รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช

2. โครงการวิจัย : วิจัยการกักกันพืช

กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันเพื่อการส่งออก

กิจกรรมย่อย : การศึกษาวิเคราะห์ความเสี่ยงศัตรูพืชของพืชตามบทเฉพาะกาล

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรเพื่อการส่งออก

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ : Development of Quarantine Heat Treatment to Disinfest the Oriental Fruit Fly in Dragon Fruit for Export

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	ชุติมา อ้อมกิ่ง	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
ผู้ร่วมงาน	รัชฎา อินทรกำแหง	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	ชัยณรัตน์ สนศิริ	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	สลักจิต พานคำ	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

5. บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกรก่อนส่งออกโดยไม่มีผลกระทบของความร้อนต่อคุณภาพของผลแก้วมังกร ซึ่งได้ทำการศึกษาอัตราการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกรในสภาพห้องปฏิบัติการ หนอนแมลงวันผลไม้มีอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยสูงสุด คือ 69 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะการเจริญเติบโต คือ หนอนวัย 1 อายุ 1 - 2 วัน หนอนวัย 2 อายุ 2 - 3 วัน หนอนวัย 3 อายุ 3 - 7 วัน ตามลำดับ การเตรียมผลแก้วมังกรโดยวิธี forced infestation โดยบังคับให้แมลงวันผลไม้วางไข่เฉพาะบริเวณที่เจาะรูจำนวน 5 รู แมลงวันผลไม้สามารถรอดชีวิตและเจริญเติบโตในเนื้อแก้วมังกร จากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลแก้วมังกร คือ 40 นาที จะได้หนอนแมลงวันผลไม้วัย 3 รอดชีวิตเฉลี่ยในผลแก้วมังกรสูงสุดประมาณ 116.9 ตัว

จากการศึกษาวิธีการเตรียมแก้วมังกรโดยให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลโดยตรง (Forced infestation) ทำการเจาะรูจำนวน 5 รู วางไข่เป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที พบว่ามีหนอนแมลงวันผลไม้วัย 3 รอดชีวิตเฉลี่ยในผลแก้วมังกร เท่ากับ 98.7, 91.2, และ 116.9 ตัว ตามลำดับ การวางไข่ด้วยวิธี Forced infestation ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลแก้วมังกร ควรจะอยู่ที่ 40 นาที และทำการศึกษา

ผลกระทบของกรรมวิธีลดความร้อน 2 วิธีการ คือวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำและวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยน้ำมีแนวโน้มที่ทำให้แก้วมังกรสูญเสียน้ำหนักและเปลือกผลเกิดอาการเหี่ยวน้อยกว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยอากาศ ถึงแม้ว่าจำนวนผลที่เกิดแผลเน่ามีจำนวนมากกว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยอากาศ แต่ไม่ได้แตกต่างจากวิธีเปรียบเทียบ ดังนั้นวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำทำให้ผลแก้วมังกรมีคุณภาพดีกว่าวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ

การทดลองศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องอบไอน้ำภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ โดยจะศึกษาการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ 2 วิธีการคือ วิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment-VHT) และ วิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment-MVHT) ใช้อุณหภูมิภายในผลแก้วมังกรถึง 47 องศาเซลเซียส ในขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำ (Treatment chamber) มีแก้วมังกรเป็นปริมาณ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุของตู้อบไอน้ำ พบว่า เครื่องอบไอน้ำสามารถทำงานได้ปกติ การศึกษาอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 และ 47 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ความเสียหายทางคุณภาพของผลแก้วมังกรไม่มีความแตกต่างกัน และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ พบว่า อุณหภูมิที่อบผลแก้วมังกร 47 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน คุณภาพของแก้วมังกรไม่แตกต่างกันในแต่ละวิธีการ

The objectives of this research were to develop of modified vapor heat treatment (MVHT) as quarantine treatment to disinfest the Oriental fruit fly (OFF), *Bactrocera dorsalis* (Hendel) on dragon fruit (*Hylocercus undatus* (Haw) Brit. & Rose) of Holland cultivar for exportation without damaging fruit quality. The studies of the survival and growth of *B. dorsalis* under laboratory conditions. Larvae survival rate is 69 % and the highest average growth is larvae stage 1 age 1-2 days, larvae stage 2 age 2-3 days, larvae stage 3 aged 3-7 days respectively. The study to prepare dragon fruit by fruit fly lay eggs inside dragon fruit directly (Forced infestation) make 5 holes to lay eggs for 20, 30 and 40 minutes to found larvae stage 3 survivors average in the dragon fruit equivalent 98.7, 91.2 and 116.9 respectively, with the spawning period approaches forced infestation suitable for fruit flies lay eggs in the fruit should be 40 minutes and the effects of heat treatment methods are 2 treatments to reduce the temperature by water and air. The study showed that treatment with cooling by water tends to cause weight loss, fruit and wither. Wilt symptoms than treatment with air cooling. Although, the effects of winker out number creators of cooling by air. But how does it differ from the comparison. So, how to reduce the temperature of water makes the fruit quality better way to reduce the temperature of the air. Future studies were scheduled for standard quarantine treatment of 30,000 of the most heat tolerant stage of the OFF for completion the method.

The research were to develop of modified vapor heat treatment (MVHT) as quarantine treatment to disinfest the Oriental fruit fly (OFF), *Bactrocera dorsalis* (Hendel). The experiment studies the behavior of vapor heat treatment chamber conditions. It will study the operation of vapor heat treatment systems (VHT) and modified vapor heat treatment (MVHT) the temperature inside the fruit to 47 degrees celsius. While the VHT chamber has a fruit content of 25, 50, 75 and 100 percent of the capacity of the VHT chamber can function normally. The effect of damage from the heat of the fruit through the VHT system to keep the low temperature. The temperatures of 46 and 47 ℃ and kept at 5 and 10 ℃ found that damage to the quality of the fruit is no different and study the quality of the fruit in simulated exports by air and sea it was found that the temperature of the fruit was 47 ℃ for 0, 1 and 2 hours, stored at 10 and 15 ℃ for 7 and 14 days. The quality of dragon fruit was not different in each treatment

6. คำนำ

สินค้าเกษตรสำคัญของประเทศไทยหลายชนิดไม่สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืช เนื่องจากประเทศไทยเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคและศัตรูพืชสำคัญด้านกักกันพืช แมลงวันผลไม้ที่มีความสำคัญทางด้านกักกันพืชได้ แก่ แมลงกลุ่มแมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis complex*) และแมลงวันแตง (*Bactrocera cucurbitae*) แมลงวันผลไม้เหล่านี้ สามารถเข้าทำลายพืชอาศัยได้หลายชนิด เช่น มะม่วง ฝรั่ง ลำไย ลองกอง แก้วมังกร และ มะนาว เป็นต้น ประเทศที่มีความเข้มงวดทางด้านกักกันพืช เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี และนิวซีแลนด์ ได้ห้ามการนำเข้าพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ในกลุ่มนี้ ดังนั้น การที่ประเทศไทยจะส่งสินค้าเกษตรซึ่งเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ไปจำหน่ายยังประเทศดังกล่าวข้างต้นได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิจัยและพัฒนาหาวิธีการกำจัดศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพและได้มาตรฐานของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (Plant Quarantine Treatment) ที่สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ที่มีความสำคัญด้านกักกันพืชในพืชก่อนการส่งออกได้อย่างหมดสิ้นโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของพืช

แก้วมังกร (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Hylocercus undatus* (Haw) Brit. & Rose ชื่อสามัญ (Dragon fruit, Pitaya) อยู่ในวงศ์ Cactaceae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับตะบองเพชร มีพื้นเพดั้งเดิมอยู่ในอเมริกากลาง เข้ามาในเอเชียที่เวียดนามก่อน และนำเข้าจากเวียดนามมาในไทยเมื่อประมาณปี 2534 เป็นพันธุ์เนื้อขาว ส่วนพันธุ์เนื้อแดงที่ชื่อแดงสยามเป็นพันธุ์นำเข้ามาจากไต้หวัน แก้วมังกรเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีศักย์ภาพสูงในการส่งออกโดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีสารอาหารเป็นประโยชน์มากในกระแสที่อาหารสุขภาพกำลังได้รับความนิยม แต่อย่างไรก็ดี ตามประกาศใช้กฎหมายกักกันพืช (Plant Protection Law Enforcement Regulation) ของประเทศญี่ปุ่น หรือประเทศอื่นที่มีความเข้มงวดทางด้านกักกันพืช เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย สาธารณรัฐเกาหลี กำหนดให้ แก้วมังกร จากประเทศไทยเป็นสิ่งต้องห้ามนำเข้า เนื่องจากเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ที่มีความสำคัญคือ *B. dorsalis* species complex สำหรับประเทศญี่ปุ่นการอนุญาตนำเข้าพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ ประเทศผู้ส่งออกจะต้องดำเนินการตาม

