ระดับโครงการ

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันของพืชส่งออก

Research and Development on Plant Quarantine Treatment for Export

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

สลักจิต พานคำ

Saluckjit Phankum

ปี 2564

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปผู้บริหาร

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผลผลิตของผักผลไม้หลากหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดยังมีหลากหลายพันธุ์ ในแต่ละปีการส่งออกผลไม้ได้สร้างมูลค่าการส่งออกให้ประเทศไทยหลายพันล้านบาท เช่นในปี 2562-2564 ไทยส่งออกผลไม้อบไอน้ำได้แก่ มะม่วง ส้มโอ และมังคุด ทั้งหมดปริมาณ 34,782 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวมกว่า 3,400 ล้านบาท แม้ว่าตั้งแต่ปี 2562 นั้นจะเกิดสถานการณ์โรคระบาด โควิด -19 แต่กระแสการส่งออกผลไม้สดของไทยไปยังประเทศที่มีความเข้มงวดเรื่องศัตรูพืชกักกันนั้น ยังคงสร้างรายได้ให้ประเทศได้อย่างต่อเนื่อง

ในการส่งออกผักผลไม้ไปต่างประเทศที่มีเงื่อนไขพิเศษนั้น แต่ละประเทศได้มีการกำหนดวิธีการตามมาตรฐานการกักกันพืชระหว่างประเทศ การกำจัดแมลงในผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่องานกักกันพืชระหว่างประเทศ เพราะช่วยให้สามารถส่งผักและผลไม้ออกจากแหล่งแพร่ระบาดของแมลงวันผลไม้ได้ โดยจัดการความเสี่ยงที่แมลงศัตรูพืชร้ายแรงจะเล็ดลอดติดไปกับสินค้า ปัญหาที่ประเทศผู้นำเข้าปลายทางตรวจพบไข่และหนอนแมลงวันผลไม้ศัตรูพืชสำคัญด้านกักกันพืชติดไปกับผักและผลไม้ส่งออกแมลงวันผลไม้เป็นแมลงศัตรูที่มีพืชอาหารกว้าง สามารถเพิ่มปริมาณและแพร่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้เกิดปัญหาในการส่งออกผลิตผลทางการเกษตรการนำเทคโนโลยีการใช้ความร้อนด้วยการอบไอน้ำมาพัฒนาใช้กับ มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทับทิมสยาม และขาวแตงกวา) มะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) มีโอกาสประสบความสำเร็จ ประเทศไทยสามารถใช้ข้อมูลงานวิจัยเทคโนโลยีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีการอบไอน้ำในผักผลไม้ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น เสนอเจรจาเปิดตลาดส่งออกผลไม้ต่อประเทศที่มีความเข้มงวดด้านกักกันพืช เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน สาธารณรัฐเกาหลี สหภาพยุโรป นิวซีแลนด์ ออสเตรเลียได้ และหากไทยสามารถส่งออกพืชเพิ่มได้ จะสามารถสร้างรายได้เข้าประเทศเพิ่มขึ้นได้ปีละหลายพันล้านบาท ซึ่งจะเกิดประโยชน์กับเกษตรกร และผู้ประกอบการสามารถใช้องค์ความรู้ เทคโนโลยีการอบไอน้ำนี้สร้างมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรได้ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ปัญหาในการส่งออกผลไม้ไทยเนื่องจากเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางด้านกักกันพืชหลายประเทศออกมาตรการด้านสุขอนามัยพืชห้ามนำเข้าผลไม้จากประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ด้วยความร้อนที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานด้านกักกันพืช และเพื่อศึกษาผลกระทบของวิธีการอบไอน้ำต่อคุณภาพสำหรับการส่งออกผลไม้ ได้แก่ พริก มะนาว ส้มโอ ฝรั่ง แก้วมังกร และ มะละกอ สำหรับการทดลองศึกษาความเสียหายของพริกหวานจากวิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ด้วยเครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และอายุการเก็บรักษาของพริกหวานหลังผ่านกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 °ซ. เป็นเวลา 55 นาที ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด พบว่าผลพริกทดลองในสภาพความจุ 25% และ100% การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไม่มีความแตกต่าง ประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำในการกำจัดแมลงวันทอง *B. dorsalis* ในผลมะนาว *(Citrus aurantifolia* Swing.) ทั้งพันธุ์แป้น และพันธุ์พิจิตร1 ผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่าไข่มีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุด ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิผล 46 °ซ. นาน 40 นาที สามารถกำจัดไข่ไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) จำนวนประมาณ 112,016 ฟอง และ 162,454 ฟอง ตามลำดับ ในผลมะนาวตายทั้งหมด โดยคุณภาพผลมะนาวไม่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ การประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ขาวแตงกวา และทับทิมสยาม ที่อุณหภูมิ 46 °ซ. นาน 30 นาที ผลการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* สามารถกำจัดหนอนวัย 1 ได้จำนวนประมาณ 43,170, 43,452 และ 39,384 ตัว ตามลำดับ ในผลส้มโอตายทั้งหมด การศึกษาความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอ พบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ พบว่า อุณหภูมิที่อบผลแก้วมังกร 47 °ซ. นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 °ซ. เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน คุณภาพของแก้วมังกรไม่แตกต่างกันในแต่ละวิธีการ สำหรับแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง การประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำพบว่าระยะไข่ของแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 จึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของวิธี MVHT ในการกำจัด *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกร ในระดับแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. พบว่า อัตราการตายของแมลงในระยะไข่ เฉลี่ย 100% ที่ระยะเวลา 30 นาที และสามารถกำจัด *B. dorsalis* ระยะไข่ 24 ชม. จำนวน 4,356 ตัว ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงตายทั้งหมด การศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีอบไอน้ำ MVHT พบว่ามีประสิทธิภาพกำจัด หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนประมาณ 32,888 ตัว ในผลมะละกอฮอลแลนด์ให้ตายทั้งหมด ด้านความเสียหายของมะละกอจากความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์ต่อคุณภาพของมะละกอ พบว่ามะละกอที่ผ่านความร้อน ที่อุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 20 นาที ไม่พบความเสียหายที่เด่นชัดภายในเนื้อมะละกอ

กรมวิชาการเกษตร

การกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยเทคนิคการแช่น้ำร้อนสำหรับฝรั่ง และมะละกอเพื่อการส่งออก เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* ทั้งระยะไข่และระยะหนอน ผลการทดลอง พบว่าการแช่ฝรั่งพันธุ์กิมจู และ มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 °ซ. โดยให้อุณหภูมิภายในผลถึง 46 °ซ. นาน 5 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้งระยะไข่และระยะหนอนได้ 100%

Abstract

The problems in exporting Thai fruits were a host plant of fruit flies. This is an important insect pest in plant quarantine. Many countries have issued phytosanitary measures prohibiting the importation of fruit from Thailand. Therefore, the objective was to research and development of heated air quarantine treatment to control the oriental fruit fly, *B. dorsalis* in accordance with plant quarantine standards and study the effect of heat air treatment on export quality of fruits such as chilli, lemon, pomelo, guava, dragon fruit and papaya. Effect of commercial vapor heat treatment (VHT) for controlling *B. dorsalis* on bell pepper *Capsicum annuum* L. fruit quality at 46°C for 55 minute was able to kill *B. dorsalis*, the most heat-tolerant stage was studied in the condition of treated fruit contain at 25% and 100% of chamber capacity were no difference in physical change. VHT was tested for its effectiveness to destroy *B. dorsalis* in lime *(Citrus aurantifolia* Swing.) Phan and Pichit variety. Complete mortality of 24 hour-old eggs of *B. dorsalis* on lime was achieved, at 46°C for 40 minute with high temperature air saturated with water vapor. In large-scale confirmatory test of this treatment schedule, none of the treated 162,454 and 112,016 eggs survive respectively. Under commercial export simulation tests, the treatment had no effect on fruit quality. Currently, the modified vapor heat treatment (MVHT) schedule at 46°C for 30 minutes was accepted as a quarantine treatment to disinfest the first instar larvae of *B. dorsalis* on Khao Nam Phueng, Khao Tang Kwa and Tubtim Siam variety of pomelo. In large scale efficacy test of this treatment schedule, none of the treated 43,170, 43,452 and 39,384 first instar larva survived. The commercial export simulation test kept under air and sea shipment simulation tests showed no difference in fruit quality from untreated fruits. The experiment studies the behavior of VHT chamber conditions on white dragon fruit at temperatures of 46 and 47 ℃ and kept at 5 and 10 ℃ found that damage to the quality of white dragon 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 h., stored at 10 and 15 ℃ for 7 and 14 days. The quality of dragon fruit was not different in each treatment. In addition to, the most heat tolerant stage of the oriental fruit fly was 24h-old eggs on red dragon fruit and efficiently disinfestation test with MVHT to control *B. dorsalis*. It was found that the insect mortality of 24h old egg were death

กรมวิชาการเกษตร

100% at 30 min. Fruit flies have an estimated for disinfestation according to Abbott equal to 4,356 individuals. . The most heat tolerant stage of *B. dorsalis,* 1st instar larvae, infesting in the papaya would be completely killed by a specified treatment schedule. Completely mortality of the 1st instar larvae of *B. dorsalis* on "Holland" papaya fruit was achieved, at 47°C for 20 mins. The results indicated that none of the treated 32,888 of 1st instar larvae survived. Based on these results, the effectiveness of MVHT against *B. dorsalis* on papaya without damaging fruit quality.

Hot water immersion treatment is a post-harvest treatment for fruit flies disinfestation. The studies determined the optimum temperature and period of time to control egg and larvae of *B. dorsalis* in guava and papaya. The results showed that the temperature at center of guava at 46 °C + 5 min. is effective against above and had no impact on the quality of the fruit.

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณโครงการวิจัย คณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการ คณะกรรมการบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ที่ได้ช่วยกันพิจารณาแก้ไข และให้คำแนะนำในการจัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันของพืชส่งออก และเจ้าหน้าที่จากกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	2
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
กิตติกรรมประกาศ	5
สารบัญ	
สารบัญภาพ	7
บทที่ 1 บทนำ	9
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	12
บทที่ 3 ผลการศึกษา	69
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	72
เอกสารอ้างอิง	82
ภาคผนวก	83

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญภาพ

เรื่อง	หน้า
Figure 1. Fruit fly mass rearing room.	**83**
Figure 2. Fruit fly eggs.	**83**
Figure 3. Count fruit fly first instar under microscope.	**83**
Figure 4. The first hole was made on top at the area where the stalk attached with fruit.	**84**
Figure 5. The second hole was made on upper half of test fruits.	**84**
Figure 6. Test fruits were held in a plastic container. Each fruit was placed on top of a plastic ring to prevent larvae from drowning.	**84**
Figure 7. Fruit holding containers were covered with fine mesh muslin cloth to prevent fruit fly reinfestation.	**85**
Figure 8. Sanshu vapor heat treatment system (differential pressure type) model: EHK-1000D.	**85**
Figure 9. Capacity treated modified vapor heat treatment in the chamber.	**85**
Figure 10. Calibration sensor of resistance thermometers.	**86**
Figure 11. Recorder in the vapor heat treatment system.	**86**
Figure 12. Place monitoring of fruit temperature (sensor fruit).	**86**
Figure 13. Control and test fruits infested with fruit fly first instar were held in room at 25-27 ° C after heat treatment.	**87**
Figure 14. Test fruits infested with fruit fly first instar were observed at each given treatment temperature and holding time.	**87**
Figure 15. Fruit holding containers (drawer-type boxes).	**87**
Figure 16. Showing cooling system (differential pressure type) model: SHS-12.	**88**
Figure 17. Control and treated fruits keep in box.	**88**
Figure 18. Control and treated fruits in chamber at 10 ° C after heat treatment.	**88**
Figure 19. The measurement of total soluble solid (TSS) by using atago digital refractometer (model: DBX-30).	**89**
Figure 20. The measurement of acidity by using acilizer (model: 5 006P).	**89**
Figure 21. Forced infestation method ten punctures were made on the fruit surface by inserting pin (0.5 mm. diameter).	**89**
Figure 22. Forced infestation method test fruits were individually exposed to gravid females for oviposition.	**90**
Figure 23. Artificial and Forced infestation method.	**90**
Figure 24. Filler fruits.	**90**

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Figure 25. Low load and Full load in chamber (capacity 50 and 100 %). **91**

Figure 26. Commercial export simulation test. **91**

Figure 27 General technique and procedure in disinfestation test: Preparation of fruit for artificial infestation **91**

Figure 28 Cover the wound was secured before Lime were subjected to treatment and Separate varieties of lime **92**

Figure 29 General technique for performing vapor heat treatment: Monitoring of fruit center temperature. **92**

Figure 30 Check results Lime testing to determine the mortality rate of egg stage insects. In the lime fruit Between Pean and Phichit 1 Varieties **92**

Figure 31 After 5 days of mortality test, check the larva 3rd survived. **93**

Figure 32 Mortality test of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo Khao Tang Kwa treated with modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test. **93**

Figure 33 Eggs inoculation method of *Bactrocera dorsalis* on red dragon fruit **93**

Figure 35 Publication of "Host Status: Infestability of Red Dragon Fruit by Oriental Fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae)" at National plant protection conference 14. **94**

Figure 36 Evaluation of modified vapor heat treatment as quarantine treatment for Khao Nam Phueng pummelo infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) **94**

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 1 บทนำ

1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

<u>วิสัยทัศน์</u>

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

<u>พันธกิจ</u>

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตรสู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน (โปรดเลือกเฉพาะยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานของท่าน)

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง
เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

☑ ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์
คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษและภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม
สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ
การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

กรมวิชาการเกษตร

3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และโปรดระบุแผนงาน/โครงการให้สอดคล้องกับโปรแกรมของแผน ววน.

โปรแกรมตามแผน ววน.	งบประมาณ (บาท)
โปรแกรม P7. โจทย์ท้าทายด้านทรัพยากรสิ่งแวดล้อม และการเกษตร	11,925,567

4. รายละเอียดโครงการ

โครงการที่ 3 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันของพืชส่งออก

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันการขยายตัวทางการค้าระหว่างประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การนำเข้าและส่งออกผลไม้ ที่มีความเสี่ยงสูงจากแมลงศัตรูพืชกักกันจะแพร่ระบาดจากประเทศหนึ่งไปยังอีกประเทศหนึ่ง เป็นปัญหาสำคัญในการนำเข้าผลไม้ของประเทศที่มีความเข้มงวดทางด้านกักกันพืชเช่น ประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากประเทศไทยเป็นแหล่งแพร่ระบาดของศัตรูพืช สำคัญด้านกักกันพืชหลายชนิด ได้แก่แมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis* complex) โดยกระทรวงเกษตร ป่าไม้และประมงญี่ปุ่น (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, MAFF) กำหนดให้การขออนุญาตนำเข้าสิ่งต้องห้าม ต้องยื่นเสนอแผนการวิจัยการกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนการส่งออกให้กับ (MAFF) พิจารณาตรวจสอบตามขั้นตอนในการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้เป็นไปตามข้อกำหนดตรงตามมาตรฐานวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ได้แก่ การอบไอน้ำ เป็นวิธีการใช้ความร้อนในการกำจัดแมลงวันผลไม้ วิธีการอบไอน้ำ (Vapor heat treatment, VHT) เป็นกรรมวิธีให้ความร้อนกับผลไม้โดยอาศัยการหมุนเวียนไอน้ำร้อนผ่านผลไม้ อากาศร้อนจะอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (Saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 90% วิธีการนี้เริ่มใช้เป็นครั้งแรกที่สหรัฐอเมริกาเมื่อปี พ.ศ. 2472 เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ 2 ชนิด ในผลส้ม คือ แมลงวันผลไม้ *Ceratitis capitata* (Wiedemann), และแมลงวันผลไม้ *Anastrepha ludens* (Loew) ต่อมามีการศึกษาวิจัยวิธีอบไอน้ำกับส้ม แอปเปิล ท้อ สาลี่ และ พลับ ที่ประเทศออสเตรเลีย ส้ม พลัม และมะม่วง ที่ประเทศไต้หวัน มะม่วงและฝรั่ง ที่ประเทศเปอร์โตริโก แอปเปิล อโวกาโด พริกยักษ์ ถั่ว ลิ้นจี่ มะม่วง มะละกอ แตง องุ่น ท้อ สาลี่ พลับ พลัม ทับทิม มะเขือเทศ ประเทศญี่ปุ่นเป็นผู้นำในด้านการพัฒนาอุปกรณ์เครื่องอบไอน้ำทั้งขนาดเล็กสำหรับงานวิจัยและขนาดใหญ่ระดับการค้าที่ทันสมัยควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ปัจจุบัน เครื่องอบไอน้ำซึ่งใช้เทคโนโลยีของญี่ปุ่นมีใช้อยู่ในหลายประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่น (เกาะโอกินาวา) ฟิลิปปินส์ ไทย สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย นอกจากนี้ยังมี วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้น (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) เป็นกรรมวิธีการให้ความร้อนกับผลไม้จะอาศัยวิธีอบอากาศร้อนร่วมกับวิธีอบไอน้ำ โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับผลไม้ด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80% เมื่ออุณหภูมิในผลไม้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนจะมีความชื้น

กรมวิชาการเกษตร

สัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 90% สำหรับประเทศไทย โดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กลุ่มวิจัยการกักกันพืช กลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน มีอุปกรณ์เครื่องตู้อบความร้อนขนาดเล็กสำหรับงานวิจัย ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง ได้มีการวิจัยพัฒนากระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพ และสามารถส่งออกผลไม้ได้หลายชนิดแล้วเช่นกัน ซึ่งปัจจุบันบริษัทเอกชนหลายรายสร้างโรงงานอบไอน้ำขนาดใหญ่ระดับการค้าจำนวนทั้งหมด 12 โรงงาน รวมถึงเป็นผู้ส่งออกผลไม้ไปประเทศต่างๆ โดยผ่านกรรมวิธีอบไอน้ำดังนี้ ประเทศญี่ปุ่น สามารถส่งออกมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน แรด พิมเสน ทองดำ น้ำดอกไม้ มหาชนก โชคอนันต์ เขียวเสวย มังคุด และส้มโอพันธุ์ทองดี สาธารณรัฐเกาหลี สามารถส่งออกมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน แรด พิมเสน ทองดำ น้ำดอกไม้ และมหาชนก ประเทศนิวซีแลนด์ สามารถส่งออกมะม่วงทุกพันธุ์ ประเทศไต้หวันสามารถส่งออกมังคุดได้

ดังนั้นหากการทดลองในการศึกษาปี 2559 ถึง 2564 สำเร็จลงเราสามารถที่จะส่งออกผลไม้เพิ่มขึ้นได้อีกหลายชนิด ซึ่งวัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ซึ่งทำลายอยู่ภายในผลไม้ การนำเทคโนโลยีการใช้ความร้อนด้วยการอบไอน้ำมาพัฒนาใช้กับ พริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทับทิมสยามและขาวแตงกวา) มะละกอ (พันธุ์ฮอล์แลนด์) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดง และ สีขาว) และการแช่น้ำร้อนฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) และมะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์) มีโอกาสประสบความสำเร็จ ผู้วิจัยมีความมุ่งมั่นว่าอีก 6 ปี ประเทศไทยสามารถส่งออกพืชได้เพิ่ม

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ด้วยความร้อนที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ด้านกักกันพืช สำหรับการส่งออกผักผลไม้ ได้แก่ พริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทับทิมสยามและขาวแตงกวา) ฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) และ มะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์)

2. เพื่อศึกษาผลกระทบของวิธีการอบไอน้ำต่อคุณภาพของพริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้งและทับทิมสยาม) ฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) และ มะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์)

ขอบเขตการศึกษา

โครงการวิจัยดำเนินการศึกษาวิจัยในปี 2559-2564 เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ซึ่งเป็นแมลงศัตรูสำคัญด้านกักกันพืชที่มีอยู่ในรายชื่อศัตรูพืชกักกันประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสหภาพยุโรป การวิจัยมุ่งเน้นการใช้ความร้อน 2 วิธี คือ (1) วิธีอบไอน้ำใน 9 พืช ได้แก่ พริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทับทิมสยามและขาวแตงกวา) มะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์) แก้วมังกร

กรมวิชาการเกษตร

(พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) เพื่อส่งไปประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ สำหรับพริก พันธุ์จินดา วิจัยเพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป (2) วิธีแช่น้ำร้อน กับพืช ฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) และมะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์) เพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป และทำการวิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลลองกองเพื่อการส่งออกโดยศึกษาผลการใช้โอโซนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของลองกองภายหลังการอบไอน้ำ เพื่อกำจัดแมลงวันทองเพื่อส่งไปประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน สาธารณรัฐเกาหลี ออสเตรเลีย

นิยามศัพท์

พริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทับทิมสยามและขาวแตงกวา) มะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) อบไอน้ำ อบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ แมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis*)

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยวิธีการอบไอน้ำเพื่อการส่งออก

Research and Development on Disinfestation with Vapour Heat Treatment for Export

1.วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1.1 ความเสียหายของพริกหวานจากวิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยเครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์ ผลิตโดย บริษัท Sanshu Sangyo Co. Ltd ประเทศญี่ปุ่น
2. พริกหวานสีเขียว (*Capsicum annuum* L.)
3. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
4. เครื่องวัดสีผลไม้ (Color reader) Konica Minolta Model CR-10 ประเทศญี่ปุ่น

5. เครื่องวัดความหวาน (Brix refractometer)

6. ห้องควบคุมอุณหภูมิต่ำ (cold storage)

วิธีการ

การทดลองศึกษาความเสียหายของพริกหวานจากวิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* Hendel ด้วยเครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ โภชนาการ และอายุการเก็บรักษาของพริกหวานหลังผ่านกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* Hendel โดยทำการศึกษาในสภาพจำลองการส่งออกทางอากาศและทางเรือ ปัจจัยที่นำมาศึกษา มีดังนี้

1. ปริมาณพริกหวานในห้องอบไอน้ำที่ 25 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุบรรจุผลไม้

2. ขนาดของผลพริก ขนาดเล็ก กลาง ใหญ่

3. ตะกร้าวางผลไม้ในห้องอบไอน้ำ

4. การสูญเสียน้ำหนัก

5. อายุการเก็บรักษาในสภาพจำลองการส่งออกทางอากาศและทางเรือ

6. อายุการเก็บรักษาในห้องเก็บผลไม้

1. อบไอน้ำในสภาพที่มีปริมาณพริกหวาน (Loading capacity) 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุห้องอบไอน้ำ

1.1 ผลพริกหวานทดลองนำมาจากแปลงปลูกพริก จังหวัดเชียงใหม่ ชั่งน้ำหนักผลแต่ละขนาดและติดป้ายเครื่องหมาย ขนาดและน้ำหนักผลพริกหวานทดลอง เป็นดังนี้

ขนาด	น้ำหนัก (กรัม)
เล็ก (Small, S)	90 – 130
กลาง (Medium, M)	130-170
ใหญ่ (Large, L)	170- 210

1.2. นำผลพริกหวานขนาดต่างๆกัน (S M L) จำนวน 20 ผล/ขนาด วางในตะกร้าเดียวกันรวม 60 ผลต่อตะกร้า วางพริกหวานขนาดต่างๆที่จะทำการบันทึกผลไว้ในตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นเรียงตะกร้าในห้องอบไอน้ำ ภายในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องอบไอน้ำมีปริมาณพริกหวานเต็มความจุของเครื่องอบไอน้ำ ทำการอบไอน้ำพริกหวานที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังเสร็จสิ้นการอบไอน้ำทำการลดความร้อนด้วยพัดลมเป่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.3. นำผลพริกหวานที่ผ่านการอบไอน้ำขนาดต่างๆกันจำนวน 10 ผล/ขนาด เก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2, 4 และ 6 วันหลังอบไอน้ำ ตรวจสอบคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงทาง

กรมวิชาการเกษตร

กายภาพ เช่น ผิวผล ก้านผล โรค และอาการอื่นๆ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความหวานของผลพริกเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) และบันทึกข้อมูล

1.4. นำผลพริกหวานที่ผ่านการอบไอน้ำขนาดต่างๆกันจำนวน 10 ผล/ขนาด เก็บในสภาพจำลองการขนส่งทางอากาศที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง แล้วย้ายไปเก็บในห้องอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 14 วัน ตรวจสอบคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น ผิวผล ก้านผล โรค และอาการอื่นๆ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความหวานของผลพริกเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) และบันทึกข้อมูล

1.5. นำผลพริกขนาดต่างๆกันจำนวน 10 ผล/ขนาด เก็บในสภาพจำลองการขนส่งทางเรือโดยเก็บที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 14 วัน ตรวจสอบคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น ผิวผล ก้านผล โรค และอาการอื่นๆ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความหวานของผลพริกเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) และบันทึกข้อมูล

2. อบไอน้ำในสภาพที่มีปริมาณพริกหวาน 25 เปอร์เซ็นต์ของความจุของความจุห้องอบไอน้ำ ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1.1- 1.5

3. เครื่องอบไอน้ำ

เครื่องอบไอน้ำผลิตโดย บริษัท Sanshu Sangyo จำกัด Model EHK-500 ความจุ 5 ตัน จำนวน 1 เครื่อง ตั้งอยู่ที่บริษัท พีแอนด์เอฟ เทคโน จำกัด กรมส่งเสริมการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ

เครื่องอบไอน้ำผลิตโดย บริษัท Sanshu Sangyo จำกัด Model EHK-300 MPC ความจุ 3 ตัน จำนวน 1 เครื่องตั้งอยู่ที่ บริษัท คิง เฟรช ฟาร์ม จำกัด ตำบลบางน้ำจืด อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

การทดลองที่ 1.2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลมะมะนาวแป้นเพื่อการส่งออก

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ผลมะนาวจากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออกที่ได้มาตรฐาน
2. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
3. เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
4. ปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer)
5. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
6. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่นEHK–1000B/EHK–1000D จำนวน 2 เครื่อง

กรมวิชาการเกษตร

7. เครื่องลดอุณหภูมิผลไม“Sanshu” shower cooling system (differential pressure type) รุน SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
8. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Refractometer Atago PAL-BX ACID 1
9. เครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น CR-10 Plusher
10. ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก (อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้น 75 เปอร์เซ็นต์)
11. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ จานทดลอง (petri dish) ขนาดเสนผานศูนยกลาง 5 เซนติเมตร กระบะพลาสติก และอุปกรณอื่นๆ เชน ปเปต (pipettes) หลอดทดลอง (test tube) บีกเกอร (beaker) หลอดหยด (dropper) ปากคีบ (forceps) ผามัสลิน กระดาษกรองสีดำ พูกัน หนังยาง และผาขาวบาง

วิธีการ

1. ประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำในการกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาว

ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (model : EHK-1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จำนวน 2 เครื่อง, มะนาวทดลองต้องเป็นมะนาวคุณภาพ ไม่บอบช้ำ ควรเก็บในขณะที่ผลเริ่มแก่ โดยสังเกตจากด้านขั้วของผลเริ่มมีสีเหลืองเล็กน้อย ผิวเปลือกจะเรียบบางใส มีสีเขียวอ่อนกว่าผลที่ยังไม่แก่ เมื่อบีบดูจะค่อนข้างนุ่มมือ ไม่ควรเก็บมะนาวแก่เกินไป เพราะเปลือกจะบางมาก ทำให้เกิดความเสียหายในการขนส่งได้ง่าย อีกทั้งเมื่อนำไปขายจะทำให้วางจำหน่ายได้ไม่นาน และผลเน่าเสียเร็ว (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2565) ผลขนาดกลาง น้ำหนัก 35-45 กรัม/ผล แมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง และหนอนวัยที่ 1 ได้จากแมลงวันทองตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้เป็นจำนวนมากในห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเทียม (artificial diet) สูตรข้าวโพดป่น (Watanabe et al., 1973) แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลอง โดยแต่ละการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังรายละเอียดต่อไปนี้

สลักจิต และ คณะ (2558) ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันทองในผลมะนาว พบว่า ไข่อายุ 24 ชั่วโมงทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยต่างๆ ขณะที่หนอนวัยที่ 1 ทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัย ที่ 2 และ 3 ในการทดลองนี้ได้ศึกษาเพื่อยืนยันว่าไข่เป็นระยะการเจริญเติบของแมลงวันทองที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างไข่อายุ 24 ชั่วโมงและหนอนวัยที่ 1 การเตรียมมะนาวให้มีไข่และหนอนวัยที่ 1 อยู่ภายในผล ดำเนินการตามขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติของ สลักจิตและ คณะ (2558) ใส่ไข่จำนวน 30 ฟอง/ผล หรือหนอนวัยที่ 1 จำนวน 30 ตัว/ผล

ในการทดลองแต่ละครั้งจะเตรียมมะนาวทดลองมีไข่ และหนอนวัยที่ 1 อยู่ในผลอย่างละจำนวน 110 ผล จากนั้นแยกถาดใส่มะนาวอบมะนาวกำจัดไข่ และหนอนวันที่ 1 ในเครื่องอบความร้อนตู้เดียวกัน โดยจัดเรียงมะนาวจำนวน 60 ผล ในถาดบรรจุผลไม้อย่างละจำนวน 20 ผล/ถาด สำหรับมะนาวที่เหลืออีกอย่างละจำนวน 50 ผล ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ต้องผ่านความร้อนอบมะนาวด้วยวิธีอบไอน้ำ กรรมวิธีที่อากาศร้อนอุณหภูมิเพิ่ม

สูงขึ้นแต่ละระดับภายในช่วงเวลากำหนด (stepped temperature vapor heat treatment, STEPPED VHT) โดยการกำหนดเวลาเริ่มต้น 10 นาที ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นตั้งเวลา 20 นาที ทำให้อุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้น 5 องศาเซลเซียส กำหนดให้อุณหภูมิผล จนถึง 47 องศาเซลเซียส อากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานของแมลงวันทองระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 โดยอบมะนาวให้อุณหภูมิภายในสุดผลเพิ่มขึ้นถึงและคงความร้อนภายในผลไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30, 35 และ 40 นาที

การวัดอุณหภูมิผลมะนาวทดลองอาศัยการวัดจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 40 ± 2 กรัม/ผล เมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิจำนวน 2 ผล อุณหภูมิคงอยู่ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำถาดซึ่งบรรจุมะนาวมีไข่ และหนอนวัยที่ 1 ในผลอย่างละจำนวน 20 ผล ออกจากเครื่องตู้อบความร้อนและลดอุณหภูมิผลมะนาวทันทีโดยเป่าด้วยพัดลมนาน 1 ชั่วโมง ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model : SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) ตรวจผลการทดลองหลังจากอบมะนาว 6 วัน โดยผ่ามะนาวแต่ละผล บันทึกจำนวนแมลงรอดชีวิต คำนวณอัตราการตายของแมลงโดยใช้สูตรของ Abbott (Abbot, 1925) ดำเนินการทดลองอบมะนาวกำจัดแมลงระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 ตามวิธีที่กล่าวมาแล้วจำนวน 5 ครั้ง

2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมะนาวแป้นขณะที่ผ่านการอบไอน้ำ (ปริมาณมะนาวแป้นในตู้อบความร้อน)

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-12 Sanshu Sangyo co.,Ltd., Kagoshima, Japan) ผลมะนาวแป้นที่นำมาผ่านความร้อน ต้องเป็นผลมะนาวแป้นที่แก่จัด ผลสีเขียว ขนาดกลางน้ำหนัก 35-45 กรัม/ผล ทำการทดลองกับมะนาวจากแหล่งปลูกจังหวัดเพชรบุรี ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม นครปฐม ชัยนาท พิจิตร ศรีสะเกษ

อบมะนาวภายใต้สภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมารมะนาวน้ำหนักประมาณ 33 66 99 และ 132 กก.-ลบม. นำมะนาว ใส่ในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อน 40 ผล/กระบะ ซึ่งมะนาวทั้งหมด 40 ผลนี้จะใช้สำหรับตรวจสอบความเสียหายที่เกิดจากความร้อน จากนั้นนำมะนาวอื่นๆ (filler fruit) ซึ่งมีน้ำหนักผลหรือความแก่ สีผิวเปลือกไม่ได้ตามกำหนดใส่เพิ่มให้เต็มกระบะเพื่อให้มีน้ำหนัก 11 กก. ภายในห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบความร้อน สามารถวางกระบะบรรจุมะนาวได้ทั้งหมดรวม 12 กระบะ โดยวางเป็น 3 แถว แต่ละแถววางซ้อนกัน 4 ชั้น ดังนั้นในการทดลองมีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 33, 66, 99 และ 132 กก. ตามลำดับ สำหรับมะนาวใช้เปรียบเทียบ (control) มีจำนวน 40 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน

กรมวิชาการเกษตร

ทำการอบมะนาวในสภาพต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นด้วยวิธีอบไอน้ำ โดยกรรมวิธีการเพิ่มอุณหภูมิผลมะนาวถึง 30 °ซ. มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนจะอยู่ที่ระดับมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อบมะนาวให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้นถึง 46°ซ. และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46°ซ. เป็นระยะเวลานาน 0:40 ชั่วโมง

วิธีวัดอุณหภูมิผลมะนาว จะวัดอุณหภูมิจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผลน้ำหนัก 40±1 กรัม/ผล วางอยู่ในกระบะชั้นล่างสุด มะนาวกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผลนี้ใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิผลมะนาวทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิผลมะนาวตามรายละเอียดในสลักจิต และคณะ (2556) เมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิ 3 ผล อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนด แสดงว่าขณะนั้นมะนาวทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับมะนาวกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมะนาวทดลองมีอุณหภูมิคงที่อยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนดแล้ว ลดอุณหภูมิผลทันทีโดยวิธีเป่าลม ตามรายละเอียดในสลักจิต และคณะ (2556) จากนั้นนำมะนาวทดลอง 40 ผลออกจากแต่ละกระบะ ใส่ในกล่องกระดาษเขียนรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ ได้แก่ ตำแหน่งของกระบะ (ซ้าย กลาง ขวา) ชั้นของกระบะ (ชั้นที่ 1, 2, 3 และ 4) จากนั้นนำมะนาวทดลองทั้งหมดเก็บห้องเย็นอุณหภูมิ 12±2°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 % ตรวจความเสียหายของมะนาวหลังจากเก็บไว้นาน 1 สัปดาห์ โดยบันทึกจำนวน มะนาวที่เสียหายจากความร้อนได้แก่ สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง กลิ่นหอมต่อมน้ำมันที่เปลือก รสชาติ และอาการอื่นๆ ตามวิธีการดังรายละเอียดในสลักจิต และคณะ (2556) ดำเนินการทดลองอบมะนาวในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวตามที่กำหนดจำนวน 2 ครั้ง สีเปลือกได้รับการประเมินโดยใช้ 5 คะแนน ต่อไปนี้

0= 100 % สีเขียวทั้งผล ไม่มีร่องรอยของสีเหลือง
1= 0-25% เปลือกเป็นสีเหลือง
2= 25-50% เปลือกเป็นสีเหลือง
3= 50-75% เปลือกเป็นสีเหลือง
4= 75-100% เปลือกเป็นสีเหลือง

3. การยืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวแป้น

ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (model : EHK-1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จำนวน 2 เครื่อง แมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมงที่ใช้ในการทดลองได้จากแมลงวันทองตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้เป็นจำนวนมากในห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเทียม (artificial diet) สูตรข้างโพดป่น (Watanabe et al., 1973) การเลี้ยงแมลงให้ได้จำนวนมากในห้องปฏิบัติการมีขั้นตอนและวิธีการดังรายละเอียด ในสลักจิต และ คณะ (2558) แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลอง โดยแต่ละขั้นการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังรายละเอียดต่อไปนี้

กรมวิชาการเกษตร

3.1 การประเมินประสิทธิภาพการกำจัดแมลง

3.1.1 วิธีการเตรียมมะนาวทดลอง: มะนาวใช้ในการทดลองมีผลขนาดกลาง น้ำหนัก 35-45 กรัม/ผล ผลมะนาวแป้นที่นำมาผ่านความร้อนต้องเป็นผลมะนาวแป้นที่แก่จัด ผลสีเขียว เตรียมมะนาวให้มีไข่อายุ 24 ชั่วโมงอยู่ภายในผล 2 วิธีคือวิธีใส่ไข่ในผลมะนาว (artificial infestation) และวิธีให้แมลงวันผลไม้วางไข่บนผลมะนาว (forced infestation) แต่ละวิธีการมีรายละเอียดดังนี้

(1) วิธีใส่ไข่ในผลมะนาว: มะนาวใช้ในการทดลองเป็นมะนาวพันธุ์แป้น ผลแก่สีผิวเปลือกสีเขียวมีน้ำมาก เปลือกบาง เป็นผลมะนาวที่เหมาะแก่การเจริญเติบของหนอน เก็บมะนาวไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งถึงเวลาที่นำไปใช้ในการทดลอง ตรวจสภาพความผิดปกติของผล มะนาวทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลง วิธีการเตรียมมะนาวให้มีแมลงวันผลไม้วัยต่าง ๆ อยู่ภายในผล จะใช้วิธีใส่ไข่ลงบนเนื้อมะนาว (artificial infestation method) โดยใช้มีดผ่าตัดเจาะกรีดเป็นวง รอบขั้วประมาณ ¾ ส่วน ห่างจากขั้วประมาณ 1 ซม. เปิดเปลือกมะนาวด้านบนเผยอขึ้น จากนั้นใช้มีดผ่าตัดกรีดตัดตรงแกนกลางมะนาวออก ทำให้แต่ละกีบมะนาวเปิด สำหรับให้มีอากาศถ่ายเทภายในผล และเพื่อช่วยให้หนอนสามารถชอนไชเข้าไปทุกส่วนของผลมะนาวได้โดยง่าย ช่วยระบายน้ำออกจากผลโดยการคว่ำแง้มฝาด้านขั้วผลเอียงให้น้ำมะนาวภายในผลไหลออกให้หมด เพื่อป้องกันน้ำขังในผลซึ่งอาจจะทำให้หนอนจมน้ำตายได้ จากนั้นนำมะนาววางไว้บนกระดาษชำระในถาดซึ่งพร้อมที่จะใส่ไข่ การเตรียมมะนาวทดลองให้มี ระยะไข่ของแมลงวันทองอยู่ภายในผลมะนาว ดำเนินการตามขั้นตอน และวิธีการดังนี้

การเตรียมมะนาวมีระยะไข่อยู่ภายในผล: เก็บไข่แมลงวันผลไม้ โดยวางกระบอกเก็บไข่ไว้ในกรงเลี้ยงแมลงนาน 30 นาที รวบรวมไข่ที่ได้ใส่ในน้ำกลั่นเก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) แยกไข่ที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ซึ่งลอยอยู่เหนือน้ำทิ้งทั้งหมด ใช้หลอดดูดสารละลาย (dropper) ดูดไข่ไปวางไว้ผ้ามัสลินสีดำวางบนกระดาษกรองสีดำชุ่มน้ำอีกชั้น โดยการกระจายไข่ให้เป็นแถวยาวเพื่อสะดวกในการแยกไข่ไม่สมบูรณ์ออก เลือกไว้เฉพาะไข่ที่สมบูรณ์เท่านั้น นับจำนวนไข่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยใช้พู่กันเขี่ยไข่อย่างระมัดระวังให้รวมกันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 30 ฟอง/ผล จากนั้นใช้พู่กันย้ายไข่ 1 กลุ่ม (จำนวน 30 ฟอง/ผล) ดังกล่าวลงบนเนื้อมะนาวตรงบริเวณที่ทำรอยแผล ปิดเปลือกโดยดึงเปลือกประกบชิดกับเปลือกอีกด้านปิดให้สนิท และปิดรอยแผลโดยการรัดด้วยกระดาษกาวเพื่อป้องกันไม่ให้เปลือกมะนาวแยกออกจากกัน ในระหว่างที่นำมะนาวผ่านความร้อนในเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ นำมะนาวทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งนำมะนาวไปใช้ในการทดลอง

(2) วิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว : ใช้เข็มปักแมลงเจาะรูบนผลมะนาวจำนวน 5 รู เป็นวงรอบขั้วผล เจาะห่างขั้วผลประมาณ 1 ซม. เพื่อบังคับให้แมลงตัวเต็มวัยเพศเมียแทงอวัยวะวางไข่เข้าไปวางไข่ในผลมะนาวผ่านรูที่เจาะไว้เท่านั้น กรงแมลงสำหรับวางไข่มีขนาด 50.5 x 35.6 x 35.2 ซม. ทำด้วย มุ้งลวดตาข่ายอลูมิเนียมขนาด 16 เมซ มีแมลงตัวเต็มวัยอายุไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ จำนวนประมาณ 2,000 ตัว การเตรียมมะนาวทดลองแต่ละครั้ง จะนำมะนาวจำนวน 10 ผล ใส่ในกรงให้แมลงวันทองวางไข่เป็นเวลานาน 30 นาที หลังจากนั้นเก็บมะนาวไว้ใน

กรมวิชาการเกษตร

ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งนำมะนาวไปใช้ในการทดลอง

3.1.2 การประเมินประสิทธิภาพการกำจัดแมลง: อบมะนาวทดลองในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณมะนาวน้ำหนักแตกต่างกัน คือ น้ำหนักประมาณ 33-35 กก/ลบ.ม. (low load) และ 132-35 กก/ลบ.ม. (full load) สำหรับการอบมะนาวที่น้ำหนักประมาณ 33-35 กก/ลบ.ม. ดำเนินการทดลองโดยเตรียมมะนาวให้มีไข่แมลงวันทองอยู่ภายในผล 2 วิธีตามที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยใช้ผลมะนาวได้จากวิธีใส่ไข่ในผลจำนวน 200 ผล และวิธีให้แมลงวันทองวางไข่บนผลมะนาวจำนวน 40 ผล สุ่มแบ่งมะนาวของทั้งสองกลุ่มออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน เลือกมะนาวที่ได้จากวิธีการใส่ไข่ในผลมะนาว และวิธีการให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว 1 ส่วน จำนวน 50 และ 10 ผล ตามลำดับ เก็บไว้สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ต้องนำไปผ่านความร้อน มะนาวส่วนนี้ใช้สำหรับการประมาณจำนวนแมลงที่มีชีวิตในมะนาวที่ผ่านความร้อน (treatment) เนื่องจากจำนวนแมลงที่มีชีวิตในมะนาวที่ผ่านความร้อน ไม่สามารถทำการตรวจสอบได้โดยตรง สำหรับมะนาวที่เหลืออีก 3 ส่วน แบ่งจำนวนเท่า ๆ กัน ใส่ลงไปในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนขนาด 36 x 70 x 15 ซม. จำนวน 3 กระบะ นำมะนาวส่วนอื่นที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) ใส่กระบะให้เต็ม 2 ชั้น (วัสดุที่ใช้สำหรับกั้นมะนาวในแต่ละชั้นทำด้วยตะแกรงพลาสติกแข็งตัดให้พอดีกับขอบกระบะ) โดยใส่มะนาวเติมเต็มเฉลี่ยจำนวนเท่า ๆ กัน ลงในกระบะบรรจุผลไม้ทดลองที่มีแมลงดังกล่าวทั้ง 3 กระบะ ตามความจุของกระบะนำมะนาวแต่ละกระบะชั่งน้ำหนัก เพื่อให้มีน้ำหนักประมาณ 33-35 กก/ลบ.ม. หรือประมาณ 11-12 กก./กระบะ จากนั้นนำกระบะวางในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องอบความร้อน

กรณีของการอบมะนาวในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 132 กก/ลบ.ม. ดำเนินการทดลองโดยเตรียมมะนาวด้วยวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลจำนวน 380 ผล 40 ผล ตามลำดับ สุ่มเลือกมะนาวทดลองวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลจำนวน 50 ผล และ 10 ผล ตามลำดับ เก็บไว้สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบไม่ต้องผ่านความร้อน สำหรับมะนาวที่เหลือแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน นำมะนาวแต่ละส่วนใส่ในกระบะบรรจุผลไม้จำนวน 3 กระบะ และใส่มะนาวส่วนอื่นที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) เพิ่มลงไปในกระบะเพื่อให้มีน้ำหนักประมาณ 11-12 กก./กระบะ นำกระบะบรรจุมะนาวทั้ง 3 กระบะวางไว้ในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน นำผลมะนาวกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผล เสียบด้วยแท่งวัดความร้อนวางลงในตรงกลางกระบะชั้นล่างสุด (ตำแหน่งความร้อนขึ้นถึงช้าที่สุด) จากนั้นนำมะนาวไม่ใช้ในการทดลองบรรจุลงในกระบะประมาณ 11-12 กก/กระบะ เป็นจำนวนทั้งหมด 9 กระบะ นำไปวางซ้อนลงบนกระบะซึ่งบรรจุมะนาวทดลอง ซึ่งภายในห้องบรรจุผลไม้มีมะนาวทดลองจำนวน 3 กระบะ และมะนาวสำหรับเติมให้เต็มตู้อีก 9 กระบะ รวมมะนาวในตู้ทั้งหมด 12 กระบะ น้ำหนักรวมประมาณ 132-135 กก/ลบ.ม./ตู้ ตามที่กำหนดไว้ จากนั้นนำผลมะนาวกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผล เสียบด้วยแท่งวัดความร้อนวางลงในตรงกลางกระบะชั้นบนสุดเพื่อยืนยันความร้อนภายในตู้ซึ่งเป็นตำแหน่งจุดที่ความร้อนขึ้นเร็วที่สุด

การยืนยันประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำโดยทำการอบมะนาวกำจัดไข่แมลงวันทองตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

กรมวิชาการเกษตร

1. อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = 47-47.5 ° ซ.
2. อุณหภูมิภายในสุดของผลมะนาว = 46 ° ซ.
3. คงระดับอุณหภูมิภายในผลมะนาวหลังเพิ่มขึ้นถึง 46°ซ. = นาน 0:40 ชั่วโมง
4. ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อน = 93 % RH
5. วิธีการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายในบรรจุผลไม้ = อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับภายในห้องช่วงเวลากำหนด (Stepped temp VHT.)
6. วิธีการลดอุณหภูมิผลมะนาว = 1. เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง
   2. ฉีดพ่นน้ำนาน 10 นาที เป่าลม นาน 50 นาที
7. ปริมาณมะนาวในห้องบรรจุผลไม้ = ประมาณ 33 และ 132 กก/ลบ.ม.
8. การตรวจสอบการตายของแมลงวันผลไม้ = 6 วันหลังผ่านความร้อน

อาศัยการวัดจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 40 ± 1 กรัม/ผล ซึ่งวางอยู่ในกระบะบรรจุผลไม้ชั้นล่างสุด เมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิจำนวน 2 ผล อุณหภูมิคงที่อยู่ 46 ° ซ. เป็นระยะเวลานานตามกำหนด เปิดประตูห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนทันทีและลดอุณหภูมิผลมะนาวโดยวิธี 1. เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง และ 2. ฉีดพ่นน้ำนาน 10 นาที เป่าด้วยลมให้แห้งประมาณ 50 นาที หลังจากนั้นเก็บมะนาวทดลอง ในกระบะพลาสติกขนาด 36 x 54 x 15 ซม. นำไปเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองอบมะนาวตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้ว จนกระทั่งมีแมลงในผลมะนาวทดลองที่ผ่านความร้อนจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว

3.2 การประเมินความเสียหายต่อคุณภาพผลมะนาว

การศึกษาความเสียหายของมะนาวในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเครื่องบินและทางเรือ 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-12 Sanshu Sangyo co.,Ltd., Kagoshima, Japan) ผลมะนาวแป้นที่นำมาผ่านความร้อน ต้องถูกวางไว้ในกระบะด้านบนสุด ซึ่งเป็นตำแหน่งร้อนที่สุดของตู้ ผลมะนาวแป้นที่นำมาผ่านความร้อนต้องมีลักษณะที่แก่จัด ผลสีเขียว ผลขนาดกลาง น้ำหนัก 35-45 กรัม/ผล ทำการทดลองกับมะนาวจากแหล่งปลูกจังหวัดเพชรบุรี ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม นครปฐม ชัยนาท พิจิตร ศรีสะเกษ เพื่อศึกษาความเสียหายของมะนาวจากความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำ โดยจำลองในสภาพการส่งออกมะนาวทางเครื่องบิน และ ทางเรือ โดยอบมะนาวภายใต้ข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

(1). อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = 47.5 ° ซ.
(2). อุณหภูมิภายในสุดผลมะนาว = 46 ° ซ.
(3). คงระดับอุณหภูมิภายในสุดของผลมะนาว = 0:40 ชั่วโมง

กรมวิชาการเกษตร

(4). ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อน	=	93 % RH
(5). อุณหภูมิผลเมื่อสิ้นสุดในช่วงอากาศร้อน	=	46 ° ซ.
(6). วิธีการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้	=	อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับในช่วงเวลากำหนด (Stepped temp. VHT)
(7). วิธีการลดอุณหภูมิผลมะนาว 2 กรรมวิธี	=	1. เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง
(8). ปริมาณมะนาวในห้องบรรจุผลไม้	=	ปริมาณ 132-135 กก/ลบ.ม.
(9). อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา	=	12 ° ซ.
(10). การตรวจสอบคุณภาพ	=	ขนส่งทางอากาศ 7 วันหลังผ่านความร้อน ขนส่งทางเรือ 14 วันหลังผ่านความร้อน

การวัดอุณหภูมิผลมะนาวทดลองอาศัยการวัดจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 6 ผล น้ำหนัก 40 ± 1 กรัม/ผล ซึ่งวางอยู่ในกระบะบรรจุผลไม้ชั้นล่างสุด 3 ผล และบนสุด 3 ผล เมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิจำนวน 3 ผลชั้นล่างสุด อุณหภูมิคงที่อยู่ 46 ° ซ. เป็นระยะเวลานานตามกำหนด เปิดประตูห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องต้อบความร้อนทันที และลดอุณหภูมิผลมะนาวโดยวิธีเป่าด้วยลม หลังจากนั้นมะนาวทดลองเก็บมะนาวทดลองในกระบะพลาสติกบรรจุมะนาวทดลองขนาด 36 x 54 x 15 ซม. วางไว้ในชั้นเหล็กในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 1.3 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. แมลงที่ใช้ในการทดลอง
   - แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis*
2. พืชที่ใช้ในการทดลอง
   - ผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง *C. maxima*
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
   - ต้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก
     “Sanshu” vapor heat treatment system (differential pressure type)
     รุ่น EHK-1000B และEHK-1000D, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
   - เครื่องลดอุณหภูมิผลไม้“Sanshu” shower cooling system (differential pressure type)
     รุ่น SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan

กรมวิชาการเกษตร

- เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
- ปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer)
- ที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร
- กล้องจุลทรรศน์ (microscope)
- เครื่องใช้ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการต่างๆ เช่น จานทดลอง (petri dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร กระบะพลาสติก และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ปิเปต (pipettes) หลอดทดลอง (test tube) บีกเกอร์ (beaker) หลอดหยด (dropper) ปากคีบ (forceps) ผ้ามัสลิน กระดาษกรองสีดำ พู่กัน หนังยาง และผ้าขาวบาง

วิธีการ

1. สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ชีววิทยาของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้ในการทดลอง

โดยการสืบค้นข้อมูลทางเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร และจากแหล่งข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งได้จัดหาและคัดเลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อนำมาใช้ในการทดลองในขั้นตอนของการกำจัดแมลงด้วยความร้อนและขั้นตอนของการประเมินความเสียหายต่อความร้อน จากอำเภอสามพราน และอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ใช้ผลส้มโอน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) นำมาเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช เพื่อรักษาคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและนำมาใช้ในขั้นตอนของการทดลองต่อไป โดยน้ำหนักผลของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ใช้ในการทดลอง แบ่งน้ำหนักได้ดังนี้

Small size	(S)	900-1,100 g
Medium size	(M)	1,100-1,300 g
Large size	(L)	1,300-1,500 g

2. แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนที่ 2.1 แหล่งที่มาของแมลงวันผลไม้

แมลงวันผลไม้ที่ใช้ในการทดลองได้มาจากแมลงวันผลไม้ที่เข้าทำลายผลมะเฟือง ในพื้นที่อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช และอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง โดยทำการรวบรวมและเลี้ยงจนเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย จากนั้นจะคัดแยกชนิดอย่างละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ คัดแยกเอาเฉพาะแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* แล้วจึงนำแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยไปเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการและเพิ่มจำนวนให้มากขึ้นโดยใช้การเลี้ยงด้วยอาหารเทียม (artificial diet) ที่ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ ของกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

ขั้นตอนที่ 2.2 เทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงวันผลไม้

แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดใช้เทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ตามวิธีการของ Watanabe *et al*., (1973) และอุดร (2541)

กรมวิชาการเกษตร

สภาพห้องเลี้ยงแมลง: ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้เป็นห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและแสงสว่าง (Figure 1) ห้องเลี้ยงแมลงมีขนาด 3.5x4.6x2.3 เมตร อุณหภูมิ 26±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65±5 เปอร์เซ็นต์ แสงสว่างภายในห้องได้จากหลอดไฟฟลูโอเรสเซนส์ (fluorescent lights) จำนวน 20 หลอด ติดตั้งบนเพดานห้องเลี้ยงแมลง มีระยะรอบของความมืดและสว่าง (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: เลี้ยงแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยกรงใหญ่ จำนวนประมาณ 20,000 ตัว/กรง และกรงเล็ก จำนวนประมาณ 2,000 ตัว/กรง กรงเลี้ยงแมลงมีขนาด 65.5x69.0x77.0 เซนติเมตร และ35x50x35 เซนติเมตร ทำด้วยมุ้งลวดตาข่ายอลูมิเนียมขนาด 16 เมช ภายในกรงมีจานพลาสติกบรรจุอาหารสำหรับตัวเต็มวัย ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมโดยน้ำหนักดังนี้ น้ำตาล 10 ส่วน เอ็นไซม์โปรตีนไฮโดรไลเซส (enzymatic protein hydrolysate; Amber series 100) 1 ส่วน และยีสต์เอ็กเทรค (yeast extract) 1 ส่วน การให้น้ำจะใช้ขวดพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.0 เซนติเมตร สูง 7.5 เซนติเมตร ฝาขวดเจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 3 รู วิธีให้น้ำจะคว่ำขวดน้ำลงบนกระดาษกรองซึ่งวางอยู่บนหลังกรงเลี้ยงแมลง หลังจากเลี้ยงแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยครบ 6 สัปดาห์ แมลงที่เหลือในกรงทั้งหมดจะถูกนำไปทำลายและทำความสะอาดกรงเลี้ยงแมลง เพื่อเตรียมไว้สำหรับใส่แมลงในรุ่นต่อไป ในระหว่างการทดลองจะต้องมีแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยอายุต่างๆ กันเพื่อเตรียมไว้ใช้ในการทดลอง กรงใหญ่ไม่น้อยกว่า 5 กรง และกรงเล็กไม่น้อยกว่า 10 กรง

วิธีการเก็บไข่: เก็บไข่แมลงวันผลไม้เมื่อตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 15 วัน โดยใช้กระบอกพลาสติก ขนาด 7x17 เซนติเมตร ด้านข้างเจาะรูขนาด 0.4 มิลลิเมตร ประมาณ 80-100 รู (Figure 2) เพื่อให้แมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยเพศเมียแทงอวัยวะวางไข่ผ่านรูจากด้านข้างเข้าไปวางไข่ภายในกระบอกพลาสติกในการเก็บไข่แต่ละครั้งจะใส่น้ำส้มประมาณ 30 มิลลิลิตร ไว้ในกระบอกเก็บไข่เพื่อกระตุ้นให้แมลงมาวางไข่ในขณะเดียวกันยังจะให้ความชื้นภายในกระบอกพลาสติกป้องกันไม่ให้ไข่ของแมลงแห้งและแตก รวบรวมไข่แมลงด้วยวิธีเติมน้ำสะอาดในกระบอกพลาสติกเก็บไข่แล้วเขย่าเบาๆ เพื่อให้ไข่ที่ติดอยู่ด้านข้างภายในกระบอกหลุด ใช้ผ้ามัสลินขนาด 150 เมช แยกไข่ออกจากน้ำส้ม รวบรวมไข่ทั้งหมดที่ได้ใส่ในน้ำกลั่นเก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) ขนาด 200 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำไข่ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเทียมพร้อมทั้งตรวจหาอัตราการฟักไข่ด้วยวิธีสุ่มไข่จำนวน 100 ฟอง วางไข่ให้กระจายเป็นแถวยาวบนกระดาษกรองสีดำที่ชุ่มน้ำเก็บไว้ในจานแก้ว (petri-dish) ตรวจนับจำนวนไข่ที่ฟักเป็นตัวหนอน 2 วัน

ระยะหนอน: เลี้ยงหนอนแมลงวันผลไม้ด้วยอาหารเทียมบนสูตรข้าวโพดป่น อาหารเทียมสำหรับระยะหนอนประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้ข้าวโพดบด 50 กรัม กระดาษชำระ 3 กรัม น้ำกลั่น 85 มิลลิเมตร น้ำตาล 5 กรัม brewer's yeast 5 กรัม butyl p-hydroxybenzoate 0.15 กรัม HCl (conc.) 0.2 มิลลิเมตร นำอาหารเทียมประมาณ 900 กรัม ใส่ในถาดพลาสติกขนาด 23x32x5 เซนติเมตร ตัดกระดาษชำระขนาด 5.5x11.0 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น วางไว้บนอาหารเทียม ใช้หลอดดูดขนาด 1 มิลลิเมตร ตวงไข่จำนวน 0.4 มิลลิเมตร แล้วนำไปวางบนกระดาษชำระ เกลี่ยไข่ด้วยพู่กันให้กระจายทั่วๆ กันบนกระดาษชำระ ด้วยวิธีการนี้จะช่วยให้หนอนไม่แก่งแย่ง

กรมวิชาการเกษตร

อาหารกันเมื่อฟักออกจากไข่ ปิดถาดอาหารเทียมด้วยถาดเปล่าอีกหนึ่งใบ เพื่อให้ภายในมีความชื้น ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับไข่จะฟักออกเป็นหนอน นำถาดอาหารเก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลงจนกระทั่งหนอนเจริญเติบโตเต็มที่

ระยะดักแด้: หนอนแมลงวันผลไม้เจริญเติบโตเต็มที่พร้อมที่จะเข้าดักแด้ภายใน 6 วัน เปิดฝาครอบถาดอาหารเทียม และย้ายไปวางไว้ในภาชนะสำหรับให้แมลงเข้าดักแด้ ซึ่งเป็นกระบะพลาสติกขนาด 43x74x23 เซนติเมตร ภายในบรรจุขี้เลื่อย ขนาด 20 เมซ พรมน้ำให้ชื้นพอประมาณสำหรับให้หนอนเข้าดักแด้ หนอนวัย 3 ที่เจริญเติบโตเต็มที่พร้อมจะเข้าดักแด้จะดีดตัวออกจากอาหารเทียมและเข้าดักแด้ในขี้เลื่อย ก่อนที่ดักแด้จะออกเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 2 วัน ใช้ตระแกรงขนาด 20 เมซ ร่อนแยกเอาดักแด้ออกจากขี้เลื่อย คัดดักแด้ที่ไม่สมบูรณ์หรือตายทิ้งให้หมด นำดักแด้ที่สมบูรณ์จำนวนประมาณ 20,000 และ2,000 ดักแด้ ใส่ในถาดพลาสติก ขนาด 23x32x5 เซนติเมตร แล้วนำไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลงที่เตรียมไว้รอให้ออกเป็นตัวเต็มวัย

การควบคุมคุณภาพแมลง: แมลงวันผลไม้ซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการจะต้องมีความแข็งแรง เพื่อที่ข้อมูลจากผลการศึกษาวิจัยจะได้ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของแมลงเป็นประจำ โดยในการเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นจะตรวจสอบอัตราการฟักไข่ (hatching rate) อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักของดักแด้ และอัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย (sex ratio)

3. วิธีเตรียมแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 สำหรับใช้ในการทดลอง

ส้มโอที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ผลส้มโอมีขนาดกลางน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล โดยตรวจสภาพความผิดปกติของผลส้มโอ ซึ่งส้มโอทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือรอยแตกบนผลส้มโอ

ขั้นตอนที่ 3.1 การเตรียมแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1

เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการข้างต้น รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าที่ชุ่มน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 เมซ ร่อนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข่ ย้ายหนอนวัย 1 ใส่ในน้ำกลั่น เก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) ขนาด 200 มิลลิลิตร ใช้หลอดดูดสารละลาย (dropper) ขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดหนอนวัย 1 นำไปใส่ไว้ในจานแก้ว (petri-dish) ขนาด 10x2 เซนติเมตร พร้อมทั้งนับหนอนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ขั้นตอนที่ 3.2 การเตรียมส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งให้มีแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 อยู่ภายในผล

เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการข้างต้น รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าที่ชุ่มน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 เมซ ร่อนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข่ ย้ายหนอนวัย 1 ใส่ในน้ำกลั่น เก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) ขนาด 200 มิลลิลิตร ใช้หลอดดูดสารละลาย (dropper) ขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดหนอนวัย 1 นำไปใส่ไว้ในจานแก้ว (petri-dish) ขนาด 10x2 เซนติเมตร พร้อมทั้งนับหนอนภายใต้

กรมวิชาการเกษตร

กล้องจุลทรรศน์ (Figure 3) ใช้พู่กันเขี่ยหนอนวัย 1 ให้รวมกันเป็นกลุ่มๆ ละ 200 ตัว เจาะส้มโอโดยใช้ที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เจาะผลส้มโอบริเวณด้านขั้วผลให้ทะลุถึงก้นผล จากนั้นดึงแกรนกลางซึ่งติดกับปลายที่เจาะรูออกจากผล แล้วใช้ที่เจาะรูเจาะผลส้มโอทางด้านข้างอีก 1 รู ให้ถึงแกรนกลางผล จากนั้นแคระเมล็ดภายในผลออกให้หมด นำส้มโอวางไว้บนถาดซึ่งพร้อมที่จะใส่หนอนวัย 1 ในผลส้มโอจำนวน 200 ตัว/ผล โดยใส่หนอนวัย 1 ลงบนเนื้อส้มโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว้ทางด้านข้าง อุดรูทั้งหมดด้วยสำลีเพื่อป้องกันไม่ให้หนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล นำส้มโอใส่ในถุงผ้าปิดปากถุงวางลงบนแป้นรองส้มโอเพื่อให้ของเหลวภายในผลส้มโอซึ่งเกิดจากเนื้อส้มโอถูกหนอนกัดกินไหลออกจากผลซึมผ่านรูที่เจาะไว้ วิธีนี้จะช่วยให้อัตราการรอดชีวิตของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอสูงขึ้นและวางไว้ในกระบะพลาสติกขนาด 36x54x15 เซนติเมตร คลุมด้วยผ้าปิดกระบะ หลังจากนั้นนำส้มโอเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ หลังจาก 5 วัน ตรวจผลการทดลอง

4. การศึกษาเทคนิคและวิธีการเตรียมผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้ส้มโอขนาดกลางน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล ทำการทดลองโดยใช้ที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เจาะรูบนผลส้มโอ จำนวน 3 รู ให้ลึกจนถึงกึ่งกลางผล รูที่ 1 เจาะตรงตำแหน่งขั้วผลให้ทะลุแกนกลางผล (Figure 4) รูที่ 2 เจาะด้านตรงกันข้ามกับรูที่ 1 ส่วนรูที่ 3 เจาะบริเวณด้านข้างผลให้อยู่เลยจากส่วนครึ่งบนของผล (Figure 5) สำหรับเหตุผลในการเจาะรูที่ 2 ตรงบริเวณส่วนใต้ของผลนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ของเหลวที่เกิดขึ้นจากการกินของหนอนแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอสามารถไหลออกมาได้ซึ่งจะทำให้ภายในผลส้มโอมีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันผลไม้ ดึงแกนกลางซึ่งติดกับปลายที่เจาะรูออกจากผล จากนั้นแคระเมล็ดภายในผลส้มโอออกให้หมด ซึ่งพร้อมที่จะใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ จำนวน 200 ตัว/ผล โดยใส่หนอนวัย 1 ลงบนเนื้อส้มโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว้ทางด้านข้าง อุดรูทั้งหมดด้วยสำลีเพื่อป้องกันไม่ให้หนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล นำส้มโอใส่ในถุงผ้าปิดปากถุงวางลงบนแป้นรองส้มโอ (Figure 6) เพื่อให้ของเหลวภายในผลส้มโอซึ่งเกิดจากเนื้อส้มโอถูกหนอนกินไหลออกจากผลซึมผ่านรูที่เจาะไว้ วิธีนี้จะช่วยให้มีอัตราการรอดชีวิตของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอสูงขึ้น วางไว้ในกระบะพลาสติกขนาด 36x54x15 เซนติเมตร คลุมด้วยผ้าปิดกระบะ (Figure 7) นำส้มโอเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ หลังจาก 5 วัน ตรวจผลการทดลอง

5. การศึกษารูปแบบของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทำการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง (Figure 8) ในการทดลองใช้ส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) น้ำหนัก 900-1,000 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของส้มโอทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน เมื่อส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 3 ผล มีอุณหภูมิคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตามที่กำหนด แสดงว่าขณะนั้นส้มโอทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ

กรมวิชาการเกษตร

การอบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) เป็นกรรมวิธีที่ให้ความร้อนกับส้มโอโดยอาศัยวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) ร่วมกับวิธีอบอากาศร้อน (hot air treatment, HAT) โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับส้มโอด้วยวิธีอบอากาศร้อน (HAT) อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนผ่านส้มโอจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส แล้วจึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีอบไอน้ำ (VHT) ซึ่งอากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอถึง 46 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่งโมง (เซ็นเซอร์กำหนดอุณหภูมิผลส้มโอ (sensor fruit) จะต้องอ่านค่าได้ 46 องศาเซลเซียส ทั้ง 3 เส้น) ขณะอบส้มโอทำการบันทึกอุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาในการอบส้มโอ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ของเครื่องตู้อบความร้อน ตามค่าที่กำหนดไว้ (อุดร, 2541; อุดรและคณะ, 2549; Unahawutti *et al*., 2006)

ซึ่งแบบแผนของการเพิ่มอุณหภูมิภายในเครื่องตู้อบความร้อน (pattern MVHT test for pummelo) ที่ใช้ในการทดลองในผลส้มโอนี้ทั้งหมดใช้แผนวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ดังนี้

	Pattern MVHT test for pummelo				
Temperature (° C)	30.0	30.0	43.0	47.0	47.0
Time (h)	0:00	0:10	0:10	0:10	10:00
Humidity RH (%)	51.0	51.0	95.0	95.0	
Time (h)	0:00	5:00	0:10	10:00	

6. การศึกษาปริมาณความจุของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน

ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ในการทดลองใช้ส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) น้ำหนัก 1,200±25 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของส้มโอทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน เมื่อส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 3 ผล มีอุณหภูมิคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตามที่กำหนดแสดงว่าขณะนั้นส้มโอทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนักประมาณ 700-900 กรัม/ผล (ส้มโอตกเกรด) จำนวนประมาณ 200 ผล การศึกษาการทำงานของเครื่องตู้อบความร้อนเพื่อกำหนดลักษณะการทำงานของเครื่องตู้อบความร้อนภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ กัน โดยศึกษาการทำงานของเครื่องตู้อบความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) อบส้มโอโดยให้อุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ในขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำ (treatment chamber) ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณความจุ (capacity) ของผลส้มโอ จำนวน 25, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุตู้อบความร้อน

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์จะอาศัยวิธีอบไอน้ำร่วมกับวิธีอบอากาศร้อน โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนผ่านส้มโอจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ โดยให้อุณหภูมิภายในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ในห้องอบไอน้ำใช้ภาชนะบรรจุผลไม้เป็นกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนขนาด 36x70x15 เซนติเมตร ขอบทั้ง 4 ด้านของกระบะทำด้วยพลาสติกแข็งทนความร้อน ส่วนบริเวณพื้นด้านล่างทำด้วยแผ่นสแตนเลส เจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เรียงเป็นแถวตลอดทั่วทั้งแผ่น แต่ละรูห่างกันประมาณ 1 เซนติเมตร ทำให้ไอร้อนสามารถไหลเวียนผ่านผลไม้ได้จากกระบะหนึ่งไปยังผลไม้ในอีกกระบะหนึ่ง ในการอบส้มโอโดยใช้ภาชนะดังกล่าวนี้จะวางกระบะในห้องบรรจุผลไม้เป็น 3 แถว บนช่องที่เจาะไว้ แต่ละแถวมีกระบะวางเรียงซ้อนกัน 4 ชั้น ใส่ผลส้มโอในกระบะพลาสติกให้เต็มความจุ (Figure 9) จัดเรียงกระบะส้มโอตามปริมาณความจุ ดังนี้

ความจุ 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 กระบะ วางเรียง 1 ชั้น น้ำหนักส้มโอ เท่ากับ 32.71 กิโลกรัม

ความจุ 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 6 กระบะ วางเรียง 2 ชั้น น้ำหนักส้มโอ เท่ากับ 64.18 กิโลกรัม

ความจุ 75 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 9 กระบะ วางเรียง 3 ชั้น น้ำหนักส้มโอ เท่ากับ 95.95 กิโลกรัม

ความจุ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 12 กระบะ วางเรียง 4 ชั้น น้ำหนักส้มโอ เท่ากับ 130.84 กิโลกรัม

อบส้มโอตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดไว้ (เซ็นเซอร์กำหนดอุณหภูมิผลส้มโอ (sensor fruit) จะต้องอ่านค่าได้ 46 องศาเซลเซียส ครบทั้ง 3 เส้น) ขณะอบส้มโอทำการบันทึกอุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาในการอบส้มโอ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ของเครื่องตู้อบความร้อน ในระดับความจุที่จำนวน 25, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ (ทำการทดลอง 2 ครั้ง)

