ระดับโครงการ

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันของพืชส่งออก

Research and Development on Plant Quarantine Treatment for Export

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

สลักจิต พานคำ

Saluckjit Phankum

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันของพืชส่งออก

Research and Development on Plant Quarantine Treatment for Export

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

สลักจิต พานคำ

Saluckjit Phankum

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

ปัญหาการกักกันพืชระหว่างประเทศนับวันจะยุ่งยากและสลับซับซ้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวทางการค้าระหว่างประเทศอย่างรวดเร็ว การนำเข้าและส่งออกผักและผลไม้ทำให้มีความเสี่ยงสูงที่แมลงศัตรูพืชร้ายแรงด้านกักกันพืชจะแพร่ระบาดจากประเทศหนึ่งไปยังอีกประเทศหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แมลงวันผลไม้ การวิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้สำหรับกำจัดแมลงในผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่องานกักกันพืชระหว่างประเทศ เพราะช่วยให้สามารถส่งผักและผลไม้ออกจากแหล่งแพร่ระบาดของแมลงวันผลไม้ได้ โดยจัดการความเสี่ยงที่แมลงศัตรูพืชร้ายแรงจะเล็ดลอดติดไปกับสินค้า การนำเทคโนโลยีการใช้ความร้อนด้วยการอบไอน้ำมาพัฒนาใช้กับ พริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ขาวแตงกวา และทับทิมสยาม) มะละกอพันธุ์ฮอล์แลนด์ แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) และการแช่น้ำร้อนฝรั่งพันธุ์กิมจู และมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ มีโอกาสประสบความสำเร็จ ผู้วิจัยมีความมุ่งมั่นว่าอีกไม่กี่ปีข้างหน้า ประเทศไทยสามารถส่งออกพืชเพิ่มได้อีก

นางสลักจิต พานคำ

หัวหน้าโครงการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันของพืชส่งออก

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

สารบัญ หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... 6

ผู้วิจัย 7

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ 7

บทนำ..... 8

บทคัดย่อ..... 9

1. กิจกรรมงานวิจัย 1 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยวิธีการอบไอน้ำเพื่อการส่งออก 11

การทดลองที่ 1.1 ความเสียหายของพริกหวานจากวิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ 11
Bactrocera dorsalis (Hendel) ด้วยเครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์

บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 17

บรรณานุกรม..... 17

ภาคผนวก 18

การทดลองที่ 1.2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ 22
Bactrocera dorsalis (Hendel) ในผลมะนาวแป้นเพื่อการส่งออก

บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 39

บรรณานุกรม..... 40

ภาคผนวก 43

การทดลองที่ 1.3 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ 60
Bactrocera dorsalis (Hendel) ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 79

บรรณานุกรม..... 82

ภาคผนวก 86

การทดลองที่ 1.4 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ 110
Bactrocera dorsalis (Hendel) ในผลแก้วมังกรเพื่อการส่งออก

บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 122

บรรณานุกรม..... 122

ภาคผนวก 124

การทดลองที่ 1.5 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ 131
Bactrocera dorsalis (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อการส่งออก

บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 151

บรรณานุกรม..... 153

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก 156
การทดลองที่ 1.6 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ 174
Bactrocera dorsalis (Hendel) ในผลมะนาวแป้นพิจิตร 1 เพื่อการส่งออก
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 199
บรรณานุกรม..... 202
ภาคผนวก 206
การทดลองที่ 1.7 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ 230
Bactrocera dorsalis (Hendel) ในผลส้มโอทับทิมสยามเพื่อการส่งออก
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 247
บรรณานุกรม..... 249
ภาคผนวก 254
การทดลองที่ 1.8 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ 276
Bactrocera dorsalis (Hendel) ในผลมะละกอฮอลแลนด์เพื่อการส่งออก
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 286
บรรณานุกรม..... 287
ภาคผนวก 291
การทดลองที่ 1.9 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ 302
Bactrocera dorsalis (Hendel) ในผลแก้วมังกรเนื้อแดงเพื่อการส่งออก
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 318
บรรณานุกรม..... 319
ภาคผนวก 322
2. กิจกรรมงานวิจัย 2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนเพื่อการส่งออก 338
การทดลองที่ 2.1 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 338
ด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับฝรั่งเพื่อการส่งออก
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 341
บรรณานุกรม..... 341
ภาคผนวก 342
การทดลองที่ 2.2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 343
ด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับมะละกอเพื่อการส่งออก
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 346
บรรณานุกรม..... 346
ภาคผนวก 348

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

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

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย
(คณะผู้วิจัย)

สลักจิต พานคำ
Saluckjit Phankum
วลัยกร รัตนเดชากุล
Walaikorn Rattandechakul
ชัยณรัตน์ สนศิริ
Chainarat Sonsiri
มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์
Monnipa Srimartpirom
ปวีณา บูชาเทียน
Paweena Buchatian
พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์
Phuttipong Phangrerk
พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์
Pongsak Jinarite
ชุติมา อ้อมกิ่ง
Chutima Ormking
ศิริพร คงทวี
Siriporn Khongthawie

กรมวิชาการเกษตร

คำสำคัญ: การกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช, ศัตรูพืชกักกัน, แมลงวันผลไม้, การอบไอน้ำ, การอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์, การแช่น้ำร้อน, โอโซน, พริกหวาน, พริกจินดา, มะนาว, ส้มโอ, แก้วมังกร, มะละกอ, ฝรั่ง

Keywords: Plant quarantine treatment, Quarantine pests, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), *Bactrocera latifrons* (Hendel), *Bactrocera correcta* (Bezzi) Vapor Heat Treatment, Modified Vapor Heat Treatment, Hot Water Quarantine Treatment, Ozone, Bell pepper, Chili, Lime, Pummelo, Papaya, Dragon fruit, Guava

บทนำ

ผักและผลไม้สดที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ พริกหวาน มะนาว (พันธุ์แป้น และพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ขาวแตงกวา และทับทิมสยาม) มะละกอ (พันธุ์ฮอล์แลนด์) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) และฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) ไม่สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืช เนื่องจากประเทศไทยเป็นแหล่งแพร่ระบาดของแมลงวันผลไม้ และมีปัญหาไข่และหนอนแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) *B. latrifrons* (Hendel) และ *B. correcta* (Bezzi) ซึ่งเป็นศัตรูพืชกักกันที่สำคัญของต่างประเทศติดไปกับผักและผลไม้เหล่านั้น จากปัญหาดังกล่าวกลุ่มวิจัยการกักกันพืช กรมวิชาการเกษตรใช้วิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ด้วยความร้อน คือการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment) กับมะม่วงก่อนการส่งออกไปญี่ปุ่น เกาหลี และนิวซีแลนด์อยู่แล้วซึ่งเป็นวิธีกำจัดที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากมะม่วงแล้ว ผักและผลไม้ดังที่กล่าวมาข้างต้นเป็นที่ต้องการอย่างมากของต่างประเทศ ได้แก่ สหภาพยุโรป ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ ญี่ปุ่น เกาหลี และไต้หวัน ไม่สามารถส่งออกไปได้ จึงเป็นเรื่องเร่งด่วนและจำเป็นต้องทำการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* *B. latrifrons* และ *B. correcta* ด้วยความร้อนให้หมดสิ้นและเหมาะสมโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผักและผลไม้แต่ละชนิด ซึ่งการเปิดตลาดใหม่กับผักผลไม้ชนิดใหม่ต้องทำการวิจัยอบไอน้ำทุกครั้ง ผลสำเร็จของงานวิจัยนำไปใช้เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เจรจาต่อรองให้ไทยส่งออกไปสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* และ *B. latifrons* ด้วยความร้อนที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานด้านกักกันพืช สำหรับการส่งออกผักผลไม้ 11 ชนิด ได้แก่ พริก (พริกหวานและพันธุ์จินดา) มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้งและทับทิมสยาม) ฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีขาวและสีแดง) และ มะละกอ พันธุ์ฮอลแลนด์

2. เพื่อศึกษาผลกระทบของวิธีการอบไอน้ำต่อคุณภาพของพริก (พริกหวานและพันธุ์จินดา) มะนาว (พันธุ์แป้นและพิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ขาวแตงกวา และทับทิมสยาม) ฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีขาวและสีแดง) และ มะละกอ พันธุ์ฮอลแลนด์

โครงการวิจัยจะดำเนินการศึกษาวิจัยในปี 2559-2564 เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) *B. latrifrons* (Hendel) และ *B. correcta* (Bezzi) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูสำคัญด้านกักกันพืชที่มีอยู่ในรายชื่อศัตรูพืชกักกันประเทศ ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ สหภาพยุโรป การวิจัยมุ่งเน้นการใช้ความร้อน 2 วิธี คือ (1) วิธีอบไอน้ำ ใน 7 พืช ได้แก่ มะนาว (พันธุ์พิจิตร 1) ส้มโอ (พันธุ์ทับทิมสยาม) มะม่วง (พันธุ์มันเดือนเก้า) มะละกอ (พันธุ์ฮอล์แลนด์) แก้วมังกร (พันธุ์เนื้อสีแดงและสีขาว) เพื่อส่งไปประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ สำหรับพริกหวานและพริก (พันธุ์จินดา) วิจัยเพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป และ (2) วิธีแช่น้ำร้อน ใน 2 พืช คือ ฝรั่ง (พันธุ์กิมจู) และมะละกอ (พันธุ์ฮอลแลนด์) เพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป

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. นาน 0, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที 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

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

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

กรมวิชาการเกษตร

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, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 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 Oriental fruit fly on bell pepper *Capsicum annuum* L. fruit quality at 46 °C for 55 minute was able to kill the fruit fly *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 0:30 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 °C and kept at 5 and 10 °C 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 °C for 0, 1 and 2 hours, stored at 10 and 15 °C 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* at a temperature of 46.5 °C for 0, 10, 15, 20, 25 and 30 min. It was found that the insect mortality of 24h old egg were death 100% at 30 min. Fruit flies have an estimate for disinfestation according to Abbott equal to 4,356 individuals. . The most heat tolerant stage of *B. dorsalis,* first 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

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยวิธีการอบไอน้ำเพื่อการส่งออก

Research and Development on Disinfestation with Vapour Heat Treatment for Export

การทดลองที่ 1.1 ความเสียหายของพริกหวานจากวิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยเครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์

Effect of Commercial Vapor Heat Treatment for Controlling Oriental Fruit Fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel) on Bell Pepper *Capsicum annuum* L. Fruit Quality

วลัยกร รัตนเดชากุล รัชฎา อินทรกำแหง สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ
ชุติมา อ้อมกิ่ง ปวีณา บูชาเทียน พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์ นวลนิสา ตั้งสัจจะกุล
Walaikorn Rattandechakul Rachada Intarakumheng Saluckjit Phankumc Chainarat Sonsiri
Chutima Ormking Paweena Buchatian Phuttipong Phangrerk Pongsak Jinarite

คำสำคัญ: การกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช, ศัตรูพืชกักกัน, แมลงวันผลไม้, การอบไอน้ำ, การอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์, พริกหวาน
Key words: Plant quarantine treatment, Quarantine pests, Fruit fly, Vapor heat treatment, Vapor heat treatment, Modified vapor heat treatment, Bell pepper

ศรีนครินทร์

บทคัดย่อ

การทดลองศึกษาความเสียหายของพริกหวานจากวิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* Hendel ด้วยเครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และอายุการเก็บรักษาของพริกหวานหลังผ่านกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด โดยนำผลพริกหวานที่มีคุณภาพส่งออกมาอบไอน้ำในสภาพมีปริมาณพริกหวาน 25 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุในห้องอบไอน้ำและจำลองสภาพการส่งออกทางอากาศและทางเรือ พบว่าผลพริกทดลองในสภาพความจุ 25 เปอร์เซ็นต์ และ100 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไม่มีความแตกต่าง โดยผิวผลปรากฏอาการเหี่ยวย่นบางผลมีอาการเนื้อแตกบุ๋ม ก้านผลเป็นรอยแห้งดำเล็กน้อย ในผลพริกหวานชุดเปรียบเทียบผิวผลพบอาการเหี่ยวย่นเช่นกัน ตำแหน่งตะกร้าผลพริกหวานเรียงบนชั้นอบไอน้ำแต่ละชั้นไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลพริกแสดงว่าการกระจายความร้อนทั่วทุกตะกร้า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักผลพริกที่ผ่านการอบไอน้ำสูญเสียน้ำหนักมากกว่าพริกที่ไม่อบไอน้ำ (ชุดเปรียบเทียบ) และสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นเมื่อเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้น

Abstracts

Effect of commercial vapor heat treatment for controlling Oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel) on bell pepper *Capsicum annuum* L. fruit quality at 46 ℃ for 55 minute with relative humidity greater than 90 percent was able to kill the fruit fly B. dorsalis, the most heat-tolerant stage was studied in the condition of treated fruit contain at 25 percent and 100 percent of chamber capacity, and simulated air and sea shipment export conditions to Japan. It was found that the peppers were tested under 25 percent and 100 percent chamber capacity were no difference in physical change. The resulting of outer skin appears wrinkled. Some fruits have a dimpled texture. The stalk is slightly dry and black. The wrinkled skin were also found in control. The placement of bell pepper baskets arranged on each treated stack had no effect on the pepper quality, indicating that the heat distribution was evenly distributed across all baskets. Weight loss: on treated bell pepper lost more weight when stored for longer periods and when compare with control.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

ปัญหาการกักกันพืชระหว่างประเทศนับวันจะยุ่งยากและสลับซับซ้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวทางการค้าระหว่างประเทศอย่างรวดเร็ว การนำเข้าและส่งออกผักและผลไม้ทำให้มีความเสี่ยงสูงที่แมลงศัตรูพืชร้ายแรงด้านกักกันพืชจะแพร่ระบาดจากประเทศหนึ่งไปยังอีกประเทศหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงวันผลไม้ พริกหวานมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum annuum* L. จัดอยู่ในวงศ์ Solanaceae มีถิ่นกำเนิดในเม็กซิโก และอเมริกากลางเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคเหนือให้ผลตอบแทนสูง ประเทศญี่ปุ่นมีแนวคิดจะนำเข้าพริกหวานจากประเทศไทยหลังจากที่นำเข้าจากประเทศเกาหลีใต้ เนเธอร์แลนด์ และนิวซีแลนด์ โดยเกาหลีใต้มีส่วนแบ่งการตลาดมากที่สุดคือ 64 เปอร์เซ็นต์ หรือ16,252 ตัน รองลงมาเนเธอร์แลนด์ 21.3 เปอร์เซ็นต์ หรือ 5,416 ตัน นิวซีแลนด์ 14.7 เปอร์เซ็นต์ หรือ 1100 ตัน และโอมาน 0.1 เปอร์เซ็นต์ หรือ 25 ตัน (JETRO, 2011) ทั้งนี้แนวคิดการนำเข้าดังกล่าวเนื่องจากรัฐบาลทั้งสามประเทศได้ลดการสนับสนุนเกษตรกรเพื่อให้เป็นไปตามข้อตกลงขององค์การการค้าโลก (WTO) จึงต้องการนำเข้าจากไทยเพราะต้นทุนต่ำ ราคาขายพริกหวานที่ญี่ปุ่นลูกละ 50- 80 บาท หรือ 150-200 เยน อุดรและคณะ, 2554 พบว่าวิธีการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ *B.dorsalis* ในพริกหวานที่ อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียสและคงอุณหภูมิในผลพริกไม่ต่ำกว่า 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สามารถกำจัดไข่แมลงวันแมลงวันผลไม้อายุ 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุดในพริกหวานได้ 99.9968 % (Probit 9) ทำให้ไข่ *B. dorsalis* จำนวนไม่น้อยกว่า 35,778 ฟอง ไม่ฟักเป็นตัวหนอนหรือตายทั้งหมด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาด้านความเสียหายของพริกหวานจากวิธีการอบไอน้ำพบว่าการอบไอน้ำที่อุณหภูมิมากกว่า 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงขึ้นไปทำให้พริกหวานเกิดอาการขั้วเหี่ยวหรือเปลี่ยนเป็นสีดำ (Wilt calyx) เปลือกผิวย่น (shrink) โดยเกิดความเสียหายเล็กน้อยและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพด้านการบริโภค ส่วนอาการเกิดเนื้อยุบเป็นหลุมหรือมีรอยแตก (pitting) จะพบอาการรุนแรงเมื่อทำการอบไอน้ำผลพริกที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน อย่างไรก็ดี การศึกษาที่สมบูรณ์จะต้องทดสอบในสภาพเครื่องอบไอน้ำเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่เพื่อจะเสนอเป็นวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ในพริกหวานกับประเทศญี่ปุ่น

วิธีอบไอน้ำ (Vapor heat treatment, VHT) : เป็นกรรมวิธีให้ความร้อนกับผลไม้โดยอาศัยการหมุนเวียนไอน้ำร้อนผ่านผลไม้ อากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (Saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา วิธีการนี้เริ่มใช้เป็นครั้งแรกที่สหรัฐอเมริกาเมื่อปี พ.ศ. 2472 เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ 2 ชนิดในผลส้ม คือ แมลงวันผลไม้ *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), และแมลงวันผลไม้คาริบเบียน *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) (Baker, 1952) ในประเทศญี่ปุ่นเริ่มศึกษาวิจัยการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ในพริกยักษ์หรือพริกหวาน (Green pepper) เป็นครั้งแรกที่หมู่เกาะโอกินาวา พ.ศ. 2521 เนื่องจากว่าการรมด้วยสารเคมีเอธีลีนไดโบรไมด์ ทำให้พริกยักษ์เสียหาย (Sugimoto *et al*., 1983) โดยได้ทดสอบกระบวนการอบไอน้ำสำหรับกำจัดไข่และหนอนของแมลงวันผลไม้ในพริกยักษ์ ซึ่งประกอบด้วยการใช้เวลานานประมาณ 2 ชั่วโมง อบพริกยักษ์โดยหมุนเวียนอากาศร้อนอุณหภูมิ 43.9 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ห้องบรรจุผลไม้สำหรับอบไอน้ำมีพริกยักษ์ 90 ก.ก./ลบ.ม จนกระทั่งอุณหภูมิภายในสุดของผลพริกยักษ์เพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส เมื่อคงความร้อนภายในผลที่

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

อุณหภูมิ 43.4 นาน 3 ชั่วโมง ไม่พบความเสียหายของพริกยักษ์จากความร้อน และถ้าคงความร้อนภายในผลที่อุณหภูมิ 43.4 องศาเซลเซียส. นาน 3 ชั่วโมง สามารถกำจัดไข่แมลงวันผลไม้อายุ 24 ชั่วโมง จำนวน 133,110 ฟอง และหนอนวัยที่ 1 จำนวน 118,793 ตัว ในผลพริกยักษ์ตายทั้งหมด

ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2529 ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* และ *B. cucurbitae* ระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันของประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งออกมะม่วงไปยังประเทศญี่ปุ่น ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่า แมลงวันผลไม้หนอนวัยที่ 1 เป็นระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อการอบไอน้ำมากที่สุด ในสภาพที่ภายในห้องอบไอน้ำมีอุณหภูมิของอากาศ 47.5 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 98 เปอร์เซ็นต์ สามารถกำจัดหนอนแมลงวันผลไม้วัยที่ 1 ประมาณ 99,252 ตัว ซึ่งอยู่ภายในผลมะม่วงได้ทั้งหมด เมื่ออุณหภูมิภายในสุดผลของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นถึง 46.5 องศาเซลเซียสและปล่อยให้คงอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีกนาน 10 นาที ขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำบรรจุมะม่วงเต็มความจุ 150 กก./ลบ.ม. ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงทั้งหมดให้ถึง 46.5 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 110 นาที วิธีการอบไอน้ำสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 ชนิด อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ทำให้คุณภาพของมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ (อุดร และคณะ, 2529; Unahawutti et al., 1986) กระบวนการอบไอน้ำนี้ผ่านการยอมรับจากหน่วยงานกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่น ให้ใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2529 และรัฐบาลญี่ปุ่นแก้ไขข้อกำหนดในกฎหมายกักกันพืชอนุญาตให้นำเข้ามะม่วงพันธุ์หนังกลางวันจากประเทศไทยตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2530 (อุดร และคณะ, 2530, 2531) อุดรและคณะ, 2554 พบว่าวิธีการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ *B.dorsalis* ในพริกหวานที่ อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียสและคงอุณหภูมิในผลพริกไม่ต่ำกว่า 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สามารถกำจัดไข่แมลงวันผลไม้อายุ 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุดในพริกหวานได้ 99.9968 % (Probit 9) ทำให้ไข่แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนไม่น้อยกว่า 35,778 ฟอง ไม่ฟักเป็นตัวหนอนหรือตายทั้งหมด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาด้านความเสียหายของพริกหวานจากวิธีการอบไอน้ำในห้องทดลองพบว่าการอบไอน้ำที่อุณหภูมิมากกว่า 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงขึ้นไปทำให้พริกหวานเกิดอาการขั้วเหี่ยวหรือเปลี่ยนเป็นสีดำ (Wilt calyx) เปลือกผิวย่น (shrink) โดยเกิดความเสียหายเล็กน้อยและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพด้านการบริโภค ส่วนอาการเกิดเนื้อยุบเป็นหลุมหรือมีรอยแตก (pitting) พบอาการรุนแรงเมื่อทำการอบไอน้ำผลพริกที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน

การแช่น้ำร้อน (hot water treatment) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายประเทศโดยเฉพาะในแถบลาตินอเมริกา นอกจากนี้ยังมีการอนุมัติให้การแช่น้ำร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชด้านการกักกันพืช (quarantine treatment) แต่สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการแช่น้ำร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในฝรั่งมาก่อน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยเทคนิคการแช่น้ำร้อนสำหรับฝรั่งเพื่อการส่งออก โดยดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มบริหารศัตรูพืช สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืชและโรงคัดบรรจุผักและผลไม้ของบริษัทวีเอสเฟรชโก้จำกัด ระหว่างเดือนตุลาคม 2558 – กันยายน 2560 เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

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

กรมวิชาการเกษตร

1.2. นำผลพริกหวานขนาดต่างๆกัน (S M L) จำนวน 20 ผล/ขนาด วางในตระกร้าเดียวกันรวม 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 ตรวจสอบคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น ผิวผล ก้านผล โรค และอาการอื่นๆ เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซนต์ความหวานของผลพริกเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (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 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซนต์ความหวานของผลพริกเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) และบันทึกข้อมูล

1.5. นำผลพริกขนาดต่างๆกันจำนวน 10 ผล/ขนาด เก็บในสภาพจำลองการขนส่งทางเรือโดยเก็บที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 14 วัน ตรวจสอบคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น ผิวผล ก้านผล โรค และอาการอื่นๆ เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซนต์ความหวานของผลพริกเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (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

เวลาและสถานที่

เวลา ตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2561

สถานที่ -โรงงานอบไอน้ำ บริษัท พีแอนด์เอฟ เทคโน จำกัด และบริษัท คิง เฟรช ฟาร์ม จำกัด

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

ผลการวิจัย (Results)

กรมวิชาการเกษตร

1. อบไอน้ำในสภาพที่มีปริมาณพริกหวาน (Loading capacity) 25 เปอร์เซ็นต์ของความจุ

การทดลองนี้อบผลพริกในกระบะที่เรียงซ้อนกัน 2 ชั้น ผลการตรวจสอบคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเป็นเวลา 2 วัน 4 วัน 6 วันหลังอบไอน้ำ ผลพริกทดลองที่เรียงในชั้นวางผลไม้ชั้นล่าง (Floor 1) และชั้นบน (Floor 2) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไม่มีความแตกต่าง โดยผิวผลปรากฏอาการเหี่ยวย่น บางผลมีอาการเนื้อแตกบุ๋ม ก้านผลเป็นรอยแห้งดำเล็กน้อย ในผลพริกหวานชุดเปรียบเทียบผิวผลพบฏอาการเหี่ยวย่นเช่นกัน เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักผลพริกที่ผ่านการอบไอน้ำสูญเสียน้ำหนักมากกว่าพริกที่ไม่อบไอน้ำ(ชุดเปรียบเทียบ) และสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นเมื่อเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลพริกที่เก็บนาน 6 วัน มีความหวานมากกว่าผลพริกเก็บนาน 2 และ 4 วัน ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบพริกหวานในสภาพจำลองการส่งออกทางอากาศและทางเรือ เมื่อเก็บพริกหวานไว้ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าผลพริกสูญเสียน้ำหนักมากกว่าในสภาพจำลองการส่งออกทางเรือ (ตารางที่ 2) ตำแหน่งตะกร้าผลพริกหวานเรียงบนชั้นอบไอน้ำแต่ละชั้นไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลพริกแสดงว่าการกระจายความร้อนทั่วทุกตะกร้า

2. อบไอน้ำในสภาพที่มีปริมาณพริกหวาน (Loading capacity) 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุ

การทดลองนี้ทำการอบผลพริกในกระบะที่เรียงซ้อนครบทุกชั้น ผลการตรวจสอบคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเป็นเวลา 2 วัน 4 วัน 6 วันหลังอบไอน้ำ ผลพริกทดลองทุกขนาดที่เรียงในแต่ละตะกร้าพบอาการเหี่ยวย่น ผลที่เก็บไว้ที่ 4 วันและ 6 วันมีอาการเนื้อแตกบุ๋ม ก้านผลเป็นรอยแห้งดำเล็กน้อย ในผลพริกหวานชุดเปรียบเทียบผิวผลพบอาการเหี่ยวย่น เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักผลพริกที่ผ่านการอบไอน้ำสูญเสียน้ำหนักมากกว่าพริกที่ไม่อบไอน้ำ (ชุดเปรียบเทียบ) และสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นเมื่อเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3) ผลการตรวจสอบพริกหวานในสภาพจำลองการส่งออกทางอากาศและทางเรือ พบว่าการส่งออกทางเรือผลพริกสูญเสียน้ำหนักมากกว่า (ตารางที่ 4-7) ตำแหน่งตะกร้าผลพริกหวานเรียงบนชั้นอบไอน้ำแต่ละชั้นไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลพริกแสดงว่าการกระจายความร้อนทั่วทุกตะกร้า

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

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

บรรณานุกรม

อุดร อุณหวุฒิ รัชฎา อินทรกำแหง. สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ ธาริณี นาแสวง มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และ ชุติมา อ้อมกิ่ง 2554. การพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนเพื่อการส่งออกพริกหวานไปประเทศญี่ปุ่น ผลงานวิจัยระดับดี โครงการเร่งด่วนกรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2554 กรมวิชาการเกษตร: กรุงเทพฯ. 100 หน้า

กรมวิชาการเกษตร

อุดร อุณหวุฒิ จำลอง เจตนะจิตร มานะ พุ่มทอง พวงผกา คมสัน อวยชัย สมิตะสิริ จำลอง ลภาสาธุกุล วลัยกร วรวิศิษฏ์ธำรง และรัชฎา อินทรกำแหง. 2529. การประเมินประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* และ B. *cucurbitae* ในมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน. วารสารวิชาการเกษตร. 4:43-66.

Baker AC. 1952. The vapor-heat process. In: USDA, editor. Insects: the yearbook of agriculture. Washington (DC): US Gov Print Off. p. 401–404.

Sugimoto, T., K. Furusawa and M. Mizobuchi. 1983. Effectiveness of vapor heat treatment against the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel, in green pepper and fruit tolerance to the treatment. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 19: 81-88.

Unahawutti, U., C. Chettnachitara, M. Poomthong, P. Komson, E. Smitasiri, C. Lapasathukool, W. Worawisitthumrong and R. Intarakumheng. 1986. Vapor heat treatment for 'Nang klangwan' mango, *Mangifera indica* Linn., Infested with eggs and larvae of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel and the melon fly, *D. cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approved of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. Tech. Plant Quarant. Sub Div., Agr. Regulat. Div., Dept. of Agr., Bangkok. 108 p.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

Table 1 Weight loss and % brix on bell pepper treated at 2 5 % load capacity vapor heat treatment at 2 day 4 day and 6 day after treatment

VHT 46°C 55 min	Fruit size	25% load capacity					
		% Weight loss			% Brix		
		2D	4D	6D	2D	4D	6D
Floor 1	S	5.42	6.68	7.41	4.88	4.86	5.79
	M	5.94	6.91	6.84	4.72	4.69	5.84
	L	5.26	6.05	6.29	4.60	4.51	5.91
Floor 2	S	6.57	6.56	6.81	5.00	4.89	6.06
	M	5.14	6.78	6.66	4.82	5.04	5.71
	L	5.26	6.58	6.18	4.72	4.79	5.78
Control	S	5.03	6.50	8.06	5.37	5.43	5.47
	M	4.83	6.18	7.75	4.56	4.96	5.57
	L	4.83	5.86	8.22	4.67	4.99	5.26
CV (%)		13.58	25.76	25.10	23.67	21.84	31.6

Table2 Weight loss and % brix on bell pepper treated at 2 5 % load capacity vapor heat treatment during air and sea shipment simulation tests

VHT 46°C 55 min	Fruit size	25% load capacity							
		Air simulation				Sea simulation			
		% Weight loss		% Brix		% Weight loss		% Brix	
		FL 1	FL 2	FL 1	FL 2	FL 1	FL 2	FL 1	FL 2
Basket 1	S	4.91	5.09	5.14	5.04	15.37	14.21	5.96	5.41
	M	4.86	4.94	5.09	4.76	12.79	21.02	5.10	4.94
	L	4.13	4.59	4.94	4.59	14.08	14.28	5.04	4.99
Basket 2	S	4.29	4.82	4.59	4.81	14.82	14.52	5.34	4.99
	M	4.93	4.77	4.82	4.54	14.88	13.61	4.97	5.13
	L	4.54	5.26	4.77	5.01	14.51	13.06	4.99	4.90
Basket 3	S	3.88	5.18	5.26	4.14	13.48	15.12	5.06	4.90
	M	4.53	4.67	5.18	4.64	14.06	13.48	5.34	5.21
	L	4.42	5.09	4.67	4.75	13.63	15.19	5.07	4.98

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Control	S	4.05		5.96		16.15		5.88	
	M	3.41		5.42		15.44		5.98	
	L	3.85		4.75		17.49		5.43	
CV (%)		10.87	20.29	29.64	27.77	30.22	27.39	8.95	4.57

Table 3 Weight loss and % brix on bell pepper treated at 100 % load capacity vapor heat treatment at 2 day 4 day and 6 day after treatment

VHT 46°C 55 min	Fruit size	100 % load capacity					
		% Weight loss			% Brix		
		2D	4D	6D	2D	4D	6D
Floor 1	S	8.17	9.30	11.32	4.24	4.56	4.54
	M	7.78	9.24	14.04	4.34	4.50	4.53
	L	7.88	9.29	10.69	4.24	4.64	4.60
Floor 2	S	7.49	8.35	10.79	3.98	4.70	4.44
	M	7.50	8.90	10.83	3.78	4.49	4.58
	L	6.95	7.92	11.41	4.07	4.44	4.83
Floor 3	S	7.47	9.54	12.24	4.10	4.62	4.59
	M	7.94	9.37	11.17	4.37	4.34	4.40
	L	5.95	7.65	10.46	3.75	4.60	4.27
Floor 4	S	9.23	8.73	11.48	3.58	4.66	4.54
	M	8.07	10.21	11.37	3.67	4.64	4.94
	L	5.79	9.55	9.53	4.04	4.60	4.63
Floor 5	S	7.24	8.59	14.08	3.90	4.52	4.79
	M	7.84	9.22	11.57	4.26	4.61	4.14
	L	5.95	7.66	9.31	4.08	4.45	4.05
Floor 6	S	7.31	13.04	10.58	4.50	4.72	4.65
	M	12.87	9.14	10.78	3.96	4.72	4.65
	L	6.14	10.76	10.28	4.08	4.53	4.68
Control	S	6.17	8.61	10.66	4.66	4.84	5.05
	M	7.45	7.95	10.44	4.67	5.03	4.51
	L	5.16	9.21	8.20	4.64	4.81	4.65
CV (%)		22.9	18.78	16.35	8.81	10.52	10.33

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Table 4 Percent weight loss on bell pepper treated at 100% load capacity vapor heat treatment during air shipment simulation test

VHT 46°C 55 min	Fruit size	Air shipment simulation					
		100% load capacity % Weight loss					
		FL 1	FL 2	FL 3	FL 4	FL 5	FL6
Basket 1	S	6.08	4.98	4.89	5.59	5.68	5.89
	M	5.62	5.47	5.35	5.10	5.84	4.74
	L	5.21	5.29	5.50	6.14	5.24	5.32
Basket 2	S	4.88	4.87	5.33	5.78	5.35	5.22
	M	5.01	8.30	8.42	6.44	8.66	8.36
	L	5.22	5.03	5.62	5.21	5.83	5.14
Basket 3	S	5.43	5.09	4.47	5.27	5.34	5.62
	M	5.55	4.84	5.20	5.88	5.31	4.97
	L	6.29	5.29	4.77	5.35	5.13	5.59
Control	S			5.03			
	M			5.13			
	L			5.29			
CV (%)		23.5	18.5	23.5	27.2	21.8	17.7

Table 5 Percent brix on bell pepper treated at 100% load capacity vapor heat treatment during air shipment simulation tests

VHT 46°C 55 min	Fruit size	Air shipment simulation					
		100% load capacity - % Brix					
		FL 1	FL 2	FL 3	FL 4	FL 5	FL6

Basket 1	S	4.20	4.21	4.23	3.76	4.26	4.01
	M	4.00	4.41	4.12	4.14	4.12	4.01
	L	4.12	4.67	3.88	4.24	4.12	4.22
Basket 2	S	4.02	4.17	4.59	4.13	4.25	4.13
	M	4.48	4.59	4.83	3.92	4.21	4.19
	L	4.34	4.58	4.59	3.92	4.14	4.26
Basket 3	S	4.41	4.40	4.61	4.36	4.00	4.30
	M	4.69	4.24	5.11	4.47	4.07	3.98
	L	4.74	4.36	4.71	4.57	4.16	4.22
Control	S			4.28			
	M			4.23			
	L			4.54			
CV (%)		9.01	8.70	9.45	11.23	10.59	11.17

Table 6 Percent eight loss on bell pepper treated at 100% load capacity vapor heat treatment during sea shipment simulation test

VHT	Fruit size	Sea shipment simulation					
46°C 55 min		100% load capacity - % Weight loss					
		FL 1	FL 2	FL 3	FL 4	FL 5	FL6
Basket 1	S	13.75	15.40	14.66	13.85	13.75	13.75
	M	13.74	15.63	13.53	15.70	12.09	13.74
	L	13.36	15.27	13.71	15.37	13.36	13.36
Basket 2	S	12.86	17.84	13.41	14.59	12.86	12.86
	M	14.35	16.86	12.89	14.79	13.30	14.35
	L	14.17	17.46	13.14	12.73	14.17	14.17
Basket 3	S	12.98	13.94	15.51	16.08	15.36	12.98
	M	15.22	15.82	13.94	17.47	15.22	15.22
	L	14.05	14.66	13.54	16.63	14.05	14.05
Control	S			15.37			
	M			16.83			
	L			15.91			
CV (%)		12.91	16.65	18.61	18.64	10.29	12.91

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Table 7 Percent brix on bell pepper treated at 100% load capacity vapor heat treatment during sea shipment simulation test

VHT 46°C 55 min	Fruit size	Sea shipment simulation					
		100% load capacity - % Brix					
		FL 1	FL 2	FL 3	FL 4	FL 5	FL6
Basket 1	S	4.72	4.33	4.51	4.25	4.46	4.42
	M	4.53	4.40	4.35	4.44	4.50	4.60
	L	4.25	4.45	4.84	4.70	4.58	4.62
Basket 2	S	4.54	4.19	4.54	4.27	4.39	4.38
	M	4.47	4.27	4.44	4.29	4.39	4.67
	L	4.47	4.45	4.54	4.42	4.39	4.54
Basket 3	S	4.83	4.43	4.33	4.31	4.59	4.46
	M	4.48	4.48	4.45	4.32	4.44	4.29
	L	4.49	4.52	4.66	4.49	4.47	4.70
Control	S	5.11					
	M	5.17					
	L	5.31					
CV (%)		8.20	10.57	7.87	8.02	7.19	6.53

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลมะมะนาวแป้นเพื่อการส่งออก

Research and Development of Heated Air Quarantine Treatment to Control the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) on lime for export

สลักจิต พานคำ วลัยกร รัตนเดชากุล ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์
ปวีณา บูชาเทียน พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์ ชุติมา อ้อมกิ่ง
Saluckjit Phankum Walaikorn Rattandechakul Chainarat Sonsiri Monnipa Srimartpirom
Paweena Buchatian Phuttipong Phangrerk Pongsak Jinarite Chutima Ormking

คำสำคัญ: วิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช, แมลงวันผลไม้, มะนาว, ทดสอบการตาย, ผลไม้ส่งออก
Key words: Plant quarantine, Fruit fly, Lime, Disinfestation, Export fruit

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำในการกำจัดแมลงวันทอง oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลมะนาว *(Citrus aurantifolia* Swing.) โดยศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระหว่างไข่อายุ 24 ชั่วโมงและหนอนวัยที่ 1 เพื่อยืนยันไข่เป็นระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด โดยอบมะนาวกำจัดไข่และหนอนวัยที่ 1 ที่อุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 30, 35 และ 40 นาที ผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่าไข่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที สามารถกำจัดไข่ให้ตายทั้งหมด จากผลการทดลองนี้ ได้เสนอให้มีการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที เพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดไข่และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันทองในผลมะนาวก่อนส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น

อบมะนาวแป้น *(C. aurantifolia)* ในสภาพที่มีปริมาณมะนาวในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องอบความร้อนประมาณ 33, 66, 99 และ 132 กก./ลบม. ด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยการให้ความร้อนกับมะนาวเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลให้คงอยู่ที่ 46°ซ. นาน 0:40 ชั่วโมง 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. มีมะนาวเสียหายค่อนข้างมาก โดยมะนาวเสียหายส่วนมากจะพบในกระบะบรรจุผลในบริเวณด้านบน

แมลงวันทอง *B. dorsalis* ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาว *(C. aurantifolia*) ตายทั้งหมดเมื่อผ่านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วยการหมุนเวียนอากาศร้อน อิ่มตัวด้วยไอน้ำความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิผลสูงขึ้นไปอย่างช้าๆให้ความร้อนผลมะนาวจนกระทั่งบริเวณกลางผลอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 46°ซ. และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 °ซ. เป็นเวลานาน 40 นาที ลดอุณหภูมิผลมะนาวทันทีหลังจากสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน การลดอุณหภูมิผลมะนาวแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ 1. เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง 2. พ่นด้วยน้ำ 10 นาที ผลการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวข้างต้นพบว่าสามารถกำจัดไข่ไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) จำนวนประมาณ 112,016 ฟอง ในผลมะนาวตายทั้งหมด โดยคุณภาพผลมะนาวไม่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ หรือมีเปลี่ยนแปลงไปจากปกติเล็กน้อย จากการประเมินยอมรับได้ ข้อมูลจากงานวิจัยนี้และงานวิจัยที่ผ่านมา จึงขอเสนอกระบวนการกำจัดแมลงวันดังกล่าวข้างต้นเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับใช้กำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวของไทยก่อนส่งออกจำหน่ายยังประเทศที่ห้ามนำเข้าผลมะนาวจากประเทศไทย

Abstracts

Vapor heat treatment (VHT) was tested for its effectiveness to destroy the oriental fruit fly (OFF), *Bactrocera dorsalis (*Hendel*)* in lime *(Citrus aurantifolia* Swing.) the experiment, the tolerance of eggs and 1st instar larvae to VHT were investigated to reconfirm that egg is the most tolerant developmental stage of OFF in lime. Fruits infested with 24-hours-old eggs and first instar larvae were subjected to VHT at fruit center temperature of 46 ° C for 30, 35 and 40 min. The result could be reconfirmed that egg is the most tolerant developmental stage. Based on results of this experiment, we proposed a minimum of 40 minute at fruit center temperature of 46 ° C to be evaluated further as a potential post-harvest quarantine treatment to disinfest lime of eggs and all larval instars of the OFF prior to export to Japan.

To investigate the effect of loading on lime (*C. aurantifolia*) fruit injury, lime were subjected to vapor heat treatment (VHT) fruits were loaded in treatment chamber for approximately 33, 66, 99 and 132 kg/cum. Fruit were heated by high temperature air saturated with water vapor until fruit center temperature attained 46℃ and kept at this temperature for 0:40 h. Immediately after treatment, heated fruit were air-cooled for 1 hour and subsequently, stored in cool storage room at 12±2℃ for 7 days. The results indicated that heat injuries was observed on test fruits. Pericarp loading. At fruit load of 33 and 66 kg/ cum., no thermal damage from the peeling effect was yellowed. The smell of oil glands on the pericarp. And other symptoms while the heat damage of lime was found when the lime was at load in the condition of 99 and 132 kg/ cum. The damaged was very severe at fruit load of 132 kg/ cum. and was usually found on fruits containing in the upper level containers.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Complete mortality of 24 hour-old eggs of the *B. dorsalis* on lime (*C. aurantifolia* Swing.) was achieved, when the infested lime were exposed to vapor heat treatment (VHT). The treatment stepped of heating lime with vapor heat treatment 93 % RH after ambient temperature to 30 minute and the fruit pulps were then gradually warmed to 4 6°C and maintained 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 112,016 eggs survive. Under commercial export simulation tests, the treatment had no effect on fruit quality. Based on these results and those from previous studies, we proposed the above treatment as a post-harvest disinfestation treatment to disinfest lime of the OFF before export to countries which prohibit the importation of lime from Thailand

บทนำ (Introduction)

การส่งมะนาว (*Garcinia mangostana* Linn.) ไปประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืช ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลี ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสหรัฐอเมริกา จำเป็นต้องผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนส่งออก ได้มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) เพื่อใช้เป็น วิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) สำหรับกำจัดแมลงวันทอง oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera : Tephritidae) ในผล,tok; ผลการศึกษาพบว่า ระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันทองที่พบทำลายอยู่ภายในผลมะนาว ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง มีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุด (สลักจิต และคณะ, 2558) จากผลการศึกษาเบื้องต้นกำจัดไข่แมลงวันทองในผลมะนาวที่ผ่านมา ปรากฏว่าเมื่อมะนาวผ่านกรรมวิธีอบไอน้ำที่อุณหภูมิภายในสุดผลตรงบริเวณกึ่งกลางผล คงอยู่ที่ระดับ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 40 นาที แมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาวจะตายทั้งหมด โดยในการศึกษาเบื้องต้นกำจัดแมลงแต่ละอุณหภูมิที่กำหนดจะทดลองกำจัดไข่เป็นจำนวนน้อยประมาณ 700-1,000 ฟองเท่านั้น เนื่องจากวิธีอบไอน้ำเป็นวิธีการที่มีแนวโน้มจะสามารถกำจัดแมลงวันทองได้อย่างมีประสิทธิภาพได้มาตรฐานของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ดังนั้น จึงควรที่จะมีการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการนี้กับแมลงเป็นจำนวนมาก รายงานผลการวิจัยต่อไปนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ (1). เพื่อยืนยันผลการศึกษาว่าไข่อายุ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาวทนทานต่อความร้อนวิธีอบไอน้ำมากที่สุด (2) เพื่อกำหนดกระบวนการอบไอน้ำที่มีประสิทธิภาพกำจัดไข่จำนวนไม่น้อยกว่า 3,000 ฟอง ในผลมะนาวให้ตายทั้งหมด

การกำจัดแมลงวันผลไม้ (Diptera: Tephritidae) และผลไม้สดโดยใช้วิธีรมด้วยสารเคมีเอธีลีนไดโบร์ไมด์ (ethylene dibromide, EDB) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้กันอย่างแพร่หลายในสมัยก่อน แต่หลังจากการศึกษาพบว่า เอธีลีนไดโบร์ไมด์เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็ง (Anonymous, 1984) การใช้เอธีลีนไดโบร์ไมด์จึงลดน้อยลงและถูกห้ามใช้กับผักผลไม้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 วิธีการหนึ่งที่กลับมาให้รับความสนใจศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวาง ได้แก่ วิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการให้ความร้อนกับผลไม้โดยอาศัยอากาศเป็นสื่อนำความร้อน สามารถนำมาพัฒนาใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้หลายชนิดก่อนส่งออก เช่น มะละกอ (*Carica papaua*

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Linn.) (Sunagawa *et al*., 1989; Armstrong dt al., 1995) มะเขือ (*Solanum melongena* Linn.) (Furusava *et al*.,) ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) (Guangquin *et al*., 1988 Kuo, 1988: Kuo *et al*., 1990) มะม่วง (*Mangifeta indica* Linn.) (Merino *et al*., 1985; Unahawutti *et al*., 1986, 1991; Kuo *et al*.., 1987; Sunagawa *et al*., 1987; Mangan and Ingle, 1992; Heather *et al*., 1996) แตง (*Cucumis melo* Linn. Var. *cantalupensis*) (Iwata *et al*., 1990) ส้มเกรฟฟรุท (*Citrus paradise* Macf.) (Mangan and Ingle, 1994) พริกยักษ์ (*Capsicum annuum* Linn.) (Sugimoto *et al*., 1983) และ มะระ (*Momordica charantia* Linn.) (Sunagawa *et al*., 1988) เป็นต้น

มีรายงานว่ามะนาวแป้น *(Citrus aurantifolia* Swing.) เป็นพืชอาศัยของแมลงวันทอง oriental fruit fly, *Bactrocera dosalis* (Hendel) (White and Elson Harris, 1992) มีการวิจัยพัฒนาวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment) เพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) สำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวก่อนส่งออก จากการศึกษาวิจัยด้านความเสียหายของมะนาวจากความร้อน (fruit injury test) พบว่า ความเสียหายของมะนาวจากอาการดังกล่าวนี้สามารถที่จะป้องกันได้หลายวิธีการ โดยความร้อนจากวิธีอบไอน้ำทำให้ผลมะนาวบางส่วนเกิดความเสียหายแต่ไม่รุนแรงมี 3 อาการได้แก่ ผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (color change on lime rind from green color to yellow) รสชาติเปรี้ยวเป็นรสขม (Flover change from sour to bitter) กลิ่นหอมของผิวเปลือกลดลง (odoriferous) ความพยายามแก้ไขปัญหาความเสียหายของมะนาวจากความร้อนวิธีอบไอน้ำสลักจิต และคณะ (2556) การอบมะนาวด้วยวิธีอบไอน้ำ โดยวิธีเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปถึงระดับกำหนดอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาสั้น เปรียบเทียบกับวิธีเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปแต่ละระดับอย่างช้าๆ ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ระดับ 93 % เปรียบเทียบคุณภาพของมะนาวเมื่ออุณหภูมิภายในผลคงที่ 46 และ 47° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง การอบไอน้ำมะนาวด้วยการให้ความร้อนทั้ง 2 วิธีไม่ทำให้เนื้อมะนาวเกิดความเสียหาย

มะนาว *Citrus aurantifolia* Swing. เป็นพืชอาศัยของแมลงวันทอง oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera : Tephritidae) จึงไม่สามารถส่งออกมะนาวไปยังประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืช ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลี ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสหรัฐอเมริกา เว้นแต่ต้องผ่านการกำจัดแมลงก่อนส่งออก ได้มีการศึกษาวิธีกำจัดแมลงวันด้วยความร้อนโดยอาศัยอากาศที่เป็นสื่อนำความร้อน คือวิธีการอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) เพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) สำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาว ผลการศึกษาเบื้องต้น ระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันทองที่พบทำลายอยู่ภายในผลมะนาว พบว่าระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง มีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุด (สลักจิต และคณะ, 2558) สอดคล้องเช่นเดียวกันกับผลการศึกษาเบื้องต้น ระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันทองที่พบทำลายอยู่ภายในผลมังคุด ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง มีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุด (อุดร และคณะ, 2544 ก)

สลักจิต และ คณะ (2558) อบมะนาวกำจัดแมลงวันผลไม้ระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ด้วยการแยกอบแมลงแต่ละระยะการเจริญโตในเครื่องตู้อบความร้อน โดยอบมะนาวด้วยอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบอัตราการตายของแมลงเมื่ออุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 46 องศา

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

เซลเซียส นาน 0, 10, 20, 30 40 50 และ 60 นาที สำหรับในการทดลองที่ 2 อบมะนาวกำจัดแมลงระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 ในเครื่องตู้อบความร้อนตู้เดียวกัน โดยให้ความร้อนเหมือนกับในการทดลองที่ 1 เปรียบเทียบอัตราการตายของแมลงที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ในการทดลองที่ 1 อบที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที พบว่าหนอนวัยที่ 2 ตายทั้งหมด สำหรับหนอนวัยที่ 1 และ 3 พบว่าตายทั้งหมดเมื่อใช้เวลานาน 30 นาที และพบว่าระยะไข่ตายทั้งหมดเมื่อใช้เวลานานถึง 40 นาที ในการทดลองที่ 2 อบมะนาวกำจัดแมลงระยะไข่ เทียบกับหนอนวัยที่ 1 ผลการทดลอง ที่อุณหภูมิดังกล่าว และระยะเวลานาน 30 นาที อัตราการตายของไข่และหนอนวัยที่ 1 เท่ากับ 98.75 และ 99.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะไข่ มีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุด

อุดร และ สลักจิต (2554) ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. นาน 1:25, 1:30, และ 1:35 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลา 1:30 ชั่วโมง สามารถกำจัดแมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง จำนวนไข่ไม่น้อยกว่าประมาณ 3,800 ฟอง ในผลมังคุดตายทั้งหมด สลักจิต และ คณะ (2560) ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. นาน 30, 35 และ 40 นาที พบว่าที่ระยะเวลา 40 นาที สามารถกำจัดแมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง จำนวนไข่ไม่น้อยกว่าประมาณ 3,000 ฟอง ในผลมะนาวตายทั้งหมด ประสิทธิภาพของกระบวนการกำจัดแมลงวันทองดังกล่าวข้างต้นจึงมีแนวโน้มสูงที่จะใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยทั่วไป กระบวนการกำจัดแมลงที่ได้มาตรฐานยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ต้องมีประสิทธิภาพการกำจัดแมลงสูงมาก ให้ความมั่นใจได้ว่าจะไม่มีแมลงรอดชีวิตติดไปกับผลไม้ ไปเจริญแพร่พันธุ์อย่างถาวรในประเทศปลายทาง หน่วยงานกักกันพืชของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดหลักเกณฑ์สำหรับวิธีการกำจัดแมลงที่จะใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้ก่อนส่งออก ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ต่ำสุดที่ระดับ 99.9968 เปอร์เซ็นต์ (probit 9) (Baker, 1933) นั้นคือให้มีแมลงรอดชีวิตได้ไม่เกินจำนวน 3 ตัว จากจำนวนแมลงที่ผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชทั้งหมดจำนวน 100,000 ตัว ขณะที่หน่วยงานกักกันพืชญี่ปุ่นกำหนดให้มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้จำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ได้ทั้งหมด รายงานผลการวิจัยต่อไปนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ

(1). เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. นาน 40 นาที ในการกำจัดไข่แมลงวันทองอายุ 24 ชั่วโมง จำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ได้ทั้งหมด เพื่อการยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

(2). เพื่อศึกษาความเสียหายของมะนาวหลังจากผ่านกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. นาน 40 นาที และเก็บไว้ภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ผลมะนาวจากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออกที่ได้มาตรฐาน

กรมวิชาการเกษตร

2. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
3. เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
4. ปรอทวัดความร่อนมาตรฐาน (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 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

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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 กรรมวิธีที่อากาศร้อนอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับภายในช่วงเวลากำหนด (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) เก็บมะนาวทดลองตามราย ละเอียดใน สลักจิต และ คณะ (2557) 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

กรมวิชาการเกษตร

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

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. การยืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวแป้น

ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (model : EHK-1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จำนวน 2 เครื่อง แมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมงที่ใช้ในการทดลองได้จากแมลงวันทองตัวเต็มวัยซึ่ง

กรมวิชาการเกษตร

เลี้ยงไว้เป็นจำนวนมากในห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเทียม (artificial diet) สูตรข้างโพดป่น (Watanabe et al., 1973) การเลี้ยงแมลงให้ได้จำนวนมากในห้องปฏิบัติการมีขั้นตอนและวิธีการดังรายละเอียด ในสลักจิต และ คณะ (2558) แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลอง โดยแต่ละขั้นการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การประเมินประสิทธิภาพการกำจัดแมลง

3.1.1 วิธีการเตรียมมะนาวทดลอง: มะนาวใช้ในการทดลองมีผลขนาดกลาง น้ำหนัก 35-45 กรัม/ผล ผลมะนาวแป้นที่นำมาผ่านความร้อนต้องเป็นผลมะนาวแป้นที่แก่จัด ผลสีเขียว (สลักจิต และคณะ, 2559) 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

กรมวิชาการเกษตร

(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 หลังจากนั้นเก็บมะนาวไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอุณหภูมิ 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 จากนั้นนำผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร

มะนาวกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผล เสียบด้วยแท่งวัดความร้อนวางลงในตรงกลางกระบะชั้นบนสุดเพื่อยืนยันความร้อนภายในตู้ซึ่งเป็นตำแหน่งจุดที่ความร้อนขึ้นเร็วที่สุด

การยืนยันประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำโดยทำการอบมะนาวกำจัดไข่แมลงวันทองตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

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 เปิดประตูห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องต้อบความร้อนทันทีและลดอุณหภูมิผลมะนาวโดยวิธี 1. เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง และ 2. ฉีดพ่นน้ำนาน 10 นาที เป่าด้วยลมให้แห้งประมาณ 50 นาที หลังจากนั้นเก็บมะนาวทดลองตามรายละเอียดใน สลักจิตและคณะ (2559) ในกระบะพลาสติกขนาด 36 x 54 x 15 ซม. นำไปเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองอบมะนาวตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้ว จนกระทั่งมีแมลงในผลมะนาวทดลองที่ผ่านความร้อนจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว

3.2 การประเมินความเสียหายต่อคุณภาพผลมะนาว

การศึกษาความเสียหายของมะนาวในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเครื่องบินและทางเรือ ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องต้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ 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 ต้องถูกวางไว้ในกะบะด้านบนสุด ซึ่งเป็นตำแหน่งร้อนที่สุดของตู้ ผลมะนาวแป้นที่นำมาผ่านความร้อนต้องมีลักษณะที่แก่จัด ผลสีเขียว ผลขนาดกลาง น้ำหนัก 35-45 กรัม/ผล ทำการทดลองกับมะนาวจากแหล่งปลูกจังหวัดเพชรบุรี ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม นครปฐม ชัยนาท พิจิตร ศรีสะเกษ เพื่อศึกษาความเสียหายของมะนาวจากความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำ โดยจำลองในสภาพการส่งออกมะนาวทางเครื่องบิน และ ทางเรือ โดยอบมะนาวภายใต้ข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

กรมวิชาการเกษตร

(1). อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้	=	47.5 ° ซ.
(2). อุณหภูมิภายในสุดผลมะนาว	=	46 ° ซ.
(3). คงระดับอุณหภูมิภายในสุดของผลมะนาว	=	0:40 ชั่วโมง
(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 หลังจากนั้นมะนาวทดลองเก็บมะนาวทดลอง ตามรายละเอียดใน สลักจิตและคณะ (2559) กระบะพลาสติกบรรจุมะนาวทดลองขนาด 36 x 54 x 15 ซม. วางไว้ในชั้นเหล็กในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์

การบันทึกผล

1. เปลือก เนื้อเป็นสีน้ำตาล
2. กลิ่นหอมเปลือก
3. รสชาติ
4. อาการเกิดโรค
5. ความเสียหายที่เกดจากความร้อน
6. ความเป็นกรด
7. การสูญเสียน้ำหนัก
8. การเปลี่ยนสีเปลือก

เวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2559 **สิ้นสุด** กันยายน 2561

กรมวิชาการเกษตร

กลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร สวนมะนาวแป้น จังหวัดสมุทรสาคร นครปฐม เพชรบุรี ตลาดไท ตลาดสี่มุมเมือง

ผลการวิจัย และอภิปรายผล (Results and Discussion)

Table 1 แสดงเวลาในการอบมะนาวให้อุณหภูมิผลคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 30, 35 และ 40 นาที รวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ในการทดลองอบมะนาวแต่ละครั้ง โดยการอบมะนาวให้อุณหภูมิภายในสุดผลเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียสนั้น มะนาวซึ่งมีแมลงวันทองระยะไข่และหนอนวัยที่1 อยู่ภายในผล โดยใช้เวลาเร็วที่สุดจากการอบเป็นการทดลองของซ้ำที่ 4 โดยใช้เวลา 2:15 2:22 และ 2:25 ชั่วโมง และระยะไข่ในผลใช้เวลาช้าที่สุดเป็นการทดลองอบมะนาวของซ้ำที่ 5 โดยใช้เวลา 2:20 2:25 และ 2:30 ชั่วโมง การทดลองทั้ง 5 ซ้ำ ระยะเวลาที่ใช้ในการอบไอน้ำใกล้เคียงกันมากมีความแตกต่างเพียง 5 นาทีเท่านั้น โดยดูจากการเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส ซึ่งแมลงวันทองระยะไข่และหนอนวัย1 อยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองอบมะนาวเพื่อกำจัดไข่ และหนอนวัยที่ 1 รวมในเครื่องตู้อบความร้อนเดียวกัน ทั้งไข่และหนอนวัยที่ 1 อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เดียวกัน

ที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส นาน 30, 35 และ 40 นาที แมลงวันทองระยะไข่ มีอัตราการตายที่แท้จริง 93.68, 99.86 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่หนอนวัยที่ 1 มีอัตราการตายที่แท้จริง 99.69, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) ทุกอุณหภูมิกำหนดหนอนวัยที่ 1 มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าระยะไข่ ดังนั้นระยะไข่จึงมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาของสลักจิต และ คณะ (2557) จากผลการศึกษานี้ สามารถยืนยันได้ว่าระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันทองที่อาจจะพบทำลายในผลมะนาว ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง มีความทนทานต่อความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำมากที่สุด

ผลการตรวจนับจำนวนแมลงวันทองระยะไข่และหนอนวัย1 ในมะนาวไม่ผ่านความร้อนจากการทดลอง 5 ครั้ง จำนวนอย่างละ 250 ผล มีแมลงวันทองระยะไข่และหนอนวัย1 รอดชีวิตจำนวน 1779 และ1931 ตัว ตามลำดับ จึงประมาณการได้ว่ามะนาวซึ่งผ่านความร้อนอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ระยะเวลากำหนด 30 35 และ40 นาที จำนวนอย่างละ 100 ผล ผลการตรวจนับจำนวนแมลงในมะนาวจากการทดลอง 5 ครั้งปรากฏว่า ไข่แมลงวันทองในมะนาวตายทั้งหมดเมื่อคงความร้อนภายในสุดผลที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานตั้งแต่ 40 นาที (Table 2) แสดงว่าที่ระยะเวลานาน 40 นาที น่าจะเป็นช่วงระยะเวลาสั้นที่สุดที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถกำจัดไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ซึ่งมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงได้ตามมาตรฐานกำหนดและยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช จะขจัดปัญหาด้านกักกันพืชซึ่งเป็นอุปสรรคกีดขวาง การส่งออกผลไม้พืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ไปยังประเทศที่ไม่มีแมลงวันผลไม้แพร่ระบาด โดยทั่วไป วิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชต้องมีประสิทธิภาพการกำจัดแมลงสูงมาก ให้ความมั่นใจได้ว่าจะไม่มีแมลงรอดชีวิตเล็ดลอดติดไปกับผลไม้ ไปเจริญแพร่พันธุ์อย่างถาวรในประเทศปลายทาง หน่วยงานกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่นกำหนดหลักเกณฑ์สำหรับพิจารณาวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช คือ ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ ระยะเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความ

กรมวิชาการเกษตร

ร้อนมากที่สุดจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ได้ทั้งหมด ขณะที่หน่วยงานกักกันพืชของประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดหลัก เกณฑ์ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงต่ำสุดที่ระดับ 99.9968 เปอร์เซ็นต์ (probit 9) นั้นคือ ให้มีแมลงรอดชีวิตได้ไม่เกินจำนวน 3 ตัว จากจำนวนแมลงที่ผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชทั้งหมด จำนวน 100,000 ตัว (Baker, 1939) จากข้อมูลผลการวิจัยที่ผ่านมาและผลจากการทดลองนี้แสดงให้ เห็นว่า กระบวนการอบไอน้ำที่ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานตั้งแต่ 40 นาที มีความเป็นไปได้สูงมากที่จะมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงได้ถึงระดับของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกัน พืช ดังนั้น จึงควรจะได้มีการทดสอบยืนยันกระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวข้างต้นตามขั้นตอนต่อไป

ภายในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนสามารถวางกระบะบรรจุผลไม้แบบพลาสติกแข็งทนความร้อนได้สูงสุด 12 กระบะ ซึ่งมะนาวมีน้ำหนักรวมสูงสุดประมาณ 132 กก./ลบม. ถือได้ว่าเป็นการอบมะนาวในสภาพที่มีมะนาวอยู่ภายในตู้ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ ขณะที่การอบมะนาวประมาณ 33, 66 และ 99 กก./ลบม. เป็นการอบมะนาว 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ (Figure 1)

Figure 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผลมะนาว ในขณะที่อบมะนาวน้ำหนักประมาณ 33 และ 66 กก./ลบม. และ Figure 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผลมะนาว ในขณะที่อบมะนาวประมาณ 99 และ 132 กก./ลบม. Table 3 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการอบมะนาว ให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นถึง 46° ซ. ในสภาพห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวต่างกัน เมื่อมีมะนาวประมาน 33 , 66, 99 และ 132 กก./ลบม. ต้องใช้เวลานานเฉลี่ย 1:12, 1:17, 2:23, 2:25, 2:28, 2:24, 2:55, และ 2:25 ชั่วโมงตามลำดับ เวลาที่ใช้สำหรับอบมะนาวที่ความจุ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลามากกว่าเท่าตัวของความจุที่ 25 เปอร์เซ็นต์

Table 4 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของมะนาว (%) หลังจากผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 46°ซ เป็นเวลา 0:40 ชั่วโมง และเก็บมะนาวในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 12 ± 2 °ซ นาน 7 วันนั้น เปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำหนัก เมื่อเทียบกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน พบว่าเมื่อมะนาวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำที่ความจุ 33 กก. ค่าความแตกต่างของการสูญเสียน้ำหนักโดยรวมน้อยมากเฉลี่ยไม่ถึง 1เปอร์เซ็นต์ แต่การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านความร้อนมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ามะนาวไม่ผ่านความร้อน และเมื่อนำมะนาวหลังเก็บเกี่ยวจากสวนมาทดลองทันที พบว่าปริมาณการสูญเสียน้ำหนักจะน้อยมาก สังเกตเห็นได้ชัดเจนและสอดคล้องกันทั้ง 2 การทดลอง แต่ในส่วนของ มะนาวผ่านความร้อนที่ความจุ 66, 99 และ 132 กิโลกรัม พบว่า การสูญเสียน้ำหนักไม่สม่ำเสมอ บางงานทดลองการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ามะนาวเปรียบเปรียบ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากลักษณะของขั้วที่ติดมากับผล บางผลยังมีขั้วติดผลปกติ หรือบางผลอาจจะขั้วหลุดออกจากผล ลักษณะความอ่อนหรือแก่ อายุการเก็บเกี่ยว และความสดของมะนาวแต่ละผล เมื่อมะนาวผ่านความร้อนทำให้ขั้วผลหลุดออกง่าย จึงทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันไปไม่แน่นอน ซึ่งสังเกตุได้จากการตรวจสอบความเสียหายมองผลมะนาวจำนาวน 40 ผล ในแต่ละกระบะหลังจากเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12° ซ. นาน 7 วัน ปรากฏว่า การอบมะนาว

กรมวิชาการเกษตร

ที่มีน้ำหนัก 33 66 และ 99 กก./ลบม. ไม่พบมะนาวแสดงความเสียหายจากความร้อน (Table 5) แต่ถ้าอบมะนาวที่มีน้ำหนักประมาณ 132 กก/ลบม. พบมะนาวแสดงอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง รสชาติขม กลิ่นมะนาวเสียหายจากความร้อนจะพบเฉพาะในกระบะชั้นที่ 4 เท่านั้น (Table 6) แต่อย่างไรก็ดี จากการทดลองนี้ปรากฏว่า เมื่ออบมะนาวประมาณ 99 และ 132 กก./ลบม. ที่อุณหภูมิผล 46° ซ. นาน 0:40 ชั่วโมง กลับพบมะนาวเสียหายจากความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งมะนาวที่อยู่กระบะด้านบนสุด ทั้งนี้เนื่องมาจากมะนาวที่อยู่บนกระบะบนสุดได้รับความร้อนก่อนชั้นอื่นๆ จากการวัดค่าความร้อนจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิจะวางอยู่ในตำแหน่งกระบะล่างสุด ดังนั้นมะนาวจะเพิ่มสูงขึ้นถึงอุณหภูมิที่กำหนดเร็วกว่ามะนาวที่อยู่ในกระบะด้านล่างถัดลงมาจนถึงชั้นล่างสุด เมื่อภายในห้องบรรจุผลไม้ มีปริมาณมะนาวเพิ่มขึ้นหรือมีกระบะมะนาววางซ้อนกันหลายชั้น มะนาวในกระบะด้านล่างได้รับความร้อนมีอุณหภูมิที่คงที่อยู่ 46° ซ. นาน 0:40 ชั่วโมง มะนาวในกระบะที่วางซ้อนทับอยู่ด้านบนถัดขึ้นไป

การประเมินประสิทธิภาพการกำจัดแมลง Figure4 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผลมะนาว อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างการอบมะนาวด้วยวิธีการอบไอน้ำ Table 7 แสดงเวลาในการอบมะนาว ให้อุณหภูมิคงอยู่ที่46 ° ซ. รวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ได้แก่ปริมาณความจุ การตั้งค่ารูปแบบการเดินเครื่องเป็นแบบเป็นขั้น (STEPPED VHT) แสดงน้ำหนักมะนาวกำหนดอุณหภมิ ในการทดลองอบมะนาวซึ่งมีแมลงวันทองระยะไข่อยู่ภายในผลแต่ละครั้งนั้น แบ่งการทดลอง 2 ระดับความจุ คือที่ระดับความจุน้อยสุด 25 % (Low load) และ 100 % (Full load) (Figure 5 และ 6) สำหรับการทดลองที่ระดับความจุน้อยสุด 25 % นั้นอยู่ในลำดับซ้ำที่ 1-10 มีการทดลองทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้ระยะเวลาการอบสั้นที่สุด และนานที่สุดอยู่ในการทดลองซ้ำที่ 7 และ 2 ใช้เวลานาน 1:22 และ 2:05 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการทดลอง แตกต่างกันนาน ถึง 0:44 ชั่วโมง

สำหรับการทดลองที่ระดับความจุมากที่สุด 100 % นั้นอยู่ในลำดับซ้ำที่ 11-40 มีการทดลองทั้งหมด 30 ซ้ำ โดยใช้ระยะเวลาการอบสั้นที่สุด และนานที่สุดอยู่ในการทดลองซ้ำที่ 11 และ 36 37 ใช้เวลานาน 2:50 และ 1:39 1:39 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการทดลอง แตกต่างกันนาน ถึง 1:11 ชั่วโมง โดยการเพิ่มอุณหภูมิผลถึง 46 องศาเซลเซียส อยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองการอบมะนาวเพื่อกำจัดแมลงวันทองระยะไข่อยู่ภายในผลมะนาว อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เดียวกัน กำหนดการตั้งค่าเหมือนกัน แต่ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้งค่อนข้างแตกต่างกันมาก ทั้งนี้อาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น มะนาวส่วนที่ใช้เพิ่มเติมลงไปในกระบะ (filler fruit) ลักษณะผลมะนาวที่วางในกระบะมีขนาดไม่สม่ำเสมอ มีทั้งขนาดเล็กสุดจนถึงใหญ่สุด ตำแหน่งที่วางของมะนาว filler fruit ถ้าผลมะนาวขนาดใหญ่อาจจะถูกวางในตำแหน่งตรงกับ มะนาวกำหนดอุณหภูมิ ซึ่งจะเป็นจุดที่ไปขวางกับทิศทางของการปล่อยความร้อนออกมาโดยตรง ทำให้อุณหภูมิในตำแหน่งนี้ขึ้นช้า กรณีผลมะนาวขนาดเล็กอาจจะถูกวางในตำแหน่งตรงกับ มะนาวกำหนดอุณหภูมิ ซึ่งจะเป็นจุดที่ไม่ไปขวางกับทิศทางของการปล่อยความร้อนออกมาโดยตรง ทำให้อุณหภูมิในตำแหน่งนี้ขึ้นเร็วกว่า