มาตรฐานขั้นตอนการยกเลิกห้ามการนำเข้าสิ่งต้องห้ามที่เป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ (Standard Procedure for Lifting Import Ban of Prohibited Host Plants of Fruit Flies) ของกระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่น (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, MAFF) โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ คือ กำหนดให้การขออนุญาตนำเข้าสิ่งต้องห้ามที่เป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ ต้องยื่นเสนอแผนการศึกษาวิจัยวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนการส่งออกให้กับกระทรวงเกษตรฯ ญี่ปุ่น พิจารณาตรวจสอบและให้ความเห็นชอบก่อน การวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานการวิจัยกำจัดแมลงศัตรูพืชด้านกักกันพืช วิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชก่อนส่งออกมีหลายวิธี อาทิเช่น การใช้ความร้อน ความเย็น รมควัน และฉายรังสี ฯลฯ ประเทศไทยได้ประสบความสำเร็จในการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน โดยใช้วิธีอบไอน้ำและวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* species complex และ *B. cucurbitae*

Unahawutti *et al*. (1986) ได้ประสบความสำเร็จในการวิจัยกรรมวิธีอบไอน้ำที่อุณหภูมิภายในสุดผลมะม่วงเท่ากับ 46.5 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ (*B. dorsalis*) แมลงวันแตง (Melon fly, *B. cucurbitae* Coquillett) ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานกำหนดของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ต่อมาในปี พ.ศ. 2534 ได้มีการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีใหม่ คือ วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified vapor heat treatment, MVHT) ที่อุณหภูมิภายในสุดผล 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีประสิทธิภาพสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วงครอบคลุมถึง 4 พันธ์ คือ หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลมะม่วง (Unahawutti *et al*., 1991) หลังจากนั้น ในปี 2546 ได้ประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิภายในสุดผล 46 องศาเซลเซียส นาน 58 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* species complex ในมังคุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Unahawutti *et al*., 1999) โดยกระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่นยอมรับ และอนุญาตให้นำเข้ามังคุดสดจากประเทศไทยตั้งแต่วันที่ 25 เมษายน 2546 เป็นต้นไป นอกจากนี้ Unahawutti *et al*. (2006) ทำการวิจัยวิธีการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ในส้มโอพันธุ์ทองดีพบว่าวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิภายในสุดผลที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที สามารถใช้เป็นวิธีการทางกักกันพืชเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในส้มโอพันธ์ทองดีเพื่อส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น โดยที่กระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่นอนุญาตให้นำเข้าส้มโอพันธ์ทองดีตั้งแต่วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2555 เป็นต้นมา

ปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกร ดังนี้จึงมีโอกาสความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาวิธีการอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในแก้วมังกรเพื่อการส่งออก งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนในผลแก้วมังกรให้ได้มาตรฐานตามวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ในระดับสากล สามารถส่งรายงานผลการวิจัยให้ประเทศผู้นำเข้าที่มีความเข้มงวดทางด้านกักกันพืชพิจารณาอนุญาตนำเข้าแก้วมังกรจากประเทศไทย โดยมีเป้าหมายประเทศญี่ปุ่นเป็นอันดับแรก

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้เพื่อการส่งออก จำเป็นต้องศึกษาปัจจัยในด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อวิธีการให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการตายของแมลง และประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ และจำเป็นต้องดำเนินการตามเงื่อนไขของหน่วยงานกักกันพืชต่างประเทศ อาทิเช่น ประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดเกณฑ์พิจารณาวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช 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

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. เครื่องอบไอน้ำ
2. แมลงวันผลไม้
3. ตู้ลดอุณหภูมิผลไม้
4. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดของผลไม้
5. เครื่องวัดค่าความหวานของผลไม้
6. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
7. ห้องเย็นสำหรับเก็บผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง
8. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง
9. แท่งวัดอุณหภูมิ
10. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
11. อุปกรณ์สำหรับเช็คผลการทดลอง ๆ ได้แก่ พู่กัน ปากคีบ เคาท์เตอร์ จานทดลองขนาดเล็ก ถาดใส่ผลไม้ ถุงผ้าตาข่าย ถุงมือ มีดปอกผลไม้ ถุงขยะดำ และอื่น ๆ

- วิธีการ

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

1. การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้เพื่อการทดลอง

แมลงที่ใช้ในการทดลอง : เลี้ยงแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เป็นจำนวนมากไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการทดลอง โดยเลี้ยงไว้ในห้องเลี้ยงแมลงของกลุ่มงานกำจัดกักกันศัตรูพืช กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ต้นกำเนิดสายพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ได้มาจากผลมะม่วง ในพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา แมลงตัวเต็มวัยจะถูกจำแนกชนิดอย่างละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ คัดแยกเอาเฉพาะแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เพียงชนิดเดียว จากนั้นจึงนำแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยไปเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการและเพิ่มจำนวนให้มากขึ้น โดยอาศัยวิธีการเลี้ยงแมลงด้วยอาหารเทียม (artificial diet)

หลักปฏิบัติในการเลี้ยงแมลงวันผลไม้ : แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดใช้เทคนิค และวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ตามวิธีการของ Watanabe *et al*., (1973) สภาพห้องเลี้ยงแมลง: ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เป็นห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง ห้องเลี้ยงแมลงมีขนาด 3.5 x 4.6 x 2.3 เมตร อุณหภูมิ 26 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์ แสงสว่างภายในห้องได้จากหลอดไฟ ฟลูโอเรสเซนส์ (Fluorescent lights) จำนวน 20 หลอด ติดตั้งบนเพดานห้องเลี้ยงแมลงมีระยะรอบของความมืดและสว่าง (light - dark cycle) เป็น 12:12 ชั่วโมง ไฟจะสว่างในช่วงเวลา 6:00 - 18:00 นาฬิกา ภายในห้องเลี้ยงแมลงติดหลอดไฟขนาด 15 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ให้แสงสลัว (dim light) เป็นเวลานาน 15 นาที ก่อนและหลังที่ไฟในห้องเลี้ยงแมลงจะสว่างเพื่อช่วยกระตุ้นให้แมลงวันผลไม้ผสมพันธุ์

ตัวเต็มวัย : เลี้ยงแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยกรงใหญ่จำนวนประมาณ 20,000 ตัว/กรง และกรงเล็กประมาณ 2,000 ตัว/กรง กรงเลี้ยงแมลงมีขนาด 65.5 x 69.0 x 77.0 เซนติเมตร และ35 x 50 x 35 เซนติเมตร ทำด้วยมุ้งลวดตาข่ายอลูมิเนียมขนาด 16 เมช ภายในกรงมีจานพลาสติกบรรจุอาหารสำหรับตัวเต็มวัย ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมโดยน้ำหนัก ดังนี้ น้ำตาล 10 ส่วน เอ็นไซม์โปรตีนไฮโดรไลเซส (Enzymatic protein hydrolysate; Amber series 100) 1 ส่วน และ ยีสต์เอ็กเทรค (Yeast extract) 1 ส่วน การให้น้ำจะใช้ขวดพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.0 เซนติเมตร สูง 7.5 เซนติเมตร ฝาขวดเจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 3 รู วิธีให้น้ำจะคว่ำขวดน้ำลงบนกระดาษกรองซึ่งวางอยู่บนหลังกรงเลี้ยงแมลง หลังจากเลี้ยง

แมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยครบ 6 สัปดาห์ แมลงที่เหลือในกรงทั้งหมดจะถูกนำไปทำลาย และทำความสะอาดกรงเลี้ยงแมลง เพื่อเตรียมไว้สำหรับใส่แมลงในรุ่นต่อไป ในระหว่างการทดลองจะต้องมีแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยอายุต่างๆ กันเพื่อเตรียมไว้ใช้ในการทดลอง กรงใหญ่ไม่น้อยกว่า 5 กรง และกรงเล็กไม่น้อยกว่า 10 กรง

วิธีการเก็บไข่ : เก็บไข่แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เมื่อตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 15 วัน โดยใช้กระบอกพลาสติกขนาด 7 x 17 เซนติเมตร ด้านข้างเจาะรูขนาด 0.4 มิลลิเมตร ประมาณ 80-100 รู เพื่อให้แมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยเพศเมียแทงอวัยวะวางไข่ผ่านรูจากด้านข้างเข้าไปวางไข่ภายในกระบอกพลาสติก ในการเก็บไข่แต่ละครั้ง จะใส่น้ำส้มประมาณ 30 มิลลิเมตร ไว้ในกระบอกเก็บไข่ เพื่อกระตุ้นให้แมลงมาวางไข่ในขณะเดียวกันยังจะให้ความชื้นภายในกระบอกพลาสติกป้องกันไม่ให้ไข่ของแมลงแห้งและแตก รวบรวมไข่แมลงด้วยวิธีเติมน้ำสะอาดในกระบอกพลาสติกเก็บไข่ แล้วเขย่าเบาๆ เพื่อให้ไข่ที่ติดอยู่ด้านข้างภายในกระบอกหลุด ใช้ผ้ามัสลินขนาด 150 เมซ แยกไข่ออกจากน้ำส้ม รวบรวมไข่ทั้งหมดที่ได้ใส่ในน้ำกลั่นเก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) ขนาด 200 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำไข่ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเทียมพร้อมทั้งตรวจหาอัตราการฟักไข่ด้วยวิธีสุ่มไข่จำนวน 100 ฟอง วางไข่ให้กระจายเป็นแถวยาวบนกระดาษกรองสีดำที่ชุ่มน้ำเก็บไว้ในจานแก้ว (petri-dish) ตรวจนับจำนวนไข่ที่ฟักเป็นตัวหนอน 2 วัน

หนอนวัย 1 : เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้ว รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าที่ชุ่มน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12 x 18 x 4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 เมซ ร่อนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข่ ย้ายหนอนวัย 1 ใส่ในน้ำกลั่น เก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) ขนาด 200 มิลลิเมตรใช้หลอดดูดสารละลาย (dropper) ขนาด 1 มิลลิเมตร ดูดหนอนวัย 1 นำไปใส่ไว้ในจานแก้ว (petri-dish) ขนาด 10 x 2 เซนติเมตร พร้อมทั้งนับหนอนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การควบคุมคุณภาพของแมลงวันผลไม้ : แมลงวันผลไม้ซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการจะต้องมีความแข็งแรงเพื่อที่ข้อมูลจากผลการศึกษาวิจัยจะได้ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของแมลงเป็นประจำ เพื่อที่จะสามารถพบสิ่งผิดปกติและแก้ไขได้ทันที โดยในการเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นจะตรวจสอบอัตราการฟักของไข่ (hatching rate) อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักของดักแด้ และอัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย (sex ratio)

2. ศึกษาอัตราการรอดชีวิตและระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ภายในผลแก้วมังกรในสภาพห้องปฏิบัติการ

ใช้แก้วมังกรเนื้อสีขาวขนาดน้ำหนัก 350 - 400 กรัม เตรียมผลแก้วมังกรที่มีแมลงวันผลไม้โดยใช้กรอบพลาสติกสำหรับฟิมล์สไลด์วางทาบบนผลแก้วมังกรใช้มีดกรีดผลตามรอยกรอบสไลด์รูปสี่เหลี่ยนผืนผ้าจำนวนเพียง 3 ด้าน จำนวน 1 รอยแผล ลงบนด้านใดด้านหนึ่งของผล กรีดเนื้อที่เปิดออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆเพื่อช่วยให้หนอนแมลงวันผลไม้กินเนื้อแก้วมังกรได้ดีขึ้นใส่ไข่แมลงวันผลไม้จำนวน 100 ฟอง ต่อผล จากนั้นศึกษาระยะเวลาการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้จากระยะไข่ไปเป็นหนอนโดยตรวจนับจำนวนหนอนและเช็คระยะการเจริญเติบโตของหนอนในผลแก้วมังกรเริ่มเช็คผล 2 วันหลังจากเก็บไข่แมลงวันผลไม้ใส่ในผลแก้วมังกร ผ่าตรวจเช็คผลแก้วมังกรทุกวัน วันละ 2 ผล จนครบ 14 วัน

3. ศึกษาเบื้องต้นเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำแบบปรับความชื้นสัมพัทธ์

นำแมลงวันผลไม้ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง และหนอนวัย 1 ใช้แก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีขาวขนาดน้ำหนัก 350-400 กรัม เตรียมแก้วมังกรที่มีแมลงวันผลไม้โดยใช้กรอบพลาสติกสำหรับฟิมล์สไลด์วางทาบบนผลแก้วมังกรใช้มีดกรีดผลตามรอยกรอบสไลด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจำนวนเพียง 3 ด้าน จำนวน 1 รอยแผล ลงบนด้านใดด้านหนึ่งของผล กรีดเนื้อที่เปิดออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆเพื่อช่วยให้หนอนแมลงวันผลไม้กินเนื้อแก้วมังกรได้ดีขึ้นใส่แมลงวันผลไม้ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง และหนอนวัย 1 ลงบนเนื้อแก้วมังกร จำนวน 100 ฟอง (ตัว) ต่อผล ในแต่ละวิธีการใช้ผลแก้วมังกรจำนวน 3 ผล และผลแก้วมังกรที่ใช้เป็นวิธีการเปรียบเทียบจำนวน 10 ผล ให้ความร้อนกับแก้วมังกรด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์กำหนดการทำงานของเครื่องอบไอน้ำโดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิในผลแก้วมังกรให้ถึง 43 องศาเซลเซียส โดยตั้งระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในเครื่องอบไอน้ำให้อยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในเครื่องอบไอน้ำจะถูกปรับให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (ความชื้นสัมพัทธ์ไม่ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์)เพิ่มอุณหภูมิในแก้วมังกรให้สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิ 44 และ 45 องศาเซลเซียส และคงที่ไม่ต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ ทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการอบไอน้ำลดอุณภูมิด้วยอากาศ (Air cooling) เป็นเวลานาน 1 หลังจากนั้นใส่แก้วมังกรลงในถุงตาข่ายวางไว้ในกระบะพลาสติกคลุมด้วยผ้าตาข่ายอีก 1 ชั้น เก็บไว้ในห้องเย็นปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25-27องศาเซลเซียส ตรวจเช็คหนอนที่รอดชีวิตในผลแก้วมังกร ภายหลังการอบไอน้ำ 7 วัน

4. ศึกษาวิธีการเตรียมแก้วมังกรโดยให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลโดยตรง (Forced infestation)

เตรียมกรงแมลงขนาดเล็ก (35.0 x 50.0 x 30 เซนติเมตร) โดยมีแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยอายุประมาณ 2 สัปดาห์ขึ้นไป จำนวนประมาณ 2,000 ตัว ใช้แก้วมังกรเนื้อสีขาวขนาดน้ำหนัก 300 - 350 กรัม ห่อแก้วมังกรด้วยถุงพลาสติกให้แนบสนิทกับผิวติดด้วยเทปกาวให้แน่น เจาะรูจำนวน 5 รู ลงบนด้านใดด้านหนึ่งของผลแก้วมังกรด้วยเข็มปักแมลงเบอร์ 1 แมลงวันผลไม้จะถูกบังคับให้วางไข่ได้เฉพาะบริเวณรูที่เจาะไว้เท่านั้น ใส่แก้วมังกรจำนวน 10 ผล ต่อกรง โดยให้ผลแก้วมังกรบริเวณที่เจาะรูอยู่ด้านบน ปล่อยให้แมลงวันผลไม้วางไข่เป็นเวลา 20, 30, และ 40 นาที ตามลำดับ หลังเสร็จสิ้นเวลาที่แมลงวันผลไม้วางไข่ นำผลแก้วมังกรแต่ละผลใส่ในถุงผ้ามัสลินปิดปากถุงด้วยหนังยางใส่ไว้ในกระบะพลาสติกคลุมด้วยผ้ามัสลินเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 - 27 องศาเซลเซียส ตรวจนับจำนวนหนอนที่รอดชีวิตในแก้วมังกร 7 วัน หลังจากที่ให้แมลงวันผลไม้วางไข่ ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ

5. การศึกษาการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ

ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่น EHK-1000B จำนวน 2 เครื่อง และ เครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” shower Cooling System (Differential Pressure Type (model : SHS-1 2 Sanshu Sangyo co.,Ltd.,Kagoshima, Japan)

มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดลักษณะการทำงานของเครื่องอบไอน้ำภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ โดยจะศึกษาการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ 2 วิธีการคือ 1.) วิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment-VHT) และ 2.) วิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment-MVHT) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิผลแก้วมังกรถึง 47

องศาเซลเซียส ในขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำ (Treatment chamber) มีแก้วมังกรเป็นปริมาณ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุ

วิธีการอบไอน้ำ กำหนดการทำงานของเครื่องอบไอน้ำโดยการเพิ่มอุณหภูมิในผลแก้วมังกรให้ถึง 47 องศาเซลเซียส ด้วยอากาศร้อนภายในเครื่องอบไอน้ำที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) หลังจากนั้นรักษาอุณภูมิในผลแก้วมังกรให้คงที่หรือสูงกว่า 47 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง โดยอากาศร้อนในเครื่องอบไอน้ำมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

วิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ กำหนดการทำงานของเครื่องอบไอน้ำโดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิในผลแก้วมังกรให้ถึง 43 องศาเซลเซียส ปรับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในเครื่องอบไอน้ำให้อยู่ระหว่าง 50-65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในเครื่องอบไอน้ำจะถูกปรับให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิในผลแก้วมังกรให้สูงขึ้นจนถึง 47 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นรักษาอุณภูมิในผลแก้วมังกรให้คงที่หรือสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง

ในห้องอบไอน้ำใช้ภาชนะบรรจุผลไม้เป็นกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อน ขนาด 36 x 70 x 15 เซนติเมตร ขอบทั้ง 4 ด้านของกระบะทำด้วยพลาสติกแข็งทนความร้อนสูง ส่วนบริเวณพื้นด้านล่างทำด้วยแผ่นสเตนเลส เจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เรียงเป็นแถวตลอดทั่วทั้งแผ่น แต่ละรูห่างกันประมาณ 1 เซนติเมตร ทำให้ไอร้อนสามารถไหลผ่านผลไม้ จากกระบะหนึ่งไปยังผลไม้ในอีกกระบะหนึ่ง ในการอบผลไม้โดยใช้ภาชนะดังกล่าวนี้ จะวางกระบะในห้องบรรจุผลไม้เป็น 3 แถว บนช่องที่เจาะไว้ แต่ละแถวมีกระบะวางเรียงซ้อนกัน 4 ชั้น ใส่ผลแก้วมังกรในกระบะพลาสติกให้เต็มความจุ (7.4 กิโลกรัม) จัดเรียงกระบะแก้วมังกรตามปริมาณความจุ ดังนี้

- ความจุ 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 กระบะ วางเรียง 1 ชั้น น้ำหนักแก้วมังกรเท่ากับ 22.2 กิโลกรัม
- ความจุ 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 6 กระบะ วางเรียง 2 ชั้น น้ำหนักแก้วมังกรเท่ากับ 44.4 กิโลกรัม
- ความจุ 75 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 9 กระบะ วางเรียง 3 ชั้น น้ำหนักแก้วมังกรเท่ากับ 66.6 กิโลกรัม
- ความจุ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 12 กระบะ วางเรียง 4 ชั้น น้ำหนักแก้วมังกรเท่ากับ 88.8 กิโลกรัม

6. ศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของกรรมวิธีลดอุณหภูมิภายหลังการอบไอน้ำแบบปรับความชื้นสัมพัทธ์ (Modify Vapor Heat Treatment, MVHT) ต่อคุณภาพผลแก้วมังกร

ทำการทดลองเปรียบเทียบกรรมวิธีลดอุณหภูมิ 2 กรรมวิธีคือวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Shower cooling) และกรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยอากาศ (Air cooling) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กรรมวิธีลดอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อแก้วมังกรมากที่สุด ใช้แก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีขาวเพิ่มความร้อนกับผลแก้วมังกรด้วยกรรมวิธี MVHT ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส และคงที่ไม่ต่ำกว่า 47 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2 ชั่วโมง ภายหลังเสร็จสิ้นกรรมวิธี MVHTลดความร้อนผลแก้วมังกรด้วยวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเปรียบเทียบกับวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ใช้ผลแก้วมังกรที่ไม่อบไอน้ำสำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบ กับแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำและลดอุณหภูมิในแต่ละวิธีการ หลังจากนั้นเก็บแก้วมังกรในตู้ที่ควบคุมที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตรวจเช็คผลกระทบจากวิธีการลดความร้อนต่อคุณภาพแก้วมังกร ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ปริมาณน้ำตาล (° brix) ลักษณะภายนอก คือ การเกิดโรค และผ่าดูลักษณะเนื้อภายในที่เกิดอาการเสียหายภายหลังการอบไอน้ำ 7 วัน ทำการทดสอบจำนวน 2 ซ้ำ

7. ศึกษาอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ทำการทดลองอบแก้วมังกรด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยอบภายใต้สภาพอากาศร้อนอุณหภูมิสูงขึ้นแต่ละระดับภายในช่วงเวลาที่กำหนดการเพิ่มอุณหภูมิผลแก้วมังกรถึง 30 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนจะอยู่ที่ระดับ 50-80 เปอร์เซ็นต์ อบแก้วมังกรให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้นถึง 46 และ 47 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46 และ 47 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำแก้วมังกรไปลดอุณหภูมิโดยวิธีเป่าด้วยลมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องลดอุณหภูมิ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการเก็บรักษาแก้วมังกรที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ต่อความเสียหายของแก้วมังกรจากความร้อน เนื่องจากตู้อบความร้อนและตู้ควบคุมอุณหภูมิ มีเพียงอย่างละ 2 ตู้ ดังนั้น จึงทำการทดลองเป็นคู่เปรียบเทียบการเก็บรักษาระหว่างอุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส โดยแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลากำหนดมีแก้วมังกรผ่านความร้อนจำนวน 10 ผล สำหรับแก้วมังกรที่ใช้เปรียบเทียบ (control) มีจำนวน 10 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน แล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษ นำไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 5±1องศาเซลเซียส และ10±1องศาเซลเซียส เก็บเป็นเวลานาน 7 วัน ทำบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของแก้วมังกร ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาลของแก้วมังกร และลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกรหลังจากผ่านความร้อน

8. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

ทำการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง สำหรับแก้วมังกรที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนักประมาณ 300-400 กรัม/ผล อบแก้วมังกรด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) อาศัยวิธีอบไอน้ำร่วมกับวิธีอบอากาศร้อน โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับผลไม้ด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนผ่านผลไม้มีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในผลเพิ่มขึ้นจนถึง 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวัดอุณหภูมิผลแก้วมังกรที่ทดลองอาศัยการวัดจากเซ็นเซอร์ที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิผลแก้วมังกร (sensor fruit) จำนวน 3 ผล โดยให้อุณหภูมิภายในผลคงอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิไว้นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ ทำการลดอุณหภูมิแก้วมังกรทันทีโดยวิธีการเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง จากเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาแบบสภาพจำลองการส่งออกทางอากาศ (เก็บรักษานาน 7 วัน) และทางเรือ (เก็บรักษานาน 14 วัน) ทำบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของแก้วมังกรได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาลของแก้วมังกร และลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกรหลังจากผ่านความร้อน

- เวลาและสถานที่

เวลา	เดือนกันยายน 2559 ถึง เดือนตุลาคม 2560
สถานที่	กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้เพื่อการทดลอง

ทำการเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ Oriental fruit fly, Bactrocera dorsalis (Hendel) (Diptera: Tephritidae) ในสภาพห้องปฏิบัติการ ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25-27 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 65-70 % โดยตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การฟักไข่ (hatchability) น้ำหนักดักแด้ (pupal weight) และอัตราส่วนเพศ (sex ratio) พบว่าแมลงวันผลไม้ B. dorsalis มีความแข็งแรงตามมาตรฐานงานทดลองด้านกักกันพืช และสามารถเพิ่มปริมาณได้จำนวนมากกว่า 50,000 ตัว ซึ่งเพียงพอสำหรับงานทดลองอบไอน้ำ

2. ศึกษาอัตราการรอดชีวิตและระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ภายในผลแก้วมังกรในสภาพห้องปฏิบัติการ

ร้อยละของจำนวนหนอนแมลงวันผลไม้แต่ละการเจริญเติบโตที่รอดชีวิตในผลแก้วมังกร (% recovery) ภายหลังการใส่ไข่แมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรเป็นเวลา 2 - 14 วัน แสดงใน Table 1 โดยในวันที่ 2 หลังจากใส่ไข่ในผลแก้วมังกร ตรวจพบหนอนวัย 1 รอดชีวิต 67 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 3 ตรวจพบหนอนวัย 2 รอดชีวิต 69 เปอร์เซ็นต์ แมลงวันผลไม้เริ่มเข้าสู่วัย 3 ในวันที่ 4 โดยตรวจพบหนอนวัย 2 รอดชีวิต 18.5 เปอร์เซ็นต์ และ หนอนวัย 3 รอดชีวิต 51 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตรวจเช็คครบ 8 วัน พบดักแด้แมลงวันผลไม้จำนวน 2.5 เปอร์เซ็นต์ และหนอนวัย 3 รอดชีวิต 46.5 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ในแก้วมังกรใกล้เคียงกับรายงานของ Unahawutti *et al*. (1986) ที่ศึกษาการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ในอาหารเทียมสูตรข้าวโพด ดังนี้ไข่อายุ 30 - 40 ชั่วโมง หนอนวัย 1 อายุ 1 - 2 วัน หนอนวัย 2 อายุ 2 - 3 วัน หนอนวัย 3 อายุ 3 - 7 วัน ตามลำดับ

3. ศึกษาเบื้องต้นเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำแบบปรับความชื้นสัมพัทธ์

แมลงวันผลไม้ระยะไข่ หนอนวัย 1, 2 และ 3 สามารถเจริญเติบโตและรอดชีวิตในแก้วมังกรได้โดยมีอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยอยู่ที่ 68.2, 61.8, 83.8, 79.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับแก้วมังกรสามารถจัดเป็นพืชอาศัยที่ดีของแมลงวันผลไม้

4. ศึกษาวิธีการเตรียมแก้วมังกรโดยให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลโดยตรง (Forced infestation)

ผลการศึกษาแสดงใน Table 2 จากวิธีการเตรียมผลแก้วมังกรโดยบังคับให้แมลงวันผลไม้วางไข่โดยตรงเฉพาะบริเวณที่เจาะรูจำนวน 5 รู แสดงให้เห็นว่าแมลงวันผลไม้สามารถรอดชีวิตและเจริญเติบโตในเนื้อแก้วมังกรสีขาวได้โดยเมื่อให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในแก้วมังกรเนื้อสีขาว เป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที ผลการทดลองจาก 3 ซ้ำ พบว่ามีหนอนแมลงวันผลไม้วัย 3 รอดชีวิตเฉลี่ยในผลแก้วมังกร เท่ากับ 98.7, 91.2, และ 116.9 ตัว ตามลำดับ สำหรับการทดลองด้านกำจัดแมลงวันผลไม้ต้องการให้มีแมลงรอดชีวิตเฉลี่ยในผลแก้วมังกรจำนวนไม่ต่ำกว่า 100 ตัวต่อผล ดังนั้นการเตรียมผลแก้วมังกรที่มีแมลงวันผลไม้วางภายในผลสำหรับการศึกษาด้านการกำจัดแมลงทองในผลแก้วมังกร ด้วยวิธี Forced infestation ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลแก้วมังกร ควรจะอยู่ที่ 40 นาที

5. การศึกษาการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ

การทำงานของเครื่องอบไอน้ำด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) สามารถควบคุมอุณหภูมิในผลแก้วมังกรให้คงที่ไม่ต่ำกว่า 47 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง วิธีการอบไอน้ำในสภาพที่ตู้อบไอน้ำมีความจุของผลแก้วมังกรต่างกัน (25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์) ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิในผลแก้วมังกรที่ 47 องศาเซลเซียส คือ 2:50, 2:45, 2:33, 3:20 และ 2:47, 2:06, 2:16, 2:55 ชั่วโมง ในซ้ำที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Table 3)

การทำงานของเครื่องอบไอน้ำด้วยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) สามารถควบคุมอุณหภูมิในผลแก้วมังกรให้คงที่ไม่ต่ำกว่า 47 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง วิธีการอบไอน้ำในสภาพที่ตู้อบไอน้ำมีความจุของผลแก้วมังกรต่างกัน (25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์) ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิในผลแก้วมังกรที่ 47 องศาเซลเซียส คือ 3:17, 3:30, 3:27, 3:22 และ 3:31, 3:23, 3:27, 3:20 ชั่วโมง ในซ้ำที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Table 4)

การอบไอน้ำสำหรับการอบไอน้ำในสภาพที่มีแก้วมังกร 100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุ (88.8 กิโลกรัม) วิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ จะใช้เวลาไม่ค่อยต่างกับวิธีการอบไอน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะภายในของผลแก้วมังกรมีความแน่นของเนื้อจึงทำให้อุณหภูมิภายในผลเพิ่มขึ้นในระยะเวลาใกล้เคียงกัน (Figure 1 และ 2) จึงเลือกวิธีการอบไอน้ำวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์เพื่อสะดวกและประหยัดเวลาในการส่งออก เนื่องจากการส่งออกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มหาชนก แรด หนังกลางวัน พิมเสนแดง และ มังคุด ใช้วิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนการส่งออกด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์

6. ศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของกรรมวิธีลดอุณหภูมิภายหลังการอบไอน้ำแบบปรับความชื้นสัมพัทธ์ (Modify Vapor Heat Treatment, MVHT) ต่อคุณภาพผลแก้วมังกร

จาก Table 5 แสดงผลกระทบของกรรมวิธีลดความร้อน 2 วิธีการ คือวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำ และวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ ต่อร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของแก้วมังกร จะเห็นได้ว่าแก้วมังกรที่ลดความร้อนด้วยกรรมวิธีลดความร้อนทั้ง 2 วิธีการ มีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าวิธีเปรียบเทียบ ส่วนวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศมีแนวโน้มต่อการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

จาก Table 6 แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ปริมาณน้ำตาล) ในผลแก้วมังกรภายหลังการอบไอน้ำแบบปรับความชื้นสัมพัทธ์หลังจากนั้นใช้กรรมวิธีลดความร้อน 2 วิธีการ คือวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำและวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ พบว่าปริมาณน้ำตาลในแก้วมังกรของวิธีเปรียบเทียบและกรรมวิธีลดความร้อนด้วยทั้ง 2 วิธีการ มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ดังนั้นกรรมวิธีลดความร้อนจึงไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำตาลในผลแก้วมังกร

จาก Table 7 แสดงผลกระทบของกรรมวิธีลดความร้อนต่อลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกรคืออาการเกิดแผลเน่าที่ผลที่เกิดจากเชื้อโรคเข้าทำลาย ผลแก้วมังกรที่เกิดอาการดังกล่าวจากวิธีลดความร้อนด้วยน้ำมีแนวโน้มที่จะเกิดแผลเน่ามากกว่าวิธีลดความร้อนด้วยอากาศ แต่มีจำนวนผลเน่าแตกต่างกันไม่มากกับในวิธีเปรียบเทียบ

ลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกรหลังผ่านการอบไอน้ำด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์และลดอุณหภูมิด้วยวิธีลดอุณหภูมิด้วยน้ำและวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศแสดงใน Figure 3 และ 4 ตามลำดับ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำทำให้เปลือกแก้วมังกรเกิดอาการเหี่ยวน้อยกว่าแก้วมังกรที่ลดอุณหภูมิด้วยอากาศ

กรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยน้ำมีแนวโน้มที่ทำให้แก้วมังกรสูญเสียน้ำหนักและเปลือกผล เกิดอาการเหี่ยวน้อยกว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยน้ำ ถึงแม้ว่าจำนวนผลที่เกิดแผลเน่ามีจำนวนมากกว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยอากาศ แต่ไม่ได้แตกต่างจากวิธีเปรียบเทียบ ดังนั้นวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำทำให้ผลแก้วมังกรมีคุณภาพดีกว่าวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ

7. ศึกษาอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ได้ผลของแก้วมังกรที่มีคุณภาพมาทำการทดลอง ทำการอบแก้วมังกรเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) อุณหภูมิภายในผลคงอยู่ที่ 46 และ 47 องศาเซลเซียส คงอุณหภูมิไว้ นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง หลังการอบไอน้ำเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า น้ำหนักหลังการอบไอน้ำและความหวานของผลแก้วมังกรหลังจากผ่านอบไอน้ำแต่ละวิธีการมีแนวโน้มลดลงเพิ่มขึ้น ในส่วนลักษณะภายนอกการเกิดรอยเหี่ยวย่น รอยบุ๋ม และการเกิดโรคนั้น ในผลแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำแต่ละวิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับผลที่ไม่ได้ผ่านการอบไอน้ำ (Table 8)

8. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

ได้ผลของแก้วมังกรที่มีคุณภาพมาทำการทดลอง ทำการอบแก้วมังกรเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) อุณหภูมิภายในผลคงอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิไว้ นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง หลังการอบไอน้ำเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน พบว่า น้ำหนักหลังการอบไอน้ำและความหวานของผลแก้วมังกรหลังจากผ่านอบไอน้ำแต่ละวิธีการมีแนวโน้มลดลงเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น ในส่วนลักษณะภายนอกการเกิดรอยเหี่ยวย่น รอยบุ๋ม และการเกิดโรคนั้น ในผลแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำแต่ละวิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับผลที่ไม่ได้ผ่านการอบไอน้ำ (Table 9)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. จากผลการทดลองได้วิธีการเตรียมแมลงวันผลไม้ระยะไข่ หนอนวัย 1, 2 และ 3 ในผลแก้วมังกรที่มีอัตราการรอดชีวิตแมลงวันผลไม้ที่รอดชีวิตในผลมากที่สุดสามารถนำไปเป็นวิธีการเตรียมผลแก้วมังกรสำหรับงานทดลองด้านการกำจัดแมลงวันผลไม้ในแก้วมังกรต่อไปได้

2. แมลงวันผลไม้สามารถวางไข่และเจริญเติบจนสามารถเข้าสู่ระยะดักแด้ได้ในผลแก้วมังกรแต่อัตราการรอดชีวิตของหนอนระยะที่ 3 มีจำนวนน้อยกว่า 50 % ทั้งนี้แก้วมังกรไม่ใช่พืชอาศัยที่ดีของแมลงวันผลไม้

และอาจเนื่องมาจากเมื่อเก็บแก้วมังกรในอุณหภูมิปกติทำให้ผลเน่าเสียง่ายหนอนจึงเน่าตายก่อนจะเจริญเติบโตเข้าวัยที่ 3

3. อิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 และ 47 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ความเสียหายทางคุณภาพของผลแก้วมังกรไม่มีความแตกต่างกัน เพราะฉะนั้น เราสามารถเก็บรักษาแก้วมังกรที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อประหยัดต้นทุนในการผลิตได้

4. การศึกษาวิธีการเตรียมแก้วมังกรด้วยวิธีการ Forced Infestation โดยทำการห่อผลแก้วมังกรด้วยถุงพลาสติกและเจาะรูจำนวน 5 รู วางแก้วมังกรจำนวน 10 ผล ในกรงเลี้ยงแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยเป็นเวลานาน 40 นาที จะได้แมลงวันผลไม้วัย 3 รอดชีวิตในแก้วมังกรเฉลี่ย 116.9 ตัว เป็นจำนวนที่เหมาะสมสำหรับวิธีการเตรียมผลแก้วมังกรสำหรับงานทดลองด้านการกำจัดแมลงวันผลไม้ในแก้วมังกรต่อไปได้

5. การทำงานของเครื่องอบไอน้ำวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) และ เครื่องอบไอน้ำด้วยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) ทุกปริมาตรความจุภายในตู้ การทำงานของเครื่องอบไอน้ำสามารถทำงานได้ปกติ

6. กรรมวิธีลดอุณหภูมิผลภายหลังการอบไอน้ำมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลแก้วมังกร วิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำทำให้ผลแก้วมังกรมีคุณภาพดีกว่าวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ ทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแก้วมังกร คือวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเพื่อนำทดสอบประสิทธิภาพด้านกำจัดแมลงวันผลไม้ระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุดในผลแก้วมังกร และมีผลกระทบต่อคุณภาพผลแก้วมังกรน้อยที่สุด

7. อิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 และ 47 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ความเสียหายทางคุณภาพของผลแก้วมังกรไม่มีความแตกต่างกัน เพราะฉะนั้น เราสามารถเก็บรักษาแก้วมังกรที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อประหยัดต้นทุนในการผลิตได้

8. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ พบว่าอุณหภูมิที่อบผลแก้วมังกร 47 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน คุณภาพของแก้วมังกรไม่แตกต่างกันในแต่ละวิธีการ

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เพื่อพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในผลมะละกอและผลไม้ชนิดอื่น ๆ ทีมีศักยภาพในการส่งออก ในระดับการค้าได้ เช่นเดียวกับการพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในผลมะม่วง มังคุด และส้มโอ ที่ประสบความสำเร็จสามารถส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น นิวซีแลนด์ และสาธารณรัฐเกาหลี
2. เกษตรกรชาวสวนมะละกอ ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำ และผู้ส่งออกในประเทศไทยได้รับทราบข้อมูลวิชาการในเชิงลึก ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตู้อบไอน้ำในระดับการค้าตามมาตรฐานด้านกักกันพืช เพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกผลไม้อบไอน้ำไปตลาดต่างประเทศได้เพิ่มขึ้น

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

11. เอกสารอ้างอิง

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2552. การกำจัดแมลงในผลไม้เพื่อการส่งออกด้วยวิธีอบไอน้ำ. ใน รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตและจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนอกฤดูเพื่อการส่งออก. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2556. การป้องกันกำจัดแมลงในผลมะม่วงเพื่อการส่งออกด้วยวิธีอบไอน้ำและฉายรังสี. ใน ประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการผลิตมะม่วง 52 สัปดาห์เพื่อการส่งออก. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Baker, A. C. 1939. The basis for treatment of products where fruitfiles are involved as a conditions for entry into the United States. Circular No. 551, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC

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.

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

Unahawutti, 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 Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok. 342 p.

Unahawutti, U. , S. Phankum, P. Ongthonglang and C. Chettanachitara. 1999. Heated-air quarantine treatment for mangosteen infested with oriental fruit fly (Diptera : Tephitidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries 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, P. Ongthonglang and C. Chettanachitara. 1999. Heated-air quarantine treatment for mangosteen infested with oriental fruit fly (Diptera : Tephitidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries 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.

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.