7. เครื่องตู้อบความร้อนและการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ

ดำเนินการด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับทดลอง จำนวน 2 เครื่อง ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง แท่งวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งภายในเครื่องตู้อบความร้อนทั้งหมดจะต้องนำมาตรวจสอบความเที่ยงตรง และปรับค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิที่วัดได้ของแท่งวัดอุณหภูมิแต่ละแท่ง (calibration sensor) โดยตรวจสอบเปรียบเทียบกับปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer) ซึ่งมีวิธีการดังนี้ จุ่มแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดรวมทั้งปรอทวัดความร้อนมาตรฐานลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43) (Figure 10) ตั้งค่าเครื่องอ่างน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำร้อน และมีอุณหภูมิคงที่จึงเริ่มการบันทึกอุณหภูมิเป็นระยะเวลานาน 20 นาที

ปรอทวัดความร้อนมาตรฐานจะแสดงค่าอุณหภูมิจริงของน้ำในเครื่องอ่างน้ำร้อน อ่านค่าอุณหภูมิของแท่งวัดอุณหภูมิแต่ละแท่งจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder; Chino, model: LE series และFTH, model: FLE-073504E) ที่อ่านค่าได้ทุก 5 นาที (Figure 11) เครื่องตู้อบความร้อนจะติดตั้งอุปกรณ์

กรมวิชาการเกษตร

พิเศษ คือ ชุดปรับค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้า (correction resistance unit) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับปรับค่าอุณหภูมิที่แท่งวัดความร้อนอ่านได้ให้เท่ากับค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน การทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิจะเสร็จสิ้นเมื่อแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดแสดงค่าอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานานติดต่อกันในช่วงเวลา 20 นาที

8. แบบแผนการเพิ่มอุณหภูมิในเครื่องตู้อบความร้อน

แบบแผนของการเพิ่มอุณหภูมิในเครื่องตู้อบความร้อนที่ใช้ในการทดลองการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอนี้ทั้งหมดใช้แผนการอบไอน้ำดังนี้ เริ่มต้นการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้อง โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำโดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องตู้อบความร้อนต้องมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จนถึงอุณหภูมิภายในผลส้มโอได้ 46 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาที่กำหนดตลอดเวลาที่ทำการอบไอน้ำ

ขั้นตอนที่ 8.1 ขั้นตอนการกำจัดแมลงด้วยความร้อน

1. อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = 47 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิภายในสุดผลส้มโอ = 46 องศาเซลเซียส
3. ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
   ก่อนอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = 51 เปอร์เซ็นต์ RH %
   หลังอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ RH %
4. วิธีการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับในช่วงเวลากำหนด (stepped temp. MVHT)
5. วิธีการลดอุณหภูมิผลส้มโอ = เป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง
6. การตรวจสอบการตายของแมลงวันผลไม้ = 5 วัน หลังผ่านความร้อน

ในการทดลองใช้ส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) น้ำหนัก 1,200±25 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด (Figure 12) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของส้มโอทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน เมื่อส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 2 ผล มีอุณหภูมิคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตามที่กำหนด แสดงว่าขณะนั้นส้มโอทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 8.2 ขั้นตอนการประเมินความเสียหายต่อความร้อน

1. อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = 47, 48 และ49 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิภายในสุดผลส้มโอ = 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส
3. ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

กรมวิชาการเกษตร

ก่อนอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = 65 เปอร์เซ็นต์ RH %

หลังอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ RH %

4. วิธีการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับในช่วงเวลากำหนด (stepped temp. MVHT)

5. วิธีการลดอุณหภูมิผลส้มโอ = เป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง

6. การประเมินความเสียหายต่อความร้อน = 7 วัน หลังผ่านความร้อน

ในการทดลองใช้ส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) น้ำหนัก 1,200±25 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของส้มโอทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน เมื่อส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 3 ผล มีอุณหภูมิคงอยู่ที่ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตามที่กำหนด แสดงว่าขณะนั้นส้มโอทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ

9. การจัดการกับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งหลังจากการอบไอน้ำ

ในขั้นตอนการกำจัดแมลงด้วยความร้อน แยกเก็บส้มโอทดลองที่ผ่านความร้อน (treatment) และไม่ผ่านความร้อน (control) แต่ละระยะเวลาใส่ในถุงผ้าปิดปากถุง วางลงบนแป้นรองส้มโอเพื่อให้ของเหลวภายในผลส้มโอซึ่งเกิดจากเนื้อส้มโอถูกหนอนกัดกินไหลออกจากผลซึมผ่านรูที่เจาะไว้และวางไว้ในกระบะพลาสติกขนาด 36x54x15 เซนติเมตร คลุมด้วยผ้าปิดกระบะ หลังจากนั้นนำส้มโอเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Figure 13) ที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ตรวจนับจำนวนหนอนแมลงวันผลไม้ที่รอดชีวิตในส้มโอแต่ละผล หลังจากผ่านความร้อนเป็นเวลานาน 5 วัน (Figure 14) โดยบันทึกจำนวนหนอนที่รอดชีวิตทั้งหมดในส้มโอทดลองที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดนำข้อมูลไปคำนวณหาอัตราการตายที่แท้จริง (corrected mortality) โดยอาศัยสูตรของ Abbott (Abbott, 1925)

10. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ ศึกษา 2 การทดลอง แต่ละการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้ ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ใช้ส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นตัวเปรียบเทียบพันธุ์กับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (การทดลองที่ 1) โดยใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลงในการเตรียมส้มโอให้มีแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผล (artificial infestation method) จากรายงานของอุดรและคณะ (2549) และ Unahawutti *et al*. (2006) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ทองดี เพื่อกำหนดระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด โดยอบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์กำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ หนอนวัย 1, 2 และ3 เพื่อ

กรมวิชาการเกษตร

เปรียบเทียบอัตราการตายของแมลงแต่ละระยะการเจริญเติบโต อบส้มโอให้อุณหภูมิภายในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 45 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20, 30, 40 และ50 นาที จากผลการทดลอง พบว่า ระยะไข่ หนอนวัย 2 และ3 ตายทั้งหมดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 50, 20 และ30 นาที ส่วนหนอนวัย 1 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที ยังคงรอดชีวิต จากผลการทดลองแสดงว่าหนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอมีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุดด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

อุดรและคณะ (2549) และUnahawutti *et al*. (2006) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการกำจัดแมลงกับแมลงจำนวนน้อยในผลส้มโอพันธุ์ทองดี โดยใช้หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ซึ่งมีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุดด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยปรับเปลี่ยนอุณหภูมิผลจากเดิมที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิผลที่ 46 องศาเซลเซียส อบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เมื่ออุณหภูมิของผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20, 30, 40 และ50 นาที จากผลการทดลอง พบว่า หนอนวัย 1 ตายทั้งหมด ที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มลนิภาและคณะ (2554) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ในผลส้มโอพันธุ์ทองดีเปรียบเทียบกับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยอบส้มโอทั้ง 2 สายพันธุ์ภายในเครื่องตู้อบความร้อนเดียวกันด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เมื่ออุณหภูมิของผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 45 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 นาที จากผลการทดลอง พบว่า หนอนวัย 1 ในผลส้มโอพันธุ์ทองดีและส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งตายทั้งหมดที่อุณหภูมิผล 45 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที

ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) ใช้ส้มโอทั้งหมดจำนวน 176 ผล นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน (Figure15) วางเรียงส้มโอที่ทำการใส่หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ ผลละ 200 ตัว จำนวน 4 ผล/ถาด อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอให้เป็นไปตามข้อ 8 และ8.1 โดยมีการอบเป็นเวลานานที่แตกต่างกันดังนี้

การทดลองที่ 1: ใช้ระยะเวลาอบนาน 0, 10, 20 และ30 นาที แต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 64 ผล และมีส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 16 ผล ทำการทดลอง 4 ครั้ง

การทดลองที่ 2: ใช้ระยะเวลานาน 0, 10 และ20 นาที แต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 72 ผล และมีส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 24 ผล ทำการทดลอง 3 ครั้ง

11. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ในขั้นตอนการประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อส้มโอ ตรวจสภาพความผิดปกติของผลส้มโอ ซึ่งส้มโอทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือรอยแตก แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน

กรมวิชาการเกษตร

(treatment) และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอให้เป็นไปตามข้อ 8 และ8.2 อบส้มโอภายในเครื่องตู้อบความร้อนให้อุณหภูมิภายในสุดผลของส้มโอเพิ่มขึ้นจนถึง 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส และคงความร้อนภายในผลไว้ที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิส้มโอทันทีโดยวิธีเป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ (Figure 16) เปรียบเทียบกับส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนบรรจุใส่ในกล่องกระดาษขนาด 34x47x18 เซนติเมตร (Figure 17) ด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรู พร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่ายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1.6 มิลลิเมตร จำนวน 4 รู เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน (Figure 18) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อนโดยใช้หลักเกณฑ์พิจารณาและดำเนินการในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ศึกษาการสูญเสียน้ำหนักของส้มโอโดยคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียไปด้วยวิธีการบันทึกน้ำหนักส้มโอก่อนการทดลอง และในวันที่ตรวจผลการทดลองชั่งน้ำหนักผลส้มโออีกครั้งหนึ่ง

2. ปริมาณน้ำตาล (brix value) ในการทดลองแต่ละครั้งคั้นน้ำจากเนื้อส้มโอที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ซึ่งปริมาณน้ำตาลในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) มีหน่วยเป็นค่าองศาบริกซ์ การวัดปริมาณน้ำตาลจากเนื้อส้มโอใช้เครื่อง digital refractometer (รุ่น DBX-30, atago Co., Ltd., Tokyo, Japan) (Figure 19)

3. ปริมาณกรด (acidity value) ในการทดลองแต่ละครั้ง คั้นน้ำจากเนื้อส้มโอที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรด ซึ่งปริมาณกรดในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ การวัดปริมาณกรดจากเนื้อส้มโอใช้เครื่อง digital acilyzer (รุ่น 5 006P) (Figure 20)

4. การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอ (peel color) ใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

0	=	100 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเขียว (ไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง)
1	=	0-25 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเหลือง
2	=	25-50 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเหลือง
3	=	50-75 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเหลือง
4	=	75-100 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเหลือง

นำข้อมูลการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอ วิเคราะห์ผลทางสถิติ และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบ t-test

12. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ โดยการประเมินประสิทธิภาพการกำจัดแมลงมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้ การทดลองนี้ใช้รูปแบบการทำลายของแมลงวันผลไม้ 2 รูปแบบ คือ ใช้วิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ (artificial infestation method) และใช้วิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method) แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบการทำลายโดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ (artificial infestation method) ทำเช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 10 ใช้ส้มโอทดลอง จำนวน 240 ผล แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 180 ผล และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 60 ผล นำส้มโอทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิโดยมีอุณหภูมิประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำส้มโอไปใช้ในการทดลอง

2. รูปแบบการทำลายโดยวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method) เจาะรูด้วยเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร บนผลส้มโอ จำนวน 10 รู/ผล ให้ทะลุเปลือกไปถึงเนื้อ (Figure 21) เพื่อบังคับให้แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยเพศเมียแทงอวัยวะวางไข่เข้าไปวางไข่ในผลส้มโอผ่านรูที่เจาะไว้ ใช้ส้มโอทดลอง จำนวน 80 ผล แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 60 ผล และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 20 ผล นำไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาดเล็กที่มีแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัย จำนวนประมาณ 2,000 ตัว (Figure 22) ใช้ระยะเวลาในการให้แมลงวางไข่นาน 1 ชั่วโมง นำส้มโอทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ โดยมีอุณหภูมิประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำส้มโอไปใช้ในการทดลอง

ทำการอบส้มโอในสภาพของตู้อบความร้อนมีปริมาณส้มโอน้ำหนัก 61-125 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (low load and full load) แบ่งส้มโอที่มีแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 ที่อยู่ภายในผล ทั้ง 2 วิธี ออกเป็น 4 ส่วน เลือกส้มโอทดลองที่ได้จากวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ และวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ 1 ส่วน จำนวน 6 และ2 ผล เก็บไว้สำหรับใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน ส้มโอส่วนนี้จะใช้สำหรับการประมาณจำนวนแมลงทั้งหมดในส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) เนื่องจากว่าจำนวนแมลงที่มีชีวิตในส้มโอที่ผ่านความร้อนนั้นไม่สามารถที่จะทำการตรวจสอบได้โดยตรง สำหรับส้มโออีก 3 ส่วน แบ่งจำนวนเท่าๆ กัน ใส่ในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนขนาด 36x70x15 เซนติเมตร กระบะเดียวกันจำนวน 3 กระบะ ในแต่ละกระบะมีส้มโอทดลองโดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ จำนวน 6 ผล/กระบะ และวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ จำนวน 2 ผล/กระบะ (Figure 23) และใส่ส้มโอที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) (Figure 24) เฉลี่ยจำนวนเท่าๆ กัน ในกระบะบรรจุผลไม้อีก 9 กระบะ และนำไปวางซ้อนลงบนกระบะซึ่งบรรจุส้มโอทดลองในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณส้มโอ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (low load and full load) ของความจุตู้ (Figure 25) นำส้มโอเข้าเครื่องตู้อบความร้อนเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30

กรมวิชาการเกษตร

นาที ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 โดยให้มีแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ตายทั้งหมด

13. การศึกษาความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่อส้มโอในสภาพจำลองการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ โดยตรวจสภาพความผิดปกติของผลส้มโอซึ่งส้มโอทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงหรือรอยแตก แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 12 ผล และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 4 ผล นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อนวางส้มโอที่ผ่านความร้อนไว้ในกระบะชั้นล่างสุดใส่ในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนขนาด 36x70x15 เซนติเมตร จำนวน 3 กระบะ ในแต่ละกระบะมีส้มโอทดลอง จำนวน 8 ผล/กระบะ (Figure 26) แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) ทางเครื่องบิน จำนวน 4 ผล และทางเรือ จำนวน 4 ผล และใส่ส้มโอที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) เฉลี่ยจำนวนเท่าๆ กัน ให้เต็มความจุของกระบะ ในกระบะบรรจุผลไม้อีก 9 กระบะ และนำไปวางซ้อนลงบนกระบะซึ่งบรรจุส้มโอทดลองในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณส้มโอ 100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุตู้ เพื่อประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอให้เป็นไปตามข้อ 8 และ 8.2 โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิส้มโอภายในตู้อบความร้อน โดยวิธีเป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน บรรจุใส่ในกล่องกระดาษขนาด 34x47x18 เซนติเมตร ด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรูพร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่าย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1.6 มิลลิเมตร จำนวน 4 รู เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 7 และ14 วัน เพื่อจำลองสภาพการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน โดยใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาและดำเนินการให้เป็นไปตามข้อ 11

การทดลองที่ 1.4 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรเพื่อการส่งออก

วิธีดำเนินการ

วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

กรมวิชาการเกษตร

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 โดยเลี้ยงแมลงด้วยอาหารเทียมสูตรข้าวโพดปน (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

ทำตามขั้นตอนของการทดลองที่ 1.3 หัวข้อการทดลองที่ 2

2. ศึกษาอัตราการรอดชีวิตและระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ภายในผลแก้วมังกรในสภาพห้องปฏิบัติการ

ใช้แก้วมังกรเนื้อสีขาวขนาดน้ำหนัก 350 - 400 กรัม เตรียมผลแก้วมังกรที่มีแมลงวันผลไม้โดยใช้กรอบพลาสติกสำหรับฟิล์มสไลด์วางทาบบนผลแก้วมังกรใช้มีดกรีดผลตามรอยกรอบสไลด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจำนวนเพียง 3 ด้าน จำนวน 1 รอยแผล ลงบนด้านใดด้านหนึ่งของผล กรีดเนื้อที่เปิดออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆเพื่อช่วยให้

กรมวิชาการเกษตร

หนอนแมลงวันผลไม้กินเนื้อแก้วมังกรได้ดีขึ้นใส่ไข่แมลงวันผลไม้จำนวน 100 ฟอง ต่อผล จากนั้นศึกษาระยะเวลาการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้จากระยะไข่ไปเป็นหนอนโดยตรวจนับจำนวนหนอนและเช็คระยะการเจริญเติบโตของหนอนในผลแก้วมังกรเริ่มเช็คผล 2 วันหลังจากเก็บไข่แมลงวันผลไม้ใส่ในผลแก้วมังกร ผ่าตรวจเช็คผลแก้วมังกรทุกวัน วันละ 2 ผล จนครบ 14 วัน

3. ศึกษาเบื้องต้นเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำแบบปรับความชื้นสัมพัทธ์

นำแมลงวันผลไม้ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง และหนอนวัย 1 ใช้แก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีขาวขนาดน้ำหนัก 350-400 กรัม เตรียมแก้วมังกรที่มีแมลงวันผลไม้โดยใช้กรอบพลาสติกสำหรับฟิล์มสไลด์วางทาบบนผลแก้วมังกรใช้มีดกรีดผลตามรอยกรอบสไลด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจำนวนเพียง 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 ทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการอบไอน้ำลดอุณหภูมิด้วยอากาศ (Air cooling) เป็นเวลานาน 1 หลังจากนั้นใส่แก้วมังกรลงในถุงตาข่ายวางไว้ในกระบะพลาสติกคลุมด้วยผ้าตาข่ายอีก 1 ชั้น เก็บไว้ในห้องเย็นปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส 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

กรมวิชาการเกษตร

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-12 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) หลังจากนั้นรักษาอุณหภูมิในผลแก้วมังกรให้คงที่หรือสูงกว่า 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 หลังจากนั้นรักษาอุณหภูมิในผลแก้วมังกรให้คงที่หรือสูงกว่า 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) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กรรมวิธีลดอุณหภูมิที่

กรมวิชาการเกษตร

เหมาะสมต่อแก้วมังกรมากที่สุด 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 ไม่ต้องผ่านความร้อนแล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษ นำไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 5±1องศาเซลเซียส และ10±1 องศาเซลเซียส เก็บเป็นเวลานาน 7 วัน ทำบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของแก้วมังกรได้แก่ 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 และคงอุณหภูมิไว้ นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ ทำการลดอุณหภูมิแก้วมังกรทันทีโดยวิธีการเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง จากเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ แล้ว

กรมวิชาการเกษตร

นำไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาแบบสภาพจำลองการส่งออกทางอากาศ (เก็บรักษานาน 7 วัน) และทางเรือ (เก็บรักษานาน 14 วัน) ทำบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของแก้วมังกรได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาลของแก้วมังกร และลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกรหลังจากผ่านความร้อน

การทดลองที่ 1.5 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อการส่งออก

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาจากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออกได้มาตรฐานมีใบรับรองสวน (GAP) จากกรมวิชาการเกษตร
2. ผลส้มโอพันธุ์ทองดี จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออกได้มาตรฐานมีใบรับรองสวน (GAP) จากกรมวิชาการเกษตร
3. แมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel)
4. ตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่นEHK–1000B และEHK–1000D
5. ตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดใหญ่สำหรับการค้าส่งออก “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Current Module type) รุ่นEHK-300MPC ของ บริษัท King Fresh Farm
6. เครื่องลดอุณหภูมิผลไม“Sanshu” shower cooling system (differential pressure type) รุน SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
7. เครื่องวัดสีผลไม้ Komica Minol TA รุ่น CR-10 Plusert
8. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Refractometer Atago PAL-BX ACID 1
9. เครื่องวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ Titrator mettlertoledo DL53 Titrator
10. อางน้ำารอน (water bath; Yamato, model: DK-43)
11. ปรอทวัดความรอนมาตรฐาน (standard thermometer)
12. ที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเสนผานศูนยกลาง 2 เซนติเมตร
13. กลองจุลทรรศน (microscope)
14. เครื่องใชที่ใชในหองปฏิบัติการตางๆ เชน จานทดลอง (petri dish) ขนาดเสนผาน ศูนยกลาง 5 เซนติเมตร กระบะพลาสติก และอุปกรณอื่นๆ เชน ปเปต (pipettes) หลอดทดลอง (test tube) บีกเกอร (beaker) หลอดหยด (dropper) ปากคีบ (forceps) ผามัสลิน กระดาษกรองสีดำ พูกัน หนังยาง และผาขาวบาง

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการ

1. การศึกษาความเสียหายจากความร้อนของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา

ขั้นตอนที่ 1.1 สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ ชีววิทยาของส้มโอ

สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ ชีววิทยาของส้มโอเพื่อใช้ในการทดลองส้มโอ พันธุ์ขาวแตงกวาโดยสืบค้นข้อมูลจากเอกสารตำราวิชาการเกี่ยวกับชีววิทยา พื้นที่ปลูก และข้อมูลอื่น ๆ ที่สำคัญของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในงานทดลอง

ขั้นตอนที่ 1.2 สำรวจและคัดเลือกผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาที่ได้มาตรฐานเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง

คัดเลือกผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออก ในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ของกรมวิชาการเกษตร จากจังหวัดชัยนาท และพิจิตร สำหรับนำมาใช้ในงานทดลอง ขนาดของผล ส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ที่ใช้ทดลอง น้ำหนัก 1,300 - 1,500 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) ซึ่งมีปริมาณผลิตสูงเหมาะสมต่อการส่งออก นำมาเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช เพื่อรักษาคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา โดยน้ำหนักผลของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาที่ใช้ในการทดลองใช้เกณฑ์ดังนี้ เล็ก 1,100-1,300 กรัม, กลาง 1,300-1,500 กรัม และ ใหญ่ 1,500-1,700 กรัม

ขั้นตอนที่ 1.3 ทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำเพื่อเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง

ทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิและความชื้น (sensor calibration) ดำเนินการด้วยตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ ขนาดทดลอง จำนวน 2 เครื่อง ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง แท่งวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งภายในตู้อบไอน้ำทั้งหมดจะต้องนำมาตรวจสอบความเที่ยงตรง และปรับค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิที่วัดได้ของแท่งวัดอุณหภูมิแต่ละแท่ง (sensor calibration) โดย ตรวจสอบเปรียบเทียบกับปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

จุ่มแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดรวมทั้งปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐาน ลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43) ตั้งค่าอ่างน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐานจะแสดงค่าอุณหภูมิจริงของน้ำในอ่างน้ำร้อน อ่านค่าอุณหภูมิของแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมด จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder; Chino, model: LE series และFTH, model: FLE-073504E) ทั้งนี้ ตู้อบไอน้ำจะติดตั้งอุปกรณ์ พิเศษคือ ชุดปรับค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้า (correction resistance unit) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับปรับค่า อุณหภูมิที่แท่งวัดอุณหภูมิอ่านได้ ทำการปรับค่าให้เท่ากับค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐาน ที่ 46 องศาเซลเซียส และแท่งวัดความชื้น ปรับค่าให้ได้เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิจะเสร็จสิ้น เมื่อแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดแสดงค่าอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส และแท่งวัดความชื้น อ่านค่าได้เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง เมื่ออุณหภูมิคงที่จึง เริ่มการบันทึกอุณหภูมิเป็นระยะเวลานาน ติดต่อกัน 20 นาที

ขั้นตอนที่ 1.4 ศึกษาความเสียหายจากความร้อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา

ศึกษาความเสียหายจากความร้อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา

กรมวิชาการเกษตร

โดยลักษณะความเสียหายของส้มโอหลังจากผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) เป็นกรรมวิธีที่ให้ความร้อนกับส้มโอ โดยอาศัยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) ร่วมกับวิธีการอบอากาศร้อน (Hot air treatment, HAT) โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับส้มโอด้วยวิธีอบอากาศร้อน (HAT) อากาศร้อนที่หมุนเวียนผ่านส้มโอจะมีความชื้นสัมพัทธ์ 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส แล้วจึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีการอบไอน้ำ (VHT) ซึ่งอากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ มีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (อุดร, 2541; อุดรและคณะ,2549; Unahawutti *et al*., 2006) ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องต้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดทดลอง จำนวน 2 เครื่อง

โดยตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ เท่ากับ 47, 48 และ49 องศาเซลเซียส ตามลำดับการทดลอง และระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ก่อนอุณหภูมิภายในผลส้มโอ 43 องศาเซลเซียส เท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ และหลังอุณหภูมิภายในผลส้มโอ 43 องศาเซลเซียส จะมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

ในการทดลองใช้ส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) น้ำหนัก 1,400±25 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล/อุณหภูมิที่ทำการศึกษา วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด ใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของส้มโอทั้งหมด ภายในตู้อบไอน้ำ เมื่อส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 3 ผล มีอุณหภูมิคงอยู่ที่ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0, 1 และ 2 ชั่วโมง แสดงว่าขณะนั้นส้มโอที่ใช้ทดลองทั้งหมดในตู้อบไอน้ำมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ

ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนัก 1,300 - 1,500 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) จำนวนประมาณ 120 ผล ส้มโอที่ผ่านความร้อน treatment จำนวน 12 ผล/ซ้ำ และส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน control จำนวน 4 ผล/ซ้ำ ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ/อุณหภูมิที่ทำการศึกษา ก่อนการอบส้มโอจะต้องทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักและถ่ายรูปส้มโอทุกครั้ง

หลังจากที่อบส้มโอครบตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดไว้ นำส้มโอที่ผ่านความร้อนออกจากตู้อบไอน้ำ ลดอุณหภูมิส้มโอทันทีโดยวิธีการเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้

จากนั้นนำผลส้มโอ บรรจุใส่ในกล่องกระดาษขนาด 36x50x45 เซนติเมตร มีรูระบายอากาศโดยรอบกล่อง แบบเดียวกับที่ใช้ในการส่งออก และนำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ นาน 7 วัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน โดยใช้หลักเกณฑ์พิจารณาและดำเนินการในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.4.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

การประเมินเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลส้มโอ คำนวณจากน้ำหนักผลส้มโอเริ่มต้นและหลังอบไอน้ำ ดังสมการ ต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละการสูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักผลปกติก่อนอบไอน้ำ} - \text{น้ำหนักผลหลังอบไอน้ำ}}{\text{น้ำหนักผลปกติก่อนอบไอน้ำ}} \times 100$$

1.4.2 การเสียสภาพสีผิว (skin color loss)

ประเมินสีผิวผลส้มโอหลังอบไอน้ำ โดยทำการวัดด้วยเครื่อง Konica Minolta รุ่น CR-10 Plusher ทำการวัดรอบลูก 5 จุด ด้วย ระบบสี CIE L*a*b* โดย

L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง L เป็น 0 สีที่ได้จะมืดเป็นสีดำ L เป็น100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว

a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว a เป็น +วัตถุมีสีออกแดง a เป็น -วัตถุมีสีออกเขียว

b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน b เป็น +วัตถุมีสีออกเหลือง b เป็น -วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

1.4.3 ค่าความหวานหรือปริมาณค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total solutions solid: TSS)

วิเคราะห์ค่าความหวาน หรือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยชั่งตัวอย่างส้มโอ 50 กรัม นำเนื้อไปคั้นน้ำแล้วกรองด้วยผ้าขาวบางขนาด ขนาด 35-48 เมซ จากนั้นนำน้ำคั้นที่เตรียมได้มา วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Refractometer Atago PAL-BX 1 บันทึกค่าความหวาน มีหน่วยเป็น องศาบริกซ์ (°Brix)

1.4.4 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity content: TA)

ชั่งตัวอย่างส้มโอ 50 กรัม นำเนื้อไปคั้นน้ำ แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางขนาด ขนาด 35-48 เมซ จากนั้นนำน้ำคั้นที่เตรียมได้มาผสมกับสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N วิเคราะห์ด้วยเครื่อง auto titratator acidity Mettler Toledo รุ่น DL53 Titrator ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ขั้นตอนที่ 1.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดใหญ่สำหรับการค้าส่งออก “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Current Module type) รุ่นEHK-300MPC ของ บริษัท King Fresh Farm ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนัก 1,300-1,500 กรัม/ผล ส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 24 ผล/ตู้ โดยตำแหน่งการวางผลส้มโอในตู้แตกต่างกัน คือ ตำแหน่ง บน กลาง และล่าง ตำแหน่งละ 8 ผล (7 วัน 4 ผล และ 14 วัน 4 ผล) ที่เหลือจะใส่ ส้มโอ (filler) ทุกชั้นบนพาเลตของตู้อบความร้อน ทั้ง 6 ชั้นๆละ 24 ผล และส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน (control) จำนวน 8 ผล ก่อนอบ ส้มโอจะต้องชั่งน้ำหนักของผลส้มโอ ทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักและถ่ายรูปส้มโอทุกครั้ง สำหรับการวัดอุณหภูมิผลส้มโอที่ทดลองอาศัยการวัดจากเซ็นเซอร์ที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิผลส้มโอ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล โดยวางตามตำแหน่ง บน กลาง ล่าง ของพาเลตตรงกับตำแหน่งที่วาง ส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) ให้อุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที (เซ็นเซอร์กำหนดอุณหภูมิส้มโอจะต้องอ่านค่าได้ 46 องศาเซลเซียส ครบทั้ง 3 เส้น) หลังจากที่อบส้มโอครบตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดไว้ ทำการลดอุณหภูมิส้มโอทันทีโดยวิธีการเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง ภายในตู้อบความร้อน นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน บรรจุใส่ในกล่องกระดาษขนาด 36x50x45 เซนติเมตร ด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร พร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่าย จำนวน 4 รูเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส โดยเก็บไว้ในสภาพจำลองการเลียนแบบการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ

กรมวิทยาศาสตร์

บันทึกข้อมูล เมื่อครบกำหนดระยะเวลา 7 และ14 วัน นำผลส้มโอออกมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ และบันทึกข้อมูล เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 4

2. การศึกษาประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา

ขั้นตอนที่ 2.1 รวบรวมแมลงวันผลไม้ สายพันธุ์ *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

รวบรวมแมลงวันผลไม้ สายพันธุ์ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) จากแหล่งปลูกฝรั่ง ในพื้นที่ จังหวัดปทุมธานี และ สมุทรสาคร โดยนำผลฝรั่งที่มีรอยการทำลายของแมลงวันผลไม้ สุกแก่ที่ร่วงหล่นมาใส่กระบะที่มี ขี้เลื่อย ปล่อยให้หนอนแมลงวันผลไม้ออกมาเข้าดักแด้ และนำดักแด้มาใส่กรงเพื่อรอให้ตัวอ่อนเจริญเป็นตัวเต็มวัย เพื่อทำการจำแนกชนิด คัดแยกเฉพาะแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* (Hendel) แล้วนำตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้เลี้ยงด้วยอาหารเทียม ในสภาพห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง เพื่อใช้ในงานทดลองขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 2.2 ศึกษาเทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุแมลงวันผลไมเพื่อเพิ่มปริมาณให้เพียงพอสำหรับใช้ทดลอง

ทำตามขั้นตอนของการทดลองที่ 1.3 หัวข้อการทดลองที่ 2

ขั้นตอนที่ 2.3 วิธีเตรียมแมลงวันผลไม *B. dorsalis* หนอนวัย 1 สำหรับใชในการทดลอง

สมโอที่ใชในการทดลอง คือ สมโอพันธุขาวแตงกวา ผลสมโอมีขนาดกลางน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล โดยตรวจสภาพความผิดปกติของผลสมโอ ซึ่งสมโอทุกผลจะตองไมมีรองรอยการ ทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือรอยแตกบนผลสมโอ การเตรียมแมลงวันผลไม *B. dorsalis* หนอนวัย 1 เก็บไขจากแมลงวันผลไมตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไวใน หองปฏิบัติการตามวิธีการขางตน รวบรวมไขที่ ไดวางไวบนผาที่ชุมน้ำ เก็บไวในกลองพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แลวนำไปไวในหองเลี้ยง แมลงเปนเวลา 2 วัน เมื่อไขฟกออกเปนหนอนวัย 1 ใชตะแกรงร่อนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข ยายหนอนวัย 1 ใสในน้ำกลั่น เก็บไวในถวยแกว (beaker) ขนาด 200 มิลลิลิตร ใช หลอดดูดสารละลาย (dropper) ขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดหนอนวัย 1 นำไปใสไวในจานแกว (petri-dish) ขนาด 10x2 เซนติเมตร พรอมทั้งนับหนอนภายใตกลองจุลทรรศน

ขั้นตอนที่ 2.4 การศึกษาเทคนิคและวิธีการเตรียมผลสมโอพันธุขาวแตงกวาเพื่อใชในการทดลอง

ในการทดลองใชสมโอขนาดกลางน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล ทำการทดลองโดยใชที่เจาะ รู (cock borer) ขนาดเสนผานศูนยกลาง 2 เซนติเมตร เจาะรูบนผลสมโอ จำนวน 3 รู ใหลึกจนถึง กึ่งกลางผล รูที่ 1 เจาะตรงตำแหนงขั้วผลใหทะลุแกนกลางผล รูที่ 2 เจาะดานตรงกัน ขามกับรูที่ 1 สวนรูที่ 3 เจาะบริเวณดานขางผลใหอยูเลยจากสวนครึ่งบนของผล สำหรับ เหตุผลในการเจาะรูที่ 2 ตรงบริเวณสวนใตของผลนั้นมีวัตถุประสงคเพื่อใหของเหลวที่เกิดขึ้นจากการ กินของหนอนแมลงวันผลไมในผลสมโอสามารถไหลออกมาได ซึ่งจะทำใหภายในผลสมโอมีสภาพเหมาะสมตอการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันผลไม ดึงแกนกลางซึ่งติดกับปลายที่เจาะรูออกจากผล จากนั้นแคระเมล็ดภายในผลสมโอออกใหหมด ซึ่งพรอมที่จะใสหนอนวัย 1 แมลงวันผลไม *B. dorsalis* ในผลสมโอ

กรมวิชาการเกษตร

จำนวน 200 ตัว/ผล โดยใสหนอนวัย 1 ลงบนเนื้อสมโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว ทางดานขาง อุดรูทั้งหมดดวยสำลีเพื่อปองกันไมใหหนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล นำสมโอใสในถุงผา ปดปากถุงวางลงบนแปนรองสมโอเพื่อใหของเหลวภายในผลสมโอซึ่งเกิดจากเนื้อสมโอถูก หนอนกินไหลออกจากผลซึมผานรูที่เจาะไว วิธีนี้จะชวยใหมีอัตราการรอดชีวิตของแมลงวันผลไมในผล สมโอสูงขึ้น วางไวในกระบะพลาสติกขนาด 36x54x15 เซนติเมตร คลุมดวยผาปด กระบะ นำสมโอเก็บไวในหองควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ 70-80 เปอรเซ็นต หลังจาก 5 วัน ตรวจผลการทดลอง

3. ศึกษาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาในระดับ Small Scale

- ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กจำนวน 2 เครื่อง

- ในการทดลองการกำจัดแมลงด้วยความร้อนโดยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อทดสอบกระบวนการอบไอน้ำที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ในผลส้มโอให้ตายทั้งหมด ประเทศญี่ปุ่นอนุญาตให้นำเข้าตั้งแต่ปี พ.ศ.2555 เป็นต้นมา โดยการเตรียมส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ให้มีแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัยที่ 1 อยู่ภายในผล ใช้วิธีใส่หนอนวัยที่ 1 ที่ต้องการลงในผลส้มโอ (Artificial infestation method) การเตรียมหนอนวัยที่ 1 ดำเนินการตามรายละเอียดในอุดรและคณะ (2549) และUnahawutti et al. (2006)