กรมวิทยาศาสตร์

ปกติ หรือจุดวัดอุณหภูมิของมะนาวกำหนดอุณหภูมิบังเอิญอยู่ในตำแหน่งระหว่างช่องว่างระหว่างผลจะส่งผลให้แท่งวัดอุณหภูมิในจุดนี้จะได้รับความร้อนเร็วขึ้นได้เช่นกัน หรือกรณีเมล็ดมะนาวภายในผลที่ไปสัมพันธ์กับความร้อนคือถ้าเมล็ดใหญ่อยู่ใกล้กับตำแหน่งปลายสุดของแท่งวัดอุณหภูมิ ความร้อนสามารถขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนดได้ช้าเหมือนกัน มะนาวส่วนที่ใช้เพิ่มเติมลงไปในกระบะ (filler fruit) เมื่ออบเป็นจำนวนหลายรอบ อาจเป็นผลทำให้ความแน่นเนื้อลดลง ทำให้ความร้อนสามารถผ่านไปได้เร็วกว่ามะนาวที่สดใหม่ จะสังเกตได้ว่า การอบมะนาว ในรอบต้นๆ เริ่มตั้งแต่ซ้ำที่ 11-25 จะใช้ความร้อนในการอบมะนาวมากกว่า 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นเข้ารอบซ้ำที่ 26-39 จะใช้เวลานานน้อยที่สุดจนถึงใช้เวลานานนานที่สุด 1:39 ถึง 1:46 ชั่วโมง ใช้เวลาแตกต่างกันแค่ 17 นาที ดังนั้นหลายปัจจัยสำคัญมีผลกระทบต่อระยะเวลาในการอบไอน้ำมะนาวในแต่ละรอบ

สลักจิต และคณะ (2560) ที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส นาน 30, 35 และ 40 นาที แมลงวันทองระยะไข่ มีอัตราการตายที่แท้จริง 94.14, 99.87 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่หนอนวัยที่ 1 มีอัตราการตายที่แท้จริง 99.92, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทุกอุณหภูมิกำหนดหนอนวัยที่ 1 มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าระยะไข่ ดังนั้นระยะไข่จึงมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาของ จากผลการศึกษานี้ สามารถยืนยันได้ว่าระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันทองที่อาจจะพบทำลายในผลมะนาว ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง มีความทนทานต่อความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำมากที่สุด

การทดลองการอบไอน้ำการยืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาว เป็นการอบมะนาวซึ่งมีแมลงวันทองระยะไข่อยู่ภายในผลแต่ละครั้งนั้นแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระดับความจุ คือ ระดับความจุน้อยสุด 25 % (Low load) และความจุมากที่สุด 100 % (Full load)

Table 8 การทดลองที่ระดับความจุน้อยสุด 25 % นั้น การทดลองมีจำนวนทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจากวิธีใส่ไข่เข้าในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว จำนวน 500 และ 100 ผลตามลำดับ ผลจากการตรวจนับจำนวนแมลง พบว่าจำนวนแมลงรอดชีวิตทั้งหมดของมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 5,210 ตัว และสำหรับมะนาวจากวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว สำหรับให้มะนาวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยใส่มะนาวเข้าไปภายในตู้อบจำนวน 1500 และ 300 ผลตามลำดับ ลดความร้อนโดยวิธีเป่าลม พบว่าจำนวนแมลงวันทองมีอัตราการตายที่แท้จริงทั้งหมดจำนวน 15,627 ตัว

Table 9 การทดลองที่ระดับความจุเต็มตู้ 100 % นั้น การทดลองมีจำนวนทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจากวิธีใส่ไข่เข้าในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว จำนวน 500 และ 100 ผลตามลำดับ ผลจากการตรวจนับจำนวนแมลง พบว่าจำนวนแมลงรอดชีวิตทั้งหมดของมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 4,689 ตัว และสำหรับมะนาวจากวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว สำหรับให้มะนาวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยใส่มะนาวเข้าไปภายในตู้อบจำนวน 3,300 และ 300 ผลตามลำดับ ลดความร้อนโดยวิธีเป่าลม พบว่าจำนวนแมลงวันทองมีอัตราการตายที่แท้จริงทั้งหมดจำนวน 26,498 ตัว

กรมวิชาการเกษตร

Table 10 การทดลองที่ระดับความจุเต็มตู้ 100 % นั้น การทดลองมีจำนวนทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจากวิธีใส่ไข่เข้าในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว จำนวน 500 และ 100 ผลตามลำดับ ผลจากการตรวจนับจำนวนแมลง พบว่าจำนวนแมลงรอดชีวิตทั้งหมดของมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 5,664 ตัว และสำหรับมะนาวจากวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว สำหรับให้มะนาวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยใส่มะนาวเข้าไปภายในตู้อบจำนวน 3,300 และ 300 ผลตามลำดับ ลดความร้อนโดยวิธีสเปร์ยน้ำ 10 นาที เป่าลมให้แห้งอีก 50 นาที พบว่าจำนวนแมลงวันทองมีอัตราการตายที่แท้จริงทั้งหมดจำนวน 31,880 ตัว

Table 11 การทดลองที่ระดับความจุเต็มตู้ 100 % นั้น การทดลองมีจำนวนทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจากวิธีใส่ไข่เข้าในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาวโดยใช้เข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์ใหญ่ขึ้น (Figure 7) จำนวน 500 และ 100 ผลตามลำดับ ผลจากการตรวจนับจำนวนแมลง พบว่าจำนวนแมลงรอดชีวิตทั้งหมดของมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 7,941 ตัว และสำหรับมะนาวจากวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว สำหรับให้มะนาวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยใส่มะนาวเข้าไปภายในตู้อบจำนวน 3,300 และ 300 ผลตามลำดับ ลดความร้อนโดยวิธีเป่าลม พบว่าจำนวนแมลงวันทองมีอัตราการตายที่แท้จริงทั้งหมดจำนวน 38,011 ตัว

ผลการตรวจ นับจำนวนแมลงในมะนาวจากการทดลอง 40 ครั้งโดยใช้มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจากวิธีใส่ไข่เข้าในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว จำนวนรวม 2,400 ผล จากการตรวจนับจำนวนแมลง พบว่าจำนวนแมลงรอดชีวิตทั้งหมดของมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน โดยจะมีไข่ซึ่งสามารถฟักออกเป็นตัวหนอนได้จำนวนไม่น้อยกว่าประมาณ 23,504 ฟอง และสำหรับมะนาวจากวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว สำหรับนำมะนาวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยใส่มะนาวเข้าไปภายในตู้อบจำนวน 12600 ผล การลดความร้อนผลมะนาวใช้ 2 วิธี คือ1. โดยวิธีเป่าลม และ 2. โดยวิธีสเปร์ยน้ำ 10 นาที เป่าลมให้แห้งอีก 50 นาที พบว่าแมลงวันทองมีอัตราการตายที่แท้จริงรวมทั้งหมดจำนวน 112,016 ตัว (Table 11) แสดงว่าที่ระยะเวลานาน 40 นาที น่าจะเป็นช่วงระยะเวลาสั้นที่สุดที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถกำจัดไข่แมลงวันทองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ซึ่งมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงได้ตามมาตรฐานกำหนดและยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช จะขจัดปัญหาด้านกักกันพืชซึ่งเป็นอุปสรรคกีดขวาง การส่งออกผลไม้พืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ไปยังประเทศที่ไม่มีแมลงวันผลไม้แพร่ระบาด โดยทั่วไป วิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชต้องมีประสิทธิภาพการกำจัดแมลงสูงมาก ให้ความมั่นใจได้ว่าจะไม่มีแมลงรอดชีวิตเล็ดลอดติดไปกับผลไม้ ไปเจริญแพร่พันธุ์อย่างถาวรในประเทศปลายทาง หน่วยงานกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่นกำหนดหลักเกณฑ์สำหรับพิจารณาวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช คือ ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ ระยะเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุดจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ได้ทั้งหมด ขณะที่หน่วยงานกักกันพืชของประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดหลักเกณฑ์ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงต่ำสุดที่ระดับ 99.9968 เปอร์เซ็นต์ (probit 9) นั้นคือ ให้มีแมลงรอดชีวิตได้ไม่เกินจำนวน 3 ตัว จากจำนวนแมลงที่ผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชทั้งหมด จำนวน 100,000

กรมวิชาการเกษตร

ตัว (Baker, 1939) จากข้อมูลผลการวิจัยที่ผ่านมาและผลจากการทดลองนี้แสดงให้ เห็นว่ากระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานตั้งแต่ 40 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงได้ถึงระดับของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ตามกำหนดหลักเกณฑ์ประเทศญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา

การประเมินความเสียหายต่อคุณภาพผลมะนาว Figure1 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผลมะนาว อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างการอบมะนาวด้วยวิธีการอบไอน้ำ Table 12 แสดงเวลาในการอบมะนาว ให้อุณหภูมิคงอยู่ที่46 ° ซ. นาน 40 นาทีรวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ได้แก่ปริมาณความจุ การตั้งค่ารูปแบบการเดินเครื่องเป็นแบบเป็นขั้น (STEPPED VHT) แสดงน้ำหนักมะนาวกำหนดอุณหภูมิ ในการทดลองอบมะนาว ระดับความจุ คือที่ระดับความจุเต็มตู้ 100 % (Full load) มีการทดลองทั้งหมด 4 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาการอบสั้นที่สุด และนานที่สุดอยู่ในการทดลองซ้ำที่ 7 และ 2 ใช้เวลานาน 1:22 และ 2:05 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการทดลอง แตกต่างกันนาน ถึง 0:44 ชั่วโมง

ตารางที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผลมะนาว ในขณะที่อบมะนาวด้วยวิธีการอบไอน้ำให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นถึง 46° ซ. ในสภาพห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาว ประมาณ 132 กก./ลบม. ใช้วิธีการลดอุณหภูมิด้วยลมเป่าอย่างเดียว แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการอบมะนาว ให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นถึง 46° ซ. ในสภาพห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาว วิธีการลดอุณหภูมิต่างกัน เมื่อมีมะนาวประมาน 132 กก./ลบม. ต้องใช้เวลานานเฉลี่ย 3:15, 3:05, 3:06, และ 2:58 ชั่วโมงตามลำดับ เวลาที่ใช้สำหรับการอบไอน้ำมะนาวเพื่อประเมินความเสียหายต่อคุณภาพผลมะนาว ซึ่งเป็นการศึกษาความเสียหายของมะนาวในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเครื่องบิน 2 ซ้ำ และทางเรือ 2 ซ้ำ ตามลำดับ

ตางรางที่ 13 ตารางแสดงการขนส่งทางอากาศ: คุณภาพของมะนาวที่ผ่านการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยวัดความร้อนจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิอยู่กึ่งกลางผล 46°ซ. คงที่เป็นเวลานาน 40 นาที และการเก็บรักษาที่ 12 ± 2°C นาน 7 วัน ซึ่งเป็นการศึกษาความเสียหายของมะนาวในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเครื่องบิน 2 ซ้ำ โดยทำการตรวจสอบลักษณะอาการที่ปรากฏ ได้แก่ ผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาล กลิ่นความหอมของต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือก รสชาติ อาการปรากฏของโรคพืช ความเสียหายอื่นๆ การตรวจสอบความเป็นกรด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือก เมื่อเปรียบเทียบมะนาวไม่ผ่านความร้อน จำนวน 40 ผล กับมะนาวผ่านความร้อนจำนวน 120 ผล ผลจากการตรวจลักษณะอาการบนผิวเปลือกมะนาว และความหอมของเปลือกมะนาวไม่แตกไม่แตกต่างกัน ไม่พบเปลือกและเนื้อมะนาวเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังไม่พบอาการเกิดโรคของมะนาวที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน สำหรับการทดสอบรสชาติจากการชิม พบว่ามะนาวที่ผ่านความร้อนมีรสชาติที่เปลี่ยนจากปกติคือรสเปรี้ยวปนขมเล็กน้อยในมะนาวที่ผ่านความร้อนเท่านั้นจากการทดลองซ้ำที่ 1 และ 2 จำนวนที่พบ 5 และ 8 ผลตามลำดับ ในส่วนของกลิ่นมะนาว พบว่ามะนาวที่ผ่านความร้อนส่วนใหญ่กลิ่นความหอมของเปลือกมีแนวโน้มลดลงเป็นส่วนใหญ่ไม่สามารถบอกจำนวนผลได้ชัดเจน

ในส่วนของการสูญเสียน้ำหนักของมะนาว (%) หลังจากผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 46 °ซ เป็นเวลา 0:40 ชั่วโมง และเก็บมะนาวในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 12 ± 2 °ซ นาน 7 วันนั้น เปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำหนัก เมื่อเทียบกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน พบว่าเมื่อมะนาวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำที่ความจุ

33 กก. ค่าความแตกต่างของการสูญเสียน้ำหนักโดยรวมน้อยมากเฉลี่ยไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ แต่การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านความร้อนมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ามะนาวไม่ผ่านความร้อน และเมื่อนำมะนาวหลังเก็บเกี่ยวจากสวนมาทดลองทันที พบว่าปริมาณการสูญเสียน้ำหนักจะน้อยมากสังเกตเห็นได้ชัดเจนและสอดคล้องกันทั้ง 2 การทดลอง ผลมะนาวส่วนใหญ่ยังมีขั้วติดผลปกติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะความแก่และความสดของมะนาวแต่ละผล เมื่อมะนาวผ่านความร้อนทำให้ขั้วผลหลุดออกง่ายขึ้น

สลักจิต และคณะ (2560) ได้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยวิธีการลดอุณหภูมิมะนาวโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ ต่อความเสียหายของมะนาวซึ่งผ่านวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพผลการทดลองพบว่า การลดอุณหภูมิผลมะนาวโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำไม่แตกต่างจากวิธีเป่าด้วยลม วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำทำให้อุณหภูมิผลมะนาวต่ำลงได้เร็วกว่าวิธีเป่าด้วยลม แต่อย่างไรก็ดี ไม่ว่าจะลดอุณหภูมิผลมะนาวด้วยวิธีการใดหลังสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน จำนวนมะนาวเสียหายไม่รุนแรงโดยรวมทั้งหมดจากการ อาการผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (color change on lime rind from green color to yellow) อาการเปลี่ยนรสชาติเปรี้ยวปนขม (Flour change from sour to bitter) กลิ่นหอมที่ผิวเปลือกลดลง อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

ตางรางที่ 14 แสดงการขนส่งทางเรือ: คุณภาพของมะนาวที่ผ่านการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยวัดความร้อนจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิอยู่กึ่งกลางผล 46°ซ. คงที่เป็นเวลานาน 40 นาที และการเก็บรักษาที่ 12 ± 2°C นาน 14 วัน ซึ่งเป็นการศึกษาความเสียหายของมะนาวในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเรือ 2 ซ้ำ โดยทำการตรวจสอบลักษณะอาการที่ปรากฏ ได้แก่ ผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาล กลิ่นความหอมของต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือก รสชาติ อาการปรากฏของโรคพืช ความเสียหายอื่นๆ การตรวจสอบความเป็นกรด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือก เมื่อเปรียบเทียบมะนาวไม่ผ่านความร้อน จำนวน 40 ผล กับมะนาวผ่านความร้อนจำนวน 120 ผล จากการตรวจลักษณะอาการบนผิวเปลือกมะนาวพบความเสียหายที่เกิดจากความร้อนคือเปลือกเป็นสีน้ำตาลเป็นวงค่อนข้างใหญ่จำนวน 1 ผล และอีก 1 ผลมีอาการเป็นจุดน้ำตาลเล็กน้อยตามมาด้วยรอยบุ๋มไม่ลึก นอกจากนี้ยังไม่พบอาการเกิดโรคของมะนาวที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน สำหรับการทดสอบรสชาติจากการชิม พบว่ามะนาวที่ผ่านความร้อนมีรสชาติที่เปลี่ยนจากปกติคือรสเปรี้ยวปนขมเล็กน้อยในมะนาวที่ผ่านความร้อนเท่านั้นจากการทดลองซ้ำที่ 1 และ 2 จำนวนที่พบ 10 และ 15 ผลตามลำดับ ในส่วนของกลิ่นมะนาว พบว่ามะนาวที่ผ่านความร้อนส่วนใหญ่กลิ่นความหอมของเปลือกมีแนวโน้มลดลงไม่สามารถบอกจำนวนผลได้ชัดเจน ช่วงตอนทำการผ่าผลจะมีกลิ่นหอมเล็กน้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไปกลิ่นหอมจะค่อยๆหายไป

อุดร และ สลักจิต. 2542 มังคุดจากจังหวัดชุมพรหลังจากผ่านความร้อนอุณหภูมิผล 46°ซ. นาน 1 ชั่วโมง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15°ซ. มังคุดที่เสียหายเกือบทั้งหมดเกิดจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ความเสียหายส่วนหนึ่งน่าจะเกิดจากความร้อน แต่อีกส่วนหนึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากความร้อนและสภาพมังคุดที่เกิดการกระทบกระแทกในระหว่างการขนส่งรวมอยู่ด้วย เนื่องจากการขนส่งมังคุดจากจังหวัดชุมพรมายังกรุงเทพฯ มีระยะทางไกล การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการบรรจุมังคุดไม่ระมัดระวัง ทำให้มังคุดบางส่วนอาจจะเกิดการกระทบกระแทกกันซึ่งเป็นสาเหตุของอาการเนื้อเปลี่ยนสีน้ำตาลได้

ในส่วนของการสูญเสียน้ำหนักของมะนาว (%) หลังจากผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 46 °ซ เป็นเวลา 0:40 ชั่วโมง และเก็บมะนาวในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 12 ± 2 °ซ นาน 14 วันนั้น เปอร์เซ็นต์ของการ

กรมวิชาการเกษตร

สูญเสียน้ำหนัก เมื่อเทียบกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน พบว่าเมื่อมะนาวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำที่ความจุ 132 กก. ค่าความแตกต่างของการสูญเสียน้ำหนักโดยรวมไม่มากเท่าไหร่เฉลี่ยประมาฯ 4.6 เปอร์เซ็นต์ แต่การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านความร้อนมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ามะนาวไม่ผ่านความร้อน และเมื่อนำมะนาวหลังเก็บเกี่ยวจากสวนมาทดลองทันที พบว่าปริมาณการสูญเสียน้ำหนักจะน้อยมากสังเกตุเห็นได้ชัดเจนและสอดคล้องกันทั้ง 2 การทดลอง ผลมะนาวส่วนใหญ่ขั้วผลจะเริ่มหลุดออก เป็นจำนวนมาก ความร้อนทำให้ขั้วผลหลุดออกง่ายขึ้น

ตางรางที่ 15 แสดงการเปลี่ยนสีเปลือก : คุณภาพของมะนาวที่ผ่านการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยวัดความร้อนจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิอยู่กึ่งกลางผล 46°ซ. คงที่เป็นเวลานาน 40 นาที และการเก็บรักษาที่ 12 ± 2°C นาน 10 และ14 วัน ซึ่งเป็นการศึกษาความเสียหายของมะนาวในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเครื่องบิน และทางเรือ ตามลำดับ จำนวนการทดลองอย่างละ 2 ซ้ำ ได้มีเกณฑ์ในการประเมินการเปลี่ยนสีเปลือกดังนี้

0 = 100 % ของพื้นที่เปลือกเป็นสีเขียว (ไม่มีร่องรอยของสีเหลือง)

1 = 0 - 25% ของพื้นที่เปลือกเป็นสีเหลือง

2 = 25 - 50% ของพื้นที่เปลือกเป็นสีเหลือง

3 = 50 - 75% ของพื้นที่เปลือกเป็นสีเหลือง

4 = 75 - 100 % ของพื้นที่เปลือกเป็นสีเหลือง

ผลจากการตรวจสอบลักษณะการเปลี่ยนสีเปลือกที่ปรากฏ มะนาวผ่านความร้อนที่เก็บในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเครื่องบิน เมื่อเทียบกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน จำนวนการทดลอง 2 ซ้ำ พบว่า การเปลี่ยนสีเปลือกใกล้เคียงกัน มีการเปลี่ยนสีเปลือกเพียงเล็กน้อยแทบจะไม่พบ คะแนนการเปลี่ยนสีเปลือกดังนี้

มะนาวที่ผ่านความร้อนอยู่ที่ระดับ 1 จำนวนที่พบ 12 และ 15 ผล จากจำนวนทั้งหมด 120 ผล

มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนอยู่ที่ระดับ 1 จำนวนที่พบ 3 และ 13 ผล จากจำนวนทั้งหมด 40 ผล

ผลจากการตรวจสอบลักษณะการเปลี่ยนสีเปลือกที่ปรากฏ มะนาวผ่านความร้อนที่เก็บในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเรือ เมื่อเทียบกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน พบว่าการเปลี่ยนสีเปลือกใกล้เคียงกัน แต่การเปลี่ยนสีเปลือกคะแนนระดับ 1 พบมากกว่า 1 เท่าตัวของจำนวนมะนาวทดลองที่ส่งออกทางเครื่องบิน นอกจากนี้เพิ่มขึ้นจนถึงคะแนนระดับ 2 และ 3 แต่พบจำนวนน้อยมากแค่จำนวน 1 ถึง 2 ผลเท่านั้น ซึ่งการทดลองทั้ง 2 ครั้งเป็นไปแนวทางเดียวกัน ในขณะที่มะนาวผ่านความร้อนที่เก็บในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเรือ เมื่อเทียบกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน การเปลี่ยนสีเปลือกไม่แตกต่างเช่นกัน แต่การเปลี่ยนสีเปลือกมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น (Figure 8-12)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

ได้ทดลองกำจัดแมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง และหนอนวัยที่ 1 ในผลมะนาว สามารถยืนยันได้ว่าไข่ทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 การอบมะนาวด้วยวิธีอบไอน้ำโดยคงอุณหภูมิผลไว้ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานตั้งแต่ 40 นาที สามารถกำจัดไข่ในผลมะนาว 3000 ฟอง ให้ตายทั้งหมด กระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืช ด้านกักกันพืชเพื่อกำจัดแมลงวันทองในผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร

มะนาวก่อนส่งออก 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 และใช้ระยเวลาในการอบเร็วกว่าระยะไข่ ดังนั้นระยะไข่จึงมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 จากผลการศึกษานี้ สามารถยืนยันได้ว่าแมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง มีความทนทานต่อความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำมากที่สุด จากงานวิจัยนี้สามารถนำผลงานไปขยายผลการทดลองในระดับ Large scale ต่อไป

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 แต่อีกส่วนหนึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากความร้อนและสภาพมะนาวที่เกิดการกระทบกระแทกในระหว่างการขนส่ง

รวมอยู่ด้วย เนื่องจากการขนส่งมะนาวจากจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตรมายังกรุงเทพฯ มีระยะทางค่อนข้างไกลไกล การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการบรรจุมะนาวไม่ระมัดระวัง เช่นบรรจุในภาชนะที่เป็นกระสอบที่ทับซ้อนหลายชั้น ทำให้มะนาวบางส่วนอาจจะเกิดการกระทบกระแทกกันซึ่งเป็นสาเหตุของอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมีรอยยุบเล็กน้อย ปกติการเก็บเกี่ยวมะนาวจะไว้ขั้วยาวเมื่อมะนาวเกิดการกระทบกระแทกกับต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือก ทำให้ต่อมน้ำมันแตก เมื่อโดนความร้อนที่สูงขึ้นและเก็บมะนาวไว้ในระยะยาวอาจจะทำให้มะนาวมีรสชาติเปรี้ยวปนขมบ้างสำหรับในบางผลที่มีความอ่อนแออยู่แล้ว ดังนั้นการจัดการผลมะนาวหลังการเก็บเกี่ยว และการบรรจุมะนาวต้องระมัดระวังและให้ความสำคัญเป็นพิเศษ จากการศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีอบไอน้ำ VHT เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) ในผลมะนาวแป้น อบมะนาวทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง *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

บรรณานุกรม

การผลิตสินค้าเกษตร 2553 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.[ออนไลน์] [อ้างถึง 15 พฤษภาคม 2554] เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ต : http://www.oae.go.th/main.php?filename=agri_production .

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

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

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

สลักจิต พานคำและคณะ. 2560. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมะนาวซึ่งผ่านการอบไอน้ำ (การลดอุณหภูมิผลมะนาวโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ) ในรายงานความก้าวหน้า โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันในผลมะนาวเพื่อการส่งออก. สำนักงานวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

สลักจิต พานคำ และ คณะ 2560 ประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำในการกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาว ในรายงานความก้าวหน้า โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันในผลมะนาวเพื่อการส่งออก. สำนักงานวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรุงเทพฯ.

อุดร อุณหวุฒิ และ สลักจิต พานคำ. 2542 ค.ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 6. อุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา.น. J1-J21. ใน รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ

อุดร อุณหวุฒิ และ สลักจิต พานคำ. 2544 ก. ความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันทองระยะไข่และหนอนในผลมังคุดต่อวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์, น. A1-A25. ใน รายงานความก้าวหน้า ในโครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.

Baker, A. C. 1939. The basis for treatment of products where fruit flies are involved as a condition for entry into the United States. U.S. Dept. Agr. Circ. 551 : 1-7.

Furusawa, K., T. Sugimoto and T. Gaja. 1984. The effectiveness of vapor heat treatment against the melon fly, *Dacus cucurbitae* (Coquillett) in eggplant and fruit tolerance to the treatment. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 20: 17-24.

Guangqin, Liang, Liang Fen, Yao Wenguo, Zheng Zunxiong, Xu Wei, Pong Yunming, Zhao Mingang, Zhong Guoqiang, Zhoug Anqi, Li Kunyuan and Liang Guozhen. 1984. The test on the treatment of vapor heat coupled with extended cold storage against pest in litchi. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis. 16: 243-252.

Kuo, L.S. 1988. Quarantine treatment for fresh fruits to be exported to Japan. Chinese Journal of Entomology, Special Publication. 2: 133-139.

Kuo, L.S., C.Y. Hseu, H.Y. Chen, Y.F. Chao, and J.Z. Ho. 1990. Further study on vapour heat treatment for eradication of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* infested in litchi fruits (Diptera: Tephritidae). Taiwan Bureau of Commodity Inspection and Quarantine, Ministry of Economic Affairs. Taipei.

Kuo, L.S., C.Y. Su, C.Y. Hseu. Y.F. Chao. H.Y. Chen, J.Y. Liao and W.C. Huang. 1987. Vapor heat treatment for elimination of *Dacus dorsalis* and *Dacus cucurbitae* infesting mango fruits. Taiwan Bureau of Commodity Inspection and Quarantine, Ministry of Economic Affairs. Taipei.

ศรีนครินทร์

Merino, S.R., M.M. Eugenio, A.U. Ramos and S.T. Hernandez. 1985. Fruit fly disinfestation of mangoes (*Mangifera indica* L. var. 'Manila Super') by vapor heat treatment. Ministry of Agriculture and Food, Bureau of Plant Industry. Manila, Philippines. 76 p.

Mangan, R.L. and S.J. Ingle. 1992. Forced hot-air quarantine treatment for mangoes infested with West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 85: 1859-1864.

Heather, N.W., R.J. Corcoran and R.A. Kopittke. 1997. Hot air disinfestation of Australian 'Kensington' mangoes against two fruit flies (Diptera: Tephritidae). Postharvest Biology and Technology. 10: 99-105.

Unahawutti, U., C. Chettanachitara, M. Poonthong, P. Konson, E. Smitasiri, C. Lapasathukool, W. Worawisitthumrong and R. Intarakumheng. 1986. Vapor heat treatment for 'Nang Klarngwun' mango, Mangifera indica Linn., infested with eggs and larvae of the oriental fruit fly, Dacus dorsalis Hendel and the melon fly, D. cucurbitae Coquillett (Diptera: Tephritidae). Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok. 108 p.

Unahawutti, U, M. Poonthong, R. Intarakumheng, W. Worawisitthumrong, C. Lapasathukool, E. Smitasiri, P. Srisoon and C. Ratanawaraha. 1991. Vapor heat as plant quarantine treatment of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes infested with fruit flies (Diptera: Tephritidae). Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok. 342 p.

Sunagawa, K., K. Kume and R. Iwaizumi. 1987. The effectiveness of vapor heat treatment against the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett, in mango and fruit tolerance to the treatment. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 23: 13-20.

_____. 1988. Efficacy of vapor heat treatment for bitter momordica fruit infested with melon fly, *Dacus cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 24: 1-5.

Iwata, M., K. Sunagawa, K. Kume and A. Ishikawa. 1990. Efficacy of vapor heat treatment on netted melon infested with melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae). Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 26: 45-49.

Mangan, R.L. and S.J. Ingle. 1994. Forced hot-air quarantine treatment for grapefruit infested with Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 87: 1574-1579.

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Sugimoto, T., K. Furusawa and M. Mizobuchi. 1983. Effectiveness of vapor heat treatment against the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel, in green pepper and fruit tolerance to the treatment. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 19: 81-88.

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

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

Table 1 Time for center of lime to attain 46°C for various holding times during vapor heat treatment

Stage	Rep.	Loading factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (h)[1] 0:30	0:35	0:40
Egg+ First	1	7	40.07	40.08	40.18	2.18	2.23	2.28
instar	2	7	40.01	40.06	40.08	2.16	2.21	2.26
	3	7	40.01	40.03	40.04	2.17	2.22	2.27
	4	7	40.06	40.06	40.06	2.15	2.20	2.25
	5	7	40.05	40.10	40.12	2:20	2:25	2:30

[1] Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperatures.

Table 2. Mortality[1] of eggs and first instar larvae of oriental fruit fly (OFF) *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Lime treated with vapor heat treatment

Stage	Treatment[2]	Number treated	Number alive	Number dead	Corrected mortality (%)[3]
Egg	Control	7500	1779	5581	0
	46°C+0:30	3000	45	2955	93.68
	46°C+0:35	3000	1	2999	99.86
	46°C+0:40	3000	0	3000	100
First instar	Control	7500	1931	5769	0
	46°C+0:30	3000	1	2999	99.69
	46°C+0:35	3000	0	3000	100
	46°C+0:40	3000	0	3000	100

1. Combined data of 5 replicates

2. Treatment : 20 fruits infested with 30 individuals/fruit.
   Control : 50 fruits infested with 30 individuals/fruit.

3. Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

กรมวิชาการเกษตร

Table 3 Time for center of lime to attain 46° C. During vapor heat treatment (VHT)

ความจุมะนาว (กก./ตรม..)	การทดลอง	มะนาวกำหนดอุณหภูมิ (กรัม)	เวลาที่ใช้อบ (ชม.)[1]
33	1	40.1, 40.1, 40.5	1:12
	2	40, 40.01, 40.05	1:17
66	1	40.05, 40.06, 40.07	2:23
	2	40, 40, 40.01	2:25
99	1	40, 40, 40.04	2:28
	2	40.06, 40.08, 40.09	2:24
132	1	40.01, 40.01, 40.02	2:55
	2	40.05, 40.05, 40.07	2:25

กรมวิชาการเกษตร

Table 4 Weight loss of lime fruit after subjecting to vapor heat treatment (VHT) at 46°C center this temperature for holding time 40 min., and 7 days storage at 12 ± 2 °C

Loading	Rep.	Level	method	Mean	t
33	1	1	25%	0.3068[1]	-16.803**
			control	0.1482[2]	-
66	1	1	50%	1.9947	-0.362[ns]
		2	50%	2.1176	1.386[ns]
			control	2.0163	-
99	1	1	75%	1.9188	-4.045**
		2	75%	1.8935	-3.605**
		3	75%	1.8465	-3.099**

			control	1.6765	-
132	1	1	100%	2.6865	-10.113**
		2	100%	2.2697	-2.949**
		3	100%	2.3497	-4.145**
		4	100%	2.4702	-6.127**
			Control	2.0563	-

[1] Values are mean of 120 fruits (treatment)

[2] Values are mean of 40 fruits (control)

ns = non significant

** = significant at 1 %

Table 5 Weight loss of lime fruit after subjecting to vapor heat treatment (VHT) at 46°C center this temperature for holding time 40 min., and 7 days storage at 12 ± 2 °C

Loading	Rep.	Level	Method	Mean	t
33	2	1	25%	0.1873[1]	-0.883[ns]
			Control	0.1740[2]	
66	2	1	50%	1.7162	-7.870**
		2	50%	1.5826	-5.208**
			Control	1.3565	
99	2	1	75%	2.6428	2.008*
		2	75%	2.6195	-1.622[ns]
		3	75%	2.5635	-0.922[ns]
			Control	2.4990	
132	2	1	100%	2.6552	-2.936**
		2	100%	2.7513	-4.153**
		3	100%	2.8714	-6.184**
		4	100%	2.8631	-4.842**
			Control	2.4200	

กรมวิชาการเกษตร

[1] Values are mean of 120 fruits (treatment)

[2] Values are mean of 40 fruits (control)

ns = non significant

* = significant at 5 %

** = significant at 1 %

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Table 6 The occurrence of thermal injuries (%) in lime after subjecting to vapor heat treatment (VHT) at 46°C center this temperature for holding time 40 min., and 7 days storage at 12 ± 2 °C

Loading	Rep.	Level	No. fruits showing damaged oil gland[3]				
				Bitter taste	%	Fresh brownin	%
25%	1	1	120	0	0	0	0
control			40	0	0	0	0
25%	2	1	120	0	0	0	0
control			40	0	0	0	0
50%	1	1	120	0	0	0	0
		2	120	0	0	0	0
control			40	0	0	0	0
50%	2	1	120	0	0	0	0
		2	120	0	0	0	0
control			40	0	0	0	0
75%	1	1	120	0	0	0	0
		2	120	0	0	0	0
		3	120	0	0	0	0

control			40	0	0	0	0
75%	2	1	120	0	0	0	0
		2	120	0	0	0	0
		3	120	4	3.33	0	0
control			40	0	0	0	0
100%	1	1	120	1	0.83	0	0
		2	120	3	2.5	0	0
		3	120	4	3.33	0	0
		4	120	3	2.5	0	0
control			40	0	0	0	0
100%	2	1	120	1	0.83	0	0
		2	120	3	2.5	2	1.67
		3	120	4	3.33	2	1.67
		4	120	7	5.83	0	0
control			40	0	0	0	0

Table 7 Times for center of lime to attain 46 ° C for 40 min during vapor heat treatment

Load factor	Operation mode	Rep	Sensor fruit		weight (g)	Time[1] (h)	for 40min
Low load	STEPPED VHT	1	40.02	40.03	40.05	2	2.40
(33-35	Air cooling	2	40.02	40.02	40.06	2:05	2.45
kg/cum.)							
		3	40.01	40.05	40.08	1:58	2.38
		4	40.02	40.04	40.06	1:48	2.28
		5	40.01	40.02	40.03	1:32	2.12
		6	40.05	40.06	40.07	2:31	2.12
		7	40.00	40.01	40.04	1:21	2.01
		8	39.99	40.05	40.07	2:26	3.06
		9	40.06	40.26	40.44	1:38	2.18
		10	40.01	40.05	40.09	2:07	2.47
Full load	STEPPED VHT	11	40.19	40.20	40.21	2:50	3.30
(132-135	Air cooling	12	40.00	40.01	40.06	2:20	3.0

กรมวิชาการเกษตร

kg/cum)	13	40.00	40.00	40.04	2:30	3.10
	14	40.01	40.01	40.02	2:33	3.13
	15	40.02	40.04	40.04	2:35	3.15
	16	40.0	40.0	40.0	2:10	2.50
	17	40.10	40.10	40.14	2:05	2.45
	18	40.03	40.06	40.18	2	2.40
	19	40.23	40.31	40.33	2:03	2.43
	20	40.00	40.00	40.01	2:10	2.50
	21	40.01	40.13	40.16	2:10	2.50
	22	40.18	40.22	40.24	2:06	2.46
	23	40.11	40.19	40.21	2:21	3.01
	24	40.24	40.28	40.32	2:07	2.47
	25	40.06	40.12	40.22	2:10	2.50

[1] Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 7 Times for center of lime to attain 46 ° C for 40 min during vapor heat treatment (continue)

Load factor	Operation /VHT	Rep	Sensor fruit weight(g)			Time[1] (h)	for 40min
Full load	STEPPED	26	40.05	40.05	40.10	1:43	2.23
(132kg/cum)	Hydro cooling	27	40.04	40.06	40.09	1:45	2.25
		28	40.15,	40.20	40.21	1:46	2.26
		29	40.09	40.15	40.15	1:45	2.25
		30	40.03	40.03	40.06	1:45	2.25
		31	40	40.01	40.03	1:42	2.22
		32	40.06	40.04	40.05	1:42	2.22
		33	40.02	40.04	40.06	1:45	2.25
		34	40.01	40.03	40.03	1:43	2.23
		35	40	40.04	40.05	1:45	2.25

กรมวิชาการเกษตร

	36	39.98	40	40	1:39	2.19
	37	40	40	40	1:39	2.19
	38	39.94	40.09	40.14	1:43	2.23
	39	39.96	40.23	40.48	1:41	2.21
	40	40.02	40.05	40.16	2:14	2.54

[1] Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

กรมวิชาการเกษตร

Table 8 Survival of eggs of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis,* in lime treated with proposed quarantine treatment.

Load Factor	Operation Mode	Rep	Infestation Method	No. test fruit		No. alive individual in control	Estimated treated population	No. survivors
				Control	Treatment			
Low load (33 kg/cum)	STEPPED VHT Air cooling	1	Egg inoculation	50	150	577	1731	0
			Forced infestation	10	30	110	330	0
		2	Egg inoculation	50	150	457	1371	0
			Forced infestation	10	30	123	369	0
		3	Egg inoculation	50	150	679	2037	0
			Forced infestation	10	30	151	453	0
		4	Egg inoculation	50	150	442	1326	0
			Forced infestation	10	30	124	372	0

	5	Egg inoculation	50	150	274	822	0
		Forced infestation	10	30	123	369	0
	6	Egg inoculation	50	150	227	681	0
		Forced infestation	10	30	108	324	0
	7	Egg inoculation	50	150	326	978	0
		Forced infestation	10	30	146	438	0
	8	Egg inoculation	50	150	332	996	0
		Forced infestation	10	30	98	294	0
	9	Egg inoculation	50	150	318	954	0
		Forced infestation	10	30	126	378	0
	10	Egg inoculation	50	150	350	1050	0
		Forced infestation	10	30	118	354	0
		Sub-total 1	**600**	**1800**	5,210	15,627	0

กรมวิชาการเกษตร

Table 9 Survival of eggs of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis,* in lime treated with proposed quarantine treatment

Load Factor	Operation Mode	Rep	Infestation Method	No. test fruit		No. alive individual in control	Estimated treated population	No. survivors
				Control	Treatment			
Full load (132 kg/cum)	STEPPED VHT Air cooling	11	Egg inoculation	50	330	328	2165	0
			Forced infestation	10	30	90	270	0
		12	Egg inoculation	50	330	327	2158	0
			Forced infestation	10	30	93	279	0
		13	Egg inoculation	50	330	295	1947	0

	Forced infestation	10	30	109	327	0
14	Egg inoculation	50	330	299	1973	0
	Forced infestation	10	30	73	219	0
15	Egg inoculation	50	330	306	2020	0
	Forced infestation	10	30	137	411	0
16	Egg inoculation	50	330	356	2350	0
	Forced infestation	10	30	167	501	0
17	Egg inoculation	50	330	373	2462	0
	Forced infestation	10	30	134	402	0
18	Egg inoculation	50	330	424	2798	0
	Forced infestation	10	30	137	411	0
19	Egg inoculation	50	330	348	2297	0
	Forced infestation	10	30	174	522	0
20	Egg inoculation	50	330	397	2620	0
	Forced infestation	10	30	122	366	0
	Sub-total 2	600	3600	4,689	26,498	0

กรมวิชาการเกษตร

Table 10 Survival of eggs of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis,* in lime treated with proposed quarantine treatment

Load Factor	Operation Mode	Rep	Infestation Method	No. test fruit		No. alive individual in control	Estimated treated population	No. survivors
				Control	Treatment			

Full load (132 Hydro cooling	STEPPED VHT	21	Egg inoculation	50	330	434	2864	0
			Forced infestation	10	30	125	375	0
		22	Egg inoculation	50	330	405	2673	0
			Forced infestation	10	30	139	417	0
		23	Egg inoculation	50	330	440	2904	0
			Forced infestation	10	30	156	468	0
		24	Egg inoculation	50	330	323	2132	0
			Forced infestation	10	30	154	462	0
		25	Egg inoculation	50	330	359	2369	0
			Forced infestation	10	30	162	486	0
		26	Egg inoculation	50	330	383	2528	0
			Forced infestation	10	30	149	447	0
		27	Egg inoculation	50	330	450	2970	0
			Forced infestation	10	30	144	432	0
		28	Egg inoculation	50	330	516	2990	0
			Forced infestation	10	30	135	405	0
		29	Egg inoculation	50	330	463	3056	0
			Forced infestation	10	30	126	378	0
		30	Egg inoculation	50	330	478	3155	0
			Forced infestation	10	30	123	369	0
			Sub-total 3	600	3600	5,664	31880	0

กรมวิชาการเกษตร

Table 11 Survival of eggs of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis,* in lime treated with proposed quarantine treatment

Load Factor	Operation Mode	Rep	Infestation Method	No. test fruit		No. alive individua	Estimated treated	No. survivors
				Control	Treatment			
Full load	STEPPED	31	Egg inoculation	50	330	358	2363	0
(132	VHT		Forced infestation	10	30	585	1755	0
	Air cooling	32	Egg inoculation	50	330	358	2363	0
			Forced infestation	10	30	390	1170	0
		33	Egg inoculation	50	330	371	2449	0
			Forced infestation	10	30	506	1518	0
		34	Egg inoculation	50	330	371	2449	0
			Forced infestation	10	30	298	894	0
		35	Egg inoculation	50	330	359	2369	0
			Forced infestation	10	30	481	1443	0
		36	Egg inoculation	50	330	420	2772	0
			Forced infestation	10	30	287	861	0
		37	Egg inoculation	50	330	385	2541	0
			Forced infestation	10	30	418	1254	0
		38	Egg inoculation	50	330	394	2600	0
			Forced infestation	10	30	387	1161	0
		39	Egg inoculation	50	330	519	3425	0
			Forced infestation	10	30	218	654	0
		40	Egg inoculation	50	330	406	2680	0
			Forced infestation	10	30	430	1290	0
			Sub-total 4	600	3600	7941	38011	0
			total	2400	12600	23,504	112,016	

กรมวิชาการเกษตร

Table 12 Time for center of Lime to attain 46 ° C during modified vapor heat treatment.

Method of transportation	Rep	Loading (kg/cum.)	Sensor fruit weight(g)	Time for fruit center to reach 46 ° C (h)[1]
Air shipment	1	132	40.04	3.15
			40.05	
			40.08	
	2	132	40.03	3.05
			40.06	
			40.18	
Sea shipment	1	132	39.99	3.06
			40.05	
			40.07	
	2	132	40.01	2.58
			40.08	
			40.08	

[1] Time for only 3 sensor fruits to attain target temperatures.

Table 13 Air transportation: Quality of Lime treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46 ° C for 40 min. and 7 days storage at 12 ± 2 ° C.

No.	Item	symptom	Rep. 1[1]		Rep. 2[1]	
			Control	Treatment	Control	Treatment
1	Flesh browning	No	0/40	0/120	0/40	0/120
2	Smell	Less fragrant	0/40	0/120	0/40	0/120
3		fragrant	40/40	115/120	40/40	112/120
4	Taste	Bitter+ sour mix	0/40	5/120	0/40	8/120
5	Disease infection	No	0/40	0/120	0/40	0/120
6	Other injury[2]	No	0/40	0/120	0/40	0/120
7	(%) Acidity[4]		3.33	3.18	3.23	3.04
8	(%) Weight loss[3]		0.36	0.44	0.76	0.92

[1] Fruits exhibited symptom/Total number of fruits observed.

[2] Pressure damage.

[3] Mean from 40 fruits.

[4] Mean from 20 fruits.

กรมวิชาการเกษตร

Table 14 Sea transportation: Quality of lime treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46 ° C for 40 min. and 14 days storage at 12 ± 2 ° C.

No.	Item	symptom	Rep. 1[1]		Rep. 2[1]	
			Control	Treatment	Control	Treatment
1	Flesh browning	Present	0/40	0/120	0/40	2/120
2	Smell	Less fragrant	0/40	0/120	0/40	0/120
3	Smell	fragrant	40/40	110/120	40/40	95/120
4	Taste	Bitter, sour mix	0/40	10/120	0/40	15/120
5	Disease infection	No	0/40	0/120	0/40	0/120
6	Other injury[2]	Fresh browning	0/40	0/120	0/40	2/120
7	Acidity[4]	%	2.96	2.98	2.92	2.56
8	Weight loss[3]	%	0.79	4.69	0.82	4.66

[1] Fruits exhibited symptom/Total number of fruits observed.

[2] Pressure damage.

[3] Mean from 40 fruits.

[4] Mean from 120 fruits.

Table 15 Changes peel color in Lime: Quality of lime treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46 ° C for 40 min. 7 and 14 days storage at 12 ± 2 °C.

Method of	Rep	No. Fruit	Criteria for evaluating the discoloration[3]				
transportation			(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Air shipment	1	120[1]	108	12	0	0	0
Control		40[2]	35	3	0	0	0
Air shipment	2	120	104	15	1	0	0
Control		40	27	13	0	0	0
Sea shipment	1	120	78	35	5	2	0
Control		40	24	10	5	1	0
Sea shipment	2	120	78	31	10	1	0
Control		40	26	12	1	1	0

[1] Total number of treatment 120 fruits

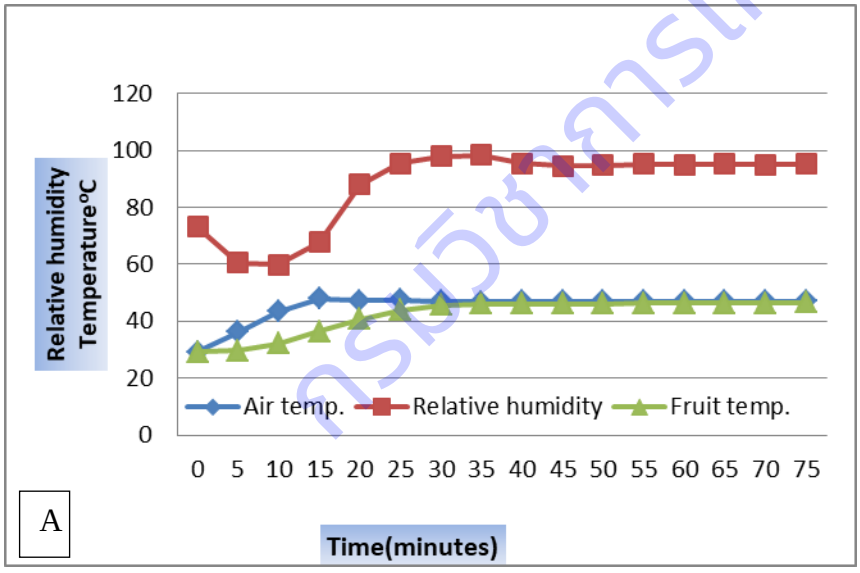
[2] Total number of control 40 fruits

กรมวิชาการเกษตร

[3] Criteria for evaluating the discoloration of lime peels are as follows:

0	=	100 % of peel area is green (no trace of yellow)
1	=	0 - 25 % of peel area is yellow
2	=	25 - 50 % of peel area is yellow
3	=	50 - 75 % of peel area is yellow
4	=	75 - 100 % of peel area is yellow

Figure 1 Fruit holding containers (Drawer-type boxes).



กรมวิทยาศาสตร์

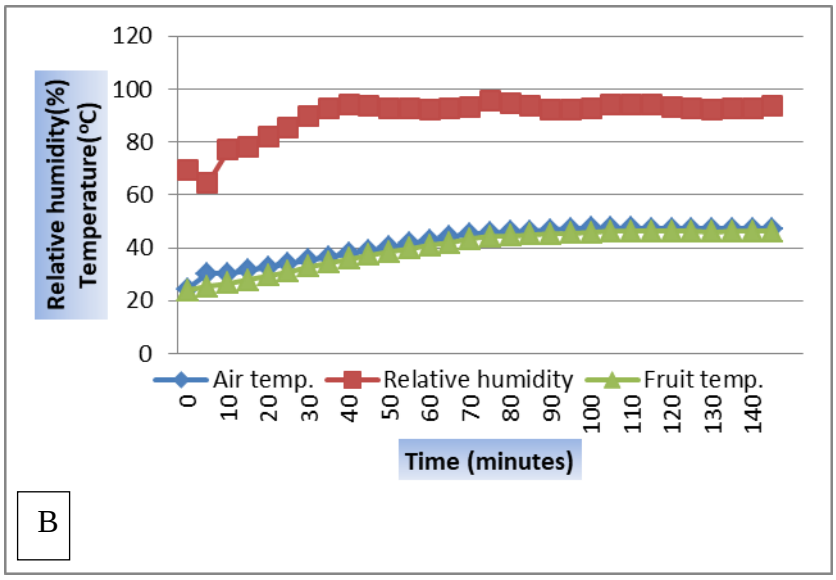
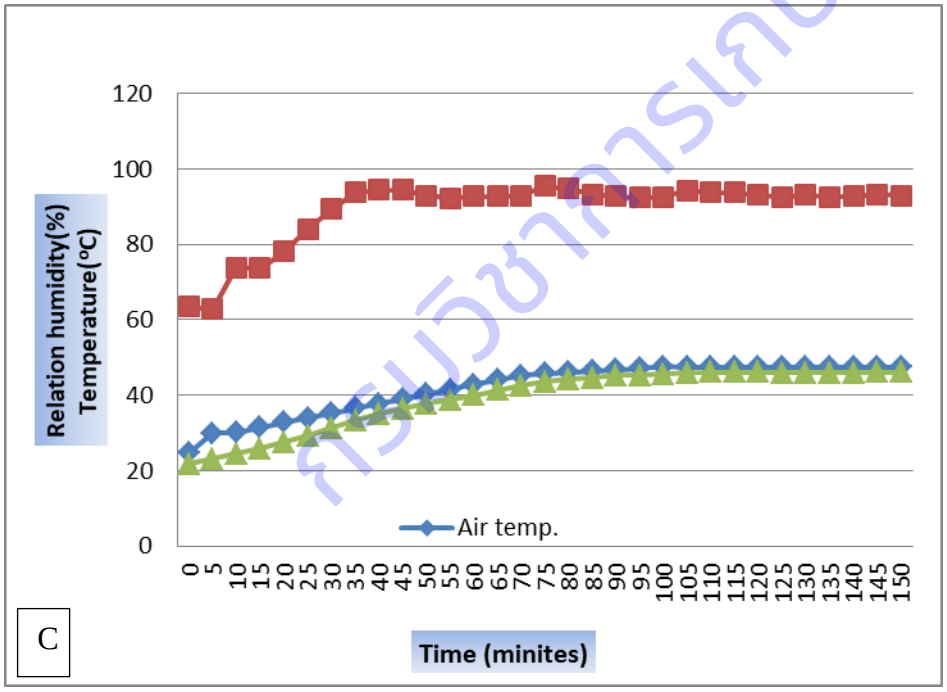


Figure 2 Temperature and relative humidity profile during midified vapor heat treatment of fruit cinter temperature 46°C

A. 33 kgs./cum.; B.66 kgs./cum



ศูนย์วิทยทรัพยากร

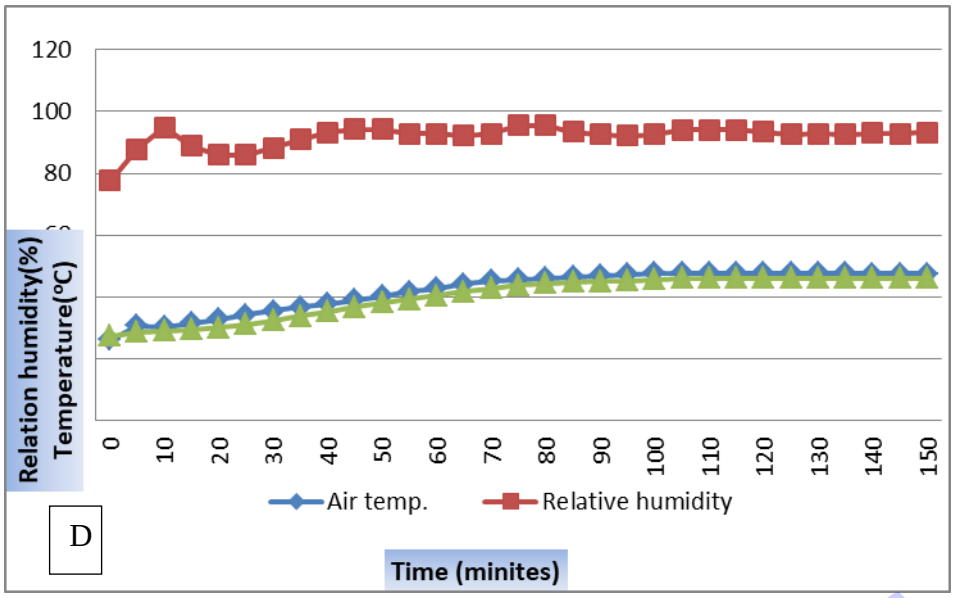


Figure 3 Temperature and relative humidity profile during midified vapor heat treatment of fruit cinter temperature 46°C

C. 99 kgs./cum.; D.132 kgs./cum

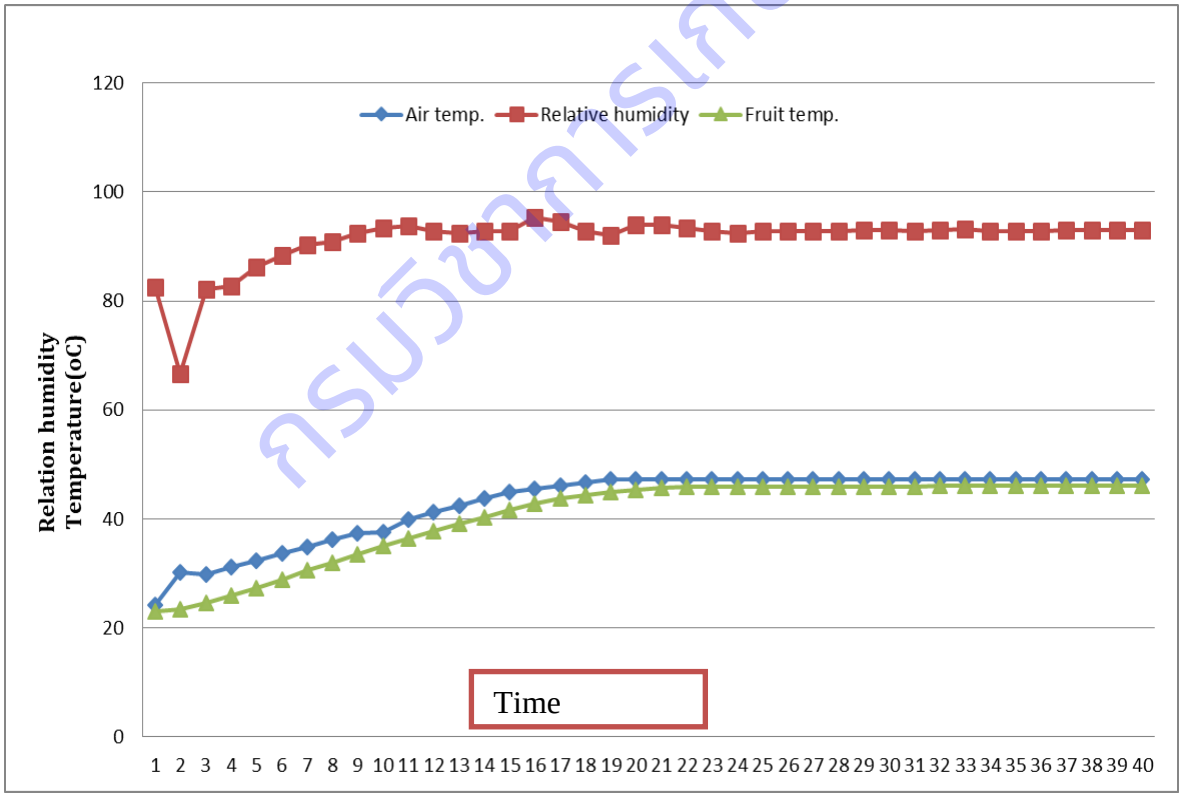


Figure 4 Temperature and relative humidity profile during vapor heat treatment (VHT)

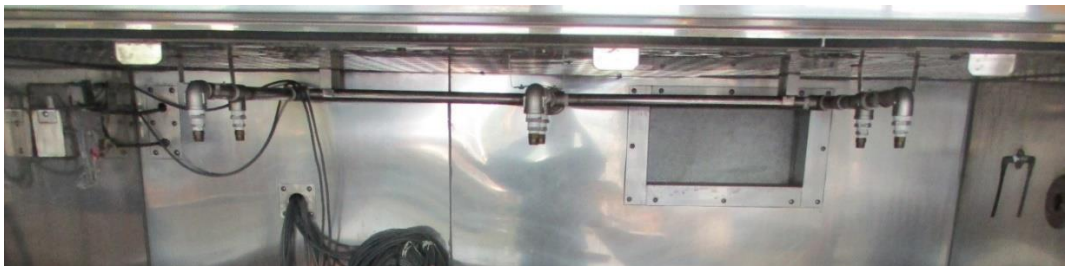


Figure 5 Infested fruits were subjected to proposed heat quarantine treatment under low load condition in large-scale confirmatory test.

Figure 6. Infested fruits were subjected to proposed heat quarantine treatment under full load condition in large-scale confirmatory test.

Figure 7 Two types of needle punched are used.

Figure 8 The assessment injuries on lime (control) after 7 day.

Figure 9 The assessment of thermal injuries on lime was done 7 day after treatment.

Figure 10 The assessment injuries on lime (control) after 14 day .

Figure 11 The assessment of thermal injuries on lime was done 14 day after treatment.

Figure 12. Symptoms of heat injury on a lime.

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.3 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

Research and Development of Heated Air Quarantine Treatment for Pummelo (Khao Nam Phueng) Variety Control Fruit Flies for Export

ชัยณรัตน์ สนศิริ วลัยกร รัตนเดชากุล สลักจิต พานคำ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์
ชุติมา อ้อมกิ่ง พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ ปวีณา บูชาเทียน พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์
Chainarat Sonsiri Walaikorn Rattandechakul Saluckjit Phankum Monnipa Srimartpirom
Chutima Ormking Phuttipong Phangrerk Paweena Buchatian Pongsak Jinarite

คำสำคัญ

แมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis*), ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง, วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

Key words

Fruit fly (*Bactrocera dorsalis*), Pummelo (Khao Nam Phueng), Modified vapour heat treatment

บทคัดย่อ

ส้มโอมีปัญหาในการส่งออกเนื่องจากเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางด้านกักกันพืชหลายประเทศออกมาตรการด้านสุขอนามัยพืชห้ามนำเข้าผลไม้จากประเทศไทย ดังนั้นหากมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้แล้วจะทำให้ประเทศไทยสามารถขยายตลาดของส้มโอให้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น การศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก จากการสืบค้นข้อมูล พบว่า ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีผลค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักผลประมาณ 700-2,000 กรัม เยื่อหุ้มกลีบสีขาว เนื้อกุ้งสีเหลืองอมน้ำตาลหรือเนื้อกุ้งสีขาวอมเหลือง รสชาดหวานและกรอบ การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้สามารถเพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้มากกว่า 50,000 ตัว การศึกษาเทคนิคและวิธีการเตรียมผลส้มโอเพื่อใช้ในการทดลอง พบว่า หนอนวัย 1 มีอัตราการรอดชีวิตสูงและสามารถเจริญเติบโตอยู่ภายในผลส้มโอได้เป็นอย่างดี การศึกษารูปแบบของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) พบว่า วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ตามค่าที่กำหนด การศึกษาปริมาณความจุของส้มโอในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนที่มีปริมาณความจุของผลส้มโอ 25, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การทำงานของเครื่องตู้อบความร้อนสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ตามค่าที่กำหนด โดยใช้เวลาอบส้มโอประมาณ 6-7 ชั่วโมง การปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ พบว่า แท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 99.9-100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลานาน 20 นาที การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ อบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที พบว่า

กรมวิชาการเกษตร

แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 มีอัตราการตาย เฉลี่ย 99.34, 100 และ100 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีขึ้นไป สามารถกำจัดหนอนวัย 1 ในผลส้มโอได้จำนวนประมาณ 12,432 ตัว ตายทั้งหมด การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มโอ เพื่อประเมินความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอ อบส้มโอที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่า การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอที่ผ่านความร้อนมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณน้ำตาล ค่าความเป็นกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างจากส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนสีจากเดิมที่มีสีเขียว เปลี่ยนเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน และส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ47 องศาเซลเซียส โดยส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ยังพบจุดดำ ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงและคงความร้อนไว้เป็นเวลานาน

การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำในผลส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ และวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ พบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 60 และ20 ผล มีแมลงรอดชีวิต จำนวน 9,961 และ4,438 ตัว ส้มโอที่ผ่านความร้อน จำนวน 180 และ60 ผล ไม่พบแมลงรอดชีวิต ผลการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวสามารถกำจัดหนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จำนวนประมาณ 43,170 ตัวในผลส้มโอตายทั้งหมด การศึกษาความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอเพื่อประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำในสภาพจำลองการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ โดยทำการอบส้มโอในรูปแบบเดียวกัน จากนั้นเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 และ14 วัน พบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

Currently, the vapor heat treatment schedule at 46 °C for 0:30 minutes was accepted as a quarantine treatment to disinfest all stages of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* species complex in pummelo cultivar Thong Dee form Thailand to Japan. To extend more variety of pummelo for Japan, the experiment was carried out to determine the heat tolerance of the first instar larvae of *B. dorsalis* (Hendel), the most tolerance stage to Modified Vapor Heat Treatment (MVHT) between Khao Nam Phueng and Thong Dee pummelo. The preliminary disinfestation test was to treat infested both pummelo cultivars with MVHT at 46 °C for 0:00, 0:10, 0:20 and 0:30 minutes respectively. The intermediate scale disinfestation test, infested both cultivars were subjected to MVHT at 46 °C for 0:00, 0:10 and 0:20 minutes respectively. MVHT was done

by heating infested fruits with hot air from ambient temperature to 43 °C with 50-80 % RH (dry pre-heating period) then the fruits were gradually warmed up to 46 °C with saturated water vapor, and subsequently maintained the fruit target temperature for the desired duration holding time.

The results showed that oriental fruit fly first instar larvae infested in Khao Nam Phueng pummelo was less tolerance to MVHT than infested in Thong Dee pummelo. MVHT of fruit temperature 46 °C for 0:00 and 0:20 minutes was sufficient to completely kill all the oriental fruit fly first instar larvae in pummelo fruits. Large scale disinfestation test, complete mortality of the first instar larvae of the oriental fruit fly on fruits was achieved, when the infested fruits were heated with hot air at 50-80 % RH from ambient. In large scale efficacy test of this treatment schedule, none of the treated 43,170 first instar larvae survived.

The thermal injury was determined in Khao Nam Phueng pummelo. Fruits were treated with MVHT until fruit center temperature 46, 47 and 48 °C then fruits were maintained at these temperatures or greater for 0, 1 and 2 h. The thermal injury found change of peel color from green to yellow, black spot and damaged oil gland after treat at 48 °C for 2 h. Based on the experiment results, we proposed the MVHT at 46 °C for 0:30 minutes access as a quarantine treatment for Khao Nam Phueng pummelo before export to Japan.