12. ภาคผนวก

Table 1 The development of *B. dorsalis* in dragon fruit after inoculation 2 - 12 days

Day after inoculation	% Recovery[1/]				Total % recovery
	1st instar	2nd instar	3rd instar	Pupa	
2	67.0	0.0	0.0	0.0	67.0
3	0.0	68.5	0.0	0.0	68.5
4	0.0	18.5	50.5	0.0	69.0
5	0.0	5.0	41.5	0.0	46.5
6	0.0	0.5	45.0	0.0	45.5
7	0.0	0.0	37.0	0.0	37.0
8	0.0	0.0	46.5	2.5	49.0
9	0.0	0.0	42.5	2.5	45.0
10	0.0	0.0	40.0	1.0	41.0
11	0.0	0.0	46.5	1.5	48.0
12	0.0	0.0	42.0	5.0	47.0

[1/] Mean from 2 fruits

Table 2 The survival of *B. dorsalis* in dragon fruit after exposure to fruit flies for oviposition at 20, 30, and 40 minutes and keep in room temperature 25-27 °C for 7 days

Oviposition Period (min.)	No. alive individuals/fruit [1/]			
	Trial 1	Trial 2	Trial 3	(mean ± SD)
20	102.2 ± 60.8	100.7 ± 19.4	93.2 ± 23.6	98.7 ± 34.6
30	78.9 ± 54.1	91.2 ± 25.7	103.5 ± 32.4	91.2 ± 37.4
40	121.0 ± 36.4	117.10 ± 24.3	112.5 ± 16.0	116.9 ± 25.6

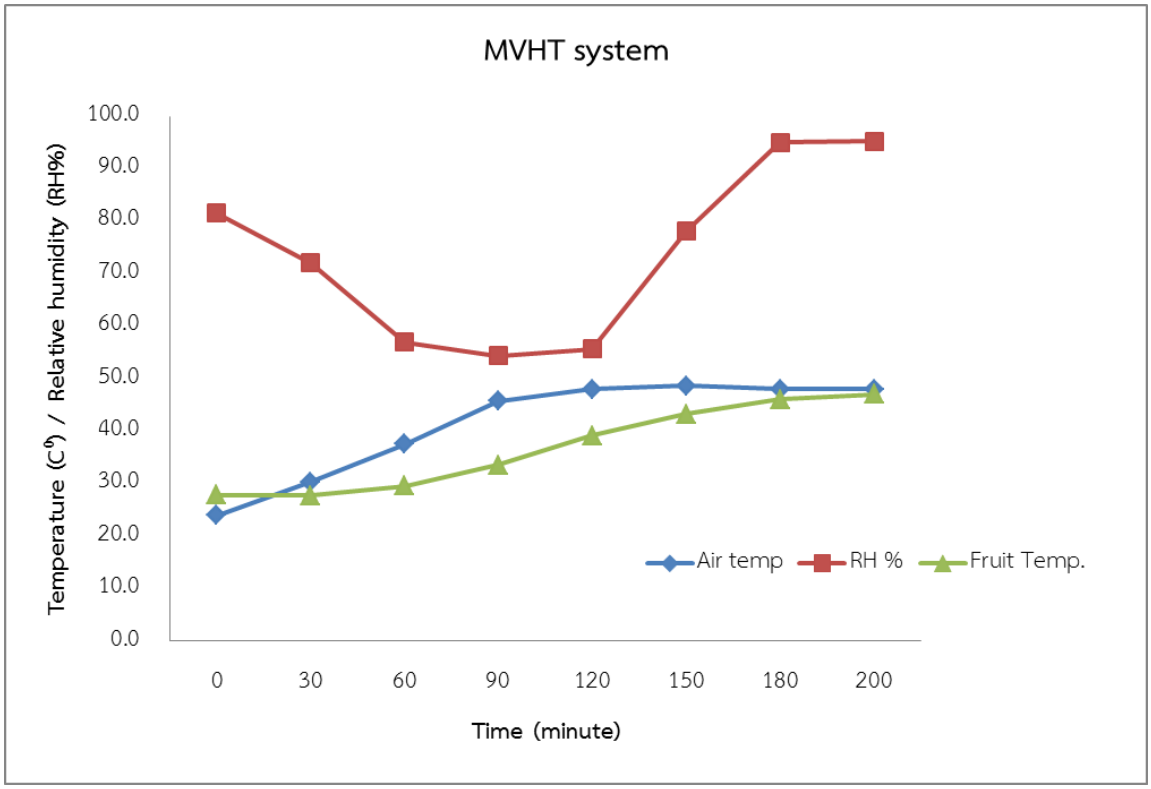
[1/] Mean from 10 fruits

Table 3 Time for dragon fruit to attain 47 °C for various holding times and different loading factor during modify vapor heat treatment (MVHT)

Trail	Loading factor	Time (hr.)				
	Kg/cum	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00
1	22.2	2:50	3:50	4:50	5:50	6:50
	44.4	2:45	3:45	4:45	5:45	6:45
	66.6	2:33	3:33	4:33	5:33	6:33
	88.8	3:20	4:20	5:20	6:20	7:20
2	22.2	2:47	3:47	4:47	5:47	6:47
	44.4	2:06	3:06	4:06	5:06	6:06
	66.6	2:16	3:16	4:16	5:16	6:16
	88.8	2:55	3:55	4:55	5:55	6:55

Table 4 Time for dragon fruit to attain 47 °C for various holding times and different loading factor during vapor heat treatment (VHT)

Trail	Loading factor	Time (hr.)				
	Kg/cum	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00
1	22.2	3:17	4:17	5:17	6:17	7:17
	44.4	3:30	4:30	5:30	6:30	7:30
	66.6	3:27	4:27	5:27	6:27	7:27
	88.8	3:22	4:22	5:22	6:22	7:22
2	22.2	3:31	4:31	5:31	6:31	7:31
	44.4	3:23	4:23	5:23	6:23	7:23
	66.6	3:27	4:27	5:27	6:27	7:27
	88.8	3:20	4:20	5:20	6:20	7:20



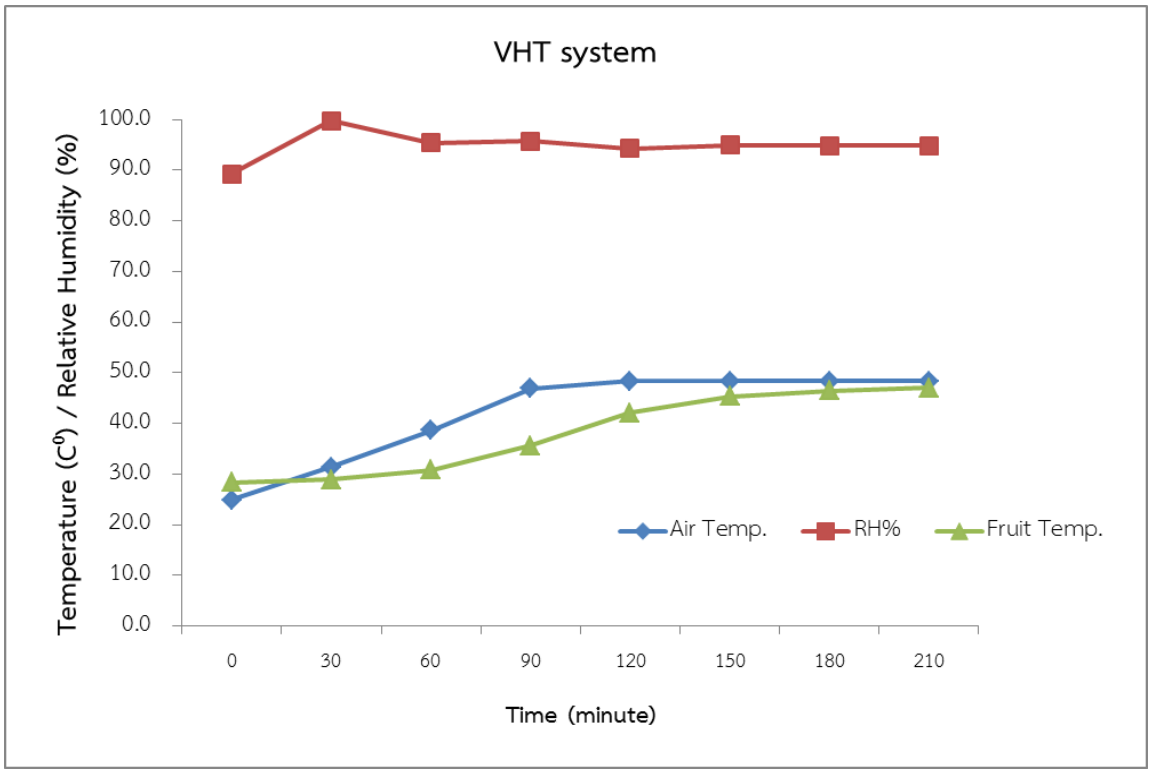


Figure 2 แสดงรายละเอียดของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการอบไอน้ำ (VHT) ในแก้วมังกร

Table 5 Weight loss (%) of dragon fruit after treated with MVHT at 47 °C for various holding times followed by air and shower cooling and store at 10 ± 1 °C for 7 days