- ใส่หนอนวัยที่ 1 ของแมลงวันผลไม้ B. dorsalis จำนวน 200 ตัว/ผล ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนัก 1,300-1,500 กรัม/ผล จำนวนประมาณ 36 ผล (ส้มโอขนาดกลาง) ส้มโอที่ผ่านความร้อน treatment จำนวน 12 ผล/ตู้ และส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน control จำนวน 4 ผล ก่อนการอบส้มโอจะต้องทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักส้มโอ อบส้มโอด้วยวิธีอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT)

- โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอขึ้นถึง 43 °ซ. อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจึงปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์โดยอบส้มโอให้อุณหภูมิภายในสุดผลเพิ่มขึ้นถึง 46 °ซ. และคงความร้อนไว้ที่ 46 °ซ. ใชระยะเวลาในการอบนาน 0, 10 และ20 นาที การวัดอุณหภูมิผลส้มโอวัดจากส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล

- แตละระยะเวลาที่กำหนดมีสมโอที่ผาน ความรอน (treatment) จำนวน 36 ผล และมีสมโอที่ใชเปนตัวเปรียบเทียบ (control) ไมผานความรอนจำนวน 12 ผล

- เมื่ออบส้มโอครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลาที่กำหนดไว้นำส้มโอที่ผ่านความร้อนออกจากตู้อบไอน้ำและลดอุณหภูมิส้มโอทันทีด้วยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ จากนั้นเก็บส้มโอหลังผ่านความร้อนแล้วในห้องควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิประมาณ 25-27 °ซ. (ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ)

4. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาในระดับ Large scale

กรมวิชาการเกษตร

ทดลองนี้ใช้รูปแบบการทำลายของแมลงวันผลไม้ 2 รูปแบบ คือ ใช้วิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ (artificial infestation method) และใช้วิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method) แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

รูปแบบที่ 1 การทำลายโดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ (artificial infestation method) ใส่หนอนวัยที่ 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวน 200 ตัว/ผล ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล ใช้ส้มโอทดลอง จำนวน 240 ผล แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน จำนวน 180 ผล และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 60 ผล นำส้มโอทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิโดยมีอุณหภูมิประมาณ 25-28 °ซ. จนกระทั่งนำส้มโอไปใช้ในการทดลอง

รูปแบบที่ 2 การทำลายโดยวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method)

เจาะรูด้วยเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร บนผลส้มโอ จำนวน 10 รู/ผล ให้ทะลุเปลือกไปถึงเนื้อ เพื่อบังคับให้แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยเพศเมียแทงอวัยวะวางไข่เข้าไปวางไข่ในผลส้มโอผ่านรูที่เจาะไว้ ใช้ส้มโอทดลอง จำนวน 80 ผล แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน จำนวน 60 ผล และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 20 ผล นำไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาดเล็กที่มีแมลงวันผลไม้ ตัวเต็มวัย จำนวนประมาณ 2,000 ตัว ใช้ระยะเวลาในการให้แมลงวางไข่นาน 1 ชม. นำส้มโอทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ โดยมีอุณหภูมิประมาณ 25-28 °ซ. จนกระทั่งนำส้มโอไปใช้ในการทดลอง

- อบส้มโอในสภาพของตู้อบความร้อนมีปริมาณส้มโอ (Low load and Full load) แบ่งส้มโอที่มีแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 ที่อยู่ภายในผล ทั้ง 2 วิธี ออกเป็น 4 ส่วน เลือกส้มโอทดลองที่ได้จากวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ และวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ 1 ส่วน จำนวน 6 และ 2 ผล เก็บไว้สำหรับใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ ไม่ผ่านความร้อน

- ส้มโอส่วนนี้จะใช้สำหรับการประมาณจำนวนแมลงทั้งหมดในส้มโอ ที่ผ่านความร้อน เนื่องจากว่าจำนวนแมลงที่มีชีวิตในส้มโอที่ผ่านความร้อนนั้นไม่สามารถที่จะทำการตรวจสอบได้โดยตรง สำหรับส้มโออีก 3 ส่วน แบ่งจำนวนเท่าๆ กัน ใส่ในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนขนาด 36x70x15 ซม. กระบะเดียวกัน จำนวน 3 กระบะ ในแต่ละกระบะมีส้มโอทดลองโดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ จำนวน 6 ผล/กระบะ และวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ จำนวน 2 ผล/กระบะ และใส่ส้มโอที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) เฉลี่ยจำนวนเท่าๆ กัน ในกระบะบรรจุผลไม้อีก 3 และ9 กระบะ

- นำไปวางซ้อนลงบนกระบะซึ่งบรรจุส้มโอทดลอง ในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน มีปริมาณส้มโอ 50 และ100% (Low load and Full load) ของความจุตู้ นำส้มโอเข้าเครื่องตู้อบความร้อนเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46 °ซ. นาน 30 นาที ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 โดยให้มีแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว นำข้อมูลไปคำนวณหาอัตราการตายที่แท้จริง (Corrected mortality) โดยอาศัยสูตรของ Abbott (Abbott, 1925)

การทดลองที่ 1.6 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera*

กรมวิชาการเกษตร

dorsalis (Hendel) ในผลมะนาวพิจิตร1 เพื่อการส่งออก

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ 2 ห้อง
2. ผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าภายในประเทศ
3. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
4. เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
5. ปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer)
6. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
7. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่นEHK–1000B/EHK–1000D จำนวน 2 เครื่อง พร้อมด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง
8. เครื่องลดอุณหภูมิผลไม“Sanshu” shower cooling system (differential pressure type) รุน SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
9. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Refractometer Atago PAL-BX ACID 1
10. เครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น CR-10 Plusher
11. ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก
12. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ พู่กัน ปากคีบ (forceps) เคาท์เตอร์ ปเปต (pipettes) หลอดทดลอง (test tube) จานทดลองขนาดเล็ก (petri dish) บีกเกอร (beaker ถาดใส่ผลไม้ ถุงมือ ถุงขยะดำ เลนส์ขยาย มีดผ่าตัด หลอดดูดสารละลาย หลอดหยด (dropper) ถุงมือยาง ผ้าปิดปาก ถาดผลไม้ กระบะพลาสติก ผามัสลิน กระดาษกรองสีดำ พูกัน หนังยาง ผาขาวบาง และอุปกรณอื่นๆ
13. ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก
14. เครื่องหม้อนึ่งความดันเพื่อฆ่าเชื้อโรคข้าวโพดบด
15. ห้องเย็นสำหรับเก็บผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง
16. อุปกรณ์ทำความสะอาดอื่นๆ

วิธีการ

1. สำรวจและคัดเลือกมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ที่ได้มาตรฐานเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง

คัดเลือกผลมะนาวจากสวนที่ได้รับคำแนะนำจากกรมส่งเสริมการเกษตรเพื่อนำมาใช้ในงานทดลอง และเลือกสวนเกษตรกรที่มีการจัดการที่ได้มาตรฐานส่งออก จากจังหวัดพิจิตร และกำแพงเพชร เพื่อนำมาใช้ในงานทดลองสำหรับขั้นตอนศึกษาด้านความเสียหายของมะนาวพิจิตร1 จากความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำจะคัดเลือกมะนาวพิจิตร1 จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าที่ได้มาตรฐาน

กรมวิชาการเกษตร

2. สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ ชีววิทยาของมะนาวพันธุ์พิจิตร1

เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในงานทดลองโดยการสืบค้นข้อมูลงานวิจัยการใช้วิธีกำจัดแมลงวันทอง ด้วยความร้อนในผลมะนาวจากเว็บไซต์ และแหล่งข้อมูลงานวิจัยอื่น ๆ ทั้งใน และต่างประเทศ

3. การทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดความร้อนและความชื้น (sensor calibration)

ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในงานทดลองอบไอน้ำ โดยแท่งวัดความร้อนจะคลาดเคลื่อนเมื่อถูกใช้งานไปในระยะเวลาหนึ่งดังนั้นขั้นตอนการทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดความร้อนจึงจำเป็นต้องตรวจสอบอย่างสม่ำเสมออย่างน้อย 1 เดือน เพื่อปรับค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิที่วัดได้ของแท่งวัดความร้อนและความชื้นแต่ละแท่ง ดำเนินการโดยการจุ่มแท่งวัดความร้อน และแท่งวัดความชื้นที่ต้องการทดสอบ และเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน (standard thermometer) ลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath) ตั้งค่าอุณหภูมิน้ำที่ 46 °ซ. กับเครื่องอ่างน้ำร้อน และตั้งค่าอุณหภูมิของตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง ที่อุณหภูมิ 46 °ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิ และความชื้น สามารถตรวจสอบได้จากหน้าจอเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ของตู้อบไอน้ำ เมื่อแท่งวัดความร้อนและความชื้นมีอุณหภูมิและความชื้น เป็นไปตามที่กำหนดไว้แล้ว จึงเริ่มบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของแท่งวัดความร้อนและความชื้น โดยทำการป้อนคำสั่งการพิมพ์กระดาษบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำ เป็นเวลา 5 นาที จำนวน 4 ครั้ง ใช้เวลารวมนาน 20 นาที

4. ศึกษาอิทธิพลของปริมาณมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องอบไอน้ำต่อคุณภาพของมะนาว

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-12 Sanshu Sangyo co.,Ltd., Kagoshima, Japan) ผลมะนาวพิจิตร1ที่นำมาผ่านความร้อน ต้องเป็นผลมะนาวพิจิตร1 ที่แก่จัด ผลสีเขียว ขนาดกลางน้ำหนัก 35-50 และ 51-75 กรัม/ผล ทำการทดลองกับมะนาวจากแหล่งปลูกจังหวัดเพชรบุรี ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม นครปฐม ชัยนาท พิจิตร ศรีสะเกษ กำแพงเพชร

อบมะนาวภายใต้สภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมารมะนาวน้ำหนักประมาณ 36, 72, 108 และ 144 กก.-ลบม. นำมะนาว ใส่ในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อน 40 ผล/กระบะ ซึ่งมะนาวทั้งหมด 40 ผลนี้ใช้สำหรับตรวจสอบความเสียหายที่เกิดจากความร้อน จากนั้นนำมะนาวอื่นๆ (filler fruit) ซึ่งมีน้ำหนักผลหรือความแก่ สีผิวเปลือกไม่ได้ตามกำหนดใส่เพิ่มให้เต็มกระบะเพื่อให้มีน้ำหนัก 11-12 กก. ภายในห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบความร้อน สามารถวางกระบะบรรจุมะนาวได้ทั้งหมดรวม 12 กระบะ โดยวางเป็น 3 แถว แต่ละแถววางซ้อนกัน 4 ชั้น ดังนั้นในการทดลองมะนาวสภาพที่มีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 36, 72, 108 และ 144 กก. ตามลำดับ สำหรับมะนาวใช้เปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน มีจำนวน 40 ผล

ศรีวิชัยการเกษตร

ทำการอบมะนาวในสภาพต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นด้วยวิธีอบไอน้ำ โดยกรรมวิธีการเพิ่มอุณหภูมิผลมะนาวถึง 30 °ซ. มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนจะอยู่ที่ระดับมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อบมะนาวให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้นถึง 46 °ซ. และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46°ซ. เป็นระยะเวลานาน 0:40 ชั่วโมง

วิธีวัดอุณหภูมิผลมะนาว จะวัดอุณหภูมิจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผลน้ำหนัก 42±2 หรือ 62±2 กรัม/ผล วางอยู่ในกระบะชั้นล่างสุด มะนาวกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผลนี้ใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิผลมะนาวทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิผลมะนาว เมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิ 3 ผล อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนด แสดงว่าขณะนั้นมะนาวทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับมะนาวกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมะนาวทดลองมีอุณหภูมิคงที่อยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนดแล้ว ลดอุณหภูมิผลทันทีโดยวิธีเป่าลม จากนั้นนำมะนาวทดลอง 40 ผลออกจากแต่ละกระบะ ใส่ในกล่องกระดาษเขียนรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ ได้แก่ ตำแหน่งของกระบะ (ซ้าย กลาง ขวา) ชั้นของกระบะ (ชั้นที่ 1, 2, 3 และ 4) จากนั้นนำมะนาวทดลองทั้งหมดเก็บห้องเย็นอุณหภูมิ 12±2°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 % ตรวจความเสียหายของมะนาวหลังจากเก็บไว้นาน 1 สัปดาห์ โดยบันทึกจำนวน มะนาวที่เสียหายจากความร้อนได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความเป็นกรด การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก กลิ่นหอมต่อมน้ำมันที่เปลือก รสชาติ และอาการอื่นๆ ตามวิธีการดังรายละเอียดในสลักจิต และคณะ (2556) ดำเนินการทดลองอบมะนาวในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวตามที่กำหนดจำนวน 2 ครั้ง

5. แมลงที่ใช้ในการทดลอง

ทำตามขั้นตอนของการทดลองที่ 1.3 หัวข้อการทดลองที่ 2

6. มะนาวที่ใช้ในการทดลอง

มะนาวใช้ในการทดลองเป็นมะนาวพันธุ์แป้น และมะนาวพันธุ์พิจิตร1 การเตรียมมะนาวทดลอง ผลมะนาวต้องล้างทำความสะอาด เป่าให้แห้ง คัดเลือกมะนาวผลแก่สีผิวเปลือกสีเขียวมีน้ำมาก เป็นผลมะนาวที่เหมาะแก่การเจริญเติบของหนอน ผลขนาดกลางน้ำหนัก 38 – 48 กรัม / ผล เก็บมะนาวไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งถึงเวลาที่นำไปใช้ในการทดลอง ตรวจสภาพความผิดปกติของผล มะนาวทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลง วิธีการเตรียมมะนาวให้มีแมลงวันผลไม้ระยะไข่อยู่ภายในผล จะใช้วิธีใส่ไข่สมบูรณ์ที่ผ่านการตรวจสอบและคัดเลือกภายใต้กล้องจุลทรรศน์) ลงบนเนื้อมะนาว (artificial infestation method) โดยใช้มีดผ่าตัดกรีดเป็นวงรอบขั้วประมาณ ¾ ส่วน ห่างจากขั้วประมาณ 1 ซม. เปิดเปลือกมะนาวด้านบนเผยอขึ้น จากนั้นใช้มีดผ่าตัดกรีดตัดตรงแกนกลางมะนาวออกทำให้แต่ละกีบมะนาวเปิด เพื่อให้มีอากาศถ่ายเทภายในผล ช่วยให้หนอนสามารถชอนไชเข้าไปทุกส่วนของผลมะนาวได้โดยง่าย และช่วยระบายน้ำออกจากผลโดยการคว่ำด้านขั้วผลเอียงแง้มฝาเปิดให้น้ำมะนาวในผลไหลออกให้หมด ทั้งนี้เพื่อป้องกันน้ำขังในผลซึ่งอาจจะทำให้หนอนจมน้ำตายได้ จากนั้นนำมะนาววางไว้บนกระดาษชำระในถาดเพื่อซับน้ำซึ่งพร้อมที่จะใส่ไข่ การเตรียมมะนาวทดลองให้มีไข่ของแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผลมะนาว ดำเนินการตามขั้นตอน และวิธีการดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

การเตรียมมะนาวมีระยะไข่อยู่ภายในผล: เก็บไข่แมลงวันผลไม้ตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยวางกระบอกเก็บไข่ไว้ในกรงเลี้ยงแมลงนาน 60 นาที รวบรวมไข่ที่ได้ใส่ในน้ำกลั่นเก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) แยกไข่ที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ซึ่งลอยอยู่เหนือน้ำทิ้งทั้งหมด ใช้หลอดดูดสารละลาย (dropper) ดูดไข่ไปวางไว้บนผ้ามัสลินสีดำซึ่งวางทับอยู่ด้านบนของกระดาษกรองสีดำชุ่มน้ำ จากนั้นใช้พู่กันเขี่ยกระจายไข่ให้เป็นแถวยาวเพื่อสะดวกในการแยกไข่ไม่สมบูรณ์ออกทิ้ง เลือกไว้เฉพาะไข่ที่สมบูรณ์เท่านั้น นับจำนวนไข่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยใช้พู่กันเขี่ยไข่อย่างระมัดระวังให้รวมกันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 30 ฟอง/ผล จากนั้นใช้พู่กันย้ายไข่ 1 กลุ่ม (จำนวน 30 ฟอง/ผล) ดังกล่าวลงบนเนื้อมะนาวตรงบริเวณที่ทำรอยแผล ปิดแผลโดยดึงเปลือกด้านขั้วลงมาประกบชิดกับเปลือกอีกด้านปิดให้สนิทโดยการใช้กระดาษกาวปิดทับพันโดยรอบแผลเพื่อป้องกันไม่ให้เปลือกมะนาวแยกออกจากกัน (Figure 27) เก็บมะนาวมีระยะไข่อยู่ภายในผลใส่ในกระบะเก็บให้ครบ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำมะนาวไปใช้ในการทดลองต่อไป

7. เปรียบเทียบความทนทานของแมลงวันผลไม้ระยะไข่ 24 ชั่วโมงในผลมะนาวพันธุ์แป้น กับพิจิตร1 ต่อความร้อนที่อุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธีการอบไอน้ำ

ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ Sanshu Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (model: EHK – 1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จำนวน 2 เครื่อง มะนาวใช้ในการทดลองเป็นมะนาวแก่ผิวเปลือกสีเขียว ผลขนาดกลางน้ำหนัก 38 – 48 กรัม/ผล การเตรียมมะนาวในสภาพที่มีแมลงระยะไข่ อยู่ภายในผล การเตรียมมะนาวทดลองไข่ของแมลงวันผลไม้ใช้ในการทดลองมีอายุ 24 ชั่วโมง ใส่ไข่จำนวน 30 ฟอง/ผล การศึกษาความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ระยะไข่เปรียบเทียบระหว่างมะนาวพันธุ์แป้น กับพิจิตร1 มีขั้นตอนและวิธีการดังรายละเอียดต่อไปนี้

เตรียมมะนาวพันธุ์แป้น และพิจิตร1 มีแมลงระยะไข่ อยู่ภายในผล นำมะนาวทดลองซึ่งมีแมลงระยะไข่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น และพิจิตร1 อย่างละ 20 ผล วางไว้ในถาดบรรจุผลไม้เดียวกัน จากนั้นอบมะนาว กำจัดแมลงระยะไข่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น และพิจิตร1 พร้อมกันในตู้อบความร้อนเดียวกันด้วยวิธีอบไอน้ำ เปรียบเทียบอัตราการตายของไข่ระยะไข่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น และพิจิตร1 เมื่ออบมะนาวให้อุณหภูมิภายในสุดผลของมะนาวเพิ่มขึ้นถึง 45 และ 46 องศาเซลเซียส และคงความร้อนภายในผลมะนาวที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20, 30 และ 40 นาที เริ่มต้นด้วยอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำนาน 30 นาที ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองแต่ละครั้ง ใช้มะนาวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 3 ผล/พันธุ์ (แท่งวัดอุณหภูมิซึ่งเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิผลมะนาวต้องทำการสอบเทียบความเที่ยงตรงอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง) ในการทดลองแต่ละครั้งใช้มะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) ขนาดกลางน้ำหนัก 42 ± 1 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล/พันธุ์ วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด เมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิอย่างน้อยจำนวน 2 ผล/พันธุ์ (Figure 28) อุณหภูมิภายในสุดผลของมะนาวเพิ่มขึ้นถึง 45 และ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำมะนาวทดลองมีแมลงระยะไข่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น และพิจิตร1 ในผลอย่างละจำนวน 20 ผล ออกจากห้องบรรจุผลไม้ (Figure 29) และลดอุณหภูมิผลมะนาวทันทีโดยเป่าด้วยลมนาน 30 นาที ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model: SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) ส่วนมะนาวที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ของระยะไข่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น และพิจิตร1 มีจำนวน

กรมวิชาการเกษตร

50 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน แยกเก็บมะนาวทดลองแต่ละชนิด และระยะเวลาในกระป๋องพลาสติกทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 เซ็นติเมตร สูง 4.5 เซ็นติเมตร ปิดฝา (ฝาปิดทำช่องระบายอากาศเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดประมาณ 1 ซม. ปิดช่องระบายอากาศด้วยผ้ามัสลินขนาด 16 เมช) นำกระป๋องใส่มะนาวจัดเรียงลงในกระบะพลาสติกขนาด 36 x 54 x 15 ซม. โดยใส่มะนาวจำนวน 20 ผล/กระบะ เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงจากภายนอกเล็ดลอดเข้าไปวางไข่ในมะนาวทดลอง คลุมกระบะด้วยผ้ามัสลิน หลังจากนั้นนำมะนาวทดลองทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 60-80 เปอร์เซ็นต์ ตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตในมะนาวแต่ละผลหลังจากอบมะนาวกำจัดแมลงระยะระยะไข่ (Figure 30) เป็นเวลานาน 6 วัน ดำเนินการทดลองอบมะนาวกำจัดแมลงระยะไข่ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิและเวลากำหนดดังกล่าวข้างต้น จำนวน 6 ครั้ง นำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์เปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนมากที่สุดของแมลงวันผลไม้ระยะไข่ 24 ชั่วโมงในผลมะนาวพันธุ์แป้น กับพิจิตร1 ต่อความร้อนที่อุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธีการอบไอน้ำ วิเคราะห์ข้อมูลหาอัตราการตายคำนวณโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925)

Abbott's formula :

$$\text{อัตราการตาย} = \frac{\text{อัตราการตายของกลุ่มทดลอง-อัตราการตายของกลุ่มไม่ผ่านความร้อน}}{\text{100-อัตราการตายของกลุ่มไม่ผ่านความร้อน}} \times 100$$

$$\text{สถิติที่ใช้ในการศึกษา: อัตราการตาย (\% mortality)} = \frac{\text{จำนวนแมลงวันผลไม้ที่ตาย}}{\text{จำนวนแมลงวันผลไม้ที่ทดลอง}} \times 100$$

8. การประเมินประสิทธิภาพการกำจัดแมลง

ขั้นตอนที่ 8.1 วิธีการเตรียมมะนาวทดลอง: มะนาวใช้ในการทดลองมีผลขนาดกลาง น้ำหนัก 38-48 กรัม/ผล ผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ที่นำมาผ่านความร้อนต้องเป็นผลมะนาวที่แก่จัดผลสีเขียว เตรียมมะนาวให้มีไข่อายุ 24 ชั่วโมง อยู่ภายในผล 2 วิธี คือวิธีใส่ไข่ในผลมะนาว (artificial infestation) และวิธีให้แมลงวันผลไม้วางไข่บนผลมะนาว (forced infestation) แต่ละวิธีการมีรายละเอียดดังนี้

(1) วิธีใส่ไข่ในผลมะนาว

วิธีใส่ไข่ลงบนเนื้อมะนาวโดยตรง (artificial infestation method) มะนาวใช้ในการทดลองเป็นมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ผลแก่สีผิวเปลือกสีเขียว เปลือกหนาค่อนข้างแข็ง ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ การเตรียมผลมะนาวที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของหนอนนั้น มะนาวทุกผลต้องล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ผึ่งให้แห้ง คัดเลือกมะนาวสมบูรณ์ ตรวจสภาพความผิดปกติของมะนาว ทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลง ชั่งคัดขนาดตามกำหนด เก็บมะนาวไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งถึงเวลาที่นำไปใช้ในการทดลอง วิธีการเตรียมมะนาวสำหรับการทดลอง โดยใช้มีดผ่าตัดเจาะกรีดเป็นวง รอบขั้วผลประมาณ ¾ ส่วน ห่างจากขั้วประมาณ 1 ซม. เปิด

กรมวิชาการเกษตร

เปลือกมะนาวด้านบนเผยอขึ้น จากนั้นใช้มีดผ่าตัด ตัดตรงแกนกลางมะนาวออกให้มีช่องว่าง สำหรับให้มีอากาศถ่ายเทภายในผล ทำให้แต่ละกีบมะนาวเปิด และเพื่อช่วยให้หนอนสามารถชอนไชเข้าไปทุกส่วนของผลมะนาวได้โดยง่าย ช่วยระบายน้ำออกจากผลโดยการคว่ำแง้มฝาด้านขั้วผลเอียงเพื่อช่วยระบายน้ำมะนาวที่อยู่ภายในผลไหลออกให้หมด และเพื่อป้องกันน้ำขังในผลซึ่งอาจจะส่งผลทำให้หนอนจมน้ำตายได้ จากนั้นนำมะนาววางไว้บนกระดาษชำระวางบนในถาดเพื่อซับให้ผิวเปลือกแห้ง ซึ่งเตรียมพร้อมที่จะใส่ไข่ การเตรียมมะนาวทดลองให้มีระยะไข่ของแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผลมะนาว ดำเนินการตามขั้นตอน และวิธีการดังนี้

การเตรียมมะนาวมีระยะไข่อยู่ภายในผล: เก็บไข่แมลงวันผลไม้ตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยวางกระบอกเก็บไข่ไว้ในกรงเลี้ยงแมลงนาน 30 นาที รวบรวมไข่ที่ได้ใส่ในน้ำกลั่นเก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) แยกไข่ที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ซึ่งลอยอยู่เหนือน้ำทิ้งทั้งหมด ใช้หลอดดูดสารละลาย (dropper) ดูดไข่ไปวางไว้ผ้ามัสลินสีดำซึ่งถูกวางบนกระดาษกรองสีดำชุ่มน้ำอีกชั้น โดยการกระจายไข่ให้เป็นแถวยาวเพื่อสะดวกในการแยกไข่ไม่สมบูรณ์ออก เลือกไว้เฉพาะไข่ที่สมบูรณ์เท่านั้น นับจำนวนไข่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยใช้พู่กันเขี่ยไข่อย่างระมัดระวังให้รวมกันเป็นกลุ่มๆ ละ 30 ฟอง/ผล จากนั้นใช้พู่กันย้ายไข่ 1 กลุ่ม (จำนวน 30 ฟอง/ผล) ดังกล่าววางลงบนเนื้อมะนาวตรงบริเวณที่ทำรอยแผล จากนั้นปิดแผลโดยดึงเปลือกประกบชิดกับเปลือกอีกด้านปิดให้สนิท และปิดรอยแผลโดยการรัดด้วยกระดาษกาวเพื่อป้องกันไม่ให้เปลือกมะนาวแยกออกจากกัน ในระหว่างที่นำมะนาวผ่านความร้อนในเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ นำมะนาวทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอุณหภูมิ 27 ± 1° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งนำมะนาวไปใช้ในการทดลอง

(2) วิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว

โดยใช้เข็มหมุดปักบอร์ดเจาะรูบนผลมะนาวจนสุดเข็มจำนวน 5 รู เพื่อบังคับให้แมลงตัวเต็มวัยเพศเมียแทงอวัยวะวางไข่เข้าไปวางไข่ในผลมะนาวผ่านรูที่เจาะไว้เท่านั้น กรงแมลงสำหรับวางไข่มีขนาด 50.5 x 35.6 x 35.2 ซม. ทำด้วยมุ้งลวดตาข่ายอลูมิเนียมขนาด 16 เมซ มีแมลงตัวเต็มวัยอายุไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ จำนวนประมาณ 2,000 ตัว การเตรียมมะนาวทดลองแต่ละครั้ง จะนำมะนาวจำนวน 10 ผล ใส่ในกรงให้แมลงวันวางไข่เป็นเวลานาน 30 นาที หลังจากนั้นเก็บมะนาวไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอุณหภูมิ 27 ± 1° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งนำมะนาวไปใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนที่ 8.2 การประเมินประสิทธิภาพการกำจัดแมลง: อบมะนาวทดลองในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณมะนาวน้ำหนักแตกต่างกัน คือ น้ำหนักประมาณ 66-72 กก/ลบ.ม. (Haft load) และ 132-144 กก/ลบ.ม. (full load) ดำเนินการทดลองโดยเตรียมมะนาวให้มีไข่แมลงวันทองอยู่ภายในผล 2 วิธีตามที่ได้กล่าวมาแล้ว วิธีใส่ไข่ในผลมะนาวจำนวน 200 ผล และวิธีให้แมลงวันทองวางไข่บนผลมะนาวจำนวน 40 ผล สุ่มแบ่งมะนาวของทั้งสองกลุ่มออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน เลือกมะนาวที่ได้จากวิธีการใส่ไข่ในผลมะนาว และวิธีการให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว 1 ส่วน จำนวน 50 และ 10 ผล ตามลำดับ เก็บไว้สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบ

กรมวิชาการเกษตร

(control) ไม่ต้องนำไปผ่านความร้อน มะนาวส่วนนี้จะใช้สำหรับการประมาณจำนวนแมลงที่มีชีวิตในมะนาวที่ผ่านความร้อน (treatment) เนื่องจากว่าจำนวนแมลงที่มีชีวิตในมะนาวที่ผ่านความร้อนนั้นไม่สามารถที่จะทำการตรวจสอบได้โดยตรง สำหรับมะนาวที่เหลืออีก 3 ส่วนแบ่งจำนวนเท่า ๆ กันใส่ในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนขนาด 36 x 70 x 15 ซม. จำนวน 3 กระบะ นำมะนาวแต่ละกระบะไปชั่ง และใส่มะนาวส่วนอื่นที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) เพิ่มลงไปในกระบะเพื่อให้มีน้ำหนักประมาณ 11-12 กก./กระบะ นำกระบะบรรจุมะนาวทั้ง 3 กระบะวางไว้ในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน เพื่อให้มะนาวมีน้ำหนักประมาณ 66-72 กก/ลบ.ม. อยู่ภายในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน นำมะนาวส่วนอื่นที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) เฉลี่ยจำนวนเท่า ๆ กันใส่ในกระบะบรรจุผลไม้อีก 3 กระบะ และนำไปวางซ้อนลงบนกระบะซึ่งบรรจุมะนาวทดลอง

กรณีของการอบมะนาวในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 132-144 กก/ลบ.ม. (full load) ดำเนินการทดลองโดยเตรียมมะนาวด้วยวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลจำนวน 380 ผล 40 ผลตามลำดับ สุ่มเลือกมะนาวทดลองวิธีใส่ไข่ในผลและวิธีให้แมลงวางไข่บนผลจำนวน 50 ผล และ 10 ผลตามลำดับ เก็บไว้สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบไม่ต้องผ่านความร้อนสำหรับมะนาวที่เหลือแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน นำมะนาวแต่ละส่วนใส่ในกระบะบรรจุผลไม้จำนวน 3 กระบะ และใส่มะนาวส่วนอื่นที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) เพิ่มลงไปในกระบะเพื่อให้มีน้ำหนักประมาณ 10.5 กก./กระบะ นำกระบะบรรจุมะนาวทั้ง 3 กระบะวางไว้ในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน จากนั้นนำกระบะบรรจุผลไม้อีก 9 กระบะซึ่งมีมะนาวไม่ใช้ในการทดลองจำนวนประมาณ 11-12 กก/กระบะ ใส่เพิ่มเข้าไปในห้องบรรจุผลไม้เพื่อให้มีมะนาวทั้งหมดน้ำหนักประมาณ 132-144 กก/ลบ.ม. ตามที่กำหนดไว้

ยืนยันประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำโดยการทำอบมะนาวกำจัดไข่แมลงวันทองตามข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

(1). อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้	=	47.4 ° ซ.
(2). อุณหภูมิภายในสุดของผลมะนาว	=	46 ° ซ.
(3). คงระดับอุณหภูมิภายในผลมะนาวหลังเพิ่มขึ้นถึง 46 ° ซ. นาน 40 นาที	=	0:40 ชั่วโมง
(4). ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อน	=	93 % RH
(5). วิธีการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้	=	อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับในช่วงเวลากำหนด (Stepped temp. VHT)
(7). วิธีการลดอุณหภูมิผลมะนาว	=	1. เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง 2. ฉีดพ่นน้ำนาน 10 นาที
(8). ปริมาณมะนาวในห้องบรรจุผลไม้	=	ประมาณ 66 กก/ลบ.ม.

กรมวิชาการเกษตร

และ 132 กก/ลบ.ม.