บทนำ (Introduction)

ปัญหาการกักกันพืชระหว่างประเทศนับวันจะยุ่งยากและสลับซับซ้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวทางการค้าระหว่างประเทศอย่างรวดเร็ว การนำเข้าและส่งออกผักและผลไม้มีความเสี่ยงสูงที่แมลงศัตรูพืชร้ายแรงด้านกักกันพืชจะแพร่ระบาดจากประเทศหนึ่งไปยังอีกประเทศหนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงวันผลไม้ การวิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) เพื่อใช้สำหรับกำจัดแมลงในผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่องานกักกันพืชระหว่างประเทศ เพราะช่วยให้สามารถส่งผักและผลไม้ออกจากแหล่งแพร่ระบาดของแมลงวันผลไม้ได้ โดยปราศจากความเสี่ยงที่ศัตรูพืชร้ายแรงจะเล็ดลอดติดไปกับสินค้า (อุดร, 2541) การขยายตลาดของส้มโอจะทำให้เกษตรกรสามารถมีช่องทางในการจำหน่ายได้กว้างขวางมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในการช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบโดยส่งเสริมและผลักดันให้มีการส่งออกส้มโอเพิ่มมากขึ้น

สินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยหลายชนิดไม่สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศที่เข้มงวดทางด้านกักกันพืช เนื่องจากประเทศไทยเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคและศัตรูพืชที่สำคัญทางด้านกักกันพืช ประเทศไทยมีแมลงวันผลไม้หลายชนิดแพร่ระบาด แต่ที่มีความสำคัญทางด้านกักกันพืชมี 2 ชนิด ได้แก่ แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* และแมลงวันแตง *B. cucurbitae* ซึ่งมีความสำคัญทางด้านกักกันพืชระหว่างประเทศ (White and Elson-Harris, 1992; Iwaizumi, 2004) ส้มโอเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่ง ส้มโอ *Citrus maxima*

กรมวิชาการเกษตร

Merr. วงศ์ Rutaceae เป็นหนึ่งในผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยปลูกมากในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงคราม พิจิตร เชียงราย นครศรีธรรมราช นครนายก สุราษฎร์ธานี ชัยนาท ชัยภูมิ เชียงใหม่ และลำปาง โดยเฉพาะส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งปลูกมากในพื้นที่ อำเภอสามพราน อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี อำเภอบ้านแพ้ว อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย อำเภอศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี และมีแนวโน้มที่เกษตรกรจะขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้น ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีรสชาดหวานหอม เนื้อนุ่มน่ารับประทาน ราคาสูงและตลาดต่างประเทศมีความต้องการเป็นอย่างมาก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) ส้มโอเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ที่มีความสำคัญทางด้านกักกันพืชระหว่างประเทศ ได้แก่ แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ด้วยเหตุนี้ส้มโอจากประเทศไทยจึงถูกห้ามนำเข้าประเทศญี่ปุ่นภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของกฎหมายทางด้านกักกันพืช ซึ่งจะถูกยกเลิกไปหากประเทศไทยสามารถพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชที่ได้มาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอก่อนการส่งออก แต่อย่างไรก็ดีการส่งออกส้มโอไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ประเทศไทยจำเป็นต้องยึดหลักการตามข้อตกลงว่าด้วยการบังคับใช้มาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (agreement on the application of sanitary and phytosanitary measures: SPS agreement) เนื่องมาจากประเทศไทยได้จัดทำข้อตกลงเขตการค้าเสรี (free trade area, FTA) กับหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่มีความเข้มงวดทางด้านกักกันพืช อาทิเช่น ประเทศญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี และนิวซีแลนด์ เป็นต้น ส้มโอเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* species complex ซึ่งแมลงวันผลไม้ชนิดนี้จัดเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางด้านกักกันพืช (White and Elson-Harris, 1992; CABI, 2014) แมลงวันผลไม้เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของผลไม้หลายชนิด พบระบาดอยู่ทั่วโลก ทั้งในเขตหนาว เขตอบอุ่น และเขตร้อน (Shimizu *et al*., 2007*; Jennifer and Gillett-Kaufman, 2012)* รวมทั้งประเทศไทย (มนตรี, 2544; CABI, 2014) ในพื้นที่ภาคกลางและภาคเหนือ แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* มีพืชอาหารจำนวนมากถึง 123 ชนิด โดยเฉพาะผลไม้เปลือกบางหรืออ่อนนุ่มจะถูกทำลายได้ง่าย การเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้เกิดจากตัวเต็มวัยเพศเมียจะใช้อวัยวะวางไข่ (ovipositor) แทงลงใต้ผิวของผลไม้เพื่อวางไข่ เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอนจะชอนไช กัดกินเนื้อภายในผลไม้ทำให้เน่าเสีย ซึ่งการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้สามารถเข้าทำลายได้ตั้งแต่อยู่ในแปลงปลูก (กรมวิชาการเกษตร, 2556; Thomas, 2004*; Jennifer and Gillett-Kaufman, 2012)* การทำลายอาจรุนแรงมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หากไม่มีการป้องกันกำจัด ตามข้อตกลงของการอนุญาตการนำเข้าพืชผักและผลไม้ของประเทศญี่ปุ่น ประเทศไทยจำเป็นต้องดำเนินการตามมาตรฐานขั้นตอนการยกเลิกห้ามการนำเข้าสิ่งต้องห้ามที่เป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ (standard procedure for lifting import ban of prohibited host plants of fruit flies) ของกระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่น (ministry of agriculture, forestry and fisheries, MAFF) โดยมีขั้นตอนที่สำคัญคือกำหนดให้การขออนุญาตการนำเข้าสิ่งต้องห้ามที่เป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ต้องยื่นเสนอแผนการศึกษาวิจัยการกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนการส่งออกให้กับ MAFF พิจารณาตรวจสอบและให้ความเห็นชอบก่อน การวิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ต้องเป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนดและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งได้มาตรฐานตามวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (MAFF, 2010; Miyazaki, 2010)

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ในปี พ.ศ. 2529 กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนาวิธีการอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ 2 ชนิด คือ oriental fruit fly, *B. dorsalis* และmelon fly, *B. cucurbitae* ในมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (Unahawutti *et al*., 1986) ต่อมาได้มีการวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีประสิทธิภาพสูงสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) ครอบคลุมถึง 4 พันธุ์ คือ หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมะม่วง (Unahawutt *et al*., 1991) ในปี พ.ศ. 2549 และ2559 กระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่นอนุญาตให้มีการนำเข้ามะม่วงเพิ่มอีก 3 พันธุ์ คือ มหาชนก เขียวเสวย และโชคอนันต์ (Intarakumheng *et al*., 2006; Intarakumheng *et al*., 2013) หลังจากนั้นประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีประสิทธิภาพสูงสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 58 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *B. dorsalis* species complex จำนวน 4 ชนิด คือ *B. carambolae*, *B. dorsalis*, *B. papayae* และ*B. pyrifoliae* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Unahawutt *et al*., 1999) และในปัจจุบันได้ศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีประสิทธิภาพสูงสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในในกลุ่ม *B. dorsalis* species complex จำนวน 4 ชนิด ในผลส้มโอ (*Citrus maxima* (Burman) Merr.) พันธุ์ทองดีได้เป็นผลสำเร็จที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที (อุดร และคณะ 2549) และได้ส่งรายงานผลการศึกษาวิจัยวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวให้กับกระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่นพิจารณาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งในต้นปี พ.ศ. 2555 กระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่นอนุญาตให้นำเข้าส้มโอพันธุ์ทองดีจากประเทศไทยเข้าไปจำหน่ายในประเทศญี่ปุ่นได้อีกหนึ่งชนิด (Unahawutti *et al*., 2006) ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการสร้างโรงงานอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนขนาดใหญ่ระดับการค้ากันอย่างแพร่หลาย โดยใช้กรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ในการอบมะม่วง มังคุด และส้มโอ เพื่อการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี และนิวซีแลนด์ โดยยึดหลักการตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของแต่ละประเทศ (มลนิภา, 2550; 2552; 2554; 2555; Srimartpirom, 2010)

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้วิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ได้มีการศึกษาวิจัยกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพราะสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้หลายชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังปลอดภัยจากสารพิษตกค้างภายในผลจึงผ่านการยอมรับได้โดยง่ายจากประเทศผู้นำเข้า ส้มโอเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงในการส่งออกแต่ส้มโอเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องดำเนินการวิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำ ตามขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพและได้มาตรฐานตามวิธีการกำจัดศัตรูพืชทางด้านกักกันพืช

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

กรมวิชาการเกษตร

1. แมลงที่ใช้ในการทดลอง

- แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis*

2. พืชที่ใช้ในการทดลอง

- ผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง *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. 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

2.1 แหล่งที่มาของแมลงวันผลไม้

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

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

2.2 เทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงวันผลไม้

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

สภาพห้องเลี้ยงแมลง: ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้เป็นห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและแสงสว่าง **(Figure 1)** ห้องเลี้ยงแมลงมีขนาด 3.5x4.6x2.3 เมตร อุณหภูมิ 26$\pm$1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65$\pm$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 หลังจากนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร

นำไข่ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเทียมพร้อมทั้งตรวจหาอัตราการฟักไข่ด้วยวิธีสุ่มไข่จำนวน 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 ด้วยวิธีการนี้จะช่วยให้หนอนไม่แก่งแย่งอาหารกันเมื่อฟักออกจากไข่ ปิดถาดอาหารเทียมด้วยถาดเปล่าอีกหนึ่งใบ เพื่อให้ภายในมีความชื้น ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับไข่จะฟักออกเป็นหนอน นำถาดอาหารเก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลงจนกระทั่งหนอนเจริญเติบโตเต็มที่

ระยะดักแด้: หนอนแมลงวันผลไม้เจริญเติบโตเต็มที่พร้อมที่จะเข้าดักแด้ภายใน 6 วัน เปิดฝาครอบถาดอาหารเทียม และย้ายไปวางไว้ในภาชนะสำหรับให้แมลงเข้าดักแด้ ซึ่งเป็นกระบะพลาสติกขนาด 43x74x23 เซนติเมตร ภายในบรรจุขี้เลื่อย ขนาด 20 เมช พรมน้ำให้ชื้นพอประมาณสำหรับให้หนอนเข้าดักแด้ หนอนวัย 3 ที่เจริญเติบโตเต็มที่พร้อมจะเข้าดักแด้จะดีดตัวออกจากอาหารเทียมและเข้าดักแด้ในขี้เลื่อย ก่อนที่ดักแด้จะออกเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 2 วัน ใช้ตระแกรงขนาด 20 เมช 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

3.1 การเตรียมแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1

เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการข้างต้น รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าที่ชุ่มน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 เมช ร่อนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข่ ย้ายหนอนวัย 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ใส่ในน้ำกลั่น เก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) ขนาด 200 มิลลิลิตร ใช้หลอดดูดสารละลาย (dropper) ขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดหนอนวัย 1 นำไปใส่ไว้ในจานแก้ว (petri-dish) ขนาด 10x2 เซนติเมตร พร้อมทั้งนับหนอนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3.2 การเตรียมส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งให้มีแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 อยู่ภายในผล

เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการข้างต้น รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าที่ชุ่มน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 เมช 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 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 นำส้มโอใส่ในถุงผ้าปิดปากถุงวางลงบนแป้นรองส้มโอ เพื่อให้ของเหลวภายในผลส้มโอซึ่งเกิดจากเนื้อส้มโอถูกหนอนกัดกินไหลออกจากผลซึมผ่านรูที่เจาะไว้ 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 ตรงบริเวณส่วนใต้ของผลนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ของเหลวที่เกิดขึ้นจากการกินของหนอนแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอสามารถไหลออกมาได้ ซึ่งจะทำให้ภายในผลส้มโอมีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันผลไม้ 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) นำส้มโอเก็บไว้ในห้องควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 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

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 วางไว้ในกระบะชั้น

กรมวิชาการเกษตร

ล่างสุด 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

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 แท่งวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งภายในเครื่องตู้อบความร้อนทั้งหมดจะต้องนำมาตรวจสอบความ

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

เที่ยงตรง 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) เครื่องตู้อบความร้อนจะติดตั้งอุปกรณ์พิเศษ 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

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. วิธีการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ = อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับ

   ภายในห้องบรรจุผลไม้ ในช่วงเวลากำหนด (stepped temp. MVHT)
5. วิธีการลดอุณหภูมิผลส้มโอ = เป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

8.2 ขั้นตอนการประเมินความเสียหายต่อความร้อน

1. อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ = 47, 48 และ49 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิภายในสุดผลส้มโอ = 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส
3. ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
   ก่อนอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = 65 เปอร์เซ็นต์ RH %
   หลังอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส = 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)

กรมวิชาการเกษตร

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) และUnahawutti *et al*. (2006) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ทองดี เพื่อกำหนดระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด โดยอบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์กำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ หนอนวัย 1, 2 และ3 เพื่อเปรียบเทียบอัตราการตายของแมลงแต่ละระยะการเจริญเติบโต 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

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

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 (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)

กรมวิชาการเกษตร

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

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 กระบะเดียวกัน จำนวน 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 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 (Figure 27) 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

ศรีปทุมการพิมพ์

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินงาน 3 ปี (ตุลาคม 2559 ถึง กันยายน 2561) ที่ห้องปฏิบัติการของกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

1. สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ชีววิทยาของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้ในการทดลอง

ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีชื่อวิทยาศาสตร์และลักษณะทางพฤกษศาสตร์เหมือนกับส้มโอทั่วไป เป็นไม้ยืนต้นสูงประมาณ 5-10 เมตร กิ่งก้านมีขนและมีหนามแหลม ใบเป็นใบประกอบชนิดมีใบย่อยเพียงใบเดียว ออกเรียงสลับ รูปรี ดอกออกเป็นช่อตามซอกใบและปลายยอด กลีบดอกสีขาว มีกลิ่นหอม ขนาดผลค่อนข้างใหญ่ ทรงผลค่อนข้างกลมสูง ไม่มีจุกที่หัวผล ก้านผลเรียบ ต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือกผลเป็นสีเขียวเข้ม เปลือกผลหนาประมาณ 2.3 เซนติเมตร น้ำหนักเปลือก 300-780 กรัม สีของเปลือกในและผนังกลีบสีขาว ผลมีน้ำหนักประมาณ 700-2,000 กรัม มีเส้นรอบวง 17-24 นิ้ว ใน 1 ผล จะมีเนื้อ 12-15 กลีบ เยื่อหุ้มกลีบสีขาว เนื้อกุ้ง (juice sac) สีเหลืองอมน้ำตาลหรือเนื้อกุ้งเป็นสีขาวอมเหลืองคล้ายสีของน้ำผึ้ง แกะเนื้อออกจากเยื่อหุ้มกลีบได้ง่าย ให้น้ำเยอะแต่เนื้อไม่แฉะ มีเมล็ดน้อย รสชาดหวานอมเปรี้ยวและกรอบ ผลแก่จัดเนื้อแห้ง ไม่มีรสขมและรสซ่า แหล่งปลูกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่สำคัญอยู่ในพื้นที่ อำเภอสามพราน อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี อำเภอบ้านแพ้ว อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย และอำเภอศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี

2. การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการทดลอง

การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ในห้องปฏิบัติเพื่อใช้ในการทดลองภายในห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65-70 เปอร์เซ็นต์ โดยในการเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นจะตรวจสอบอัตราการฟักไข่ (hatching rate) อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักของดักแด้ (pupa weight) และอัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย (sex ratio) จากการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ พบว่า แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* มีความแข็งแรงตามมาตรฐานงานทดลองและสามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้มากกว่า 50,000 ตัว ซึ่งเพียงพอเพื่อใช้สำหรับงานทดลองการกำจัดแมลงด้วยความร้อนในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

3. การศึกษาเทคนิคและวิธีการเตรียมผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้ในการทดลอง

โดยใช้ที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เจาะรูบนผลส้มโอ จำนวน 3 รู ให้ลึกจนถึงกึ่งกลางผล รูที่ 1 เจาะตรงตำแหน่งขั้วผลให้ทะลุแกนกลางผล รูที่ 2 เจาะด้านตรงกันข้ามกับรูที่ 1 ส่วนรูที่ 3 เจาะบริเวณด้านข้างผลให้อยู่เลยจากส่วนครึ่งบนของผล สำหรับเหตุผลในการเจาะรูที่ 2 ตรงบริเวณส่วนใต้ของผลนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ของเหลวที่เกิดขึ้นจากการกินของหนอนแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอสามารถไหลออกมาได้ ซึ่งจะทำให้ภายในผลส้มโอมีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันผลไม้ ดึงแกนกลาง

กรมวิชาการเกษตร

ซึ่งติดกับปลายที่เจาะรูออกจากผล แคระเมล็ดภายในผลส้มโอออก นำส้มโอวางไว้ซึ่งพร้อมที่จะใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ จำนวน 200 ตัว/ผล โดยใส่หนอนวัย 1 ลงบนเนื้อส้มโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว้ทางด้านข้าง อุดรูทั้งหมดด้วยสำลีเพื่อป้องกันไม่ให้หนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล นำส้มโอใส่ในถุงผ้าปิดปากถุงวางลงบนแป้นรองส้มโอ เพื่อให้ของเหลวภายในผลส้มโอซึ่งเกิดจากเนื้อส้มโอถูกหนอนกินไหลออกจากผลส้มโอซึมผ่านรูที่เจาะไว้ วางไว้ในกระบะพลาสติกขนาด 36x54x15 เซนติเมตร คลุมด้วยผ้าปิดกระบะ หลังจากนั้นนำส้มโอเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ หลังจาก 5 วัน ตรวจผลการทดลอง จากการทดลอง พบว่า เทคนิคและวิธีการเตรียมผลส้มโอเพื่อใช้ในการทดลองวิธีการดังกล่าว หนอนวัย 1 มีอัตราการรอดชีวิตสูงและสามารถเจริญเติบโตอยู่ภายในผลส้มโอได้เป็นอย่างดี

4. การศึกษารูปแบบของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทำการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง การอบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) เป็นกรรมวิธีที่ให้ความร้อนกับส้มโอโดยอาศัยวิธีอบไอน้ำ (VHT) ร่วมกับวิธีอบอากาศร้อน (HAT) โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับส้มโอด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนผ่านส้มโอจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส แล้วจึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีอบไอน้ำ ซึ่งอากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อบส้มโอโดยให้อุณหภูมิภายในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ขณะอบส้มโอทำการบันทึกอุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาในการอบส้มโอ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ของเครื่องตู้อบความร้อน ระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 1) จากการทดลองพบว่า วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง สามารถคงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องตู้อบความร้อนได้ตามค่าที่กำหนด (Table 2 and 3) ซึ่งวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์นี้มีประสิทธิภาพสามารถนำมาใช้ในการทดลองการกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ

5. การศึกษาปริมาณความจุของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน

ทำการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ส้มโอที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดมีจำนวนประมาณ 200 ผล ศึกษาการทำงานของเครื่องตู้อบความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) อบส้มโอโดยเพิ่มอุณหภูมิภายในผลส้มโอให้อุณหภูมิผลถึง 46 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ในขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำ (treatment chamber) ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณความจุ (capacity) ของผลส้มโอจำนวน 25, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุตู้เครื่องตู้อบความร้อน ใส่ผลส้มโอในกระบะพลาสติกให้เต็มความจุจัดเรียงกระบะส้มโอตามปริมาณความจุดังนี้

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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

จากการศึกษา พบว่า การทำงานของเครื่องตู้อบความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์สามารถคงอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องตู้อบความร้อนได้ตามค่าที่กำหนด ในสภาพของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณความจุของผลส้มโอแตกต่างกัน จำนวน 25, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบนาน 7:00, 6:35, 6:45 และ6:25 ชั่วโมง ตามลำดับ ในเครื่องตู้อบความร้อนที่ 1 และในเครื่องตู้อบความร้อนที่ 2 ใช้ระยะเวลาอบนาน 6:53, 6:20, 6:10 และ5:45 ชั่วโมง ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ของผลส้มโอในสภาพความจุที่แตกต่างกันดังกล่าวจะใช้ระยะเวลาในการอบส้มโอในแต่ละครั้งประมาณ 6:00-7:00 ชั่วโมง

6. เครื่องตู้อบความร้อนและการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ

จากการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิตรวจสอบเปรียบเทียบกับปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน โดยจุ่มแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดรวมทั้งปรอทวัดความร้อนมาตรฐานลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน ตั้งค่าเครื่องอ่างน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำร้อนและมีอุณหภูมิคงที่จึงเริ่มการบันทึกอุณหภูมิ จากการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ พบว่า แท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 99.9-100 เปอร์เซ็นต์ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ที่อ่านค่าได้ทุก 5 นาที ซึ่งระยะเวลา อุณหภูมิ และความชื้นในการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส ได้แสดงไว้ใน (Table 5) โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานานติดต่อกันในช่วงเวลานาน 20 นาที

7. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ ศึกษา 2 การทดลอง แต่ละการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้ ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ใช้ส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นตัวเปรียบเทียบกับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (การทดลองที่ 1) และใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลงในการเตรียมส้มโอให้มีแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผล (artificial infestation method) อบส้มโอกำจัดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 เพื่อกำหนดกระบวนการอบไอน้ำที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้จำนวนไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ในผลส้มโอให้ตายทั้งหมด ในการทดลองนี้ใช้ส้มโอทั้งหมดจำนวน 176 ผล นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน วางเรียงส้มโอที่ทำการใส่หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอผลละ 200 ตัว จำนวน 4 ผล/ถาด อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอให้เป็นไปตามข้อ 8 และ8.1 อบส้มโอภายในเครื่องตู้อบความร้อนให้อุณหภูมิภายในผลส้มโอเพิ่มขึ้นจนถึง 46 องศาเซลเซียส และคงความร้อนภายในผลไว้ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานที่แตกต่างกันดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20 และ30 นาที รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 6 and 7) จากการทดลอง 4 ครั้ง พบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 16 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 2,644 ตัว แสดงว่าในส้มโอจำนวน 64 ผล ซึ่งผ่านความร้อนแต่ละระยะเวลาที่กำหนดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 4 ตัว ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20 และ30 นาที โดยมีอัตราการตายของหนอนวัย 1 เฉลี่ย 100, 98.82, 100 และ100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 8 and 9)

การทดลองที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 10 and 11) จากการทดลอง 3 ครั้ง พบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 24 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 4,144 ตัว ซึ่งในส้มโอที่ผ่านความร้อนแต่ละระยะเวลาที่กำหนดจำนวน 72 ผล แมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 9 ตัว ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที โดยมีอัตราการตายของหนอนวัย 1 เฉลี่ย 99.34, 100 และ100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 12)

จากการทดลองจึงประมาณการได้ว่าส้มโอซึ่งผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส แต่ละระยะเวลาที่กำหนดจะมีหนอนที่รอดชีวิตได้จำนวนไม่น้อยกว่าประมาณ 12,432 ตัว ผลการตรวจนับจำนวนแมลงในผลส้มโอจากการทดลองปรากฏว่า หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอตายทั้งหมดเมื่อคงความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานตั้งแต่ 10 นาทีขึ้นไป กระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ตามข้อกำหนดของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ดังนั้นควรจะได้มีการทดสอบการศึกษายืนยันกระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวข้างต้น เพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับกำจัดระยะไข่ และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ในส้มโอก่อนการส่งออก

8. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อส้มโอ ตรวจสภาพความผิดปกติของผลส้มโอ ซึ่งส้มโอทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือรอยแตก แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน อบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) โดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอภายในเครื่องตู้อบความร้อนให้อุณหภูมิภายในผลส้มโอเพิ่มขึ้นจนถึง 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส และคงความร้อนภายในผลไว้ที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอรวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 13 and 14) เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิผลส้มโอโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน บรรจุใส่ในกล่องกระดาษขนาด 34x47x18 เซนติเมตร ด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรูพร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่าย จำนวน 4 รู เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน จากการทดลอง พบว่า การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอที่ผ่านความร้อนมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) (Table 15) ปริมาณน้ำตาล ค่าความเป็นกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง หลังจากเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง (Table 16 and 17) นอกจากนี้การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง จะเปลี่ยนสีจากเดิมที่มีสีเขียว เปลี่ยนเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อนและส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ47 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง (Table 18) โดยที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ยังพบจุดดำ (black spot) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก (damaged oil gland) (Figure 28) เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงและคงความร้อนไว้เป็นระยะเวลานาน

9. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

เตรียมส้มโอทดลองให้มีแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 อยู่ภายในผล ศึกษา 2 วิธีการ คือ 1. วิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ (artificial infestation method) และ2. วิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method) นำส้มโอเข้าเครื่องตู้อบความร้อนเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในการกำจัดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 จำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ให้ตายทั้งหมด เพื่อการยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 19 and 20) จากการทดลอง พบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 60 และ20 ผล มีแมลงรอดชีวิตจำนวน 9,961 และ4,438 ตัว ซึ่งส้มโอที่ผ่านความร้อน จำนวน 180 และ60 ผล ไม่พบแมลงรอดชีวิต โดยสามารถกำจัดหนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้ประมาณ 43,170 ตัว ในผลส้มโอตายทั้งหมด (Table 21)

ซึ่งวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนมีจะความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการอบส้มโอดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพสูงได้ระดับมาตรฐานที่ยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ในส้มโอก่อนการส่งออก เพราะสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 ได้ตามมาตรฐานข้อกำหนดของประเทศญี่ปุ่นที่ระบุไว้ว่าวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชจะต้องกำจัดแมลงจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ตายทั้งหมด

10. การศึกษาความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่อส้มโอในสภาพจำลองการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ อบส้มโอโดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เพื่อประเมินการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน เมื่อเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 7 และ14 วัน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 22) จากการทดลอง พบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ค่าความเป็นกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 23 and 24) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง

ผลไม้เกิดความเสียหายได้ทุกๆ ขั้นตอนทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผลไม้ที่ต้องผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชก่อนการส่งออก เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขด้านกักกันพืชวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชนั้นจะต้องมีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ ถ้าหากทำให้คุณภาพของผลไม้เสียไปแล้วถือว่าวิธีการนั้นไม่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ดังนั้นวิธีการใดก็ตามที่ใช้สำหรับกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวควรจะมีผลทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ความเสียหายของผลไม้จากวิธีการกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวนั้น แสดงออกโดยสูญเสียคุณสมบัติด้านการตลาดหลายรูปแบบ ได้แก่ สีผล อายุการเก็บรักษา รูปลักษณ์ภายนอก การสุก รดชาด กลิ่น และความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุของโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว (Goodwin and Jamikorn, 1952; McDonald and William, 1994) การที่คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นลดลงหรือผิดไปจากปกติจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ชีววิทยาของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้ในการทดลอง

ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีขนาดผลค่อนข้างใหญ่ ทรงผลค่อนข้างกลมสูง ไม่มีจุกที่หัวผล ก้านผลเรียบ ต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือกผลเป็นสีเขียวเข้ม ผลมีน้ำหนัก 700-2,000 กรัม มีเส้นรอบวง 17-24 นิ้ว ใน 1 ผล จะมีเนื้อ 12-15 กลีบ เยื่อหุ้มกลีบสีขาว เนื้อกุ้งมีสีเหลืองอมน้ำตาลหรือสีขาวอมเหลืองคล้ายสีของน้ำผึ้ง แกะเนื้อออกจากเยื่อหุ้มกลีบได้ง่าย ให้น้ำเยอะแต่เนื้อไม่แฉะ มีเมล็ดน้อย รสชาดหวานอมเปรี้ยวและกรอบ ผลแก่จัด เนื้อแห้งไม่มีรสขมและรสซ่า แหล่งปลูกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่สำคัญและมีพื้นที่ปลูกมาก ได้แก่ จังหวัดนครปฐม กาญจนบุรี สมุทรสาคร ราชบุรี สุโขทัย และปราจีนบุรี

2. การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการทดลอง

การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ในห้องปฏิบัติการ ภายในห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในการเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นจะตรวจสอบอัตราการฟักไข่ อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย น้ำหนักของดักแด้ และอัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย จากการเพาะเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ พบว่า

แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* มีความแข็งแรงตามมาตรฐานงานทดลองและสามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้มากกว่า 50,000 ตัว ซึ่งเพียงพอสำหรับใช้ในการทดลอง

3. การศึกษาเทคนิคและวิธีการเตรียมผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้ในการทดลอง

เจาะรูบนผลส้มโอจำนวน 3 รู ให้ลึกจนถึงกึ่งกลางผล รูที่ 1 เจาะตรงตำแหน่งขั้วผลให้ทะลุแกนกลางผล รูที่ 2 เจาะด้านตรงกันข้ามกับรูที่ 1 ส่วนรูที่ 3 เจาะบริเวณด้านข้างผลให้อยู่เลยจากส่วนครึ่งบนของผล แคระเมล็ดภายในผลส้มโอออก ใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ จำนวน 200 ตัว/ผล ลงบนเนื้อส้มโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว้ทางด้านข้าง อุดรูทั้งหมดด้วยสำลี นำส้มโอใส่ในถุงผ้า ปิดปากถุงวางลงบนแป้นรองส้มโอวางไว้ในกระบะพลาสติก คลุมด้วยผ้าปิดกระบะ นำส้มโอเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น จากการทดลอง พบว่า เทคนิคและวิธีการเตรียมผลส้มโอเพื่อใช้ในงานทดลองวิธีการดังกล่าว หนอนวัย 1 มีอัตราการรอดชีวิตสูงและสามารถเจริญเติบโตอยู่ภายในผลส้มโอได้เป็นอย่างดี

4. การศึกษารูปแบบของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

อบส้มโอด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง การอบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) เป็นกรรมวิธีที่ให้ความร้อนกับส้มโอโดยอาศัยวิธีอบไอน้ำ (VHT) ร่วมกับวิธีอบอากาศร้อน (HAT) โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับส้มโอด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนผ่านส้มโอภายในตู้อบความร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส แล้วจึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีอบไอน้ำซึ่งอากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อบส้มโอโดยให้อุณหภูมิภายในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง จากการทดลอง พบว่า วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง สามารถคงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องตู้อบความร้อนได้ตามค่าที่กำหนด ซึ่งวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีประสิทธิภาพสามารถนำมาใช้ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ

5. การศึกษาปริมาณความจุของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน

อบส้มโอด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ส้มโอที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดมีจำนวนประมาณ 200 ผล ศึกษาการทำงานของเครื่องตู้อบความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) อบส้มโอโดยเพิ่มอุณหภูมิภายในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ในขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณความจุของผลส้มโอจำนวน 25, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักของส้มโอทั้งหมดเท่ากับ 32.71, 64.18, 95.95 และ130.84 กิโลกรัม ตามลำดับ ของความจุตู้ของเครื่องตู้อบความร้อน

จากการศึกษา พบว่า การทำงานของเครื่องตู้อบความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ สามารถคงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องตู้อบความร้อนได้ตามค่าที่กำหนด ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ในเครื่องตู้อบความร้อนที่ 1 และ2 ใช้เวลาอบนาน 7:00, 6:35, 6:45 และ6:25 ชั่วโมง และ6:53, 6:20, 6:10 และ5:45 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ของผลส้มโอในสภาพความจุที่แตกต่างกันดังกล่าวจะใช้ระยะเวลาในการอบส้มโอในแต่ละครั้งประมาณ 6:00-7:00 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

6. เครื่องตู้อบความร้อนและการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ

จากการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิตรวจสอบเปรียบเทียบกับปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน โดยจุ่มแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดรวมทั้งปรอทวัดความร้อนมาตรฐานลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน ตั้งค่าเครื่องอ่างน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำร้อนและมีอุณหภูมิคงที่จึงเริ่มการบันทึกอุณหภูมิ จากการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ พบว่า แท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 99.9-100 เปอร์เซ็นต์ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ที่อ่านค่าได้ทุก 5 นาที โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานานติดต่อกันในช่วงเวลานาน 20 นาที ซึ่งได้มาตรฐานงานทดลองของเครื่องตู้อบความร้อนในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ

7. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

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

8. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

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

9. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

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

ซึ่งวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการอบส้มโอดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพสูงได้ระดับมาตรฐานที่ยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ และหนอนวัยต่างๆ ในส้มโอก่อนการส่งออก

10. การศึกษาความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

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 วิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

ลิขสิทธิ์การใช้งาน

นั้นจะต้องมีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ ถ้าหากทำให้คุณภาพของผลไม้เสียไปแล้วถือว่าวิธีการนั้นไม่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ดังนั้นวิธีการใดก็ตามที่ใช้สำหรับกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวควรจะมีผลทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ความเสียหายของผลไม้จากวิธีการกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวนั้น แสดงออกโดยสูญเสียคุณสมบัติด้านการตลาดหลายรูปแบบ ได้แก่ สีผล อายุการเก็บรักษา รูปลักษณ์ภายนอก การสุก รดชาด กลิ่น และความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุของโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว การที่คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นลดลงหรือผิดไปจากปกติจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2556. แมลงวันผลไม้และการป้องกันกำจัด. [ออนไลน์] [อ้างถึง 26 กรกฎาคม 2557] แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n12/v_10_nov/rai.html.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. ส้มโอ. [ออนไลน์] [อ้างถึง 24 พฤษภาคม 2560] แหล่งข้อมูล: http://www.agritech.doae.go.th/fruit2/pomelo.

มนตรี จิระสุรัตน์. 2544. แมลงวันผลไม้ที่สำคัญของประเทศไทยและการแพร่กระจาย. แมลงวันผลไม้ในประเทศไทย. เอกสารวิชาการกองกีฏวิทยาและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 6 หน้า.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2550. โรงงานอบไอน้ำเพื่อการส่งออก. คู่มืออารักขาพืช 13 (1): 2.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2552. การกำจัดแมลงในผลไม้เพื่อการส่งออกด้วยวิธีการอบไอน้ำ หน้า. 43-46. *ใน*: เทคโนโลยีการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนอกฤดูเพื่อการส่งออก โดยภารกิจโครงการและประสานงานวิจัย, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2552. ขั้นตอนการอบไอน้ำมะม่วงและมังคุดสดจากประเทศไทยเพื่อการส่งออกไปญี่ปุ่น. *ใน*: การประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออก. 30 มิถุนายน - 1 กรกฎาคม 2552. ณ โรงแรมท็อปแลนด์พลาซ่า จ. พิษณุโลก. (เอกสารแจกในที่ประชุม)

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2554. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก. หน้า. 43-46. *ใน*: การประชุมสัมมนาวิชาการอารักขาพืช 28-30 มิถุนายน 2554. ณ. โรงแรมทวาราวดี จ. ปราจีนบุรี. เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการอารักขาพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2555. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันทองด้วยความร้อนในผลมะละกอเพื่อการส่งออก. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาศัตรูพืชหมดปัญหาเมื่ออารักขาถูกวิธี. 7-9 สิงหาคม 2555. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 100 หน้า.

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. การวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในส้ม

โอเพื่อส่งออก. ผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาเป็นผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2549, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 125-143.

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.

CABI. 2014. Invasive Species Compendium. *Bactrocera dorsalis* http://www.cabi.org/isc/datasheet/17685. (26 July 2014).

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

Intarakumheng, R., U. Unahawutti, S. Phankum, C. Sonsiri, M. Srimartpirom, C. Ormking and J. Chantra. 2006. Thermal tolerance of the first instar larvae of oriental fruit fly to modified vapor heat treatment in Mahachanok and Nang Klangwan mangoes. A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) for approval of a quarantine treatment on Mahachanok mango to be exported from Thailand to Japan. Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok. 38 p.

Intarakumheng, R., S. Phankum, C. Sonsiri, M. Srimartpirom, C. Ormking and U. Unahawutti. 2013. Evaluation of modified vapor heat treatment as quarantine treatment for Khiaosawoey and Chokanan mangoes infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) for market access of Khiaosawoey and Chokanan mangoes from Thailand to Japan. Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok. 139 p.

Iwaizumi, R. 2004. Species and host record of the *Bactrocera dorsalis* complex (Diptera: Tephritidae) detected by the plant quarantine of Japan. Applied Entomology and Zoology 39 (2): 327-333.

Jennifer, L. and G. Kaufman. 2012. Featured Greatures. University of Florida http://www.entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/tropical/oriental_fruit_fly.htm (26 July 2014).

MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). 2010. Summary of proposed Revisions to the Enforcement Ordinance of the Plant Protection Law and Concerned Public Notice Retrieved February1, 2012 from http://www.members.wto.org/crnattachments/2010/sps/JPN/10_4194_00_e.pdf

McDonald, R.E. and W.R. Miller. 1994. Quality and condition maintenance.

กรมวิชาการเกษตร

In: J.L. Sharp and G.Y. Hallman (eds.), Quarantine treatment for pests of food plant. Westview Press, Inc., Boulder, Cololado, USA. pp. 249-277.

Miyazaki, I. 2010. How to prepare the technical report on vapor heat disinfestations test. *In*: Report of the thermal treatment for the disinfestations of fruit flies. Naha Plant Protection Station, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency, Japan. 30 p.

Shimizu, Y., T. Kohama, T. Uesato., T. Matsuyama and M. Yamagishi. 2007. Invasion of solanum fruit fly *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) to Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, Japan. Appl. Entomol. Zool. 42 (2): 269-275.

Srimartpirom, M. 2010. The final report of thermal treatment for the disinfestations of fruit flies from Thailand. p 95. *In*: Report of the thermal treatment for the disinfestations of fruit flies. Naha Plant Protection Station, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency, Japan. 100 p.

Thomas, D. B. 2004. Hot peppers as a host for the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist 87 (4): 603-608.

Unahawutti, U., C. Chettanachitara, M. Poomthong, P. Konson, E. Smitasiri, C. Lapasathukool, W. Worawisitthumrong and R. Intarakumheng. 1986. Vapor heat treatment for 'Nang Klarngwun' mango, *Mangifera indica* Linn., infested with eggs and larvae of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel and the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae). Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture. Bangkok. 108 p.

Unahawutti, U., M. Poomthong, R. Intarakumheng, W. Worawisitthumrong, C. Lapasathukool, E. Smitasiri, P. Srisoon and C. Ratanawaraha. 1991. Vapor heat as plant quarantine treatment of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes infested with fruit flies (Diptera: Tephritidae). Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture. Bangkok. 342 p.

Unahawutti, U., S. Phankum, P. Ongthonglang and C. Chettanachitara. 1999. Heated-air quarantine treatment for mangosteen infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephitidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangosteen to be exported to Japan. Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture. Bangkok. 630 p.

Unahawutti, U., S. Phankum, M. Srimartpirom, C. Ormking, C. Sonsiri, J. Chantra, and

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

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, 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. 135 p.

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

White, I. M. and M. M. Elson-Harris. 1992. Fruit flies of economic significance: Their identification and bionomics. CAB International, Wallingford, UK. 601 p.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

Table 1. Time for pummelo to attain 46.0 °C for various holding times during test chamber no. 1 and chamber no. 2 for modified vapor heat treatment.

Rep.	Sensor fruit weight (g)			Time (h)[1/]		
				0:00	1:00	2:00
1	967.61	978.40	999.73	6:35	7:35	8:35
2	945.55	952.40	965.98	5:45	6:45	7:45

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table 2. Temperature and humidity during operation for pummelo to attain 46.0 °C for various holding times during test chamber no. 1 for modified vapor heat treatment.

Time (h)	Air temp. (°C)	RH (%)	Sensor fruit center temp. (°C)[1/]		
			9	10	11
Operation	Control with fix set point constant set mode				
HAT: +0:30	40.8	54.7	27.7	27.6	27.7
0:00	25.8	86.6	27.5	27.4	27.5
VHT: 4:18	47.0	52.7	**44.3**	**44.4**	**43.0**
* 6:35 [+0:00]	46.9	94.9	**46.5**	**46.6**	**46.0**
* 7:35 [+1:00]	47.0	94.9	**46.8**	**46.9**	**46.5**
* 8:35 [+2:00]	47.0	95.2	**47.0**	**47.0**	**46.8**

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table 3. Temperature and humidity during operation for pummelo to attain 46.0 °C for various holding times during test chamber no. 2 for modified vapor heat treatment.

Time (h)	Air temp. (°C)	RH (%)	Sensor fruit center temp. (°C)[1/]		
			9	10	11
Operation	Control with fix set point constant set mode				
HAT: +0:30	36.2	59.8	28.5	28.5	30.0
0:00	28.3	89.5	28.0	28.0	29.4
VHT: 4:09	47.1	51.8	**43.0**	**43.1**	**43.7**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตร

* 5:45 [+0:00]	47.1	95.0	**46.0**	**46.1**	**46.5**
* 6:45 [+1:00]	47.1	95.1	**46.6**	**46.7**	**46.9**
* 7:45 [+2:00]	47.1	94.9	**47.0**	**47.0**	**47.2**

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table 4. Time for pummelo to attain 46.0 °C for various holding times and different loading factor during modified vapor heat treatment.

Rep.	Capacity (%)	Loading factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (h)[1/]		
						0:00	1:00	2:00
1	25	32.87	1,204.33	1,207.36	1,208.09	7:00	8:00	9:00
	50	62.86	1,194.31	1,198.23	1,223.86	6:35	7:35	8:35
	75	95.05	1,180.02	1,192.35	1,197.70	6:45	7:45	8:45
	100	130.15	1,185.97	1,187.52	1,191.88	6:25	7:25	8:25
2	25	32.55	1,208.35	1,219.14	1,224.33	6:53	7:53	8:53
	50	65.50	1,223.70	1,223.98	1,224.20	6:20	7:20	8:20
	75	96.84	1,207.15	1,212.09	1,218.55	6:10	7:10	8:10
	100	131.53	1,179.02	1,183.01	1,183.40	5:45	6:45	7:45

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 5. Calibration factor obtained from each sensor of the vapor heat treatment system.

Date/Time	Number of sensor[1/]							
17/07/2017	1	2	6	7	8	9	10	11
10:20	46.0	99.9	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
10:25	46.0	99.9	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
10:30	46.0	100	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
10:35	46.0	99.9	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
10:45	46.0	100	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0

[1/]The test was conducted by dipping all sensors into constant temperature water bath at 46.0 °C for 0:20 minutes.

Table 6. Time for center of pummelo to attain 46.0 °C for various holding times during modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

กรมวิชาการเกษตร

Rep.	Load factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (min.)[1/]			
					0:00	0:10	0:20	0:30
1	18.94	1,187.04	1,195.76	1,202.96	6:57	7:07	7:17	7:27
2	19.21	1,205.83	1,213.59	1,224.54	5:35	5:45	5:55	6:05
3	19.53	1,216.16	1,221.71	1,224.94	6:35	6:45	6:55	7:05
4	19.34	1,201.36	1,206.50	1,209.22	6:09	6:19	6:29	6:39

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 7. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 ° C during modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 ° C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 ° C (h)[1/]	Time form 43.0 to 46.0 ° C (h)[1/]
1	4:37	6:57	2:20
2	4:02	5:35	1:33
3	4:36	6:35	1:59
4	4:25	6:09	1:44
Average	**4:31**	**6:09**	**2:04**

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 8. Mortality[1/] of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Khao Nam Phueng) treated with modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]
Control	1,600	1,315	285	0
46.0 ° C + 0 min.	1,600	0	1,600	100
46.0 ° C + 10 min.	1,600	0	1,600	100
46.0 ° C + 20 min.	1,600	0	1,600	100
46.0 ° C + 30 min.	1,600	0	1,600	100

กรมวิทยาศาสตร์

[1/]Combined data of 4 replicates.

[2/]Treatment: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

Control: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Table 9. Mortality[1/] of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Thong Dee) treated with modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]
Control	1,600	1,329	271	0
46.0 ° C + 0 min.	1,600	0	1,600	100
46.0 ° C + 10 min.	1,600	4	1,596	98.82
46.0 ° C + 20 min.	1,600	0	1,600	100
46.0 ° C + 30 min.	1,600	0	1,600	100

[1/]Combined data of 4 replicates.

[2/]Treatment: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

Control: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Table 10. Time for center of pummelo to attain 46.0 °C for various holding times during modified vapor heat treatment in intermediate disinfestation test.

Rep.	Load factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (min.)[1/]		
					0:00	0:10	0:20
1	29.86	1,191.02	1,191.59	1,201.52	6:51	7:01	7:11

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

2	29.82	1,203.07	1,210.77	1,217.40	6:08	6:18	6:28
3	30.90	1,219.25	1,219.31	1,221.27	6:40	6:50	7:00

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 11. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 °C during modified vapor heat treatment in intermediate disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 °C (h)[1/]	Time form 43 to 46.0 °C (h)[1/]
1	4:37	6:51	2:14
2	4:22	6:08	1:46
3	4:30	6:40	2:10
Average	**4:29**	**6:33**	**2:03**

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 12. Mortality[1/] of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Khao Nam Phueng) treated with modified vapor heat treatment in intermediate disinfestation test.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]
Control	4,800	4,144	656	0
46.0 ° C + 0 min.	4,800	9	4,791	99.34
46.0 ° C + 10 min.	4,800	0	4,800	100
46.0 ° C + 20 min.	4,800	0	4,800	100

[1/]Combined data of 3 replicates.

[2/]Treatment: 8 fruits infested with 200 individuals/fruit.

Control: 8 fruits infested with 200 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Table 13. Time for center of pummelo to attain 46.0, 47.0 and 48.0 °C for various holding times during modified vapor heat treatment in fruit injury test.

Temp.	Load factor (kg/cum.)	Rep.	Sensor fruit weight (g)	Time (h)[1/]		
				0:00	1:00	2:00

46.0 ° C	13.88	1	1,175.40	1,178.40	1,179.49	6:43	7:43	8:43
	14.15	2	1,178.92	1,183.67	1,195.41	6:42	7:42	8:42
47.0 ° C	14.70	1	1,182.60	1,183.03	1,192.02	7:05	8:05	9:05
	14.98	2	1,192.90	1,195.55	1,196.25	7:31	8:31	9:31
48.0 ° C	15.00	1	1,204.71	1,208.25	1,209.92	7:25	8:25	9:25
	14.89	2	1,215.10	1,218.95	1,221.10	7:30	8:30	9:30

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

กรมวิชาการเกษตร

Table 14. Time for center of pummelo to attain 43.0, 46.0, 47.0 and 48.0 ° C during modified vapor heat treatment in fruit injury test.

Temp.	Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 ° C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0, 47.0, 48.0 ° C (h)[1/]	Time form 43 to 46.0, 47.0, 48.0 ° C (h)[1/]
46.0 ° C	1	4:35	6:43	2:08
	2	4:37	6:42	2:05
47.0 ° C	1	4:23	7:05	2:42
	2	4:40	7:31	2:51
48.0 ° C	1	4:15	7:25	3:10
	2	4:18	7:30	3:12
	Average	**4:28**	**7:02**	**2:55**

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table 15. Weight loss (%) of pummelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 °C for various holding times and 7 days chamber at 10 °C.

Rep.	Treatment[1/]	Weight loss (%)*		
		0:00 h	1:00 h	2:00 h
1	46.0 °C	2.79	2.73	4.85
	Control	2.14		
	t-test 46.0 °C vs Control			
	47.0 °C	3.80	3.47	4.15
	Control	3.86		
	t-test 47.0 °C vs Control			
	48.0 °C	4.96	5.16	5.20
	Control	3.66		
	t-test 48.0 °C vs Control			
2	46.0 °C	2.18	2.82	5.34
	Control	2.27		
	t-test 46.0 °C vs Control			
	47.0 °C	4.18	5.01	4.69
	Control	3.60		
	t-test 47.0 °C vs Control			
	48.0 °C	5.07	5.22	4.84
	Control	4.56		
	t-test 48.0 °C vs Control			

[1/] Treatment: mean of 4 fruits, Control: mean of 4 fruits.
[ns] Non difference was statistically significant by t-test.
* The difference was statistically significant by t-test.

Table 16. Total soluble solid ([0] Brix) of pummelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 °C for various holding times and 7 days chamber at 10 °C.

Rep.	Treatment[1/]	Brix value (Brix)[ns]		
		0:00 h	1:00 h	2:00 h
1	46.0 °C	10.78	10.75	10.40
	Control	10.68		
	t-test 46.0 °C vs Control			
	47.0 °C	10.13	9.95	10.00
	Control	10.75		

ศูนย์วิทยทรัพยากร

	t-test 47.0 ° C vs Control			
	48.0 ° C	9.75	9.75	10.03
	Control	9.28		
	t-test 48.0 ° C vs Control			
2	46.0 ° C	10.63	10.88	10.85
	Control	10.65		
	t-test 46.0 ° C vs Control			
	47.0 ° C	10.38	10.85	10.75
	Control	10.25		
	t-test 47.0 ° C vs Control			
	48.0 ° C	10.05	10.03	10.08
	Control	10.35		
	t-test 48.0 ° C vs Control			

[1/] Treatment: mean of 4 fruits, Control: mean of 4 fruits.
[ns] Non difference was statistically significant by t-test.
* The difference was statistically significant by t-test.

กรมวิชาการเกษตร

Table 17. Acidity (%) of pummelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 ° C for various holding times and 7 days chamber at 10 ° C.

Rep.	Treatment[1/]	Acidity (%)[ns]		
		0:00 h	1:00 h	2:00 h
1	46.0 ° C	0.88	0.87	0.80
	Control	0.89		
	t-test 46.0 ° C vs Control			
	47.0 ° C	1.01	1.12	1.09

	Control	1.11		
	t-test 47.0 °C vs Control			
	48.0 °C	0.70	0.66	0.70
	Control	0.77		
	t-test 48.0 °C vs Control			
2	46.0 °C	0.80	0.81	0.82
	Control	0.84		
	t-test 46.0 °C vs Control			
	47.0 °C	0.91	0.96	0.87
	Control	1.02		
	t-test 47.0 °C vs Control			
	48.0 °C	0.55	0.52	0.58
	Control	0.57		
	t-test 48.0 °C vs Control			

[1/] Treatment: mean of 4 fruits, Control: mean of 4 fruits.
[ns] Non difference was statistically significant by t-test.
* The difference was statistically significant by t-test.

กรมวิชาการเกษตร

Table 18. Peel color rating (0-4) of pummelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 °C for various holding times and 7 days chamber at 10 °C.

Rep.	Treatment[1/]	Peel color rating (0-4)[ns]		
		0:00 h	1:00 h	2:00 h
1	46.0 °C	0.25	0.50	0.50
	Control	0.25		

	t-test 46.0 ° C vs Control			
	47.0 ° C	0.25	0.25	0.50
	Control	0.25		
	t-test 47.0 ° C vs Control			
	48.0 ° C	1.50	1.75	1.75
	Control	0.50		
	t-test 48.0 ° C vs Control			
2	46.0 ° C	0.50	0.75	0.75
	Control	0.25		
	t-test 46.0 ° C vs Control			
	47.0 ° C	0.50	0.75	1.00
	Control	0.50		
	t-test 47.0 ° C vs Control			
	48.0 ° C	1.50	1.75	2.00
	Control	1.00		
	t-test 48.0 ° C vs Control			

[1/] Treatment: mean of 4 fruits, Control: mean of 4 fruits.
[ns] Non difference was statistically significant by t-test.
* The difference was statistically significant by t-test.

กรมวิชาการเกษตร

Table 19. Time for center of pummelo to attain 46.0 ° C for 0:30 minutes during modified vapor heat treatment in large scale disinfestation test.

Rep.	Loading (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time (h)[1/]	
			0:00	0:30
Low load: 61.19 - 62.75 kg/cum.				

1	61.94	1,182.11	1,183.83	1,183.90	6:12	6:42
2	62.75	1,187.89	1,185.87	1,184.01	6:05	6:35
3	62.07	1,189.06	1,191.50	1,192.51	6:25	6:55
4	61.79	1,196.62	1,197.66	1,199.47	5:55	6:25
5	61.19	1,207.73	1,208.09	1,208.50	5:50	6:20
Full load: 124.75 - 125.14 kg/cum.						
1	124.75	1,181.83	1,187.09	1,187.48	6:53	7:23
2	125.14	1,211.39	1,215.47	1,220.15	7:10	7:40
3	124.94	1,213.93	1,219.10	1,213.59	7:00	7:30
4	124.77	1,224.60	1,224.67	1,224.87	7:20	7:50
5	124.86	1,222.27	1,223.15	1,223.79	7:00	7:30

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 20. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 °C during modified vapor heat treatment in large scale disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 °C (h)[1/]	Time form 43 to 46.0 °C (h)[1/]
Low load: 61.19 - 62.75 kg/cum.			
1	4:15	6:12	1:57
2	4:20	6:05	1:45
3	4:15	6:25	2:10
4	4:00	5:55	1:55
5	3:55	5:50	1:55
Average	**4:01**	**6:09**	**2:04**
Full load: 124.75 - 125.14 kg/cum.			
1	4:45	6:53	2:08
2	4:58	7:10	2:12
3	4:45	7:00	2:15
4	5:00	7:20	2:20
5	4:47	7:00	2:13
Average	**4:59**	**7:07**	**2:14**

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature

Table 21. Survival[1/] of first instar of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

กรมวิชาการเกษตร

in pummelo (Khao Nam Phueng) treated with modified treated vapor heat treatment at 46 ° C for 0:30 minutes in large scale disinfestation test.

Rep.	Infestation method	No. test fruit		No. alive individual in control (larvae)	Estimated treated population (larvae)	No. survivors
		Control	Treatment[2/]			
		Low load: 61.19 - 62.75 kg/cum.				
1	Larval inoculation	6	18	984	2,952	0
	Forced infestation	2	6	372	1,116	0
2	Larval inoculation	6	18	980	2,940	0
	Forced infestation	2	6	316	948	0
3	Larval inoculation	6	18	1,013	3,039	0
	Forced infestation	2	6	515	1,545	0
4	Larval inoculation	6	18	976	2,901	0
	Forced infestation	2	6	394	1,182	0
5	Larval inoculation	6	18	1,003	3,009	0
	Forced infestation	2	6	414	1,242	0
	Sub-total	**40**	**120**	**6,967**	**20,874**	**0**

กรมวิชาการเกษตร

Table 21. Survival[1/] of first instar of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Khao Nam Phueng) treated with modified treated vapor heat treatment at 46 ° C for 0:30 minutes in large scale disinfestation test Continued.

Rep.	Infestation method	No. test fruit		No. alive individual in control (larvae)	Estimated treated population (larvae)	No. survivors
		Control	Treatment[2/]			
		Full load: 124.75 - 125.14 kg/cum.				
1	Larval inoculation	6	18	1,033	3,099	0
	Forced infestation	2	6	344	1,032	0
2	Larval inoculation	6	18	1,017	3,051	0
	Forced infestation	2	6	503	1,509	0
3	Larval inoculation	6	18	951	2,853	0
	Forced infestation	2	6	693	2,079	0
4	Larval inoculation	6	18	978	2,934	0
	Forced infestation	2	6	431	1,293	0
5	Larval inoculation	6	18	1,026	3,078	0
	Forced infestation	2	6	456	1,368	0
	Sub-total	**40**	**120**	**7,432**	**22,296**	**0**
	Total	**80**	**240**	**14,399**	**43,170**	**0**

[1/]Combined data of 10 replicates.

[2/]Treatment: 180 fruits (Larval inoculation) infested with 200 individuals/fruit.
Control: 60 fruits (Larval inoculation) infested with 200 individuals/fruit.
Treatment: 60 fruits (Forced infestation).
Control: 20 fruits (Forced infestation).

กรมวิชาการเกษตร

Table 22. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 °C for 0:30 minutes during modified vapor heat treatment in commercial export simulation test.

Method of transportation	Rep.	Loading (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center to reach 43.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 °C 0:30 (h)[1/]
Air shipment	1	140.93	1,197.06	4.35	6.01	6.31
Sea shipment			1,213.29			
			1,217.10			
Air shipment	2	140.95	1,213.71	4.31	6.01	6.31
Sea shipment			1,217.77			
			1,218.32			

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table 23. Air transportation: Quality of pummelo fruits treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46.0 °C for 0:30 minutes and 7 days chamber at 10 °C.

Rep.	Item [ns]		Control[1/]	Treatment[1/]
1	Weight loss	%	2.84	3.08
	TSS	[0] Brix	10.88	10.85
	Acidity	%	0.87	0.80
	Peel color	0-4 scale	0.50	0.58
	Damaged oil gland[2/]	Present	0/4	0/12
	Smell[2/]	Unusual	0/4	0/12
	Taste[2/]	Unusual	0/4	0/12
2	Weight loss	%	3.47	3.76
	TSS	[0] Brix	12.18	12.32

กรมวิชาการเกษตร

	Acidity	%	0.89	0.79
	Peel color	0-4 scale	0.50	0.75
	Damaged oil gland[2/]	Present	0/4	0/12
	Smell[2/]	Unusual	0/4	0/12
	Taste[2/]	Unusual	0/4	0/12

[1/]Control = mean of 4 fruits, Treatment = mean of 12 fruits.

[2/]Fruits exhibited symptom/Total number of fruits observed.

[ns] Non difference was statistically significant by t-test.

Table 24. Sea transportation: Quality of pummelo fruits treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46.0 °C for 0:30 minutes and 14 days chamber at 10 °C.

Rep.	Item [ns]		Control[1/]	Treatment[1/]
1	Weight loss	%	4.54	4.97
	TSS	[0] Brix	12.30	12.32
	Acidity	%	1.01	0.95
	Peel color	0-4 scale	1.00	2.00
	Damaged oil gland[2/]	Present	0/4	0/12
	Smell[2/]	Unusual	0/4	0/12
	Taste[2/]	Unusual	0/4	0/12
2	Weight loss	%	5.86	5.98
	TSS	[0] Brix	11.73	11.05
	Acidity	%	0.96	1.00
	Peel color	0-4 scale	1.75	2.08
	Damaged oil gland[2/]	Present	0/4	0/12
	Smell[2/]	Unusual	0/4	0/12
	Taste[2/]	Unusual	0/4	0/12

[1/]Control = mean of 4 fruits, Treatment = mean of 12 fruits.

[2/]Fruits exhibited symptom/Total number of fruits observed.

[ns] Non difference was statistically significant by t-test.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 1. Fruit fly mass rearing room.

Figure 2. Fruit fly eggs.

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.

กรมวิชาการเกษตร

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

กรมวิชาการเกษตร

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.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

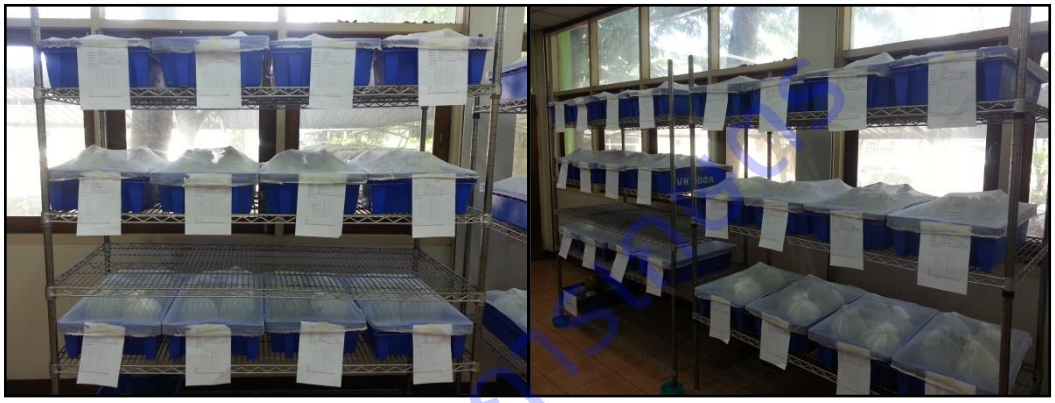


Figure 13. Control and test fruits infested with fruit fly first instar were held in room at 25-27 ° C after heat treatment.

Figure 14. Test fruits infested with fruit fly first instar were observed at each

given treatment temperature and holding time.

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

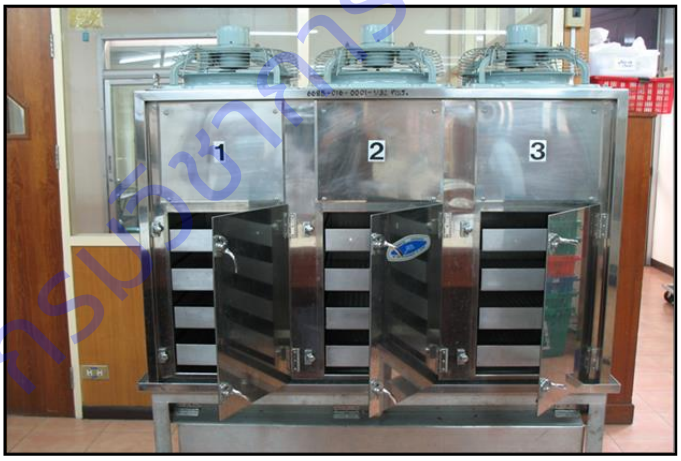


Figure 16. Showing cooling system (differential pressure type) model: SHS-12.

Figure 17. Control and treated fruits keep in box.

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

กรมวิชาการเกษตร

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

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

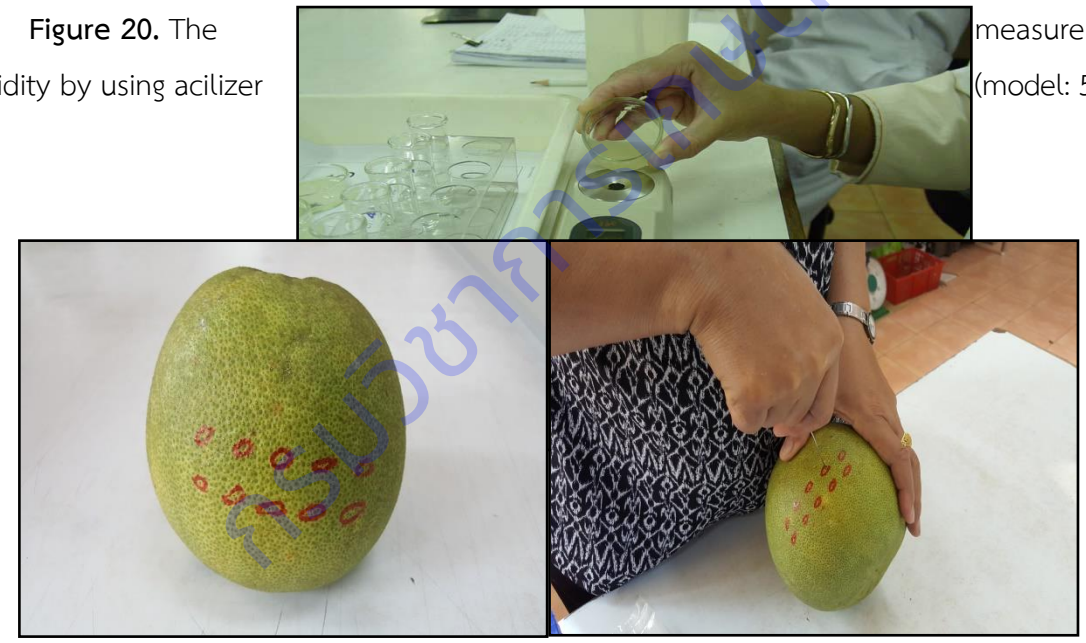


Figure 21. Forced infestation method ten punctures were made on the fruit surface by inserting pin (0.5 mm. diameter).

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

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.

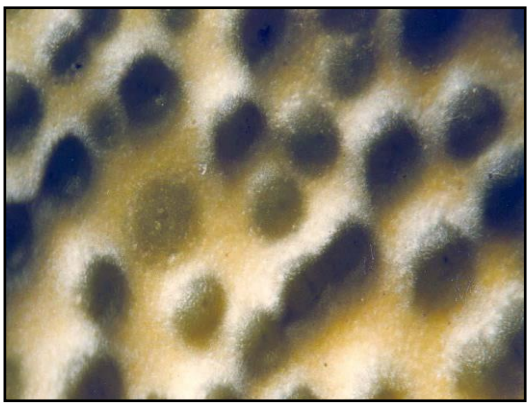


Figure 27. Filler fruits.

Figure 28. Symptom of damaged oil gland (black spot) found on peel of MVHT treated fruits at 48 ° C for 2 h after 7 days in chamber at 10 ° C.

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.4 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรเพื่อการส่งออก

Research and develop of heat treatment for disinfest the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) in dragon fruit for export

Chutima Ormking Walaikorn Rattandechakul Saluckjit Phankum
Chainarat Sonsiri Paweena Buchatian Phuttipong Phangrerk Pongsak Jinarite

คำสำคัญ

วิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ แมลงวันผลไม้ แก้วมังกร

Key words

Plant Quarantine, Modified vapour heat treatment, Fruit fly, Dragon fruit

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

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

จากการศึกษาวิธีการเตรียมแก้วมังกรโดยให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลโดยตรง (Forced infestation) ทำการเจาะรูจำนวน 5 รู วางไข่เป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที พบว่ามีหนอนแมลงวันผลไม้วัย 3 รอดชีวิตเฉลี่ยในผลแก้วมังกร เท่ากับ 98.7, 91.2, และ 116.9 ตัว ตามลำดับ การวางไข่ด้วยวิธี Forced infestation ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลแก้วมังกร ควรจะอยู่ที่ 40 นาที และทำการศึกษาผลกระทบของกรรมวิธีลดความร้อน 2 วิธีการ คือวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำและวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยน้ำมีแนวโน้มที่ทำให้แก้วมังกรสูญเสียน้ำหนักและเปลือกผล เกิดอาการเหี่ยวน้อยกว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยอากาศ ถึงแม้ว่าจำนวนผลที่เกิดแผลเน่ามีจำนวนมากกว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยอากาศ แต่ไม่ได้แตกต่างจากวิธีเปรียบเทียบ ดังนั้นวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำทำให้ผลแก้วมังกรมีคุณภาพดีกว่าวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ

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

Abstracts

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

The research were to develop of modified vapor heat treatment (MVHT) as quarantine treatment to disinfest the Oriental fruit fly (OFF), *Bactrocera dorsalis* (Hendel). The experiment studies the behavior of vapor heat treatment chamber conditions. It will study the operation of

ศูนย์วิทยทรัพยากร

vapor heat treatment systems (VHT) and modified vapor heat treatment (MVHT) the temperature inside the fruit to 47 degrees celsius. While the VHT chamber has a fruit content of 25, 50, 75 and 100 percent of the capacity of the VHT chamber can function normally. The effect of damage from the heat of the fruit through the VHT system to keep the low temperature. The temperatures of 46 and 47 ℃ and kept at 5 and 10 ℃ found that damage to the quality of the fruit is no different and study the quality of the fruit in simulated exports by air and sea it was found that the temperature of the fruit was 47 ℃ for 0, 1 and 2 hours, stored at 10 and 15 ℃ for 7 and 14 days. The quality of dragon fruit was not different in each treatment

บทนำ (Introduction)

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

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

กรมวิชาการเกษตร

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

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

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

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้เพื่อการส่งออก จำเป็นต้องศึกษาปัจจัยในด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อวิธีการให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการตายของแมลง และประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ และจำเป็นต้องดำเนินการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

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

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

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

- วิธีการ

กรมวิชาการเกษตร

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

1. การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้เพื่อการทดลอง

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

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

ตัวเต็มวัย : เลี้ยงแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยกรงใหญ่จำนวนประมาณ 20,000 ตัว/กรง และกรงเล็กประมาณ 2,000 ตัว/กรง กรงเลี้ยงแมลงมีขนาด 65.5 x 69.0 x 77.0 เซนติเมตร และ35 x 50 x 35 เซนติเมตร ทำด้วยมุ้งลวดตาข่ายอลูมิเนียมขนาด 16 เมช ภายในกรงมีจานพลาสติกบรรจุอาหารสำหรับตัวเต็มวัย ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมโดยน้ำหนัก ดังนี้ น้ำตาล 10 ส่วน เอ็นไซม์โปรตีนไฮโดรไลเซส (Enzymatic protein hydrolysate; Amber series 100) 1 ส่วน และ ยีสต์เอ็กเทรค (Yeast extract) 1 ส่วน การให้น้ำจะใช้ขวดพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.0 เซนติเมตร สูง 7.5 เซนติเมตร ฝาขวดเจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 3 รู วิธีให้น้ำจะคว่ำขวดน้ำลงบนกระดาษกรองซึ่งวางอยู่บนหลังกรงเลี้ยงแมลง หลังจากเลี้ยงแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยครบ 6 สัปดาห์ แมลงที่เหลือในกรงทั้งหมดจะถูกนำไปทำลาย และทำความสะอาดกรงเลี้ยงแมลง เพื่อ

ศรีปทุมการเกษตร

เตรียมไว้สำหรับใส่แมลงในรุ่นต่อไป ในระหว่างการทดลองจะต้องมีแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยอายุต่างๆ กันเพื่อเตรียมไว้ใช้ในการทดลอง กรงใหญ่ไม่น้อยกว่า 5 กรง และกรงเล็กไม่น้อยกว่า 10 กรง

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

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

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

2. ศึกษาอัตราการรอดชีวิตและระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ภายในผลแก้วมังกรในสภาพห้องปฏิบัติการ

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

ศรีปทุมกรุงเทพ

3. ศึกษาเบื้องต้นเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำแบบปรับความชื้นสัมพัทธ์

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

4. ศึกษาวิธีการเตรียมแก้วมังกรโดยให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลโดยตรง (Forced infestation)

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

5. การศึกษาการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ

ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่น EHK-1000B จำนวน 2 เครื่อง และ เครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” shower Cooling System (Differential Pressure Type (model : SHS-12 Sanshu Sangyo co.,Ltd.,Kagoshima, Japan)

มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดลักษณะการทำงานของเครื่องอบไอน้ำภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ โดยจะศึกษาการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ 2 วิธีการคือ 1.) วิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment-VHT) และ 2.) วิธีการอบไอน้ำ

กรมวิชาการเกษตร

ปรับความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment-MVHT) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิผลแก้วมังกรถึง 47 องศาเซลเซียส ในขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำ (Treatment chamber) มีแก้วมังกรเป็นปริมาณ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุ

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

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

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

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

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

ทำการทดลองเปรียบเทียบกรรมวิธีลดอุณหภูมิ 2 กรรมวิธีคือวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Shower cooling) และกรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยอากาศ (Air cooling) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กรรมวิธีลดอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อแก้วมังกรมากที่สุด ใช้แก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีขาวเพิ่มความร้อนกับผลแก้วมังกรด้วยกรรมวิธี MVHT ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส และคงที่ไม่ต่ำกว่า 47 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2 ชั่วโมง ภายหลังเสร็จสิ้นกรรมวิธี MVHTลดความร้อนผลแก้วมังกรด้วยวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเปรียบเทียบกับวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ใช้ผลแก้วมังกรที่ไม่อบไอน้ำสำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบ กับแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำและลดอุณหภูมิในแต่ละวิธีการ หลังจากนั้นเก็บแก้วมังกรในตู้ที่ควบคุมที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตรวจเช็คผลกระทบจากวิธีการลดความร้อนต่อคุณภาพแก้วมังกร ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณน้ำตาล (° brix) ลักษณะภายนอก คือ การเกิดโรค และผ่าดูลักษณะเนื้อภายในที่เกิดอาการเสียหาย ภายหลังการอบไอน้ำ 7 วัน ทำการทดสอบจำนวน 2 ซ้ำ

7. ศึกษาอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ทำการทดลองอบแก้วมังกรด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยอบภายใต้สภาพอากาศร้อนอุณหภูมิสูงขึ้นแต่ละระดับภายในช่วงเวลาที่กำหนดการเพิ่มอุณหภูมิผลแก้วมังกรถึง 30 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนจะอยู่ที่ระดับ 50-80 เปอร์เซ็นต์ อบแก้วมังกรให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้นถึง 46 และ 47 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46 และ 47 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำแก้วมังกรไปลดอุณหภูมิโดยวิธีเป่าด้วยลมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องลดอุณหภูมิ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการเก็บรักษาแก้วมังกรที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ต่อความเสียหายของแก้วมังกรจากความร้อน เนื่องจากตู้อบความร้อนและตู้ควบคุมอุณหภูมิ มีเพียงอย่างละ 2 ตู้ ดังนั้น จึงทำการทดลองเป็นคู่เปรียบเทียบการเก็บรักษาระหว่างอุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส โดยแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลากำหนดมีแก้วมังกรผ่านความร้อนจำนวน 10 ผล สำหรับแก้วมังกรที่ใช้เปรียบเทียบ (control) มีจำนวน 10 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน แล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษ นำไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 5±1องศาเซลเซียส และ10±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 แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาแบบสภาพจำลองการส่งออกทางอากาศ (เก็บรักษานาน 7 วัน) และทางเรือ (เก็บรักษานาน 14 วัน) ทำบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของแก้วมังกรได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาลของแก้วมังกร และลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกรหลังจากผ่านความร้อน

- เวลาและสถานที่

  เวลา เดือนกันยายน 2559 ถึง เดือนตุลาคม 2560

  สถานที่ กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

ผลการวิจัย (Results)

1. การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้เพื่อการทดลอง

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

2. ศึกษาอัตราการรอดชีวิตและระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ภายในผลแก้วมังกรในสภาพห้องปฏิบัติการ

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

3. ศึกษาเบื้องต้นเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำแบบปรับความชื้นสัมพัทธ์

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

4. ศึกษาวิธีการเตรียมแก้วมังกรโดยให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลโดยตรง (Forced infestation)

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

กรมวิชาการเกษตร

แมลงทองในผลแก้วมังกร ด้วยวิธี Forced infestation ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลแก้วมังกร ควรจะอยู่ที่ 40 นาที

5. การศึกษาการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ

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

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

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

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

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

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

กรมวิชาการเกษตร

จาก Table 7 แสดงผลกระทบของกรรมวิธีลดความร้อนต่อลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกร คืออาการเกิดแผลเน่าที่ผลที่เกิดจากเชื้อโรคเข้าทำลาย ผลแก้วมังกรที่เกิดอาการดังกล่าวจากวิธีลดความร้อนด้วยน้ำมีแนวโน้มที่จะเกิดแผลเน่ามากกว่าวิธีลดความร้อนด้วยอากาศ แต่มีจำนวนผลเน่าแตกต่างกันไม่มากกับในวิธีเปรียบเทียบ

ลักษณะภายนอกของผลแก้วมังกรหลังผ่านการอบไอน้ำด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์และลดอุณหภูมิด้วยวิธีลดอุณหภูมิด้วยน้ำและวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศแสดงใน Figure 3 และ 4 ตามลำดับ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำทำให้เปลือกแก้วมังกรเกิดอาการเหี่ยวน้อยกว่าแก้วมังกรที่ลดอุณหภูมิด้วยอากาศ

กรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยน้ำมีแนวโน้มที่ทำให้แก้วมังกรสูญเสียน้ำหนักและเปลือกผล เกิดอาการเหี่ยวน้อยกว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยน้ำ ถึงแม้ว่าจำนวนผลที่เกิดแผลเน่ามีจำนวนมากกว่ากรรมวิธีลดอุณหภูมิด้วยอากาศ แต่ไม่ได้แตกต่างจากวิธีเปรียบเทียบ ดังนั้นวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำทำให้ผลแก้วมังกรมีคุณภาพดีกว่าวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ

7. ศึกษาอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

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

8. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

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

อภิปรายผล (Discussion)

กรมวิทยาศาสตร์

1. จากผลการทดลองได้วิธีการเตรียมแมลงวันผลไม้ระยะไข่ หนอนวัย 1, 2 และ 3 ในผลแก้วมังกรที่มีอัตราการรอดชีวิตแมลงวันผลไม้ที่รอดชีวิตในผลมากที่สุดสามารถนำไปเป็นวิธีการเตรียมผลแก้วมังกรสำหรับงานทดลองด้านการกำจัดแมลงวันผลไม้ในแก้วมังกรต่อไปได้

2. แมลงวันผลไม้สามารถวางไข่และเจริญเติบจนสามารถเข้าสู่ระยะดักแด้ได้ในผลแก้วมังกรแต่อัตราการรอดชีวิตของหนอนระยะที่ 3 มีจำนวนน้อยกว่า 50 % ทั้งนี้แก้วมังกรไม่ใช่พืชอาศัยที่ดีของแมลงวันผลไม้และอาจเนื่องมาจากเมื่อเก็บแก้วมังกรในอุณหภูมิปกติทำให้ผลเน่าเสียง่ายหนอนจึงเน่าตายก่อนจะเจริญเติบโตเข้าวัยที่ 3

3. อิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทั้งการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 และ 47 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าความเสียหายทางคุณภาพของผลแก้วมังกรไม่มีความแตกต่างกัน เพราะฉะนั้น เราสามารถเก็บรักษาแก้วมังกรที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อประหยัดต้นทุนในการผลิตได้

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

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

6. กรรมวิธีลดอุณหภูมิผลภายหลังการอบไอน้ำมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลแก้วมังกร วิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำทำให้ผลแก้วมังกรมีคุณภาพดีกว่าวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอากาศ ทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแก้วมังกร คือวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเพื่อนำทดสอบประสิทธิภาพด้านกำจัดแมลงวันผลไม้ระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุดในผลแก้วมังกร และมีผลกระทบต่อคุณภาพผลแก้วมังกรน้อยที่สุด

7. อิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรที่ผ่านการอบไอน้ำต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทั้งการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 และ 47 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าความเสียหายทางคุณภาพของผลแก้วมังกรไม่มีความแตกต่างกัน เพราะฉะนั้น เราสามารถเก็บรักษาแก้วมังกรที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อประหยัดต้นทุนในการผลิตได้

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

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. เพื่อพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในผลแก้วมังกร และผลไม้ชนิดอื่น ๆ ทีมีศักยภาพในการส่งออก ในระดับการค้าได้ เช่นเดียวกับการพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับ

กรมวิชาการเกษตร

สภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในผลมะม่วง มังคุด และส้มโอ ที่ประสบความสำเร็จสามารถส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น นิวซีแลนด์ และสาธารณรัฐเกาหลี

2. เกษตรกรชาวสวนมะละกอ ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำ และผู้ส่งออกในประเทศไทยได้รับทราบข้อมูลวิชาการในเชิงลึก ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตู้อบไอน้ำในระดับการค้าตามมาตรฐานด้านกักกันพืช เพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกผลไม้อบไอน้ำไปตลาดต่างประเทศได้เพิ่มขึ้น

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

บรรณานุกรม

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

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

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

Miyazaki, I. 2010. How to prepare the technical report on vapor heat disinfestations test. Report of the thermal treatment for the disinfestations of fruit flies. Naha Plant Protection Station, (MAFF), Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency, Japan. 30 p.