Trial	Cooling method	Weight loss (%)[1/]		
		0 h	1 h	2 h
1	Control	2.71		
	Air cooling	3.84	3.39	3.34
	Shower cooling	3.23	3.07	3.20
2	Control	1.15		
	Air cooling	2.80	2.91	2.75
	Shower cooling	2.84	2.47	2.31

[1/] Values are mean of 5 fruits in trail 1 and 10 fruits in trail 2

Table 6 The total soluble solid (° brix) of dragon fruit after treated with MVHT at 47 °C for various holding time followed by air and shower cooling and store at 10 ± 1°C for 7 days

Trial	Cooling method	Total soluble solid (° brix)[1/]		
		0 h	1 h	2 h
1	Control	16.08		
	Air cooling	15.46	15.10	14.80
	Shower cooling	14.90	14.46	15.64
2	Control	17.55		
	Air cooling	18.82	18.29	18.71
	Shower cooling	18.02	17.37	17.87

[1/] Values are mean of 5 fruits in trail 1 and 10 fruits in trail 2

Table 7 The occurrence of disease inflection (%) in dragon fruit after treated with MVHT at 47 °C for various holding time followed by air and shower cooling and store at 10 ± 1°C for 7 days

Trial	Cooling method	Disease inflection (%)		
		0 h	1 h	2 h
1	Control	60		
	Air cooling	20	20	60
	Shower cooling	60	60	60
2	Control	30		
	Air cooling	30	30	30
	Shower cooling	60	60	60

1/ Values are mean of 5 fruits in trail 1 and 10 fruits in trail 2

Table 8 The effect of MVHT on quality of dragon fruit during air shipment simulation (keep 7 days) tests

Trial	Treatment	Quality after treatment of Dragon fruit[1/]				
		Weight loss	Brix	Winkle	Petting	Disease
			Keep 10 °C			
	Control	33.90	10.92	1.00	1.00	1.00
	47.0 °C + 0h	20.21	11.26	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	21.08	9.90	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	19.56	10.80	0.00	0.00	0.00
1			Keep 15 °C			
	Control	33.90	10.92	1.00	1.00	1.00
	47.0 °C + 0h	18.09	9.72	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	28.69	11.25	0.00	0.00	0.20
	47.0 °C + 2h	23.32	10.12	0.00	0.10	0.00
			Keep 10 °C			
	Control	34.48	10.75	1.00	0.40	0.30
	47.0 °C + 0h	19.37	10.69	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	20.36	12.55	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	20.62	10.04	0.00	0.00	0.00
2			Keep 15 °C			
	Control	34.48	10.75	1.00	0.40	0.30
	47.0 °C + 0h	14.65	10.03	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	19.98	10.56	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	27.50	10.05	0.00	0.00	0.00

[1/]Mean of 10 fruits

Table 9 The effect of MVHT on quality of dragon fruit during ship shipment simulation (keep 14 days) tests

Trial	Treatment	Quality after treatment of Dragon fruit[1/]				
		Weight loss	Brix	Winkle	Petting	Disease
			Keep 10 °C			
	Control	66.78	10.82	0.00	1.00	1.00
	47.0 °C + 0h	28.07	9.14	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	23.50	8.97	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	24.98	9.37	0.10	0.00	0.00
1			Keep 15 °C			
	Control	66.78	10.82	0.00	1.00	1.00
	47.0 °C + 0h	25.00	9.10	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	29.63	9.43	0.10	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	45.19	8.44	0.00	0.00	0.20
			Keep 10 °C			
	Control	63.44	9.92	1.00	0.00	1.00
	47.0 °C + 0h	27.11	9.55	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	27.11	8.06	0.10	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	26.54	9.90	0.00	0.00	0.00
2			Keep 15 °C			
	Control	63.44	9.92	1.00	0.00	1.00
	47.0 °C + 0h	24.35	9.61	0.00	0.10	0.20
	47.0 °C + 1h	26.40	8.50	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	46.36	8.91	0.00	0.10	0.10

[1/]Mean of 10 fruits

Figure 3 Dragon fruit after treated with MVHT at 47 °C for various holding time followed by water cooling and store at 10 ± 1°C for 7 days

A: Control B: 47 °C for 0 hr.

C: 47 °C for 1 hr. D: 47 °C for 2 hr.

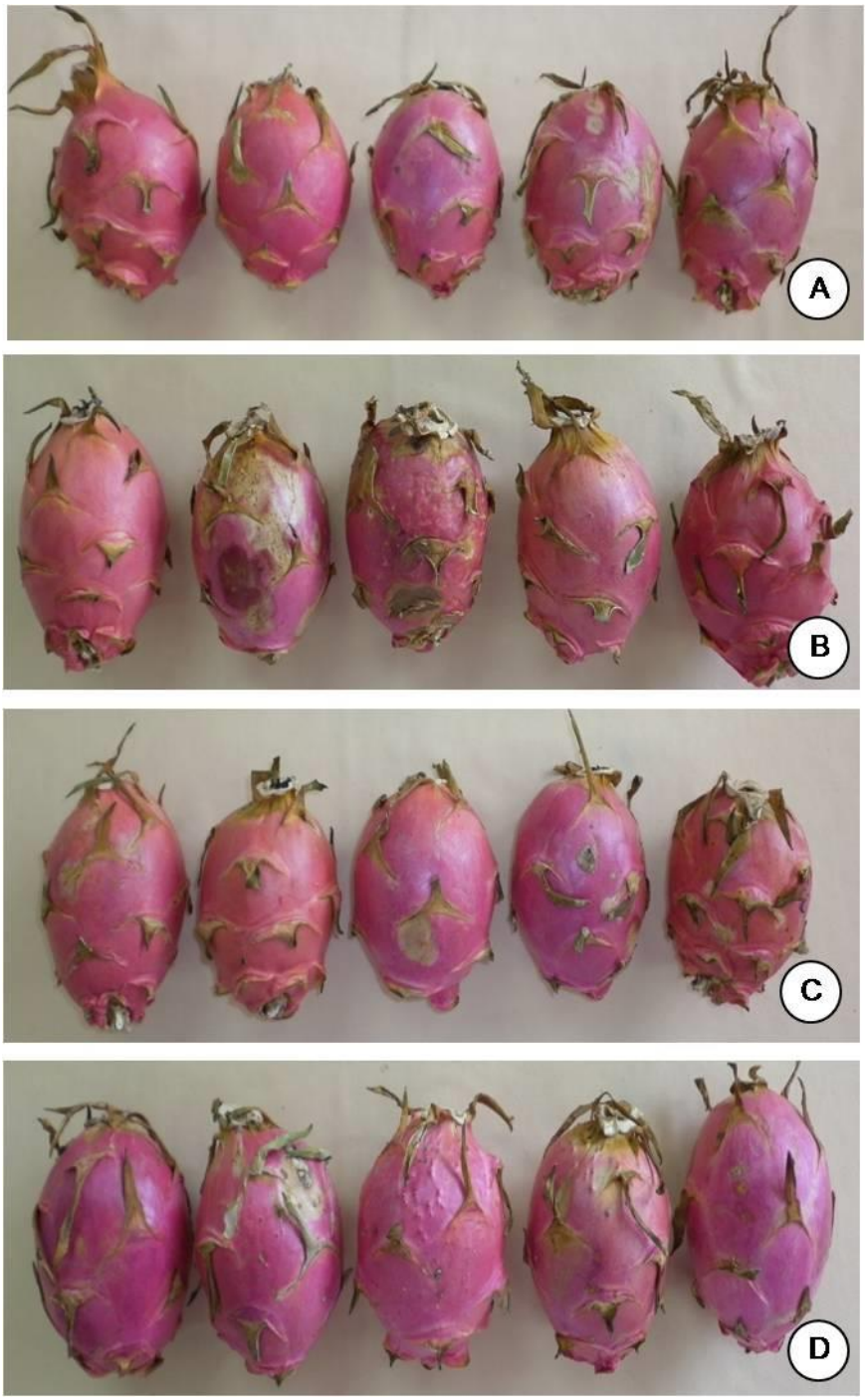


Figure 4 Dragon fruit after treated with MVHT at 47 °C for various holding time followed by air cooling and store at 10 ± 1°C for 7 days

A: Control B: 47 °C for 0 hr.

C: 47 °C for 1 hr. D: 47 °C for