(9). การตรวจสอบการตายของแมลงวันผลไม้ = 7 วันหลังผ่านความร้อน

การวัดอุณหภูมิผลมะนาวทดลองอาศัยการวัดจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 42 ± 1 กรัม/ผล ซึ่งวางอยู่ในกระบะบรรจุผลไม้ชั้นล่างสุด เมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิจำนวน 2 ผล อุณหภูมิคงที่อยู่ 46°ซ. เป็นระยะเวลานานตามกำหนด เปิดประตูห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องต้อบความร้อน ลดอุณหภูมิผลมะนาวทันทีโดยแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ 1.เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง และ 2. ใช้วิธีพ่นด้วยน้ำนาน 10 นาทีต่อจากนั้นเป่าด้วยลมนาน 50 นาที หลังจากนั้นเก็บมะนาวทดลอง ในกระบะพลาสติกขนาด 36 x 54 x 15 ซม. ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 27±1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองอบมะนาวตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้ว จนกระทั่งมีแมลงในผลมะนาวทดลองที่ผ่านความร้อนจำนวนไม่น้อยกว่า 100,000 ตัว เก็บมะนาวทดลองตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้ว ตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตในผลมะนาวแต่ละผล หลังจากอบมะนาวแล้ว 6 วัน ดำเนินการทดลองอบมะนาวกำจัดแมลงระยะไข่ ที่อุณหภูมิและเวลากำหนดดังกล่าวข้างต้น จำนวน 30 ครั้ง นำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ข้อมูลหาอัตราการตายคำนวณโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925)

9. การประเมินความเสียหายต่อคุณภาพผลมะนาว: จำลองการส่งออกมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ทางเครื่องบินและทางเรือ

การเตรียมมะนาวเข้าตู้อบ : มะนาวพันธุ์พิจิตร1 จากสวนใส่ลงกระบะ เทน้ำให้ท่วมผลมะนาว แยกผลมะนาวลอยน้ำออก ล้างทำความสะอาดมะนาวที่เหลือทั้งหมด ใช้พัดลมเป่าให้แห้ง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคัดขนาด

ผลมะนาวที่ใช้ทดลอง: ต้องเป็นผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ที่แก่จัด ผลสีเขียว ผิวสวยไม่มีตำหนิผล ขนาดเล็กน้ำหนัก 40-50 กรัม/ผล หรือขนาดกลางน้ำหนัก 51-60 กรัม/ผล

นำมะนาวใช้เติม (filler fruit) : มะนาวตกเกรด รวมถึงมะนาวลอยน้ำ ไม่กำหนดขนาดน้ำหนักผลหรือความแก่-อ่อน สีผิวเปลือก นำมาใส่เติมให้เต็มกระบะบันทึกน้ำหนักต่อกระบะ

การอบมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 132 -144 กก./ลบ.ม. ภายในห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบความร้อน สามารถวางกระบะบรรจุมะนาวได้ทั้งหมดรวม 12 กระบะ โดยวางเป็น 3 แถว แต่ละแถววางซ้อนกันได้สูงสุด 4 ชั้น โดยเริ่มจากการเตรียมกระบะบรรจุผลไม้ 9 กระบะซึ่งมีมะนาว filler fruit ให้เต็ม 3 ชั้น ชั่งน้ำหนักประมาณ 11-12 กก/กระบะ วางด้านล่างของตู้ก่อน

กรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการทดลองโดยเตรียมมะนาวคัดพิเศษจำนวน 160 ผล สุ่มเลือกมะนาวทดลองจำนวน 40 ผล เก็บไว้สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบไม่ต้องผ่านความร้อน สำหรับมะนาวที่เหลือแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กันนำมะนาวแต่ละส่วนใส่ในกระบะบรรจุผลไม้จำนวน 3 กระบะ และเติมมะนาวส่วนอื่นที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) ใส่เพิ่มลงไปในกระบะเพื่อให้มีน้ำหนักประมาณ 11-12 กก/กระบะ นำกระบะบรรจุมะนาวทั้ง 3 กระบะ วางไว้ชั้นบนสุดในห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบความร้อนซึ่งใกล้ทางออกลมร้อนมากที่สุด

ทำการอบมะนาวดังกล่าวข้างต้นด้วยวิธีอบไอน้ำ โดยกรรมวิธีซึ่งอากาศร้อนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นแต่ละระดับภายในช่วงเวลากำหนด (stepped temperature vapor heat treatment VHT) ดังรายละเอียดในสลักจิต และคณะ (2556) โดยการอบมะนาวสภาพอากาศร้อนที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ อบมะนาวให้อุณหภูมิบริเวณตรงกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้น 46 °ซ. และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46 °ซ. เป็นระยะเวลานาน 40 นาที

วิธีการวัดอุณหภูมิผลมะนาว โดยจะวัดอุณหภูมิจาก ผลมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล ผลมะนาวที่ใช้ทดลองมี 2 ขนาด คือ ขนาดเล็ก และขนาดกลาง น้ำหนักผล 45±1 และ 62.5±1 กรัม/ผลตามลำดับ ตำแหน่งการวางผลมะนาวกำหนดอุณหภูมิ ให้ผลวางอยู่ตรงกลางกระบะชั้นล่างสุด มะนาวกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผลนี้ใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิผลมะนาวทั้งหมดภายในตู้ความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิผลมะนาวจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผล เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนด แสดงว่าขณะนั้นมะนาวทดลองทั้งหมดในตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับมะนาวกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมะนาวทดลองมีอุณหภูมิคงที่อยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนดแล้ว ลดอุณหภูมิผลมะนาวทันทีโดยวิธีการเป่าด้วยลม (air cooling) นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมะนาวทดลอง 40 ผลออกจากแต่ละกระบะจัดเก็บมะนาวทดลองบรรจุถุงดัดแปรสภาพบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging, MAP) วางลงในกล่องกระดาษจากนั้นนำมะนาวไปเก็บไว้ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 12±2°ซ. และเขียนรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

มะนาวทดลอง 120 ผลผ่านความร้อน และไม่ผ่านความร้อน 40 ผล เก็บไว้ 7 วัน

มะนาวทดลอง 120 ผลผ่านความร้อน และไม่ผ่านความร้อน 40 ผล เก็บไว้ 14 วัน

ประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อมะนาวในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเครื่องบินและทางเรือ โดยบันทึกจำนวนมะนาวเสียหายจากความร้อน 3 อาการ ได้แก่ เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองต่อมน้ำมันเปลี่ยนเป็นจุดสีน้ำตาล น้ำมะนาวมีรสชาดขม ดำเนินการทดลองอบมะนาวในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวตามที่กำหนดจำนวน 2 ครั้ง ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่น EHK-1000B จำนวน 2 เครื่อง และเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” shower Cooling System (Differential Pressure Type (model : SHS-

กรมวิชาการเกษตร

12 Sanshu Sangyo co.,Ltd.,Kagoshima, Japan) ผลมะนาวที่นำมาผ่านความร้อน ต้องเป็นผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1

อบมะนาวภายใต้สภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 132-144 กก./ลบม. นำมะนาววางใส่ภายในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อน 40 ผล/กระบะ จำนวน 3 กระบะ ซึ่งมะนาวทั้งหมด 120 ผลนี้จะใช้สำหรับตรวจสอบความเสียหายที่เกิดจากความร้อน จากนั้นนำมะนาวอื่นๆ (filler fruit) ซึ่งมีน้ำหนักผลหรือความแก่ สีผิวเปลือกไม่ได้ตามกำหนดใส่เพิ่มให้เต็มกระบะเพื่อให้มีน้ำหนัก 11-12 กก./กระบะ ภายในห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบความร้อน สามารถวางกระบะบรรจุมะนาวได้ทั้งหมดรวม 12 กระบะ โดยวางเป็น 3 แถว แต่ละแถววางซ้อนกันได้สูงสุด 4 ชั้น ดังนั้นในการทดลองอบมะนาวสภาพที่มีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 132-144 กก. หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความจุตู้เท่ากับ100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมะนาวใช้เปรียบเทียบ (control) มีจำนวน 40 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน

ทำการอบมะนาวดังกล่าวข้างต้นด้วยวิธีอบไอน้ำ โดยกรรมวิธีซึ่งอากาศร้อนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นแต่ละระดับภายในช่วงเวลากำหนด (stepped temperature vapor heat treatment VHT) ดังรายละเอียดในสลักจิต และคณะ (2556) โดยการอบมะนาวสภาพอากาศร้อนที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ อบมะนาวให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้น 46 °ซ. และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46 °ซ. เป็นระยะเวลานาน 40 นาที

วิธีวัดอุณหภูมิผลมะนาว จะวัดอุณหภูมิจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผลน้ำหนัก 45±1 หรือ 55±1 กรัม/ผล วางอยู่ในกระบะชั้นล่างสุด มะนาวกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผลนี้ใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิผลมะนาวทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิผลมะนาวเมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิ 3 ผล อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนดคืออุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้น 46 °ซ. และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46 °ซ. เป็นระยะเวลานาน 40 นาที แสดงว่าขณะนั้นมะนาวทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับมะนาวกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมะนาวทดลองมีอุณหภูมิคงที่อยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนดแล้ว ลดอุณหภูมิผลทันทีโดยวิธีเป่า จากนั้นนำมะนาวทดลอง 40 ผลออกจากแต่ละกระบะ ใส่ในกล่องกระดาษเขียนรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ ได้แก่ ตำแหน่งของกระบะแต่ละชั้นมี 3 กระบะ (ซ้าย กลาง ขวา) ชั้นของกระบะ (ชั้นที่ 4) จากนั้นนำมะนาวทดลองทั้งหมดเก็บห้องเย็นอุณหภูมิ 12±2°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 % ตรวจความเสียหายของมะนาวหลังจากเก็บไว้นาน 7 และ 14 วัน โดยบันทึกจำนวน มะนาวที่เสียหายจากความร้อนได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความเป็นกรด การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก กลิ่นหอมต่อมน้ำมันที่เปลือก รสชาติ และอาการอื่นๆ ตามวิธีการดังรายละเอียดในสลักจิต และคณะ (2556) ดำเนินการทดลองอบมะนาวในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวตามที่กำหนดแต่ละกรรมวิธีจำนวน 2 ครั้ง

การทดลองที่ 1.7 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเพื่อการส่งออก

กรมวิชาการเกษตร

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. แมลงที่ใช้ในการทดลอง
   - แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis*
2. พืชที่ใช้ในการทดลอง
   - ผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม *C. maxima*
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
   - ตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก "Sanshu" vapor heat treatment system (differential pressure type) รุ่น EHK-1000B และEHK-1000D, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
   - เครื่องลดอุณหภูมิผลไม้"Sanshu" shower cooling system (differential pressure type) รุ่น SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
   - เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
   - ปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer)
   - ที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร
   - กล้องจุลทรรศน์ (microscope)
   - เครื่องใช้ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการต่างๆ เช่น จานทดลอง (petri dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร กระบะพลาสติก และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ปิเปต (pipettes) หลอดทดลอง (test tube) บีกเกอร์ (beaker) หลอดหยด (dropper) ปากคีบ (forceps) ผ้ามัสลิน กระดาษกรองสีดำ พู่กัน หนังยาง และผ้าขาวบาง

วิธีการ

1. สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ชีววิทยาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเพื่อใช้ในการทดลอง

โดยการสืบค้นข้อมูลทางเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร และจากแหล่งข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งได้จัดหาและคัดเลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเพื่อนำมาใช้ในการทดลองในขั้นตอนของการกำจัดแมลงด้วยความร้อนและขั้นตอนของการประเมินความเสียหายต่อความร้อน จากอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้ผลส้มโอน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) นำมาเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช เพื่อรักษาคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามและนำมาใช้ในขั้นตอนของการทดลองต่อไป

โดยน้ำหนักผลของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ใช้ในการทดลอง แบ่งน้ำหนักได้ดังนี้

Small size (S) 900-1,100 g

กรมวิชาการเกษตร

Medium size	(M)	1,100-1,300 g
Large size	(L)	1,300-1,500 g

2. แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่ใช้ในการทดลอง

ทำตามขั้นตอนของการทดลองที่ 1.3 หัวข้อการทดลองที่ 2

3. วิธีเตรียมแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 สำหรับใช้ในการทดลอง

ส้มโอที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ผลส้มโอมีขนาดกลางน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล โดยตรวจสภาพความผิดปกติของผลส้มโอ ซึ่งส้มโอทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือรอยแตกบนผลส้มโอ

ขั้นตอนที่ 3.1 การเตรียมแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1

เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการข้างต้น รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าที่ชุ่มน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 เมซ ร่อนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข่ ย้ายหนอนวัย 1 ใส่ในน้ำกลั่น เก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) ขนาด 200 มิลลิลิตร ใช้หลอดดูดสารละลาย (dropper) ขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดหนอนวัย 1 นำไปใส่ไว้ในจานแก้ว (petri-dish) ขนาด 10x2 เซนติเมตร พร้อมทั้งนับหนอนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ขั้นตอนที่ 3.2 การเตรียมส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามให้มีแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 อยู่ภายในผล

เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการข้างต้น รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าที่ชุ่มน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 เมซ ร่อนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข่ ย้ายหนอนวัย 1 ใส่ในน้ำกลั่น เก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) ขนาด 200 มิลลิลิตร ใช้หลอดดูดสารละลาย (dropper) ขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดหนอนวัย 1 นำไปใส่ไว้ในจานแก้ว (petri-dish) ขนาด 10x2 เซนติเมตร พร้อมทั้งนับหนอนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Figure 31) ใช้พู่กันเขี่ยหนอนวัย 1 ให้รวมกันเป็นกลุ่มๆ ละ 200 ตัว ในการทดลองใช้ส้มโอขนาดกลาง น้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล ใช้ที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เจาะรูบนผลส้มโอ จำนวน 3 รู ให้ลึกจนถึงกึ่งกลางผล รูที่ 1 เจาะตรงตำแหน่งขั้วผลให้ทะลุแกนกลางผล รูที่ 2 เจาะด้านตรงกันข้ามกับรูที่ 1 ส่วนรูที่ 3 เจาะบริเวณด้านข้างผลให้อยู่เลยจากส่วนครึ่งบนของผล สำหรับเหตุผลในการเจาะรูที่ 2 ตรงบริเวณส่วนใต้ของผลนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ของเหลวที่เกิดขึ้นจากการกินของหนอนแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอสามารถไหลออกมาได้ ซึ่งจะทำให้ภายในผลส้มโอมีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันผลไม้ ดึงแกนกลางซึ่งติดกับปลายที่เจาะรูออกจากผล จากนั้นแคระเมล็ดภายในผลส้มโอออกให้หมด ซึ่งพร้อมที่จะใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ จำนวน 200 ตัว/ผล โดยใส่หนอนวัย 1

กรมวิชาการเกษตร

ลงบนเนื้อส้มโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว้ทางด้านข้าง อุดรูทั้งหมดด้วยสำลีปิดด้วยเทปกาว เพื่อป้องกันไม่ให้หนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล

4. รูปแบบของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

ในการทดลองทั้งหมดใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับทดลอง จำนวน 2 เครื่อง ใช้ส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) น้ำหนัก 1,200±25 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของส้มโอทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน เมื่อส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 3 ผล มีอุณหภูมิคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตามที่กำหนด แสดงว่าขณะนั้นส้มโอทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ

การอบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) เป็นกรรมวิธีที่ให้ความร้อนกับส้มโอโดยอาศัยวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) ร่วมกับวิธีอบอากาศร้อน (hot air treatment, HAT) โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับส้มโอด้วยวิธีอบอากาศร้อน (HAT) อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนผ่านส้มโอจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส แล้วจึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีอบไอน้ำ (VHT) ซึ่งอากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอถึง 46 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่งโมง (เซ็นเซอร์กำหนดอุณหภูมิผลส้มโอ (sensor fruit) จะต้องอ่านค่าได้ 46 องศาเซลเซียส ทั้ง 3 เส้น) ขณะอบส้มโอทำการบันทึกอุณหภูมิ ความชื้นและระยะเวลาในการอบส้มโอ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ของเครื่องตู้อบความร้อนตามค่าที่กำหนดไว้ (อุดร, 2541; อุดร และคณะ, 2549; Unahawutti *et al*., 2006)

ซึ่งแบบแผนของการเพิ่มอุณหภูมิภายในเครื่องตู้อบความร้อน (pattern MVHT test for pummelo) ที่ใช้ในการทดลองในผลส้มโอนี้ทั้งหมดใช้แผนวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ดังนี้

	Pattern MVHT test for pummelo				
Temperature (°C)	30.0	30.0	43.0	47.0	47.0
Time (h)	0:00	0:10	0:10	0:10	10:00
Humidity RH (%)	51.0	51.0	95.0	95.0	
Time (h)	0:00	5:00	0:10	10:00	

5. เครื่องตู้อบความร้อนและการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ

ดำเนินการด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับทดลอง จำนวน 2 เครื่อง ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง แท่งวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งภายในเครื่องตู้อบความร้อนทั้งหมดจะต้องนำมาตรวจสอบความเที่ยงตรง และปรับค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิที่วัดได้ของแท่งวัดอุณหภูมิแต่ละแท่ง (calibration sensor) โดยตรวจสอบเปรียบเทียบกับปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer) ซึ่งมีวิธีการดังนี้ จุ่มแท่งวัด

กรมวิชาการเกษตร

อุณหภูมิทั้งหมดรวมทั้งปรอทวัดความร้อนมาตรฐานลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43) ตั้งค่าเครื่องอ่างน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำร้อน และมีอุณหภูมิคงที่จึงเริ่มการบันทึกอุณหภูมิเป็นระยะเวลานาน 20 นาที

ปรอทวัดความร้อนมาตรฐานจะแสดงค่าอุณหภูมิจริงของน้ำในเครื่องอ่างน้ำร้อน อ่านค่าอุณหภูมิของแท่งวัดอุณหภูมิแต่ละแท่งจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder; Chino, model: LE series และFTH, model: FLE-073504E) ที่อ่านค่าได้ทุก 5 นาที เครื่องตู้อบความร้อนจะติดตั้งอุปกรณ์พิเศษ คือ ชุดปรับค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้า (correction resistance unit) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับปรับค่าอุณหภูมิที่แท่งวัดความร้อนอ่านได้ให้เท่ากับค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน การทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิจะเสร็จสิ้นเมื่อแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดแสดงค่าอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานานติดต่อกันในช่วงเวลา 20 นาที

6. แบบแผนการเพิ่มอุณหภูมิในเครื่องตู้อบความร้อน

แบบแผนของการเพิ่มอุณหภูมิในเครื่องตู้อบความร้อนที่ใช้ในการทดลองการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอนี้ทั้งหมดใช้แผนการอบไอน้ำดังนี้ เริ่มต้นการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้อง โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำโดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องตู้อบความร้อนต้องมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จนถึงอุณหภูมิภายในผลส้มโอได้ 46 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาที่กำหนดตลอดเวลาที่ทำการอบไอน้ำ

ขั้นตอนที่ 6.1 ขั้นตอนการกำจัดแมลงด้วยความร้อน

1. อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = 47 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิภายในสุดผลส้มโอ = 46 องศาเซลเซียส
3. ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
   ก่อนอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = 51 เปอร์เซ็นต์ RH %
   หลังอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = 95 เปอร์เซ็นต์ RH %
4. วิธีการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับในช่วงเวลากำหนด (stepped temp. MVHT)
5. วิธีการลดอุณหภูมิผลส้มโอ = เป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง
6. การตรวจสอบการตายของแมลงวันผลไม้ = 5 วัน หลังผ่านความร้อน

ในการทดลองใช้ส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) น้ำหนัก 1,200±25 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด (Figure 32) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของส้มโอทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน เมื่อส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 2 ผล มีอุณหภูมิคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา

กรมวิชาการเกษตร

ตามที่กำหนด แสดงว่าขณะนั้นส้มโอทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 6.2 ขั้นตอนการประเมินความเสียหายต่อความร้อน

1. อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = 47, 48 และ49 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิภายในสุดผลส้มโอ = 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส
3. ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
   ก่อนอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = 65 เปอร์เซ็นต์ RH %
   หลังอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = 95 เปอร์เซ็นต์ RH %
4. วิธีการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับในช่วงเวลากำหนด (stepped temp. MVHT)
5. วิธีการลดอุณหภูมิผลส้มโอ = เป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง
6. การประเมินความเสียหายต่อความร้อน = 7 วัน หลังผ่านความร้อน

ในการทดลองใช้ส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) น้ำหนัก 1,200±25 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของส้มโอทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน เมื่อส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 3 ผล มีอุณหภูมิคงอยู่ที่ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตามที่กำหนด แสดงว่าขณะนั้นส้มโอทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ

7. การจัดการกับส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามหลังจากการอบไอน้ำ

ในขั้นตอนการกำจัดแมลงด้วยความร้อน แยกเก็บส้มโอทดลองที่ผ่านความร้อน (treatment) และไม่ผ่านความร้อน (control) แต่ละระยะเวลาใส่ในถุงผ้าปิดปากถุง วางลงบนแป้นรองส้มโอเพื่อให้ของเหลวภายในผลส้มโอซึ่งเกิดจากเนื้อส้มโอถูกหนอนกัดกินไหลออกจากผลซึมผ่านรูที่เจาะไว้และวางไว้ในกระบะพลาสติกขนาด 36x54x15 เซนติเมตร คลุมด้วยผ้าปิดกระบะ หลังจากนั้นนำส้มโอเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ตรวจนับจำนวนหนอนแมลงวันผลไม้ที่รอดชีวิตในส้มโอแต่ละผล หลังจากผ่านความร้อนเป็นเวลานาน 5 วัน โดยบันทึกจำนวนหนอนที่รอดชีวิตทั้งหมดในส้มโอทดลองที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดนำข้อมูลไปคำนวณหาอัตราการตายที่แท้จริง (corrected mortality) โดยอาศัยสูตรของ Abbott (Abbott, 1925)

8. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ ศึกษา 2 การทดลอง แต่ละการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้ ดำเนินการ

กรมวิชาการเกษตร

ทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ใช้ส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นตัวเปรียบเทียบพันธุ์กับส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม (การทดลองที่ 1) โดยใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลงในการเตรียมส้มโอให้มีแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผล (artificial infestation method) จากรายงานของอุดร และคณะ (2549) และ Unahawutti *et al*. (2006) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ทองดี เพื่อกำหนดระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด จากผลการทดลองพบว่า หนอนวัย 1 มีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุดด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) ใช้ส้มโอทั้งหมดจำนวน 108 ผล นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน วางเรียงส้มโอที่ทำการใส่หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอผลละ 200 ตัว จำนวน 4 ผล/ถาด อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอให้เป็นไปตามข้อ 6 และ6.1 โดยมีการอบเป็นเวลานานที่แตกต่างกัน ดังนี้

การทดลองที่ 1: ใช้ระยะเวลาอบนาน 0, 10, 20 และ30 นาที แต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 48 ผล และมีส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 12 ผล ทำการทดลอง 3 ครั้ง

การทดลองที่ 2: ใช้ระยะเวลานาน 0, 10 และ20 นาที แต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 36 ผล และมีส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 12 ผล ทำการทดลอง 3 ครั้ง

9. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

ในขั้นตอนการประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อส้มโอ ตรวจสภาพความผิดปกติของผลส้มโอ ซึ่งส้มโอทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือรอยแตก แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอให้เป็นไปตามข้อ 6 และ 6.2 อบส้มโอภายในเครื่องตู้อบความร้อนให้อุณหภูมิภายในสุดผลของส้มโอเพิ่มขึ้นจนถึง 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส และคงความร้อนภายในผลไว้ที่อุณหภูมิ 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิส้มโอทันทีโดยวิธีเป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ เปรียบเทียบกับส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนบรรจุใส่ในกล่องกระดาษขนาด 34x47x18 เซนติเมตร ด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรู พร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่ายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1.6 มิลลิเมตร จำนวน 4 รู เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน โดยใช้หลักเกณฑ์พิจารณาและดำเนินการในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

กรมวิชาการเกษตร

1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ศึกษาการสูญเสียน้ำหนักของส้มโอโดยคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียไปด้วยวิธีการบันทึกน้ำหนักส้มโอก่อนการทดลอง และในวันที่ตรวจผลการทดลองชั่งน้ำหนักผลส้มโออีกครั้งหนึ่ง

2. ปริมาณน้ำตาล (brix value) ในการทดลองแต่ละครั้งคั้นน้ำจากเนื้อส้มโอที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ซึ่งปริมาณน้ำตาลในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) มีหน่วยเป็นค่าองศาบริกซ์ การวัดปริมาณน้ำตาลจากเนื้อส้มโอใช้เครื่อง digital refractometer (รุ่น DBX-30, atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)

3. ปริมาณกรด (acidity value) ในการทดลองแต่ละครั้ง คั้นน้ำจากเนื้อส้มโอที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรด ซึ่งปริมาณกรดในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ การวัดปริมาณกรดจากเนื้อส้มโอใช้เครื่อง digital acilyzer (รุ่น 5 006P)

4. การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอ (peel color) ใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

0	=	100 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเขียว (ไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง)
1	=	0-25 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเหลือง
2	=	25-50 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเหลือง
3	=	50-75 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเหลือง
4	=	75-100 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกส้มโอมีสีเหลือง

นำข้อมูลการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอ วิเคราะห์ผลทางสถิติ และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบ t-test

10. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ โดยการประเมินประสิทธิภาพการกำจัดแมลงมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้ การทดลองนี้ใช้รูปแบบการทำลายของแมลงวันผลไม้ 2 รูปแบบ คือ ใช้วิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ (artificial infestation method) และใช้วิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method) แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบการทำลายโดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ (artificial infestation method) ทำเช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 8 ใช้ส้มโอทดลอง จำนวน 240 ผล แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 180 ผล และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 60 ผล นำส้มโอทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิโดยมีอุณหภูมิประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำส้มโอไปใช้ในการทดลอง

กรมวิชาการเกษตร

2. รูปแบบการทำลายโดยวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method) เจาะรูด้วยเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร บนผลส้มโอ จำนวน 10 รู/ผล ให้ทะลุเปลือกไปถึงเนื้อ เพื่อบังคับให้แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยเพศเมียแทงอวัยวะวางไข่เข้าไปวางไข่ในผลส้มโอผ่านรูที่เจาะไว้ ใช้ส้มโอทดลอง จำนวน 80 ผล แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 60 ผล และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 20 ผล นำไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาดเล็กที่มีแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัย จำนวนประมาณ 2,000 ตัว ใช้ระยะเวลาในการให้แมลงวางไข่นาน 1 ชั่วโมง นำส้มโอทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ โดยมีอุณหภูมิประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำส้มโอไปใช้ในการทดลอง

ทำการอบส้มโอในสภาพของตู้อบความร้อนมีปริมาณส้มโอน้ำหนัก 60-120 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (low load and full load) แบ่งส้มโอที่มีแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 ที่อยู่ภายในผล ทั้ง 2 วิธี ออกเป็น 4 ส่วน เลือกส้มโอทดลองที่ได้จากวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ และวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ 1 ส่วน จำนวน 6 และ2 ผล เก็บไว้สำหรับใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน ส้มโอส่วนนี้จะใช้สำหรับการประมาณจำนวนแมลงทั้งหมดในส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) เนื่องจากว่าจำนวนแมลงที่มีชีวิตในส้มโอที่ผ่านความร้อนนั้นไม่สามารถที่จะทำการตรวจสอบได้โดยตรง สำหรับส้มโออีก 3 ส่วน แบ่งจำนวนเท่าๆ กัน ใส่ในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนขนาด 36x70x15 เซนติเมตร กระบะเดียวกัน จำนวน 3 กระบะ ในแต่ละกระบะมีส้มโอทดลองโดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ จำนวน 6 ผล/กระบะ และวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ จำนวน 2 ผล/กระบะ และใส่ส้มโอที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) (Figure 21) เฉลี่ยจำนวนเท่าๆ กัน ในกระบะบรรจุผลไม้อีก 3 และ 9 กระบะ และนำไปวางซ้อนลงบนกระบะซึ่งบรรจุส้มโอทดลองในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณส้มโอ 50 และ100 เปอร์เซ็นต์ (low load and full load) ของความจุตู้ นำส้มโอเข้าเครื่องตู้อบความร้อนเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 โดยให้มีแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ตายทั้งหมด

11. การศึกษาความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่อส้มโอในสภาพจำลองการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ โดยตรวจสภาพความผิดปกติของผลส้มโอซึ่งส้มโอทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงหรือรอยแตก แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 12 ผล และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 4 ผล นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อนวางส้มโอที่ผ่านความร้อนไว้ในกระบะชั้นล่างสุดใส่ในภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนขนาด 36x70x15 เซนติเมตร จำนวน 3 กระบะ ในแต่ละกระบะมีส้มโอทดลอง จำนวน 8 ผล/กระบะ แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) ทางเครื่องบิน จำนวน 4 ผล และทางเรือ จำนวน 4 ผล และใส่ส้มโอที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) เฉลี่ยจำนวนเท่าๆ กัน ให้เต็มความจุของกระบะ ในกระบะบรรจุผลไม้อีก 9 กระบะ และนำไปวางซ้อนลงบนกระบะซึ่งบรรจุส้มโอทดลองในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณส้มโอ 100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุตู้ เพื่อประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่

กรมวิชาการเกษตร

อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอให้เป็นไปตามข้อ 6 และ6.2 โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิส้มโอภายในตู้อบความร้อน โดยวิธีเป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน บรรจุใส่ในกล่องกระดาษขนาด 34x47x18 เซนติเมตร ด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรูพร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่าย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1.6 มิลลิเมตร จำนวน 4 รู เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 7 และ14 วัน เพื่อจำลองสภาพการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน โดยใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาและดำเนินการให้เป็นไปตามข้อ 9

การทดลองที่ 1.8 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลมะละกอฮอลแลนด์เพื่อการส่งออก

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออกที่ได้มาตรฐาน
2. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
3. เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
4. ปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer)
5. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
6. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่นEHK–1000B/EHK–1000D จำนวน 2 เครื่อง
7. เครื่องลดอุณหภูมิผลไม“Sanshu” shower cooling system (differential pressure type) รุน SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
8. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Refractometer Atago PAL-BX ACID 1
9. เครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น CR-10 Plusher
10. ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก (อุณหภูมิ 27 ℃. ความชื้น 75 เปอร์เซ็นต์)
11. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ จานทดลอง (petri dish) ขนาดเสนผานศูนยกลาง 5 เซนติเมตร กระบะพลาสติก และอุปกรณอื่นๆ เชน ปเปต (pipettes) หลอดทดลอง (test tube) บีกเกอร (beaker) หลอดหยด (dropper) ปากคีบ (forceps) ผามัสลิน กระดาษกรองสีดำ พูกัน หนังยาง และผาขาวบาง

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการ

1. การเตรียมมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ การทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำ และการเตรียมแมลงวันผลไม้เพื่อใช้ในงานทดลอง

สำรวจสวนและคัดเลือกมะละกอเพื่อใช้ในการทดลอง

ดำเนินการสำรวจสวนมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ที่ได้คุณภาพตามมาตรฐานส่งออกจากแหล่งปลูกมะละกอที่สำคัญได้แก่ จังหวัดนครปฐม, สุพรรณบุรี, นครราชสีมา, นครนายก, กำแพงเพชร, กาญจนบุรี, ราชบุรี, จันทบุรี, แพร่ และเชียงใหม่ เพื่อใช้ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อน และศึกษาด้านการกำจัดแมลง (มะละกอทดลองใช้ผลขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และตกเกรด) จากนั้นนำมะละกอกลับมายังห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืช กักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช เก็บมะละกอไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อนำมาใช้ในงานทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนแรกเป็นการทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดความร้อนและความชื้น (sensor calibration) โดยแท่งวัดความร้อนจะคลาดเคลื่อนเมื่อถูกใช้งานไปในระยะเวลาหนึ่ง ดังนั้นขั้นตอน sensor calibration จำเป็นต้องตรวจสอบอย่างสม่ำเสมออย่างน้อย 1 เดือน เพื่อปรับค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิที่วัดได้ของแท่งวัดความร้อนและความชื้น ดำเนินการโดยการจุ่มแท่งวัดความร้อน แท่งวัดความชื้นที่ต้องการทดสอบ และเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน (standard thermometer) ลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath) ตั้งค่าอุณหภูมิน้ำที่ 47 °ซ. กับเครื่องอ่างน้ำร้อน และตั้งค่าอุณหภูมิของตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง (จำนวน 2 ตู้) ที่อุณหภูมิ 47 °ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิ และความชื้น สามารถตรวจสอบได้จากหน้าจอเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ของตู้อบไอน้ำ เมื่อแท่งวัดความร้อนและความชื้น มีอุณหภูมิและความชื้น เป็นไปตามที่กำหนดไว้แล้ว จึงเริ่มบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (แท่งวัดความร้อนทั้งหมดต้องอ่านค่าได้ 47 °ซ. และแท่งวัดความชื้นต้องอ่านค่าได้ในช่วง 99.99 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์) โดยทำการป้อนคำสั่งการพิมพ์กระดาษบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำ (ทดลองจำนวน 2 ซ้ำ)

ขั้นตอนที่สองเป็นการทดสอบรูปแบบของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ดำเนินการโดยตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนดไว้โดยอาศัยการวัดอุณหภูมิจาก sensor fruit ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของอุณหภูมิผลมะละกอที่ต้องการทดสอบภายในตู้อบไอน้ำ โดยการเสียบแท่งวัดความร้อนบริเวณเหนือขั้วผลมะละกอเล็กน้อยเพื่อหลีกเลี่ยงช่องว่างภายในผลมะละกอ เสียบแท่งวัดความร้อนให้ลึกเข้าไปภายในผลมะละกอจนกระทั่งปลายแท่งวัดความร้อนอยู่บริเวณกึ่งกลางของผล หลังจากเสียบ sensor fruit เรียบร้อยแล้ว ดำเนินการวาง sensor fruit 1 ผล/กระบะ ลงในกระบะที่ใช้บรรจุมะละกอของตู้อบไอน้ำ สำหรับกระบะทำด้วยสแตนเลส ขนาด 30×50×7 เซนติเมตร พื้นด้านล่างเจาะรูกลมเพื่อการถ่ายเทของความร้อนของผลไม้อบไอน้ำ ทดสอบตู้เปล่าของตู้อบไอน้ำ โดยใช้รูปแบบของอุณหภูมิและความชื้น ตามวิธีการของ มลนิภา และคณะ (2555) เมื่อ sensor fruit มีอุณหภูมิภายในสุดผลถึง

กรมวิชาการเกษตร

47 °ซ. นาน 20 นาที เรียบร้อยแล้วตรวจสอบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากกระดาษบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำจำนวน 2 ตู้ (ทดลองจำนวน 2 ซ้ำ)

<u>การเตรียมแมลงวันผลไม้เพื่อใช้ในงานทดลอง</u>

ทำตามขั้นตอนของการทดลองที่ 1.3 หัวข้อการทดลองที่ 2

2. ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อน

ขั้นตอนที่ 2.1 ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์

คัดเลือกมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ที่ได้คุณภาพจากแหล่งปลูกมะละกอที่สำคัญ คือ จังหวัดจันทบุรี มะละกอทดลองใช้ระยะเก็บเกี่ยวเมื่อขึ้นแต้มสีเหลืองด้านปลายผล น้ำหนัก 600-900 กรัม/ผล จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดและแช่ในสารฆ่าเชื้อราเป็นเวลานาน 5 นาที เพื่อฆ่าเชื้อราที่อาจติดมากับผิวมะละกอและผึ่งให้แห้ง ดำเนินการทดลองโดยใช้ตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์ของโรงงานอบไอน้ำสหกรณ์การเกษตรท่าใหม่ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เป็นตู้อบไอน้ำนำเข้าของบริษัท “Sanshu Sangyo” vapor heat treatment system รุ่น EHK 230 MC ซึ่งมีห้องบรรจุผลไม้ (treatment chamber) ขนาด (กว้างxยาวxสูง) (240x600x275) เซนติเมตร จำนวน 2 เครื่อง มะละกอที่ใช้ทดลอง มีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ (ขนาดเหมาะสมสำหรับส่งออก) สำหรับมะละกอ filler ใช้มะละกอตกเกรด การบรรจุมะละกอทดลองในตู้อบไอน้ำ ดำเนินการโดยบรรจุลงในกระบะพลาสติก ขนาด 30×50×7 เซนติเมตร จำนวน 15 กระบะ กระบะที่เหลือบรรจุมะละกอตกเกรด อบมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในสภาพห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบไอน้ำที่มีปริมาณมะละกอบรรจุ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ (full load) สำหรับการวัดอุณหภูมิผลมะละกอทดลอง อาศัยการวัดจาก sensor fruit จำนวน 15 เส้น ซึ่งวางอยู่ในชั้นบน (top) กลาง (middle) และล่าง (bottom) ตามลำดับ โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลก่อนถึง 43 °ซ. (อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับ 50-80 เปอร์เซ็นต์) เมื่ออุณหภูมิผลถึง 43 °ซ. (ความชื้นสัมพัทธ์จะถูกปรับให้ > 90 เปอร์เซ็นต์) อบมะละกอทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 47 °ซ. และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 20 นาที ภายหลังจากอบมะละกอทดลองครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลา ที่กำหนดไว้ ทำการลดอุณหภูมิผลมะละกอทันที โดยการฉีดพ่นด้วยน้ำนาน 40 นาที หลังจากเสร็จสิ้นการให้ความร้อน นำมะละกอที่ผ่านความร้อนห่อผลด้วยตาข่ายโฟม และบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 28x58x14 เซนติเมตร จากนั้นเก็บมะละกอทดลองตามรายละเอียดใน (มลนิภา และคณะ 2555) แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10-13 °ซ. บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอหลังผ่านความร้อน ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงของสี ความแน่นเนื้อ และปริมาณน้ำตาลของมะละกอหลังผ่านความร้อนแล้ว 8 วัน เปรียบเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน (ทดลองจำนวน 2 ซ้ำ) วิเคราะห์ข้อมูลสถิติตามแผนการทดลอง และหาค่าความแตกต่างโดยใช้ DMRT โดยใช้หลักเกณฑ์พิจารณาและดำเนินการในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