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

กรมวิชาการเกษตร

Unahawutti, U., M. Poomthong, R. Intatakumheng, W. Worawisitthumrong, C. Lapasathukool, E. Smitasiri, P. Srisook and C. Ratanawaraha. 1991. Vapor heat as plant quarantine treatment of 'Nang Klangwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes infested with fruit flies (Diptera : Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok. 342 p.

Unahawutti, U. , S. Phankum, P. Ongthonglang and C. Chettanachitara. 1999. Heated-air quarantine treatment for mangosteen infested with oriental fruit fly (Diptera : Tephitidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangosteen to be exported to Japan. Tech. Plant Quarant. Sub-Div., Agr. Regulat. Div., Dept. of Agri., Bangkok. 630 p.

Unahawutti, U. , S. Phankum, P. Ongthonglang and C. Chettanachitara. 1999. Heated-air quarantine treatment for mangosteen infested with oriental fruit fly (Diptera : Tephitidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangosteen to be exported to Japan. Tech. Plant Quarant. Sub-Div., Agr. Regulat. Div., Dept. of Agri., Bangkok. 630 p.

Unahawutti, U., S. Phankum, M. Srimartpirom, C. Ormking, C. Sonsiri, J. Chantra and R. Intarakumheng. 2006. Development of heated-air quarantine treatment for pummelo infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the (MAFF) for approval of a quarantine treatment on Thai pummel to be exported to Japan, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 143 p.

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ภาคผนวก

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

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

[1/] Mean from 2 fruits

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

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

[1/] Mean from 10 fruits

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

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

กรมวิชาการเกษตร

	44.4	2:06	3:06	4:06	5:06	6:06
	66.6	2:16	3:16	4:16	5:16	6:16
	88.8	2:55	3:55	4:55	5:55	6:55

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

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

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

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

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

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

Trial	Cooling method	Total soluble solid (° brix)[1/]

กรมวิทยาศาสตร์

		0 h	1 h	2 h
1	Control	16.08		
	Air cooling	15.46	15.10	14.80
	Shower cooling	14.90	14.46	15.64
2	Control	17.55		
	Air cooling	18.82	18.29	18.71
	Shower cooling	18.02	17.37	17.87

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

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

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

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

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

Trial	Treatment	Quality after treatment of Dragon fruit1/				
		Weight loss	Brix	Winkle	Petting	Disease
		Keep 10 °C				
	Control	33.90	10.92	1.00	1.00	1.00
	47.0 °C + 0h	20.21	11.26	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	21.08	9.90	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	19.56	10.80	0.00	0.00	0.00
1		Keep 15 °C				
	Control	33.90	10.92	1.00	1.00	1.00
	47.0 °C + 0h	18.09	9.72	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	28.69	11.25	0.00	0.00	0.20

ศูนย์วิทยทรัพยากร

	47.0 °C + 2h	23.32	10.12	0.00	0.10	0.00
			Keep 10 °C			
	Control	34.48	10.75	1.00	0.40	0.30
	47.0 °C + 0h	19.37	10.69	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	20.36	12.55	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	20.62	10.04	0.00	0.00	0.00
2			Keep 15 °C			
	Control	34.48	10.75	1.00	0.40	0.30
	47.0 °C + 0h	14.65	10.03	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 1h	19.98	10.56	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	27.50	10.05	0.00	0.00	0.00

[1/]Mean of 10 fruits

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

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

กรมวิชาการเกษตร

2			Keep 15 °C			
	Control	63.44	9.92	1.00	0.00	1.00
	47.0 °C + 0h	24.35	9.61	0.00	0.10	0.20
	47.0 °C + 1h	26.40	8.50	0.00	0.00	0.00
	47.0 °C + 2h	46.36	8.91	0.00	0.10	0.10

[1/]Mean of 10 fruits

กรมวิชาการเกษตร

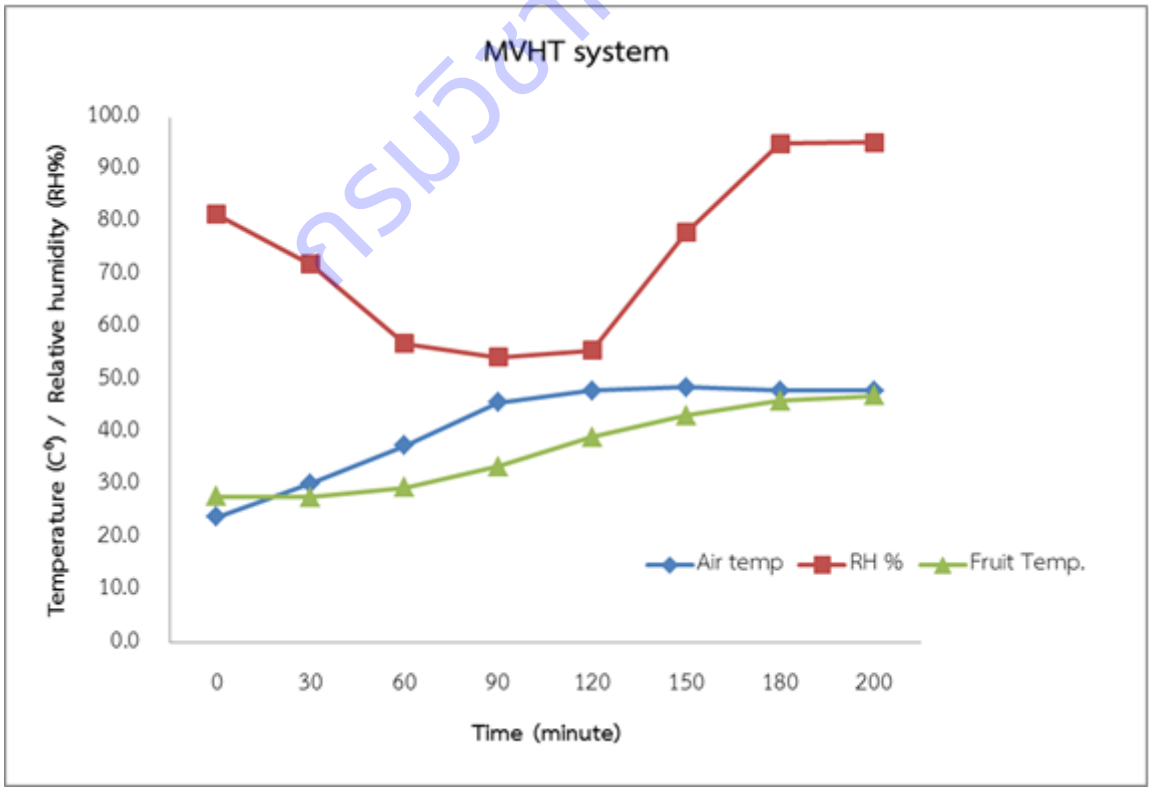
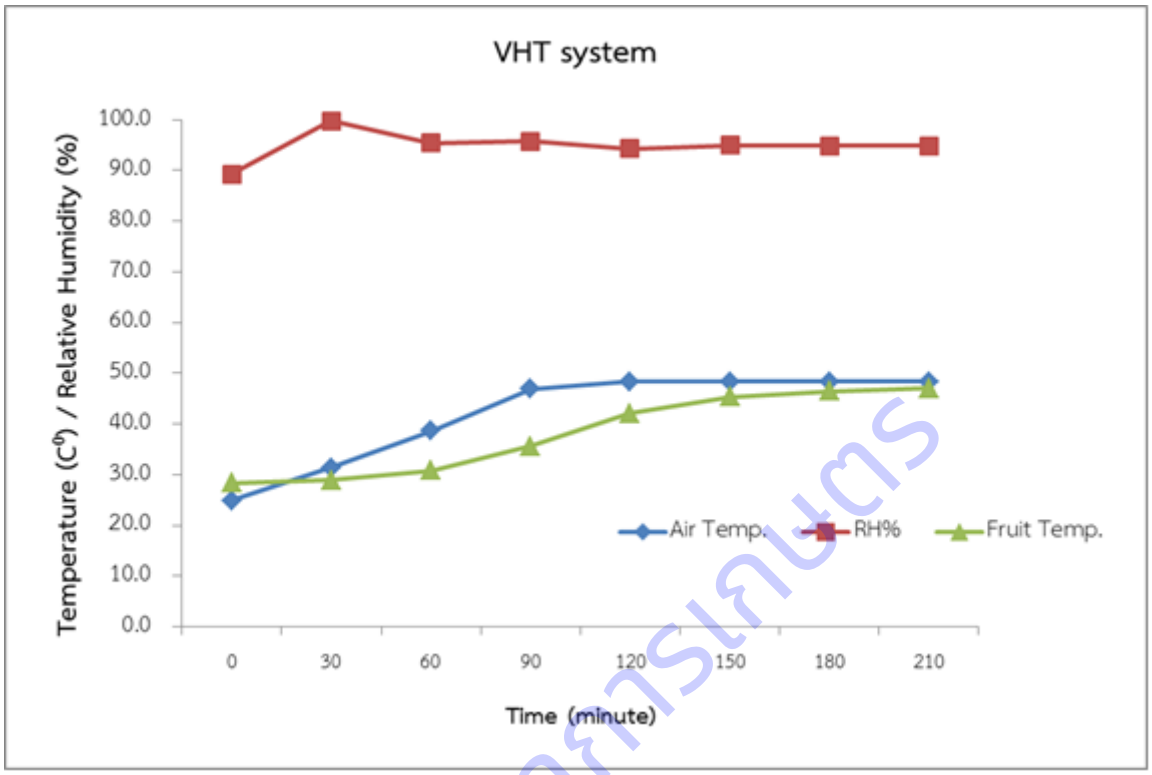


Figure 1 แสดงรายละเอียดของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพันธ์ (MVHT) ในแก้วมังกร



กรมวิชาการเกษตร

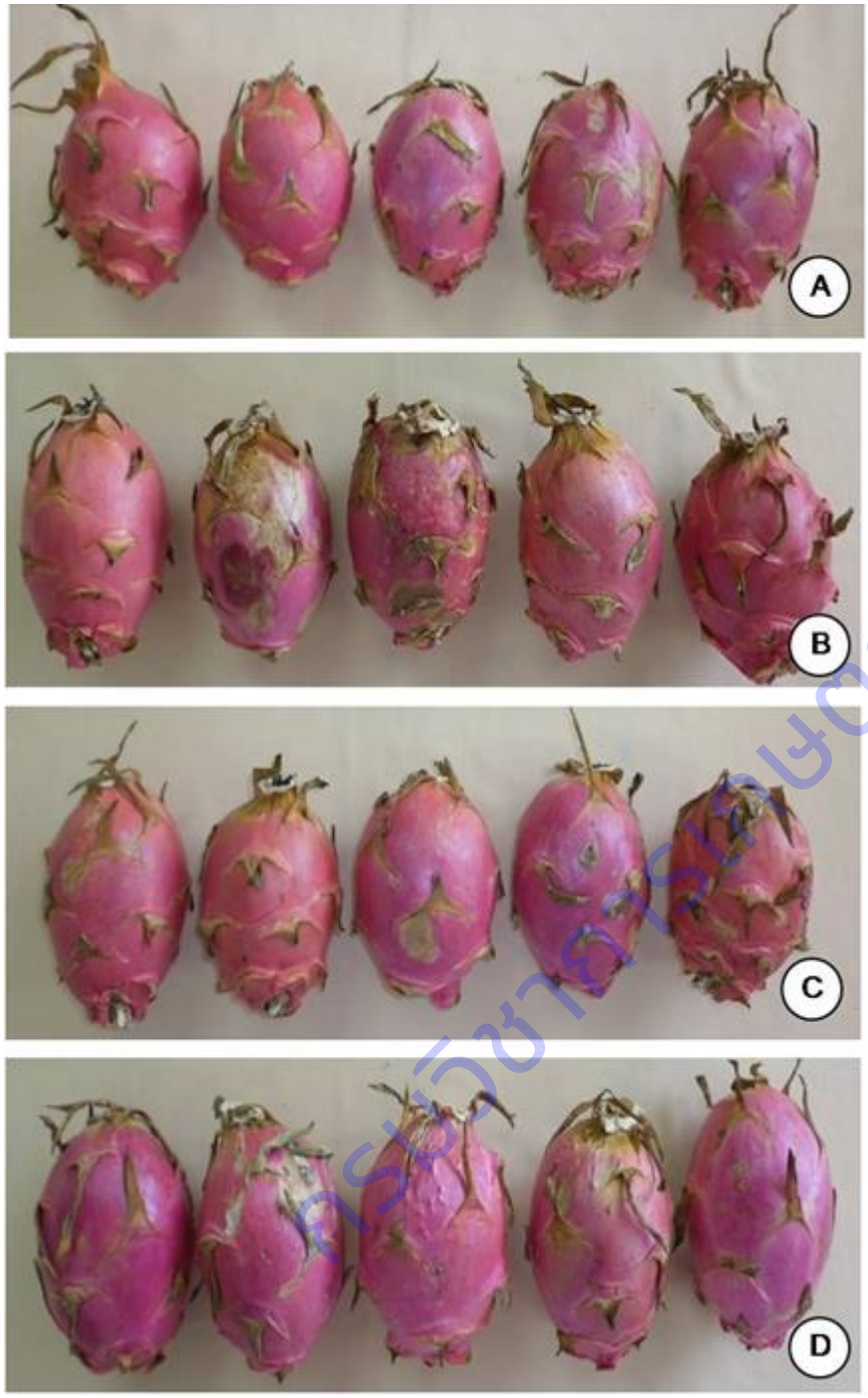
Figure 2 แสดงรายละเอียดของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการอบไอน้ำ (VHT) ในแก้วมังกร

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

A: Control B: 47 °C for 0 hr.

C: 47 °C for 1 hr. D: 47 °C for 2 hr.

ศูนย์วิทยทรัพยากร



ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

A: Control B: 47 °C for 0 hr.

C: 47 °C for 1 hr. D: 47 °C for

การทดลองที่ 1.5 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อการส่งออก

Research and Development of Heated Air Quarantine Treatment for Pummelo Khao Tang Kwa Variety for Control Fruit Flies for Export

พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ สลักจิต พานคำ รัชฎา อินทรกำแหง ชัยณรัตน์ สนศิริ
มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ปวีณา บูชาเทียน พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์
Phuttipong Phangrerk Saluckjit Phankum Rachada Intarakumheng Chainarat Sonsiri
Chutima Ormking Walaikorn Rattandechakul
Paweena Buchatian Pongsak Jinarite

คำสำคัญ
ส้มโอขาวแตงกวา อบไอน้ำ ปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์
Key words
Pummelo Khao Tang Kwa Variety, Modified vapour heat treatment

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มโอขาวแตงกวา หลังจากอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าส้มโอได้รับความร้อน ที่อุณหภูมิและเวลาเพิ่มสูงขึ้น มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันทางสถิติ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ที่ 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 47 และ48 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนสีของเปลือกส้มโอ โดยวัดค่าสีในระบบ L* a* b* พบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ สีของเปลือกผลส้มโอที่ได้รับความร้อนจะเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน และยังพบจุดดำ (black spot) ในส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ค่าความหวานหรือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่าส้มโอที่ได้รับความร้อนกับส้มโอที่ไม่ได้รับความร้อน ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ จึงทำการประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำ ในสภาพจำลองการส่งออก ทางเครื่องบินและทางเรือ เพื่อทราบถึงระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพผลส้มโอโดยเลือกอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เก็บไว้รักษาที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 และ14 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ของส้มโอที่เก็บรักษาที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ การเปลี่ยนสีของเปลือกส้มโอ วัดค่าสีในระบบ L* a* b* ของส้มโอที่เก็บรักษาที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน พบว่า การเปลี่ยนสีของเปลือกผลส้มโอที่ได้รับความร้อนจะเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน แต่ไม่พบจุดดำ ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ของส้มโอที่เก็บรักษาที่

ระยะเวลา 7 และ 14 วัน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้น ควรใช้อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ระยะเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ในการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อการส่งออก เพราะเป็นช่วงอุณหภูมิและระยะเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเทียบกับพันธุ์ทองดี โดยใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลง อบเป็นเวลานานที่แตกต่างกัน ดังนี้ ระยะเวลาอบนาน 0, 10, 20 และ30 นาที พบว่า วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเทียบกับพันธุ์ทองดี โดยไม่มีความแตกต่างกัน มีประสิทธิภาพ ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที สามารถกำจัดหนอนวัย 1 ในผลสมโอได้ 100 เปอรเซ็นต จำนวน ไมนอยกวา ประมาณ 1,632 ตัว ตายทั้งหมด การทดสอบประสิทธิภาพวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ในผลส้มโอให้ตายทั้งหมด อบส้มโอด้วยวิธีอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่ 46 °C นาน 0 10 และ 20 นาที เมื่ออบส้มโอ ครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำส้มโอออกจากตู้อบไอน้ำ และลดอุณหภูมิส้มโอด้วยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นเก็บส้มโอในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 25-27 °C นาน 5 วัน จึงนำมาตรวจการรอดชีวิตของแมลงวันผลไม้ พบว่า วิธีอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่ 46 °C นาน 0 นาที สามารถกำจัดหนอนแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* วัยที่ 1 ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา จำนวน 6,156 ตัว จากนั้นจึงทำการศึกษาการยืนยันประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลสมโอขาวแตงกวา ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ในผลส้มโอให้ตายทั้งหมด เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำในผลสมโอขาวแตงกวา ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยวิธีการใสหนอนวัย 1 แมลงวันผลไมในผลสมโอขาวแตงกวา และ วิธีการใหแมลงวันผลไม้วางไขในผลสมโอขาวแตงกวา พบวา สมโอที่ไม่ผานความรอน 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 ใน ผลสมโอตายทั้งหมด ซึ่งได้มาตฐานกำหนดของวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกัน

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

The impact of injury on Pummelo; Khao Tang Kwa Quality. After modified vapor heat treatment (MVHT) at a temperature 46, 47 and 48 ℃ for 0, 1 and 2 h, stored at 10 ℃ for 7 days. The pummelo was heated at higher temperature and time there was a statistically different percentage of weight loss at 46℃ at 2 hours, 47 and 48℃. Skin color loss of pummelo peel the color values were measured in the L* a* b* system and found that the values were statistically different. The color of the peel of heated grapefruit is slightly more yellow than that of unheated pummelo. Black spots were also found in pummelo that were heated at 48 ℃ for 2

hours. Sweetness or total soluble solid and titrated acidity It was found that heated pummelo and unheated pummelo there were no statistical differences. Therefore, assessing the damage of the steam treatment process in export simulation by air and sea to determine the storage period affecting pummelo quality, pummelo was baked at 46 °C for 30 minutes and stored at 10 °C for 7 and 14 days. It was found that the percentage of weight loss The values of pummelo preserved at 7 and 14 days were statistically different. Skin color loss of pummelo peel color measurement in the L* a* b* system of pummelo stored at 7 and 14 days showed that the color change of the peel of heat treated pummelo was yellowish. Unheated pummelo but no black dots found this is a condition caused by oil glands that crack the peel of the pummelo. total soluble solid and titrated acid content of pummelo stored at 7 and 14 days were not statistically different. Therefore, a temperature of 46 °C for no more than 1 h should be used in modified vapor heat treatment of Khao Tang Kwa for export because it is the temperature and time period that does not cause any change in quality.

The experiment was carried out to determine the heat tolerance of the first instar larvae of *B. dorsalis* (Hendel), the most tolerance stage to Modified Vapor Heat Treatment (MVHT) between Khao Tang Kwa and Thong Dee pummelo. The preliminary disinfestation test was to treat infested both pummelo cultivars with MVHT at 46 °C for 0:00, 0:10, 0:20 and 0:30 minutes respectively. The intermediate scale disinfestation test, The results showed that oriental fruit fly first instar larvae infested in Khao Tang Kwa pummelo was less tolerance to MVHT than infested in Thong Dee pummelo. MVHT of fruit temperature 46 °C for 0:20 minutes was sufficient to completely kill all the oriental fruit fly first instar larvae in Khao Tang Kwa compared to the Thong Dee. without any difference effective In the eradication of fruit fly first instar larvae at 46 °C for 20 min, the number of fruit fly first instar larvae in pummelo was not less than 100 percent. Approximately 1,632 were all dead. Small scale disinfestation test to kill not less than 3,000 fruit flies in all pummelo. Pummelo is MVHT at 46 °C for 0:00, 0:10 and 0:20 minutes. Remove the pummelo from the VHT chamber and reduce the temperature of the pummelo by air for 1 hour and Keep the grapefruit in a temperature controlled room at 25-27 °C for 5 days. Check fruit flies survived after 5 days. It was found that the MVHT at 46°C for 0 min was able to kill 6,156 *B. dorsalis* aged fruit fly first instar larvae 6,156 in Khao Tang Kwa pummelo. Large scale disinfestation test to kill not less than 30,000 fruit flies in all pummelo. Pummelo is MVHT at 46 °C for 0:30 minutes. By inoculation of fruit fly first instar larvae in

Khao Tang Kwa pummelo by artificial infestation method and forced infestation method. it was found that 48 and 24 unheated pomelo fruits survived 6,992 and 7,492. Heat-treated pomelos 144 and 72 not found fruit flies survived. In large scale efficacy test of this treatment schedule, none of the treated 43,452 first instar larvae survived.

บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันการขยายตัวทางการค้าระหว่างประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การนำเข้าและส่งออกผลไม้ ที่มีความเสี่ยงสูงจากแมลงศัตรูพืชกักกันจะแพร่ระบาดจากประเทศหนึ่งไปยังอีกประเทศหนึ่ง เป็นปัญหาสำคัญในการนำเข้าผลไม้ของประเทศที่มีความเข้มงวดทางด้านกักกันพืชเช่น ประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากประเทศไทยเป็นแหล่งแพร่ระบาดของศัตรูพืช สำคัญด้านกักกันพืชหลายชนิด ได้แก่แมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis* complex) โดยกระทรวงเกษตร ป่าไม้และประมงญี่ปุ่น (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, MAFF) กำหนดให้การขออนุญาตนำเข้าสิ่งต้องห้าม ต้องยื่นเสนอแผนการวิจัยการกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนการส่งออกให้กับ (MAFF) พิจารณาตรวจสอบ ตามขั้นตอนในการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้เป็นไปตามข้อกำหนดตรงตามมาตรฐานวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ได้แก่ การอบไอน้ำ เป็นวิธีการใช้ความร้อนในการกำจัดแมลงวันผลไม้

วิธีการอบไอน้ำ (Vapor heat treatment, VHT) เป็นกรรมวิธีให้ความร้อนกับผลไม้โดยอาศัยการหมุนเวียน ไอน้ำร้อนผ่านผลไม้ อากาศร้อนจะอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (Saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา 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 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา (Jones, 1939) วิธีอบไอน้ำเป็นวิทยาการด้านการกำจัดศัตรูพืชที่ประสบความสำเร็จในระยะเริ่มแรก แต่อย่างไรก็ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ความสนใจได้ ลดน้อยลงเมื่อมีการคิดค้นวิธีรมผลไม้ด้วยสารเคมี เอธีลีนไดโบรไมด์ และ เมธิลโบรไมด์ จนกระทั่งหลังจากการห้ามใช้สารเคมีเอธีลีนไดโบรไมด์รมผลไม้กำจัดแมลงวันผลไม้เมื่อปี พ.ศ. 2527 วิธีอบไอน้ำจึงกลับมาได้รับความสนใจใหม่อีกครั้งหนึ่ง ประเทศญี่ปุ่นกลายเป็นผู้นำในด้านการพัฒนาอุปกรณ์เครื่องอบไอน้ำทั้งขนาดเล็กสำหรับงานวิจัยและขนาดใหญ่ระดับการค้าที่ทันสมัยควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ปัจจุบัน เครื่องอบไอน้ำซึ่งใช้เทคโนโลยีของญี่ปุ่นมีใช้อยู่ในหลายประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่น (เกาะโอกินาวา) ฟิลิปปินส์ ไทย สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย

นอกจากนี้ยังมี วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้น (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) เป็นกรรมวิธีการให้ความร้อนกับผลไม้จะอาศัยวิธีอบอากาศร้อนร่วมกับวิธีอบไอน้ำ โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับผลไม้ด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิในผลไม้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ยังไม่มีการวิจัยอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเครื่องตู้อบความร้อนต้องมีอุปกรณ์ที่ทันสมัยสำหรับควบคุมระดับความชื้นสัมพัทธ์ได้อย่างเที่ยงตรง แต่อย่างไรก็ดี ประเทศไทยมีอุปกรณ์เครื่องตู้อบความร้อนขนาดเล็กสำหรับงานวิจัย ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง สามารถให้ความร้อนกับผลไม้ได้ทั้งสองกรรมวิธีที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการวิจัยพัฒนากระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพกับมะม่วงผ่านการยอมรับจากหน่วยงานกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่น ให้ใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* และ *B. cucurbitae* ในผลมะม่วง 4 พันธุ์ คือ หนังกลางวัน น้ำดอกไม้แรด และพิมเสนแดง ก่อนส่งออกไปจำหน่ายประเทศญี่ปุ่น (Unahawutti *et al*., 1991)

Furusawa *et al*., (1984) ศึกษาการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะเขือ (eggplant) โดยใช้ อบไอน้ำขนาดเล็กสำหรับงานทดลองซึ่งมีห้องบรรจุผลไม้ขนาด 1.14 ลบ.ม.และทดลองกับแมลงวันผลไม้ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะการเจริญเติบของแมลงวันผลไม้ในผลมะเขือที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด ผลการทดลองพบว่า ในขณะที่ห้องบรรจุผลไม้มีมะเขือบรรจุอยู่ 30 กก./ลบ.ม. ไข่แมลงวันผลไม้ในผลมะเขือจำนวน 321,960 ฟอง ถูกกำจัดทั้งหมดเมื่อผ่านการอบไอน้ำซึ่งประกอบด้วยการใช้เวลานานประมาณ 70 นาที ให้ความร้อนเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมะเขือขึ้นไปถึง 43 องศาเซลเซียสและคงความร้อนภายในผลมะเขือที่อุณหภูมิ 43 ถึง 44 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง โดยมะเขือที่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำนี้มีคุณภาพไม่แตกต่างไปจากผลมะเขือที่ไม่ผ่านความร้อน

Sunagawa *et al*., (1987) ศึกษาการใช้วิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วงปลูกที่เกาะโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น ผลการทดลองปรากฏว่า ไข่อายุ 24 ชั่วโมง จำนวน 23,320 ฟอง หนอนวัยที่ 1 จำนวน 30,994 ตัว หนอนวัยที่ 2 จำนวน 13,512 ตัว และหนอนวัยที่ 3 จำนวน 14,966 ตัว ในผลมะม่วงจะตายทั้งหมดเมื่อผ่านการอบไอน้ำโดยคงความร้อนภายในสุดผลที่อุณหภูมิ 43.5 ± 0.5 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง โดยกระบวนการอบไอน้ำดังกล่าวนี้ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพ จากการสังเกตพบว่ามะม่วงจะแสดงอาการเสียหายจากความร้อนเมื่อคงความร้อนภายในผลที่อุณหภูมิ 47.5 ± 0.5 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง

Sunagawa *et al.,* (1988) ได้แนะนำให้ใช้วิธีอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะระ โดยไข่แมลงวันผลไม้อายุ 24 ชั่วโมง จำนวน 71,928 ฟอง ในผลมะระตายทั้งหมด เมื่อ

ผ่านการอบไอน้ำจนกระทั่งอุณหภูมิภายในสุดผลมะระคงอยู่ที่ 45 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที ถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิดังกล่าวนี้จะมีมะระบางส่วนเสียหายจากความร้อน แต่ก็สามารถควบคุมความเสียหายหลัง การอบไอน้ำได้ ด้วยวิธีเก็บมะระไว้ในห้องอุณหภูมิระหว่าง 10 - 20 องศาเซลเซียส

Iwata *et al*., (1990) ยังได้วิจัยพัฒนากระบวนการอบไอน้ำเพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลแตง (Netted melon) ปลูกที่เกาะโอกินาวา โดยไข่แมลงวันผลไม้จำนวนประมาณ 140,356 ฟอง ในผลแตงตายทั้งหมดเมื่อผ่านการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียสจนกระทั่งอุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 30 นาที กระบวนการอบไอน้ำดังกล่าวนี้ไม่มีผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำหนัก pH ปริมาณน้ำตาลและรสชาติของผลแตง ถ้าอุณหภูมิผลเพิ่มสูงขึ้นถึง 47 องศาเซลเซียสเปลือกของผลแตงจะปรากฏรอยแผลสีน้ำตาล หรือเกิดการยุบตัวลงของเนื้อแต่อย่างไรก็ดี คุณภาพของเนื้อและน้ำของผลแตงไม่ได้รับผลกระทบ

Unahawutti *et al*., (1986) ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* และ *B.cucurbitae* ระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันของประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งออกมะม่วงไปยังประเทศญี่ปุ่น ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่า แมลงวันผลไม้หนอนวัยที่ 1 เป็นระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อการอบไอน้ำมากที่สุด ในสภาพที่ภายในห้องอบไอน้ำมีอุณหภูมิของอากาศ 47.5 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 98 เปอร์เซ็นต์ สามารถกำจัดหนอนแมลงวันผลไม้วัยที่ 1 ประมาณ 99,252 ตัว ซึ่งอยู่ภายในผลมะม่วงได้ทั้งหมด เมื่ออุณหภูมิภายในสุดผลของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นถึง 46.5 องศาเซลเซียสและปล่อยให้คงอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีกนาน 10 นาที ขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำบรรจุมะม่วง 150 กก./ลบ.ม. ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงทั้งหมดให้ถึง 46.5 องศาเซลเซียสใช้เวลาประมาณ 110 นาที วิธีการอบไอน้ำสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 ชนิด อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ทำให้คุณภาพของมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ กระบวนการอบไอน้ำนี้ผ่านการยอมรับจากหน่วยงานกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่น ให้ใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2529 และรัฐบาลญี่ปุ่นแก้ไขข้อกำหนดในกฎหมายกักกันพืชอนุญาตให้นำเข้ามะม่วงพันธุ์หนังกลางวันจากประเทศไทยตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2530 (อุดร และคณะ, 2530, 2531)

หลังจากประสบความสำเร็จในการพัฒนากระบวนการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ในมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะใช้กระบวนการอบไอน้ำสำหรับมะม่วงหนังกลางวันกับมะม่วงชนิดอื่นอีก 3 พันธุ์ คือ น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง (Unahawutti *et al*., 1991) ผลการศึกษาด้านความเสียหายของผลมะม่วงจากความร้อนพบว่า การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงทั้งสามพันธุ์ที่ผ่านการอบไอน้ำน้อยกว่ามะม่วงไม่อบไอน้ำ ปริมาณน้ำตาลและความเป็นกรดไม่แตกต่างกันระหว่างมะม่วงอบไอน้ำและไม่อบไอน้ำ มะม่วงแสดงอาการของโรคแอนแทรกโนสและโรคเน่าขั้วผลอย่างรุนแรงมีแนวโน้มลดน้อยลงในมะม่วงอบไอน้ำ การอบไอน้ำทำให้เกิดความเสียหายจากความร้อนขึ้นภายในผลมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ ซึ่งแสดงอาการให้เห็น2 ลักษณะคือ จุดสีขาว (White spot) และเนื้อมะม่วงแตกเป็นรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายฟองน้ำ (Spongy tissue) ลักษณะผิดปกติดังกล่าวนี้ไม่ปรากฏอาการให้สังเกตเห็นได้จากทางกายภาพและไม่แสดงอาการให้เห็นจนกว่ามะม่วงสุก (อุดร และคณะ, 2536)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

นอกจากมะม่วงแล้ว ยังมีรายงานการศึกษาวิจัยการใช้วิธีอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ใน ผลมังคุด อุดร และคณะ (2537) รายงานว่า วิธีอบไอน้ำทำให้มังคุดเสียหายอย่างรุนแรงซึ่งแสดงอาการให้เห็นหลายลักษณะ ดังนี้ คือ การพัฒนาของสีเปลือกผิดปกติผลแข็ง เนื้อยุบตัวลงเป็นหลุม เนื้อแตกเป็นรูพรุนลักษณะคล้ายฟองน้ำ เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้ ความร้อนยังทำให้มังคุดอ่อนแอเพิ่มมากขึ้นต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคพืช หลังเก็บเกี่ยว เมื่อมังคุดได้รับความร้อนอุณหภูมิสูงขึ้นหรือเป็นระยะเวลานานขึ้น มังคุดมีแนวโน้มของการสูญเสีย น้ำหนักเพิ่มมากขึ้น ความเป็นกรดสูงขึ้น ขณะที่ปริมาณน้ำตาลลดลง ในปี พ.ศ. 2549 กลุ่มวิจัยการกักกันพืช ได้วิจัยและ พัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ทองดีได้สำเร็จโดยใช้วิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพ ความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของส้มโอ (อุดร และคณะ, 2549) สลักจิต และคณะ (2551) ได้ศึกษาความทนทานต่อความร้อนของผลเงาะต่อกรรมวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า หนอนวัยที่ 1 มีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุด การศึกษาคุณภาพของผลเงาะหลังผ่านความร้อนด้วยวิธีการ MVHT และ VHT โดยการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลเงาะให้คงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 1 และ 2 ชั่วโมง พบว่าผลเงาะหลังการผ่านความร้อนด้วยวิธีการ VHT แสดงอาการเปลือกและขนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลน้อย กว่าวิธีการ MVHT มลนิภา และคณะ (2555) ได้ศึกษาด้านความเสียหายของมะละกอด้วยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) เปรียบเทียบกับวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) พบว่ามะละกอที่ผ่านความร้อนด้วย วิธีการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง จะแสดงความเสียหายทางกายทางกายภาพที่ผิว โดย เกิดรอยบุ๋ม (pitting) และภายในผลเกิดอาการช้ำ และนิ่ม (flesh softening) เนื่องจากความร้อนอย่างเด่นชัดใน ขณะที่มะละกอที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่อุณหภูมิ และ ระยะเวลาดังกล่าว พบการเปลี่ยนแปลงของสีผิวที่ผลจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (skin yellowing) ใกล้เคียงกับ มะละกอที่ไม่ผ่านความร้อนวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ เป็นวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละกอมากกว่าวิธีการอบไอน้ำ (VHT) นอกจากนี้ มลนิภา และคณะ (2555) ศึกษาความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ระยะไข่ และหนอนวัยต่าง ๆ ในผลมะละกอด้วยวิธีการอบไอ น้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) เพื่อกำหนดระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด พบว่าหนอนวัยที่ 1 เป็นวัยที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด โดยที่หนอนวัยที่ 1 ตายทั้งหมดที่อุณหภูมิ 46.5 องศา เซลเซียส นาน 30 นาที ในมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีการอบไอน้ำมี วัตถุประสงค์หลักเพื่อกำจัด แมลงวันผลไม้ซึ่งทำลายอยู่ภายในผลไม้ แต่อย่างไรก็ดี นอกจากความร้อนจะสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้แล้วยังส่งผล กระทบต่อความเสียหายทางคุณภาพของผลไม้ จากการศึกษาเมื่อปี 2562 พบว่าวิธีการ อบไอน้ำปรับสภาพความชื้น สัมพัทธ์กับส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อการส่งออก ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ระยะเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง นั้น เป็นช่วง อุณหภูมิและระยะเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ เมื่อทราบอุณภูมิและระยะเวลาในการอบไอน้ำ ปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่ไม่ส่งผลกระทบกับคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาผลไม้ แล้วนั้น วัตถุประสงค์ในการทดลองนี้คือ ต้องศึกษาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยความ ร้อนที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานด้านกักกันพืช สำหรับการส่งออก ซึ่งทำลายอยู่ภายในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา เพื่อหาว่าอุณภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่ไม่ส่งผลกระทบกับคุณภาพหลังการ

เก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาผลไม้ นั้นสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ซึ่งทำลายอยู่ภายในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาได้หรือไม่

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

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) ขนาดเสนผานศูนยกลาง 5 เซนติเมตร กระบะพลาสติก และอุปกรณอื่นๆ เชน ปเปต (pipettes) หลอดทดลอง (test tube) บีกเกอร (beaker) หลอดหยด (dropper) ปากคีบ (forceps) ผามัสลิน กระดาษกรองสีดำ พูกัน หนังยาง และผาขาวบาง

วิธีการ

1. การศึกษาความเสียหายจากความร้อนของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา (ปี2562)

ขั้นตอนที่ 1.1 สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ ชีววิทยาของส้มโอ

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ ชีววิทยาของส้มโอเพื่อใช้ในการทดลองส้มโอ พันธุ์ขาวแตงกวาโดยสืบค้นข้อมูลจากเอกสารตำราวิชาการเกี่ยวกับชีววิทยา พื้นที่ปลูก และข้อมูลอื่น ๆ ที่สำคัญของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในงานทดลอง

ขั้นตอนที่ 1.2 สำรวจและคัดเลือกผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาที่ได้มาตรฐานเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง

คัดเลือกผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออก ในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ของกรมวิชาการเกษตร จากจังหวัดชัยนาท และพิจิตร สำหรับนำมาใช้ในงานทดลอง ขนาดของผล ส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาที่ใช้ทดลอง 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 โดยลักษณะความเสียหายของส้มโอหลังจากผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) เป็นกรรมวิธีที่ให้ความร้อนกับส้มโอ โดยอาศัยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) ร่วมกับวิธีการอบอากาศร้อน (Hot air treatment, HAT) โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับส้มโอด้วยวิธีอบอากาศร้อน (HAT) อากาศร้อนที่หมุนเวียนผ่านส้มโอจะมีความชื้นสัมพัทธ์ 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส แล้วจึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีการอบไอน้ำ (VHT) ซึ่งอากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ มีความชื้นสัมพัทธ์

มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (อุดร, 2541; อุดรและคณะ,2549; Unahawutti *et al*., 2006) ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดทดลอง 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

4.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

การประเมินเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลส้มโอ คำนวณจากน้ำหนักผลส้มโอเริ่มต้นและหลังอบไอน้ำ ดังสมการ ต่อไปนี้

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

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

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

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)

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

บันทึกข้อมูล เมื่อครบกำหนดระยะเวลา 7 และ14 วัน นำผลส้มโอออกมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ และบันทึกข้อมูล เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 4

2. การศึกษาประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา

ขั้นตอนที่ 2.1 รวบรวมแมลงวันผลไม้ สายพันธุ์ *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

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

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

สภาพหองเลี้ยงแมลง: หองเลี้ยงแมลงวันผลไมเปนหองที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและแสง สวาง หองเลี้ยงแมลงมีขนาด 3.5x4.6x2.3 เมตร อุณหภูมิ 26±1 องศาเซลเซียส ความชื้น สัมพัทธ 65±5 เปอรเซ็นต แสงสวางภายในหองไดจากหลอดไฟฟลูโอเรสเซนส (fluorescent lights) จำนวน 20 หลอด ติดตั้งบนเพดานหองเลี้ยงแมลง มีระยะรอบของความมืดและสวาง (light-dark cycle) เปน 12:12 ชั่วโมง ไฟจะสวางในชวงเวลา 6:00-18:00 นาฬิกา ภายใน หองเลี้ยงแมลงติด หลอดไฟขนาด 15 วัตต จำนวน 1 หลอด ใหแสงสลัว (dim light) เปนเวลานาน 15 นาที กอนและหลังที่ไฟในหองเลี้ยงแมลงจะสวางเพื่อชวยกระตุนใหแมลงวันผลไมผสมพันธุ

ตัวเต็มวัย: เลี้ยงแมลงวันผลไมตัวเต็มวัยกรงใหญ จำนวนประมาณ 20,000 ตัว/กรง และกรงเล็ก จำนวนประมาณ 2,000 ตัว/กรง กรงเลี้ยงแมลงมีขนาด 65.5x69.0x77.0 เซนติเมตร และ35x50x35 เซนติเมตร ทำดวยมุงลวดตาขายอลูมิเนียมขนาด 16 มิลลิเมตร ภายในกรงมีจานพลาสติกบรรจุอาหาร สำหรับตัวเต็มวัย ซึ่งประกอบดวยสวนผสมโดยน้ำหนักดังนี้ น้ำตาล 10 สวน เอ็นไซมโปรตีนไฮโดรไลเซส (enzymatic protein hydrolysate; Amber series 100) 1 สวน และยีสตเอ็กเทรค (yeast extract) 1 สวน การใหน้ำจะใชขวดพลาสติกทรงกระบอกขนาดเสนผานศูนยกลาง 6.0 เซนติเมตร สูง 7.5 เซนติเมตร ฝาขวดเจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 3 รู วิธีใหน้ำจะคว่ำขวดน้ำลงบนกระดาษกรองซึ่ง วางอยูบนหลังกรงเลี้ยงแมลง หลังจากเลี้ยงแมลงวันผลไม ตัวเต็มวัยครบ 6 สัปดาห แมลงที่เหลือในกรง ทั้งหมดจะถูกนำไปทำลายและทำความสะอาดกรงเลี้ยงแมลง เพื่อเตรียมไวสำหรับใสแมลงในรุนตอไป ในระหวางการทดลองจะตองมีแมลงวันผลไมตัวเต็มวัยอายุตางๆ กันเพื่อเตรียมไวใชในการทดลอง กรง ใหญไมนอยกวา 5 กรง และกรงเล็กไมนอยกวา 10 กรง

วิธีการเก็บไข: เก็บไขแมลงวันผลไมเมื่อตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 15 วัน โดยใชกระบอก พลาสติก ขนาด 7x17 เซนติเมตร ดานขางเจาะรูขนาด 0.4 มิลลิเมตร ประมาณ 80-100 รู เพื่อใหแมลงวันผลไมตัวเต็มวัยเพศเมียแทงอวัยวะวางไขผานรูจากดานขางเขาไปวางไขภายใน กระบอกพลาสติกในการเก็บไขแตละครั้งจะใสน้ำสมประมาณ 30 มิลลิลิตร ไวในกระบอกเก็บไขเพื่อ กระตุนใหแมลงมาวางไขในขณะเดียวกันยังจะใหความชื้นภายในกระบอกพลาสติกปองกันไมใหไขของ แมลงแหงและแตก รวบรวมไขแมลงดวยวิธีเติมน้ำสะอาดในกระบอกพลาสติกเก็บไขแลวเขยาเบาๆ เพื่อใหไขที่ติดอยูดานขางภายในกระบอกหลุด ใชผามัสลินขนาด 150 มิลลิเมตร แยกไขออกจากน้ำสม รวบรวมไขทั้งหมดที่ไดใสในน้ำกลั่นเก็บไวในถวยแกว (beaker) ขนาด 200 มิลลิเมตร

หลังจากนั้นนำไขไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเทียมพรอมทั้งตรวจหาอัตราการฟกไขดวยวิธีสุมไขจำนวน 100 ฟอง วางไข ให กระจายเปนแถวยาวบนกระดาษกรองสีดำที่ชุมน้ำเก็บไวในจานแกว (petri-dish) ตรวจนับจำนวน ไขที่ฟกเปนตัว หนอน 2 วัน

ระยะหนอน: เลี้ยงหนอนแมลงวันผลไมดวยอาหารเทียมบนสูตรขาวโพดปน อาหารเทียมสำหรับ ระยะหนอนประกอบดวยสวนผสมดังนี้ขาวโพดบด 50 กรัม กระดาษชำระ 3 กรัม น้ำลั่น 85 มิลลิเมตร น้ำตาล 5 กรัม brewer's yeast 5 กรัม butyl p-hydroxybenzoate 0.15 กรัม HCl (conc.) 0.2 มิลลิเมตร นำอาหารเทียม ประมาณ 900 กรัม ใสในถาดพลาสติกขนาด 23x32x5 เซนติเมตร ตัดกระดาษชำระขนาด 5.5x11.0 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น วางไวบนอาหารเทียม ใช หลอดดูดขนาด 1 มิลลิเมตร ตวงไขจำนวน 0.4 มิลลิเมตร แลวนำไปวาง บนกระดาษชำระ เกลี่ยไขดวยพูกันใหกระจายทั่วๆ กันบนกระดาษชำระ ดวยวิธีการนี้จะชวยใหหนอนไมแกงแย งอาหารกันเมื่อฟก ออกจากไข ปดถาดอาหารเทียมดวยถาดเปลาอีกหนึ่งใบ เพื่อใหภายในมีความชื้น ซึ่งเปนสิ่งจำ เปนมาก สำหรับไขจะฟกออกเปนหนอน นำถาดอาหารเก็บไวในหองเลี้ยงแมลงจนกระทั่งหนอนเจริญเติบโต เต็มที่ ระยะดักแด: หนอนแมลงวันผลไมเจริญเติบโตเต็มที่พรอมที่จะเขาดักแดภายใน 6 วัน เปดฝา ครอบถาดอาหาร เทียม และยายไปวางไวในภาชนะสำหรับใหแมลงเขาดักแด ซึ่งเปนกระบะพลาสติก ขนาด 43x74x23 เซนติเมตร ภายในบรรจุ ขี้เลื่อย ขนาด 20 เมซ พรมน้ำใหชื้นพอประมาณสำหรับให หนอนเขาดักแด หนอนวัย 3 ที่ เจริญเติบโตเต็มที่พรอมจะเขาดักแดจะดีดตัวออกจากอาหารเทียมและ เขาดักแดในขี้เลื่อย กอนที่ดักแดจะออกเป นตัวเต็มวัยประมาณ 2 วัน ใชตระแกรงขนาด 20 เมซ รอน แยกเอาดักแดออกจากขี้เลื่อย คัดดักแดที่ไมสมบูรณ หรือตายทิ้งใหหมด นำดักแดที่สมบูรณจำนวน ประมาณ 20,000 และ2,000 ดักแด ใสในถาดพลาสติก ขนาด 23x32x5 เซนติเมตร แลวนำไปวางไว ในกรงเลี้ยงแมลงที่เตรียมไวรอใหออกเปนตัวเต็มวัย

การควบคุมคุณภาพแมลง: แมลงวันผลไมซึ่งเลี้ยงไวในหองปฏิบัติการจะตองมีความแข็งแรง เพื่อที่ขอมู ลจากผลการศึกษาวิจัยจะไดถูกตองและเปนที่ยอมรับ ดังนั้นจึงตองมีการตรวจสอบคุณภาพ ของแมลงเปนประจำ โดยในการเลี้ยงแมลงแตละรุนจะตรวจสอบอัตราการฟกไข (hatching rate) อัตราการออกเปนตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักของดักแด และอัตราสวนของเพศผูและเพศเมีย (sex ratio)

ขั้นตอนที่ 2.3 วิธีเตรียมแมลงวันผลไม *B. dorsalis* หนอนวัย 1 สำหรับใชในการทดลอง

สมโอที่ใชในการทดลอง คือ สมโอพันธุขาวแตงกวา ผลสมโอมีขนาดกลางน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล โดยตรวจสภาพความผิดปกติของผลสมโอ ซึ่งสมโอทุกผลจะตองไมมีรองรอยการ ทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือรอย แตกบนผลสมโอ การเตรียมแมลงวันผลไม *B. dorsalis* หนอนวัย 1 เก็บไขจากแมลงวันผลไมตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว ใน หองปฏิบัติการตามวิธีการขางตน รวบรวมไขที่ ไดวางไวบนผาที่ชุมน้ำ เก็บไวในกลองพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แลวนำไปไวในหองเลี้ยง แมลงเปนเวลา 2 วัน เมื่อไขฟกออกเปนหนอนวัย 1 ใชตะแกรงร อนแยกหนอนวัย 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

กรมวิชาการเกษตร

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 เจาะบริเวณดานขางผลให อยูเลยจากสวนครึ่งบนของผล สำหรับ เหตุผลในการเจาะรูที่ 2 ตรงบริเวณสวนใตของผลนั้นมีวัตถุประสงคเพื่อให ของเหลวที่เกิดขึ้นจากการ กินของหนอนแมลงวันผลไมในผลสมโอสามารถไหลออกมาได ซึ่งจะทำใหภายในผลสมโอมีสภาพเหมาะสมตอการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันผลไม ดึงแกนกลางซึ่งติดกับปลายที่เจาะรูออกจากผล จากนั้นแคระเมล็ดภายในผลสมโอออกใหหมด ซึ่งพรอมที่จะใสหนอนวัย 1 แมลงวันผลไม *B. dorsalis* ในผลสมโอ จำนวน 200 ตัว/ผล โดยใสหนอนวัย 1 ลงบนเนื้อสมโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว ทางดานขาง อุดรูทั้งหมดดวยสำลีเพื่อปองกันไมใหหนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล นำสมโอใสในถุงผา ปดปากถุงวางลงบนแปนรองสมโอ เพื่อใหของเหลวภายในผลสมโอซึ่งเกิดจากเนื้อสมโอถูก หนอนกินไหลออกจากผลซึมผานรูที่เจาะไว วิธีนี้จะชวยให มีอัตราการรอดชีวิตของแมลงวันผลไมในผล สมโอสูงขึ้น วางไวในกระบะพลาสติกขนาด 36x54x15 เซนติเมตร คลุมดวยผาปด กระบะ นำสมโอเก็บไวในหองควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ 70-80 เปอรเซ็นต หลังจาก 5 วัน ตรวจผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 2.5 ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเทียบกับพันธุ์ทองดีในระดับ Small Scale

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเทียบกับพันธุ์ทองดี ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ใช้ส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นตัวเปรียบเทียบพันธุ์กับ ส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา โดยใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลงในการเตรียมส้มโอให้มีแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผล (artificial infestation method) ตามวิธีการของอุดรและคณะ (2549) และ Unahawutti et al. (2006) ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนัก 1,300-1,500 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) ใช้ส้มโอทั้งหมดจำนวน 108 ผล นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน วางเรียงส้มโอที่ทำการใส่หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ ผลละ 200 ตัว จำนวน 4 ผล/ถาด อบส้มโอ โดยการอบเป็นเวลานานที่แตกต่างกัน ดังนี้ ระยะเวลาอบนาน 0, 10, 20 และ30 นาที แต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 48 ผล และมีส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 12 ผล ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ขั้นตอนที่ 2.6 ศึกษาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดในการกำจัดแมลงวันผลไม้ ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ในระดับ Small Scale

- ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กจำนวน 2 เครื่อง
- ในการทดลองการกำจัดแมลงด้วยความร้อนโดยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อทดสอบกระบวนการอบไอน้ำที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ผลส้มโอให้ตายทั้งหมด 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 องศาเซลเซียส อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจึงปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ โดยอบส้มโอให้อุณหภูมิภายในสุดผลเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส และคงความร้อนไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส ใช ระยะเวลาในการอบนาน 0, 10 และ20 นาที การวัดอุณหภูมิผลส้มโอวัดจากส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล

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

- เมื่ออบส้มโอครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลาที่กำหนดไว้นำส้มโอที่ผ่านความร้อนออกจากตู้อบไอน้ำ และลดอุณหภูมิส้มโอทันทีด้วยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชม. ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ จากนั้นเก็บส้มโอหลังผ่านความร้อนแล้วในห้องควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส (ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ)

3. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาในระดับ Large scale

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 องศาเซลเซียส 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 และส้มโอที่ใช้เป็นตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร

เปรียบเทียบ ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 20 ผล นำไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาดเล็กที่มีแมลงวันผลไม้ ตัวเต็มวัย จำนวนประมาณ 2,000 ตัว ใช้ระยะเวลาในการให้แมลงวางไข่นาน 1 ชม. นำส้มโอทั้งหมดเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ โดยมีอุณหภูมิประมาณ 25-28 องศาเซลเซียส 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 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 โดยให้มีแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว นำข้อมูลไปคำนวณหาอัตราการตายที่แท้จริง (Corrected mortality) โดยอาศัยสูตรของ Abbott (Abbott, 1925)

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินงาน ตุลาคม 2561 – กันยายน 2563

สถานที่ทำการวิจัย สวนส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ของนายชัชชัย ทับทอง ม. 8 ต. นางลือ อ.เมือง จ.ชัยนาท และ สวนของนายเชาว์ อินหันต์ ม.3 ต.โพธิ์ประทับช้าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร ห้องทดลอง กลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช และ บริษัท คิง เฟรช ฟาร์ม จำกัด

ผลการวิจัย และอภิปรายผล (Results and Discussion)

1. การศึกษาความเสียหายจากความร้อนของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา (ปี2562)

1. ส้มโอ พันธุ์ขาวแตงกวา (Kao Tang Kwa Varity) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus maxima* (Burm.) Merr. ชื่อสามัญ pummelo, shaddock อยู่ในชั้น Dicotyledonae อันดับ Rutales วงศ์ Rutaceae

1.1 พื้นที่ผลิตผล

ปี 2562 ส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา จากแหล่งปลูกทั่วประเทศ คือ จังหวัดกำแพงเพชร, ชัยนาท, ตาก, นครราชสีมา, นครสวรรค์, นนทบุรี, บุรีรัมย์, ปราจีนบุรี, พิจิตร, พิษณุโลก, เพชรบูรณ์, ลพบุรี, ลำปาง, สงขลา, สระบุรี, สิงห์บุรี, สุโขทัย,

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

อ่างทอง, อุตรดิตถ์ และ อุทัยธานี มีพื้นที่ปลูกรวมทั้งหมด เท่ากับ 3,854.5 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 2,350.81 กิโลกรัม/ไร่ (ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร online กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563)

1.2 ลักษณะทางชีววิทยา

ส้มโอขาวแตงกวา สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ตอนกิ่ง เสียบยอด และทาบกิ่ง การให้ผลผลิตเริ่มให้ผลเมื่ออายุต้นส้มโอประมาณ 4 ปี จะออกดอกและติดผลในปริมาณมากอยู่ 2 ช่วง ได้แก่ ดอกที่ออกเดือน ธันวาคม – มกราคม จะเก็บเกี่ยวช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน เรียกว่า“ส้มปี”และดอกที่ออกเดือน สิงหาคม – กันยายน จะเก็บเกี่ยวประมาณเดือนมีนาคม – เมษายน เรียกว่า “ส้มทวาย”ผลผลิตโดยเฉลี่ยประมาณ 40 - 70 ผล/ต้น/ปีขึ้นอยู่กับอายุของต้นส้มโอ จะให้ผลลักษณะทรงกลมแป้น มีจุก ก้นป้านถึงเว้าเล็กน้อย ขนาดผลปานกลาง มีเมล็ดฝังอยู่ระหว่างเนื้อมากกว่า 1 เมล็ด มีเปลือกบาง

1.3 ลักษณะทางนิเวศวิทยา

ส้มโอ เป็นไม้ผลในเขตกึ่งร้อน มีการปลูกกระจายตามภูมิภาคต่างๆและประเทศไทยมีพันธุ์ส้มโอที่หลากหลายพันธุ์ขาวแตงกวา เป็นพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูก บริเวณภาคกลางของประเทศไทย สามารถปลูกได้ดี ในดินเกือบทุกชนิด พื้นที่ปลูกที่ทำให้สมโอเจริญงอกงามดีผลดก และมีคุณภาพดี ควรปลูกในพื้นที่ดินโปร่ง รวนซุย มีอินทรียวัตถุอยู่มาก ระบายน้ำได้ดี ถ้าเป็นดินเหนียวต้องยกร่อง เพื่อให้มีการระบายน้ำได้ดี ควรมีระดับน้ำใต้ดินไม่น้อยกว่า 4 ฟุต น้ำไม่ขังแฉะ ดินมีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.5-6 น้ำต้องได้รับสม่ำเสมอปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปละ 1,500-2,000 มิลลิเมตร และอุณหภูมิที่เหมาะสมเฉลี่ยประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส

1.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น เป็นไม้ยืนต้น มีสีน้ำตาล มีหนามเล็ก ๆ สูง 5-10 เมตร กิ่งก้านมีขน มักมีหนามแหลม

ใบ ใบประกอบ มีใบย่อยใบเดียว ออกสลับ รูปรีหรือรูปไข่กลับ เป็นแผ่นหนาสีเขียว

เข้ม โคนก้านใบมีหูใบแผ่ออกเป็นรูปหัวใจ แผ่นใบเหมือน มะกรูด คือแบ่งใบเป็น 2 ตอน แต่ขนาดใบใหญ่กว่า ใบหนาแข็ง มีสีเขียวแก่ มีกลิ่นหอม

ดอก ออกเป็นช่อสั้นหรือดอกเดี่ยว กระจายตามซอกใบและปลายยอด มีดอกย่อยหลายดอกตามบริเวณง่ามใบ กลีบดอกเป็นสีขาว เหมือนกับดอกส้มทุกชนิด ปลายกลีบมนมี 4 กลีบ กลางดอกมีเกสร 20-25 อัน

ผล ขณะยังเล็กจะมีขนอ่อนปกคลุมเห็นชัดเจน ขนาดกลางกลมแป้น ผิวผลเมื่อยังอ่อนมีสีเขียว เมื่อโตเต็มที่เส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 14-18 ซม. เมื่อแก่จัดเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลือง ผิวของผลไม่เรียบ ผิวของเปลือกผลมีต่อมน้ำมันละเอียดกระจายทั่วผล ภายในผลเป็นช่องๆ มีแผ่นบาง ๆ สีขาวกั้นเนื้อให้แยกออกจากกัน เนื้อมีสีขาว เนื้อในที่เป็นถุงน้ำ เป็นสีครีมออกเหลืองหรือสีน้ำผึ้ง เนื้อแต่ละส่วนเรียกว่า "กลีบ" มีรสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว

เมล็ด มีสีขาวเหลือง ผิวเมล็ด จะมีลักษณะเป็นร่องลึก ใน 1 ผลมีมากกว่า 1 เมล็ด

1.5 ลักษณะประจำพันธุ์

ส้มโอขาวแตงกวา มีแหล่งกำเนิดที่จังหวัดชัยนาท แหล่งปลูกที่สำคัญคือ จังหวัดชัยนาท, พิจิตร, กำแพงเพชร, นครสวรรค์ และอุทัยธานี ผลทรงกลมแป้น มีจุก ก้นป้านถึงเว้าเล็กน้อย ขนาดผลทั่วไป น้ำหนัก 816-

1,580 กรัม ความสูงผล 12-16 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 14-16 ซม. เปลือกมีผิวเรียบสีเขียวมีต่อมน้ำมันละเอียด เปลือกหนาปานกลาง 1.8-2.7 ซม. เนื้อหรือกุ้งมีสีขาวอมเหลือง มีขนาดใหญ่ เกาะตัวไม่ร่วน แห้งกรอบไม่แฉะน้ำ เนื้อกุ้งเบียดกันค่อนข้างแน่น จำนวน 12-15 กลีบ/ผล มีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อยมีเมล็ดน้อยถึงไม่มีเลย (สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 จังหวัดชัยนาท, 2563) (ณรงค์ และคณะ, 2558)

2. แหล่งผลิตและขนาดผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาสำหรับใช้ในการทดลอง

คัดเลือกผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา สำหรับใช้ในงานทดลอง จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออก ในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ของกรมวิชาการเกษตร จากจังหวัดชัยนาท และพิจิตร คือ สวนของนายชัชชัย ทับทอง หมายเลข GAP กษ 03-9001-36075103136 จำนวนพื้นที่ปลูก 16 ไร่ อยู่ที่ ม.8 ต.นางลือ อ.เมือง จ.ชัยนาท และ สวนของนายเชาว์ อินหันต์ หมายเลข GAP กษ 03-9001-36443653136 จำนวนพื้นที่ปลูก 5.75 ไร่ ม.3 ต.โพธิ์ประทับช้าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร (Figure 1)

ขนาดของผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา 1,300 - 1,500 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) ซึ่งมีปริมาณผลิตสูง เหมาะสมต่อการส่งออก นำมาเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช เพื่อรักษาคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการทดลองต่อไป โดยน้ำหนักผลของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาที่ใช้ในการทดลอง แบ่งน้ำหนักได้ดังนี้ เล็ก 1,100-1,300 กรัม, กลาง 1,300-1,500 กรัม และใหญ่ 1,500-1,700 กรัม

3. ทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิและความชื้น (sensor calibration) จากการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ ตรวจสอบเปรียบเทียบกับปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐาน โดยจุ่มแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมด รวมทั้งปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐานลงในอ่างน้ำร้อน ตั้งค่าอ่างน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เมื่อปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐานคงที่ 46 องศาเซลเซียส ดำเนินการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดและแท่งวัดความชื้น ที่ชุดปรับค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้า ให้แท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส และแท่งวัดความชื้นสามารถคงที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จึงเริ่มการบันทึก

พบว่า แท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส และแท่งวัดความชื้นคงที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ที่อ่านค่าได้ทุก 5 นาที โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานานติดต่อกันในช่วงเวลานาน 20 นาที ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของ กระทรวงเกษตร ป่าไม้และประมงญี่ปุ่น (Table 1) (Figure 2)

4. ศึกษาความเสียหายจากความร้อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาการประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อส้มโอ โดยส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) และ ส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน ด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่อุณหภูมิ 46 47 และ 48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอ รวมทั้งน้ำหนัก ส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน Table 2 (Figure 3)เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิผลส้มโอโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความ

กรมวิชาการเกษตร

ร้อนและไม่ผ่านความร้อน บรรจุใส่ในกล่องกระดาษลูกฟูก สำหรับการส่งออกจริง เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน Figure 4 เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ทั้งสองซ้ำที่ระยะเวลา 0 และ 1 ชั่วโมง เมื่ออบไอน้ำส้มโอที่อุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาเพิ่มขึ้น พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันทางสถิติ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ทั้งสองซ้ำที่ 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 47และ48 องศาเซลเซียส ทั้งสองซ้ำ 0, 1 และ 2 ชั่วโมง (Table 3)

การเปลี่ยนสีของเปลือกส้มโอ โดยวัดค่าสีในระบบ L* a* b* พบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0, 1 และ 2 ชั่วโมง พบว่าส้มโอได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาเพิ่มขึ้น ในทั้งสองซ้ำของทุกอุณหภูมิ จะทำให้ค่าความสว่าง L* มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ค่า a* ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของสีจากเขียวไปเป็นแดงนั้น มีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้น ค่า b* ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีน้ำเงินไปเป็นสีเหลือง มีค่าเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนสีของเปลือกผลส้มโอที่ได้รับความร้อนจะเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน และส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ยังพบจุดดำ (black spot) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก (damaged oil gland) เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงและคงความร้อนไว้เป็นระยะเวลานาน (Table 4-6) (Figure 5 and 6)

ค่าความหวานหรือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่าส้มโอที่ได้รับความร้อนกับส้มโอที่ไม่ได้รับความร้อน ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยส้มโอที่ได้รับความร้อนมีค่าความหวานและ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ลดน้อยลง ในทุกระดับอุณหภูมิที่ทำการศึกษา (Table 7 and 8) สอดคล้องกับ ชัยณรัตน์และคณะ (2562) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และ อุดรและคณะ (2549) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดี หลังอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ พบว่าการเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของ ส้มโอที่ผ่านความร้อนมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน ปริมาณน้ำตาล และ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอที่ผ่านความร้อนที่ อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง จะเปลี่ยนสีจากเดิมที่มีสีเขียว เปลี่ยนเป็นสีที่ค่อนข้างเหลือง มากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อนและส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ47 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง โดยที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง พบจุดดำ (black spot) เช่นกัน

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบิน และทางเรือ (Figure 5) การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อส้มโอ โดยส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน ด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดใหญ่สำหรับการค้าส่งออก “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Current Module type) รุ่นEHK-300MPC ของ บริษัท King Fresh Farm ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอ รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 9) เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิผลส้มโอโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความ

ร้อน บรรจุใส่ในกล่องกระดาษลูกฟูก สำหรับการส่งออกจริง โดยเก็บไว้ในสภาพจำลองการเลียนแบบ การส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 และ 14 วัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน จากการทดลอง พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ของส้มโอที่เก็บรักษาที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างส้มโอที่ได้รับความร้อนกับส้มโอที่ไม่ได้รับความร้อน เนื่องจากเป็นการทดลองในเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดใหญ่สำหรับการค้าส่งออก ผลไม้จะเกิดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าตู้อบความร้อนขนาดเล็กสำหรับทดลอง

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ของส้มโอที่เก็บรักษาที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างส้มโอที่ได้รับความร้อนกับส้มโอที่ไม่ได้รับความร้อน (Table 10 and 11)

การเปลี่ยนสีของเปลือกส้มโอ วัดค่าสีในระบบ L* a* b* ของส้มโอที่เก็บรักษาที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน พบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างส้มโอที่ได้รับความร้อนกับส้มโอที่ไม่ได้รับความร้อน โดยค่าความสว่าง L* มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ค่า a* ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของสีจากเขียวไปเป็นแดงนั้น มีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้น ค่า b* ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีน้ำเงินไปเป็นสีเหลือง มีค่าเพิ่มสูงขึ้น จากการสังเกตลักษณะภายนอก พบว่าการเปลี่ยนสีของเปลือกผลส้มโอที่ได้รับความร้อนจะเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อนที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน และตำแหน่งการวางผลส้มโอที่ได้รับความร้อนมากสุด คือด้านล่าง จะมีสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่าด้านบน แต่ไม่พบจุดดำ (black spot) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก (damaged oil gland) (Table 12 and 13)

2. การศึกษาประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา (ปี 2563)

2.1 รวบรวมแมลงวันผลไม้ สายพันธุ์ *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

ได้แมลงวันผลไม้ สายพันธุ์ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) จากแหล่งปลูกฝรั่ง ในพื้นที่ จังหวัดปทุมธานี และ สมุทรสาคร (Figure 8.) โดยนำผลฝรั่งที่มีรอยการทำลายของแมลงวันผลไม้ สุกแก่ที่ร่วงหล่นมาใส่กระบะที่มี ขี้เลื่อย ปล่อยให้หนอนแมลงวันผลไม้ออกมาเข้าดักแด้ และนำดักแด้มาใส่กรงเพื่อรอให้ตัวอ่อนเจริญเป็นตัวเต็มวัยเพื่อทำการจำแนกชนิด คัดแยกเฉพาะแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* (Hendel) แล้วนำตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้เลี้ยงด้วยอาหารเทียม ในสภาพห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง เพื่อใช้ในงานทดลองขั้นต่อไป (Figure 9.)