<u>การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)</u>

คำนวณจากน้ำหนักผลมะละกอเริ่มต้นและหลังอบไอน้ำ

$$\text{สมการ : ร้อยละการสูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักผลปกติก่อนอบไอน้ำ} - \text{น้ำหนักผลหลังอบไอน้ำ}}{\text{น้ำหนักผลปกติก่อนอบไอน้ำ}} \times 100$$

การเสียสภาพสีผิว (skin color loss)

ประเมินสีผิวผลมะละกอหลังอบไอน้ำ โดยทำการวัดด้วยเครื่อง Konica Minolta รุ่น CR-10 Plusher ทำการวัดรอบลูก 5 จุด โดยเกณฑ์การพิจารณาระบบสี ดังนี้

ระบบสี CIE L*a*b*	เกณฑ์การพิจารณา
L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง	L เป็น 0 สีที่ได้จะมืดเป็นสีดำ; L เป็น100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว
a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว	a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง a เป็น -วัตถุมีสีออกเขียว
b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน	b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง b เป็น -วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

ค่าความหวานหรือปริมาณค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total solutions solid: TSS)

วิเคราะห์ค่าความหวาน หรือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยชั่งตัวอย่างมะละกอ 50 กรัม นำเนื้อไปคั้นน้ำแล้วกรองด้วยผ้าขาวบางขนาด ขนาด 35-48 เมช จากนั้นนำน้ำคั้นที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Refractometer Atago PAL-BX 1 บันทึกค่าความหวาน มีหน่วยเป็น องศาบริกซ์ (°Brix)

ขั้นตอนที่ 2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

คัดเลือกมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ที่ได้คุณภาพจากจังหวัดกำแพงเพชร โดยมะละกอทดลองใช้ระยะเก็บเกี่ยวเมื่อขึ้นแต้มสีเหลืองด้านปลายผล ผลมีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับส่งออก (น้ำหนัก 700-1,000 กรัม/ผล) จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดและแช่ในสารฆ่าเชื้อราเป็นเวลานาน 5 นาที เพื่อฆ่าเชื้อราที่อาจติดมากับผิวมะละกอและผึ่งให้แห้ง ดำเนินการโดยใช้ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่นEHK–1000B และ EHK–1000D จำนวน 2 เครื่อง ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ดำเนินการโดยบรรจุมะละกอทดลองลงในกระบะชั้นบนสุด สำหรับกระบะที่ใช้บรรจุมะละกอทดลองในขั้นตอนนี้ เป็นกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนสูง ขนาด 36×70×15 เซนติเมตร ส่วนบริเวณด้านล่างทำด้วยสแตนเลส เจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เรียงเป็นแถวตลอดทั่วทั้งแผ่น เพื่อให้ความร้อนสามารถหมุนเวียนผ่านผลไม้ภายในกระบะไปยังกระบะใกล้เคียงได้ อบมะละกอในสภาพห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบไอน้ำที่มีปริมาณมะละกอบรรจุ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ (full load) ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ให้ความร้อนกับผลมะละกอ อาศัยวิธีการอบไอน้ำ ร่วมกับวิธีการอบอากาศร้อน โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับผลมะละกอด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนผ่านผลมะละกอจะมีความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในผลมะละกอเพิ่มขึ้นถึง 43 °ซ.แล้วจึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีการอบไอน้ำ อากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90

กรมวิชาการเกษตร

เปอร์เซ็นต์ (ดัดแปลงจาก อุดร และคณะ, 2549; Unahawutti *et al*., 2006) สำหรับการวัดอุณหภูมิผลมะละกอทดลองอาศัยการวัดจาก sensor fruit จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 850 ± 25 กรัม อบมะละกอโดยให้อุณหภูมิภายในสุดผลอยู่ที่ 47 °ซ. และคงอุณหภูมิ นาน 20 นาที หลังจากอบมะละกอครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลาที่กำหนดไว้ นำมะละกอที่ผ่านความร้อนออกจากตู้อบไอน้ำ มาลดอุณหภูมิผลทันทีโดยการเป่าด้วยพัดลมนาน 1 ชั่วโมง จากเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ หลังจากเสร็จสิ้นการให้ความร้อนแล้วเก็บมะละกอทดลองตามรายละเอียดใน (มลนิภา และคณะ 2555) บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอหลังผ่านความร้อนแล้ว 7 วัน (เก็บในสภาพเลียนแบบการส่งออกทางอากาศ) และ 14 วัน ตามลำดับ (เก็บในสภาพเลียนแบบการส่งออกทางเรือ) เปรียบเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน (ทดลองจำนวน 2 ซ้ำ) วิเคราะห์ข้อมูลสถิติตามแผนการทดลอง และหาค่าความแตกต่างโดยใช้ DMRT

3. ศึกษาด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อน

ศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

ดำเนินการโดยเตรียมมะละกอทดลองให้มีหนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้อยู่ภายในผล มี 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีใส่หนอนวัย 1 ในผลมะละกอโดยตรง (artificial infestation): ก่อนการทดลอง 2 วัน เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดยใช้กระบอกเก็บไข่วางไว้ในกรงแมลงนาน 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง นำไข่ที่ได้วางบนผ้ามัสลินชุบน้ำใส่ไว้ในกล่องพลาสติก เก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (อุณหภูมิ 26 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์) เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงมีรูขนาด 80 เมช ร่อนแยกหนอนออกจากเปลือกไข่ และนำไปใส่ในน้ำกลั่นเก็บไว้ในบีกเกอร์แก้วขนาดเล็ก จากนั้นใช้หลอดดูดสารละลายดูดหนอนวัย 1 จำนวน 100 ตัว ใส่ลงในผลมะละกอ จากนั้นปล่อยมะละกอทิ้งไว้ประมาณ 20-30 นาที เพื่อให้หนอนวัย 1 ได้ชอนไชเข้าไปในเนื้อมะละกอ ตรงบริเวณกลางผล หลังจากนั้นจึงนำมะละกอไปใช้ทดลอง

2. วิธีการให้แมลงวางไข่บนผลมะละกอ (forced infestation): เลี้ยงแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 50.5×35.6×35.2 ซม. ทำด้วยมุ้งลวดตาข่ายอลูมิเนียมขนาด 16 เมช แต่ละกรงมีแมลงตัวเต็มวัยจำนวนประมาณ 2,000 ตัว แมลงตัวเต็มวัยที่ใช้สำหรับวางไข่มีอายุมากกว่า 2 สัปดาห์ การเตรียมผลมะละกอก่อนการให้แมลงวางไข่บนผลมะละกอ โดยล้างมะละกอเพื่อทำความสะอาดและเช็ดให้แห้ง จากนั้นใช้เข็มเจาะรูจำนวน 5 รู บนผลมะละกอให้ทะลุถึงเนื้อเพื่อช่วยในการวางไข่ นำมะละกอเข้าไปในกรงเลี้ยงแมลงเพื่อให้แมลงวางไข่จำนวน 2 ผล/กรง โดยให้แมลงวางไข่บนผลนาน 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง นำมะละกอเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเช่นเดียวกับวิธีการแรก

การประเมินประสิทธิภาพกำจัดแมลง ดำเนินการในสภาพห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบไอน้ำในปริมาณมะละกอที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน คือ น้ำหนักประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของความจุตู้ (low load) และ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ (full load) โดยบรรจุมะละกอทดลอง (artificial infestation จำนวน 6 ผล + forced infestation จำนวน 2 ผล/กระบะ) ลงในกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนขนาด 36×70×15 ซม. จำนวน 3

กรมวิชาการเกษตร

กระบะ จากนั้นนำมะละกอในกระบะไปชั่ง และบรรจุมะละกอตกเกรด (filler fruit) ลงในกระบะเพิ่มเติมจนเต็ม (ดำเนินการบรรจุมะละกอทดลองในกระบะในสภาพ low load และ full load สำหรับกระบะที่เหลือบรรจุมะละกอตกเกรด) สำหรับการวัดอุณหภูมิภายในสุดผลมะละกอทดลองอาศัยการวัดจาก sensor fruit จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 725 - 750 กรัม

อบมะละกอทดลองด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลก่อนถึง 43 ℃. (อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับ 50-80 เปอร์เซ็นต์) เมื่ออุณหภูมิผลถึง 43 ℃. (ความชื้นสัมพัทธ์จะถูกปรับให้ > 90 เปอร์เซ็นต์) อบมะละกอทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 47 ℃. และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 20 นาที (ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนมากกว่า 3,000 ตัว ในผลมะละกอฮอลแลนด์ให้ตายทั้งหมด) (มลนิภา และคณะ, 2558) ภายหลังจากอบมะละกอทดลองครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลา ที่กำหนดไว้ ทำการลดอุณหภูมิผลมะละกอ โดยการเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง ในตู้ลดอุณหภูมิผลไม้ (Sanshu shower cooling system: รุ่น SHS-12) จากนั้นเก็บมะละกอหลังผ่านความร้อนแล้ว ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เช่นเดียวกับการศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อน บันทึกจำนวนแมลงรอดชีวิต และตรวจนับจำนวนหนอนที่รอดชีวิตในผลมะละกอหลังผ่านความร้อนแล้ว 5 วัน เปรียบเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน โดยคำนวณอัตราการตายที่แท้จริง (corrected mortality) ตามสูตรของ Abbott (Abbott, 1925) การศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนตามมาตรฐานของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช จะต้องสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุดจำนวนมากกว่า 30,000 ตัว ให้ตายทั้งหมด บันทึกจำนวนแมลงรอดชีวิตใน แต่ละผล control ทำการทดลองซ้ำจนกว่าจะได้จำนวนแมลงวันผลไม้รอดชีวิตในผลมะละกออ้างอิง (control) มากกว่า 30,000 ตัว (probit 9)

การทดลองที่ 1.9 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลแก้วมังกรเนื้อแดงเพื่อการส่งออก

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงจากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออกที่ได้มาตรฐาน
2. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
3. เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
4. ปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer)
5. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
6. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่นEHK–1000B/EHK–1000D จำนวน 2 เครื่อง
7. เครื่องลดอุณหภูมิผลไม้“Sanshu” shower cooling system (differential pressure type) รุ่น SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan

กรมวิชาการเกษตร

8. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Refractometer Atago PAL-BX ACID 1

9. เครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น CR-10 Plusher

10. ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก

11. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ จานทดลอง (petri dish) ขนาดเสนผานศูนยกลาง 5 เซนติเมตร กระบะพลาสติก และอุปกรณอื่นๆ เชน ปเปต (pipettes) หลอดทดลอง (test tube) บีกเกอร (beaker) หลอดหยด (dropper) ปากคีบ (forceps) ผามัสลิน กระดาษกรองสีดำ พูกัน หนังยาง และผาขาวบาง

12. แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะไข่และหนอนวัย 1, 2 และ3 ที่ใช้ในงานทดลองได้มาจากแมลงวันทองตัวเต็มวัยที่เลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเทียม สูตรข้าวโพดป่น (Watanabe et al, 1975) วิธีการเลี้ยงแมลงวันผลไม้ในห้องปฏิบัติการรวมทั้งวิธีเตรียมไข่และหนอนวัยต่างๆ มีขั้นตอนและรายละเอียดในอุดร (2537)

วิธีการ

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 1.1 รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชีววิทยา พื้นที่ปลูกแก้วมังกรเนื้อแดงเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในงานทดลอง

โดยการ สืบค้นข้อมูลงานวิจัยการใช้วิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนในแก้วมังกรจากเว็บไซต์ แหล่งข้อมูลงานวิจัยอื่น ๆ ทั้งใน และต่างประเทศ

ขั้นตอนที่ 1.2 สำรวจและคัดเลือกผลแก้วมังกรจากสวนที่ได้คุณภาพเพื่อนำมาใช้ในงานทดลอง

คัดเลือกผลแก้วมังกรเนื้อแดงจากสวนเกษตรกรที่มีการจัดการแปลงที่ดี เพื่อนำมาใช้ในงานทดลองอบไอน้ำภายในขั้นตอนต่อไป ในจังหวัดที่มีพื้นที่การปลูกแก้วมังกร เช่นจังหวัดเลย ขอนแก่น สมุทรสาคร

ขั้นตอนที่ 1.3 การเตรียมแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) เพื่อใช้ในงานทดลอง

ทำตามขั้นตอนของการทดลองที่ 1.3 หัวข้อการทดลองที่ 2

ขั้นตอนที่ 1.4 ศึกษาสถานภาพของแก้วมังกรในการเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ในสภาพธรรมชาติ

ศึกษาความเป็นไปได้ที่แมลงวันผลไม้เข้าทำลายแก้วมังกรในสภาพธรรมชาติ โดยสำรวจ และเก็บรวบรวมผลแก้วมังกรจากสวนแก้วมังกรที่มีการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ ในจังหวัดที่มีพื้นที่การปลูกแก้วมังกร เช่นจังหวัดเลย ขอนแก่น สมุทรสาคร

ขั้นตอนที่ 1.5 ศึกษาความเป็นไปได้ที่แมลงวันผลไม้เข้าทำลายแก้วมังกรในสภาพห้องปฏิบัติการ

1.5.1 ศึกษาอัตราการรอดชีวิตของแมลงวันผลไม้โดยใช้วิธีการบังคับให้แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่บนผลแก้วมังกรในกรงเลี้ยงแมลง (Forced infestation method) แบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่1 วางผลแก้วมังกรจำนวน 10 ลูก ในกรงที่มีตัวเต็มวัยของ *B. dorsalis* จำนวน 2,000 ตัว

กรรมวิธีที่2 วางผลแก้วมังกรจำนวน 10 ลูก บนกรงที่มีตัวเต็มวัยของ *B. dorsalis* จำนวน 2,000 ตัว

โดยเจาะรูที่ผิวเปลือกของผลแก้วมังกรด้วยเข็มหมุดจำนวน 10 รู เป็นเวลา 20 30 และ 40 นาที

1.5.2 ศึกษาเพื่อศึกษาจำนวนแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่เหมาะสมในผลแก้วมังกร

กรมวิชาการเกษตร

โดยใช้เทคนิคการใส่ไข่ และหนอนของแมลงวันผลไม้เข้าไปในชิ้นเนื้อแก้วมังกรโดยตรง (Eggs inoculation method) โดยเตรียมแก้วมังกรที่มีแมลงวันผลไม้โดยใช้กรอบพลาสติกสำหรับฟิล์มสไลด์วางทาบบนผลแก้วมังกร ใช้มีดกรีดผลตามรอยกรอบสไลด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจำนวนเพียง 3 ด้าน จำนวน 1 รอยแผล สำหรับการใส่จำนวนแมลง 100 และ 150 ทำ 2 รอยแผลสำหรับใส่จำนวนแมลง 200ลงบนด้านใดด้านหนึ่งของผล กรีดเนื้อที่เปิดออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆเพื่อช่วยให้หนอนแมลงวันผลไม้ กินเนื้อแก้วมังกรได้ดีขึ้น ใส่แมลงวันผลไม้แต่ละระยะคือ ไข่ หนอนวัย 1, 2 และ 3 ลงบนเนื้อแก้วมังกร จำนวน 100, 150 และ 200 ฟอง (ตัว) ต่อผล ใช้แก้วมังกรจำนวน 10 ผล ในแต่ละวิธีการ เก็บแก้วมังกรใส่กล่องพลาสติกเก็บไว้ใน ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25-27 °ซ. ตรวจนับจำนวนหนอนที่รอดชีวิตใน แก้วมังกรภายหลังจากการใส่ไข่ หนอนวัย 1, 2 และ 3 ในผล เป็นเวลา 7, 5, 3 และ 2 วัน ตามลำดับ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ขั้นตอนที่ 1.6 ศึกษาระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้เมื่ออาศัยอยู่ในผลแก้วมังกร

เตรียมผลแก้วมังกรทั้งหมด 70 ผล ใส่ไข่หนอนแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรผลละ 100 ฟอง ตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1.5.2 เก็บแก้วมังกรใส่กล่องพลาสติก ใส่ไว้ในกระบะพลาสติกคลุมด้วยผ้ามัสลินเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25-27 °ซ.เตรียมแมลงวันผลไม้ด้วยอาหารเทียม (artificial diet) และเก็บไว้ใน ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25-27 °ซ. เพื่อใช้เปรียบเทียบระยะการเจริญเติบโตของแมลงระหว่างอาหารเทียม และแก้วมังกร

2. การทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนที่ 2.1 การทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดความร้อนและความชื้น (sensor calibration)

โดยแท่งวัดความร้อนจะคลาดเคลื่อนเมื่อถูกใช้งานไปในระยะเวลาหนึ่ง ดังนั้นขั้นตอน sensor calibration จำเป็นต้องตรวจสอบอย่างสม่ำเสมออย่างน้อย 1 เดือน เพื่อปรับค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิที่วัดได้ของแท่งวัดความร้อนและความชื้น ดำเนินการโดยการจุ่มแท่งวัดความร้อน แท่งวัดความชื้นที่ต้องการทดสอบ และเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน (standard thermometer) ลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath) ตั้งค่าอุณหภูมิน้ำที่ 47 °ซ. กับเครื่องอ่างน้ำร้อน และตั้งค่าอุณหภูมิของตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง (จำนวน 2 ตู้) ที่อุณหภูมิ 47 °ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิ และความชื้น สามารถตรวจสอบได้จากหน้าจอเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ของตู้อบไอน้ำ เมื่อแท่งวัดความร้อนและความชื้น มีอุณหภูมิและความชื้น เป็นไปตามที่กำหนดไว้แล้ว จึงเริ่มบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (แท่งวัดความร้อนทั้งหมดต้องอ่านค่าได้ 47 °ซ. และแท่งวัดความชื้นต้องอ่านค่าได้ในช่วง 99.99 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์) โดยทำการป้อนคำสั่งการพิมพ์กระดาษบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำ

ขั้นตอนที่ 2.2 การทดสอบรูปแบบของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม

ดำเนินการโดยตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนดไว้โดยอาศัยการวัดอุณหภูมิจาก sensor fruit ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของอุณหภูมิผลแก้วมังกรที่ต้องการทดสอบภายในตู้อบไอน้ำ โดยการเสียบแท่งวัดความร้อนบริเวณขั้วผลแก้วมังกรให้ปลายแท่งวัดอุณหภูมิอยู่ตรงกึ่งกลางผลแก้วมังกร หลังจากเสียบ sensor fruit เรียบร้อยแล้ว ดำเนินการวาง

กรมวิชาการเกษตร

sensor fruit 1 ผล/กระบะ ลงในกระบะที่ใช้บรรจุแก้วมังกรของตู้อบไอน้ำ สำหรับกระบะทำด้วยสแตนเลส ขนาด 30×50×7 เซนติเมตร พื้นด้านล่างเจาะรูกลมเพื่อการถ่ายเทของความร้อนของผลไม้อบไอน้ำ ทดสอบตู้เปล่าของตู้อบไอน้ำ เมื่อ sensor fruit มีอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 47 °ซ. นาน 20 นาที เรียบร้อยแล้วตรวจสอบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากกระดาษบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำจำนวน 2 ตู้ (ทดลองจำนวน 2 ซ้ำ)

3. ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง

ขั้นตอนที่ 3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรหลังจากผ่านความร้อนวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ กับตู้อบไอน้ำขนาดใหญ่

โดยลักษะความเสียหายของแก้วมังกรหลังผ่านความร้อนด้วยวิธีการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) ต่อคุณภาพของผลแก้วมังกรเนื้อแดง ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดใหญ่สำหรับการค้าส่งออกยี่ห้อ Sanshu รุ่นFHK-300MPC (เนื่องจากตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก “Sanshu” Vapor Heat Treatment System ชำรุดอยู่ระหว่างซ่อมบำรุง) แก้วมังกรที่ใช้ในการทดลองใช้แก้วมังกรที่มีขนาดกลาง แก้วมังกรที่ผ่านความร้อน treatment จำนวน 12 ผลต่อซ้ำ และแก้วมังกรที่ไม่ผ่านความร้อน control จำนวน 4 ผลต่อซ้ำ (ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ) สำหรับการวัดอุณหภูมิผลแก้วมังกรที่ทดลองอาศัยการวัดจากเซ็นเซอร์ที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิผลแก้วมังกร (sensor fruit) จำนวน 3 ผล โดยให้อุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 46 และ 47 °ซ. (เซ็นเซอร์กำหนดอุณหภูมิแก้วมังกรต้องอ่านค่าได้ 46 และ 47 °ซ. ครบทั้ง 3 เส้น) และคงอุณหภูมิไว้ นาน 0, 1 และ 2 ชม. ตามลำดับ หลังจากที่อบแก้วมังกรครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลาที่กำหนดไว้ แก้วมังกรที่ผ่านความร้อนออกจากตู้อบไอน้ำจะลดอุณหภูมิแก้วมังกรทันทีโดยวิธีการเป่าด้วยลมนาน 1 ชม. ด้วยเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ จากนั้นเก็บแก้วมังกรที่ทดลองไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 12 °ซ.

ขั้นตอนที่ 3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรหลังจากผ่านความร้อนวิธีการอบไอน้ำและวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ กับตู้อบไอน้ำขนาดเล็ก

อบแก้วมังกรเปรียบเทียบกันระหว่าง วิธีการอบไอน้ำ และวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อศึกษาลักษณะความเสียหายของแก้วมังกรเนื้อแดงจากความร้อน และเพื่อหากรรมวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมกับแก้วมังกร วิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนแต่ละกรรมวิธีมีลักษณะของการให้ความร้อนกับผลไม้แตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้ วิธีอบไอน้ำ เป็นการอบผลไม้ในสภาพที่ผลไม้อยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ คือในช่วงแรกความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากผลไม้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 43 °ซ. จึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีการอบไอน้ำ

ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ใช้แก้วมังกรเนื้อแดง ที่มีอายุหลังเก็บเกี่ยว 1-2 วัน น้ำหนัก 300-350 กรัม จากแหล่งปลูกในจังหวัดเลย เก็บแก้วมังกรทั้งหมดในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 12±1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองแต่ละครั้งจะ

กรมวิชาการเกษตร

อบแก้วมังกร 2 วิธีเปรียบเทียบกัน จำนวน 2 ครั้ง โดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนคนละเครื่อง เปรียบเทียบผลกระทบของความร้อนแต่ละวิธีต่อคุณภาพมังคุดเมื่ออุณหภูมิผลคงอยู่ที่ 46.5 °ซ. นาน 0, 1 และ 2 ชม. โดยแต่ละระยะเวลาใช้แก้วมังกรจำนวน 10 ผล สำหรับแก้วมังกรที่ใช้เปรียบเทียบมีจำนวน 10 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน ลดอุณหภูมิผลแก้วมังกรหลังจากสิ้นสุดการให้ความร้อนด้วยวิธีเป่าลมนาน 1 ชม. จากนั้นแยกแก้วมังกรแต่ละกรรมวิธีเก็บไว้ในกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บทั้งหมดไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 27±1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ประเมินคุณภาพภายหลังจากให้ความร้อนแล้ว 6 วัน โดยใช้หลักเกณฑ์พิจารณาและดำเนินการในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 3.3 ความเสียหายของแก้วมังกรเนื้อแดงจากความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

อบแก้วมังกรด้วยความร้อนจากวิธีที่ได้จากการทดลองที่ 1ที่อุณหภูมิต่างๆกัน เพื่อคัดเลือกวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแก้วมังกร ดำเนินการทดลองโดยใช้แก้วมังกรสีแดง มีอายุหลังเก็บเกี่ยว 1-2 วัน น้ำหนัก 300-350 กรัม จากแหล่งปลูกในจังหวัดเลย เก็บแก้วมังกรทั้งหมดในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 12±1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งนำมังคุดเข้าอบในเครื่องตู้อบความร้อน ทำการอบไอน้ำโดยใช้ตู้อบความร้อนจำนวน 2 เครื่อง เปรียบเทียบคุณภาพผลแก้วมังกรเมื่ออุณหภูมิภายในสุดผลตรงบริเวณกึ่งกลางผลคงอยู่ที่ 46 และ 47 °ซ. และคงที่ไม่ต่ำกว่า 46 และ 47 °ซ. เป็นระยะเวลานาน 0, 1 และ 2 ชม. โดยแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลากำหนดมีแก้วมังกรผ่านความร้อนแต่ละกรรมวิธี 12 ผล สำหรับแก้วมังกรที่ใช้เปรียบเทียบมีจำนวน 12 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน อบแก้วมังกรเปรียบเทียบกันแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลากำหนด จำนวน 2 ครั้ง

เมื่อแก้วมังกรทดลองมีอุณหภูมิคงอยู่ที่อุณหภูมิกำหนดเป็นระยะเวลานานดังกล่าวมาแล้วขั้นต้น นำแก้วมังกรที่ระยะเวลานั้นออกจากเครื่องตู้อบความร้อน ลดอุณหภูมิผลแก้วมังกรทันทีหลังจากสิ้นสุดการให้ความร้อนด้วยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชม. ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ จากนั้นแยกเก็บแก้วมังกรแต่ละกรรมวิธีลงในกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บแก้วมังกรทดลองทั้งหมดในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 27±1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์

4. ศึกษาความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันทองระยะไข่และหนอนในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงต่อวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องอบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ “Sanshu” vapor heat treatment system (differential pressure type) รุ่น EHK-1000B และ EHK-1000D, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan จำนวน 2 เครื่อง แก้วมังกรเนื้อแดงที่ใช้ในการทดลองเป็นแก้วมังกรขนาดกลางที่มีอายุประมาณ 30 วันคือสีผิวผลมีสีม่วงแดง ผลมีขนาดน้ำหนักอยู่ที่ 300-380 กรัม/ผล การเตรียมแก้วมังกรเนื้อแดงในสภาพที่มีแมลงระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ โดยใช้เทคนิคการใส่ไข่ และหนอนของแมลงวันผลไม้เข้าไปในชิ้นเนื้อแก้วมังกรโดยตรง (Eggs inoculation method) โดยเตรียมแก้วมังกรที่มีแมลงวันผลไม้โดยใช้กรอบพลาสติก

กรมวิชาการเกษตร

สำหรับฟิล์มสไลด์วางทาบบนผลแก้วมังกร ใช้มีดกรีดผลตามรอยกรอบสไลด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจำนวนเพียง 3 ด้าน จำนวน 1 รอยแผล กรีดเนื้อที่เปิดออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆเพื่อช่วยให้หนอนแมลงวันผลไม้ กินเนื้อแก้วมังกรได้ดีขึ้น และบริเวณชิ้นเนื้อที่เปิดออกใช้ cork borer เบอร์2 เจาะรู 1 รู ไข่ของแมลงวันผลไม้ที่ใช้ในการทดลองมีอายุ 24 ชม. ใส่ไข่จำนวน 100 ฟอง/ผล หรือ หนอนวัย 1, 2 หรือ 3 จำนวน 100 ตัว/ผล (Figure 33) การศึกษาความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง แต่ละการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 4.1 เปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ

เตรียมแก้วมังกรมีแมลงระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 อยู่ภายในผล นำแก้วมังกรทดลองแต่ละระยะการเจริญเติบโตแยกอบในเครื่องตู้อบความร้อน โดยจัดเรียงแก้วมังกรในถาดบรรจุผลไม้จำนวน 5 ผล/ถาด จากนั้นอบแก้วมังกรกำจัดแมลงด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เปรียบเทียบอัตราการตายของแมลงแต่ละระยะการเจริญเติบโตในผลแก้วมังกร เมื่ออบแก้วมังกรให้อุณหภูมิภายในสุดของผลแก้วมังกรเพิ่มขึ้นถึง 45 °C และ 46 °C เป็นระยะเวลานาน 0, 0:10, 0:20, 0:30 และ 0:40 ชม. โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลแก้วมังกรจากอุณหภูมิห้องถึง 43 °C อาศัยอากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 50%RH หลังจากแก้วมังกรอุณหภูมิ 43 °C ปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 95%RH

ในการทดลองแต่ละครั้ง ใช้แก้วมังกรกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) ขนาดกลางน้ำหนัก 350±2 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล เมื่อแก้วมังกรกำหนดอุณหภูมิจำนวน 2 ผล มีอุณหภูมิคงที่ 45 °C หรือ 46 °C เป็นระยะเวลานานตามที่กำหนด นำแก้วมังกรทดลองจำนวน 5 ผล ออกจากห้องบรรจุผลไม้และลดอุณหภูมิของแก้วมังกรทันทีโดยเป่าด้วยลมนาน 1 ชม. ในเครื่องลดอุณหภูมิลดผลไม้ Sanshu" shower cooling system (differential pressure type) รุ่น SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan นอกจากแก้วมังกรที่ผ่านความร้อนแล้ว ยังมีแก้วมังกรอีกส่วนหนึ่งเตรียมไว้สำหรับใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (Control) ของแต่ละระยะการเจริญเติบโตซ้ำละจำนวน 5 ผล ที่ไม่ต้องผ่านความร้อน แยกเก็บแก้วมังกรทดลองแต่ละระยะเวลาในกล่องพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม โดยใส่แก้วมังกร 1 ผล/กล่อง เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงวันผลไม้จากภายนอกเล็ดลอดเข้าไปวางไข่ในแก้วมังกรทดลอง หลังจากนั้นเก็บแก้วมังกรทดลองทั้งหมดไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่อุณหภูมิ 25-28 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60-80 °C ตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตในแก้วมังกรแต่ละผลหลังจากผ่านการอบความร้อนเพื่อกำจัดแมลงระยะไข่ หนอนวัย 1, 2 และ 3 เป็นเวลานาน 6, 5, 3 และ 2 วัน ตามลำดับ ดำเนินการทดลองอบแก้วมังกรกำจัดแมลงแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิและระยะเวลากำหนดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งหมด 12 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 4.2 เปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระหว่างระยะไข่และหนอนวัยที่ 1

กรมวิชาการเกษตร

เตรียมแก้วมังกรมีไข่และหนอนวัยที่ 1 ในผล ตามวิธีการที่ได้กล่าวในขั้นตอนที่1 จากนั้นนำแก้วมังกรทดลองซึ่งมีแมลงระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 ในผล อย่างละ 5 ผล วางในถาดบรรจุผลไม้เดียวกัน จากนั้นอบแก้วมังกรกำจัดแมลงระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 พร้อมกันในเครื่องตู้อบความร้อนเครื่องเดียวกันด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เปรียบเทียบอัตราการตายของไข่และหนอนวัยที่ 1 เมื่อคงความร้อนภายในผลที่อุณหภูมิ 46 °C และ 46.5 °ซ. เป็นระยะเวลานาน 0, 0:10, 0:20, 0:30 และ 0:40 ชม. โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลแก้วมังกรจากอุณหภูมิห้องขึ้นถึง 43 °ซ. อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 50% หลังจากแก้วมังกรอุณหภูมิ 43 °ซ. ปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นที่ระดับมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองแต่ละครั้ง ใช้แก้วมังกรกำหนดอุณหภูมิจำนวน 3 ผล เมื่อแก้วมังกรกำหนดอุณหภูมิ 2 ผล มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 45 °ซ. และคงอยู่ที่อุณหภูมิ 45 °ซ. เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำแก้วมังกรทดลองมีแมลงระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 ในผล อย่างละจำนวน 5 ผล ออกจากห้องบรรจุผลไม้ ลดอุณหภูมิผลแก้วมังกรทันที โดยเป่าด้วยลมนาน 1 ชม. แก้วมังกรที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ของระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 มีซ้ำละจำนวน 5 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน เก็บแก้วมังกรทดลองดามวิธีการที่ใต้กล่าวมาแล้วในขั้นตอนที่1 ตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตในผลแก้วมังกรแต่ละผลหลังจากอบมังคุด 6 วัน ดำเนินการทดลองอบแก้วมังกรกำจัดแมลงระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 ที่อุณหภูมิและเวลากำหนดดังกล่าวข้างต้นจำนวน 3 ครั้ง

5. ศึกษาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง

ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System จำนวน 2 เครื่อง แก้วมังกรทดลองมีขนาดกลาง น้ำหนัก 300-370 กรัม/ผล เตรียมแก้วมังกรที่มีระยะที่ทนทานต่อความร้อนที่สุดของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ให้อยู่ภายในผล ดำเนินการดามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จำนวน 100 ฟองหรือตัว/ผล ในการทดลองแต่ละครั้งเตรียมแก้วมังกรทดลองที่มีวัยที่ทนทานต่อความร้อนที่สุดอยู่ในผลจำนวน 40 ผล นำแก้วมังกรจำนวน 30 ผล จัดเรียงในถาดบรรจุผลไม้จำนวน 10 ผล/ถาด สำหรับแก้วมังกรที่เหลืออีก 10 ผล ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ต้องผ่านความร้อน อบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์เหมือนกับในการทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดวัยที่ทนทานต่อความร้อนที่สุดของแมลงวันผลไม้ในแก้วมังกรที่อุณหภูมิภายในสุดผลเพิ่มขึ้นถึง 46.5 °ซ. และคงความร้อนภายในผลไว้ที่ 46.5 °ซ. เป็นเวลานาน 0:00, 0:15, และ 0:30 ชม. ดำเนินการทดลองโดยอบแก้วมังกรกำจัดระยะที่มีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุดจำนวน 4 ครั้ง ตรวจผลการทดลองหลังจากอบแก้วมังกร 6 วัน บันทึกจำนวนแมลงรอดชีวิต คำนวณอัตราการดายของแมลงโดยใช้สูตรของ Abbott (Abbott, 1925)

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนเพื่อการส่งออก

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.1 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* ด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับฝรั่งเพื่อการส่งออก

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. แมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* ระยะตัวเต็มวัย ไข่ และหนอนวัยที่ 1
2. กรงเลี้ยงแมลง กล่องเลี้ยงแมลง และกระบอกพลาสติก
3. กระดาษกรอง parafilm พู่กัน สำลี ปากคีบ กระดาษทิชชู
4. ที่เจาะเนื้อผลไม้
5. ผลฝรั่งพันธุ์กิมจู
6. อ่างต้มน้ำร้อนยี่ห้อ Memmert รุ่น WNB 22 และอ่างต้มน้ำร้อนแบบสแตนเลสสตีล ขนาด ยาว 2.53 เมตรกว้าง 1.35 เมตร และ สูง 0.6 เมตร มีตัวให้ความร้อนแบบระบบฮีตเตอร์และควบคุมอุณหภูมิได้อย่างต่อเนื่องด้วยชุดควบคุมชนิดไมโครโปรเซสเซอร์พร้อมด้วยการควบคุมเป็นจังหวะ อุณหภูมิถูกวัดด้วยหัววัดชนิด PT 100 (Class A)
7. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง แท่งวัดอุณหภูมิ
8. เครื่อง Penetrometer เครื่อง Chroma meter และ เครื่อง Data Logger

วิธีการ

1. การเตรียมแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* ให้มากพอสำหรับการทดลองโดยเลี้ยงในกรงใหญ่ จำนวน 20,000 ตัว/กรง และกรงเล็กจำนวน 2,000 ตัว/กรง การเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นต้องมีการตรวจสอบอัตราการฟักไข่ (hatching rate) อัตราการเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักของดักแด้ (pupae weight) อัตราส่วนของเพศเมีย-เพศผู้ (sex ratio) เพื่อควบคุมคุณภาพ

2. ศึกษาหาอุณหภูมิของน้ำร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ นำผลฝรั่งพันธุ์กิมจูมาชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูล จากนั้นทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ลึก 1 เซนติเมตร ใส่ไข่แมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* จำนวน 100 ฟอง/ผล จากนั้นปิดแผลด้วย parafilm ส่วนหนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ใส่ 100 ตัว/ผล ส่วน (หนึ่งผลต่อหนอนแต่ละวัย) แล้วทำการปิดแผลด้วย parafilm จากนั้นนำไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ (24 ผล/ซ้ำ หรือ ไข่, หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ชนิดละ 600 ฟองหรือตัว/ซ้ำ) คือ

กรรมวิธีที่ 1 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 45 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 2 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 3 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 47 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 4 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 48 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 5 แช่น้ำเปล่า นาน 60 นาที (กรรมวิธีควบคุม)

กรมวิชาการเกษตร

3. ศึกษาหาระยะเวลาในการแช่น้ำร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ นำผลฝรั่งพันธุ์กิมจูมาชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูล จากนั้นทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ลึก 1 เซนติเมตร ใส่ไข่แมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* จำนวน 100 ฟอง/ผล แล้วทำการปิดแผลด้วย parafilm ส่วนหนอนวัยที่ 1 2 และ 3 ใส่ 100 ตัว/ผล (หนึ่งผลต่อหนอนแต่ละวัย) แล้วทำการปิดแผลด้วย parafilm จากนั้นนำไปต้มในน้ำร้อนตามอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองที่ 1 ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ (24 ผล/ซ้ำ หรือ ไข่, หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ชนิดละ 600 ฟองหรือตัว/ซ้ำ) คือ

กรรมวิธีที่ 1 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 2 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

กรรมวิธีที่ 3 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

กรรมวิธีที่ 4 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

กรรมวิธีที่ 5 แช่น้ำเปล่า นาน 60 นาที (กรรมวิธีควบคุม)

การทดลองที่ 2.2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับมะละกอเพื่อการส่งออก

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. แมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* ระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3
2. กรงเลี้ยงแมลง กล่องเลี้ยงแมลง และกระบอกพลาสติก
3. กระดาษกรอง parafilm พู่กัน สำลี ปากคีบ กระดาษทิชชู
4. ที่เจาะเนื้อผลไม้ เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง แท่งวัดอุณหภูมิ
5. ผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์
6. อ่างต้มน้ำร้อนขนาด 1,600 ลิตร ที่ให้ความร้อนด้วยระบบฮีตเตอร์ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
7. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง เครื่อง Penetrometer เครื่อง Chroma meter และ Data Logger

วิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* ให้มากพอสำหรับการทดลอง โดยเลี้ยงในกรงใหญ่จำนวน 20,000 ตัว/กรง และกรงเล็กจำนวน 2,000 ตัว/กรง การเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นต้องมีการตรวจสอบอัตราการฟักไข่ (hatching rate) อัตราการเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักของดักแด้ (pupae weight) อัตราส่วนของเพศเมีย-เพศผู้ (sex ratio) เพื่อควบคุมคุณภาพ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาหาอุณหภูมิของน้ำร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ นำผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์มาชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูล จากนั้นทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ลึก 1

เซนติเมตร ใส่ไข่แมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis a* จำนวน 100 ฟอง/ผล จากนั้นปิดแผลด้วย parafilm ส่วนหนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ใส่ 100 ตัว/ผล ส่วน (หนึ่งผลต่อหนอนแต่ละวัย) แล้วทำการปิดแผลด้วย parafilm จากนั้นนำไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ (24 ผล/ซ้ำ หรือ ไข่, หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ชนิดละ 600 ฟองหรือตัว/ซ้ำ) คือ

กรรมวิธีที่ 1 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 45 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 2 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 3 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 47 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 4 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 48องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 5 แช่น้ำเปล่า นาน 60 นาที (กรรมวิธีควบคุม)

2. ศึกษาหาระยะเวลาในการแช่น้ำร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ นำผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์มาชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูล จากนั้นทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ลึก 1 เซนติเมตร ใส่ไข่แมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* จำนวน 100 ฟอง/ผล แล้วทำการปิดแผลด้วย parafilm ส่วนหนอนวัยที่ 1 2 และ 3 ใส่ 100 ตัว/ผล (หนึ่งผลต่อหนอนแต่ละวัย) แล้วทำการปิดแผลด้วย parafilm จากนั้นนำไปต้มในน้ำร้อนตามอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองที่ 1 ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ (24 ผล/ซ้ำ หรือ ไข่, หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ชนิดละ 600 ฟองหรือตัว/ซ้ำ) คือ

กรรมวิธีที่ 1 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 2 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

กรรมวิธีที่ 3 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

กรรมวิธีที่ 4 แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

กรรมวิธีที่ 5 แช่น้ำเปล่า นาน 60 นาที (กรรมวิธีควบคุม)

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินงาน 6 ปี (ตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2564) ที่ห้องปฏิบัติการของกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลผลิตเกษตร กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป โรงอบไอน้ำพีแอนด์เอฟ เทคโนจำกัด โรงงานอบไอน้ำคิงเฟรช ฟาร์ม จำกัด โรงคัดบรรจุผักและผลไม้ของบริษัทวีเอสเฟรชโก้ จำกัด

3. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

☑ ไม่มี ❑ มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่..... (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)

❑ เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

❑ เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

สรุปผลการดำเนินงานที่ทำได้จริง โดยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ (สรุปภาพรวมของโครงการ) โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันของพืชส่งออก ได้ผลผลิต 5 ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ โดยได้เทคโนโลยีต่างๆดังนี้

- ได้กระบวนการอบไอน้ำแบบ VHT ในผลพริกหวาน ที่อุณหภูมิ 46 °ซ. นาน 55 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด

- ได้กระบวนการอบไอน้ำแบบ VHT ในมะนาวแป้น และ มะนาวพันธุ์พิจิตร1 ที่อุณหภูมิ 46°ซ. นาน 40 นาที สามารถกำจัดระยะไข่อายุ 24 ชม. ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จำนวนประมาณ 112,016 และ 162,454 ฟอง ตามลำดับ ตายทั้งหมด และคุณภาพของมะนาวไม่เสียหาย

- ได้กระบวนการอบไอน้ำแบบ MVHT ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ส้มโอขาวแตงกวา และส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ที่อุณหภูมิ 46 °ซ. นาน 30 นาที สามารถกำจัดหนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จำนวนประมาณ 43,170 43,452 และ 39,384 ตัว ตามลำดับ ในผลส้มโอตายทั้งหมด และคุณภาพของส้มโอไม่เสียหาย

- แก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว อิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 และ 47 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ไม่ทำให้แก้วมังกรเสียหายทางคุณภาพ

- ได้กระบวนการอบไอน้ำแบบ MVHT ในผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ ที่ 47 °ซ. นาน 20 นาที สามารถกำจัดหนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จำนวนประมาณ 32,888 ตัว ในผลมะละกอตายทั้งหมด และคุณภาพของมะละกอไม่เสียหาย

- ได้กระบวนการอบไอน้ำแบบ MVHT ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง ที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. นาน 30 นาที สามารถกำจัดระยะไข่อายุ 24 ชม. ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จำนวนประมาณ 4,356 ตัว ในผลแก้วมังกรตายทั้งหมด และคุณภาพของแก้วมังกรไม่เสียหาย

- ได้กระบวนการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เป็นวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* สำหรับฝรั่งพันธุ์กิมจู และมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์

ขณะนี้ได้ตีพิมพ์งานวิจัย 1 เรื่อง ได้แก่ Host Status: Infestability of Red Dragon Fruit by Oriental Fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) ในการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 14 (Figure 34) และได้จัดทำรายงานวิจัยฉบับภาษาอังกฤษเรื่อง Evaluation of modified vapor heat

กรมวิชาการเกษตร

treatment as quarantine treatment for Khao Nam Phueng pummelo infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) เพื่อประกอบการขอเปิดตลาดส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งไปประเทศญี่ปุ่น (Figure 35) นอกจากนี้กำลังทำรายงานภาษาอังกฤษเรื่องมะละกออบไอน้ำเพื่อเปิดตลาดส่งออกไปสหภาพยุโรป

3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
1. องค์ความรู้	5	เรื่อง	**1. องค์ความรู้**		เรื่อง		ได้วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้มาตรฐานตามวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช และได้ข้อมูลเพื่อเขียนรายงานเสนอต่อประเทศผู้นำเข้าในพืช 5 ชนิด ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา, มะนาวพันธุ์พิจิตร 1, ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม, มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ และ แก้วมังกรเนื้อแดง
2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์			**2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์**				
2.1 ระดับภาคสนาม	2	ต้นแบบ	2.1 ระดับภาคสนาม		ต้นแบบ	ต้นแบบ.....	
2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ	2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	5	ต้นแบบ	1.1 เทคโนโลยีวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อการส่งออก 1.2 เทคโนโลยีวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในมะนาวพันธุ์พิจิตร1 เพื่อการส่งออก 1.3 เทคโนโลยีวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเพื่อการส่งออก 1.4 เทคโนโลยีวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์เพื่อการส่งออก 1.5 เทคโนโลยีวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกรเนื้อแดงเพื่อการส่งออก	

3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์

กรมวิชาการเกษตร

1. ได้ทราบผลกระทบของวิธีอบไอน้ำ MVHT ต่อคุณภาพของมะละกอฮอลแลนด์ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์ 2. ได้ทราบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ทับทิมสยาม มะนาวพันธุ์พิจิตร 1 และมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์หลังการอบไอน้ำ VHT และ MVHT ในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ 3. ได้วิธีการอบไอน้ำ VHT และ MVHT ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะการเจริญเติบโตที่ทนต่อความร้อนในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ทับทิมสยาม มะนาวพันธุ์พิจิตร 1 มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ และแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้	2564

*ผลลัพธ์ : ผลสำเร็จที่เกิดจากการนำผลผลิต (Output)ไปต่อยอด การเปลี่ยนรูปของผลผลิตไปสู่รูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง หรือการเคลื่อนผลผลิตไปสู่กิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ที่ปรากฏชัด และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
ด้านเศรษฐกิจ : เกษตรกรชาวสวน ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำ และผู้ส่งออกในประเทศไทยได้รับทราบข้อมูลวิชาการในเชิงลึก ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตู้อบไอน้ำในระดับการค้าตามมาตรฐานด้านกักกันพืช เพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกผลไม้อบไอน้ำไปตลาดต่างประเทศได้เพิ่มขึ้น เพิ่มมูลค่าการส่งออก	
ด้านสังคม : กลุ่มเกษตรกรที่ส่งออกได้มีกลุ่มใหญ่ขึ้น หากพืชที่เสนอส่งออกสามารถจัดการมาตรการด้านกักกันพืชจะมีพืชส่งออกเพิ่มขึ้น	
ด้านสิ่งแวดล้อม : เทคโนโลยีการอบไอน้ำ เป็นวิธีการกำจัดแมลงที่เป็นศัตรูกักกัน เพื่อการส่งออกผลไม้ ซึ่งไม่เป็นพิษและมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม	

* ผลกระทบ : ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามผลลัพธ์ (Results of the change) ซึ่งวัดได้อย่างชัดเจนและมีหลักฐานปรากฏชัด (Evidence-based) ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งที่วัดในเชิงปริมาณได้และไม่ได้ ผลกระทบอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ

3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์)

กลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยศัตรูพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ได้เสนอผลงานวิจัยจากการทดลองที่ 1.3 เรื่องวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก เพื่อเปิดตลาดส่งออกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งไปประเทศญี่ปุ่น ดังเอกสารแนบ 1 นอกจากนี้ทางกลุ่มงานฯ กำลังจะมีการผลักดันมะละกออบไอน้ำเพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรปด้วย หากการเจรจาประสบความสำเร็จ ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำสามารถใช้เทคโนโลยีนี้ในการส่งผลไม้อบไอน้ำไปยังประเทศที่มีเงื่อนไขทางด้านกักกันพืชได้ ผู้ส่งออก และเกษตรกรสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าส่งออกได้

กรมวิชาการเกษตร

ด้านนโยบาย โดย ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำ นำไปใช้ประโยชน์โดยการเพิ่มปริมาณการส่งออกผลไม้ไทยไปต่างประเทศได้เพิ่มมากขึ้น

ด้านสังคม โดยกลุ่มเกษตรกรที่ส่งออกได้มีกลุ่มใหญ่ขึ้น หากพืชที่เสนอส่งออกสามารถจัดการมาตรการด้านกักกันพืช จะมีพืชส่งออกเพิ่มขึ้น

ด้านเศรษฐกิจ โดยเกษตรกรชาวสวน ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำ และผู้ส่งออกในประเทศไทยได้รับทราบข้อมูลวิชาการในเชิงลึก ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตู้อบไอน้ำในระดับการค้าตามมาตรฐานด้านกักกันพืช เพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกผลไม้อบไอน้ำไปตลาดต่างประเทศได้เพิ่มขึ้น

ด้านวิชาการ โดยนักวิชาการ นำผลงานการวิจัยไปเผยแพร่โดยการนำเสนอในระดับชาติ และตีพิมพ์ เพื่อเป็นองค์ความรู้ให้กับผู้ที่สนใจ เช่นกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผลไม้ หรือกลุ่มผู้ประกอบการที่ต้องการส่งออกผลไม้ไปต่างประเทศ

*** คำจำกัดความการนำใช้ประโยชน์ในแต่ละด้าน**

1. **ด้านโยบายและสาธารณะ** การนำความรู้จากงานวิจัยไปใช้ในกระบวนการกำหนดนโยบาย อาจเป็นนโยบายระดับประเทศ ระดับภูมิภาค ระดับจังหวัด ระดับท้องถิ่นการใช้ประโยชน์ด้านนโยบายจะรวมทั้งการนำองค์ความรู้ไปสังเคราะห์เป็นนโยบายหรือทางเลือกเชิงนโยบาย (Policy options) แล้วนำนโยบายนั้นไปสู่ผู้ใช้ประโยชน์ในวงกว้างเพื่อประโยชน์ของสังคม และประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชน สร้างสังคมคุณภาพ และส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

2. **ด้านพาณิชย์/เศรษฐกิจ** เป็นผลงานวิจัยที่เน้นสร้างนวัตกรรม เทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือการพัฒนาจากสิ่งที่มีอยู่เดิม โดยเป็นการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเชิงพาณิชย์หรือลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ หรือนำไปสู่การพัฒนารูปแบบธุรกิจใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและบริการ

3. **ด้านสังคมและชุมชน** การนำกระบวนการ วิธีการ องค์ความรู้ การเปลี่ยนแปลงการเสริมพลัง อันเป็นผลกระทบ ที่เกิดจากการวิจัยและพัฒนาชุมชน ท้องถิ่นพื้นที่ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์การขยายผลต่อชุมชนท้องถิ่น หรือรวมถึงสังคมอื่น

กรมวิชาการเกษตร

4. ด้านวิชาการ เป็นผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการ การนำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ระดับชาติหนังสือ ตำรา บทเรียน ไปเป็นประโยชน์ด้านวิชาการ การเรียนรู้ การเรียนการสอนในวงนักวิชาการและผู้สนใจด้านวิชาการ รวมถึงการนำผลงานวิจัยไปวิจัยต่อยอดสื่อสาธารณะ การเผยแพร่ความรู้จากผลงานวิจัยที่ได้ต่อสาธารณะ ผ่านทางหนังสือพิมพ์ / วารสาร / โทรทัศน์ / วิทยุ / คู่มือ / แผ่นพับ การฝึกอบรม และสื่อสังคมออนไลน์ต่าง ๆ เป็นต้น

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผลและอภิปรายผล

โครงการวิจัยดำเนินการศึกษาวิจัยในปี 2559-2564 เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ซึ่งเป็นแมลงศัตรูสำคัญด้านกักกันพืชที่มีอยู่ในรายชื่อศัตรูพืชกักกันประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสหภาพยุโรป โดยการวิจัยมุ่งเน้นการใช้ความร้อน 2 วิธี คือ (1) วิธีอบไอน้ำใน พริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทับทิมสยามและขาวแตงกวา) มะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) เพื่อส่งไปประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ สำหรับพริก พันธุ์จินดา วิจัยเพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป (2) วิธีแช่น้ำร้อน กับพืช ฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) และมะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์) เพื่อส่งออกไป

สหภาพยุโรป สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ด้วยความร้อนที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานด้านกักกันพืช สำหรับการส่งออกผักผลไม้ ได้แก่ พริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทับทิมสยามและขาวแตงกวา) ฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) และ มะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์) 2. เพื่อศึกษาผลกระทบของวิธีการอบไอน้ำต่อคุณภาพของพริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้งและทับทิมสยาม) ฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) และ มะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์)

โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันของพืชส่งออก แบ่งออกเป็น 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยวิธีการอบไอน้ำเพื่อการส่งออก แบ่งเป็น 9 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1.1 ความเสียหายของพริกหวานจากวิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยเครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์

การอบไอน้ำพริกหวานด้วยเครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพห้องอบไอน้ำมีผลพริกหวานความจุ 25 % และ100 % พบความเสียหายเชิงคุณภาพ ผลเหี่ยว ผลเป็นรอยบุ๋มเนื่องจากความร้อนที่สะสมระหว่างทำการอบทำให้เซลแตกซึ่งอาการดังกล่าวพบได้ทุกชั้นกระบะและผลพริกที่ไม่อบไอน้ำ การคัดผลพริกที่มีคุณภาพ มีอายุการเก็บเกี่ยวที่มีความแก่ที่เหมาะสมอาจลดอาการเหี่ยวย่น

การทดลองที่ 1.2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลมะมะนาวแป้นเพื่อการส่งออก

ได้ทดลองกำจัดแมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง และหนอนวัยที่ 1 ในผลมะนาว สามารถยืนยันได้ว่าไข่ทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 การอบมะนาวด้วยวิธีอบไอน้ำโดยคงอุณหภูมิผลไว้ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานตั้งแต่ 40 นาที สามารถกำจัดไข่ในผลมะนาว 3000 ฟอง ให้ตายทั้งหมด กระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืช ด้านกักกันพืชเพื่อกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวก่อนส่งออก การทดลองนี้จะเป็นการกำหนดระยะเวลาที่ชัดเจนขึ้น เพื่อลดระยะเวลาการอบไอน้ำ ระยะเวลาที่ใช้ในการอบไอน้ำใกล้เคียงกันมากมีความแตกต่างเพียง 5 นาทีเท่านั้น โดยดูจากการเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 30, 35 และ 40 นาที ซึ่งแมลงวันทองระยะไข่และหนอนวัย1 อยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองอบมะนาวเพื่อกำจัดไข่ และหนอนวัยที่ 1 รวมในเครื่องตู้อบความร้อนเดียวกัน ทั้งไข่และหนอนวัยที่ 1 อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เดียวกัน ทุกอุณหภูมิกำหนดหนอนวัยที่ 1 มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่า และใช้ระยะเวลาในการอบเร็วกว่าระยะไข่ ดังนั้นระยะไข่จึงมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 จากผลการศึกษานี้ สามารถยืนยันได้ว่าแมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง มีความทนทานต่อความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำมากที่สุด จากงานวิจัยนี้สามารถนำผลงานไปขยายผลการทดลองในระดับ Large scale ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

การอบมะนาวแป้น ในสภาพที่มีปริมาณมะนาวในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องอบความร้อนประมาณ 33, 66, 99 และ 132 กก./ลบม. ด้วยวิธีการอบไอน้ำ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลให้คงอยู่ที่ 46°ซ. นาน 0:40 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ ลดอุณหภูมิผลมะนาวหลังสิ้นสุดการให้ความร้อนโดยวิธีเป่าลมนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมะนาวทดลองทั้งหมดเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 12±2°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5 % นาน 7 วัน ผลการทดลองพบว่า ปริมาณมะนาวในห้องบรรจุผลไม้เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายของมะนาวจากความร้อน จำนวนมะนาวเสียหายจากความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณมะนาวในห้องบรรจุผลไม้ที่เพิ่มขึ้น เมื่ออบมะนาวในสภาพที่มีปริมาณมะนาวประมาณ 33 และ 66 กก./ลบม. ไม่พบความเสียหายจากความร้อนจากอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง กลิ่นหอมต่อมน้ำมันที่เปลือก และอาการอื่นๆ ขณะที่พบมะนาวเสียหายจากความร้อนเมื่ออบมะนาวในสภาพที่มีปริมาณ 99 และ 132 กก./ลบม. โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การอบมะนาวน้ำหนักประมาณ 132 กก./ลบม. มีมะนาวเสียหายจากอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง กลิ่นหอมต่อมน้ำมันที่เปลือกลดลงค่อนข้างมาก โดยมะนาวเสียหายส่วนมากจะพบในกระบะบรรจุผลในบริเวณด้านบนสุดของตู้ จากการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมะนาวแป้นขณะที่ผ่านการอบไอน้ำ (ปริมาณมะนาวแป้นในตู้อบความร้อน) เป็นการอบมะนาวแป้น ในสภาพที่มีปริมาณมะนาวในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องอบความร้อนประมาณ 33, 66, 99 และ 132 กก./ลบม. ด้วยวิธีการอบไอน้ำ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลให้คงอยู่ที่ 46°ซ. นาน 0:40 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ ความเสียหายที่ปรากฏ ได้แก่ อาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง กลิ่นหอมต่อมน้ำมันที่เปลือกลดลง สาเหตุหลักเนื่องจากรถขนส่งไม่มีห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิ ภาชนะบรรจุในระหว่างการขนส่งเป็นกระสอบ ดังนั้นจะต้องเพิ่มความระมัดระวังในเรื่องนี้ ขนส่งจะต้องเป็นรถห้องเย็น ภาชนะบรรจุในระหว่างขนส่งต้องมีวัสดุป้องกันการกระทบกระแทกเพื่อป้องกันต่อมน้ำมันแตก

ได้ประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อนวิธีการอบไอน้ำ ที่อุณหภูมิผล 46 °ซ. นาน 40 นาที ในการกำจัดแมลงวันทองระยะไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) อยู่ภายในผลมะนาว และความเสียหายต่อสภาพของผลมะนาว ผลการทดลองพบว่า สามารถกำจัดไข่แมลงวันทองจำนวน ประมาณ 112,016 ฟอง ตายทั้งหมด โดยคุณภาพของผลมะนาวมีเปลี่ยนแปลงไปจากปกติเล็กน้อย จากการประเมินยอมรับได้ มะนาวที่เสียหายจำนวน 2 ผล เกิดจากอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมีรอยยุบเล็กน้อย ความเสียหายส่วนหนึ่งน่าจะเกิดจากความร้อน แต่อีกส่วนหนึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากความร้อนและสภาพมะนาวที่เกิดการกระทบกระแทกในระหว่างการขนส่งรวมอยู่ด้วย เนื่องจากการขนส่งมะนาวจากจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตรมายังกรุงเทพฯ มีระยะทางค่อนข้างไกลไกล การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการบรรจุมะนาวไม่ระมัดระวัง เช่นบรรจุในภาชนะที่เป็นกระสอบที่ทับซ้อนหลายชั้น ทำให้มะนาวบางส่วนอาจจะเกิดการกระทบกระแทกกันซึ่งเป็นสาเหตุของอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมีรอยยุบเล็กน้อย ปกติการเก็บเกี่ยวมะนาวจะไว้ขั้วยาวเมื่อมะนาวเกิดการกระทบกระแทกกับต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือก ทำให้ต่อมน้ำมันแตก เมื่อโดนความร้อนที่สูงขึ้นและเก็บมะนาวไว้ในระยะยาวอาจจะทำให้มะนาวมีรสชาติเปรี้ยวปนขมบ้างสำหรับในบางผลที่มีความอ่อนแออยู่แล้ว ดังนั้นการจัดการผลมะนาวหลังการเก็บเกี่ยว และการบรรจุมะนาวต้องระมัดระวังและให้ความสำคัญเป็นพิเศษ จากการศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีอบไอน้ำ VHT เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) ในผลมะนาวแป้น อบมะนาว

กรมวิชาการเกษตร

ทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง *46* องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 40 นาที โดยตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตหลังอบมะนาว 6 วัน พบว่าที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ไม่พบแมลงรอดชีวิต ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดระยะไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนมากกว่า 30,000 ตัว ในผลมะนาวให้ตายทั้งหมด ซึ่งได้ตามมาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช จากผลงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะเสนอให้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะนาวก่อนส่งออกและเสนอรายงานวิจัยต่อประเทศผู้นำเข้าที่ยอมรับวิธีการอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชต่อไป

การทดลองที่ 1.3 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

อบส้มโอกำจัดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 เพื่อกำหนดกระบวนการอบไอน้ำที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ในผลส้มโอให้ตายทั้งหมด จากการศึกษา พบว่า การทดลองที่ 1 ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 16 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 2,644 ตัว แสดงว่าในส้มโอจำนวน 64 ผล ซึ่งผ่านความร้อนแต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 4 ตัว ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20 และ30 นาที มีอัตราการตายของหนอนวัย 1 เฉลี่ย 100, 98.82, 100 และ100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทดลองที่ 2 ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 24 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 4,144 ตัว ซึ่งในส้มโอที่ผ่านความร้อนแต่ละระยะเวลาที่กำหนด จำนวน 72 ผล พบว่า อัตราการตายของหนอนวัย 1 ในส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที มีอัตราการตายของหนอนวัย 1 เฉลี่ย 99.34, 100 และ100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

วิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนซึ่งใช้เป็นวิธีการกำจัดแมลงศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้ก่อนการส่งออกไปต่างประเทศ การกำจัดแมลงโดยให้ความร้อนกับผลไม้ทำให้อุณหภูมิผลไม้เพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิระหว่าง 40-50 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดระยะไข่ และระยะหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ในผลไม้ให้ตายทั้งหมด การทำให้ผลไม้ร้อนอุณหภูมิสูงขึ้นอาจจะเป็นการให้ความร้อนโดยตรงกับผลไม้ โดยอาศัยอากาศหรือน้ำเป็นสื่อนำความร้อน ความร้อนจากอากาศจะถ่ายเทไปที่เปลือกของผลไม้ และจากเปลือกจึงจะถ่ายเทเข้าไปยังเนื้อถึงบริเวณที่อยู่ภายในสุดผล จากการทดลองแสดงว่าการอบส้มโอกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที สามารถกำจัดหนอนวัย 1 ในผลส้มโอจำนวนไม่น้อยกว่าประมาณ 12,432 ตัว ตายทั้งหมด กระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ตามข้อกำหนดของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อส้มโอ อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอภายในเครื่องตู้อบความร้อนให้อุณหภูมิภายในผลของส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส และคงความร้อนไว้ที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง จากการทดลอง พบว่า การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอที่ผ่านความร้อนมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน ปริมาณน้ำตาล ค่าความเป็นกรด และ

กรมวิชาการเกษตร

การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง จะเปลี่ยนสีจากเดิมที่มีสีเขียว เปลี่ยนเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน และส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ47 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง โดยที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ยังพบจุดดำ (black spot) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก (damaged oil gland) เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงและคงความร้อนไว้เป็นระยะเวลานาน

การประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 จำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ให้ตายทั้งหมด เพื่อการยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอและวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ จากการทดลอง พบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 60 และ 20 ผล มีแมลงรอดชีวิต จำนวน 9,961 และ4,438 ตัว ส้มโอที่ผ่านความร้อน จำนวน 180 และ60 ผล ไม่พบแมลงรอดชีวิต โดยสามารถกำจัดหนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จำนวนประมาณ 43,170 ตัว ในผลส้มโอตายทั้งหมด

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่อส้มโอในสภาพจำลองการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ อบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ซึ่งการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของส้มโอที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนเมื่อเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 และ14 วัน พบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง

ผลไม้เกิดความเสียหายได้ทุกๆ ขั้นตอนทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผลไม้ที่ต้องผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชก่อนการส่งออกเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขด้านกักกันพืช วิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชนั้นจะต้องมีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ ถ้าหากทำให้คุณภาพของผลไม้เสียไปแล้วถือว่าวิธีการนั้นไม่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ดังนั้นวิธีการใดก็ตามที่ใช้สำหรับกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวควรจะมีผลทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ความเสียหายของผลไม้จากวิธีการกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวนั้น แสดงออกโดยสูญเสียคุณสมบัติด้านการตลาดหลายรูปแบบ ได้แก่ สีผล อายุการเก็บรักษา รูปลักษณ์ภายนอก การสุก รดชาด กลิ่น และความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุของโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว การที่คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นลดลงหรือผิดไปจากปกติจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 1.4 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรเพื่อการส่งออก

จากผลการทดลองได้วิธีการเตรียมแมลงวันผลไม้ระยะไข่ หนอนวัย 1, 2 และ 3 ในผลแก้วมังกรที่มีอัตราการรอดชีวิตแมลงวันผลไม้ที่รอดชีวิตในผลมากที่สุดสามารถนำไปเป็นวิธีการเตรียมผลแก้วมังกรสำหรับงานทดลองด้านการกำจัดแมลงวันผลไม้ในแก้วมังกร แมลงวันผลไม้สามารถวางไข่และเจริญเติบจนสามารถเข้าสู่ระยะดักแด้ได้ในผลแก้วมังกรแต่อัตราการรอดชีวิตของหนอนระยะที่ 3 มีจำนวนน้อยกว่า 50 % ทั้งนี้แก้วมังกรไม่ใช่พืชอาศัยที่ดีของแมลงวันผลไม้และอาจเนื่องมาจากเมื่อเก็บแก้วมังกรในอุณหภูมิปกติทำให้ผลเน่าเสียง่ายหนอนจึงเน่าตายก่อนจะเจริญเติบโตเข้าวัยที่ 3

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

กรรมวิธีลดอุณหภูมิผลภายหลังการอบไอน้ำมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลแก้วมังกร วิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำทำให้ผลแก้วมังกรมีคุณภาพดีกว่าวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ ทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแก้วมังกร คือวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเพื่อนำทดสอบประสิทธิภาพด้านกำจัดแมลงวันผลไม้ระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุดในผลแก้วมังกร และมีผลกระทบต่อคุณภาพผลแก้วมังกรน้อยที่สุด สำหรับอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 และ 47 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ความเสียหายทางคุณภาพของผลแก้วมังกรไม่มีความแตกต่างกัน เพราะฉะนั้น เราสามารถเก็บรักษาแก้วมังกรที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อประหยัดต้นทุนในการผลิตได้

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

การทดลองที่ 1.5 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อการส่งออก

ในการศึกษาประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ต้องเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ สายพันธุ์ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ให้ได้โดยใช้เทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณให้เพียงพอสำหรับใช้ทดลองขั้นต่อไป โดยใช้ สูตรอาหารเทียม ข้าวโพดบด ของ Watanabe *et al*., (1973) และเตรียมแมลงวันผลไม *B. dorsalis* หนอนวัย 1 โดย รวบรวมไขที่ไดจากกระบอกพาสติกวางไวบนผาที่ชุมน้ำ เก็บไวในกลองพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไวในห้องเลี้ยง แมลงเปนเวลา 2 วันเมื่อไขฟก ออกเปนหนอนวัย 1 ใชตะแกรงรอนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข ยายหนอนวัย 1 ใสในน้ำกลั่น เก็บไวในถวยแกว (beaker) ขนาด 200 มิลลิลิตร และได้วิธีการเตรียมผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อ

ใช้ในการทดลอง ใชที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเสนผานศูนยกลาง 2 เซนติเมตร เจาะรูบนผลสมโอ จำนวน 3 รู ใหลึกจนถึง กึ่งกลางผล รูที่ 1 เจาะตรงตำแหนงขั้วผลใหทะลุแกนกลางผล รูที่ 2 เจาะดานตรงกัน ขามกับรูที่ 1 ส วนรูที่ 3 เจาะบริเวณดานขางผลใหอยูเลยจากสวนครึ่งบนของผล ใสหนอนวัย 1 แมลงวันผลไม *B. dorsalis* ใน ผลสมโอ จำนวน 200 ตัว/ผล โดยใสหนอนวัย 1 ลงบนเนื้อสมโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว ทางดานขาง อุดรู ทั้งหมดดวยสำลีเพื่อปองกันไมใหหนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล นำส้มโอใสในถุงผ้าปดปากถุงวางลงบนแป้น รองสมโอ เพื่อใหของเหลวภายในผลสมโอซึ่งเกิดจากเนื้อสมโอถูก หนอนกินไหลออกจากผลซึมผ่านรูที่เจาะไว ตรวจผลการทดลอง จากการทดลอง พบว่า เทคนิคและวิธีการเตรียมผลส้มโอ เพื่อใช้ในการทดลองวิธีการดังกล่าว หนอนวัย 1 มีอัตราการรอดชีวิตสูงและสามารถเจริญเติบโตอยู่ภายในผลส้มโอได้ 87 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเทียบกับพันธุ์ทองดี โดยใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลง อบเป็นเวลานานที่ แตกต่างกัน ดังนี้ ระยะเวลาอบนาน 0, 10, 20 และ30 นาที แต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 48 ผล และมีส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 12 ผล ทำ การทดลอง 3 ซ้ำ พบว่า สมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไมรอดชีวิต จำนวน 1,632 ตัว เมื่อ นำส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 °ซ. นาน 0, 10, 20 และ30 นาที พบอัตราการตายของหนอนวัย 1 ในส้ม โอพันธุ์ทองดี เฉลี่ยเท่ากับ 99.50, 99.88, 100 และ100 เปอรเซ็นต และขาวแตงกวา เฉลี่ยเท่ากับ 99.44, 99.83, 100 และ100 เปอรเซ็นต์ ตามลำดับ