2.2 ศึกษาเทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุแมลงวันผลไมเพื่อเพิ่มปริมาณให้เพียงพอสำหรับใช้ทดลอง

ได้เทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* (Hendel) โดยใช้ สูตรอาหารเทียมข้าวโพดบด ของ Watanabe et al., (1973) เตรียมอาหาร สำหรับ 500 กรัม ดังนี้ Maize 200 g, sugar 20 g, Brewer's yeast 20 g, Tissue 12 g, Butyl p-hhydroxy benzoate 0.6 g, HCl (conc.) 0.9 ml. and distilled water 340 ml. จากนั้น ใส่ไข่แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เพาะเลี้ยงขยายพันธุและเพิ่มปริมาณแมลงวัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ผลไมในหองเลี้ยงแมลงวันผลไมเปนหองที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและแสง สวาง ภายในหองเลี้ยงแมลงวันผลไมที่ควบคุมอุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ 65-70 เปอรเซ็นต (Figure 10.)

หนอนแมลงวันผลไมเจริญเติบโตเต็มที่พรอมที่จะเขาดักแดภายใน 6 วัน เปดฝา ครอบถาดอาหารเทียมและยายไปวางไวในภาชนะสำหรับใหแมลงเขาดักแด ซึ่งเปนกระบะพลาสติก ขนาด 43x74x23 เซนติเมตร ภายในบรรจุ ขี้ เลื่อย ขนาด 20 เมซ พรมน้ำใหชื้นพอประมาณสำหรับให หนอนเขาดักแด หนอนวัย 3 ที่เจริญเติบโตเต็มที่พรอมจะเขาดักแดจะดีดตัวออกจากอาหารเทียมและ เขาดักแดในขี้เลื่อย กอนที่ดักแดจะออกเปนตัวเต็มวัย ประมาณ 2 วัน ใชตระแกรงขนาด 20 เมซ รอน แยกเอาดักแดออกจากขี้เลื่อย คัดดักแดที่ไมสมบูรณหรือตายทิ้งใหหมด นำดักแดที่สมบูรณจำนวน ประมาณ 20,000 และ2,000 ดักแด ใสในถาดพลาสติก ขนาด 23x32x5 เซนติเมตร แลวนำไปวางไว ในกรงเลี้ยงแมลงที่เตรียมไวรอใหออกเปนตัวเต็มวัย จากการเพาะเลี้ยงขยายพันธุและเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม พบวา แมลงวันผลไม *B. dorsalis* มีความแข็งแรงตามมาตรฐานงานทดลองและสามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณไดมากกวา 50,000 ตัว ซึ่งเพียงพอเพื่อใชสำหรับงานทดลองการกำจัดแมลงดวยความรอนในการกำจัดแมลงวันผลไม *B. dorsalis* ในผลสมโอพันธุขาวแตงกวาดวยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ

2.3 วิธีเตรียมแมลงวันผลไม *B. dorsalis* หนอนวัย 1 สำหรับใชในการทดลอง

ได้หนอนแมลงวันผลไม *B. dorsalis* วัย 1 จากการ เก็บไขจากแมลงวันผลไมตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไวในหองปฏิบัติการตามวิธีการขางตน รวบรวมไขที่ ไดวางไวบนผาที่ชุมน้ำ เก็บไวในกลองพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แลวนำไปไวในหองเลี้ยง แมลงเปนเวลา 2 วัน เมื่อไขฟกออกเปนหนอนวัย 1 ใชตะแกรงรอนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข ยายหนอนวัย 1 ใสในน้ำกลั่น เก็บไวในถวยแกว (beaker) ขนาด 200 มิลลิลิตร ใชหลอดดูดสารละลาย (dropper) ขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดหนอนวัย 1 นำไปใสไวในจานแกว (petri-dish) ขนาด 10x2 เซนติเมตร พรอมทั้งนับหนอนภายใตกลองจุลทรรศน เตรียมสำหรับใช้ทดลองขั้นต่อไป

2.4 การศึกษาเทคนิคและวิธีการเตรียมผลสมโอพันธุขาวแตงกวาเพื่อใชในการทดลอง

ใช้ที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เจาะรูบนผลส้มโอ จำนวน 3 รู ให้ ลึกจนถึงกึ่งกลางผล รูที่ 1 เจาะตรงตำแหน่งขั้วผลให้ทะลุแกนกลางผล รูที่ 2 เจาะด้านตรงกันข้ามกับรูที่ 1 ส่วน รูที่ 3 เจาะบริเวณด้านข้างผลให้อยู่เลยจากส่วนครึ่งบนของผล ดึงแกนกลาง ซึ่งติดกับปลายที่เจาะรูออกจากผล แคระเมล็ดภายในผลส้มโอออก (Figure 11.) นำส้มโอวางไว้ซึ่งพร้อมที่จะใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ จำนวน 200 ตัว/ผล โดยใส่หนอนวัย 1 ลงบนเนื้อส้มโอภายในผลตรง บริเวณที่เจาะรูไว้ทางด้านข้าง อุดรูทั้งหมดด้วยสำลีเพื่อป้องกันไม่ให้หนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล นำส้มโอใส่ใน ถุงผ้าปิดปากถุงวางลงบนแป้นรองส้มโอเพื่อให้ของเหลวภายในผลส้มโอซึ่งเกิดจากเนื้อส้มโอถูกหนอนกินไหลออก จากผลส้มโอซึมผ่านรูที่เจาะไว้ วางไว้ในกระบะพลาสติกขนาด 36x54x15 เซนติเมตร คลุมด้วยผ้าปิดกระบะ (Figure 12 and 13.)

หลังจากนั้นนำส้มโอเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ หลังจาก5 วัน ตรวจผลการทดลอง จากการทดลอง พบว่า เทคนิคการ

กรมวิชาการเกษตร

inoculation หนอนวัย 1 โดยเจาะรูบนผลส้มโอ 3 รู (ด้านบน ข้าง และล่าง) หนอนวัย 1 มีอัตราการรอดชีวิตสูง และสามารถเจริญเติบโตอยู่ภายในผลส้มโอได้ 87 เปอร์เซ็นต์ (Table 14)

2.5 ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเทียบกับพันธุ์ทองดีในระดับ Small Scale

ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเทียบกับพันธุ์ทองดี ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ใช้ส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นตัวเปรียบเทียบพันธุ์กับ ส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา โดยใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลงในการเตรียมส้มโอให้มีแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผล (artificial infestation method) ตามวิธีการของอุดรและคณะ (2549) และ Unahawutti et al. (2006) ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนัก 1,300-1,400 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) ใช้ส้มโอทั้งหมดจำนวน 108 ผล นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน วางเรียงส้มโอที่ทำการใส่หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ ผลละ 200 ตัว จำนวน 4 ผล/ถาด อบส้มโอ โดยการอบเป็นเวลานานที่แตกต่างกัน ดังนี้ ระยะเวลาอบนาน 0, 10, 20 และ30 นาที แต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 48 ผล และมีส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 12 ผล ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (Figure 14)

ระยะเวลาที่ใชในการอบสมโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20 และ30 นาที รวมทั้งน้ำหนักสมโอกำหนดอุณหภูมิที่ใชในการทดลองแตละครั้งไดแสดงไวใน (Table 15 and 16) จากการทดลอง 3 ครั้ง พบวา สมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไมรอดชีวิต จำนวน 1,632 ตัว แสดงวาในส้มโอจำนวน 48 ผล ซึ่งจะผานความรอนแตละระยะเวลาที่กำหนด มีแมลงวันผลไมหนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 34 ตัว/ผล

เมื่อนำส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20 และ30 นาที มาตรวจจำนวนหนอนแมลงวันผลไม้ พบอัตราการตายของหนอนวัย 1 ใน ส้มโอพันธุ์ทองดี เฉลี่ยเท่ากับ 99.50, 99.88, 100 และ 100 เปอรเซ็นต และขาวแตงกวา เฉลี่ยเท่ากับ 99.44, 99.83, 100 และ100 เปอรเซ็นต์ ตามลำดับ ตามลำดับ (Table 17 and 18)

ขั้นตอนที่ 2.6 ศึกษาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดในการกำจัดแมลงวันผลไม้ ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ในระดับ Small Scale

ในการทดลองการกำจัดแมลงด้วยความร้อนโดยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อทดสอบกระบวนการอบไอน้ำที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว (Small scale) 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 48 ผล (ส้มโอขนาดกลาง)

กรมวิชาการเกษตร

ส้มโอที่ผ่านความร้อน treatment จำนวน 12 ผล/ตู้ และส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน control จำนวน 4 ผล ก่อนการอบส้มโอจะต้องทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักส้มโอ อบส้มโอด้วยวิธีอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่ 46 องศาเซลเซียส ใชระยะเวลาในการอบนาน 0, 10 และ20 นาที (Figure 15.) แตละระยะเวลาที่กำหนดมีสมโอที่ผาน ความรอน (treatment) จำนวน 36 ผล และมีสมโอที่ใชเปนตัวเปรียบเทียบ (control) ไมผานความรอนจำนวน 12 ผล ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ระยะเวลาที่ใชในการอบสมโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที รวมทั้งน้ำหนัก สมโอกำหนดอุณหภูมิที่ใชในการทดลองแตละครั้งไดแสดงไวใน (Table 19 and 20) จากการทดลอง 3 ครั้ง พบวา

สมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไมรอดชีวิต จำนวน 2,052 ตัว แสดงวาใน สมโอจำนวน 36 ผล ซึ่งจะผานความรอนแตละระยะเวลาที่กำหนด มีแมลงวันผลไมหนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 57 ตัว/ผล อัตราการตายของหนอนวัย 1 ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา เฉลี่ยเท่ากับ 100 เปอรเซ็นต ในทุกระยะเวลาในการอบไอน้ำ (Table 21)

จากการทดลองจึงประมาณการไดวาสมโอซึ่งผานความรอนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส แตละระยะเวลาที่กำหนดจะมีหนอนที่รอดชีวิตไดจำนวนไมนอยกวาประมาณ 6,156 ตัว ผลการตรวจ นับจำนวนแมลงในผลสมโอจากการทดลองปรากฏวา หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไมในผลสมโอตาย ทั้งหมดเมื่อคงความรอนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เปนเวลานานตั้งแต 0 นาทีขึ้นไป กระบวนการ กำจัดแมลงดังกลาวนี้มีความเปนไปไดสูงที่จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงไดตามขอกำหนดของ วิธีการกำจัดศัตรูพืชดานกักกันพืช ดังนั้นควรจะไดมีการทดสอบการศึกษายืนยันกระบวนการกำจัด แมลงดังกลาวขาง ตน เพื่อใชเปนวิธีการกำจัดศัตรูพืชดานกักกันพืชสำหรับกำจัดแมลงวันผลไมในสมโอกอนการสงออก

3. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาในระดับ Large scale

จากการยืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ระดับจำนวนแมลงทดลองไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว (Large scale) จากรูปแบบการทำลายของแมลงวันผลไม้ ทั้ง 2 รูปแบบ คือ ใช้วิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ (artificial infestation method) (Figure 12) และใช้วิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method) (Figure 16) โดยระยะเวลาที่ใชในการอบสมโอ รวมทั้งน้ำหนัก สมโอกำหนดอุณหภูมิที่ใชในการทดลองแตละครั้งไดแสดงไวใน (Table 22 and 23)

ในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน มีปริมาณส้มโอ 50 % (Low load) โดยรูปแบบ artificial infestation method มีสมโอที่ผาน ความรอน (treatment) จำนวน 72 ผล และมีสมโอที่ใช้เปนตัวเปรียบเทียบ (control) ไมผานความรอนจำนวน 24 ผล และรูปแบบ forced infestation method มีสมโอที่ผาน ความรอน (treatment) จำนวน 36 ผล และมีสมโอที่ใชเปนตัวเปรียบเทียบ (control) ไมผานความรอนจำนวน 12 ผล จากทำการทดลองจำนวน 6 ซ้ำ เมื่อครบกำหนดระยะเวลาในการเก็บรักษา นำส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที มาตรวจจำนวนหนอนแมลงวันผลไม้ พบว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร

รูปแบบ artificial infestation method สมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 24 ผล มีแมลงวันผลไมรอดชีวิต จำนวน 3,771 ตัว แสดงวาในสมโอจำนวน 72 ผล ซึ่งจะผานความรอน มีแมลงวันผลไมหนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 52 ตัว/ผล

รูปแบบ forced infestation method สมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไมรอดชีวิต จำนวน 3,611 ตัว แสดงวาในสมโอจำนวน 36 ผล ซึ่งจะผานความรอน มีแมลงวันผลไมหนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 100 ตัว/ผล (Figure 17.)

พบอัตราการตายของหนอนวัย 1 ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา เฉลี่ยเท่ากับ 100 เปอรเซ็นต ทั้ง 2 รูปแบบของการใส่แมลงวันผลไม้ และมีค่าประมาณการในการกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 รูปแบบของการใส่แมลงวันผลไม้ ตาม Abbott (Abbott, 1925) เท่ากับ 22,146 ตัว (Table 24)

ในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน มีปริมาณส้มโอ 100 % (Full load) โดยรูปแบบ artificial infestation method มีสมโอที่ผาน ความรอน (treatment) จำนวน 72 ผล และมีสมโอที่ใชเปนตัวเปรียบเทียบ (control) ไมผานความรอนจำนวน 12 ผล และรูปแบบ forced infestation method มีสมโอที่ผานความรอน (treatment) จำนวน 36 ผล และมีสมโอที่ใชเปนตัวเปรียบเทียบ (control) ไมผานความรอน จำนวน 12 ผล จากทำการทดลองจำนวน 6 ซ้ำ เมื่อครบกำหนดระยะเวลาในการเก็บรักษา นำส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที มาตรวจจำนวนหนอนแมลงวันผลไม้ พบว่า

รูปแบบ artificial infestation method สมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 24 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 3,221 ตัว แสดงวาในสมโอจำนวน 72 ผล ซึ่งจะผานความรอน มีแมลงวันผลไมหนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 44 ตัว/ผล

รูปแบบ forced infestation method สมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไมรอดชีวิต จำนวน 3,881 ตัว แสดงวาในสมโอจำนวน 36 ผล ซึ่งจะผานความรอน มีแมลงวันผลไมหนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 107 ตัว/ผล (Figure 18.)

พบอัตราการตายของหนอนวัย 1 ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา เฉลี่ยเท่ากับ 100 เปอรเซ็นต ทั้ง 2รูปแบบของการใส่แมลงวันผลไม้ และมีค่าประมาณการในการกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 รูปแบบของการใส่แมลงวันผลไม้ ตาม Abbott (Abbott, 1925) เท่ากับ 21,306 ตัว (Table 25) (Figure 19.)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากการศึกษาความเสียหายจากความร้อนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา อบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาไวในตูควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันทางสถิติ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ทั้งสองซ้ำที่ 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 47และ48 องศาเซลเซียส ทั้งสองซ้ำ 0, 1 และ2 ชั่วโมง

การเปลี่ยนสีของเปลือกส้มโอ โดยวัดค่าสีในระบบ L* a* b* พบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ สีของเปลือกผลส้มโอที่ได้รับความร้อนจะเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน และยังพบจุดดำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

(black spot) ในส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ค่าความหวาน และ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่าไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยส้มโอที่ได้รับความร้อน จะมีค่าความหวานและค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ลดน้อยลง

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ โดยอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 และ14 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ของส้มโอที่เก็บรักษาที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ การเปลี่ยนสีของเปลือกส้มโอ วัดค่าสีในระบบ L* a* b* ของส้มโอที่เก็บรักษาที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน เกิดการเปลี่ยนสีของเปลือกผลส้มโอที่ได้รับความร้อนจะเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จากการสังเกตลักษณะภายนอก พบว่าการเปลี่ยนสีของเปลือกผลส้มโอที่ได้รับความร้อนจะเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน และตำแหน่งการวางผลส้มโอที่ได้รับความร้อนมากสุด คือด้านล่าง จะมีสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่าด้านบน แสดงให้เห็นว่าเมื่อส้มโอได้รับความร้อนและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นสีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น และไม่พบจุดดำ (black spot) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก (damaged oil gland) รวมทั้งไม่พบความแตกต่างของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ระหว่างส้มโอที่ได้รับความร้อนกับส้มโอที่ไม่ได้รับความร้อน ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ ดังนั้น ควรใช้อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที ในการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อการส่งออก เพราะเป็นช่วงอุณหภูมิและระยะเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ

ในการศึกษาประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ต้องเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ สายพันธุ์ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ให้ได้โดยใช้เทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณให้เพียงพอสำหรับใช้ทดลองขั้นต่อไป โดยใช้ สูตรอาหารเทียม ข้าวโพดบด ของ Watanabe *et al*., (1973) และเตรียมแมลงวันผลไม *B. dorsalis* หนอนวัย 1 โดย รวบรวมไขที่ได้จากกระบอกพาสติกวางไวบนผาที่ชุมน้ำ เก็บไวในกลองพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แลวนำไปไวในหองเลี้ยง แมลงเปนเวลา 2 วันเมื่อไขฟก ออกเปนหนอนวัย 1 ใชตะแกรงรอนแยกหนอนวัย 1 ออกจากเปลือกไข ยายหนอนวัย 1 ใสในน้ำกลั่น เก็บไวในถวยแกว (beaker) ขนาด 200 มิลลิลิตร และได้วิธีการเตรียมผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเพื่อใช้ในการทดลอง 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* ในผลสมโอ จำนวน 200 ตัว/ผล โดยใสหนอนวัย 1 ลงบนเนื้อสมโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว ทางดานขาง อุดรูทั้งหมดดวยสำลีเพื่อปองกันไมใหหนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล นำสมโอใสในถุงผา ปดปากถุงวางลงบนแปนรองสมโอ เพื่อใหของเหลวภายในผลสมโอซึ่งเกิดจากเนื้อสมโอถูก หนอนกินไหลออกจากผลซึมผานรูที่เจาะไว ตรวจผลการทดลอง จากการทดลอง พบว่า เทคนิคและวิธีการเตรียมผลส้มโอ เพื่อใช้ในการทดลองวิธีการดังกล่าว หนอนวัย 1 มีอัตราการรอดชีวิตสูงและสามารถเจริญเติบโตอยู่ภายในผลส้มโอได้ 87 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาเทียบกับพันธุ์ทองดี โดยใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลง อบเป็นเวลานานที่แตกต่างกัน ดังนี้ ระยะเวลาอบนาน 0, 10, 20 และ30 นาที แต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) จำนวน 48 ผล และมีส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 12 ผล ทำการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่า สมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไมรอดชีวิต จำนวน 1,632 ตัว เมื่อนำส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20 และ30 นาที พบอัตราการตายของหนอนวัย 1 ในส้มโอพันธุ์ทองดี เฉลี่ยเท่ากับ 99.50, 99.88, 100 และ100 เปอรเซ็นต และขาวแตงกวา เฉลี่ยเท่ากับ 99.44, 99.83, 100 และ100 เปอรเซ็นต์ ตามลำดับ

และจากการทดสอบ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาในระดับแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว (Small Scale) ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที พบว่าสมโอที่ไมผานความรอน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไม รอดชีวิต จำนวน 2,052 ตัว แสดงวาในสมโอจำนวน 36 ผล ที่ผานความ รอนแตละระยะเวลาที่กำหนด มีแมลงวันผลไมหนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 57 ตัว/ผล อัตราการตายของหนอนวัย 1 ในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา เฉลี่ยเท่ากับ 100 เปอรเซ็นต ในทุกระยะเวลาในการอบไอน้ำ แสดงว่าการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 0 นาที เป็นต้นไป สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา ตายทั้งหมด มีค่าประมาณการในการกำจัดแมลงวันผลไม้ ตาม Abbott (Abbott, 1925) เท่ากับ 6,156 ตัว

ดังนั้นจึงทำการทดสอบในระดับแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว (Large Scale) ในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน มีปริมาณส้มโอ 50 % (Low load) และ 100 % (Full load) เพื่อกำจัดแมลงวัน *B. dorsalis* ให้ไดตามขอกำหนด ของวิธีการกำจัดศัตรูพืชดานกักกันพืช พบว่า การอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส 30 นาที

โดยวิธีการใสหนอนวัย 1 แมลงวันผลไมในผลสมโอขาวแตงกวา และ วิธีการใหแมลงวันผลไม้วางไขในผลสมโอขาวแตงกวา พบวา สมโอที่ไม่ผานความรอน 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 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความ ร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการอบส้มโอดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพสูงได้ระดับมาตรฐานที่ ยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ และหนอนวัยต่างๆ ในส้มโอ ก่อนการส่งออก

บรรณานุกรม

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2555. *วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันทองด้วยความร้อนในผลมะละกอเพื่อการส่งออก. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาศัตรูพืชหมดปัญหาเมื่ออารักขาถูกวิธี. 7-9 สิงหาคม 2555.* สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 100 หน้า.

สลักจิต พานคำ, มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และชัยณรัตน์ สนศิริ. 2551 *ความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ระยะไข่และหนอนในผลเงาะต่อวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์* ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สลักจิต พานคำ, มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และชัยณรัตน์ สนศิริ. 2551 *ศึกษาวิธีการเตรียมเงาะทดลองในสภาพที่มีไข่และหนอนของแมลงวันผลไม้ Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae)* อยู่ภายในผล ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สลักจิต พานคำ และ จารุวรรณ จันทรา. 2551 *ความเสียหายของเงาะจากวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน ผลงานวิจัยฉบับเต็ม* สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

อุดร อุณหวุฒิ, มานะ พุ่มทอง, รัชฎา อินทรกำแหง, วลัยกร วรวิศิษฏ์ธำรง, นวลนิสา ตั้งสัจจะกุล, จำลอง เจตนะจิตร, ประเทือง ศรีสุข และ บุญชอบ ภัทรรุจิ. 2530. *ความสำเร็จของกรมวิชาการเกษตรในการส่งมะม่วงไปประเทศญี่ปุ่น*. ฝ่ายวิชาการกักกันพืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 106 หน้า.

อุดร อุณหวุฒิ, มานะ พุ่มทอง, ประเทือง ศรีสุข และ บุญชอบ ภัทรรุจิ. 2531. *การส่งมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันอบไอน้ำไปประเทศญี่ปุ่นเป็นครั้งแรก*. ฝ่ายวิชาการกักกันพืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.กรุงเทพฯ. 113 หน้า.

อุดร อุณหวุฒิ, มานะ พุ่มทอง, รัชฎา อินทรกำแหง, วลัยกร วรวิศิษฏ์ธำรงและประเทือง ศรีสุข. 2536. *การศึกษาความต้านทานต่อความร้อนของหนอนแมลงวันผลไม้วัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรดและพิมเสนแดง.* วารสาร วิชาการเกษตร. 11: 133-147.

อุดร อุณหวุฒิ, วลัยกร วรวิศิษฏ์ธำรง, รัชฎา อินทรกำแหง, มานะ พุ่มทองและประเทือง ศรีสุข. 2536. *คุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง หลังจากผ่านกระบวนการอบไอน้ำ.* วารสาร วิชาการเกษตร. 11: 31-44.

อุดร อุณหวุฒิ, วลัยกร รัตนเดชากุลและพิทวัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2537. *ผลกระทบของกรรมวิธีกำจัดแมลงในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวด้วยความร้อนต่อคุณภาพของผลมังคุด.* รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2537. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

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

กรมวิชาการเกษตร

Furusawa, K., T. Sugimoto and T. Gaja. 1984. *The effectiveness of vapor heat treatment against the melon fly, Dacus cucurbitae Coquillett, in eggplant and fruit tolerance to the treatment*. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 20: 17-24.

Iwata, M., K. Sunagawa, K. Kume and A. Ishikawa. 1990. *Efficacy of vapor heat treatment on netted melon infested with melon fly, Dacus cucurbitae Coquillett (Diptera: Tephritidae)*. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 26: 45-49.

Jones, W. 1939.*The influence of relative humidity on the respiration of papaya at high temperatures.Proceeding of the American Society for Horticultural Science*. 37: 700-705.

MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). 2010. *Summary of proposed Revisions to the Enforcement Ordinance of the Plant Protection Law and Concerned PublicNoticeRetrieved*. (Online). Available. http://www.members.wto.org/crnattachments/2010/sps/JPN/10_ 4194_00_e.pdf (February 1,2012).

Miyazaki, I. 2010. *How to prepare the technical report on vapor heat disinfestations test. In: Report of the thermal treatment for the disinfestations of fruit flies. Naha Plant Protection Station, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency*. Japan. 30 pp.

Sunagawa, K., K. Kume and R. Iwaizumi. 1987. *The effectiveness of vapor heat treatment against the melon fly, Dacus cucurbitae Coquillett, in mango and fruit tolerance to the treatment. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan*. 23:13-20.

Sunagawa, K., K. Kume, A. Ishikawa, T. Sugimoto and K. Tanabe. 1988. *Efficacy of vapor heat treatment for bitter momordica fruit infested with melon fly, Dacus cucurbitae (Coquillett) (Diptera :Tephritidae).* Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 24:1-5.

Unahawutti, U., C. Chettanachitara, M. Poomthong, P. Konson, E. Smitasiri, C. Lapasathukool, W. Worawisitthumrong and R. Intarakumheng. 1986. *Vapor heat treatment for 'Nang Klangwun' mango, Mangifera indica Linn., infested with eggs and larvae of the oriental fruit fly, Dacus dorsalis Hendel and the melon fly, Dacuscucurbitae Coquillett (Diptera: Tephritidae). Technical Plant Quarantine Sub-Division. Agricultural Regulatory Division.* Department of Agriculture. Bangkok. 108 pp.

Unahawutti, U., M. Poomthong, R. Intarakumheng, W. Worawisitthumrong, C. Lapasathukool, E. Smitasiri, P. Srisook and C. Ratanawaraha. 1991. Vapor heat as plant quarantine treatment

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

of ‘Nang klarngwan’, ‘Nam Dorkmai’, ‘Rad’ and ‘Pimsen Daeng’ mangoes, Infested with fruit flies (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approved of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. Tech. Plant Quarant. Sub Div., Agr. Regulat. Div., Dept. of Agr., Bangkok. 342 p.

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, 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. 135 pp.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

Table 1 Calibration factor obtained from each sensor of the vapor heat treatment system.

Time	Temp (°C) and RH (%) from each sensor (No.) [1]							
	1	2	6	7	8	9	10	11
10:30	46.0	100	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
10:35	46.0	100	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
10:40	46.0	100	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
10:45	46.0	100	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
10:50	46.0	100	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
Correction factor [2]	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0

[1/] The test was conducted by dipping all into constant temperature water bath at 46 °C. Fruit sensors (No.1, 6 - 11) and RH sensor (No.2)

[2/] Correction factor =True Value - Measured Value

Table 2 Time for center of pomelo to attain 46.0 47.0 48.0 °C for various holding times during modified vapor heat treatment more than 90% RH.

Temp (°C)	Load factor (kg/cum)	Rep.	Sensor fruit weight (g)			Time (h) [1/]		
						46°C	47°C	48°C
46	21.53	1	1,387.38	1,382.33	1,375.61	5:15		
	21.59	2	1,394.25	1,381.99	1,398.65	5:30		
47	21.71	1	1,424.62	1,413.34	1,416.95		6:05	
	21.57	2	1,376.17	1,400.06	1,422.16		6:20	
48	21.56	1	1,381.11	1,401.01	1,423.92			6:41
	21.61	2	1,385.11	1,381.56	1,377.14			6:34

[1/] Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature

กรมวิชาการเกษตร

Table 3 Weight loss (%) of pomelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 °C more than 90% RH. for various holding times and 7 days chamber 95% RH at 10 °C.

Temp (°C)	Rep	N	Average Weight loss (%)			
			Control	Treatment		
				0 min.	1 hr.	2 hr.
46	1	4	4.25	4.59	4.75	5.54
		t-test Control vs Treatment		0.57 ns	0.86 ns	2.74 *
	2	4	4.22	4.33	4.50	5.46
		t-test Control vs Treatment		1.27 ns	1.46 ns	3.80 *
47	1	4	4.25	5.21	5.55	6.58
		t-test Control vs Treatment		2.54 *	3.68 *	13.11 *
	2	4	4.36	5.23	5.62	6.12
		t-test Control vs Treatment		3.13 *	4.47 *	3.60 *
48	1	4	4.38	5.46	6.30	6.45
		t-test Control vs Treatment		5.07 *	5.83 **	7.36 **
	2	4	4.26	5.76	6.33	6.61
		t-test Control vs Treatment		2.58 *	4.70 *	3.90 *

* $p < 0.05$ = significant, ** $p < 0.01$ = significant and ns= not significant

Table 4 Color rating L* of pomelo fruits after subjecting to modified vapor heat treatment (MVHT) of >90 % RH during dry pre-heating period at 46 47 48 °C center temperature for various holding times and 7 days storage at 10 °C and 95 % RH.

Temp (°C)	Rep	N	Color rating L* of pomelo fruits			
			Control	Treatment		
				0 min.	1 hr.	2 hr.
46	1	4	48.81	49.40	51.38	51.79
		t-test Control vs Treatment		0.23 ns	1.79 ns	2.26 ns
	2	4	51.34	51.56	52.04	52.40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

		t-test Control vs Treatment		0.15 ns	0.73 ns	0.62 ns
47	1	4	47.90	50.23	52.58	54.00
		t-test Control vs Treatment		1.53 ns	4.66 *	4.19 *
	2	4	51.55	51.80	53.31	53.84
		t-test Control vs Treatment		0.46 ns	3.00 *	3.47 *
48	1	4	48.33	54.45	54.60	55.82
		t-test Control vs Treatment		2.85 *	5.07 *	5.66 *
	2	4	50.10	53.18	55.35	55.64
		t-test Control vs Treatment		2.49 *	3.49 *	4.17 *

* p < 0.05 = significant ns= not significant

Table 5 Color rating a* of pomelo fruits after subjecting to modified vapor heat treatment (MVHT) of >90 % RH during dry pre-heating period at 46 47 48 °C center temperature for various holding times and 7 days storage at 10 °C and 95 % RH.

Temp (°C)	Rep	N	Color rating a* of pomelo fruits			
			Control	Treatment		
				0 min.	1 hr.	2 hr.
46	1	4	-3.27	-3.17	-2.85	-2.61
		t-test Control vs Treatment		0.16 ns	0.85 ns	1.80 ns
	2	4	-3.64	-2.93	-2.12	-1.87
		t-test Control vs Treatment		1.07 ns	2.30 ns	2.19 ns
47	1	4	-4.83	-4.13	-1.26	-1.11
		t-test Control vs Treatment		0.96 ns	3.29 *	4.72 *
	2	4	-3.45	-2.52	-1.53	-1.62
		t-test Control vs Treatment		1.52 ns	3.06 *	2.49 *
48	1	4	-3.85	-1.57	-1.40	-1.23
		t-test Control vs Treatment		3.75 *	5.16 *	3.77 *
	2	4	-2.72	-0.23	0.40	0.99
		t-test Control vs Treatment		3.08 *	3.89 *	3.88 *

* p < 0.05 = significant ns= not significant

Table 6 Color rating b* of pomelo fruits after subjecting to modified vapor heat treatment (MVHT) of >90 % RH during dry pre-heating period at 46 47 48 °C center temperature for various holding times and 7 days storage at 10 °C and 95 % RH.

กรมวิทยาศาสตร์

Temp (°C)	Rep	N	Color rating a* of pomelo fruits			
			Control	Treatment		
				0 min.	1 hr.	2 hr.
46	1	4	30.70	32.12	32.20	32.43
		t-test Control vs Treatment		1.13 ns	1.16 ns	1.37 ns
	2	4	32.09	32.93	33.12	34.03
		t-test Control vs Treatment		0.54 ns	0.62 ns	1.01 ns
47	1	4	31.67	32.11	34.01	34.75
		t-test Control vs Treatment		0.46 ns	3.00 *	2.88 *
	2	4	32.89	33.03	35.62	36.37
		t-test Control vs Treatment		0.12 ns	3.18 *	2.68 *
48	1	4	32.97	36.03	36.50	39.50
		t-test Control vs Treatment		2.53 *	3.59 *	4.29 *
	2	4	32.42	39.52	41.45	41.66
		t-test Control vs Treatment		2.58 *	3.21 *	3.12 *

* $p < 0.05$ = significant ns= not significant

Table 7 Total soluble solid (TSS) (°Brix) of pomelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 °C of >90 % RH for various holding times and 7 days storage at 10 °C and 95 % RH.

Temp (°C)	Rep	N	Total soluble solid (TSS) (°Brix)			
			Control	Treatment		
				0 min.	1 hr.	2 hr.
46	1	4	13.18	12.70	13.78	12.68
		t-test Control vs Treatment		0.74 ns	0.79 ns	0.90 ns
	2	4	13.08	11.93	13.10	12.68
		t-test Control vs Treatment		1.88 ns	0.04 ns	0.55 ns
47	1	4	10.33	9.88	9.88	9.90
		t-test Control vs Treatment		1.13 ns	1.95 ns	2.20 ns
	2	4	10.15	9.80	9.85	9.98
		t-test Control vs Treatment		1.13 ns	0.73 ns	0.37 ns
48	1	4	10.38	9.80	9.83	9.83
		t-test Control vs Treatment		1.40 ns	1.34 ns	1.58 ns
	2	4	10.28	10.00	9.83	9.83

ศูนย์วิทยทรัพยากร

t-test Control vs Treatment	1.06 ns	2.22 ns	1.87 ns	

ns= not significant

Table 8 Titrate Acidity (TA) (%) of pomelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 °C of >90 % RH for various holding times and 7 days storage at 10 °C and 95 % RH.

Temp (°C)	Rep	N	Titrate Acidity (TA) (%)			
			Control	Treatment		
				0 min.	1 hr.	2 hr.
46	1	4	0.97	0.90	0.82	0.82
			t-test Control vs Treatment	0.74 ns	1.67 ns	2.09 ns
	2	4	0.55	0.51	0.51	0.49
			t-test Control vs Treatment	0.83 ns	0.98 ns	1.03 ns
47	1	4	0.63	0.60	0.61	0.61
			t-test Control vs Treatment	0.65 ns	0.19 ns	0.35 ns
	2	4	0.73	0.72	0.70	0.70
			t-test Control vs Treatment	0.84 ns	1.74 ns	0.73 ns
48	1	4	0.48	0.43	0.43	0.42
			t-test Control vs Treatment	2.08 ns	2.02 ns	2.17 ns
	2	4	0.56	0.53	0.50	0.49
			t-test Control vs Treatment	0.34 ns	0.87 ns	1.18 ns

ns= not significant

Table 9 Time for center of pomelo to attain 46.0 °C for 0:30 minutes during modified vapor heat treatment in commercial export simulation test.

Method of transportation	**Rep.**	**Loading (kg/cum.)**	**Position sensor fruit**	**Sensor fruit weight (g)**	**Time for fruit center to reach 46.0 °C 0:30 (h)[1/]**
Air shipment	1	149.17	Top	1,393.58	6:55
Sea shipment		147.37	Middle	1,390.02	6:40
			Bottom	1,393.28	6:00
Air shipment	2	147.01	Top	1,390.13	6:50
Sea shipment		138.74	Middle	1,391.35	6:40
			Bottom	1,399.85	6:50

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 10 Air transportation: Quality of pomelo fruits treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46.0 °C for 0:30 minutes and 7days chamber at 10 °C.

Item	N	Treatment			
		Control	Top	Middle	Bottom
Weight loss (%)	8	3.87	5.06	5.86	6.20
	t-test Treatment vs control		3.51*	5.22*	6.62*
Total soluble solid (TSS) (°Brix)	8	11.98	12.63	12.86	12.03
	t-test Treatment vs control		1.64^{ns}	1.97^{ns}	0.12^{ns}
Titrate Acidity (TA) (%)	8	0.58	0.80	0.72	0.67
	t-test Treatment vs control		1.91^{ns}	1.43^{ns}	0.75^{ns}

* $p < 0.05$ = significant, ns= not significan

Table 11 Sea transportation: Quality of pomelo fruits treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46.0 °C for 0:30 minutes and 14 days chamber at 10 °C.

Item	N	Treatment			
		Control	Top	Middle	Bottom
Weight loss (%)	8	5.77	7.03	7.31	8.16
	t-test Treatment vs control		2.94*	4.74*	7.29*
Total soluble solid (TSS) (°Brix)	8	11.73	11.61	12.08	11.43
	t-test Treatment vs control		0.37^{ns}	0.99^{ns}	1.21^{ns}
Titrate Acidity (TA) (%)	8	1.09	0.79	0.65	1.08
	t-test Treatment vs control		1.37^{ns}	2.11^{ns}	0.03^{ns}

* $p < 0.05$ = significant, ns= not significant

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 12 Color rating (L*a*b*) of Air transportation: Quality of pomelo fruits treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46.0 °C for 0:30 minutes and 7 days chamber at 10 °C.

Color rating	Treatment	Average Before Treatment	Average After Treatment	t-test (Before vs After)
L*	Control	47.39	48.61	0.58^{ns}

	Top	46.97	51.85	5.63*
	Middle	45.20	53.14	5.77*
	Bottom	49.31	58.83	7.05*
a*	Control	-5.32	-3.97	3.89*
	Top	-5.15	-2.57	5.86*
	Middle	-5.06	-2.07	5.70*
	Bottom	-4.29	3.33	5.97*
b*	Control	26.28	31.54	6.25*
	Top	25.75	33.85	8.70*
	Middle	28.15	36.43	4.92*
	Bottom	28.22	42.51	9.38*

* $p < 0.05$ = significant, ns= not significant

Table 13 Color rating (L*a*b*) of Sea transportation: Quality of pomelo fruits treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46.0 °C for 0:30 minutes and 14 days chamber at 10 °C.

Color rating	Treatment	Average Before Treatment	Average After Treatment	t-test (Before vs After)
L*	Control	49.14	54.80	9.30*
	Top	45.70	53.01	14.18*
	Middle	49.55	59.13	9.96*
	Bottom	45.55	57.39	10.97*
a*	Control	-5.35	-2.69	5.59*
	Top	-5.46	-1.97	6.04*
	Middle	-4.57	2.07	10.93*
	Bottom	-5.13	2.89	10.40*
b*	Control	28.00	36.59	13.94*
	Top	24.84	36.25	11.51*
	Middle	29.25	43.18	27.13*
	Bottom	26.25	41.74	14.65*

* $p < 0.05$ = significant, ns= not significant

Table 14. Number of lava survival rate after inoculation 5 day.

กรมวิชาการเกษตร

Number pummelo	1	2	3	4	5	6	7	8	Average
Number of larva survival rate	181	167	177	180	164	182	168	173	174 (87%)

Table 15. Time for center of pummelo to attain 46.0 ° C for various holding times during modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Rep.	Load factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (min.)[1/]			
					0:00	0:10	0:20	0:30
1	11.37	1,389.3	1,388.66	1,400.76	6.31	6.41	6.51	7.01
2	11.18	1,396.75	1,394.28	1,393.76	6.27	6.37	6.47	6.57
3	10.75	1,378.82	1,381.17	1,420.31	6.29	6.39	6.49	6.59

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 16. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 ° C during modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 ° C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 ° C (h)[1/]	Time form 43.0 to 46.0 ° C (h)[1/]
1	4.08	6.31	2.23
2	4.12	6.27	2.15
3	4.20	6.29	2.09
Average	4.13	6.29	2.16

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 17. Mortality[1/] of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Thong Dee) treated with modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]
Control	1,200	805	395	0
46.0 ° C + 0 min.	1,200	4	1,196	99.50
46.0 ° C + 10 min.	1,200	1	1,199	99.88
46.0 ° C + 20 min.	1,200	0	1,200	100

กรมวิชาการเกษตร

46.0 ° C + 30 min.	1,200	0	1,200	100

[1/]Combined data of 3 replicates.

[2/]Treatment: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit. Control: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Table 18. Mortality[1/] 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.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]
Control	1,200	827	373	0
46.0 ° C + 0 min.	1,200	5	1,195	99.40
46.0 ° C + 10 min.	1,200	2	1,198	99.83
46.0 ° C + 20 min.	1,200	0	1,200	100
46.0 ° C + 30 min.	1,200	0	1,200	100

[1/]Combined data of 3 replicates.

[2/]Treatment: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit. Control: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Table 19. Time for center of pummelo to attain 46.0 ° C for various holding times during modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Rep.	Load factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (min.)[1/]		
					0:00	0:10	0:20
1	20.55	1,280.25	1,295.76	1,311.08	5.50	6.00	6.10
2	20.84	1,283.40	1,283.72	1,287.22	5.40	5.50	6.00
3	22.41	1,304.66	1,305.93	1,306.36	5.30	5.40	5.50

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 20. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 ° C during modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 ° C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 ° C (h)[1/]	Time form 43.0 to 46.0 ° C (h)[1/]
1	3.50	5.57	2.07

กรมวิชาการเกษตร

2	4.00	5.40	1.40
3	4.10	5.30	1.20
Average	4.27	5.42	1.56

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 21. Mortality[1/] 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.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]
Control	2,400	2,052	348	0
46.0 °C + 0 min.	2,400	0	2,400	100
46.0 °C + 10 min.	2,400	0	2,400	100
46.0 °C + 20 min.	2,400	0	2,400	100

[1/]Combined data of 3 replicates.

[2/]Treatment: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit. Control: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Table 22. Time for center of pummelo to attain 46.0 °C for 0:30 minutes during modified vapor heat treatment in large scale disinfestation test. (Low load: 61.50 - 69.00 kg/cum)

Rep.	Load factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (min.)[1/]	
					0:00	0:30
Low load: 66.56 - 69.00 kg/cum.						
1	69.00	1,411.02	1,414.72	1,416.09	5.18	5.48
2	66.80	1,383.53	1,383.83	1,394.07	5.40	6.10
3	67.40	1,384.08	1,385.81	1,386.53	5.25	5.55
4	66.50	1,405.67	1,408.43	1,409.50	5.43	6.13
5	68.00	1,383.38	1,387.07	1,396.98	5.25	5.55
6	68.50	1,388.92	1,396.85	1,412.85	5.27	5.57
Full load: 123.50 - 129.50 kg/cum.						

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

1	123.50	1,393.15	1,393.67	1,399.56	6.15	6.45
2	128.50	1,421.53	1,423.36	1,424.40	6.47	7.17
3	128.50	1,390.05	1,390.71	1,396.40	6.10	6.40
4	129.50	1,402.63	1,404.58	1,407.88	7.15	7.45
5	125.50	1,408.85	1,410.98	1,416.68	6.21	6.51
6	128.00	1,404.00	1,408.38	1,415.66	6.39	7.09

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 23. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 ° C during modified vapor heat treatment in large scale disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 ° C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 ° C (h)[1/]	Time from 43.0 to 46.0 ° C (h)[1/]
	Low load: 66.56 - 69.00 kg/cum.		
1	3.21	5.18	1.57
2	3.31	5.40	2.09
3	3.30	5.25	2.35
4	3.34	5.43	2.09
5	3.25	5.25	2.00
6	3.33	5.27	2.34
Average	3.29	5.30	2.07
	Full load: 123.50 - 129.50 kg/cum.		
1	4.32	6.39	2.07
2	4.36	6.47	2.11
3	4.15	6.10	1.95
4	4.15	7.15	3.00

กรมวิชาการเกษตร

5	4.23	6.21	1.98
6	4.32	6.39	2.07
Average	4.25	6.45	2.19

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

กรมวิชาการเกษตร

Table 24. Survival[1/] of first instar of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Khao Tang Kwa) treated with modified treated vapor heat treatment at 46 ° C for 0:30 minutes in large scale disinfestation test.

Rep.	Infestation method	No. test fruit		No. alive individual in control (larvae)	Estimated treated population (larvae)	No. survivors
		Control	Treatment[2/]			
Low load: 66.56 - 69.00 kg/cum.						
1	Larval inoculation	4	12	536	1,608	0
	Forced infestation	2	6	560	1,680	0
2	Larval inoculation	4	12	736	2,208	0
	Forced infestation	2	6	599	1,797	0
3	Larval inoculation	4	12	562	1,686	0
	Forced infestation	2	6	525	1,575	0

4	Larval inoculation	4	12	670	2,010	0
	Forced infestation	2	6	594	1,782	0
5	Larval inoculation	4	12	668	2,004	0
	Forced infestation	2	6	665	1,995	0
6	Larval inoculation	4	12	599	1,797	0
	Forced infestation	2	6	668	2,004	0
Total		36	108	7,382	22,146	0

1/ Combined data of 6 replicates.

2/ Treatment: 72 fruits (Larval inoculation) infested with 200 individuals/fruit.

Control: 24 fruits (Larval inoculation) infested with 200 individuals/fruit.

Treatment: 36 fruits (Forced infestation).

Control: 12 fruits (Forced infestation).

กรมวิชาการเกษตร

Table 25. Survival[1/] of first instar of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Khao Tang Kwa) treated with modified treated vapor heat treatment at 46 ° C for 0:30 minutes in large scale disinfestation test.

Rep.	Infestation method	No. test fruit		No. alive individual in control (larvae)	Estimated treated population (larvae)	No. survivors
		Control	Treatment[2/]			
Full load: 123.50 - 129.50 kg/cum.						
1	Larval inoculation	4	12	460	1,380	0
	Forced infestation	2	6	746	2,238	0

2	Larval inoculation	4	12	535	1,605	0
	Forced infestation	2	6	635	1,905	0
3	Larval inoculation	4	12	613	1,839	0
	Forced infestation	2	6	650	1,950	0
4	Larval inoculation	4	12	487	1,461	0
	Forced infestation	2	6	600	1,800	0
5	Larval inoculation	4	12	570	1,710	0
	Forced infestation	2	6	599	1,797	0
6	Larval inoculation	4	12	556	1,668	0
	Forced infestation	2	6	651	1,953	0
Total		36	108	7,102	21,306	0

1/ Combined data of 6 replicates.

2/ Treatment: 72 fruits (Larval inoculation) infested with 200 individuals/fruit.

Control: 24 fruits (Larval inoculation) infested with 200 individuals/fruit.

Treatment: 36 fruits (Forced infestation).

Control: 12 fruits (Forced infestation).

กรมวิชาการเกษตร

Figure 1 Field Survey at Pomelos Farm.

Figure 2 Calibration sensor of resistance thermometers.

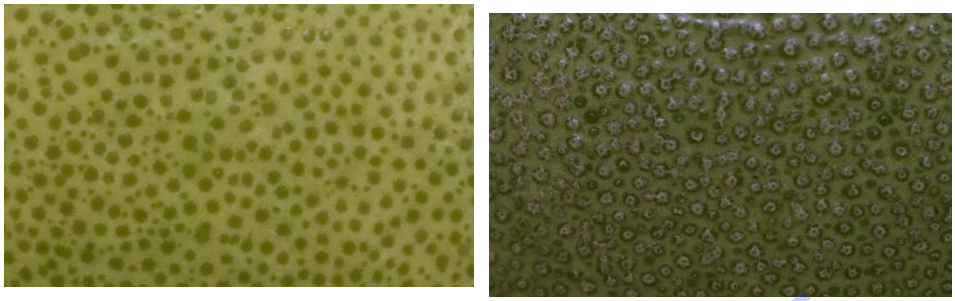
Figure 3 Injury test for Pomelos at Temperature 46 47 48 °C 0 min 1 hr. and 2 hr. of more than 90 % RH for various holding times.

Figure 4 After treatment Keep at 10 °C for 7 day. Storage duration should simulate commercial transportation and shelf life.

Figure 5 Commercial export simulation test for Pomelos at Temperature 46 °C 30 min.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 6 pomelo fruits after subjecting to modified vapor heat treatment (MVHT) of more than 90 % RH during dry pre-heating period at 48 °C center temperature for various holding times and 7 days storage at 10 °C and 95 % RH.



Control **MVHT 48°C for 2 hr.**

Figure 7 Symptom of damaged oil gland (black spot) found on peel of MVHT treated fruits at 48 ° C for 2 h after 7 days in chamber at 10 ° C.

Figure 8. Field survey at guava orchard for collection fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

Figure 9. Fruit fly *B. dorsalis* (Hendel) screening

Figure 10. Increase volume on Artificial Food of Fruit Fly *B. dorsalis* (Hendel)

Figure 11. The first hole was made on top at the area where the stalk attached with fruit. The second hole was made on upper half of test fruits.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 12. Larval inoculation test fruits use larva 1st 200/ fruit.

Figure 13. Test fruits were held in a plastic container. Each fruit was placed on top of a plastic ring to prevent larvae from drowning.

Figure 14. Mortality test of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Thong Dee vs Khao Tang Kwa) treated with modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Figure 15. 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.

Figure 16. Forced infestation method ten punctures were made on the fruit surface by inserting pin (0.5 mm. diameter). Test fruits were individually exposed to gravid females for oviposition.

Figure 17. Low load and Full load in chamber (capacity 50 %).

Figure 18. Full load and Full load in chamber (capacity 100 %).

กรมวิชาการเกษตร

Figure 19. After 5 days of mortality test, check the larva 3rd survived.

กรมวิชาการเกษตร

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

สลักจิต พานคำ รัชฎา อินทรกำแหง ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์
ปวีณา บูชาเทียน พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์ ศิริพร คงทวี
Saluckjit Phankum Rachada Intarakumheng Chainarat Sonsiri Monnipa Srimartpirom
Paweena Buchatian Phuttipong Phangrerk Pongsak Jinarite Siriporn Khongthawie

คำสำคัญ: วิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ แมลงวันผลไม้ แก้วมังกร
Key words: Plant Quarantine, Modified vapour heat treatment, Fruit fly, Dragon fruit

บทคัดย่อ

การวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ oriental fruit fly, *Bactrocera dosalis* (Hendel) ในผลมะนาวพันธุ์แป้น กับ พิจิตร1 *Citrus aurantifolia* Swing.จำเป็นต้องเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนและกำจัดแมลงวันผลไม้ oriental fruit fly ระยะไข่อยู่ในผลมะนาวระหว่างมะนาว 2 พันธุ์ เพื่อกำหนดอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด ในการทดลองอบมะนาวกำจัดแมลงระยะไข่ในเครื่องตู้อบความร้อนตู้เดียวกัน โดยให้ความร้อนเหมือนกัน การทดลองเปรียบเทียบอัตราการตายของแมลงที่อุณหภูมิ 45 และ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20, 30 และ 40 นาที จากการทดลองอบมะนาวเปรียบเทียบระหว่างมะนาวพันธุ์แป้นกับพิจิตร1 พบว่าที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 40 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ระยะไข่ตายทั้งหมด และผลการทดลองที่อุณหภูมิ 45 และ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20, 30 และ 40 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับมะนาวพันธุ์แป้น กับพิจิตร1 พบว่าอัตราการตายของไข่ เท่ากับ 4.45, 16.82, 46.18, 86.98, 96.12, 100% กับ 7.46, 24.76, 49.23, 90.40, 99.05, 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแมลงวันผลไม้ระยะไข่ในมะนาวแป้น มีความทนทานต่อความร้อนมากกว่ามะนาวพิจิตร1 จากผลการทดลองอบมะนาว 46 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ระยะไข่ (24 ชั่วโมง) ไม่น้อยกว่า 3600 ฟอง สรุปไม่พบไข่ฟักออกเป็นตัวหนอนทั้ง 2 พันธุ์ ดังนั้นในการวิจัยพัฒนาวิธีการอบไอน้ำ เพื่อทดสอบประเมินเปรียบเทียบกับมะนาวพันธุ์แป้น กับพิจิตร1 ที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุดในระยะไข่ เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะนาวในเรื่องการยืนยันประสิทธิภาพระดับการใช้แมลงจำนวนมากต่อไป

แมลงวันผลไม้ (*B. dorsalis*) ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาว *(C. aurantifolia*) พันธุ์พิจิตร1 ตายทั้งหมดเมื่อผ่านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วยการหมุนเวียนอากาศร้อน อากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มความร้อนให้อุณหภูมิผลมะนาวสูงขึ้นไปอย่างช้าจนกระทั่งบริเวณกึ่งกลางผลมะนาวอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 46°ซ. และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46° ซ. เป็นเวลานาน 40 นาที จะลดอุณหภูมิทันทีหลังจากสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน แบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ 1. เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง 2. พ่นด้วยน้ำ 10 นาที ผลการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวข้างต้นพบว่าสามารถกำจัดแมลงวันทองระยะไข่จำนวนประมาณ 162,454 ฟอง ในผลมะนาวตายทั้งหมด โดยคุณภาพผล

ศรีมาตรภิรมย์

มะนาวเปลี่ยนแปลงไปจากปกติเล็กน้อยในด้านกลิ่นน้ำมันหอมมีแนวโน้มลดลง ภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบิน แต่ภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเรือคุณภาพผลมะนาวเปลี่ยนแปลงไปจากปกติมากกว่าผลมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนในด้านรสชาติมีความขมปนบ้างเล็กน้อยในบางผลจนไม่สามารถแยกออกได้ชัดเจน สีผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนกลิ่นน้ำมันหอมมีแนวโน้มลดลงมากกว่ามะนาวไม่ผ่านความร้อนชัดเจน สภาพโดยรวมทั้งหมดผู้บริโภคยอมรับได้ข้อมูลจากงานวิจัยนี้และงานวิจัยที่ผ่านมา จึงขอเสนอกระบวนการกำจัดแมลงวันทองดังกล่าวข้างต้นเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับใช้กำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวของไทยก่อนส่งออกจำหน่ายยังประเทศที่ห้ามนำเข้าผลมะนาวจากประเทศไทย

Abstracts

The experiment was carried out to investigate heat tolerance of the eggs (24 h) of Oriental Fruit Fly (OFF), *Bactrocera dorsalis* (Hendel) to vapor heat treatment (VHT) on lime between Phichit1 (PH) and Pean (PN) cultivar. The experiment infested fruit of both lime cultivars placed in the same treatment chamber and were exposed to VHT at 45 °C and 46 °C, 46 °C+10, 46 °C+ 20, 46 °C+ 30 and 46 °C+ 40 min. VHT was done by heating infested fruits and the fruits were then gradually warmed until fruit center temperature reached target temperatures and holding time with high temperature air saturated with water vapor 93 %RH.

These research results obviously demonstrated that the OFF of the eggs (24 h) in PH lime were not more tolerance to VHT than those in PN lime. We proposed these of treatment schedule, relative humidity 93 %RH and fruit center temperatures 46 °C for 40 min., The result indicated the effect of In laboratory infesting comparative tolerance of eggs of oriental fruit fly infested in lime (PH and PN) to vapor heat treatment. None of the treated 3600 eggs survived.

Complete mortality of 24 hour-old eggs of the oriental fruit fly (*B. dorsalis*) on lime (*C. aurantifolia*) was achieved, when the infested lime were exposed to vapor heat treatment (VHT). The treatment stepped of heating lime with vapor heat treatment 93 % RH after ambient temperature to 30 minute and the fruit pulps were then gradually warmed to 46°C and maintained 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 eggs survive. Under commercial export simulation tests, the treatment had no effect on fruit quality. Based on these results and those from previous studies, we proposed the above treatment as a post-harvest disinfestation treatment to disinfest lime of the OFF before export to countries which prohibit the importation of lime from Thailand

ศูนย์วิทยทรัพยากร

บทนำ (Introduction)

อุปสรรคสำคัญต่อการขยายการส่งออกผลไม้สดของไทยไปต่างประเทศ เนื่องจากผลไม้ส่วนใหญ่เป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ ซึ่งเป็นศัตรูพืชสำคัญด้านกักกันพืช หลายประเทศจึงออกมาตรการสุขอนามัยพืชห้ามนำเข้าผลไม้สดจากประเทศไทย ปัจจุบันกลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ได้ศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นวิธีการที่ต่างประเทศยอมรับ และมีศักยภาพสูงที่จะนำมาใช้กับผลไม้ของไทย ให้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้สดก่อนการส่งออก ซึ่งหากประสบความสำเร็จแล้ว จะส่งผลให้ต่างประเทศผ่อนปรน หรือยกเลิกข้อกำหนดห้ามนำเข้าผลไม้สดจากประเทศไทย

หลังจากที่มีการกำจัดแมลงโดยวิธีรมด้วยสารเคมีเอธีลีนไดโบรไมด์ (ethylene dibromide, EDB) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายว่า มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดแมลงวันผลไม้ ในผักและผลไม้ก่อนส่งออกถูกห้ามใช้เนื่องจากพบว่าเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง วิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนจึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง หลายประเทศประสบผลสำเร็จในการวิจัยพัฒนาการใช้ความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้ก่อนส่งออก สำหรับประเทศไทย ในปีพ.ศ. 2529 ประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนาวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ 2 ชนิด คือ oriental fruit fly, *Bactrocera dorslais* (Hendel) และ melon fly, *B. cucurbitae* (Coquillett) ในมะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) พันธุ์หนังกลางวัน (Unahawutti *et al*.,1986) ต่อมาได้มีการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน กระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ในมะม่วงครอบคลุมถึง 4 พันธุ์ ได้แก่ หนังกลางวัน น้ำดอกไม้แรด และพิมเสนแดง (Unahawutt *et al.,* 1991) นอกจากนี้ ยังประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนากระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในมังคุด (Unahawutti *et al.*, 1999) และผลไม้ที่ประเทศญี่ปุ่นได้ประกาศอนุญาตให้นำเข้าผลไม้สดจากประเทศไทยด้วยกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ทองดี (Unahawutti *et al.*, 2006)

มะนาว *(Citrus aurantifolia Swing.)* เป็นผลไม้สำคัญทางเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่ง ที่มีศักยภาพสูงในการส่งออกแต่มีปัญหาด้านสุขอนามัยพืช เนื่องจากบางประเทศกล่าวว่าผลไม้ส่วนใหญ่เป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ ถึงแม้ว่ามะนาวในธรรมชาติไม่มีปัญหาจากการเข้าทำลายจากแมลงวันผลไม้ แต่จากการสำรวจการทำลายมะนาวจากแมลงวันทองในธรรมชาติ ในท้องที่จังหวัด สมุทรสาคร สมุทรสงคราม นครปฐม เพชรบุรี ชัยนาท และจังหวัดพิจิตร พบว่ามะนาวที่เก็บมาจากต้นไม่พบการเข้าทำลายของแมลงวันทอง ยกเว้นผลมะนาวแก่จัดสีเหลืองซึ่งหล่นลงอยู่บนพื้นดินในท้องที่จังหวัดชัยนาทเท่านั้นที่ตรวจพบแมลงวันทองเข้าทำลายในผลมะนาว และเจริญเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันทองตัวเต็มวัย มีจำนวน 8 ตัว ตัวผู้ 2 ตัว ตัวเมีย 6 ตัว สลักจิต และคณะ (2554) โดยเฉพาะผลมะนาวอยู่ในสภาพที่ใกล้จะเน่าซึ่งพบน้อยมากและแมลงวันผลไม้สามารถเข้าทำลายและเจริญเติบโตได้ในมะนาว อัตราการรอดชีวิตค่อนข้างต่ำมาก เนื่องจากเป็นพืชอาศัยที่ไม่ดีของแมลงวันผลไม้ แต่อย่างไรก็ดี ประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืช ยังพิจารณาว่ามะนาวเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ การขอยกเลิกข้อ

กรมวิชาการเกษตร

ห้ามนำเข้าต้องกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะนาวด้วยวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชที่ได้มาตรฐาน การวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน เพื่อใช้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับมะนาวก่อนส่งออก มีโอกาสประสบความสำเร็จสูง เนื่องจากตามรายงานผลการศึกษาวิจัยในหลายประเทศพบว่า วิธีการนี้สามารถใช้ได้ผลกับพืชตระกูลส้ม (*Citrus* spp.) หลายชนิด เช่น ส้มเกรฟฟรุท (*Citrus paradisi* Macf.) ได้โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพ (Miller and McDonald, 1991; Miller *et al.,*1991; Mangan and Ingle, 1994; Mangan *et al*., 1998) ส้มนาเวล ส้มวาเลนเซีย และส้มเกลี้ยง [*Citrus sinnensis* (Linn.)] (Sharp and McGuire, 1996; Mangan *et al*., 1998) และพืชอื่นอีกหลายชนิด เช่น มะม่วง (Merino *et al*., 1985; Sunagawa *et al*., 1987; Mangan and Ingle, 1992; Sharp, 1992; Heather *et al*., 1997) มะละกอ(*Carica papaya* Linn.) (Armstrong, *et al*., 1989; Sugimoto and Tanabe, 1989) แตงซูกินี (zucchini*) (Cucurbita pepo* Linn.) (Corcoran, *et al*., 1993) มะเขือ (*Solanum melongena* Linn.) (Furusawa *et al*., 1984) มะเฟือง (*Averrhoa carambola* Linn.) (Hallman, 1990; Sharp and Hallman, 1992) แตง *(Cucumis melo* Linn. var. *reticulatus*) (Iwata *et al*., 1990) พริกยักษ์ (*Capsicum annuum*) (Sugimoto *et al*., 1983) และมะระ (*Momordica charantia* Linn.) (Sunagawa *et al*., 1988) เป็นต้น

ประเทศญี่ปุ่นเป็นหนึ่งในหลายประเทศเป้าหมายสำหรับการส่งออกมะนาว แต่อย่างไรก็ดีมะนาวและไม้ผลอื่นอีกหลายชนิดของไทย เป็นสิ่งต้องห้ามนำเข้าประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ ตามประกาศเดิมของกระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่น ได้ระบุ *B. dorsalis* และ *B. cucurbitae* เป็นศัตรูด้านกักกันพืช แต่ต่อมาได้มีการแก้ไขประกาศใหม่จากแมลงวันผลไม้ดังกล่าว เปลี่ยนเป็นแมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *Bactrocera dorsalis* species complex มี 4 ชนิด ได้แก่ carambola fruit fly, *B. carambolae* Drew and Hancock; oriental fruit fly, *B. dorsalis* (Hendel); papaya fruit fly, *B. papayae* Drew and Hancock และ guava fruit fly, *B. pyrifoliae* Drew and Hancock ดังนั้นการพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับมะนาว หรือผลไม้ชนิดอื่นของไทยที่ถูกระบุว่าเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ ในกลุ่ม *B. dorsalis* species complex ต้องศึกษาประสิทธิภาพของวิธีกำจัดแมลงนั้นกับแมลงวันผลไม้ ทั้ง 4 ชนิดดังกล่าว

อุดร และคณะ (2549) ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ 4 ชนิด ได้แก่ carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae* Drew and Hancock; oriental fruit fly, *B. dorsalis* (Hendel); papaya fruit fly, *B. papayae* Drew and Hancock และ guava fruit fly, *B. pyrifoliae* Drew and Hancock, โดยวิธีจุ่มแมลงในน้ำร้อนเป็นระยะเวลานานจาก 43 - 2 นาที พบว่า ในแมลงวันผลไม้แต่ละชนิด หนอนวัยที่ 1 ทนทานต่อความร้อนสูงมากกว่า ระยะไข่ หนอนวัยที่ 2 และ 3 เมื่อทำการทดลองศึกษาความทนทานต่อความร้อนของระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 เปรียบเทียบกันระหว่างแมลงวันผลไม้ 4 ชนิด พบว่าระยะไข่ของแมลงวันผลไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความทนทานต่อความร้อนไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ในทำนองเดียวกันความทนทานต่อความร้อนของหนอนวัยที่ 1 ระหว่างแมลงวันผลไม้ 4 ชนิด จะอยู่ในระดับใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด จากผลการวิจัยนี้ อุดร และคณะ (2549) ได้คัดเลือกแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เป็นตัวแทนของแมลงวันผลไม้ทั้ง 4 ชนิด ในการศึกษาวิจัย เพื่อหากระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่มีประสิทธิภาพ สำหรับผลไม้ที่เป็นพืชอาศัยของ แมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *Bactrocera dorsalis* species complex

กรมวิชาการเกษตร

Jang (1986) เปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระยะตัวอ่อนของแมลงวันผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ *C. capitata, B. dorsalis* และ *B. cucurbitae* โดยวิธีจุ่มในน้ำร้อนปรากฏว่า หนอนวัยที่ 1 ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด ขณะที่ Armstrong และคณะ (1989) ศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้ 3 ชนิด ดังกล่าวข้างต้นในมะละกอ โดยใช้วิธี High-temperature, forced-air treatment กลับปรากฏว่า ระยะไข่ ของแมลงวันผลไม้ทั้ง 3 ชนิด ทนทานต่อความร้อนมากกว่า หนอนวัยที่ 1 และหนอนวัยที่ 3 Unahawutti และคณะ (1986) ศึกษาเปรียบความทนทานต่อความระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่าง ๆ ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* โดยวิธีจุ่มในน้ำร้อนพบว่าหนอนวัยที่ 1 ทนทานต่อความร้อนมากกว่าไข่ เมื่อทำการศึกษาในมะม่วง โดยให้ความร้อนด้วยกรรมวิธีอบไอน้ำ จะปรากฏผลในทำนองเดียวกัน หนอนวัยที่ 1 ทนทานต่อความร้อนมากกว่าระยะไข่ (Unahawutti *et al*., 1986) แต่อย่างไรก็ดี การวิจัยพัฒนาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมังคุด กลับพบว่า ระหว่างไข่ และหนอนวัยต่าง ๆ ในผลมังคุด ระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนด้วยกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ มากที่สุดคือ ระยะไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) (Unahawutti *et al*., 1999)

สลักจิต และคณะ, 2558 การวิจัยพัฒนาวิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะนาวแป้น พบว่า ระหว่างระยะไข่ และหนอนวัยต่าง ๆ ในผลมะนาว ระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนด้วยกรรมวิธีอบไอน้ำมากที่สุดคือ ระยะไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) อุดร และสลักจิต 2544 ได้ทดลองกำจัดแมลงวันทองระยะไข่ 24 ชั่วโมง และหนอนวัยที่ 1ในผลมังคุดสามารถยืนยันได้ว่าไข่ทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่1 การอบมังคุดด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์โดยคงอุรหภูมิไว้ที่ 45° ซ. นาน 1:30 ชั่วโมง สามารถกำจัดไข่ในผลมังคุดให้ตายทั้งหมด สลักจิต และ คณะ (2560) ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. นาน 30, 35 และ 40 นาที พบว่าที่ระยะเวลา 40 นาที สามารถกำจัดแมลงวันทองระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง จำนวนไข่ไม่น้อยกว่าประมาณ 3,000 ฟอง ในผลมะนาวตายทั้งหมด ประสิทธิภาพของกระบวนการกำจัดแมลงวันทองดังกล่าวข้างต้นจึงมีแนวโน้มสูงที่จะใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยทั่วไป กระบวนการกำจัดแมลงที่ได้มาตรฐานยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ต้องมีประสิทธิภาพการกำจัดแมลงสูงมาก ให้ความมั่นใจได้ว่าจะไม่มีแมลงรอดชีวิตติดไปกับผลไม้ ไปเจริญแพร่พันธุ์อย่างถาวรในประเทศปลายทาง หน่วยงานกักกันพืชของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดหลักเกณฑ์สำหรับวิธีการกำจัดแมลงที่จะใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

เนื่องจากขั้นตอนของงานวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในมะนาวพันธุ์พิจิตร1 จำเป็นต้องศึกษาความทนทานระหว่างระยะไข่ 24 ชั่วโมงของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เปรียบเทียบในผลมะนาวพันธุ์แป้น ต้องอบมะนาวกำจัดไข่ในสภาพที่ไข่อยู่ภายในผล ดังนั้นจึงควรที่จะได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำในการกำจัดแมลงวันผลไม้ โดยขั้นตอนแรกจำเป็นต้องศึกษาความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ระยะไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) ในผลมะนาวเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์แป้น กับพิจิตร1 เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแมลงวันผลไม้สำหรับการศึกษาวิจัยในขั้นตอนต่อไป รายงานผลการวิจัยต่อไปนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความทนทานของแมลงวันผลไม้ในระยะไข่เปรียบเทียบในมะนาวพันธุ์แป้น กับพิจิตร1 ต่อวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำ สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้ก่อนส่งออก ต้องมีประสิทธิภาพ

กรมวิชาการเกษตร

กำจัดแมลงวันผลไม้ต่ำสุดที่ระดับ 99.9968 เปอร์เซ็นต์ (probit 9) (Baker, 1933) นั้นคือให้มีแมลงรอดชีวิตได้ไม่เกินจำนวน 3 ตัว จากจำนวนแมลงที่ผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชทั้งหมดจำนวน 100,000 ตัว ขณะที่หน่วยงานกักกันพืชญี่ปุ่นกำหนดให้มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้จำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ได้ทั้งหมด รายงานผลการวิจัยต่อไปนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ

1) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิผล 46°ซ. นาน 40 นาที ในการกำจัดไข่แมลงวันทองอายุ 24 ชั่วโมง จำนวน 100,000 ตัว/ฟอง เพื่อการยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

2) เพื่อศึกษาความเสียหายของมะนาวหลังจากผ่านกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิผล 46° ซ. นาน 0:40 ชั่วโมง และเก็บไว้ภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีการดำเนินการ

อุปกรณ์

1. มะนาวพันธุ์พิจิตร1 จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าได้มาตรฐานมีใบรับรองสวน (GAP) จากกรมวิชาการเกษตร ขนาดเล็กที่ใช้ทดลองน้ำหนัก 35-50 กรัม และขนาดกลาง 51-80กรัม
2. ตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่นEHK–1000B และEHK–1000D
3. เครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” shower Cooling System (Differential Pressure Type (model : SHS-12 Sanshu Sangyo co.,Ltd.,Kagoshima, Japan)
4. เครื่องวัดสีผลไม้ Komica Minol TA รุ่น CR-10 Plusert
5. เครื่องวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ Titrator mettlertoledo DL53 Titrator
6. ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ 2 ห้อง
7. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง
8. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
9. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
10. เครื่องอ่างน้ำร้อน1 เครื่อง
11. ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก
12. ห้องเย็นสำหรับเก็บผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง
13. เครื่องหม้อนึ่งความดันเพื่อฆ่าเชื้อโรคข้าวโพดบด
14. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมและการตรวจผลการทดลอง ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ พู่กัน ปากคีบ เคาท์เตอร์ จานทดลองขนาดเล็ก(plate) ถาดใส่ผลไม้ ถุงมือ ถุงขยะดำ เลนส์ขยาย มีดผ่าตัด หลอดดูดสารละลาย ถุงมือยาง ผ้าปิดปาก ถาดผลไม้ และอื่น ๆ

วิธีการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

1. สำรวจและคัดเลือกมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ที่ได้มาตรฐานเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง

คัดเลือกผลมะนาวจากสวนที่ได้รับคำแนะนำจากกรมส่งเสริมการเกษตรเพื่อนำมาใช้ในงานทดลอง และเลือกสวนเกษตรกรที่มีการจัดการที่ได้มาตรฐานส่งออก จากจังหวัดพิจิตร และกำแพงเพชร เพื่อนำมาใช้ในงานทดลองสำหรับขั้นตอนศึกษาด้านความเสียหายของมะนาวพิจิตร1 จากความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำจะคัดเลือกมะนาวพิจิตร1 จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าที่ได้มาตรฐาน

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) ซึ่งมีน้ำหนักผล

กรมวิชาการเกษตร

หรือความแก่ 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

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 ทำการวัดอุณหภูมิผลมะนาวตามรายละเอียดในสลักจิตและคณะ (2559) เมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิ 3 ผล อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนด แสดงว่าขณะนั้นมะนาวทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับมะนาวกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมะนาวทดลองมีอุณหภูมิคงที่อยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนดแล้ว ลดอุณหภูมิผลทันทีโดยวิธีเป่าลม ตามรายละเอียดในสลักจิตและคณะ (2559) 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

5.1 แหล่งที่มาของแมลงวันผลไม้

เลี้ยงแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เป็นจำนวนมากไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการทดลอง โดยเลี้ยงไว้ในห้องเลี้ยงแมลงของกลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ ต้นกำเนิดสายพันธุ์ของแมลงได้มาจากผลน้อยหน่าและผลมะม่วง เก็บรวบรวมในท้องที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา และกาญจนบุรี แมลงตัวเต็มวัยจะถูกจำแนกชนิดอย่างละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ คัดแยกเอาเฉพาะแมลงวันทอง *B. dorsalis* เพียงชนิดเดียว จากนั้นจึงนำแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัย ไปเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการและเพิ่มจำนวนให้มากขึ้นโดยอาศัยวิธีการเลี้ยงแมลงด้วยอาหารเทียม (artificial diet)

5.2 การเลี้ยงแมลงวันผลไม้ที่ใช้สำหรับการทดลอง

5.2.1 สภาพของห้องเลี้ยงแมลง: ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้เป็นห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและแสงสว่าง ห้องเลี้ยงแมลงมีขนาด 3.5 x 4.6 x 2.3 เมตร อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65

กรมวิชาการเกษตร

± 5 เปอร์เซ็นต์ แสงสว่างภายในห้องได้จากหลอดชีวภาพ (bioluck) จำนวน 20 หลอดติดตั้งบนเพดานห้อง และอีกจำนวน 40 หลอดติดตั้งไว้บนผนังรอบห้อง ไฟจะสว่างในระหว่างช่วงเวลา 6.00 น – 18.00 น. นอกจากนี้ ภายในห้องเลี้ยงแมลงยังมีหลอดฟลูโอเรทเซ็นขนาด 40 วัตต์ อีก 1 หลอด เพื่อให้แสงสลัวเลียนแบบสภาพของแสงแดดในช่วงรุ่งเช้า และพลบค่ำซึ่งจะช่วยกระตุ้นการผสมพันธุ์ของแมลง โดยไฟจะเปิดและปิดในช่วงเวลา 5.30-6.00 น. และ 18.00-18.30 น. (Figure 1)

5.2.2 วิธีปฏิบัติสำหรับตัวเต็มวัย: เลี้ยงแมลงตัวเต็มวัยจำนวนมากประมาณ 20,000 ตัว/กรง ไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 65.5 x 69 x 77 ซม. กรงแมลงทำด้วยมุ้งลวดตาข่ายอลูมิเนียมขนาด 16 เมซ ภายในกรงมีจานพลาสติกบรรจุอาหารสำหรับตัวเต็มวัย ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมโดยน้ำหนักดังนี้ น้ำตาล 10 ส่วน enzymatic protein hydrolysate (Amber series 100) 1 ส่วน และ yeast extract 1 ส่วน การให้น้ำใช้ขวดพลาสติกทรงกระบอกขนาด 9 x 9.30 ซม. ฝาขวดเจาะรูตรงกลางขนาด 1 ซม. จำนวน 1 รู เอาสำลีมาปั่นเป็นแท่งกลมยาวประมาณ 13.5 ซม. วิธีให้น้ำโดยเอาแท่งใส่เข้าไปที่ฝาขวดเจาะรู จากนั้นเทน้ำใส่เข้าไปในกระบอกให้เต็ม ปิดฝากระบอกดึงสำลีบนฝาแผ่กระจายกางตามแนวรัศมีของฝากระบอก วางกระดาษกรองรูปทรงกลมลงไปทับด้านบนสำลี จากนั้นนำกระบอกน้ำเข้าไปวางอยู่บนตะแกรงภายในกรงเลี้ยงแมลง หลังจากเลี้ยงแมลงตัวเต็มวัยครบ 7 สัปดาห์ เอากระบอกน้ำและอาหารออกจากกรง ปล่อยให้แมลงที่ยังเหลืออยู่ในกรงตายทั้งหมด หลังจากนั้นทำความสะอาดกรงเลี้ยงแมลงเพื่อเตรียมไว้สำหรับใส่แมลงในรุ่นใหม่ต่อไป ระหว่างการทดลองเตรียมแมลงตัวเต็มวัยอายุต่าง ๆ กันไว้ไม่น้อยกว่า 5 กรง มีแมลงมากกว่า 100,000 ตัว

5.2.3 วิธีการเก็บไข่: เริ่มเก็บไข่จากแมลงตัวเต็มวัยเมื่อมีอายุประมาณ 15 วัน โดยใช้กระบอกพลาสติกมีฝาปิด ด้านข้างเจาะรูเป็นอุปกรณ์รวบรวมไข่ กระบอกพลาสติกมีขนาด 7 x 17 ซม. ด้านข้างเจาะรูขนาด 0.4 มม. แมลงตัวเต็มวัยเพศเมียแทงอวัยวะวางไข่ผ่านรูจากด้านข้างเข้าไปวางไข่ภายในกระบอกพลาสติก ในการเก็บไข่แต่ละครั้งใส่น้ำส้มไว้ในกระบอกเก็บไข่ เพื่อกระตุ้นให้แมลงมาวางไข่และในขณะเดียวกัน ยังให้ความชื้นภายในกระบอกพลาสติก ป้องกันไม่ให้ไข่ของแมลงแห้งและแตก รวบรวมไข่แมลงด้วยวิธีเติมน้ำสะอาดในกระบอกพลาสติก เก็บไข่เขย่าเบาๆ เพื่อให้ไข่ที่ติดอยู่ด้านข้างภายในกระบอกหลุด ใช้ผ้ามัสลินขนาด 150 เมซ แยกไข่ออกจากน้ำส้ม รวบรวมไข่ทั้งหมดเก็บไว้ในน้ำกลั่น หลังจากนั้นนำไข่ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเทียม พร้อมทั้งตรวจหาอัตราการฟักของไข่โดยวิธีสุ่มไข่จำนวน 100 ฟอง วางไว้บนผ้ามัสลินสีดำวางทับบนกระดาษกรองชุบน้ำเก็บไว้ในจานแก้ว ตรวจนับจำนวนไข่ที่ฟักเป็นตัวหนอนหลังจากนั้น 2 วัน

5.2.4 วิธีปฏิบัติสำหรับตัวหนอน: เลี้ยงหนอนบนอาหารเทียมสูตรข้าวโพดป่น (Watanabe *et al.*, 1973) ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้ ข้าวโพดป่น (ขนาด 20 เมซ) 50 กรัม กระดาษชำระ 3 กรัม น้ำตาล 5 กรัม น้ำกลั่น 85 มล. HCl (Conc.) 0.2 มิลลิลิตร Brewer's yeast 5 กรัม และ butyl p-hydroxybenzoate 0.15 กรัม นำอาหารเทียมประมาณ 900 กรัม ใส่ถาดพลาสติกขนาด 23 x 32 x 5 ซม. ตัดกระดาษชำระขนาด 5.5 x 11 ซม. จำนวน 2 ชิ้น วางไว้บนอาหารเทียม ใช้หลอดดูดสารละลายขนาด 1 มิลลิลิตร ตวงไข่จำนวน 0.4 มิลลิลิตร แล้วนำไปวางบนกระดาษชำระ เกลี่ยไข่ด้วยพู่กันให้กระจาย ทั่วๆ กันบนกระดาษชำระด้วยวิธีการนี้จะช่วยให้หนอนไม่แย่งอาหารกันเมื่อฟักออกจากไข่ ปิดถาดอาหารเทียมด้วยถาดเปล่าอีกใบหนึ่ง เพื่อให้ภายในมีความชื้นสูง ซึ่งเป็น

กรมวิชาการเกษตร

สิ่งจำเป็นมากสำหรับไข่จะฟักออกเป็นตัวหนอน นำถาดอาหารเก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลงจนกระทั่งตัวหนอนเจริญเติบโตเต็มที่

5.2.5 วิธีปฏิบัติสำหรับดักแด้: หนอนแมลงวันผลไม้เจริญเติบโตเต็มที่พร้อมจะเข้าดักแด้ภายใน 6 วัน เปิดฝาครอบถาดอาหารเทียม และย้ายไปวางในภาชนะสำหรับให้แมลงเข้าดักแด้ ซึ่งเป็นกระบะพลาสติกขนาด 43 x 74 x 23 ซม. ภายในกระบะบรรจุขี้เลื่อยขนาด 20 เมซ มีความชื้นพอประมาณ เป็นที่สำหรับให้หนอนเข้าดักแด้ หนอนตัวเต็มวัยที่พร้อมจะเข้าดักแด้จะคลานหรือดีดตัวเองออกจากอาหารเทียมและเข้าดักแด้ในขี้เลื่อย ก่อนที่ดักแด้จะออกเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 2 วัน ใช้ตะแกรงขนาด 20 เมซ ร่อนแยกเอาดักแด้ออกจากขี้เลื่อย คัดดักแด้ที่ไม่สมบูรณ์หรือตายทิ้ง นำดักแด้ที่สมบูรณ์จำนวนประมาณ 20,000 ดักแด้ ใส่ในถาดพลาสติกขนาด 23 x 32 x 5 ซม. วางไว้ในกรงเลี้ยงแมลง

5.2.6 ระยะเวลาสำหรับการเจริญเติบโต: ภายใต้สภาพห้องเลี้ยงแมลงที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง การเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ในแต่ละวัยจะใช้ระยะเวลาดังต่อไปนี้คือ

ระยะไข่	30-36	ชั่วโมง
ระยะหนอนวัยที่1	1	วัน
ระยะหนอนวัยที่2	2	วัน
ระยะหนอนวัยที่3	3-4	วัน
ระยะดักแด้	8-10	วัน

5.2.7 การควบคุมคุณภาพของแมลง: แมลงวันผลไม้ซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการจะต้องมีความแข็งแรง เพื่อที่ข้อมูลจากผลการศึกษาวิจัยจะได้ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของแมลงเป็นประจำ เพื่อที่จะสามารถพบสิ่งผิดปกติและแก้ไขได้ทันทีโดยในการเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นจะตรวจสอบอัตราการฟักของไข่ (hatching rate) อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักของดักแด้ และอัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย (sex ratio) และอัตราความพิการของแมลง

6. มะนาวที่ใช้ในการทดลอง

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

กรมวิชาการเกษตร

มะนาววางไว้บนกระดาษชำระในถาดเพื่อซับน้ำซึ่งพร้อมที่จะใส่ไข่ การเตรียมมะนาวทดลองให้มีไข่ของแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผลมะนาว ดำเนินการตามขั้นตอน และวิธีการดังนี้

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 2 และ3) 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 อาศัยขั้นตอนและวิธีปฏิบัติของ สลักจิต (2554) 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 4) อุณหภูมิภายในสุดผลของมะนาวเพิ่มขึ้นถึง 45 และ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำมะนาวทดลองมีแมลงระยะไข่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น และพิจิตร1 ในผลอย่างละจำนวน 20 ผล ออกจากห้องบรรจุผลไม้ (Figure 5) และลดอุณหภูมิผลมะนาวทันทีโดยเป่าด้วยลมนาน 30 นาที ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” Shower Cooling

System (Differential Pressure Type) (model: SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) (Figure 6) ส่วนมะนาวที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ของระยะไข่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น และพิจิตร1 มีจำนวน 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 (Figure 7) ตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตในมะนาวแต่ละผลหลังจากอบมะนาวกำจัดแมลงระยะระยะไข่ (Figure 8) 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

8.1 วิธีการเตรียมมะนาวทดลอง : มะนาวใช้ในการทดลองมีผลขนาดกลาง น้ำหนัก 38-48 กรัม/ผล ผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ที่นำมาผ่านความร้อนต้องเป็นผลมะนาวที่แก่จัดผลสีเขียว (สลักจิต และคณะ, 2559) เตรียมมะนาวให้มีไข่อายุ 24 ชั่วโมง อยู่ภายในผล 2 วิธี คือวิธีใส่ไข่ในผลมะนาว (artificial infestation) และวิธีให้แมลงวันผลไม้วางไข่บนผลมะนาว (forced infestation) แต่ละวิธีการมีรายละเอียดดังนี้

(1) วิธีใส่ไข่ในผลมะนาว

จะใช้วิธีใส่ไข่ลงบนเนื้อมะนาวโดยตรง (artificial infestation method) มะนาวใช้ในการทดลองเป็นมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ผลแก่สีผิวเปลือกสีเขียว เปลือกหนาค่อนข้างแข็ง ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ การเตรียมผลมะนาวที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของหนอนนั้น มะนาวทุกผลต้องล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ผึ่งให้แห้ง คัดเลือกมะนาวสมบูรณ์ ตรวจสภาพความผิดปกติของมะนาว ทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลง ชั่งคัดขนาดตามกำหนด เก็บมะนาวไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งถึงเวลาที่นำไปใช้ในการทดลอง วิธีการเตรียม

กรมวิชาการเกษตร

มะนาวสำหรับการทดลอง โดยใช้มีดผ่าตัดเจาะกรีดเป็นวง รอบขั้วผลประมาณ ¾ ส่วน ห่างจากขั้วประมาณ 1 ซม. เปิดเปลือกมะนาวด้านบนเผยอขึ้น 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

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 (control)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

ยืนยันประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำโดยการทำอบมะนาวกำจัดไข่แมลงวันทองตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

(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 เปิดประตูห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน ลดอุณหภูมิผลมะนาวทันทีโดยแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ 1.เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง และ 2. ใช้วิธีพ่นด้วยน้ำนาน 10 นาทีต่อจากนั้นเป่าด้วยลมนาน 50 นาที หลังจากนั้นเก็บมะนาวทดลองตามรายละเอียดใน สลักจิตและคณะ (2559) ในกระบะพลาสติกขนาด 36 x 54 x 15 ซม. ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 27±1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองอบมะนาวตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้ว จนกระทั่งมีแมลงในผลมะนาวทดลองที่ผ่านความร้อนจำนวนไม่น้อยกว่า 100,000 ตัว เก็บมะนาวทดลองตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้ว ตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตในผลมะนาวแต่ละผลหลังจากอบมะนาวแล้ว 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

ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องต้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่น EHK-1000B จำนวน 2 เครื่อง และ เครื่องลดอุณหภูมิผลไม้

กรมวิชาการเกษตร

“Sanshu” shower Cooling System (Differential Pressure Type (model : SHS-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 ลดอุณหภูมิผลทันทีโดยวิธีเป่าลม ตามรายละเอียดในสลักจิต และคณะ (2559) 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 โดยบันทึกจำนวนมะนาวที่เสียหายจากความร้อนได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความเป็นกรด การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก กลิ่นหอมต่อมน้ำมันที่เปลือก รสชาติ และอาการอื่นๆ ตามวิธีการดังรายละเอียดในสลักจิต และคณะ (2556) ดำเนินการทดลองอบมะนาวในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวตามที่กำหนดแต่ละกรรมวิธีจำนวน 2 ครั้ง

เวลาและสถานที่

เริ่มต้น กันยายน 2562 **สิ้นสุด** ตุลาคม 2564

จังหวัดพิจิตร กำแพงเพชร สมุทรสาคร นครปฐม เพชรบุรี

และ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย และอภิปรายผล (Results and Discussion)

ภายในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนสามารถวางกระบะบรรจุผลไม้แบบพลาสติกแข็งทนความร้อนได้สูงสุด 12 กระบะ ซึ่งมะนาวมีน้ำหนักรวมสูงสุดประมาณ 144 กก./ลบม. ถือได้ว่าเป็นการอบมะนาวในสภาพที่มีมะนาวอยู่ภายในตู้ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ ขณะที่การอบมะนาวประมาณ 36, 72, และ108 กก./ลบม. เป็นการอบมะนาว 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ Figure 9

Table 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผลมะนาว ในขณะที่อบมะนาวน้ำหนักประมาณ 36, 72, 108 และ 144 กก.-ลบม.และ Figure 10-13 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผลมะนาว แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการอบมะนาว ให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นถึง 46° ซ. นาน 40 นาที ในสภาพห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาวต่างกัน เมื่อมีมะนาวประมาณ 36, 72, 108 และ 144กก./ลบม. ต้องใช้เวลาในการทดลองครั้งที่1 และ2 นานเฉลี่ยเท่ากับ 2:2, 2:2, 2:32, 2:23, 3:10, 2:56, 2:51, และ 2:54 ชั่วโมง ตามลำดับเวลาที่ใช้สำหรับอบมะนาวที่ความจุ 75 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่1 ใช้เวลามากที่สุด

การสอบเทียบแท่งวัดอุณหภูมิผลไม้ในเครื่องอ่างน้ำร้อน ทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำ อุณหภูมิแท่งวัดต้องแม่นยำ และเป็นไปตามอุณหภูมิกำหนด 46°ซ นาน 20 นาที ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 100% สำหรับการศึกษาคุณภาพของมะนาวหลังจากอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46°ซ. นาน 40 นาที ที่ความจุ 25 50 75 และ100% พบว่า เมื่อทำการอบมะนาวที่ความจุ 25% ใช้ระยะเวลาที่ 2:20 ชั่วโมงเท่ากันทั้ง 2 ครั้ง ในขณะที่การอบมะนาวที่ความจุ 50% ทั้ง 2 ครั้งใช้เวลาแตกต่างกัน 9 นาที ทั้งนี้เนื่องจากผลมะนาวที่เข้าตู้อบมีขนาดแตกต่างกัน ผลขนาดใหญ่จะใช้เวลามากกว่าผลขนาดเล็ก สำหรับการอบมะนาวที่ความจุ 75% จากการอบมะนาว 2 ครั้ง พบว่าใช้เวลานานที่สุดจากการทดลองครั้งที่1 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบครั้งที่ 1 และ2 มีความแตกต่างกันถึง 14 นาที ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะของการวางผลมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) หรือผลมะนาวที่เสียบแท่งวัดอุณหภูมิในตู้ที่ใส่มะนาวอัดแน่นเกินไปทำให้ความร้อนเข้าถึงช้า แต่การอบมะนาวที่ความจุ 100% ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาห่างกันแค่ 3 นาทีเท่านั้น จากการทดลองดังกล่าวทั้งหมดสังเกตพบว่า ขนาดผล ปริมาณความหนาแน่นในการวาง ปริมาณความจุของผลมะนาวในตู้ มีผลกระทบต่อระยะเวลาในการให้ความร้อนของมะนาวพิจิตร1 การอบมะนาวที่ความจุ 25 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาน้อยที่สุด ถ้าใช้ผลมะนาวขนาดใหญ่ขึ้นถึงแม้จะใช้ความจุ 75% แต่เวลาที่ใช้ในการอบยาวนานกว่าการอบผลมะนาวขนาดเล็กที่ความจุ 100%

การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวพิจิตร 1 หลังจากผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 46°ซ เป็นเวลา 40 นาที เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 12 ± 2 °ซ นาน 7 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำหนักของมะนาวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำที่ความจุ 25 และ 100% ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน การสูญเสียน้ำหนักโดยรวมน้อยมากเฉลี่ยไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมะนาวหลังเก็บเกี่ยวจากสวนมาทดลองทันที พบว่าปริมาณการสูญเสียน้ำหนักจะน้อยมากสังเกตเห็นได้ชัดเจน แต่ในส่วนของมะนาวผ่านความร้อนที่ความจุ 50% กระบะมะนาวที่วางตำแหน่งตรงกลางมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมี

นัยสำคัญเมื่อเทียบกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน ซึ่งคาดว่าอาจจะเกิดจากการวางมะนาวบรรจุในกระบะอัดแน่นเกินไปทำให้มะนาวมีโอกาสในการสะสมความร้อนมากกว่าจุดอื่น สิ่งที่ตามมาคือทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า สำหรับที่ความจุมะนาว 75% พบว่ามะนาวผ่านความร้อนที่ความจุ 75% มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกีบมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน (Table 2) โดยปกติมะนาวก่อนผ่านความร้อนจะมีขั้วติดมากับผล แต่เมื่อมะนาวผ่านความร้อนมาแล้วจะทำให้ขั้วผลมีโอกาสหลุดออกง่ายขึ้น มะนาวบางผลนั้นขั้วจะหลุดหายไป แต่บางผลยังมีขั้วติดอยู่ ซึ่งมีผลทำให้น้ำหนักแตกต่างกันไป โดยทั่วไปมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจะยังมีขั้วติดที่ผลอยู่เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะความแก่ และความสดของมะนาวแต่ละผลและระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว

เปอร์เซ็นต์ปริมาณกรดของมะนาวที่ผ่านความร้อนทุกกรรมวิธี พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน (Control) อบมะนาวพิจิตร1 ซึ่งอยู่ภายใต้สภาพห้องบรรจุผลไม้ที่มีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 36, 72, 108 และ 144 กก./ลบ.ม.ตามลำดับ อบมะนาวพิจิตร 1 จำนวน 2 ซ้ำ เก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12°ซ. นาน 7 วัน พบว่ามะนาวที่ผ่านความร้อนส่วนใหญ่มีแนวโน้มความเป็นกรดลดลงมากกว่ามะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน ยกเว้นมะนาวผ่านความร้อนที่ความจุ 25% พื้นที่วางด้านซ้าย และมะนาวที่ความจุ 75% พื้นที่กระบะที่วางตรงกลาง เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดสูงกว่าไม่นาวไม่ผ่านความร้อน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลของความเป็นกรดแสดงให้เห็นดังนี้

1. ที่ปริมาณมะนาวที่ความจุตู้ 25% มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย = 2.30 2.08 2.04 และ control = 2.14 % ตามลำดับ

2. ที่ปริมาณมะนาวที่ความจุตู้ 50% มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย = 2.26 2.22 2.30 และ control = 2.44 % ตามลำดับ

3. ที่ปริมาณมะนาวที่ความจุตู้ 75% มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย = 1.55 1.86 1.54 และ control = 1.65 % ตามลำดับ

4. ที่ปริมาณมะนาวที่ความจุตู้ 100% มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย = 1.66 1.08 1.52 และ control = 2.22 % ตามลำดับ

จากการการอบที่ความจุ 75% และ100 % พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดลดลงมากกว่าการอบมะนาวที่ความจุ 25 และ 50% ทั้งนี้อาจจะมาจากสาเหตุของการเก็บมะนาวก่อนนำมาผ่านความร้อนไว้นานเกิน 4 วัน ทำให้ปริมาณความเป็นกรดลดลงตามไปด้วย มะนาวผ่านความร้อนแต่เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วไม่แตกต่างจากมะนาวทุกกรรมวิธี (Table 3) ซึ่งหมายความว่ามะนาวที่ผ่านการอบไอน้ำในระดับความจุเพิ่มขึ้นถึง 75 % ไม่ทำให้ปริมาณความเป็นกรดแตกต่างจากมะนาวไม่ผ่านความร้อน การเก็บมะนาวเป็นระยะเวลานานหลายวันจนกระทั่งนำมาใช้สำหรับอบทดลอง 4. ที่ปริมาณมะนาวที่ความจุตู้ 100% มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย = 1.66 1.08 1.52 และ control = 2.22 % ตามลำดับ จากการการอบที่ความจุ 100% พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดลดลงมากกว่าการอบมะนาวที่ความจุ 25 และ 50% สาเหตุเช่นเดียวกันกับที่ความจุ 75 % เมื่อเปรียบเทียบระหว่างมะนาวผ่านความร้อนที่ความจุ 25% 50% 75% และ 100% กับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน พบว่ามะนาวผ่านความร้อนมีแนวโน้มของค่าความเป็นกรดลดลงทั้งหมดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นที่ความจุ 100% กระบะที่

กรมวิชาการเกษตร

วางในตู้อบชั้นบนสุดตรงกลางซึ่งเป็นบริเวณที่ใกล้กับช่องทางปล่อยความร้อน มีค่าความเป็นกรดลดลงต่ำสุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน

คุณภาพมะนาวหลังผ่านความร้อน เมื่อเก็บไว้ที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 12°ซ นาน 7 วัน พบว่ามะนาวผ่านการอบไอน้ำที่ความจุ 25% มีแนวโน้มของการเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่ามะนาวไม่ผ่านความร้อน รสชาติ กลิ่น ไม่แตกต่างกัน (Figure 14 and 15) ส่วนที่ความจุ 50% พบว่า มะนาวผ่านการอบไอน้ำมีแนวโน้มของการเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่าเล็กน้อยกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน รสชาติ กลิ่น ไม่แตกต่าง แต่พบความเสียหายที่เกิดจากผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาล จำนวน 2 ผล ซึ่งอาจเกิดจากการผลกระแทกกับของแข็ง เมื่อเจอกับความร้อนทำให้ปรากฏความเสียหายชัดเจนขึ้น ที่ความจุมะนาว 75% พบว่า มะนาวผ่านการอบไอน้ำมีแนวโน้มของการเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่ามะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน รสชาติมีขมปนบ้าง กลิ่นหอมของผิวเปลือกลดลง พบความเสียหายที่เกิดจากผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาลหลายจุดในบางผล ซึ่งอาจเกิดจากความร้อนทำให้ปรากฏความเสียหายชัดเจนขึ้น (Figure 16 and 17) และที่ความจุมะนาว 100% พบว่า มะนาวผ่านการอบไอน้ำมีแนวโน้มของการเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่ามะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน รสชาติมีขมปนบ้าง กลิ่นหอมของผิวเปลือกลดลง พบความเสียหายที่เกิดจากผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาลหลายจุดในบางผล ซึ่งอาจเกิดจากความร้อนทำให้ปรากฏความเสียหายชัดเจนขึ้น (Figure 18 และ 19) ภาพทั้งหมดจากการทดลองดังกล่าว การบรรจุมะนาวที่ความจุ 50% จะมองเห็นได้ชัดเจนว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกน้อยที่สุด สีเปลือกยังคงเขียวปกติ ผิวเปลือกยังมีความสด ไม่มีรอยเหี่ยว สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า มะนาวพันธุ์พิจิตร 1 ที่นำมาทดลองครั้งนี้ผ่านการเก็บรักษาก่อนการอบประมาณ 1 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกับมะนาวที่ความจุ 25% ซึ่งได้ผ่านการเก็บรักษาในห้องเย็นก่อนการอบประมาณ 3 วัน จึงทำให้สีเปลือกมีโอกาสเปลี่ยนเป็นสีเหลืองได้มากกว่า

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสี L* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสว่างของผลไม้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสีเปลือกมะนาวหลังจากผ่านการอบไอน้ำที่ระดับปริมาณมะนาวที่ความจุตู้ต่างๆ มะนาวที่ถูกจัดวางในตู้ตำแหน่งด้านซ้าย และตรงกลาง พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสี L ไม่แตกต่างไปจากมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน แต่มะนาวที่ผ่านการอบไอน้ำมีการพัฒนาของสีเปลือกค่อนข้างมาก ระดับปริมาณมะนาวที่ความจุตู้ 50 และ75% เมื่อเปรียบเทียบมะนาวที่ผ่านการอบไอน้ำกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน พบว่า ค่าความสว่างโดยเฉพาะด้านขวาของตู้มีแนวโน้มสูงกว่าชัดเจนและต่างต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน แต่เมื่ออบไอน้ำมะนาวที่ความจุตู้ 25 และ 100 % ทุกตำแหน่ง ตรงซ้าย กลาง และขวาของตู้ตามลำดับ พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน

ในขณะที่อบไอน้ำที่ความจุเพิ่มมากขึ้นมะนาวมีแนวโน้มมีการพัฒนาความสว่างของสีเปลือกเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีเปลือก แต่ในครั้งนี้กลับพบว่า สาเหตุอาจเกิดจากระยะการเก็บเกี่ยวมะนาว ถ้าเก็บผลแก่เกินไปจะทำให้การพัฒนาของสีเปลือกเร็วขึ้นตามไปด้วย และอาจเกี่ยวข้องกับคุณภาพของมะนาวด้วย และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่างของสีเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4)

การเปลี่ยนแปลงค่า a* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสีเขียวของผลไม้ หากค่า a* มีค่าน้อย หมายถึง สีเปลือกของมะนาวเป็นสีเขียวมาก แต่หากค่า a* มีค่ามากขึ้น หมายถึง สีเปลือกของมะนาวมีสีไปทางเฉดสีแดง จากผลการทดลองพบว่า มะนาวมีการเปลี่ยนแปลงของค่า a* ไม่แน่นอน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า a* มีค่า

แตกต่างกันโดยระดับความจุมะนาว 25, 50, 75 และ 100% มีค่าเฉลี่ย a* เท่ากับซ้าย ตรงกลาง ด้านขวา 1.81/ 2.52 /1.84, -4.11/ -4.19/ -3.76, 2.25/ 3.65 /3.11, 10.91/ -0.01/-.24 และมะนาวไม่ผ่านความร้อน 2.41 -5.60 -2.05 และ -1.77 ตามลำดับ หมายความว่า มะนาวหลังอบไอน้ำเมื่อเก็บรักษานานขึ้นสีผิวเปลือกไม่ชัดเจน (Table 4) มะนาวหลังอบไอน้ำที่ระดับต่างๆ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า a* ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ความจุ 25%นาน 50 และ 100 % กับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน

แต่ a* จะเพิ่มขึ้นโดยมะนาวหลังจากการอบไอน้ำที่ความจุเพิ่มขึ้นนาน 75 % ในช่องความจุมะนาวด้านซ้าย และตรงกลางมีค่า a* สูงขึ้นหมายความว่า มะนาวหลังอบไอน้ำเมื่อเก็บรักษานานขึ้นสีผิวมีสีไปทางเฉดสีแดงมากขึ้น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน

ที่ปริมาณความจุ 25 และ 75% พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า a* ค่อนข้างสูงสาเหตุอาจเกิดจากระยะการเก็บเกี่ยวมะนาว ถ้าเก็บผลแก่เกินไปจะทำให้การพัฒนาของสีเปลือกเร็วขึ้นตามไปด้วย และอาจเกี่ยวข้องกับคุณภาพของมะนาวด้วย และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าสีเปลือกของมะนาวมีสีไปทางเฉดสีแดงของสีเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อีกปัจจัยที่มีผลเช่นนี้เพราะระยะเวลาการเก็บผลมะนาวนานเกิน 3 วันก่อนนำไปอบไอน้ำทำให้มะนาวมีความอ่อนแอต่อความร้อนมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกเร็วขึ้นกว่า

การเปลี่ยนแปลงค่า b* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสี จากสีน้ำเงินไปเป็นสีเหลือง มีค่าเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนสีของเปลือกผลมะนาวที่ได้รับความร้อนจะเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่ามะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน และตำแหน่งการวางผลมะนาวที่ได้รับความร้อนมากสุด คือด้านบน จะมีสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่าด้านล่างจึงใช้ตำแหน่งนี้เป็นจุดทดสอบ จากผลการทดลองพบว่า มะนาวมีการเปลี่ยนแปลงของค่า b* เพิ่มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มระดับปริมาณความจุมะนาวที่สูงขึ้นและอายุการเก็บรักษาลดลง โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า b* มีค่าแตกต่างกันโดยระดับความจุมะนาว 25, 50, 75 และ 100% มีค่าเฉลี่ย b* เท่ากับ ด้านซ้าย/ ตรงกลาง/ ด้านขวา 45.39/ 48.20 /46.40, 38.31/ 39.26/ 40.56, 44.95/ 42.25 /47.53, 42.27/ 41.70/ 40.71 และมะนาวไม่ผ่านความร้อน 48.82/ 34.72/ 43.01 และ 39.37 ตามลำดับ เมื่ออบไอน้ำ (VHT) มะนาวพิจิตร1 ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที เก็บรักษาไว้ในตูควบคุมอุณหภูมิที่ 12 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน โดยปกติแล้วมะนาวหลังอบไอน้ำที่ความจุมากที่สุด 100% จะมีปัญหากับการเปลี่ยนแปลงค่า b* ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงสี จากสีน้ำเงินไปเป็นสีเหลือง จะเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด แต่การอบครั้งนี้พบว่าไม่กระทบต่อค่า b* และไม่แตกต่างทางสถิติกับมะนาวพิจิตร1 ที่ไม่ผ่านความร้อน การอบทั้ง 2 ครั้งมีผลไปแนวทิศทางเดียวกัน ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อค่า b* คือ ระยะเวลา หลังจากเก็บเกี่ยวมะนาวจะต้องนำมาดำเนินการตามขั้นตอนการอบให้เร็วที่สุด สีผลมะนาว มีความสดค่า b* ยังปกติ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความจุมะนาวที่ความจุ 100% กับ 50% ไม่แตกต่างกัน เพราะว่าดำเนินการในระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า b* แล้ว เมื่ออบมะนาวพิจิตร 1 ที่ความจุ 50 และ 100 % ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่กับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน ถึงแม้ว่าความจุของมะนาวจะเต็มตู้หรือครึ่งตู้

แต่เมื่อเก็บรักษามะนาวนานขึ้นประมาณ 2 ถึง 3 วันสีผิวเปลือกมีไปทางเฉดสีเหลืองมากขึ้น มะนาวหลังอบไอน้ำที่ระดับต่างๆ แต่จะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่า b* จะเพิ่มขึ้นโดยมะนาวหลังจากการอบไอน้ำที่ความจุเพิ่มขึ้นนาน 75 % ในช่องความจุมะนาวด้านขวา มีค่า b*สูงขึ้นหมายความว่า มะนาวหลังอบไอน้ำเมื่อเก็บ

ลิขสิทธิ์การเกษตร

รักษานานขึ้นสีผิวเปลือกมีแนวโน้มสีไปทางเฉดเหลืองมากขึ้น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน ยกเว้นที่ความจุ 25% ในช่องความจุมะนาวด้านซ้ายและขวา มีค่า b* ลดลง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน นั่นหมายความว่านอกจากระยะเวลาการเก็บก่อนอบแล้ว ความแข็งแรงของมะนาวในบางผลไม่เท่ากัน ในขณะที่อยู่ในสภาพที่บรรจุกระบะเหมือนกัน ความแข็งแรงของมะนาวแตกต่างกัน สาเหตุอาจเกิดจากระยะการเก็บเกี่ยวมะนาว ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว หรือถ้าเก็บผลแก่เกินไปจะทำให้การพัฒนาของสีเปลือกเร็วขึ้น ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับคุณภาพของมะนาวด้วย และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าสีเปลือกของมะนาวมีสีไปทางเฉดสีเหลืองของสีเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อีกปัจจัยที่มีผลเช่นนี้เพราะระยะเวลาการเก็บผลมะนาวนานเกิน2 ถึง 3 วันก่อนนำไปอบไอน้ำ ทำให้มะนาวมีความอ่อนแอต่อความร้อนมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกเร็วขึ้นกว่า ทั้งนี้อาจจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับคุณภาพความแข็งแรงของมะนาวด้วย และเชื่อมโยงไปถึงการดูแล เอาใจใส่การให้น้ำ ปุ๋ย และธาตุอาหารที่จำเป็นในระยะการเจริญเติบโตของผลมะนาว

ความเสียหายจากความร้อนที่ผิวเปลือก มีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลเข้มขึ้น ถ้าอาการรุนแรงมากจนกระทั่งจุดสีน้ำตาลกลายเป็นสีดำ อาจพบบ้างแต่ไม่มากประมาณไม่เกิน 2 ผลที่อาการค่อนข้างรุนแรงเฉพาะที่พบดังปรากฏใน Figure 20 ที่ความจุ 50% และ Figure 21 ที่ ความจุ 75% เท่านั้นจากข้อสังเกตอาการนี้จะเกิดขึ้นได้เพราะว่า มะนาวได้รับความกระทบกระเทือนอย่างแรงเช่น ตกจากที่สูงทำให้มะนาวบอบช้ำเมื่อโดนความร้อนจึงทำเกิดอาการของความเสียหายนี้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังพบความเสียหายจากอาการเป็นจุดเล็กๆ สีน้ำตาลสีไม่ชัดเจน ซึ่งอาการนี้อาจมีผลกระทบที่เกิดจากมะนาวได้รับความร้อนสูงทำให้เกิดการขยายตัวยืดหดของต่อมน้ำมัน พบบนผิวเปลือกบางส่วนเพียงเล็กน้อย อาการไม่รุนแรงผู้บริโภคยอมรับได้ ไม่เป็นอุปสรรคต่อการรับประทานผลสด เพราะยังคงคุณภาพของความสดปกติของเปลือก รสชาติความเปรี้ยวปกติ ยกเว้นกลิ่นหอมของเปลือกลดลงมาก แต่เมื่อนำผลมะนาวอบไอน้ำไปปรุงอาหารไม่พบความผิดปกติ เปรียบเทียบความทนทานของแมลงวันผลไม้ระยะไข่ 24 ชั่วโมงในผลมะนาวพันธุ์แป้น กับพิจิตร1 ต่อความร้อนที่อุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธีการอบไอน้ำ ผลการทดลองอบมะนาวกำจัดแมลงวันผลไม้ในแต่ละงานทดลองปรากฏผลดังนี้

Table 5 แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการอบมะนาวให้อุณหภูมิผลคงอยู่ที่ 45 และ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานต่าง ๆ ตามกำหนดซึ่งมะนาวอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออบมะนาวพันธุ์แป้น และพิจิตร1 กำจัดระยะไข่ 24 ชั่วโมง จากผลการทดลอง 6 ครั้ง ปรากฏว่า ใช้เวลานาน 1:27, 1:27, 1:30, 1:29, 1:29, 1:27, และ 1:39, 1:47, 1:47, 1:57, 1:55, 1:50 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงการให้ความร้อนเมื่ออบมะนาวในช่วงอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 45 ทั้ง 6 การทดลอง ใช้ระยะเวลาแตกต่าง 3 นาที (การทดลองที่ 1 2 6 กับ การทดลองที่ 3) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการอบมะนาวกำจัดแมลงแต่ละครั้งด้วยวิธีการอบไอน้ำมีสภาพที่แตกต่างกันค่อนข้างน้อย แต่เมื่อความร้อนเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส ทั้ง 6 การทดลอง พบว่าใช้ระยะเวลาแตกต่าง 18 นาที จากข้อมูลดังกล่าวกันมากส่งผลให้ความร้อนข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 45 ถึง 46 องศาเซลเซียส ของการอบมะนาวกำจัดแมลงแต่ละครั้งด้วยวิธีการอบไอน้ำมีสภาพที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก (การทดลองที่ 1 กับ 4) ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าได้มีการกำหนดอุณหภูมิตู้ที่ 47 องศาเซลเซียส ซึ่งความร้อนที่กำหนดในผลคืออุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นช่วงความร้อนที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นความร้อนค่อยๆเพิ่มขึ้นภายในผลจะเริ่มช้าลงแตกต่างกันไป การสะสมความร้อนภายในผลมะนาวก็มี

ค่อนข้างน้อยเนื่องจากผลมะนาวมีขนาดเล็ก ลักษณะตำแหน่งการวางผลมะนาวบนกระบะภายในตู้อบก็มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของความร้อนเช่นกัน

Table 6 แสดงระยะเวลาอบมะนาวให้อุณหภูมิผลคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานตามกำหนด รวมทั้งรายละเอียดอื่น ๆ ในการอบมะนาวแต่ละครั้ง เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการให้ความร้อนเมื่ออบมะนาวในช่วงอุณหภูมิผล 45 ถึง 46 องศาเซลเซียสทั้ง 6 การทดลอง ใช้ระยะเวลาแตกต่าง 12, 20, 17, 28, 26 และ 23 นาที ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า แมลงวันผลไม้ ระยะไข่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น ดูจะมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่า ในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 จึงทำการอบมะนาวกำจัดแมลงระยะไข่ 24 ชั่วโมงอยู่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น และมะนาวพันธุ์พิจิตร1 พร้อมกัน ในเครื่องตู้อบความร้อนเดียวกัน ซึ่งทำให้ทั้งระยะไข่ในผลมะนาวพันธุ์แป้น และมะนาวพันธุ์พิจิตร1อยู่ภายใต้สภาพความร้อนที่เหมือนกัน

ผลการตรวจนับแมลงในมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนพบว่า แมลงระยะไข่ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาวพันธุ์แป้นที่ไม่ผ่านความร้อน มีอัตราการตาย 69.91 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการทดลองอบมะนาวพันธุ์แป้นที่อุณหภูมิ 45 และ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 0:10, 0:20, 0:30 และ 0:40 ชั่วโมง พบว่าไข่มีอัตราการตายเฉลี่ย 71.21, 74.97, 83.81, 96.08, 98.83 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์พิจิตร 1 แมลงในมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนมีอัตราการตาย 53.11 เปอร์เซ็นต์ และมะนาวผ่านความร้อน มีอัตราการตาย 56.61, 64.72, 76.19, 95.50, 99.56 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการตายของแมลงที่ไม่ผ่านความร้อนทั้ง 2 พันธุ์ พบว่ามะนาวพันธุ์แป้น มีอัตราการตายสูงกว่า พันธุ์พิจิตร 1 ในช่วงอุณหภูมิ 45 และ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20 นาที ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากมะนาวแป้นมีสภาพเปลือกบางและให้ปริมาณน้ำมากกว่าจึงทำให้แมลงมีโอกาสจมน้ำตายมากกว่า ในส่วนของมะนาวพันธุ์พิจิตร 1 เปลือกมีสภาพหนากว่า และให้ปริมาณน้ำน้อยกว่า ขณะที่ใส่แมลงเข้าไปในเนื้อมะนาวตรงกลางผลจะมีลักษณะค่อนข้างแห้งกว่าจึงทำให้อัตราการรอดชีวิตในมะนาวพันธุ์พิตร 1 สูงกว่าพันธุ์แป้น แต่เมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิ อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 30 นาที พบว่า แมลงระยะไข่ 24 ชั่วโมงในผลพันธุ์พิจิตร1 มีอัตราการตายสูงกว่ามะนาวแป้น ความร้อนมีผลกระทบต่ออัตราการตายของแมลงในมะนาวพันธุ์พิจิตร 1 อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบอัตราการตายเฉลี่ยของแมลงระยะไข่ 24 ชั่วโมง ทั้งมะนาวพันธุ์แป้น และ พันธุ์พิจิตร 1 พบว่าแมลงตายทั้งหมดเมื่ออุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที

อัตราการตายที่แท้จริงของแมลงระยะไข่ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน Table 7 จากผลการทดลองพบว่าแมลงระยะไข่ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาวพันธุ์แป้นไม่ผ่านความร้อน มีอัตราการตายที่แท้จริง 0 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการทดลองอบมะนาวพันธุ์แป้นที่อุณหภูมิ 45 และ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 0:10, 0:20, 0:30 และ 0:40 พบว่าไข่มีอัตราการตายที่แท้จริง 4.45, 16.82, 46.18, 86.98, 96.12 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์พิจิตร 1 แมลงในมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนมีอัตราการตายที่แท้จริง 0 เปอร์เซ็นต์ และผ่านความร้อน มีอัตราการตายที่แท้จริง 7.46, 24.76, 49.23, 90.40, 99.05 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองดังกล่าวแมลงระยะไข่ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาวพันธุ์แป้น มีอัตราการตายที่แท้จริงน้อยกว่าในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ของทุกความร้อนและระยะเวลาต่างๆ แสดงให้เห็นชัดเจนว่าแมลงระยะไข่ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 มีความทนทนต่อความร้อนน้อยกว่า โดยเฉพาะเมื่อใช้ความร้อนที่

อุณหภูมิคงที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียสนาน 0:30 ชั่วโมง แมลงในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 มีอัตราการตายที่แท้จริง 99.06 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มอัตราการตายที่แท้จริงสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแมลงในผลมะนาวพันธุ์แป้นซึ่งมีอัตราการตายที่แท้จริง 96.12 เปอร์เซ็นต์แมลงในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 เป็นพันธุ์มะนาวที่มีความอ่อนแอต่อความร้อนมากกว่า แมลงในผลมะนาวพันธุ์แป้น 2.94 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียสได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานาน 0:40 ชั่วโมง แมลงในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 และพันธุ์แป้นมีอัตราการตายที่แท้จริง ทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองพบว่าระยะไข่ของแมลงวันผลไม้ในผลมะนาวพันธุ์แป้นมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่า พันธ์พิจิตร1 ในช่วงที่ผ่านความร้อนก่อนระยะเวลานาน 0:40 ชั่วโมง

Merino *et al* (1985) รายงานว่า หนอนวัยที่ 1 ของแมลงวันทองทนทานต่อความร้อนมากกว่าระยะไข่และหนอนวัยที่อื่น ๆ ของแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลมะม่วงพันธุ์ Carabao อุดร และคณะ (2529) ศึกษาการใช้วิธีอบไอน้ำร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน และรายงานผลในทำนองเดียวกันว่า ระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่าง ๆ ของแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลมะม่วง หนอนวัยที่ 1 ของแมลงวันทองมีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุด แต่อย่างไรก็ดี ความทานทานต่อความร้อนของหนอนวัยที่ 1 เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้เมื่ออยู่ในมะม่วงต่างพันธุ์ โดยหนอนวัยที่ 1 เมื่ออยู่ในมะม่วงพันธุ์พิมพ์เสนแดง จะทนทานต่อความร้อนได้ดีกว่าเมื่ออยู่ในมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ และแรด (อุดร และคณะ, 2536)

ในการเตรียมมะนาวโดยวิธีใส่ไข่เข้าไปในผล ถึงแม้ว่าจะใส่ไข่เข้าไปลึกในเนื้อมะนาว เนื่องจากมะนาวไม่ใช่พืชอาศัยที่ดีของแมลงวันผลไม้ เพราะมีสภาพเป็นกรดสูง การซับน้ำภายในผลอาจจะกระทำให้ไม่พอดีพอเหมาะ อาจมีน้ำมะนาวท่วมขังในบางผล หรือเนื้อมะนาวบริเวณดังกล่าวอาจจะมีสภาพไม่เหมาะสม เนื่องจากตรงแกนกลางผลจะมีซอกที่ติดกับเมล็ดบังความร้อน หรืออาจมีพื้นที่บางจุดในผลทำไข่อาจถูกวางหรือเขี่ยให้หลบซ่อนตัวระหว่างแกนกลางกับเมล็ด ถึงแม้ว่าจะผ่าเอาแกนกลางบางส่วนออกแล้ว เมื่อไขฟักเป็นตัวหนอนสามารถคลานเข้าไปกินเนื้อมะนาวได้ทุกด้าน ซึ่งโดยปกติหนอนจะคลานลึกเข้าไปในผล แต่บางตัวอาจจะคลานมากินในส่วนเปลือกสีขาวที่ติดกับเนื้อมะนาวด้านใน ดังนั้นอัตราการรอดชีวิตของแมลงจึงไม่สม่ำเสมอ

แมลงทนทานต่อความร้อนได้มากหรือน้อยมีปัจจัยสำคัญคือ ชนิดพันธุ์ของผลไม้ ลักษณะทางกายภาพภายในและภายนอก ความหนาบางของเปลือก ความสุกแก่ รสชาติ กลิ่น เนื้อของผลไม้ แต่ละผลไม่เท่ากัน และตำแหน่งที่แมลงทำลาย หรือหลบซ่อนอยู่ภายในผลไม้ ในการเตรียมมะนาวมีแมลงอยู่ภายในผล ได้ใช้วิธีนำแมลงระยะไข่ ใส่ลงบนเนื้อมะนาวโดยตรงเนื่องจากเนื้อมะนาวบริเวณที่ยิ่งลึกเข้าไปในผลยิ่งจะได้รับความร้อนน้อยกว่า ดังนั้นในการย้ายแมลงใส่ในผลมะนาวจึงพยายามใส่แมลงให้ลึกเข้าไปในเนื้อมะนาวซึ่งจะทำให้แมลงได้รับความร้อนในระดับที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

Jang (1986) เปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระยะตัวอ่อนของแมลงวันผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ *C. capitata, B. dorsalis* และ *B. cucurbitae* โดยวิธีจุ่มในน้ำร้อนปรากฏว่า หนอนวัยที่ 1 ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด ขณะที่ Armstrong และคณะ (1989) ศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้ 3 ชนิด ดังกล่าวข้างต้นในมะละกอโดยใช้วิธี High-temperature, forced-air treatment กลับปรากฏว่า ระยะไข่ ของแมลงวันผลไม้ทั้ง 3 ชนิด ทนทานต่อความร้อนมากกว่า หนอนวัยที่ 1 และหนอนวัยที่ 3 Unahawutti และคณะ (1986) ศึกษาเปรียบความ

กรมวิชาการเกษตร

ทนทานต่อความระหว่างระยะไข่และหนอนวัยต่าง ๆ ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* โดยวิธีจุ่มในน้ำร้อนพบว่าหนอนวัยที่ 1 ทนทานต่อความร้อนมากกว่าไข่ เมื่อทำการศึกษาในมะม่วง โดยให้ความร้อนด้วยกรรมวิธีอบไอน้ำ จะปรากฏผลในทำนองเดียวกัน หนอนวัยที่ 1 ทนทานต่อความร้อนมากกว่าระยะไข่ (Unahawutti *et al*., 1986) สลักจิต และคณะ (2549) การศึกษาความทนทานของแมลงวันผลไม้ ระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ในผลเงาะต่อความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยเปรียบเทียบอัตราการรอดชีวิตของแมลงเมื่อคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 45°ซ. และ 46°ซ. เป็นระยะเวลานานต่างๆ กัน ผลการทดลองพบว่าหนอนวัยที่ 1 ในผลเงาะมีความทนทานต่อความร้อนได้มากกว่า ระยะไข่ หนอนวัยที่ 2 และ 3

การวิจัยพัฒนาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมังคุด กลับพบว่าระหว่างไข่ และหนอนวัยต่าง ๆ ในผลมังคุด ระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุดคือ ระยะไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) (Unahawutti *et al*., 1999) และในการศึกษาโดยวิธีการอบมังคุดกำจัดแมลงแต่ละระยะการเจริญเติบโตให้ผลสอดคล้องเช่นเดียวกันกับผลการทดลองผลมะนาว พบว่าระยะไข่ (อายุ 24 ชั่วโมง) มีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 2 และ 3 สาเหตุที่ระยะไข่หนอนวัยที่ 1 ในผลมะนาวมีความทนทานต่อความร้อนสูงกว่า หนอนวัยที่ 2 และ 3 (สลักจิต และคณะ 2558)

การประเมินประสิทธิภาพการกำจัดแมลง

Figure 22 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผลมะนาว อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างการอบมะนาวด้วยวิธีการอบไอน้ำ Table 8 แสดงเวลาในการอบมะนาว ให้อุณหภูมิคงอยู่ที่46 ° ซ. รวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ได้แก่ปริมาณความจุ การตั้งค่ารูปแบบการเดินเครื่องเป็นแบบเป็นขั้น (STEPPED VHT) แสดงน้ำหนักมะนาวกำหนดอุณหภูมิ ในการทดลองอบมะนาวซึ่งมีแมลงวันทองระยะไข่อยู่ภายในผลแต่ละครั้งนั้น แบ่งการทดลอง 2 ระดับความจุ คือที่ระดับความจุครึ่งหนึ่ง 50 % (Haft load) และบรรจุเต็มตู้ 100 % (Full load) สำหรับการทดลองที่ระดับความจุครึ่งหนึ่งนั้นอยู่ในลำดับซ้ำที่ 1-10 มีการทดลองทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้ระยะเวลาการอบสั้นที่สุด และนานที่สุดอยู่ในการทดลองซ้ำที่ 8 และ 6 ใช้เวลานาน 2:07 และ 2:11 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการทดลองแตกต่างกันแค่ 5 นาที ถือว่าเล็กน้อยมาก

สำหรับการทดลองที่ระดับความจุสูงสุด 100 % นั้น หลังจากได้ผ่านขั้นตอนการอบไอน้ำแล้ว ได้แบ่งการทดลองขั้นตอนการลดความร้อนเป็น 2 กรรมวิธี คือ

1. การใช้ลมเป่าอย่างเดียว ระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง ซึ่งอยู่ในการทดลองลำดับซ้ำที่ 1-10 มีการทดลองทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้ระยะเวลาการอบสั้นที่สุด และนานที่สุดอยู่ในการทดลองซ้ำที่ 2 ใช้เวลานาน 2:08 และ 2:11ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการทดลอง แตกต่างกันน้อยมาก โดยใช้เวลานานแค่ 3 นาที

2. การใช้น้ำในช่วงแรก 10 นาที จากนั้นใช้ลมเป่าต่อ 50 นาทีรวมระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง ซึ่งอยู่ในการทดลองลำดับซ้ำที่ 1-10 มีการทดลองทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้ระยะเวลาการอบสั้นที่สุด และนานที่สุดอยู่ในการทดลองซ้ำที่ 2 ใช้เวลานาน 2:06 และ 2:10 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการทดลอง แตกต่างกันน้อยมาก โดยใช้เวลานานแค่ 4 นาที

กรมวิชาการเกษตร

สลักจิต และคณะ (2556) ที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส นาน 30, 35 และ 40 นาที แมลงวันทองระยะไข่ มีอัตราการตายที่แท้จริง 94.14, 99.87 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่หนอนวัยที่ 1 มีอัตราการตายที่แท้จริง 99.92, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทุกอุณหภูมิกำหนดหนอนวัยที่ 1 มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าระยะไข่ ดังนั้นระยะไข่จึงมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาของ จากผลการศึกษานี้ สามารถยืนยันได้ว่าระหว่างระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 ของแมลงวันทองที่อาจจะพบทำลายในผลมะนาว ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง มีความทนทานต่อความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำมากที่สุด

การทดลองการอบไอน้ำการยืนยันประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาว เป็นการอบมะนาวซึ่งมีแมลงวันทองระยะไข่อยู่ภายในผลแต่ละครั้งนั้นแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระดับความจุ คือ ระดับความจุน้อยสุด 50 % (half load) และความจุมากที่สุด 100 % (Full load)

Table 9. การทดลองที่ระดับความจุครึ่งหนึ่งนั้น การทดลองมีจำนวนทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจากวิธีใส่ไข่เข้าในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว จำนวน 500 และ 100 ผลตามลำดับ ผลจากการตรวจนับจำนวนแมลง พบว่าจำนวนแมลงรอดชีวิตทั้งหมดของมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 12,658 ตัว แต่สำหรับมะนาวจากวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว นำมะนาวดังกล่าวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยใส่มะนาวเข้าอบไปภายในตู้จำนวน 1500 และ 300 ผลตามลำดับ ลดความร้อนโดยวิธีเป่าลม พบว่าจำนวนแมลงวันทองมีอัตราการตายที่แท้จริงทั้งหมดจำนวน 37,974 ตัว

Table 10. การลดความร้อนโดยวิธีเป่าลม เป็นการทดลองอบไอน้ำที่ระดับความจุเต็มตู้ 100 % นั้น การทดลองมีจำนวนทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจากวิธีใส่ไข่เข้าในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว จำนวน 500 และ 100 ผลตามลำดับ ผลจากการตรวจนับจำนวนแมลง พบว่าจำนวนแมลงรอดชีวิตทั้งหมดของมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 12,922 ตัว แต่สำหรับมะนาวจากวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว นำมะนาวดังกล่าวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยใส่มะนาวเข้าอบไปภายในตู้จำนวน 3,300 และ 300 ผลตามลำดับ ลดความร้อนโดยวิธีเป่าลม พบว่าจำนวนแมลงวันทองมีอัตราการตายที่แท้จริงทั้งหมดจำนวน 58,655 ตัว

Table 11. การลดความร้อนโดยวิธีพ่นน้ำ 10 นาที เป่าลมให้แห้งอีก 50 นาที เป็นการทดลองที่ระดับความจุเต็มตู้ 100 % นั้น การทดลองมีจำนวนทั้งหมด 10 ซ้ำ โดยใช้มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจากวิธีใส่ไข่เข้าในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว จำนวน 500 และ 100 ผลตามลำดับ ผลจากการตรวจนับจำนวนแมลง พบว่าจำนวนแมลงรอดชีวิตทั้งหมดของมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 12,103 ตัว แต่สำหรับมะนาวจากวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว นำมะนาวดังกล่าวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยใส่มะนาวเข้าอบไปภายในตู้จำนวน 3,300 และ 300 ผลตามลำดับ ลดความร้อนโดยวิธีพ่นน้ำ 10 นาที เป่าลมให้แห้งอีก 50 นาที พบว่าจำนวนแมลงวันทองมีอัตราการตายที่แท้จริงทั้งหมดจำนวน 65,825 ตัว

กรมวิชาการเกษตร

ผลการตรวจ นับจำนวนแมลงในมะนาวจากการทดลอง 30 ครั้งโดยใช้มะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนจากวิธีใส่ไข่เข้าในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว จำนวนรวม 1,800 ผล จากการตรวจนับจำนวนแมลง พบว่าจำนวนแมลงรอดชีวิตทั้งหมดของมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน โดยจะมีไข่ซึ่งสามารถฟักออกเป็นตัวหนอนได้จำนวนไม่น้อยกว่าประมาณ 37,683 ฟอง แต่สำหรับมะนาวจากวิธีใส่ไข่ในผล และวิธีให้แมลงวางไข่บนผลมะนาว นำมะนาวดังกล่าวผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ โดยใส่มะนาวเข้าอบไปภายในตู้จำนวน 9,000 ผล การลดความร้อนผลมะนาวใช้ 2 วิธี คือ 1. โดยวิธีเป่าลม และ 2. โดยวิธีพ่นน้ำ 10 นาที เป่าลมให้แห้งอีก 50 นาที พบว่าแมลงวันทองมีอัตราการตายที่แท้จริงรวมทั้งหมดจำนวน 162,454 ตัว แสดงว่าที่ระยะเวลานาน 40 นาที น่าจะเป็นช่วงระยะเวลาสั้นที่สุดที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถกำจัดไข่แมลงวันทองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ซึ่งมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงได้ตามมาตรฐานกำหนดและยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช จะขจัดปัญหาด้านกักกันพืชซึ่งเป็นอุปสรรคกีดขวาง การส่งออกผลไม้พืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ไปยังประเทศที่ไม่มีแมลงวันผลไม้แพร่ระบาด โดยทั่วไปวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชต้องมีประสิทธิภาพการกำจัดแมลงสูงมาก ให้ความมั่นใจได้ว่าจะไม่มีแมลงรอดชีวิตเล็ดลอดติดไปกับผลไม้ ไปเจริญแพร่พันธุ์อย่างถาวรในประเทศปลายทาง หน่วยงานกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่นกำหนดหลักเกณฑ์สำหรับพิจารณาวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช คือ ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ ระยะเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุดจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ได้ทั้งหมด ขณะที่หน่วยงานกักกันพืชของประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดหลักเกณฑ์ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงต่ำสุดที่ระดับ 99.9968 เปอร์เซ็นต์ (probit 9) นั้นคือ ให้มีแมลงรอดชีวิตได้ไม่เกินจำนวน 3 ตัว จากจำนวนแมลงที่ผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชทั้งหมด จำนวน 100,000 ตัว (Baker, 1939) จากข้อมูลผลการวิจัยที่ผ่านมาและผลจากการทดลองนี้แสดงให้ เห็นว่ากระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานตั้งแต่ 40 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงได้ถึงระดับของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ตามกำหนดหลักเกณฑ์ประเทศญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา

การประเมินความเสียหายต่อคุณภาพผลมะนาว

Table 23 แสดงเวลาในการอบมะนาว ให้อุณหภูมิคงอยู่ที่ 46 ° ซ. นาน 40 นาทีรวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ได้แก่ปริมาณความจุ การตั้งค่ารูปแบบการเดินเครื่องเป็นแบบเป็นขั้น (STEPPED VHT) แสดงน้ำหนักมะนาวกำหนดอุณหภูมิ ในการทดลองอบมะนาว ระดับความจุ คือที่ระดับความจุเต็มตู้ 100 % (Full load) มีการทดลองทั้งหมด 30 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาการอบสั้นที่สุด และนานที่สุดเวลา 2:06 และ 2:12 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการทดลองใช้เวลาใกล้กันมาก ซึ่งแตกต่างกันนานแค่ 6 นาที การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผลมะนาว ในขณะที่อบมะนาวด้วยวิธีการอบไอน้ำให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นถึง 46° ซ. ในสภาพห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณมะนาว ประมาณ 132 กก./ลบม. ใช้วิธีการลดอุณหภูมิด้วยลมเป่าอย่างเดียว แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการอบมะนาว ให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นถึง 46° ซ. ต้องใช้เวลานานเฉลี่ย 2:12, 2:12, 2:14, และ 2:14 ชั่วโมงตามลำดับ เวลาที่ใช้สำหรับการอบไอน้ำมะนาวเพื่อประเมินความเสียหายต่อคุณภาพผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ซึ่งเป็นการศึกษาความเสียหายของมะนาวในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเครื่องบิน 2 ซ้ำ และทางเรือ 2 ซ้ำ ตามลำดับ

จากการตรวจสอบความเสียหายของมะนาวพันธุ์พิจิตร1 พบว่ามะนาวที่ผ่านความร้อนจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิอยู่กึ่งกลางผล 46 °ซ. คงที่เป็นเวลานาน 40 นาที และการเก็บรักษาที่ 12 ± 2 ° C นาน 7 และ 14 วันนั้น ซึ่งเป็นการศึกษาความเสียหายของมะนาวในสภาพจำลองการส่งออกมะนาวทางเครื่องบิน ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ โดยทำการตรวจสอบลักษณะอาการที่ปรากฏ ได้แก่ ผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาล fresh browning กลิ่นความหอมของต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือก รสชาติ อาการปรากฏของโรคพืช ความเสียหายอื่นๆ การตรวจสอบความเป็นกรดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือก

ผลจากการตรวจพบลักษณะอาการความเสียหายที่ผิวเปลือกของมะนาวเป็นจุดสีเขียวเข้ม สีน้ำตาล และสีดำ พบอาการดังกล่าวเล็กน้อยในบางผล ซึ่งไม่สามารถระบุเป็นจำนวนได้ อาการนี้เกิดขึ้นได้ทั้งผลมะนาวไม่ผ่านความร้อนจำนวน และมะนาวที่ผ่านความร้อนที่เก็บไว้นาน 14 วันเท่านั้น จากการสังเกตอาการที่เกิดขึ้น สาเหตุของมะนาวเป็นจุดน่าจะมาจากการเก็บเกี่ยวมะนาว ลักษณะทั่วไปของกิ่งก้านมะนาวพันธุ์พิจิตร 1 คือกิ่งก้านจะแข็งมาก นอกจากนี้ยังมีหนามแหลมคมจำนวนมากตรงบริเวณตลอดทั้งกิ่งก้านและขั้วผล เมื่อเก็บเกี่ยวมะนาวแล้วเสร็จนำไปเก็บในตะกร้าหรือกล่องรวมกันทำให้เกิดบาดแผลได้ง่ายถ้าไม่แยกผลออกจากกันชัดเจน หรือขาดความระมัดระวัง ถ้ามะนาวผลไหนมีความสมบูรณ์พอก็ส่งผลกระทบน้อยหรือไม่เป็นอะไร แต่ถ้าผลที่ค่อนข้างอ่อนแอ เมื่อเจอความร้อนและเก็บไว้เป็นระยะเวลานานจะปรากฏอาการนี้ได้ชัดเจน ฉะนั้นการรักษาคุณภาพของมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ต้องระมัดระวังเรื่องกิ่งก้านและหนามแหลมคม โดยใช้กรรไกรตัดให้ชิดขั้วผล นอกจากนี้ยังไม่พบอาการเกิดโรคของมะนาวที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน สำหรับการทดสอบรสชาติจากการชิม พบว่ามะนาวที่ผ่านความร้อนบางผลเท่านั้นมีรสชาติที่เปลี่ยนจากปกติคือรสเปรี้ยวปนขมเล็กน้อย ซึ่งไม่สามารถแยกรสชาดนี้ออกได้ชัดเจนเช่นกัน

กลิ่นความหอมของเปลือกมะนาวมีความแตกต่างกันมากในแต่ละผล พบว่ามะนาวที่ผ่านความร้อนส่วนใหญ่กลิ่นความหอมของเปลือกมีแนวโน้มลดลง ไม่สามารถบ่งบอกจำนวนผลได้ชัดเจนถึงระดับของกลิ่นหอม สาเหตุความหอมลดลงอาจจะเป็นเพราะว่าความร้อน และในขณะที่ทำการตรวจสอบเริ่มแรกของการผ่าผลมะนาวกลิ่นหอมยังมีบ้างอ่อนๆ แต่หลังจากผ่าผลเสร็จทั้งหมดแล้ว ทำการพิสูจน์ความหอมด้วยการดมกลิ่น ปรากฏว่ามีกลิ่นหอมเหลือเพียงเบาๆ จนกระทั่งไม่มีความหอมของกลิ่นมะนาวเหลืออยู่

สลักจิต และคณะ (2560) ได้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยวิธีการลดอุณหภูมิมะนาวโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ ต่อความเสียหายของมะนาวซึ่งผ่านวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพผลการทดลองพบว่า การลดอุณหภูมิผลมะนาวโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำไม่แตกต่างจากวิธีเป่าด้วยลม วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำถึงแม้ว่าทำให้อุณหภูมิผลมะนาวต่ำลงได้เร็วกว่าวิธีเป่าด้วยลม แต่อย่างไรก็ดี ไม่ว่าจะลดอุณหภูมิผลมะนาวด้วยวิธีการใดหลังสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน จำนวนมะนาวเสียหายไม่มีความรุนแรง อาการโดยรวมทั้งหมดของมะนาวหลังจากผ่านการอบไอน้ำ จากผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (color change on lime rind from green color to yellow) การเปลี่ยนรสชาติเปรี้ยวปนขม (Flouer change from sour to bitter) กลิ่นหอมที่ผิวเปลือกลดลง อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

กรมวิชาการเกษตร

การสูญเสียน้ำหนักของมะนาว (%) หลังจากผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ ระดับความร้อนที่อุณหภูมิ 46°ซ เป็นเวลานาน 0:40 ชั่วโมง และเก็บมะนาวในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 12 ± 2 °ซ นาน 7 วันนั้น พบว่าเปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านความร้อนลดลงอย่างชัดเจน และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน เมื่อมะนาวผ่านความร้อนทำให้ขั้วผลหลุดออกง่ายยิ่งขึ้นจึงส่งผลทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักของมะนาวไม่สม่ำเสมอและไม่แน่นอน ในส่วนของมะนาวผ่านความร้อนที่วางในตำแหน่งด้านซ้าย ของการทดลองที่ 2 พบว่ามะนาวที่วางในทุกตำแหน่งของตู้อบไอน้ำ ซ้าย กลาง ขวา การสูญเสียน้ำหนักค่อนข้างมีปริมาณสูงมากกว่าเมื่อเทียบกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน สังเกตเห็นได้ชัดเจน บางตำแหน่งค่าการสูญเสียน้ำหนักอาจจะแตกต่างกันบ้าง ซึ่งคาดว่าอาจจะเกิดจากการวางมะนาวบรรจุในกระบะค่อนข้างหลวมเกินไปทำให้มะนาวจึงมีโอกาสกระจายความร้อนได้เร็วกว่า ตำแหน่งที่วางแน่นมากกว่าจุดอื่น สิ่งที่ตามมาคือทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า รวมไปถึงขนาดผลของมะนาวที่ใช้เติม เช่นผลขนาดเล็ก หรือผลขนาดใหญ่การสะสมความร้อนภายในผลก็มีโอกาสแตกต่างกัน แต่ในส่วนของการทดลองการจำลองขนส่งทางเรือเก็บมะนาวไว้นาน 14 วันนั้น เป็นการอบมะนาวมีแนวทางปฏิบัติเช่นเดียวกันกับมะนาวที่เก็บไว้ส่งออกทางเครื่องบิน ซึ่งพบว่าการสูญเสียน้ำหนักค่อนข้างสูงกว่าการส่งออกทางเครื่องบิน การสูญเสียน้ำหนักเป็นไปในทางเดียวกันทั้ง 2 การทดลอง และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน (Table 13) โดยปกติมะนาวจะมีขั้วผลติดกับผลค่อนข้างแน่นก่อนอบ แต่หลังจากมะนาวผ่านการอบความร้อนและเก็บผลมะนาวไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น ขั้วผลที่ติดมาจะเริ่มแยกห่างออกจากผลซึ่งอาจจะมีหลุดออกบ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะความแก่ ความสด รวมถึงช่วงระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งถ้าเก็บไว้หลายวันก็ส่งผลกระทบการสูญเสียน้ำหนักเช่นกัน

Table 14 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณกรดของมะนาวที่ผ่านความร้อนทุกกรรมวิธี พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน (Control) อบมะนาวพิจิตร1 ซึ่งอยู่ภายใต้สภาพห้องบรรจุผลไม้ที่มีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 132- 144 กก./ลบ.ม. อบมะนาวพิจิตร 1 จำนวน 2 ซ้ำต่อกรรมวิธี เก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12°ซ. นาน 7 วัน และ 14 วัน พบว่ามะนาวที่ผ่านความร้อนทั้งหมดแนวโน้มความเป็นกรดลดลงมากกว่ามะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทุกกรรมวิธี

คุณภาพของการเปลี่ยนสีเปลือกมะนาวพิจิตร1 หลังผ่านความร้อน ซึ่งอยู่ภายใต้สภาพห้องบรรจุผลไม้ที่มีปริมาณมะนาวน้ำหนักประมาณ 132- 144 กก./ลบ.ม. อบมะนาวพิจิตร 1 จำนวน 2 ซ้ำต่อกรรมวิธี เก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12°ซ. นาน 7 วัน และ 14 วัน พบว่ามะนาวพบว่า มะนาวผ่านการอบไอน้ำมีแนวโน้มของการเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่ามะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน จะมองเห็นได้ชัดเจนว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกน้อยที่สุด สีเปลือกยังคงเขียวปกติ ผิวเปลือกยังมีความสด ไม่มีรอยเหี่ยว สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่ามะนาวพันธุ์พิจิตร 1 ที่นำมาทดลองครั้งนี้ผ่านการเก็บรักษาก่อนการอบประมาณ 2 วัน

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Table 15 **การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสี L*** เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสว่างของผลไม้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสีเปลือกมะนาวหลังจากผ่านการอบไอน้ำ พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสี L พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน

Table 16 **การเปลี่ยนแปลงค่า a*** เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสีเขียวของผลไม้ หากค่า a* มีค่าน้อย หมายถึง สีเปลือกของมะนาวเป็นสีเขียวมาก แต่หากค่า a* มีค่ามากขึ้น หมายถึง สีเปลือกของมะนาวมีสีไปทางเฉดสีแดง จากผลการทดลองพบว่า มะนาวมีการเปลี่ยนแปลงของค่า a* ไม่แน่นอน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า a* มะนาวหลังอบไอน้ำจากการเก็บรักษาเพื่อจำลองส่งออกทางเครื่องบิน และทางเรือ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า a* ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ กับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน

Table 17 **การเปลี่ยนแปลงค่า b*** เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสี จากสีน้ำเงินไปเป็นสีเหลือง มีค่าเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนสีของเปลือกผลมะนาวที่ได้รับความร้อนจะเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่ามะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน เมื่ออบไอน้ำ (VHT) มะนาวพิจิตร1 ที่อุณหภูมิ 46, องศาเซลเซียส นาน 40 นาที เก็บรักษาไวในตูควบคุมอุณหภูมิที่ 12 องศาเซลเซียส นาน 7 และ 14 วัน โดยปกติแล้วมะนาวหลังอบไอน้ำที่ความจุเต็มตู้ 100% จะมีปัญหากับการเปลี่ยนแปลงค่า b* ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงสี จากสีน้ำเงินไปเป็นสีเหลือง จะเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด แต่การอบครั้งนี้พบว่าไม่กระทบต่อค่า b* และไม่แตกต่างทางสถิติกับมะนาวพิจิตร1 ที่ไม่ผ่านความร้อน การอบทั้ง 2 ครั้งมีผลไปแนวทิศทางเดียวกัน ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อค่า b* คือระยะเวลา หลังจากเก็บเกี่ยวมะนาวจะต้องนำมาดำเนินการตามขั้นตอนการอบให้เร็วที่สุด สีผลมะนาวตามภาพที่ Figure 23 และ 24 มีความสด ค่า b* ยังปกติเพราะว่าดำเนินการในระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า b* แล้ว ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่กับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน ถึงแม้ว่าความจุของมะนาวเต็มตู้

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

เมื่ออบไอน้ำ (VHT)มะนาวพิจิตร1 ที่อุณหภูมิ 46, องศาเซลเซียส นาน 40 นาที เก็บรักษาไวในตูควบคุมอุณหภูมิที่ 12 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่ามะนาวพันธุ์พิจิตร 1 ปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุกด้านของมะนาวพันธุ์พิจิตร 1 ซึ่งประกอบด้วย การสูญเสียน้ำหนัก และความเป็นกรดลดลง กลิ่นหอมของเปลือกลดลง การเปลี่ยนแปลงของเปลือกเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มพัฒนาเร็วขึ้น นอกจากนั้นยังพบความเสียหายจากอาการเป็นจุดเล็กๆ สีน้ำตาลสีไม่ชัดเจน ปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้มีผลกระทบของมะนาวที่เกิดขึ้นจากความร้อน ได้แก่ ปริมาณความจุในตู้ของมะนาวพิจิตร 1 ระยะการเก็บเกี่ยวมะนาวช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว หรือถ้าเก็บผลแก่เกินไปจะทำให้การพัฒนาของสีเปลือกเร็วขึ้น แต่ถ้าเก็บผลอ่อนไปก็เป็นสภาพมะนาวไม่มีน้ำ

ถึงแม้จะอบมะนาวเต็มตู้ ที่อุณหภูมิและเวลาการอบดังกล่าว เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับมะนาวไม่ผ่านความร้อน การวัดสภาพความเป็นกรดของมะนาวที่ผ่านการอบไอน้ำถึงแม้ความร้อนทำให้มะนาวมีค่าความเป็นกรดลดลงแต่ไม่แตกต่างทางสถิติทุกความจุ ยกเว้นที่ระดับความจุมะนาว

กรมวิชาการเกษตร

100% เท่านั้น เฉพาะมะนาวกระบะตรงกลางชั้นบนสุดอยู่ในตำแหน่งที่ร้อนที่สุดของตู้ ความเป็นกรดลดลงต่ำสุด และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน ในส่วนการเปลี่ยนสีของเปลือกมะนาวพิจิตร1 โดยวัดค่าสีในระบบ L* a* b* พบว่าวัดค่าสีโดยรวมไม่มีแตกต่างกันทางสถิติกับมะนาวที่ผ่านความร้อนถึงแม้จะบรรจุมะนาวเต็มตู้ สิ่งสำคัญที่ควรทำ การเก็บเกี่ยวมะนาวต้องระมัดระวังห้ามตกหล่นหรือกระแทก จะทำให้ต่อมน้ำมันช้ำและเกิดความเสียหายเมื่อผ่านความร้อน และทำให้เกิดผลกระทบต่อการพัฒนาของสีผิวเปลือก หลังจากเก็บเกี่ยวผลมะนาวเสร็จแล้วจะต้องเร่งดำเนินการอบไอน้ำให้แล้วเสร็จเร็วที่สุด เพื่อช่วยลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากความร้อน

มะนาวที่ต้องผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชก่อนการส่งออกเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขด้านกักกันพืช วิธีการกำจัดศัตรูพืช ด้านกักกันพืชนั้น จะต้องมีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีผลกระทบต่อ คุณภาพของมะนาวความเสียหายของผลไม้จากวิธีการกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวนั้น แสดงออกโดยสูญเสียคุณสมบัติด้านการตลาดหลายรูปแบบ ได้แก่ สีผล อายุการเก็บรักษา รูปลักษณ์ ภายนอก การสุก รสชาด กลิ่น และความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคพืชหลังการ เก็บเกี่ยว คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นลดลงหรือผิดไปจากปกติจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

การทดลอง เปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระยะไข่อยู่ในผลมะนาวระหว่างมะนาวพันธุ์แป้นและพันธุ์พิจิตร1 เพื่อยืนยันระยะไข่ในผลมะนาวชนิดพันธุ์ที่ทนทานต่อความร้อนได้มากกว่า ระหว่างมะนาวพันธุ์แป้นและ พันธุ์พิจิตร1 จึงทำการอบมะนาวกำจัดแมลงระยะไข่ 24 ชั่วโมงพร้อมกัน ในเครื่องตู้อบความร้อนเดียวกัน ซึ่งทำให้ระยะไข่อยู่ในผลมะนาวระหว่างมะนาวพันธุ์แป้นและ พันธุ์พิจิตร1 อยู่ภายใต้สภาพความร้อน และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมือนกัน ผลการตรวจนับแมลงในมะนาวที่ผ่านความร้อน พบว่าแมลงวันผลไม้ระยะไข่ที่อยู่ภายในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 มีอัตราการตายมากกว่า ในผลมะนาวพันธุ์แป้น จากการทดลองอบมะนาวเปรียบเทียบระหว่างแมลงวันทองระยะไข่ 24 ชั่วโมงในมะนาวทั้ง 2 พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 46 °ซ. ใช้เวลานาน 40 นาที พบว่า สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ระยะไข่ 24 ชั่วโมงในมะนาวทั้ง 2 พันธุ์ตายทั้งหมด การนำมะนาว 2 พันธุ์ มาใช้ทดลองเปรียบเทียบกันนั้น สิ่งจำเป็นจะต้องดำเนินการได้แก่ มะนาวทั้ง 2 พันธุ์ต้องมีขนาดน้ำหนัก ความสุกแก่ต้องใกล้เคียงกันมากที่สุด อายุเก็บเกี่ยวต้องเป็นวันเดียวกัน การปฏิบัติทุกอย่างจะต้องทำให้เหมือนกัน บรรจุในถาดเดียวกัน วิธีการผลวางมะนาวบนถาดตำแหน่งเดียวกัน แต่เนื่องจากมะนาวทั้ง 2 พันธุ์มีลักษณะที่แตกต่างกันคือ มะนาวแป้นมีลักษณะรูปร่างผลส่วนใหญ่ค่อนข้างแป้น เปลือกบาง น้ำเยอะ ถ้ายังมีน้ำมะนาวขังอยู่ภายในผลมากอาจจะทำให้น้ำท่วมไข่เน่าก่อนฟักเป็นตัวหนอน และจากนั้นหนอนอาจจมน้ำตายได้ ต้องตรวจสอบบ่อยๆ ในขณะที่มะนาวพันธุ์พิจิตร 1 มีลักษณะรูปร่างผลส่วนใหญ่ค่อนกลม เปลือกหนา น้ำน้อย ไม่มีปัญหาในเรื่องน้ำท่วมแมลงที่อยู่ภายในผลจะสังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์การตายของมะนาวพันธุ์พิจิตร 1 น้อยกว่ามะนาวแป้น ดังนั้นควรระมัดระวังเรื่องนี้เป็นพิเศษ

แมลงวันทอง oriental fruit fly, *B. dorsalis* ระยะไข่อายุ 24 ชั่วโมง ในผลมะนาว *(C. aurantifolia* Swing.) พันธุ์พิจิตร1 ตายทั้งหมดเมื่อผ่านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ 93 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิกึ่งกลางผลมะนาวอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 46°ซ. และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46° ซ. เป็นเวลานาน 40

กรมวิชาการเกษตร

นาที จะลดอุณหภูมิทันทีหลังจากสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน แบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ 1. เป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง 2. พ่นด้วยน้ำ 10 นาที ผลการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวข้างต้นพบว่าสามารถกำจัดแมลงวันทองระยะไข่จำนวนประมาณ 162,454 ฟอง ในผลมะนาวตายทั้งหมด โดยคุณภาพผลมะนาวเปลี่ยนแปลงไปจากปกติเล็กน้อยในด้านกลิ่นน้ำมันหอมมีแนวโน้มลดลง ภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบิน แต่ภายใต้สภาพจำลองการส่งออกทางเรือคุณภาพผลมะนาวเปลี่ยนแปลงไปจากปกติมากกว่าผลมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนในด้านรสชาติมีความขมปนบ้างเล็กน้อยในบางผลจนไม่สามารถแยกออกได้ชัดเจน สีผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนกลิ่นน้ำมันหอมมีแนวโน้มลดลงมากกว่ามะนาวไม่ผ่านความร้อนชัดเจน สภาพโดยรวมทั้งหมดผู้บริโภคยอมรับได้

จากการศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีอบไอน้ำ VHT เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะไข่ ในผลมะนาว อบมะนาวทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 46 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 40 นาที โดยตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตหลังอบมะนาว 6 วัน พบว่าที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ไม่พบแมลงรอดชีวิต ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดระยะไข่ แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนมากกว่า 162,454 ฟอง/ตัว ในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร 1ให้ตายทั้งหมด ซึ่งได้ตามมาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช จากผลงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะเสนอให้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะนาวพันธุ์พิจิตร1 ก่อนส่งออกและเสนอรายงานวิจัยต่อประเทศผู้นำเข้าที่ยอมรับวิธีการอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ 2549. ระยะไข่และหนอนในผลเงาะต่อการกำจัดแมลงด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์รายงานผลงานวิจัยฉบับเต็ม. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

สลักจิต พานคำ, มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และชัยณรัตน์ สนศิริ. 2551 *ความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ระยะไข่และหนอนในผลเงาะต่อวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์* ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สลักจิต พานคำ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และชัยณรัตน์ สนศิริ. 2551 *ศึกษาวิธีการเตรียมเงาะทดลองในมีไข่และหนอนของแมลงวันผลไม้ Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae)* อยู่ภายในผลผลงานวิจัยฉบับเต็ม สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สลักจิต พานคำ และ จารุวรรณ จันทรา. 2551 *ความเสียหายของเงาะจากวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน ผลงานวิจัยฉบับเต็ม* สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สลักจิต พานคำ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และชัยณรัตน์ สนศิริ. 2556 อิทธิพลของระยะเวลาให้ความร้อนต่อคุณภาพผลมะนาวผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำในรายงานความก้าวหน้า โครงการวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ 2558. ศึกษาความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ ระยะไข่และหนอนในผลมะนาวต่อการกำจัดแมลงด้วยความร้อนวิธีอบไอน้ำ รายงานผลงานวิจัยฉบับเต็ม. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

สลักจิต พานคำ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และชัยณรัตน์ สนศิริ. 2560 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมะนาวซึ่งผ่านการอบไอน้ำ(การลดอุณหภูมิผลมะนาวโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ) ในรายงานความก้าวหน้า โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันในผลมะนาวเพื่อการส่งออก. สำนักงานวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรุงเทพฯ.

อุดร อุณหวุฒิ, มานะ พุ่มทอง, รัชฎา อินทรกำแหง, วลัยกร วรวิศิษฏ์ธำรง, นวลนิสา ตั้งสัจจะกุล, จำลอง เจตนะจิตร, ประเทือง ศรีสุข และ บุญชอบ ภัทรรุจิ. 2530. *ความสำเร็จของกรมวิชาการเกษตรในการส่งมะม่วงไปประเทศญี่ปุ่น*. ฝ่ายวิชาการกักกันพืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 106 หน้า.

อุดร อุณหวุฒิ, มานะ พุ่มทอง, ประเทือง ศรีสุข และ บุญชอบ ภัทรรุจิ. 2531. *การส่งมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันอบไอน้ำไปประเทศญี่ปุ่นเป็นครั้งแรก*. ฝ่ายวิชาการกักกันพืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.กรุงเทพฯ. 113 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร

อุดร อุณหวุฒิ, มานะ พุ่มทอง, รัชฎา อินทรกำแหง, วลัยกร วรวิศิษฏ์ธำรงและประเทือง ศรีสุข. 2536. *การศึกษาความต้านทานต่อความร้อนของหนอนแมลงวันผลไม้วัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรดและพิมเสนแดง.* วารสาร วิชาการเกษตร. 11: 133-147.

อุดร อุณหวุฒิ, วลัยกร วรวิศิษฏ์ธำรง, รัชฎา อินทรกำแหง, มานะ พุ่มทองและประเทือง ศรีสุข. 2536. *คุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง หลังจากผ่านกระบวนการอบไอน้ำ.* วารสาร วิชาการเกษตร. 11: 31-44.

อุดร อุณหวุฒิ วลัยกร รัตนเดชากุลและพิทวัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2537. *ผลกระทบของกรรมวิธีกำจัดแมลงในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวด้วยความร้อนต่อคุณภาพของผลมังคุด.* รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2537. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

อุดร อุณหวุฒิ และสลักจิต พานคำ. 2544. ประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาว, น. E1-11. ในรายงานความก้าวหน้า โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันในผลมะนาวเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

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

Armstrong, J.W., J.D. Hansen, B.K.S. Hu and S.A. Brown. 1989. High-temperature, forced-air quarantine treatment for papayas infested with Tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 82: 1667-1674.

Corcoran, R.J., N.W. Heather and T.A. Heard. 1993. Vapor heat treatment for zucchini infested with *Bactrocera cucumis* (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomolgy. 86: 66-69.

Furusawa, K., T. Sugimoto and T. Gaja. 1984. *The effectiveness of vapor heat treatment against the melon fly, Dacus cucurbitae Coquillett, in eggplant and fruit tolerance to the treatment*. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 20: 17-24.

Furusawa, K., T. Sugimoto and T. Gaja. 1984. The effectiveness of vapor heat treatment against the melon fly, *Dacus cucurbitae* (Coquillett) in eggplant and fruit tolerance to the treatment. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 20: 17-24.

Hallman, G.L. 1990. Vapor-heat treatment of carambolas infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 83: 2340-2342.

กรมวิชาการเกษตร

Heather, N.W., R.J. Corcoran and R.A. Kopittke. 1997. Hot air disinfestation of Australian 'Kensington' mangoes against two fruit flies (Diptera: Tephritidae). Postharvest Biology and Technology. 10: 99-105.

Iwata, M., K. Sunagawa, K. Kume and A. Ishikawa. 1990. *Efficacy of vapor heat treatment on netted melon infested with melon fly, Dacus cucurbitae Coquillett (Diptera: Tephritidae).* Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 26: 45-49.

Jang, E.B. 1986. Kinetics of thermal death in eggs and first instars of three species of fruit flies (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomolgy. 79 (3): 700-705.

Jones, W. 1939.*The influence of relative humidity on the respiration of papaya at high temperatures.Proceeding of the American Society for Horticultural Science*. 37: 700-705.

MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). 2010. *Summary of proposed Revisions to the Enforcement Ordinance of the Plant Protection Law and Concerned PublicNoticeRetrieved*. (Online). Available. http://www.members.wto.org/crnattachments/2010/sps/JPN/10_ 4194_00_e.pdf (February 1,2012.)

Mangan, R.L. and S.J. Ingle. 1992. Forced hot-air quarantine treatment for mangoes infested with West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 85: 1859-1864.

Mangan, R.L. and S.J. Ingle. 1994. Forced hot-air quarantine treatment for grapefruit infested with Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 87: 1574-1579.

Mangan, R.L., K.C. Shellie, S.J. Ingle and M.J. Firko. 1998. High temperature forced-air treatments with fixed time and temperature for 'Dancy' tangerines, 'Valencia' oranges, and 'Rio Star' grapefruit. Journal of Economic Entomology. 91: 933-939.

Merino, S.R., M.M. Eugenio, A.U. Ramos and S.T. Hernandez. 1985. Fruit fly disinfestation of mangoes (*Mangifera indica* L. var. 'Manila Super') by vapor heat treatment. Ministry of Agriculture and Food, Bureau of Plant Industry. Manila, Philippines. 76 p.

Miller, W.R. and R.E. McDonald. 1991. Quality of store 'Marsh' and 'Ruby Red' grapefruit after high-temperature, forced-air treatment, HortScience. 26: 1188-1991.

Miller, W.R., R.E. McDonald, G. Hallman and J.L. Sharp. 1991. Condition of Florida grapefruit after exposure to vapor heat quarantine treatment. HortScience. 26: 42-44.

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Miyazaki, I. 2010. *How to prepare the technical report on vapor heat disinfestations test. In: Report of the thermal treatment for the disinfestations of fruit flies. Naha Plant Protection Station, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency.* Japan. 30 pp.

Sharp, J.L.1992. Hot-air quarantine treatment for mango infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 85: 2302-2304.

Sharp, J.L. and G.J. Hallman. 1992. Hot-air quarantine treatment for carambolas infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 85: 168-171.

Sharp, J.L. and R.G. McGuire. 1996. Control of Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in navel orange by forced hot air. Journal of Economic Entomology. 89: 1181-1185.

Sugimoto, T. and K. Tanabe. 1989. Efficacy of vapor heat treatment for papaya fruit infested with melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 25: 23-30.

Sugimoto, T., K. Furusawa and M. Mizobuchi. 1983. Effectiveness of vapor heat treatment against the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel, in green pepper and fruit tolerance to the treatment. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 19: 81-88.

Sunagawa, K., K. Kume and R. Iwaizumi. 1987. *The effectiveness of vapor heat treatment against the melon fly, Dacus cucurbitae Coquillett, in mango and fruit tolerance to the treatment. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan*. 23:13-20.

Sunagawa, K., K. Kume, A. Ishikawa, T. Sugimoto and K. Tanabe. 1988. *Efficacy of vapor heat treatment for bitter momordica fruit infested with melon fly, Dacus cucurbitae (Coquillett) (Diptera :Tephritidae).* Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 24:1-5.

Unahawutti, U., C. Chettanachitara, M. Poomthong, P. Konson, E. Smitasiri, C. Lapasathukool, W. Worawisitthumrong and R. Intarakumheng. 1986. *Vapor heat treatment for 'Nang Klangwun' mango, Mangifera indica Linn., infested with eggs and larvae of the oriental fruit fly, Dacus dorsalis Hendel and the melon fly, Dacuscucurbitae Coquillett (Diptera: Tephritidae). Technical Plant Quarantine Sub-Division. Agricultural Regulatory Division.* Department of Agriculture. Bangkok. 108 pp.

Unahawutti, U., M. Poomthong, R. Intarakumheng, W. Worawisitthumrong, C. Lapasathukool, E. Smitasiri, P. Srisook and C. Ratanawaraha. 1991. *Vapor heat as plant quarantine treatment of 'Nang klangwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes, Infested with fruit flies (Diptera: Tephritidae).* A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture,

Forestry and Fisheries for approved of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. Tech. Plant Quarant. Sub Div., Agr. Regulat. Div., Dept. of Agr., Bangkok. 342 p.

Unahawutti, U., S. Phankum, P. Ongthonglang and C. Chettanachitara. 1999. Heated-air quarantine treatment for mangosteen infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephitidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangosteen to be exported to Japan. Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok. 630 p.

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, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai pummelo to be exported to Japan. Technical

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

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

Table 1 Time for center of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) at 46°C for 0:40 hours at various capacities loading

Capacity loading (%)	Rep.	Loading (kg./cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time for fruit center to reach 46°C + 0:40 hrs. [1/]
			1	2	3	
25	1	36	42.26	42.57	42.65	2:20
	2	36	42.60	42.66	42.67	2:20
50	1	72	62.14	62.15	62.25	2:32
	2	72	43.03	43.20	43.21	2:23
75	1	108	62.11	62.13	62.40	3:10
	2	108	62.35	62.72	62.74	2:56
100	1	144	42.40	42.44	42.66	2.51
	2	144	42.52	42.57	42.60	2.54

[1/] Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table 2 Weight loss (%) of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93%RH maintain at temperature 46°C for 40 minute temperature for various loading capacity and 7 days storage at 12°C

Capacity loading (%)	Treatment	$\bar{x}$ After Treatment	T-test[1/]
25	Control	3.28	
	left	3.77	ns
	middle	3.88	ns
	right	4.03	ns
50	Control	2.37	
	left	2.58	ns
	middle	2.65	**
	right	2.40	ns
75	Control	2.38	
	left	3.13	**
	middle	3.27	**
	right	3.25	**

กรมวิชาการเกษตร

100	Control	1.72	
	left	1.76	ns
	middle	1.73	ns
	right	1.78	ns

[1/]Each treatment compare with control

* $p < 0.05$ = significant, ns= nonsignificant

Table 3 Acidity (%) of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93 % RH maintain at temperature 46°C for 40 minute temperature for various loading capacity and 7 days storage at 12 °C

Capacity loading (%)	Treatment	Mean After Treatment	T-test[1/]
25	Control	2.14	
	left	2.30	ns
	middle	2.08	ns
	right	2.04	ns
50	Control	2.44	
	left	2.26	ns
	middle	2.22	ns
	right	2.30	ns
75	Control	1.65	
	left	1.55	ns
	middle	1.86	ns
	right	1.54	ns
100	Control	2.22	
	left	1.66	ns
	middle	1.08	**
	right	1.52	ns

[1/] Each treatment compare with control

* $p < 0.05$ = significant, ns= nonsignificant

กรมวิชาการเกษตร

Table 4 Color rating (L*a*b*) of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93% RH maintain at temperature 46°C for 40 minute temperature for various loading capacity and 7 days storage at 12 °C

Capacity loading (%)	Treatment Color rating	Mean After Treatment			T-test		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
25	Control	61.01	2.41	48.82			
	left	57.05	1.81	45.39	ns	ns	**
	middle	60.25	2.52	48.20	ns	ns	ns
	right	58.55	1.84	46.40	ns	ns	**
50	Control	48.28	-5.60	34.72			
	left	50.10	-4.11	38.31	ns	ns	ns
	middle	51.31	-4.19	39.26	ns	ns	ns
	right	52.60	-3.76	40.56	**	ns	ns
75	Control	55.37	-2.05	43.01			
	left	59.63	2.25	44.95	ns	**	ns
	middle	56.23	3.65	42.25	ns	**	ns
	right	61.24	3.10	47.53	**	ns	**
100	Control	53.56	-1.77	39.37			
	left	54.97	-0.91	42.27	ns	ns	ns
	middle	56.81	-.01	41.70	ns	ns	ns
	right	54.36	-.24	40.71	ns	ns	ns

[1/] Each treatment compare with control

กรมวิชาการเกษตร

* p < 0.05 = significant, ns= nonsignificant

Table 5 Time for center of lime fruit to attain 45°C and 46°C for various holding times during vapor heat treatment.

Method/ variety	Rep.	Sensor fruit weight (g)			Temp.45°C. /time (h)[1]	Temperature46°C/time (h)[1]				
					0:00	0:00	0:10	0:20	0:30	0:40
VHT/Pean	1	42.6	42.6	42.67	1:27	1:39	1:49	1:59	2:09	2:19
VHT/Phichit1		42.48	42.50	42.77						
VHT/Pean	2	42.50	42.57	42.59	1:27	1:47	1:57	2:07	2:17	2:27
VHT/Phichit1		42.54	42.59	42.65						
VHT/Pean	3	42.50	42.50	42.51	1:30	1:47	1:57	2:07	2:17	2:27
VHT/Phichit1		42.56	42.64	42.65						
VHT/Pean	4	42.52	42.52	42.52	1:29	1:57	2:07	2:17	2:27	2:37
VHT/Phichit1		42.45	42.46	42.65						
VHT/Pean	5	42.50	42.53	42.55	1:29	1:55	2:05	2:15	2:25	2:35
VHT/Phichit1		42.49	42.59	42.61						
VHT/Pean	6	42.54	42.56	42.56	1:27	1:50	2:0	2:10	2:20	2:30

กรมวิชาการเกษตร

VHT/Phichit1	42.52	42.53	42.53

[1] Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 6 Time for center of lime fruit to attain 45°C and 46°C during vapor heat treatment.

Method/ variety	Rep.	Loading (kg/cum.)	Time for center to reach 45°C (h)[1]	Time for center to reach 46°C (h)[1]	Time from 45 to 46°C (h)[1]
VHT/Pean	1				
VHT/Phichit1		9.6	1:27	1:39	0:12
VHT/Pean	2				
VHT/Phichit1		9.5	1:27	1:47	0:20
VHT/Pean	3				
VHT/Phichit1		9.8	1:30	1:47	0:17
VHT/Pean	4				
VHT/Phichit1		9.6	1:29	1:57	0:28
VHT/Pean	5				
VHT/Phichit1		9:8	1:29	1:55	0:26
VHT/Pean	6				
VHT/Phichit1		9:8	1:27	1:50	0:23

[1] Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

กรมวิชาการเกษตร

Table 7. Mortality[1] of OFF eggs in lime fruits (Pean & Phichit1) treated to Vapor Heat Treatment

Method/ variety	Treatment[2]	Number treated	Number dead	mortality (%)[3]	Corrected mortality (%)[3]
VHT/Pean	Control	9000	6,994	69.91	0
	45.0 °C +0 h	3600	3,260	71.25	4.45
	46.0 °C +0 h	3600	3,502	74.97	16.82
	46.0 °C +0:10 h	3600	3,560	83.81	46.18
	46.0 °C +0:20 h	3600	3,590	96.08	86.98
	46.0 °C +0:30 h	3600	3,600	98.83	96.12
	46.0 °C +0:40 h	3600	3,600	100	100
VHT/Phichit1	Control	9000	5,357	53.11	0
	45.0 °C +0 h	3600	3,357	56.61	7.46
	46.0 °C +0 h	3600	3,545	64.72	24.76
	46.0 °C +0:10 h	3600	3,585	76.19	49.23
	46.0 °C +0:20 h	3600	3,596	95.50	90.40
	46.0 °C +0:30 h	3600	3,600	99.56	99.05
	46.0 °C +0:40 h	3600	3,600	100	100

[1] Combined data of 6 Replication

[2] ผ่านความร้อนThere are 20 treated fruits and 50 control fruits infested with 30 eggs/fruit In each replication.

[3] Mortality is Corrected by using Abbott's formula (Abbott,1925)

ศรีวิชาการเกษตร

Table 8. Times for center of lime to attain 46 ° C for 40 min

Load factor	Operation /VHT	Rep	Sensor fruit weight(g)			Time[1](h)
Low load (65 kg/cum.)	STEPPED	1	42.57	42.57	42.62	2.08
	Air cooling	2	42.44	42.50	42.54	2.09
		3	42.57	42.57	42.57	2.08
		4	42.52	42.52	42.52	2.08
		5	42.52	42.52	42.52	2.10
		6	42.50	42.51	42.52	2.12
		7	42.62	42.63	42.66	2.08
		8	42.55	42.57	42.63	2.07
		9	42.52	42.52	42.64	2.09
		10	42.67	42.68	42.69	2.09
Full load (132 kg/cum)	STEPPED	1	42.73	42.75	42.76	2.09
	Air cooling	2	42.51	42.62	42.62	2.08
		3	42.71	42.72	42.76	2.09
		4	42.90	42.90	42.90	2.10
		5	42.61	42.58	42.56	2.10
		6	42.54	42.57	42.62	2.10
		7	42.60	42.63	42.63	2.10
		8	42.54	42.54	42.54	2.11
		9	42.55	42.59	42.59	2.09
		10	42.57	42.58	42.60	2.08
Full load (132 kg/cum)	STEPPED	1	42.52	42.58	42.61	2.06
	Hydro cooling	2	42.57	42.58	42.59	2.06
		3	42.54	42.54	42.55	2.06
		4	42.52	42.58	42.61	2.06
		5	42.55	42.70	42.72	2.10
		6	42.55	42.59	42.61	2.08
		7	42.63	42.63	42.63	2.08

กรมวิชาการเกษตร

8	42.50	42.58	42.58	2.07
9	42.62	42.63	42.63	2.08
10	42.52	42.53	42.60	2.07

[1] Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

กรมวิชาการเกษตร

Table 1. Times for center of lime to attain 46 ° C for 40 min

Table 9. Survival of eggs of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis,* in lime treated with proposed quarantine treatment

Load Factor	Operation Mode	Rep	Infestation Method	No. test fruit		No. alive ndividual in control	Estimated treated population	No. survivors
				Control	Treatment			
Low load (63 kg/cum)	STEPPED VHT Air cooling	1	Egg inoculation	50	150	929	2787	0
			Forced infestation	10	30	552	1656	0
		2	Egg inoculation	50	150	819	2457	0
			Forced infestation	10	30	629	1887	0
		3	Egg inoculation	50	150	801	2403	0
			Forced infestation	10	30	820	2460	0
		4	Egg inoculation	50	150	771	2313	0
			Forced infestation	10	30	531	1593	0
		5	Egg inoculation	50	150	828	2484	0
			Forced infestation	10	30	590	1770	0
		6	Egg inoculation	50	150	780	2340	0
			Forced infestation	10	30	391	1173	0
		7	Egg inoculation	50	150	801	2403	0
			Forced infestation	10	30	512	1536	0
		8	Egg inoculation	50	150	585	1755	0
			Forced infestation	10	30	320	960	0
		9	Egg inoculation	50	150	605	1815	0
			Forced infestation	10	30	337	1011	0
		10	Egg inoculation	50	150	689	2067	0
			Forced infestation	10	30	368	1104	0
			Sub-total	**600**	**1800**	12658	37974	0

กรมวิชาการเกษตร

Table 10. Survival of eggs of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis,* in lime treated with proposed quarantine treatment

Load Factor	Operation Mode	Rep	Infestation Method	No. test fruit		No. alive ndividual in control	Estimated treated population	No. survivors
				Control	Treatment			
Full load (126 kg/cum)	STEPPED VHT Air cooling	1	Egg inoculation	50	330	601	3967	0
			Forced infestation	10	30	376	1128	0
		2	Egg inoculation	50	330	526	3472	0
			Forced infestation	10	30	657	1971	0
		3	Egg inoculation	50	330	467	3082	0
			Forced infestation	10	30	861	1292	0
		4	Egg inoculation	50	330	729	4811	0
			Forced infestation	10	30	744	2232	0
		5	Egg inoculation	50	330	469	3095	0
			Forced infestation	10	30	740	2220	0
		6	Egg inoculation	50	330	491	3241	0
			Forced infestation	10	30	622	1866	0
		7	Egg inoculation	50	330	794	5240	0
			Forced infestation	10	30	792	2376	0
		8	Egg inoculation	50	330	546	3604	0
			Forced infestation	10	30	683	2049	0
		9	Egg inoculation	50	330	632	4171	0
			Forced infestation	10	30	482	1440	0
		10	Egg inoculation	50	330	630	4158	0
			Forced infestation	10	30	503	1509	0
			Sub-total	600	3,600	12,345	58,655	0

กรมวิชาการเกษตร

Table 11. Survival of eggs of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis,* in lime treated with proposed quarantine treatment

Load Factor	Operation Mode	Rep	Infestation Method	No. test fruit		No. alive ndividual in control	Estimated treated population	No. survivors
				Control	Treatment			
Full load	STEPPED	1	Egg inoculation	50	330	619	4085	0
(126 kg/cum)	VHT		Forced infestation	10	30	800	2400	0
Hydro cooling		2	Egg inoculation	50	330	775	5115	0
			Forced infestation	10	30	606	1818	0
		3	Egg inoculation	50	330	838	5531	0
			Forced infestation	10	30	712	2136	0
		4	Egg inoculation	50	330	687	4547	0
			Forced infestation	10	30	358	1076	0
		5	Egg inoculation	50	330	687	4534	0
			Forced infestation	10	30	517	1551	0
		6	Egg inoculation	50	330	881	5815	0
			Forced infestation	10	30	369	1107	0
		7	Egg inoculation	50	330	823	5432	0
			Forced infestation	10	30	239	717	0
		8	Egg inoculation	50	330	866	5716	0
			Forced infestation	10	30	238	714	0
		9	Egg inoculation	50	330	884	5834	0
			Forced infestation	10	30	597	1791	0
		10	Egg inoculation	50	330	764	5042	0
			Forced infestation	10	30	288	864	0

กรมวิชาการเกษตร

	Sub-total	600	3,600	12,548	65,825	0
	total	1,800	9,000	37,551	162,454	

กรมวิชาการเกษตร

Table 12. Time for center of Lime to attain 46 ° C during modified vapor heat treatment.

Method of transportation	Rep	Loading (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center to reach 46 ° C (h)[1]
Air shipment	1	140	42.04	2.12
			42.05	
			42.08	
	2	140	42.03	2.12
			42.06	
			42.18	
Sea shipment	1	140	45.57	2.14
			45.63	
			45.77	
	2	140	45.78	2.14
			45.78	
			45.85	

[1] Time for 3 sensor fruits to attain target temperatures.

กรมวิชาการเกษตร

Table 13. Weight loss (%) of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93% RH maintain at temperature 46°C for 40 minute for 7 days and 14 days storage at 12 °C

Replication	loading	Treatment	Average	T-test	T
Rep.1/7days	100%	Control	1.44		
		left	1.94	Control+ left	5.38**
		middle	1.70	Control+	2.58^{ns}
		right	1.62	Control+ right	2.03^{ns}
Rep.2/7days	100%	Control	1.13		
		left	2.04	Control+ left	9.77**
		middle	1.85	Control+	8.22**
		right	1.52	Control+ right	3.67**
Rep.1/14days	100%	Control	1.42		
		left	2.13	Control+ left	6.10**
		middle	2.17	Control+	6.60**
		right	2.10	Control+ right	5.33**
Rep.2/14days	100%	Control	1.42		
		left	2.38	Control+ left	7.77**
		middle	2.37	Control+	6.73**
		right	2.40	Control+ right	7.18**

** $p \leq 0.01$ = significant, ns= nonsignificant

กรมวิชาการเกษตร

Table 14 Acidity of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93% RH maintain at temperature 46°C for 40 minute for 7 days and 14 days storage at 12 °C

Replication	loading	Treatment	Average	T-test	T
Rep.1/7days	100%	Control	1.94		
		left	1.72	Control+ left	1.58^{ns}
		middle	1.85	Control+ middle	0.99^{ns}
		right	1.92	Control+ right	0.27^{ns}
Rep.2/7days	100%	Control	0.96		
		left	0.90	Control+ left	0.40^{ns}
		middle	0.63	Control+ middle	2.02^{ns}
		right	0.56	Control+ right	3.11**
Rep.1/14days	100%	Control	2.91		
		left	2.39	Control+ left	2.70^{ns}
		middle	2.31	Control+ middle	3.48^{ns}
		right	3.26	Control+ right	1.82^{ns}
Rep.2/14days	100%	Control	2.91		
		left	4.56	Control+ left	1.69^{ns}
		middle	2.69	Control+ middle	1.0^{ns}
		right	2.80	Control+ right	0.56^{ns}

** $p \leq 0.01$ = significant, ns= nonsignificant

กรมวิชาการเกษตร

Table 15 Color rating L (L*a*b*) of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93% RH maintain at temperature 46°C for 40 minute for 7 days and 14 days storage at 12 °C

Replication	loading	Treatment	Average	T-test	T
Rep.1/7days	100%	Control	35.65		
		left	37.25	Control+ left	2.23^{ns}
		middle	36.54	Control+ middle	1.33^{ns}
		right	36.85	Control+ right	2.34^{ns}
Rep.2/7days	100%	Control	39.75		
		left	41.25	Control+ left	1.65^{ns}
		middle	42.52	Control+ middle	2.73**
		right	37.42	Control+ right	2.52^{ns}
Rep.1/14days	100%	Control	53.69		
		left	51.15	Control+ left	2.24^{ns}
		middle	53.66	Control+ middle	0.02^{ns}
		right	54.56	Control+ right	0.84^{ns}
Rep.2/14days	100%	Control	53.69		
		left	52.43	Control+ left	1.24^{ns}
		middle	52.14	Control+ middle	1.47^{ns}
		right	56.66	Control+ right	2.88**

** $p \leq 0.01$ = significant, ns= nonsignificant

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 16 Color rating a (L*a*b*) of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93% RH maintain at temperature 46°C for 40 minute for 7 days and 14 days storage at 12 °C

Replication	loading	Treatment	Average	T-test	T
Rep.1/7days	100%	Control	6.14		
		left	5.87	Control+ left	1.92^{ns}
		middle	5.89	Control+ middle	2.21^{ns}
		right	5.80	Control+ right	2.71^{ns}
Rep.2/7days	100%	Control	5.40		
		left	5.34	Control+ left	0.32^{ns}
		middle	5.35	Control+ middle	0.29^{ns}
		right	5.19	Control+ right	1.54^{ns}
Rep.1/14days	100%	Control	1.22		
		left	2.00	Control+ left	1.58^{ns}
		middle	0.25	Control+ middle	1.91^{ns}
		right	0.13	Control+ right	1.92^{ns}
Rep.2/14days	100%	Control	1.22		
		left	1.36	Control+ left	0.30^{ns}
		middle	1.09	Control+ middle	0.22^{ns}
		right	1.91	Control+ right	5.23**

** $p \leq 0.01$ = significant, ns= nonsignificant

กรมวิชาการเกษตร

Table 17 Color rating b (L*a*b*) of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93% RH maintain at temperature 46°C for 40 minute for 7 days and 14 days storage at 12 °C

Replication	loading	Treatment	Average	T-test	T
Rep.1/7days	100%	Control	21.19		
		left	22.80	Control+ left	1.43^{ns}
		middle	22.55	Control+ middle	1.45^{ns}
		right	22.20	Control+ right	1.01^{ns}
Rep.2/7days	100%	Control	27.99		
		left	31.88	Control+ left	2.72^{**}
		middle	29.76	Control+ middle	1.18^{ns}
		right	27.72	Control+ right	0.18^{ns}
Rep.1/14days	100%	Control	46.08		
		left	42.29	Control+ left	2.73^{**}
		middle	45.61	Control+ middle	2.35^{ns}
		right	45.83	Control+ right	0.19^{ns}
Rep.2/14days	100%	Control	46.08		
		left	44.38	Control+ left	1.35^{ns}
		middle	44.86	Control+ middle	0.87^{ns}
		right	50.15	Control+ right	3.11^{**}

*p ≥ 0.01 = significant, ** p ≤ 0.01 = significant, ns= nonsignificant

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Figure1 Fruit fly mass rearing room

Figure 2 General technique and procedure in disinfestation test: Preparation of fruit for artificial infestation

กรมวิชาการเกษตร

Figure 3 General technique and procedure in disinfestation test: Artificial infestation of test fruit with OFF eggs

Figure 4 General technique for performing vapor heat treatment: Monitoring of fruit center temperature.

Figure 5 Cover the wound was secured before Lime were subjected to treatment and Separate varieties of lime

Figure 6 Cooling unit: 'Sanshu' Shower Cooling System (Differential Pressure Type), Model: SHS-12

Figure 7 Storage of control and treated fruits after treatment

Figure 8 Check results Lime testing to determine the mortality rate of egg stage insects. In the lime fruit Between Pean and Phichit 1 Varieties

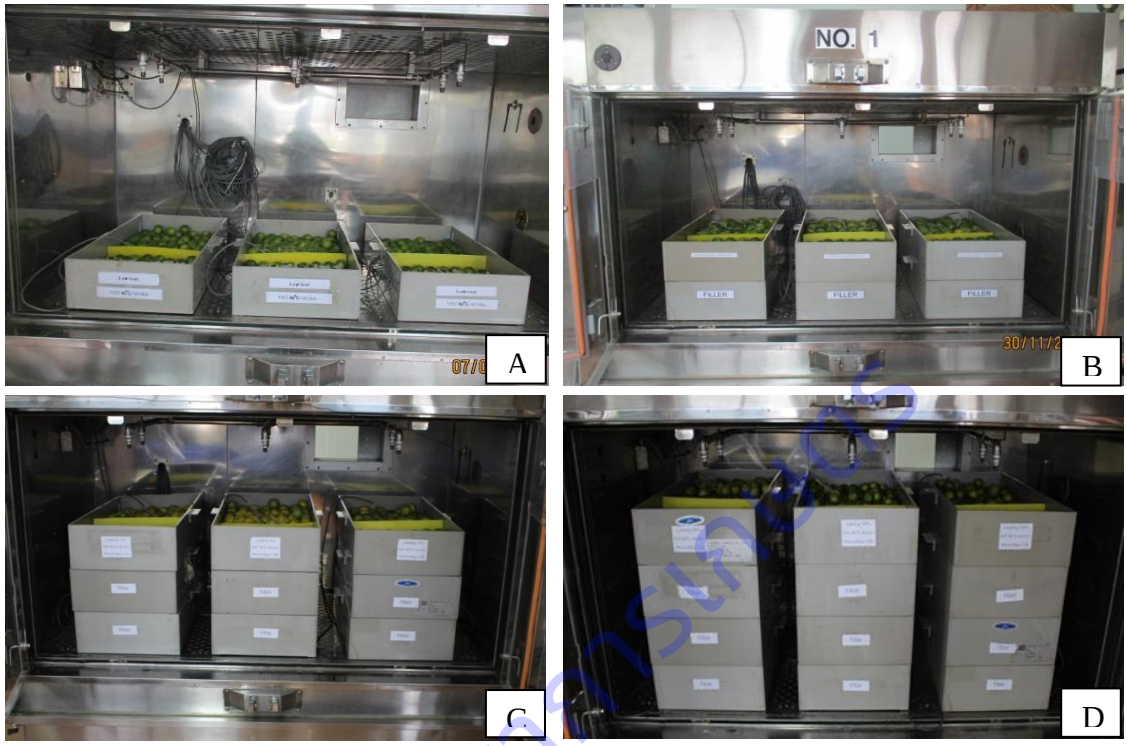


Figure 9 Capacity on 25% (A) 50% (B) 75% (C) and (D) at temperature 46°C for 40 minute

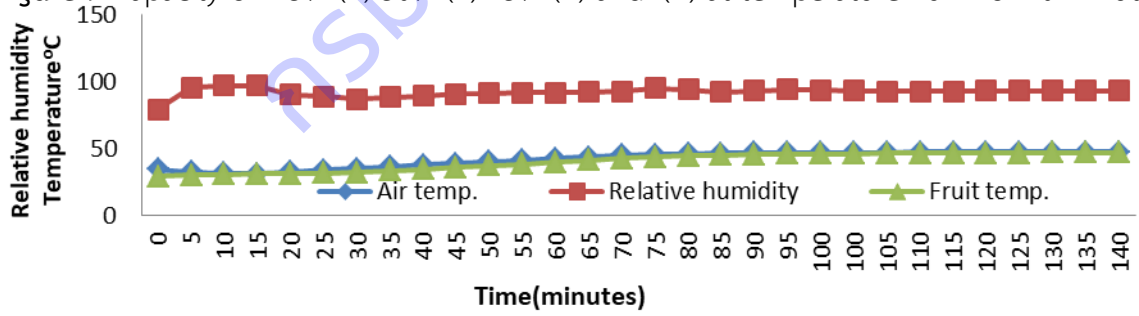


Figure 10 Vapor Heat Treatment of 25% loading capacity of lime

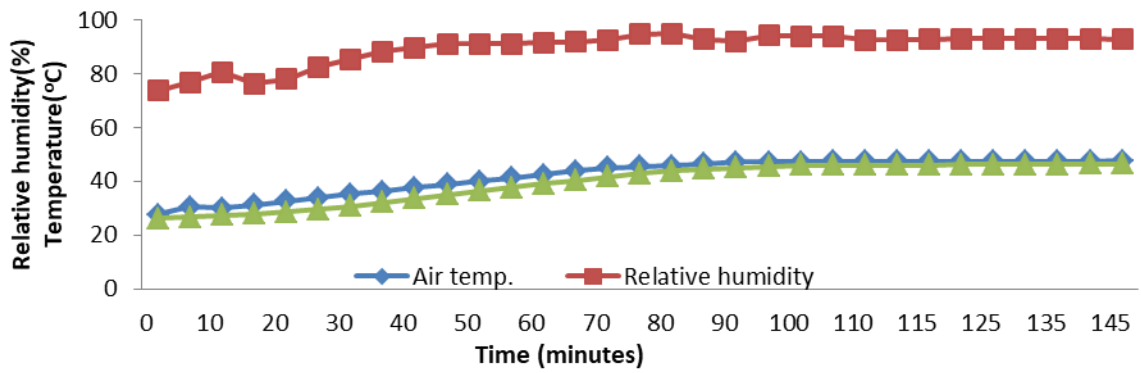


Figure 11 Vapor Heat Treatment of 50% loading capacity of lime

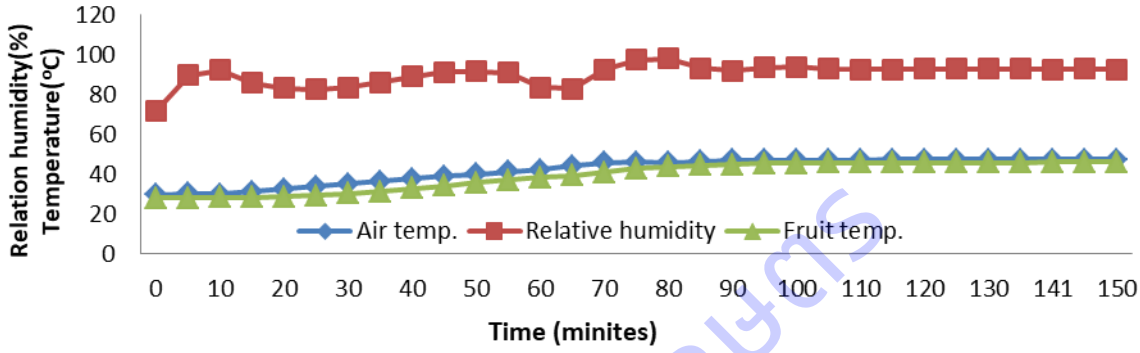


Figure 12 Vapor Heat Treatment of 75% loading capacity of lime

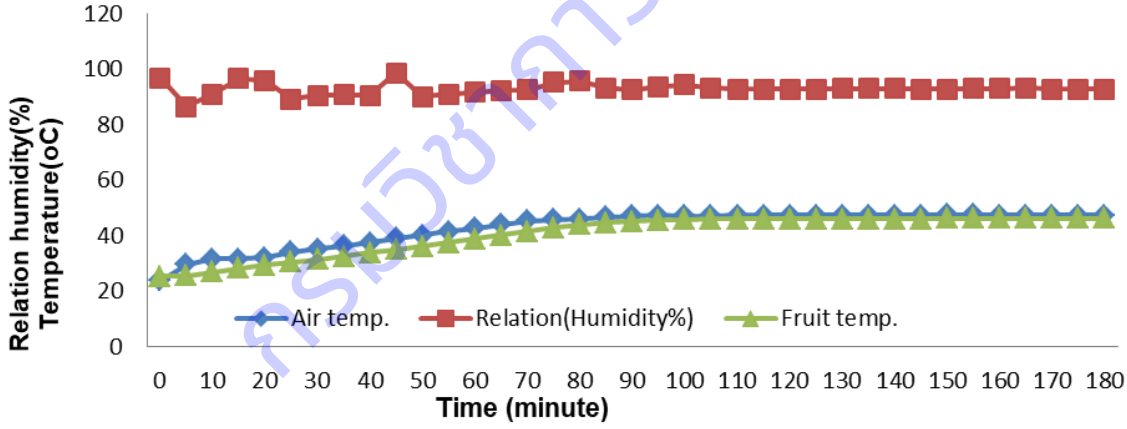
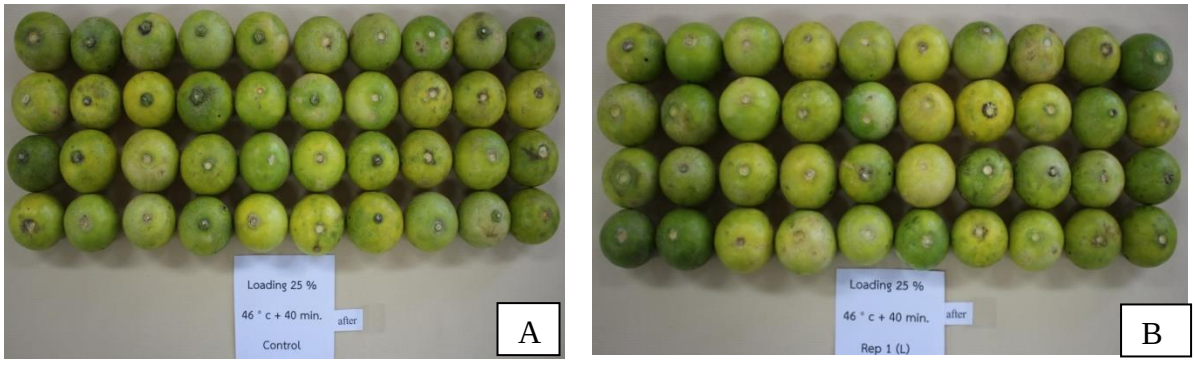


Figure 13 Vapor Heat Treatment of 100% loading capacity of lime



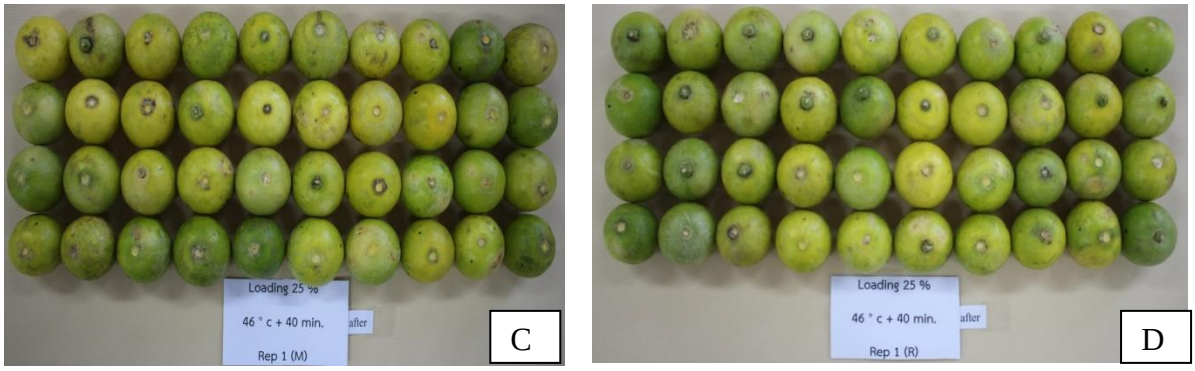


Figure 14 Quality of external lime 25% loading capacity after Vapor Heat Treatment maintain at temperature 46°C for 40 minute and kept in storage room at 12°C for 7 days, A =Control B=Left C=Middle D= Right

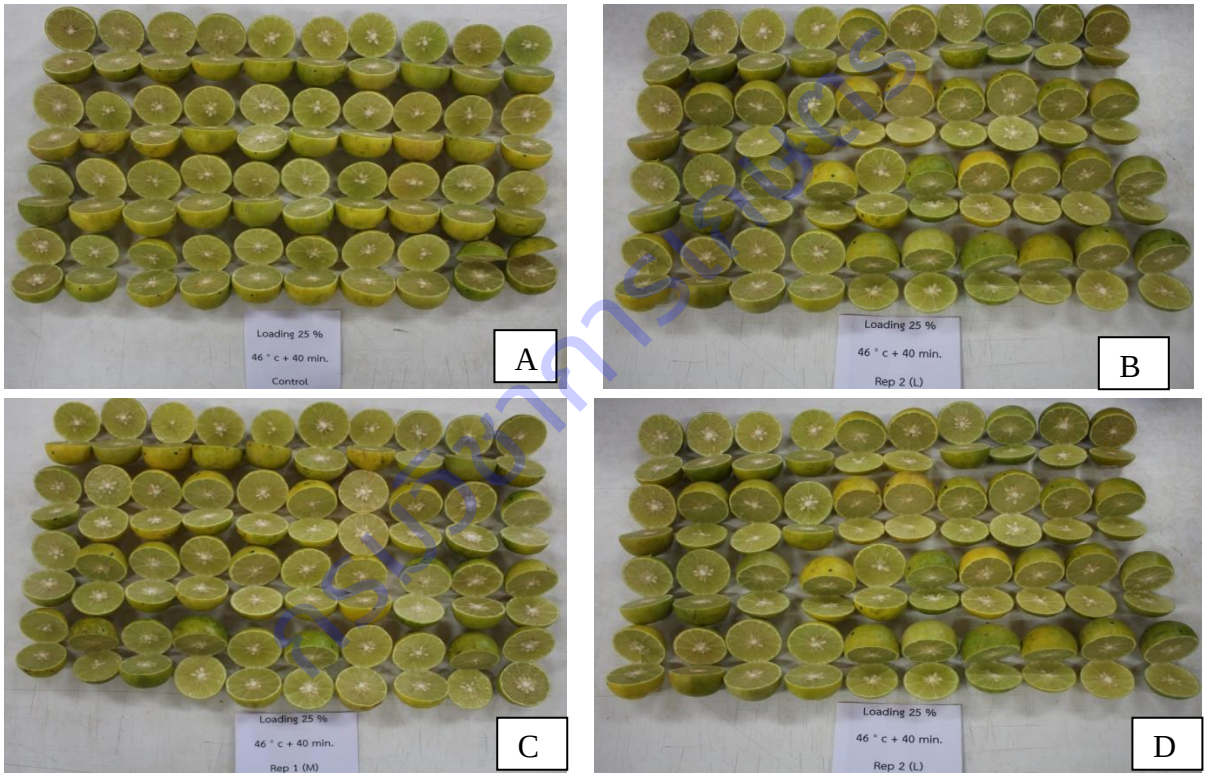


Figure 15 Quality of internal lime 25% loading capacity after Vapor Heat Treatment maintain at temperature 46°C for 40 minute and kept in storage room at 12°C for 7 days, A =Control B=Left C=Middle D= Right

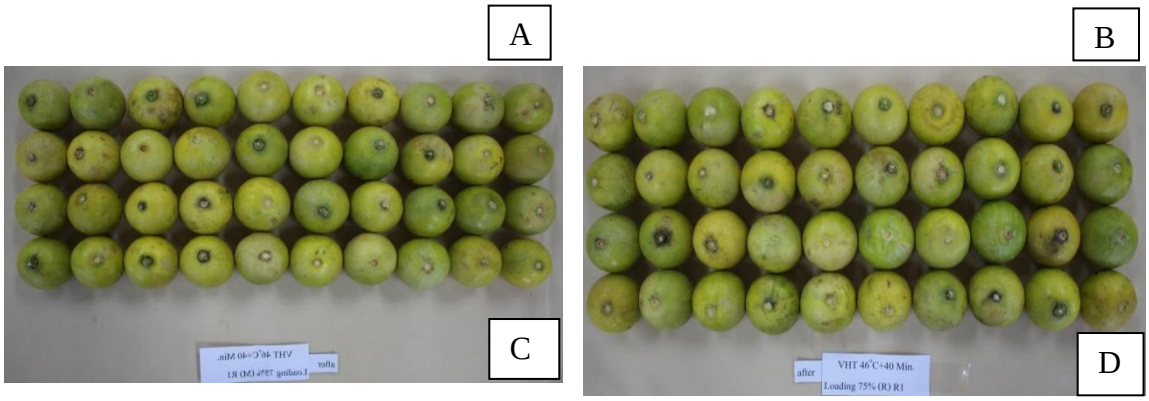


Figure 16 Quality of external lime 75% loading capacity after Vapor Heat Treatment maintain at temperature 46°C for 40 minute and kept in storage room at 12°C for 7 days, A =Control B=Left C=Middle D= Right

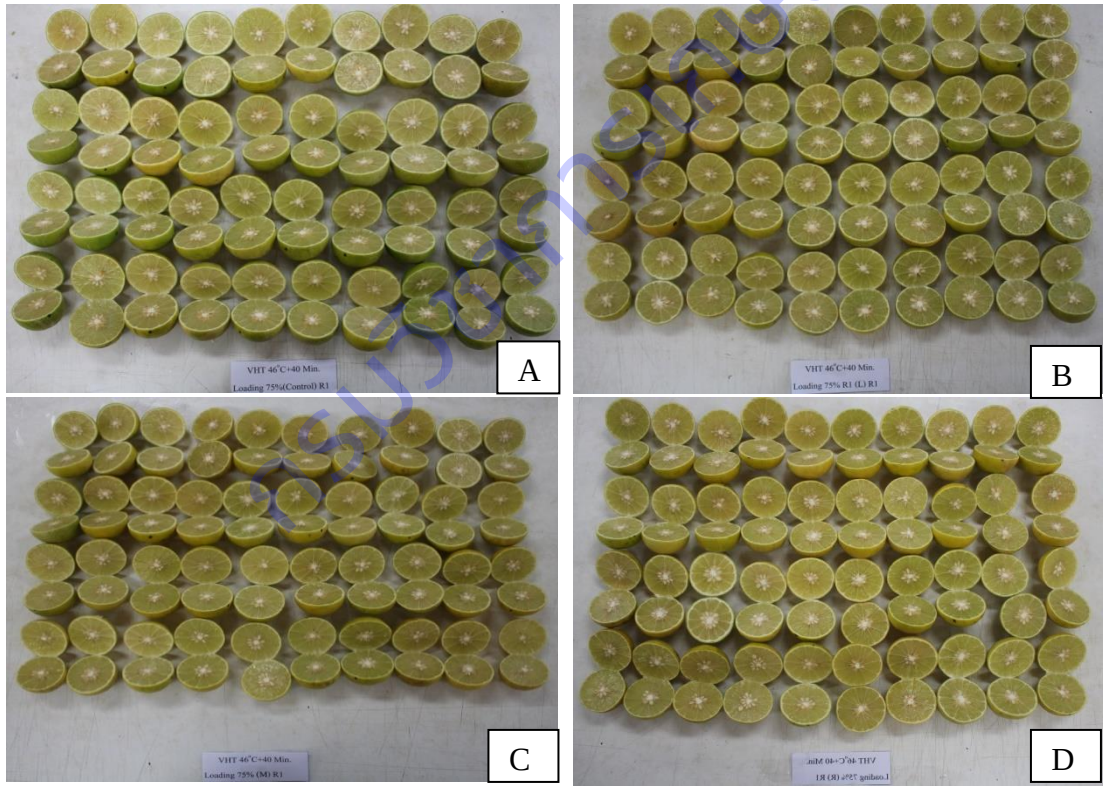


Figure 17 Quality of internal lime 75% loading capacity after Vapor Heat Treatment maintains at temperature 46°C for 40 minute and kept in storage room at 12°C for 7 days, A =Control B=Left C=Middle D= Right