และจากการทดสอบ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัด แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาในระดับแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว (Small Scale) ที่ อุณหภูมิ 46 °ซ. นาน 0, 10 และ20 นาที พบว่าสมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไม รอดชีวิต จำนวน 2,052 ตัว แสดงวาในสมโอจำนวน 36 ผล ที่ผานความรอนแตละระยะเวลาที่กำหนด มีแมลงวันผลไม หนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 57 ตัว/ผล อัตราการตายของหนอนวัย 1 ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา เฉลี่ยเท่ากับ 100 เปอรเซ็นต ในทุกระยะเวลาในการอบไอน้ำ แสดงว่าการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46 ° ซ. ตั้งแต่ 0 นาที เป็นต้นไป สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ตายทั้งหมด มี ค่าประมาณการในการกำจัดแมลงวันผลไม้ ตาม Abbott (Abbott, 1925) เท่ากับ 6,156 ตัว ดังนั้นจึงทำการ ทดสอบในระดับแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว (Large Scale) ในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่อง ต้อบความร้อน มีปริมาณส้มโอ 50 % (Low load) และ 100 % (Full load) เพื่อกำจัดแมลงวัน *B. dorsalis* ให้ ไดตามข้อกำหนด ของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช พบว่า การอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46 °ซ. 30 นาที

กรมวิชาการเกษตร

โดยวิธีการใสหนอนวัย 1 แมลงวันผลไมในผลสมโอขาวแตงกวา และ วิธีการใหแมลงวันผลไม้วางไขในผลส้มโอขาวแตงกวา พบวา สมโอที่ไม่ผ่านความรอน จำนวน 48 และ 24 ผล มีแมลงรอดชีวิต จำนวน 6,992 และ 7,492 ตัว สมโอที่ผานความรอน จำนวน 144 และ72 ผล ไมพบแมลงรอดชีวิต ผลการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการกำจัดแมลงวันผลไม้ ดังกลาวสามารถกำจัด หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม *B. dorsalis* ไดจำนวนประมาณ 43,452 ตัว ในผลสมโอตายทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน ที่หมุนเวียนภายในตู้อบไอน้ำจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิ ภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 ซ. จึงปรับเปลี่ยนการให้ความ ร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำอากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการอบส้มโอดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพสูงได้ระดับมาตรฐานที่ ยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ และหนอนวัยต่างๆ ในส้มโอ ก่อนการส่งออก

การทดลองที่ 1.6 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลมะนาวพิจิตร 1 เพื่อการส่งออก

แมลงวันผลไม้ oriental fruit fly, *B. dorsalis* ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาว *(Citrus aurantifolia* Swing.) พันธุ์พิจิตร1 ตายทั้งหมดเมื่อผ่านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิกึ่งกลางผลมะนาวอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 46°ซ. และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46° ซ. เป็นเวลานาน 40 นาที จะลดอุณหภูมิทันทีหลังจากสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน แบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ 1. เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง 2. พ่นด้วยน้ำ 10 นาที ผลการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวข้างต้นพบว่า สามารถกำจัดแมลงวันทองระยะไข่จำนวนประมาณ 162,454 ฟอง ในผลมะนาวตายทั้งหมด โดยคุณภาพผลมะนาวเปลี่ยนแปลงไปจากปกติเล็กน้อยในด้านกลิ่นน้ำมันหอมมีแนวโน้มลดลง ภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบิน แต่ภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเรือคุณภาพผลมะนาวเปลี่ยนแปลงไปจากปกติมากกว่าผลมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนในด้านรสชาติมีความขมปนบ้างเล็กน้อยในบางผลจนไม่สามารถแยกออกได้ชัดเจน สีผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนกลิ่นน้ำมันหอมมีแนวโน้มลดลงมากกว่ามะนาวไม่ผ่านความร้อนชัดเจน สภาพโดยรวมทั้งหมดผู้บริโภคยอมรับได้ จากการศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีอบไอน้ำ VHT เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะไข่ ในผลมะนาว อบมะนาวทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 46 ซ. และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 40 นาที โดยตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตหลังอบมะนาว 6 วัน พบว่าที่อุณหภูมิ 46 ซ. นาน 40 นาที ไม่พบแมลงรอดชีวิต ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิ 46 ซ. นาน 40 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดระยะไข่ แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนมากกว่า 162,454 ฟอง/ตัว ในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร 1ให้ตายทั้งหมด ซึ่งได้ตามมาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

กรมวิชาการเกษตร

จากผลงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะเสนอให้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ก่อนส่งออกและเสนอรายงานวิจัยต่อประเทศผู้นำเข้าที่ยอมรับวิธีการอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชต่อไป

การทดลองที่ 1.7 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเพื่อการส่งออก

การประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอ ที่อุณหภูมิ 46 ° ซ. นาน 30 นาที ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 จำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ให้ตายทั้งหมด เพื่อการยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอและวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ จากการทดลอง พบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 60 และ20 ผล มีแมลงรอดชีวิต จำนวน 9,559 และ3,542 ตัว ส้มโอที่ผ่านความร้อน จำนวน 180 และ60 ผล ไม่พบแมลงรอดชีวิต โดยสามารถกำจัดหนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ได้จำนวนประมาณ 39,384 ตัว ในผลส้มโอตายทั้งหมด ซึ่งวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 °ซ. จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการอบส้มโอดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพสูงได้ระดับมาตรฐานที่ยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ และหนอนวัยต่างๆ ในส้มโอก่อนการส่งออก

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่อส้มโอในสภาพจำลองการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ อบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 °ซ. นาน 30 นาที ซึ่งการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของส้มโอที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนเมื่อเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 °ซ. นาน 7 และ14 วัน พบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 °ซ. นาน 30 นาที โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง ผลไม้เกิดความเสียหายได้ทุกๆ ขั้นตอนทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผลไม้ที่ต้องผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชก่อนการส่งออกเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขด้านกักกันพืช วิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชนั้นจะต้องมีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ ถ้าหากทำให้คุณภาพของผลไม้เสียไปแล้วถือว่าวิธีการนั้นไม่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ดังนั้นวิธีการใดก็ตามที่ใช้สำหรับกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวควรจะมีผลทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ความเสียหายของผลไม้จากวิธีการกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวนั้น แสดงออกโดยสูญเสียคุณสมบัติด้านการตลาดหลายรูปแบบ ได้แก่ สีผล อายุการเก็บรักษา รูปลักษณ์ภายนอก การสุก รดชาด กลิ่น และความอ่อนแอ

กรมวิชาการเกษตร

ต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุของโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว การที่คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นลดลงหรือผิดไปจากปกติจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 1.8 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์เพื่อการส่งออก

งานวิจัยพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์เพื่อการส่งออก ได้มีการศึกษา 3 หัวข้อ สรุปสาระสำคัญ ดังนี้

1.) ศึกษาด้านความเสียหายของมะละกอจากความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์ต่อคุณภาพของมะละกอ พบว่ามะละกอที่ผ่านความร้อน ที่อุณหภูมิ 47 ℃. นาน 20 นาที ไม่พบความเสียหายที่เด่นชัดภายในเนื้อมะละกอเมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน เมื่อพิจารณาจากการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณน้ำตาล พบว่ามะละกอที่ผ่านความร้อนที่ 8 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน

2.) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ ดำเนินการทดลองโดยอบมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ที่ อุณหภูมิ 47 ℃. นาน 20 นาที และเก็บมะละกอที่ผ่านความร้อน ที่อุณหภูมิ 10-13 °ซ. พบว่าการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณน้ำตาล ของมะละกอที่ผ่านความร้อนเก็บไว้ ที่ 7 และ 14 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน

3.) ศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีอบไอน้ำ MVHT เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ในผลมะละกอ อบมะละกอทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 47 ℃. นาน 20 นาที โดยตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตหลังอบมะละกอ 5 วัน พบว่าที่อุณหภูมิดังกล่าว ไม่พบแมลงรอดชีวิต ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิ 47 ℃. นาน 20 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดหนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนประมาณ 32,888 ตัว ในผลมะละกอฮอลแลนด์ให้ตายทั้งหมด ซึ่งได้ตามมาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

จากการศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีอบไอน้ำ MVHT เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ในผลมะละกอ อบมะละกอทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 47 ℃. และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 20 นาที โดยตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตหลังอบมะละกอ 5 วัน พบว่าที่อุณหภูมิ 47 ℃. นาน 20 นาที ไม่พบแมลงรอดชีวิต ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิ 47 ℃. นาน 20 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดหนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนมากกว่า 30,000 ตัว ในผลมะละกอฮอลแลนด์ให้ตายทั้งหมด ซึ่งได้ตามมาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช จากผลงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะเสนอให้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละก่อนส่งออกและเสนอรายงานวิจัยต่อประเทศผู้นำเข้าที่ยอมรับวิธีการอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.9 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเพื่อการส่งออก

การศึกษาความทนทานของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงต่อความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเปรียบเทียบอัตราการตายของแมลง ผลการตรวจนับแมลงในแก้วมังกรเนื้อแดงที่ไม่ผ่านความร้อนพบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงระยะไข่สูงกว่าระยะหนอนวัย 1 คือ 67.6 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงอัตราการตายของแมลงที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน พบว่าที่อุณหภูมิ 45 °ซ. มีอัตราการตายของแมลงระยะไข่ต่ำกว่าระยะหนอนวัย 1 ได้แก่ 23.67 และ 49.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. ระยะเวลานาน 0, 10, 20, 30 และ 40 นาที พบว่าแมลงระยะไข่ และหนอนวัย 1 มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองแสดงว่าระยะไข่ของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* ในผลแก้วมังกรเนื้อแดงมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1

การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง ในระดับแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. นาน 0, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที อัตราการตายของแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ เฉลี่ย 100% ในระยะเวลาที่ 30 นาที และสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะไข่ 24 ชม. ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงตายทั้งหมด มีค่าประมาณการในการกำจัดแมลงวันผลไม้ ตาม Abbott (Abbott, 1925) เท่ากับ 4,356 ตัว

วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการกล่าวนี้มีประสิทธิภาพสูงได้ระดับมาตรฐานที่ยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ และหนอนวัยต่างๆ ในผลไม้ก่อนการส่งออก

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนเพื่อการส่งออก

การทดลองที่ 2.1 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* ด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับฝรั่งเพื่อการส่งออก

จากการทดลองการแช่น้ำร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* สำหรับฝรั่งพันธุ์กิจจู พบว่าวิธีการแช่ร้อนที่อุณหภูมิ 45, 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 45, 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส ทุกอุณหภูมิสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต และการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0 5 10 และ 15 นาที ทุกระยะสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโตเช่น ดังนั้นจึงใช้การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เป็นวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* สำหรับฝรั่งพันธุ์กิจจู

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับมะละกอเพื่อการส่งออก

จากการทดลองการแช่น้ำร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* สำหรับมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ พบว่าวิธีการแช่ร้อนที่อุณหภูมิ 45, 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 45, 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส ทุกอุณหภูมิสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต และการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0 5 10 และ 15 นาที ทุกระยะสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโตเช่น ดังนั้นจึงใช้การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เป็นวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* สำหรับมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์

ข้อเสนอแนะ และผู้ใช้ประโยชน์

1. เพื่อพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีอบไอน้ำ และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในผัก และผลไม้ ทีมีศักยภาพในการส่งออก ในระดับการค้าได้ เช่นเดียวกับการพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในผลมะม่วง มังคุด และส้มโอ ที่ประสบความสำเร็จสามารถส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น นิวซีแลนด์ ไต้หวัน และสาธารณรัฐเกาหลี และขณะนี้กลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกันกำลังเจรจาส่งออกมะม่วงอบไอน้ำไปสหภาพยุโรป และคาดว่าจะประสบผลสำเร็จภายในปี 2565 นี้

2. เกษตรกรชาวสวนผัก ผลไม้ ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำ และผู้ส่งออกในประเทศไทยได้รับทราบข้อมูลวิชาการในเชิงลึก ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตู้อบไอน้ำในระดับการค้าตามมาตรฐานด้านกักกันพืช เพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกผลไม้อบไอน้ำไปตลาดต่างประเทศได้เพิ่มขึ้น

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

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

.....

.....

กรมวิชาการเกษตร

.....

.....

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ อุดร อุณหวุฒิ ชัยณรัตน์ สนศิริ จารุวรรณ จันทรา สลักจิต พานคำ และรัชฎา อินทรกำแหง. 2554. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก. *ใน* : สัมมนาสร้างสรรค์งานวิจัยอารักขาพืชก้าวไกล, สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชัยณรัตน์ สนศิริ สลักจิต พานคำ รัชฎา อินทรกำแหง และอุดรอุณหวุฒิ. 2555. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงสำหรับกำจัดแมลงวันทองด้วยความร้อนในผลมะละกอเพื่อการส่งออก (ฐานข้อมูลกรมวิชาการเกษตร). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://www.doa.go.th/ (30 พฤษภาคม 2564).

สลักจิต พานคำและคณะ. 2556. ผลกระทบต่อกรรมวิธีกำจัดแมลงในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวด้วยความร้อนต่อคุณภาพผลมะนาว ในรายงานความก้าวหน้า โครงการวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สลักจิต พานคำ และ คณะ. 2558 ความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันทองระยะไข่และหนอนในผลมะนาวต่อวิธีอบไอน้ำ, ในรายงานความก้าวหน้า โครงการวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. การปลูกมะนาว “การฟื้นฟู เยียวยา ผู้ประสบภัยด้วยงานวิจัย วช.” [ออนไลน์] [อ้างถึง 15 พฤษภาคม 2561] เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ต http://www.agi.nu.ac.th/postharvest/downloads/upload_file/Lemon.pdf

อุดร อุณหวุฒิ, วลัยกร รัตนเดชากุล และพิทวัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2537. ผลกระทบของกรรมวิธีกำจัดแมลงในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวด้วยความร้อนต่อคุณภาพของผลมังคุด. รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2537. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

อุดร อุณหวุฒิ. 2541. การกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. ฝ่ายกักกันพืช, กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 129 หน้า.

อุดร อุณหวุฒิ สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชุติมา อ้อมกิ่ง จารุวรรณ จันทรา และรัชฎา อินทรกำแหง. 2549. การวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในส้มโอเพื่อส่งออก. ผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2549 กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 125-143.

Abbott, W.S. 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267pp.

Unahawutti, U., S. Phankum, M. Srimartpirom, C. Ormking, C. Sonsiri, J. Chantra, and R. Intarakumheng. 2006. Heated-air quarantine treatment for pummelo infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephitidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture,

กรมวิชาการเกษตร

Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai pummelo to be exported to Japan. Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture. Bangkok. 135pp.

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: 57-58pp.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

Figure 1. Fruit fly mass rearing room.

Figure 2. Fruit fly eggs.

กรมวิชาการเกษตร

F

i

g

u

r

e

3

.

Count fruit fly first instar under microscope.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 4. The first hole was made on top at the area where the stalk attached with fruit.

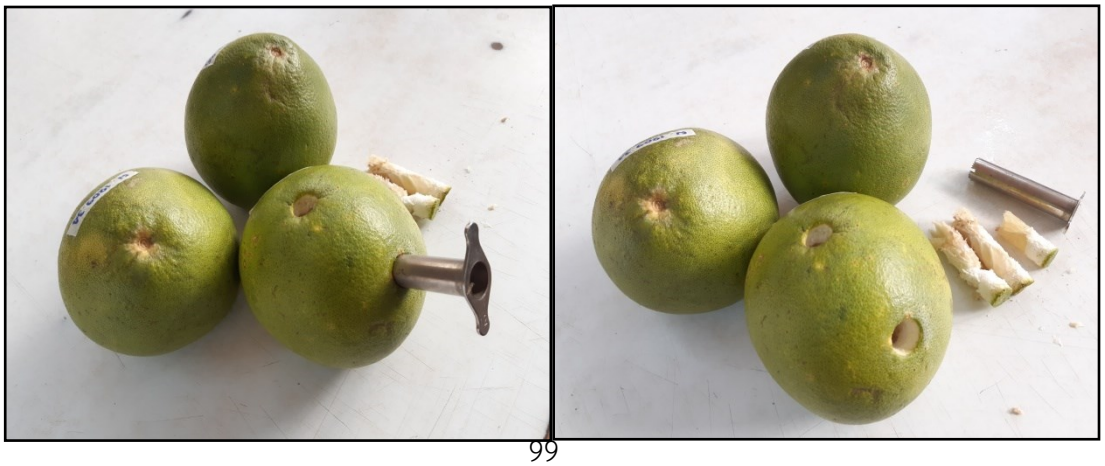


Figure 5. The second hole was made on upper half of test fruits.

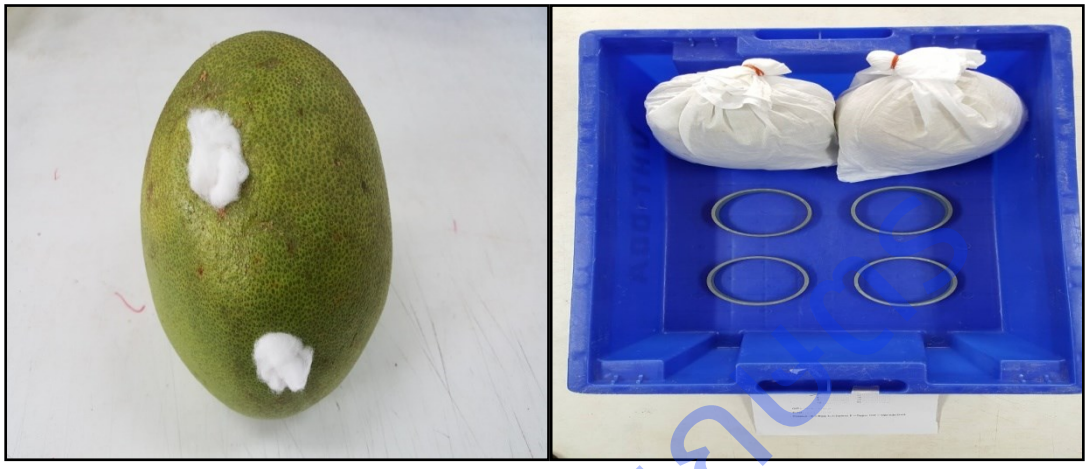


Figure 6. Test fruits were held in a plastic container. Each fruit was placed on top of a plastic ring to prevent larvae from drowning.

Figure 7. Fruit holding containers were covered with fine mesh muslin cloth to prevent fruit fly reinfestation.

Figure 8. Sanshu vapor heat treatment system (differential pressure type) model: EHK-1000D.

Figure 9. Capacity treated modified vapor heat treatment in the chamber.

Figure 10. Calibration sensor of resistance thermometers.

Figure 11. Recorder in the vapor heat treatment system.

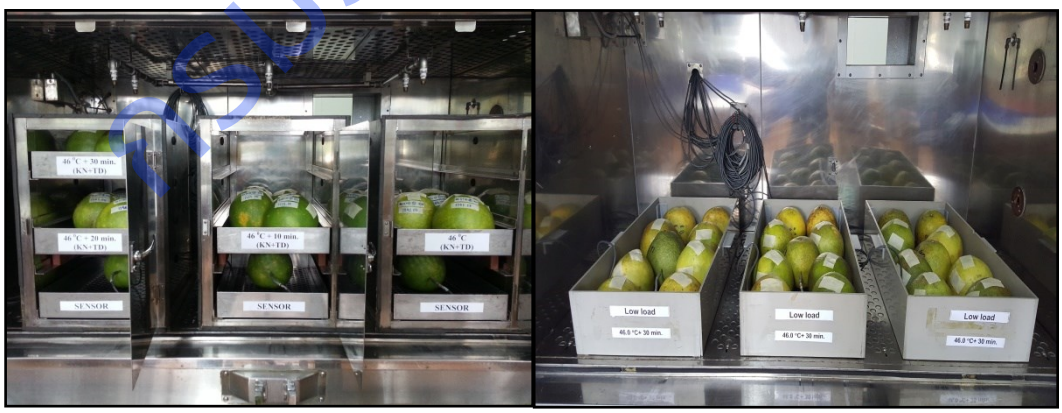


Figure 12. Place monitoring of fruit temperature (sensor fruit).

Figure 13. Control and test fruits infested with fruit fly first instar were held in room at 25-27 ° C after heat treatment.

Figure 14. Test fruits infested with fruit fly first instar were observed at each given treatment temperature and holding time.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 15. Fruit holding containers (drawer-type boxes).

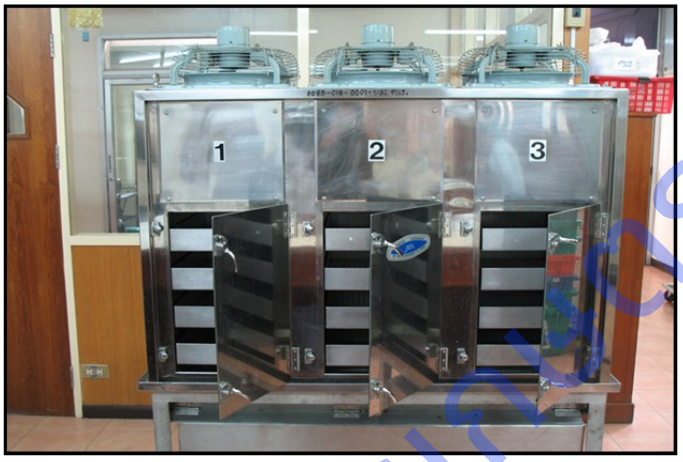


Figure 16. Showing cooling system (differential pressure type) model: SHS-12.

Figure 17. Control and treated fruits keep in box.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 18. Control and treated fruits in chamber at 10 ° C after heat treatment.

Figure 19. The measurement of total soluble solid (TSS) by using atago digital refractometer (model: DBX-30).

กรมวิชาการเกษตร

Figure 20. The measurement of acidity by using acilizer (model: 5 006P).

Figure 21. Forced infestation method ten punctures were made on the fruit surface by inserting pin (0.5 mm. diameter).

Figure 22. Forced infestation method test fruits were individually exposed to gravid females for oviposition.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 23. Artificial and Forced infestation method.

Figure 24. Filler fruits.

Figure 25. Low load and Full load in chamber (capacity 50 and 100 %).

Figure 26. Commercial export simulation test.

Figure 27 General technique and procedure in disinfestation test: Preparation of fruit for artificial infestation

กรมวิชาการเกษตร

Figure 28 Cover the wound was secured before Lime were subjected to treatment and Separate varieties of lime

Figure 29 General technique for performing vapor heat treatment: Monitoring of fruit center temperature.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 30 Check results Lime testing to determine the mortality rate of egg stage insects. In the lime fruit Between Pean and Phichit 1 Varieties

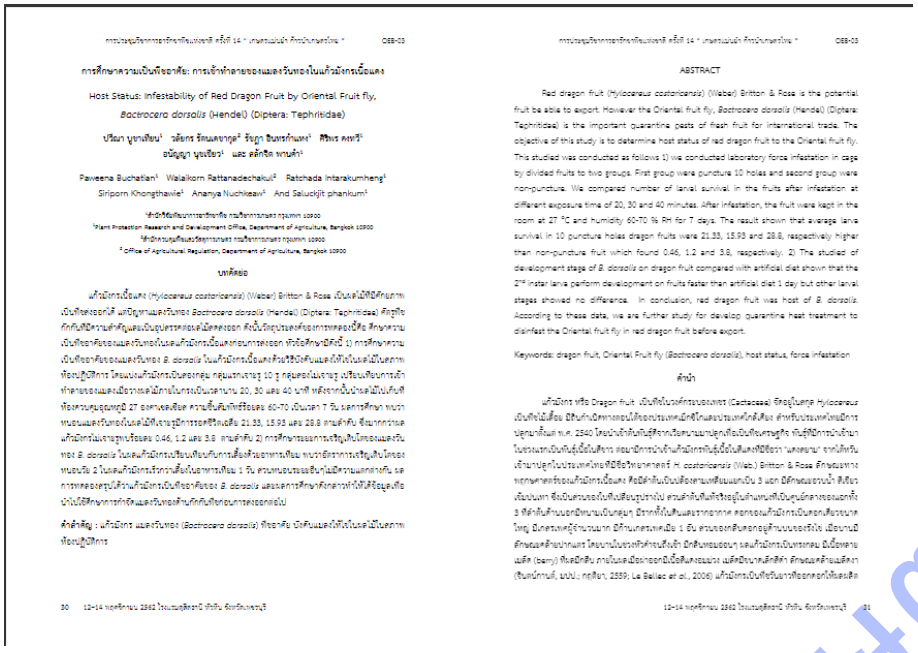
Figure 31 After 5 days of mortality test, check the larva 3rd survived.

Figure 32 Mortality test of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo Khao Tang Kwa treated with modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 33 Eggs inoculation method of *Bactrocera dorsalis* on red dragon fruit

กรมวิชาการเกษตร



การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 14 " เกษตรปลอดภัย ก้าวนำเกษตรไทย " OBB-03

การศึกษาความเป็นพืชอาศัย: การเข้าทำลายของแมลงวันทองในแก้วมังกรเนื้อแดง

Host Status: Infestability of Red Dragon Fruit by Oriental Fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae)

ปวีณา บูชาเสียน[1] วลัยกร รัตนเดชากุล[2] รัชญา ชินทรกำแหง[1] พิชชพร คงทวี[3]
อนัญญา นุชเขียว[1] และ สลักจิต พานคำ[4]

Paweena Buchatian[1] Walaikorn Rattanadechakul[2] Ratchada Intarakumheng[1]
Siriporn Khongthawile[1] Ananya Nuchkeaw[1] And Salucktit phankum[4]

[1]สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพ 10900
[1]Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900
[3]สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพ 10900
[4]Office of Agricultural Regulation, Department of Agriculture, Bangkok 10900

บทคัดย่อ

แก้วมังกรเนื้อแดง (*Hylocereus costaricensis*) (Weber) Britton & Rose เป็นผลไม้ที่มีศักยภาพเป็นพืชส่งออกได้ แต่ปัญหาแมลงวันทอง *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) ศัตรูพืชกักกันที่มีความสำคัญและเป็นอุปสรรคต่อผลไม้ส่งออก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คือ ศึกษาความเป็นพืชอาศัยของแมลงวันทองในผลแก้วมังกรเนื้อแดงก่อนการส่งออก ทำวิธีศึกษามีดังนี้ 1) การศึกษาความเป็นพืชอาศัยของแมลงวันทอง *B. dorsalis* ในแก้วมังกรเนื้อแดงด้วยวิธีปักเข็มและทิ้งไว้ในกล่องที่ห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งแก้วมังกรเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกเจาะรู 10 รู กลุ่มสองไม่เจาะรู เปรียบเทียบการทำลายของแมลงเมื่อวางผลไม้ภายในกรงเป็นเวลานาน 20, 30 และ 40 นาที หลังจากนั้นนำผลไม้ไปเก็บที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-70 เป็นเวลา 7 วัน ผลการศึกษา พบว่าหนอนแมลงวันทองในผลไม้ทั้งรายรูมีการรอดชีวิตเฉลี่ย 21.33, 15.93 และ 28.8 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผลแก้วมังกรไม่เจาะรูมากร้อยละ 0.46, 1.2 และ 3.6 ตามลำดับ 2) การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันทอง *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกรเปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของหนอนวัย 2 ในผลแก้วมังกรเร็วกว่าเลี้ยงในอาหารเทียม 1 วัน ส่วนหนอนระยะอื่นๆไม่มีความแตกต่างกัน ผลการทดลองสรุปได้ว่าผลแก้วมังกรเป็นพืชอาศัยของ *B. dorsalis* และผลการศึกษาดังกล่าวทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับไม่ให้ศัตรูการกักกันแมลงวันทองสำคัญกักกันที่ติดกับการส่งออกต่อไป

คำสำคัญ : แก้วมังกร แมลงวันทอง (*Bactrocera dorsalis*) พืชอาศัย นักกันแมลงที่ไม่ให้ไม่ผลไม้ไปสู่การห้องปฏิบัติการ

ABSTRACT

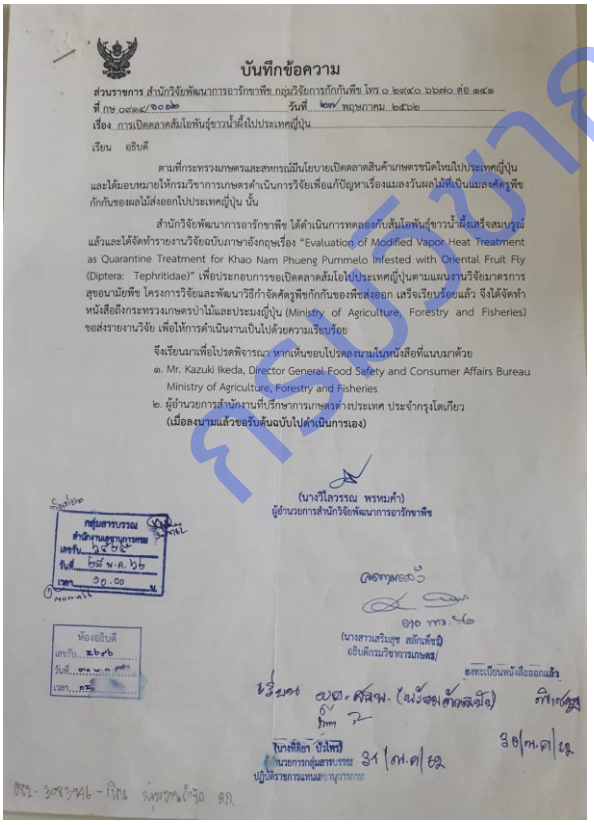
Red dragon fruit (*Hylocereus costaricensis*) (Weber) Britton & Rose is the potential fruit be able to export. However the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) is the important quarantine pests of fresh fruit for international trade. The objective of this study is to determine host status of red dragon fruit to the Oriental fruit fly. This studied was conducted as follows 1) we conducted laboratory force infestation in cage by divided fruits to two groups. First group were puncture 10 holes and second group were non-puncture. We compared number of larval survival in the fruits after infestation at different exposure time of 20, 30 and 40 minutes. After infestation, the fruit were kept in the room at 27 °C and humidity 60-70 % RH for 7 days. The result shown that average larva survival in 10 puncture holes dragon fruits were 21.33, 15.93 and 28.8, respectively higher than non-puncture fruit which found 0.46, 1.2 and 3.6, respectively. 2) The studied of development stage of *B. dorsalis* on dragon fruit compared with artificial diet shown that the 2nd instar larva perform development on fruits faster than artificial diet 1 day but other larval stages showed no difference. In conclusion, red dragon fruit was host of *B. dorsalis*. According to these data, we are further study for develop quarantine heat treatment to disinfest the Oriental fruit fly in red dragon fruit before export.

Keywords: dragon fruit, Oriental Fruit fly (*Bactrocera dorsalis*), host status, force infestation

คำนำ

แก้วมังกร หรือ Dragon fruit เป็นพืชในวงศ์กระบองเพชร (Cactaceae) จัดอยู่ในสกุล *Hylocereus* เป็นพืชไม้เลื้อย มีต้นกำเนิดทางตอนใต้ของประเทศเม็กซิโกและประเทศคอสตาริกา สำหรับประเทศไทยมีการปลูกมานานกว่า พ.ศ. 2540 โดยนำเข้าต้นพันธุ์มาจากเวียดนามมาปลูกเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจ พันธุ์ที่มีการนำเข้ามาในช่วงแรกเป็นพันธุ์ที่มีเนื้อสีขาว คล้ายกับการนำเข้าผลไม้ชนิดนี้ที่มีชื่อว่า 'แดงเงาะ' จากไต้หวัน เข้ามาปลูกในประเทศไทยที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ *H. costaricensis* (Web.) Britton & Rose ศึกษษเฉพาะกรณีศึกษาของแก้วมังกรเนื้อแดง คือมีลำต้นเป็นเนื้อสีแดงตามเปลือกและเนื้อ 3 แฉก มีลักษณะรสน้ำ ติดเรียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นความของเนื้อที่เปลี่ยนรูปร่างไป ความลำต้นที่แข็งใช้เลี้ยงผู้เก็บเกี่ยวที่เป็นศูนย์กลางของแยกทั้ง 3 ที่ลำต้นด้านนอกมีหนามเป็นกลุ่มๆ มีรากที่ใช้ในดินและรากอากาศ ดอกของแก้วมังกรเป็นดอกเดี่ยวขนาดใหญ่ มีกลีบเลี้ยงสีเขียวจำนวนมาก มีก้านเกสรเพศเมีย 1 อัน ส่วนของผลิตผลอยู่ด้านบนของรังไข่ เมื่อผลมีลักษณะสีม่วงปากแดง โดยเนื้อของพืชชั้นต้นจะมีเมล็ดสีดำ ลักษณะลำต้นแต่ละงา (จันทร์ทนต์, มปป., กฤติยา, 2559; Le Bellec et al., 2006) แก้วมังกรเป็นพืชที่ชอบการที่ออกดอกให้ผลเดือ

Figure 34 Publication of "Host Status: Infestability of Red Dragon Fruit by Oriental Fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae)" at National plant protection conference 14.



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กลุ่มวิจัยการกักกันพืช โทร.๐ ๒๙๔๐ ๖๖๗๐ ที่อ.๑๔๓
ที่ กษ ๐๓๐๔/๑๐๒๒ วันที่ ๒๓ พฤษภาคม ๒๕๖๒
เรื่อง การเปิดตลาดส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งไปประเทศญี่ปุ่น
เรียน อธิบดี

ตามที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีนโยบายเปิดตลาดสินค้าเกษตรชนิดใหม่ไปประเทศญี่ปุ่น และได้มอบหมายให้กรมวิชาการเกษตรดำเนินการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาเรื่องแมลงวันผลไม้ที่เป็นแมลงศัตรูพืชกักกันของผลไม้ส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น นั้น

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ได้ดำเนินการทดลองกับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเสร็จสมบูรณ์แล้วและได้จัดทำรายงานวิจัยฉบับภาษาอังกฤษเรื่อง "Evaluation of Modified Vapor Heat Treatment as Quarantine Treatment for Khao Nam Phueng Pummelo Infested with Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae)" เพื่อประกอบการขอเปิดตลาดส้มโอไปประเทศญี่ปุ่นตามแผนงานวิจัยมาตรการสุขอนามัยพืช โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันของพืชส่งออก เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงได้จัดทำหนังสือถึงกระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่น (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries) ขอส่งรายงานวิจัย เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หากเห็นชอบโปรดลงนามในหนังสือที่แนบมาด้วย

๑. Mr. Kazuki Ikeda, Director General Food Safety and Consumer Affairs Bureau
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
๒. ผู้อำนวยการสำนักงานที่บริหารการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงโตเกียว
(เมื่อลงนามแล้วขอรับต้นฉบับไปดำเนินการเอง)

(นางวิไลวรรณ พรหมคำ)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

กลุ่มสารบรรณ สำนักงานเลขานุการกรม รับที่ ๒๕๖๖ วันที่ ๒๘ พ.ค. ๖๒ เวลา ๑๐.๐๐

ห้องอธิบดี รับที่ ๒๖๗๖ วันที่ ๓๐ พ.ค. ๖๒ เวลา ๑๕.๐๐

(นางสาวเสริมสุข สถิรเพียงใจ)
อธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ลงทะเบียนหนังสือออกแล้ว

ปฏิบัติราชการแทน ผอ.ศสพ. (หัวหน้าสำนักพัฒนาฯ)

30/พ.ค./62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Figure 35 Evaluation of modified vapor heat treatment as quarantine treatment for Khao Nam Phueng pummelo infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae)

กรมวิชาการเกษตร