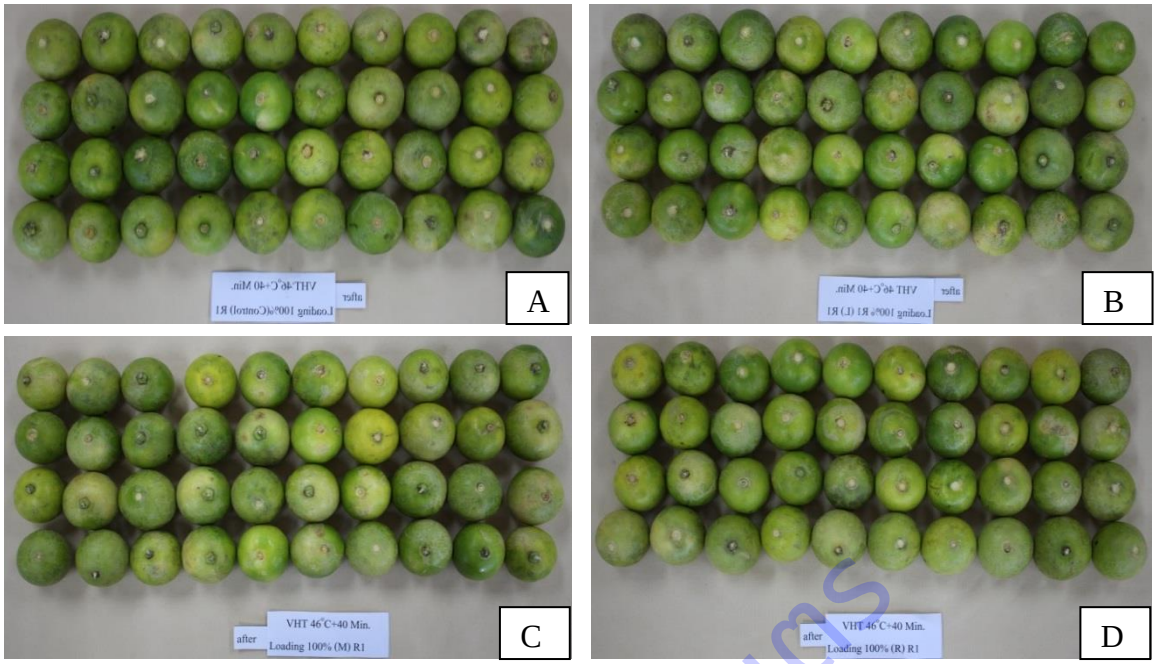


Figure 18 Quality of external lime 100% loading capacity after Vapor Heat Treatment maintain at temperature 46°C for 40 minute and kept in storage room at 12°C for 7 days, A =Control B=Left C=Middle D= Right

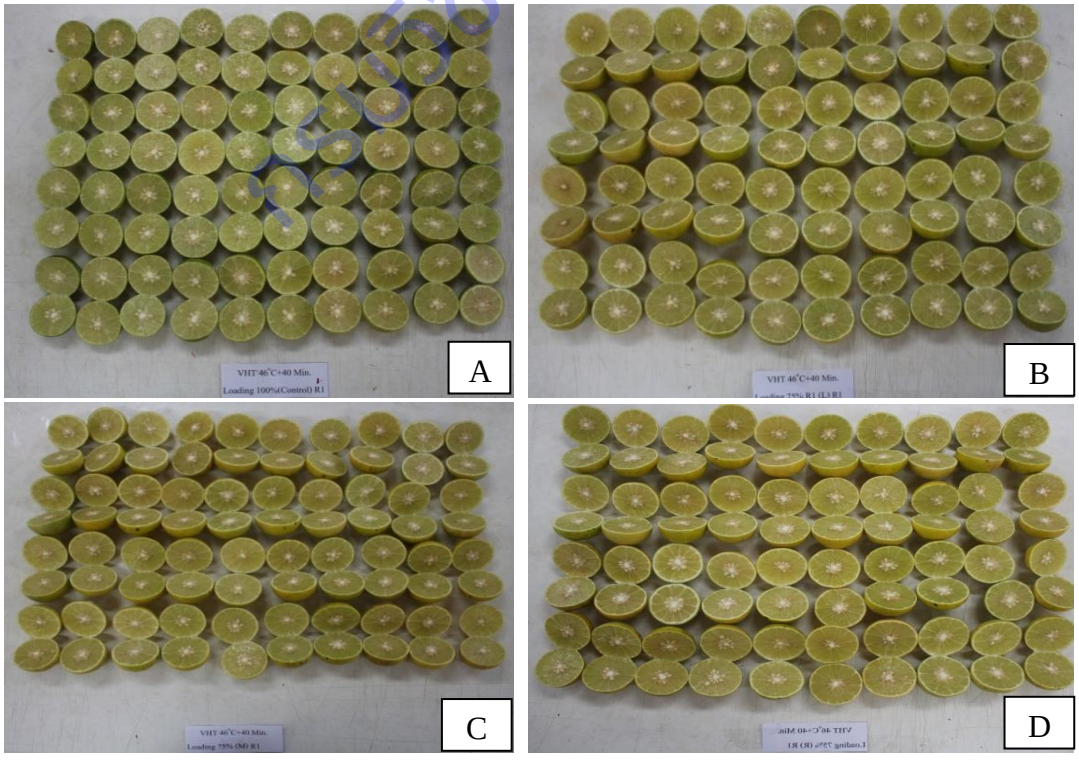


Figure 19 Quality of external lime 100% loading capacity after Vapor Heat Treatment maintain at temperature 46°C for 40 minute and kept in storage room at 12°C for 7 days, A =Control B=Left C=Middle D= Right

Figure 20 Injuries of lime after 50% loading capacity after Vapor Heat Treatment maintain at temperature 46°C for 40 minute and kept in storage room at 12°C for 7 days

Figure 21 Injuries of lime after 75% loading capacity after Vapor Heat Treatment maintain at temperature 46°C for 40 minute and kept in storage room at 12°C for 7 days

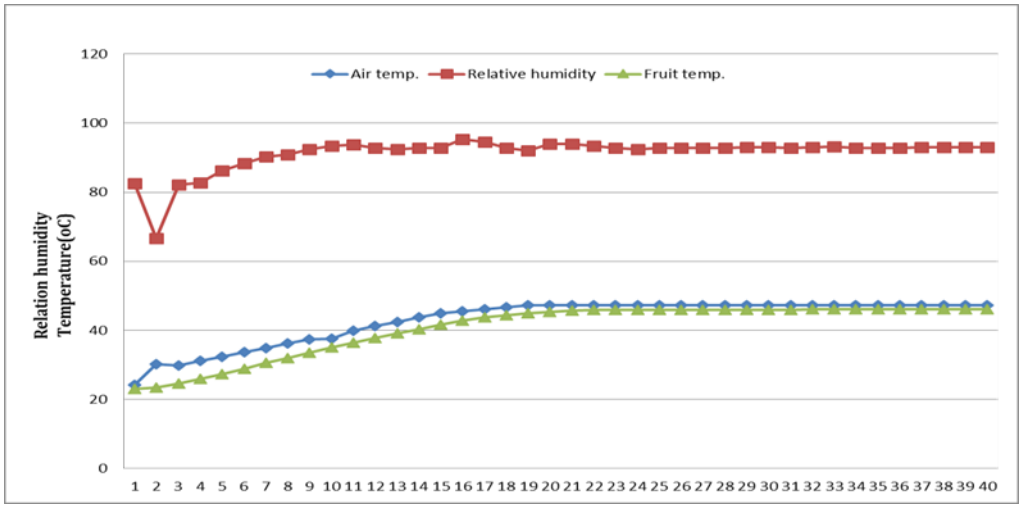


Figure 22. Temperature and relative humidity profile during vapor heat treatment (VHT)

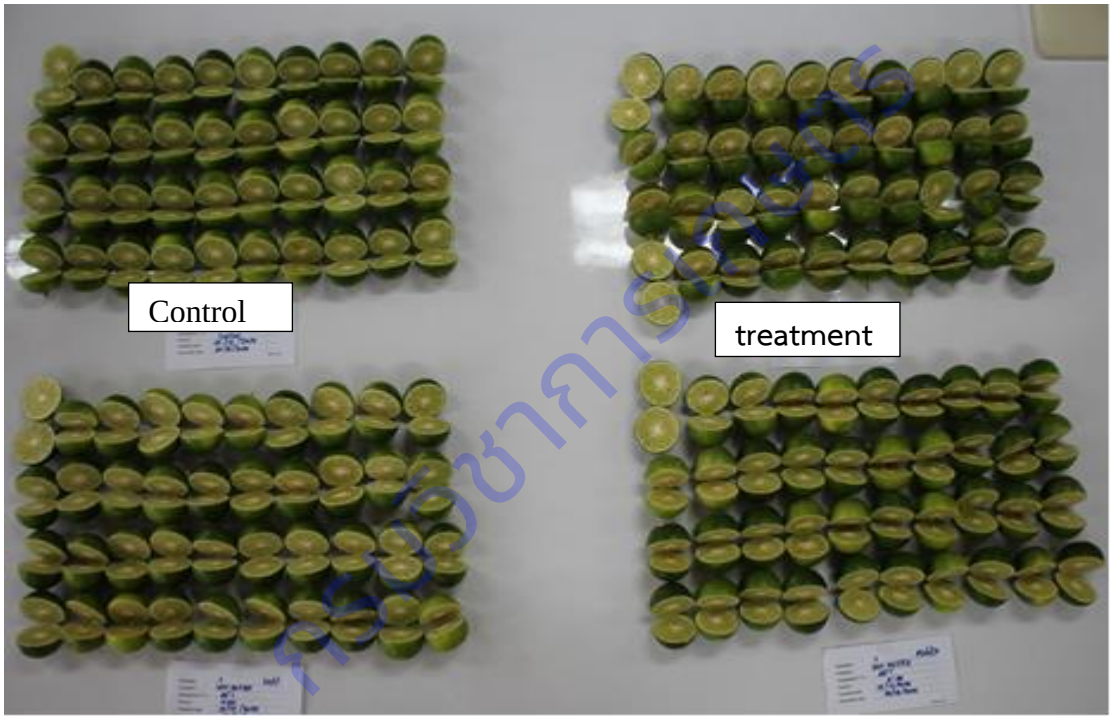


Figure 23 Quality of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93 % RH maintain at temperature 46°C for 40 minute for 7 days storage at 12 °C

Figure 24 Quality of lime fruits after subjecting to vapor heat treatment (VHT) of 93 % RH maintain at temperature 46°C for 40 minute for 14 days storage at 12 °C

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.7 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลส้มโอทับทิมสยามเพื่อการส่งออก

Research and Development of Heated Air Quarantine Treatment for Pummelo (Tubtim Siam) Variety Control Fruit Flies for Export

ชัยณรัตน์ สนศิริ สลักจิต พานคำ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์
พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ ปวีณา บูชาเทียน พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์
Chainarat Sonsiri Saluckjit Phankum Monnipa Srimartpirom
Phuttipong Phangrerk Paweena Buchatian Pongsak Jinarite

คำสำคัญ

แมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis*), ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

Key words

Fruit fly (*Bactrocera dorsalis*), Pummelo (Tubtim Siam variety), Modified vapour heat treatment

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ส้มโอมีปัญหาในการส่งออกเนื่องจากเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางด้านกักกันพืชหลายประเทศออกมาตรการด้านสุขอนามัยพืชห้ามนำเข้าผลไม้จากประเทศไทย ดังนั้นหากมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้แล้วจะทำให้ประเทศไทยสามารถขยายตลาดของส้มโอให้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น การศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเพื่อการส่งออก จากการสืบค้นข้อมูล พบว่า ใบเป็นรูปรีค่อนข้างกว้าง ใบมีขนาดใหญ่ ผลกลมรี มีขนาดใหญ่ น้ำหนักผล 900-2,500 กรัม เส้นรอบผล 16-22 นิ้ว หัวเป็นจีบ เปลือกผลบางสีเขียวเข้มและนิ่ม ผิวผลมีขนอ่อนนุ่มคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม เนื้อกุ้งมีสีแดงเข้มหรือสีชมพูเข้ม รสชาดหวาน ไม่มีรสขมเจือปน มีเมล็ดน้อย การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้สามารถเพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้มากกว่า 50,000 ตัว การปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ พบว่า แท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 99.9-100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลานาน 20 นาที การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ อบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที พบว่า แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 มีอัตราการตาย เฉลี่ย 99.85, 100 และ100 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีขึ้นไป สามารถกำจัดหนอนวัย 1 ในผลส้มโอได้จำนวนประมาณ 6,078 ตัว ตายทั้งหมด การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มโอ เพื่อประเมินความ

เสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอ อบส้มโอที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ค่าความเป็นกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนสีจากเดิมที่มีสีเขียว เปลี่ยนเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน และส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ47 องศาเซลเซียส โดยส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ยังพบจุดดำ ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงและคงความร้อนไว้เป็นเวลานาน

การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำในผลส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยวิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ และวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ พบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 60 และ20 ผล มีแมลงรอดชีวิต จำนวน 9,559 และ3,542 ตัว ส้มโอที่ผ่านความร้อน จำนวน 180 และ60 ผล ไม่พบแมลงรอดชีวิต ผลการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวสามารถกำจัดหนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จำนวนประมาณ 39,384 ตัว ในผลส้มโอตายทั้งหมด การศึกษาความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอ เพื่อประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำในสภาพจำลองการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ โดยทำการอบส้มโอในรูปแบบเดียวกัน จากนั้นเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 และ14 วัน พบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

Currently, the vapor heat treatment schedule at 46 °C for 0:30 minutes was accepted as a quarantine treatment to disinfest all stages of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* species complex in pummelo cultivar Thong Dee form Thailand to Japan. To extend more variety of pummelo for Japan, the experiment was carried out to determine the heat tolerance of the first instar larvae of *B. dorsalis* (Hendel), the most tolerance stage to Modified Vapor Heat Treatment (MVHT) between Tubtim Siam and Thong Dee pummelo. The preliminary disinfestation test was to treat infested both pummelo cultivars with MVHT at 46 °C for 0:00, 0:10, 0:20 and 0:30 minutes respectively. The intermediate disinfestation test, infested with Tubtim Siam was subjected to MVHT at 46 °C for 0:00, 0:10 and 0:20 minutes respectively. MVHT was done by heating infested fruits with hot air from ambient temperature to 43 °C with 50-80 % RH (dry pre-

heating period) then the fruits were gradually warmed up to 46 °C with saturated water vapor, and subsequently maintained the fruit target temperature for the desired duration holding time.

The results showed that oriental fruit fly first instar larvae infested in Tubtim Siam pummelo was less tolerance to MVHT than infested in Thong Dee pummelo. MVHT of fruit temperature 46 °C for 0:00 and 0:20 minutes was sufficient to completely kill all the oriental fruit fly first instar larvae in pummelo fruits. Intermediate disinfestation test, completely kill the oriental fruit fly first instar larvae in pummelo fruits at temperature 46 °C for 0:10 minutes. Large scale disinfestation test, complete mortality of the first instar larvae of the oriental fruit fly on fruits was achieved, when the infested fruits were heated with hot air at 50-80 % RH from ambient. In large scale efficacy test of this treatment schedule, none of the treated 39,384 first instar larvae survived.

The thermal injury was determined in Tubtim Siam pummelo. Fruits were treated with MVHT until fruit center temperature 46, 47 and 48 °C then fruits were maintained at these temperatures or greater for 0, 1 and 2 h. The thermal injury found black spot and damaged oil gland after treat at 48 °C for 2 h. The commercial export simulation test was determined in Tubtim Siam pummelo to assess the effect of proposed quarantine treatment schedule on fruit quality of pummelo under simulated condition of air and sea shipments. Fruits were treated with MVHT until fruit center temperature 46 °C for 30 minutes. The commercial export simulation test kept under air and sea shipment simulation tests showed no difference in fruit quality from untreated fruits.

Based on the experiment results, we proposed the MVHT at 46 °C for 0:30 minutes access as a quarantine treatment for Tubtim Siam pummelo before export to Japan.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

ปัญหาการกักกันพืชระหว่างประเทศนับวันจะยุ่งยากและสลับซับซ้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวทางการค้าระหว่างประเทศอย่างรวดเร็ว การนำเข้าและส่งออกผักและผลไม้มีความเสี่ยงสูงที่แมลงศัตรูพืชร้ายแรงด้านกักกันพืชจะแพร่ระบาดจากประเทศหนึ่งไปยังอีกประเทศหนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงวันผลไม้ การวิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) เพื่อใช้สำหรับกำจัดแมลงในผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่องานกักกันพืชระหว่างประเทศ เพราะช่วยให้สามารถส่งผักและผลไม้ออกจากแหล่งแพร่ระบาดของแมลงวันผลไม้ได้ โดยปราศจากความเสี่ยงที่ศัตรูพืชร้ายแรงจะเล็ดลอดติดไปกับสินค้า (อุดร, 2541) การขยายตลาดของส้มโอจะทำให้เกษตรกรสามารถมีช่องทางในการจำหน่ายได้กว้างขวางมากขึ้น ซึ่ง

สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในการช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบโดยส่งเสริมและผลักดันให้มีการส่งออกส้มโอเพิ่มมากขึ้น

สินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยหลายชนิดไม่สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศที่เข้มงวดทางด้านกักกันพืช เนื่องจากประเทศไทยเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคและศัตรูพืชที่สำคัญทางด้านกักกันพืช ประเทศไทยมีแมลงวันผลไม้หลายชนิดแพร่ระบาด แต่ที่มีความสำคัญทางด้านกักกันพืชมี 2 ชนิด ได้แก่ แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* และแมลงวันแตง *B. cucurbitae* ซึ่งมีความสำคัญทางด้านกักกันพืชระหว่างประเทศ (White and Elson-Harris, 1992; Iwaizumi, 2004) ส้มโอเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่ง ส้มโอ *Citrus maxima* Merr. วงศ์ Rutaceae เป็นหนึ่งในผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยปลูกมากในพื้นที่จังหวัดนครปฐม สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กาญจนบุรี ราชบุรี นครนายก ปราจีนบุรี พิจิตร สุโขทัย ชัยนาท ชัยภูมิ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง และสุราษฎร์ธานี โดยเฉพาะส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามปลูกมากในพื้นที่ อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และมีแนวโน้มที่เกษตรกรจะขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้น ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีรสชาดหวานหอม เนื้อสีแดงนุ่ม น่ารับประทาน ราคาสูง และตลาดต่างประเทศมีความต้องการเป็นอย่างมาก ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น สาธารณรัฐประชาชนจีน ไต้หวัน ฮ่องกง เวียดนาม และกัมพูชา (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) ส้มโอเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ที่มีความสำคัญทางด้านกักกันพืชระหว่างประเทศ ได้แก่ แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ด้วยเหตุนี้ส้มโอจากประเทศไทยจึงถูกห้ามนำเข้าประเทศญี่ปุ่นภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของกฎหมายทางด้านกักกันพืช ซึ่งจะถูกยกเลิกไปหากประเทศไทยสามารถพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชที่ได้มาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอก่อนการส่งออก แต่อย่างไรก็ดีการส่งออกส้มโอไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ประเทศไทยจำเป็นต้องยึดหลักการตามข้อตกลงว่าด้วยการบังคับใช้มาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (agreement on the application of sanitary and phytosanitary measures: SPS agreement) เนื่องมาจากประเทศไทยได้จัดทำข้อตกลงเขตการค้าเสรี (free trade area, FTA) กับหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่มีความเข้มงวดทางด้านกักกันพืช อาทิเช่น ประเทศญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี นิวซีแลนด์ และไต้หวัน เป็นต้น ส้มโอเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* species complex ซึ่งแมลงวันผลไม้ชนิดนี้จัดเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางด้านกักกันพืช (White and Elson-Harris, 1992; CABI, 2014) แมลงวันผลไม้เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของผลไม้หลายชนิด พบระบาดอยู่ทั่วโลก ทั้งในเขตหนาว เขตอบอุ่น และเขตร้อน (Shimizu *et al*., 2007; Jennifer and Gillett-Kaufman, 2012) รวมทั้งประเทศไทย (มนตรี, 2544; CABI, 2014) ในพื้นที่ภาคกลางและภาคเหนือ แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* มีพืชอาหารจำนวนมากถึง 123 ชนิด โดยเฉพาะผลไม้เปลือกบางหรืออ่อนนุ่มจะถูกทำลายได้ง่าย การเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้เกิดจากตัวเต็มวัยเพศเมียจะใช้อวัยวะวางไข่ (ovipositor) แทงลงใต้ผิวของผลไม้เพื่อวางไข่ เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอนจะชอนไช กัดกินเนื้อภายในผลไม้ทำให้เน่าเสีย ซึ่งการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้สามารถเข้าทำลายได้ตั้งแต่อยู่ในแปลงปลูก (กรมวิชาการเกษตร, 2556; Thomas, 2004; Jennifer and Gillett-Kaufman, 2012) การทำลายอาจรุนแรงมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หากไม่มีการป้องกันกำจัดตามข้อตกลงของการอนุญาตการนำเข้าพืชผักและผลไม้ของประเทศญี่ปุ่น ประเทศไทยจำเป็นต้องดำเนินการตาม

กรมวิชาการเกษตร

มาตรฐานขั้นตอนการยกเลิกห้ามการนำเข้าสิ่งต้องห้ามที่เป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ (standard procedure for lifting import ban of prohibited host plants of fruit flies) ของกระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่น (ministry of agriculture, forestry and fisheries, MAFF) โดยมีขั้นตอนที่สำคัญคือกำหนดให้การขออนุญาตการนำเข้าสิ่งต้องห้ามที่เป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ต้องยื่นเสนอแผนการศึกษาวิจัยการกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนการส่งออกให้กับ MAFF พิจารณาตรวจสอบและให้ความเห็นชอบก่อน การวิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ต้องเป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนดและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งได้มาตรฐานตามวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (MAFF, 2010; Miyazaki, 2010)

ในปี พ.ศ. 2529 กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนาวิธีการอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ จำนวน 2 ชนิด คือ oriental fruit fly, *B. dorsalis* และmelon fly, *B. cucurbitae* ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (Unahawutti *et al*., 1986) ต่อมาได้มีการวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีประสิทธิภาพสูงสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) ครอบคลุมถึง 4 พันธุ์ คือ พันธุ์หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลมะม่วง (Unahawutt *et al*., 1991) หลังจากนั้นได้ทำการวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนโดยใช้วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก เขียวเสวย และโชคอนันต์ ซึ่งในปี พ.ศ. 2549 และ2559 กระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่นได้อนุญาตให้มีการนำเข้ามะม่วงเพิ่มเติมอีก 3 พันธุ์ ดังกล่าว (Intarakumheng *et al*., 2006; Intarakumheng *et al*., 2013) ในปี พ.ศ. 2545 ประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีประสิทธิภาพสูงสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 58 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *B. dorsalis* species complex จำนวน 4 ชนิด คือ *B. carambolae*, *B. dorsalis*, *B. papayae*, และ*B. pyrifoliae* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Unahawutt *et al*., 1999) ต่อมาได้ศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีประสิทธิภาพสูงสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในในกลุ่ม *B. dorsalis* species complex จำนวน 4 ชนิด ในผลส้มโอ (*Citrus maxima* (Burman) Merr.) พันธุ์ทองดีได้เป็นผลสำเร็จ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที (อุดร และคณะ 2549) และได้ส่งรายงานผลการศึกษาวิจัยวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวให้กับกระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่นพิจารณา ซึ่งในช่วงต้นปี พ.ศ. 2555 กระทรวงเกษตรป่าไม้และประมงญี่ปุ่นได้อนุญาตให้มีการนำเข้าส้มโอพันธุ์ทองดีจากประเทศไทยเข้าไปจำหน่ายในประเทศญี่ปุ่นได้อีกหนึ่งชนิด (Unahawutti *et al*.,2006) นอกจากนี้ยังประสบความสำเร็จในการศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีประสิทธิภาพสูงสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมังคุด จำนวน 3 ชนิด คือ *B. dorsalis*, *B. carambolae* และ *B. papayae* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชัยณรัตน์ และคณะ 2562; 2563) และได้ส่งรายงานผลการศึกษาวิจัยให้กับทางสำนักงานกักกันและตรวจสอบสุขอนามัยพืชและสัตว์ไต้หวัน (bureau of animal and plant inspection and

กรมวิชาการเกษตร

quarantine, BAPHIQ) พิจารณา โดยเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562 สำนักงานกักกันและตรวจสอบสุขอนามัยพืชและสัตว์ไต้หวัน อนุญาตให้มีการนำเข้าผลมังคุดสดจากประเทศไทยเข้าไปจำหน่ายในประเทศไต้หวันได้ ซึ่งทำให้ประเทศไทยประสบผลสำเร็จสามารถส่งออกมังคุดไปประเทศไต้หวันได้เป็นครั้งแรกในรอบ 16 ปี (Sonsiri *et al.*, 2015) ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการสร้างโรงงานอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนขนาดใหญ่ระดับการค้ากันอย่างแพร่หลาย โดยใช้กรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ในการอบมะม่วง มังคุด และส้มโอเพื่อการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี นิวซีแลนด์ และไต้หวัน โดยยึดหลักการตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของแต่ละประเทศ (มลนิภา, 2550; 2552; 2554; 2555; Srimartpirom, 2010)

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้วิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ได้มีการศึกษาวิจัยกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพราะสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้หลายชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังปลอดภัยจากสารพิษตกค้างภายในผลจึงผ่านการยอมรับได้โดยง่ายจากประเทศผู้นำเข้า ส้มโอเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงในการส่งออกแต่ส้มโอเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องดำเนินการวิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำ ตามขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพและได้มาตรฐานตามวิธีการกำจัดศัตรูพืชทางด้าน

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. แมลงที่ใช้ในการทดลอง
2. แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis*
3. พืชที่ใช้ในการทดลอง ผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม *C. maxima*
4. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
5. ตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก: “Sanshu” vapor heat treatment system (differential pressure type) รุ่น EHK-1000B และEHK-1000D, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
6. เครื่องลดอุณหภูมิผลไม้: “Sanshu” shower cooling system (differential pressure type) รุ่น SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
7. เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
8. ปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer)
9. ที่เจาะรู (cock borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร
10. กล้องจุลทรรศน์ (microscope)
11. 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

กรมวิชาการเกษตร

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

2. แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่ใช้ในการทดลอง

2.1 แหล่งที่มาของแมลงวันผลไม้

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

2.2 เทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงวันผลไม้

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

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

กรมวิชาการเกษตร

ตัวเต็มวัย: เลี้ยงแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยกรงใหญ่ จำนวนประมาณ 20,000 ตัว/กรง และกรงเล็ก จำนวนประมาณ 2,000 ตัว/กรง กรงเลี้ยงแมลงมีขนาด 65.5x69.0x77.0 เซนติเมตร และ35x50x35 เซนติเมตร ทำด้วยมุ้งลวดตาข่ายอลูมิเนียมขนาด 16 เมซ 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 เมซ แยกไข่ออกจากน้ำส้ม รวบรวมไข่ทั้งหมดที่ได้ใส่ในน้ำกลั่นเก็บไว้ในถ้วยแก้ว (beaker) ขนาด 200 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำไข่ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเทียมพร้อมทั้งตรวจหาอัตราการฟักไข่ด้วยวิธีสุ่มไข่จำนวน 100 ฟอง วางไข่ให้กระจายเป็นแถวยาวบนกระดาษกรองสีดำที่ชุมน้ำเก็บไว้ในจานแก้ว (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 ด้วยวิธีการนี้จะช่วยให้หนอนไม่แก่งแย่งอาหารกันเมื่อฟักออกจากไข่ ปิดถาดอาหารเทียมด้วยถาดเปล่าอีกหนึ่งใบ เพื่อให้ภายในมีความชื้น ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับไข่จะฟักออกเป็นหนอน นำถาดอาหารเก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลงจนกระทั่งหนอนเจริญเติบโตเต็มที่

ระยะดักแด้: หนอนแมลงวันผลไม้เจริญเติบโตเต็มที่พร้อมที่จะเข้าดักแด้ภายใน 6 วัน เปิดฝาครอบถาดอาหารเทียม และย้ายไปวางไว้ในภาชนะสำหรับให้แมลงเข้าดักแด้ ซึ่งเป็นกระบะพลาสติกขนาด 43x74x23 เซนติเมตร ภายในบรรจุขี้เลื่อย ขนาด 20 เมซ พรมน้ำให้ชื้นพอประมาณสำหรับให้หนอนเข้าดักแด้ หนอนวัย 3 ที่

กรมวิชาการเกษตร

เจริญเติบโตเต็มที่พร้อมจะเข้าดักแด้จะดีดตัวออกจากอาหารเทียมและเข้าดักแด้ในขี้เลื่อย ก่อนที่ดักแด้จะออกเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 2 วัน ใช้ตระแกรงขนาด 20 เมช 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 ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ผลส้มโอมีขนาดกลางน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล โดยตรวจสภาพความผิดปกติของผลส้มโอ ซึ่งส้มโอทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือรอยแตกบนผลส้มโอ

3.1 การเตรียมแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1

เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการข้างต้น รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าที่ชุ่มน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 เมช 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

3.2 การเตรียมส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามให้มีแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 อยู่ภายในผล

เก็บไข่จากแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวเต็มวัยซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการข้างต้น รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าที่ชุ่มน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12x18x4.5 เซนติเมตร แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 เมช 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 3) 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 (Figure 4) รูที่ 2 เจาะด้านตรงกันข้ามกับรูที่ 1 ส่วนรูที่ 3 เจาะบริเวณด้านข้างผลให้อยู่เลยจากส่วนครึ่งบนของผล (Figure 5) สำหรับเหตุผลในการเจาะรูที่ 2 ตรงบริเวณส่วนใต้ของผลนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ของเหลวที่เกิดขึ้นจากการกินของหนอนแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอสามารถไหลออกมาได้ ซึ่งจะทำให้ภายในผลส้มโอมีสภาพเหมาะสมต่อการ

กรมวิชาการเกษตร

เจริญเติบโตของหนอนแมลงวันผลไม้ ดึงแกนกลางซึ่งติดกับปลายที่เจาะรูออกจากผล จากนั้นแคระเมล็ดภายในผลส้มโอออกให้หมด ซึ่งพร้อมที่จะใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ จำนวน 200 ตัว/ผล โดยใส่หนอนวัย 1 ลงบนเนื้อส้มโอภายในผลตรงบริเวณที่เจาะรูไว้ทางด้านข้าง อุดรูทั้งหมดด้วยสำลีปิดด้วยเทปกาว เพื่อป้องกันไม่ให้หนอนวัย 1 เล็ดลอดออกจากผล

4. รูปแบบของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

ในการทดลองทั้งหมดใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับทดลอง จำนวน 2 เครื่อง **(Figure 6)** 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 ความชื้น และระยะเวลาในการอบส้มโอ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ของเครื่องตู้อบความร้อน ตามค่าที่กำหนดไว้ (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

กรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับทดลอง จำนวน 2 เครื่อง ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง แท่งวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งภายในเครื่องตู้อบความร้อนทั้งหมดจะต้องนำมาตรวจสอบความเที่ยงตรง และปรับค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิที่วัดได้ของแท่งวัดอุณหภูมิแต่ละแท่ง (calibration sensor) โดยตรวจสอบเปรียบเทียบกับปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer) ซึ่งมีวิธีการดังนี้ จุ่มแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดรวมทั้งปรอทวัดความร้อนมาตรฐานลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43) **(Figure 7)** ตั้งค่าเครื่องอ่างน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำร้อน และมีอุณหภูมิคงที่จึงเริ่มการบันทึกอุณหภูมิเป็นระยะเวลานาน 20 นาที

ปรอทวัดความร้อนมาตรฐานจะแสดงค่าอุณหภูมิจริงของน้ำในเครื่องอ่างน้ำร้อน อ่านค่าอุณหภูมิของแท่งวัดอุณหภูมิแต่ละแท่งจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder; Chino, model: LE series และFTH, model: FLE-073504E) ที่อ่านค่าได้ทุก 5 นาที **(Figure 8)** 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

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

กรมวิชาการเกษตร

6. การตรวจสอบการตายของแมลงวันผลไม้ = 5 วัน หลังผ่านความร้อน

ในการทดลองใช้ส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) น้ำหนัก 1,200±25 กรัม/ผล จำนวน 3 ผล วางไว้ในกระบะชั้นล่างสุด (Figure 9) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของส้มโอทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน เมื่อส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ จำนวน 2 ผล มีอุณหภูมิคงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตามที่กำหนด แสดงว่าขณะนั้นส้มโอทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับส้มโอที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิ

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 **(Figure 10)** ที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ตรวจนับจำนวนหนอนแมลงวันผลไม้ที่รอดชีวิตในส้มโอแต่ละผล หลังจากผ่านความร้อนเป็นเวลานาน 5 วัน **(Figure 11)** โดยบันทึกจำนวนหนอนที่รอดชีวิตทั้งหมดในส้มโอทดลองที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดนำข้อมูลไปคำนวณหาอัตราการตายที่แท้จริง (corrected mortality) โดยอาศัยสูตรของ Abbott (Abbott, 1925)

กรมวิชาการเกษตร

8. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ ศึกษา 2 การทดลอง แต่ละการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้ ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ใช้ส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นตัวเปรียบเทียบพันธุ์กับส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม (การทดลองที่ 1) โดยใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลงในการเตรียมส้มโอให้มีแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผล (artificial infestation method) จากรายงานของอุดร และคณะ (2549) และUnahawutti *et al*. (2006) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ทองดี เพื่อกำหนดระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด โดยอบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์กำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ หนอนวัย 1, 2 และ3 เพื่อเปรียบเทียบอัตราการตายของแมลงแต่ละระยะการเจริญเติบโต 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 จากผลการทดลองแสดงว่า หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอมีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุดด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

อุดร และคณะ (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 มลนิภา และคณะ (2554) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ในผลส้มโอพันธุ์ทองดีเปรียบเทียบกับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยอบส้มโอทั้ง 2 สายพันธุ์ภายในเครื่องตู้อบความร้อนเดียวกันด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เมื่ออุณหภูมิของผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 45 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20, 30, 40 และ50 นาที จากผลการทดลอง พบว่า หนอนวัย 1 ในผลส้มโอพันธุ์ทองดีและส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งตายทั้งหมดที่อุณหภูมิผล 45 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที

ส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม/ผล (ส้มโอขนาดกลาง) ใช้ส้มโอทั้งหมดจำนวน 108 ผล นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน (Figure12) วางเรียงส้มโอที่ทำการใส่หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ ผลละ 200 ตัว จำนวน 4 ผล/ถาด อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอให้เป็นไปตามข้อ 6 และ6.1 โดยมีการอบเป็นเวลานานที่แตกต่างกัน ดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

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 และ6.2 อบส้มโอภายในเครื่องตู้อบความร้อนให้อุณหภูมิภายในสุดผลของส้มโอเพิ่มขึ้นจนถึง 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส และคงความร้อนภายในผลไว้ที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิส้มโอทันทีโดยวิธีเป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ (Figure 13) เปรียบเทียบกับส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนบรรจุใส่ในกล่องกระดาษขนาด 34x47x18 เซนติเมตร (Figure 14) ด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรู พร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่ายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1.6 มิลลิเมตร จำนวน 4 รู เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน (Figure 15) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน โดยใช้หลักเกณฑ์พิจารณาและดำเนินการในหัวข้อต่างๆ 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 16)

3. ปริมาณกรด (acidity value) ในการทดลองแต่ละครั้ง คั้นน้ำจากเนื้อส้มโอที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรด ซึ่งปริมาณกรดในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ การวัดปริมาณกรดจากเนื้อส้มโอใช้เครื่อง digital acilyzer (รุ่น 5 006P) (Figure 17)

4. การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอ (peel color) ใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

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

2. รูปแบบการทำลายโดยวิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method) เจาะรูด้วยเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร บนผลส้มโอ จำนวน 10 รู/ผล ให้ทะลุเปลือกไปถึงเนื้อ **(Figure 18)** 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 19) 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 ส้มโอส่วนนี้จะใช้สำหรับ

กรมวิชาการเกษตร

การประมาณจำนวนแมลงทั้งหมดในส้มโอที่ผ่านความร้อน (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 (Figure 20) และใส่ส้มโอที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) (Figure 21) เฉลี่ยจำนวนเท่าๆ กัน ในกระบะบรรจุผลไม้อีก 3 และ 9 กระบะ และนำไปวางซ้อนลงบนกระบะซึ่งบรรจุส้มโอทดลองในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณส้มโอ 50 และ100 เปอร์เซ็นต์ (low load and full load) ของความจุตู้ (Figure 22) 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 **(Figure 23)** แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) ทางเครื่องบิน จำนวน 4 ผล และทางเรือ จำนวน 4 ผล และใส่ส้มโอที่ไม่ใช้ในการทดลอง (filler fruit) เฉลี่ยจำนวนเท่าๆ กัน ให้เต็มความจุของกระบะ ในกระบะบรรจุผลไม้อีก 9 กระบะ และนำไปวางซ้อนลงบนกระบะซึ่งบรรจุส้มโอทดลองในสภาพที่ห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนมีปริมาณส้มโอ 100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุตู้ **(Figure 24)** เพื่อประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 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 เพื่อจำลองสภาพ

กรมวิชาการเกษตร

การส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน โดยใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาและดำเนินการให้เป็นไปตามข้อ 9

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินงาน 3 ปี (ตุลาคม 2561 ถึง กันยายน 2564) ที่ห้องปฏิบัติการของกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย และอภิปรายผล (Results and Discussion)

1. สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ชีววิทยาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเพื่อใช้ในการทดลอง

ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีชื่อวิทยาศาสตร์ และลักษณะทางพฤกษศาสตร์เหมือนกับส้มโอทั่วไป เป็นไม้ยืนต้นสูง 5-10 เมตร แตกกิ่งก้านเป็นพุ่มกว้าง ใบเป็นรูปรีค่อนข้างกว้าง ปลายใบแหลมโคนเกือบมน ใบมีขนาดใหญ่ ใต้ใบมีขนอ่อนนุ่ม ผลกลมรี มีขนาดใหญ่ น้ำหนักผลประมาณ 900-2,500 กรัม เส้นรอบผลวัดได้ประมาณ 16-22 นิ้ว หัวเป็นจีบชัดเจน เปลือกผลบางสีเขียวเข้มและนิ่ม ผิวผลมีขนอ่อนนุ่มคล้ายกำมะหยี่ปกคลุมทั่วทั้งผล เมื่อจับผลเบาๆ จะรู้สึกผิวเปลือกนุ่ม เนื้อกุ้ง (juice sac) มีสีแดงเข้มหรือสีชมพูเข้ม รสชาดหวานไม่มีรสขมเจือปน มีเมล็ดน้อย ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเป็นผลไม้ที่ตลาดทั้งในและต่างประเทศมีความต้องการสูง เนื่องจากเนื้อมีสีแดงเข้มแบบสีทับทิม มีรสชาดหวานและมีกลิ่นหอม แหล่งปลูกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่สำคัญอยู่ในพื้นที่ อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการทดลอง

การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ในห้องปฏิบัติเพื่อใช้ในการทดลองภายในห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65-70 เปอร์เซ็นต์ โดยในการเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นจะตรวจสอบอัตราการฟักไข่ (hatching rate) อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักของดักแด้ (pupa weight) และอัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย (sex ratio) จากการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ พบว่า แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* มีความแข็งแรงตามมาตรฐานงานทดลองและสามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้มากกว่า 50,000 ตัว ซึ่งเพียงพอเพื่อใช้สำหรับงานทดลองการกำจัดแมลงด้วยความร้อนในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

3. เครื่องต้อบความร้อนและการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ

จากการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิตรวจสอบเปรียบเทียบกับปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน โดยจุ่มแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดรวมทั้งปรอทวัดความร้อนมาตรฐานลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน ตั้งค่าเครื่องอ่างน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำร้อนและมีอุณหภูมิคงที่จึงเริ่มการบันทึกอุณหภูมิ จากการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ พบว่า แท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส ความชื้น

กรมวิชาการเกษตร

สัมพัทธ์ 99.9-100 เปอร์เซ็นต์ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ที่อ่านค่าได้ทุก 5 นาที ซึ่งระยะเวลา อุณหภูมิ และความชื้นในการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส ได้แสดงไว้ใน (Table 1) โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานานติดต่อกันในช่วงเวลานาน 20 นาที

4. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ ศึกษา 2 การทดลอง แต่ละการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้ ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง ใช้ส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นตัวเปรียบเทียบกับส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม (การทดลองที่ 1) และใช้หนอนวัย 1 เพื่อเป็นตัวแทนของแมลงในการเตรียมส้มโอให้มีแมลงวันผลไม้อยู่ภายในผล (artificial infestation method) อบส้มโอกำจัดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 เพื่อกำหนดกระบวนการอบไอน้ำที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้จำนวนไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ในผลส้มโอให้ตายทั้งหมด ในการทดลองนี้ใช้ส้มโอทั้งหมดจำนวน 108 ผล นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน วางเรียงส้มโอที่ทำการใส่หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอผลละ 200 ตัว จำนวน 4 ผล/ถาด อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอให้เป็นไปตามข้อ 6 และ6.1 อบส้มโอภายในเครื่องตู้อบความร้อนให้อุณหภูมิภายในสุดผลส้มโอเพิ่มขึ้นจนถึง 46 องศาเซลเซียส และคงความร้อนภายในผลไว้ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานที่แตกต่างกันดังนี้

การทดลองที่ 1 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20 และ30 นาที รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 2 and 3) จากการทดลอง 3 ครั้ง พบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 2,017 ตัว แสดงว่าในส้มโอจำนวน 48 ผล ซึ่งผ่านความร้อนแต่ละระยะเวลาที่กำหนดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 2 ตัว ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20 และ30 นาที โดยมีอัตราการตายของหนอนวัย 1 เฉลี่ย 100, 99.70, 100 และ100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4 and 5)

การทดลองที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 6 and 7) จากการทดลอง 3 ครั้ง พบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 2,026 ตัว ซึ่งในส้มโอที่ผ่านความร้อนแต่ละระยะเวลาที่กำหนดจำนวน 36 ผล แมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 2 ตัว ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที โดยมีอัตราการตายของหนอนวัย 1 เฉลี่ย 99.85, 100 และ100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 8)

จากการทดลองจึงประมาณการได้ว่าส้มโอซึ่งผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส แต่ละระยะเวลาที่กำหนดจะมีหนอนที่รอดชีวิตได้จำนวนไม่น้อยกว่าประมาณ 6,078 ตัว ผลการตรวจนับจำนวนแมลงในผลส้มโอจากการทดลองปรากฏว่า หนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอตายทั้งหมดเมื่อคงความร้อนที่อุณหภูมิ 46

กรมวิชาการเกษตร

องศาเซลเซียส เป็นเวลานานตั้งแต่ 10 นาทีขึ้นไป กระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ตามข้อกำหนดของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ดังนั้นควรจะได้มีการทดสอบการศึกษายืนยันกระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวข้างต้น เพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชสำหรับกำจัดระยะไข่ และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ในส้มโอก่อนการส่งออก

5. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อส้มโอ ตรวจสภาพความผิดปกติของผลส้มโอ ซึ่งส้มโอทุกผลจะต้องไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือรอยแตก แยกเป็นส้มโอที่ผ่านความร้อน (treatment) และส้มโอที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองเข้าเครื่องตู้อบความร้อน อบส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) โดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอภายในเครื่องตู้อบความร้อนให้อุณหภูมิภายในผลส้มโอเพิ่มขึ้นจนถึง 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส และคงความร้อนภายในผลไว้ที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง ระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอรวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 9 and 10) เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิผลส้มโอโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน นำส้มโอทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน บรรจุใส่ในกล่องกระดาษขนาด 34x47x18 เซนติเมตร ด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรูพร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่าย จำนวน 4 รู เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำส้มโอทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน จากการทดลองพบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ค่าความเป็นกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง หลังจากเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง (Table 11, 12, 13 and 14) นอกจากนี้การเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง จะเปลี่ยนสีจากเดิมที่มีสีเขียว เปลี่ยนเป็นสีที่ค่อนข้างเหลืองมากกว่าส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อนและส้มโอที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ47 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง โดยที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ยังพบจุดดำ (black spot) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก (damaged oil gland) (Figure 25) เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงและคงความร้อนไว้เป็นระยะเวลานาน

6. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

เตรียมส้มโอทดลองให้มีแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 อยู่ภายในผล ศึกษา 2 วิธีการ คือ 1. วิธีการใส่หนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ในผลส้มโอ (artificial infestation method) และ2. วิธีการให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในผลส้มโอ (forced infestation method) นำส้มโอเข้าเครื่องตู้อบความร้อนเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในการกำจัดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 จำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ให้ตายทั้งหมด เพื่อการยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกัน

กรมวิชาการเกษตร

พืช ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 15 and 16) จากการทดลองพบว่า ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 60 และ20 ผล มีแมลงรอดชีวิตจำนวน 9,559 และ3,542 ตัว ซึ่งส้มโอที่ผ่านความร้อน จำนวน 180 และ60 ผล ไม่พบแมลงรอดชีวิต โดยสามารถกำจัดหนอนวัย 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้ประมาณ 39,384 ตัว ในผลส้มโอตายทั้งหมด (Table 17)

ซึ่งวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนมีจะความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการอบส้มโอดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพสูงได้ระดับมาตรฐานที่ยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ ในส้มโอก่อนการส่งออก เพราะสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 ได้ตามมาตรฐานข้อกำหนดของประเทศญี่ปุ่นที่ระบุไว้ว่าวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชจะต้องกำจัดแมลงจำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ตายทั้งหมด

7. การศึกษาความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่อส้มโอในสภาพจำลองการส่งออกส้มโอทางเครื่องบินและทางเรือ อบส้มโอโดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เพื่อประเมินการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน เมื่อเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 7 และ14 วัน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอบส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที รวมทั้งน้ำหนักส้มโอกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 18) จากการทดลองพบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ค่าความเป็นกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 19 and 20) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยคุณภาพความหวานของส้มโอไม่เปลี่ยนแปลง

ผลไม้เกิดความเสียหายได้ทุกๆ ขั้นตอนทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผลไม้ที่ต้องผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชก่อนการส่งออก เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขด้านกักกันพืชวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชนั้นจะต้องมีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ ถ้าหากทำให้คุณภาพของผลไม้เสียไปแล้วถือว่าวิธีการนั้นไม่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ดังนั้นวิธีการใดก็ตามที่ใช้สำหรับกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวควรจะมีผลทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ความเสียหายของผลไม้จากวิธีการกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวนั้น แสดงออกโดยสูญเสียคุณสมบัติด้านการตลาดหลายรูปแบบ ได้แก่ สีผล อายุการ

กรมวิชาการเกษตร

เก็บรักษา รูปลักษณ์ภายนอก การสุก รดชาด กลิ่น และความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุของโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว (Goodwin and Jamikorn, 1952; McDonald and William, 1994) การที่คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นลดลงหรือผิดไปจากปกติจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. สืบค้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ชีววิทยาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเพื่อใช้ในการทดลอง

ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม เป็นไม้ยืนต้น สูง 5-10 เมตร แตกกิ่งก้านเป็นพุ่มกว้าง ใบเป็นรูปรีค่อนข้างกว้าง ปลายใบแหลมโคนเกือบมน ใบมีขนาดใหญ่ ใต้ใบมีขนอ่อนนุ่ม ผลกลมรี มีขนาดใหญ่ น้ำหนักผลประมาณ 900-2,500 กรัม เส้นรอบผลวัดได้ประมาณ 16-22 นิ้ว หัวเป็นจีบชัดเจน เปลือกผลบางสีเขียวเข้มและนิ่ม ผิวผลมีขนอ่อนนุ่มคล้ายกำมะหยี่ปกคลุมทั่วทั้งผล เมื่อจับผลเบาๆ จะรู้สึกผิวเปลือกนุ่ม เนื้อกุ้ง (juice sac) มีสีแดงเข้มหรือสีชมพูเข้ม รสชาดหวานไม่มีรสขมเจือปน มีเมล็ดน้อย และมีกลิ่นหอม แหล่งปลูกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่สำคัญอยู่ในพื้นที่ อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการทดลอง

การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ในห้องปฏิบัติการ ภายในห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในการเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นจะตรวจสอบอัตราการฟักไข่ อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย น้ำหนักของดักแด้ และอัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย จากการเพาะเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ พบว่าแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* มีความแข็งแรงตามมาตรฐานงานทดลองและสามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้มากกว่า 50,000 ตัว ซึ่งเพียงพอสำหรับใช้ในการทดลอง

3. เครื่องตู้อบความร้อนและการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ

จากการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิตรวจสอบเปรียบเทียบกับปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน โดยจุ่มแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดรวมทั้งปรอทวัดความร้อนมาตรฐานลงในเครื่องอ่างน้ำร้อน ตั้งค่าเครื่องอ่างน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำร้อนและมีอุณหภูมิคงที่จึงเริ่มการบันทึกอุณหภูมิ จากการปรับค่าความเที่ยงตรงของแท่งวัดอุณหภูมิ พบว่า แท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิที่ 46 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 99.9-100 เปอร์เซ็นต์ จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ที่อ่านค่าได้ทุก 5 นาที โดยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานานติดต่อกันในช่วงเวลานาน 20 นาที ซึ่งได้มาตรฐานงานทดลองของเครื่องตู้อบความร้อนในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอ

4. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

อบส้มโอกำจัดแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 เพื่อกำหนดกระบวนการอบไอน้ำที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ในผลส้มโอให้ตายทั้งหมด จากการศึกษาพบว่า การทดลองที่ 1 ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 2,017 ตัว แสดงว่าในส้มโอ จำนวน 48

ผล ซึ่งผ่านความร้อนแต่ละระยะเวลาที่กำหนดมีแมลงวันผลไม้หนอนวัย 1 รอดชีวิต จำนวน 2 ตัว ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10, 20 และ30 นาที มีอัตราการตายของหนอนวัย 1 เฉลี่ย 100, 99.70, 100 และ100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทดลองที่ 2 ส้มโอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 12 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 2,026 ตัว ซึ่งในส้มโอที่ผ่านความร้อนแต่ละระยะเวลาที่กำหนด จำนวน 36 ผล พบว่า อัตราการตายของหนอนวัย 1 ในส้มโอที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ20 นาที มีอัตราการตายของหนอนวัย 1 เฉลี่ย 99.85, 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 6,078 ตัว ตายทั้งหมด กระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ตามข้อกำหนดของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

5. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อส้มโอ อบส้มโอโดยการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอภายในเครื่องตู้อบความร้อนให้อุณหภูมิภายในผลของส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส และคงความร้อนไว้ที่อุณหภูมิ 46, 47 และ48 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง จากการทดลอง พบว่า การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ค่าความเป็นกรด และการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มโอไม่มีความแตกต่างกัน 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 และ 47 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ2 ชั่วโมง โดยที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ยังพบจุดดำ (black spot) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากต่อมน้ำมันที่เปลือกของผลส้มโอแตก (damaged oil gland) เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงและคงความร้อนไว้เป็นระยะเวลานาน

6. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

การประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในผลส้มโอ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 จำนวนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัว ให้

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ตายทั้งหมด 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 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จำนวนประมาณ 39,384 ตัว ในผลส้มโอตายทั้งหมด

ซึ่งวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนภายในตู้อบความร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งและอุณหภูมิภายในผลส้มโอมีอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการอบส้มโอดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพสูงได้ระดับมาตรฐานที่ยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ และหนอนวัยต่างๆ ในส้มโอก่อนการส่งออก

7. การศึกษาความเสียหายต่อคุณภาพผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

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

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2556. แมลงวันผลไม้และการป้องกันกำจัด. [ออนไลน์] [อ้างถึง 26 กรกฎาคม 2557]
แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n12/v_10_nov/rai.html.

กรมวิชาการเกษตร

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. ส้มโอ. [ออนไลน์] [อ้างถึง 24 พฤษภาคม 2560] แหล่งข้อมูล: http://www.agritech.doae.go.th/fruit2/pomelo.

ชัยณรัตน์ สนศิริ สลักจิต พานคำ ชลธิชา รักใคร่ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ และพงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์. 2562. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) ในมังคุดก่อนการส่งออกไปประเทศไต้หวัน. การประชุมวิชาการของสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ประจำปี 2562. 10-12 มิถุนายน 2562. ณ. รอยัลฮิลล์ กอล์ฟ รีสอร์ท แอนด์ สปา จ. นครนายก. เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการอารักขาพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 29 หน้า.

ชัยณรัตน์ สนศิริ สลักจิต พานคำ ชลธิชา รักใคร่ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ และพงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์. 2563. การกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock) (Diptera: Tephritidae) ด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเปิดตลาดมังคุดไปไต้หวัน. การประชุมวิชาการของสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ประจำปี 2563. 17-18 กันยายน 2563. ณ. อาคารเฉลิมพระเกียรติ สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการอารักขาพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 15 หน้า.

มนตรี จิระสุรัตน์. 2544. แมลงวันผลไม้ที่สำคัญของประเทศไทยและการแพร่กระจาย. แมลงวันผลไม้ในประเทศไทย. เอกสารวิชาการกองกีฏวิทยาและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 6 หน้า.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2550. โรงงานอบไอน้ำเพื่อการส่งออก. คู่มืออารักขาพืช 13 (1): 2.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2552. การกำจัดแมลงในผลไม้เพื่อการส่งออกด้วยวิธีการอบไอน้ำ. หน้า. 43-46. *ใน*: เทคโนโลยีการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนอกฤดูเพื่อการส่งออก. โดยภารกิจโครงการและประสานงานวิจัย, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2552. ขั้นตอนการอบไอน้ำมะม่วงและมังคุดสดจากประเทศไทยเพื่อการส่งออกไปญี่ปุ่น. *ใน*: การประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออก. 30 มิถุนายน - 1 กรกฎาคม 2552. ณ. โรงแรมท็อปแลนด์พลาซ่า จ. พิษณุโลก. (เอกสารแจกในที่ประชุม)

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2554. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก. หน้า. 43-46. *ใน*: การประชุมสัมมนาวิชาการอารักขาพืช 28-30 มิถุนายน 2554. ณ. โรงแรมทวาราวดี จ. ปราจีนบุรี. เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการอารักขาพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชกรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2555. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันทองด้วยความร้อนในผลมะละกอเพื่อการส่งออก. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาศัตรูพืชหมดปัญหาเมื่ออารักขาถูกวิธี. 7-9 สิงหาคม 2555. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 100 หน้า.

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. ผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาเป็นผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2549, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า. 125-143.

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.

CABI. 2014. Invasive Species Compendium. *Bactrocera dorsalis* http://www.cabi.org/isc/datasheet/17685. (26 July 2014).

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

Intarakumheng, R., U. Unahawutti, S. Phankum, C. Sonsiri, M. Srimartpirom, C. Ormking and J. Chantra. 2006. Thermal tolerance of the first instar larvae of oriental fruit fly to modified vapor heat treatment in Mahachanok and Nang Klangwan mangoes. A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) for approval of a quarantine treatment on Mahachanok mango to be exported from Thailand to Japan. Plant Quarantine Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture. Bangkok 38 p.

Intarakumheng, R., S. Phankum, C. Sonsiri, M. Srimartpirom, C. Ormking and U. Unahawutti. 2013. Evaluation of modified vapor heat treatment as quarantine treatment for Khiaosawoey and Chokanan mangoes infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) for market access of Khiaosawoey and Chokanan mangoes from Thailand to Japan. Plant Quarantine Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture. Bangkok. 139 p.

Iwaizumi, R. 2004. Species and host record of the *Bactrocera dorsalis* complex (Diptera: Tephritidae) detected by the plant quarantine of Japan. Applied Entomology and Zoology 39 (2): 327-333.

Jennifer, L. and G. Kaufman. 2012. Featured Greatures. University of Florida http://www.entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/tropical/oriental_fruit_fly.htm

กรมวิชาการเกษตร

(26 July 2014).

MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). 2010. Summary of proposed Revisions to the Enforcement Ordinance of the Plant Protection Law and Concerned Public Notice Retrieved February1, 2012 from http://www.members.wto.org/crnattachments/2010/sps/JPN/10_4194_00_e.pdf

McDonald, R.E. and W.R. Miller. 1994. Quality and condition maintenance. *In*: J.L. Sharp and G.Y. Hallman (eds.), Quarantine treatment for pests of food plant. Westview Press, Inc., Boulder, Cololado, USA. pp. 249-277.

Miyazaki, I. 2010. How to prepare the technical report on vapor heat disinfestations test. *In*: Report of the thermal treatment for the disinfestations of fruit flies. Naha Plant Protection Station, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency, Japan. 30 p.

Shimizu, Y., T. Kohama, T. Uesato, T. Matsuyama and M. Yamagishi. 2007. Invasion of solanum fruit fly *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) to Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, Japan. Appl. Entomol. Zool. 42 (2): 269-275.

Sonsiri, C., W. Rattanadechakul, S. Phankum, M. Srimartpirom and C. Ormking. 2015. Modified Vapor Heat Treatment for Mangosteen Infested with *Bactrocera dorsalis*, *B. carambolae* and *B. papayae* (Diptera: Tephritidae) for Export. A research submitted to Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine (BAPHIQ) Council of Agriculture, Executive Yuan Taipei City Taiwan, R.O.C. Plant Quarantine Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture. Bangkok. 26 p.

Srimartpirom, M. 2010. The final report of thermal treatment for the disinfestations of fruit flies from Thailand. p 95. *In*: Report of the thermal treatment for the disinfestations of fruit flies. Naha Plant Protection Station, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency, Japan. 100 p.

Thomas, D. B. 2004. Hot peppers as a host for the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist 87 (4): 603-608.

Unahawutti, U., C. Chettanachitara, M. Poomthong, P. Konson, E. Smitasiri, C. Lapasathukool, W. Worawisitthumrong and R. Intarakumheng. 1986. Vapor heat treatment for 'Nang Klangwun' mango, *Mangifera indica* Linn., infested with eggs and larvae of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel and the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett (Diptera:

กรมวิชาการเกษตร

Tephritidae). Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture. Bangkok. 108 p.

Unahawutti, U., M. Poomthong, R. Intarakumheng, W. Worawisitthumrong, C. Lapasathukool, E. Smitasiri, P. Srisoon and C. Ratanawaraha. 1991. Vapor heat as plant quarantine treatment of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes infested with fruit flies (Diptera: Tephritidae). Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture. Bangkok. 342 p.

Unahawutti, U., S. Phankum, P. Ongthonglang and C. Chettanachitara. 1999. Heated-air quarantine treatment for mangosteen infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephitidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangosteen to be exported to Japan. Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture. Bangkok. 630 p.

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, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai pummelo to be exported to Japan. Plant Quarantine Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture. Bangkok. 135 p.

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

White, I. M. and M. M. Elson-Harris. 1992. Fruit flies of economic significance: Their identification and bionomics. CAB International, Wallingford, UK. 601 p.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ภาคผนวก

Table 1. Calibration factor obtained from each sensor of the vapor heat treatment system.

Date/Time	Number of sensor[1/]							
12/10/2018	1	2	4	5	6	8	9	10
9:00	46.0	100	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
9:05	46.0	99.9	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
9:10	46.0	100	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
9:15	46.0	99.9	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
9:20	46.0	99.9	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0

[1/]The test was conducted by dipping all sensors into constant temperature water bath at 46.0 °C for 0:20 minutes.

Table 2. Time for center of pummelo to attain 46.0 °C for various holding times during modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Rep.	Load factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (min.)[1/]			
					0:00	0:10	0:20	0:30
1	18.35	1,175.89	1,181.40	1,182.30	5:36	5:46	5:56	6:06
2	18.92	1,180.08	1,183.92	1,185.93	6:00	6:10	6:20	6:30
3	18.86	1,192.82	1,194.10	1,197.96	5:40	5:50	6:00	6:10

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 3. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 °C during modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 °C (h)[1/]	Time form 43.0 to 46.0 °C (h)[1/]
1	3:36	5:36	2:00
2	4:00	6:00	2:00
3	3:41	5:40	1:59

ศรีบัวการเกษตร

Average	3:59	5:59	2:00

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 4. Mortality[1/] of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Tubtim Siam) treated with modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]
Control	1,200	1,001	199	0
46.0 ° C + 0 min.	1,200	0	1,200	100
46.0 ° C + 10 min.	1,200	0	1,200	100
46.0 ° C + 20 min.	1,200	0	1,200	100
46.0 ° C + 30 min.	1,200	0	1,200	100

[1/]Combined data of 3 replicates.

[2/]Treatment: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

Control: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Table 5. Mortality[1/] of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Thong Dee) treated with modified vapor heat treatment in preliminary disinfestation test.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]
Control	1,200	1,016	184	0
46.0 ° C + 0 min.	1,200	0	1,200	100
46.0 ° C + 10 min.	1,200	2	1,198	99.70
46.0 ° C + 20 min.	1,200	0	1,200	100
46.0 ° C + 30 min.	1,200	0	1,200	100

[1/]Combined data of 3 replicates.

กรมวิชาการเกษตร

[2/]Treatment: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

Control: 2 fruits infested with 200 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Table 6. Time for center of pummelo to attain 46.0 °C for various holding times during modified vapor heat treatment in intermediate disinfestation test.

Rep.	Load factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (min.)[1/]		
					0:00	0:10	0:20
1	14.86	1,200.59	1,206.57	1,206.96	5:22	5:32	5:42
2	14.91	1,207.21	1,211.16	1,219.42	5:20	5:30	5:40
3	14.97	1,223.77	1,224.93	1,224.81	5:40	5:50	6:00

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 7. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 °C during modified vapor heat treatment in intermediate disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 °C (h)[1/]	Time form 43 to 46.0 °C (h)[1/]
1	3:31	5:22	1:51
2	3:25	5:20	1:55
3	3:40	5:40	2:00
Average	**3:32**	**5:27**	**1:55**

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 8. Mortality[1/] of first instar of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Pummelo (Tubtim Siam) treated with modified vapor heat treatment in intermediate disinfestation test.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]

Control	2,400	2,026	374	0
46.0 ° C + 0 min.	2,400	2	2,398	99.85
46.0 ° C + 10 min.	2,400	0	2,400	100
46.0 ° C + 20 min.	2,400	0	2,400	100

[1/]Combined data of 3 replicates.

[2/]Treatment: 4 fruits infested with 200 individuals/fruit.

Control: 4 fruits infested with 200 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Table 9. Time for center of pummelo to attain 46.0, 47.0 and 48.0 ° C for various holding times during modified vapor heat treatment in fruit injury test.

Temp.	Load factor (kg/cum.)	Rep.	Sensor fruit weight (g)			Time (h)[1/] 0:00	1:00	2:00
46.0 ° C	14.06	1	1,178.74	1,187.45	1,190.47	6:45	7:45	8:45
	13.60	2	1,191.40	1,195.08	1,197.97	6:25	7:25	8:25
47.0 ° C	15.06	1	1,198.72	1,200.41	1,206.12	6:30	7:30	8:30
	15.11	2	1,208.40	1,210.04	1,212.08	6:20	7:20	8:20
48.0 ° C	13.70	1	1,223.05	1,223.36	1,224.47	6:30	7:30	8:30
	14.34	2	1,217.36	1,220.75	1,221.28	6:25	7:25	8:25

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table 10. Time for center of pummelo to attain 43.0, 46.0, 47.0 and 48.0 ° C during modified vapor heat treatment in fruit injury test.

Temp.	Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 ° C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0, 47.0, 48.0 ° C (h)[1/]	Time form 43 to 46.0, 47.0, 48.0 ° C (h)[1/]
46.0 ° C	1	4:25	6:45	2:20
	2	4:15	6:25	2:10

กรมวิชาการเกษตร

47.0 ° C	1	3:50	6:30	2:40
	2	3:50	6:20	2:30
48.0 ° C	1	3:35	6:30	2:55
	2	3:35	6:25	2:50
	Average	**4:08**	**6:29**	**2:34**

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table 11. Weight loss (%) of pummelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 ° C for various holding times and 7 days chamber at 10 ° C.

Rep.	Treatment[1/]	Weight loss (%)[ns]		
		0:00 h	1:00 h	2:00 h
1	46.0 ° C	4.70	4.39	4.34
	Control	4.01		
	t-test 46.0 ° C vs Control			
	47.0 ° C	3.86	3.88	4.47
	Control	3.38		
	t-test 47.0 ° C vs Control			
	48.0 ° C	4.50	5.09	4.59
	Control	4.07		
	t-test 48.0 ° C vs Control			
2	46.0 ° C	3.94	4.15	4.34
	Control	4.21		
	t-test 46.0 ° C vs Control			
	47.0 ° C	4.31	4.28	4.31
	Control	3.53		
	t-test 47.0 ° C vs Control			
	48.0 ° C	5.17	4.63	4.79

กรมวิชาการเกษตร

	Control	4.81
	t-test 48.0 °C vs Control	

[1/] Treatment: mean of 4 fruits, Control: mean of 4 fruits.
[ns] Non difference was statistically significant by t-test.
* The difference was statistically significant by t-test.

Table 12. Total soluble solid ([0] Brix) of pummelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 °C for various holding times and 7 days chamber at 10 °C.

Rep.	Treatment[1/]	Brix value (Brix)[ns]		
		0:00 h	1:00 h	2:00 h
1	46.0 °C	8.98	8.95	8.90
	Control	9.18		
	t-test 46.0 °C vs Control			
	47.0 °C	8.78	9.28	9.20
	Control	8.98		
	t-test 47.0 °C vs Control			
	48.0 °C	9.13	9.18	9.15
	Control	9.20		
	t-test 48.0 °C vs Control			
2	46.0 °C	8.65	9.03	9.38
	Control	9.50		
	t-test 46.0 °C vs Control			
	47.0 °C	9.45	9.08	9.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร

	Control	9.73		
	t-test 47.0 °C vs Control			
	48.0 °C	9.65	8.98	9.25
	Control	10.28		
	t-test 48.0 °C vs Control			

[1/] Treatment: mean of 4 fruits, Control: mean of 4 fruits.
[ns] Non difference was statistically significant by t-test.
* The difference was statistically significant by t-test.

Table 13. Acidity (%) of pummelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 °C for various holding times and 7 days chamber at 10 °C.

Rep.	Treatment[1/]	Acidity (%)[ns]		
		0:00 h	1:00 h	2:00 h
1	46.0 °C	0.35	0.43	0.40
	Control	0.43		
	t-test 46.0 °C vs Control			
	47.0 °C	0.50	0.40	0.41
	Control	0.46		
	t-test 47.0 °C vs Control			
	48.0 °C	0.46	0.50	0.37
	Control	0.44		
	t-test 48.0 °C vs Control			
2	46.0 °C	0.39	0.38	0.35
	Control	0.37		
	t-test 46.0 °C vs Control			

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

47.0 °C	0.54	0.41	0.38
Control	0.53		
t-test 47.0 °C vs Control			
48.0 °C	0.37	0.42	0.39
Control	0.43		
t-test 48.0 °C vs Control			

1/ Treatment: mean of 4 fruits, Control: mean of 4 fruits.
ns Non difference was statistically significant by t-test.
* The difference was statistically significant by t-test.

กรมวิชาการเกษตร

Table 14. Peel color rating (0-4) of pummelo treated with modified vapor heat treatment center temperature 46.0, 47.0 and 48.0 °C for various holding times and 7 days chamber at 10 °C.

Rep.	Treatment[1/]	Peel color rating (0-4)[ns]		
		0:00 h	1:00 h	2:00 h
1	46.0 °C	0.25	0.50	0.50
	Control	0.50		
	t-test 46.0 °C vs Control			
	47.0 °C	0.50	0.25	0.25
	Control	0.25		
	t-test 47.0 °C vs Control			
	48.0 °C	0.50	0.25	0.75
	Control	0.25		
	t-test 48.0 °C vs Control			
2	46.0 °C	0.50	0.25	0.75
	Control	0.25		

t-test 46.0 °C vs Control			
47.0 °C	0.25	0.25	0.25
Control	0.25		
t-test 47.0 °C vs Control			
48.0 °C	0.75	0.25	1.00
Control	0.25		
t-test 48.0 °C vs Control			

[1/] Treatment: mean of 4 fruits, Control: mean of 4 fruits.
[ns] Non difference was statistically significant by t-test.
* The difference was statistically significant by t-test.

กรมวิชาการเกษตร

Table 15. Time for center of pummelo to attain 46.0 °C for 0:30 minutes during modified vapor heat treatment in large scale disinfestation test.

Rep.	Loading (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (h)[1/] 0:00	0:30
Low load: 60.38 - 60.59 kg/cum.						
1	60.51	1,200.79	1,203.73	1,206.73	5:26	5:56
2	60.38	1,191.02	1,192.82	1,196.26	5:48	6:18
3	60.55	1,178.82	1,185.01	1,186.88	5:20	5:50
4	60.59	1,194.82	1,196.58	1,197.79	5:41	6:11
5	60.45	1,212.18	1,216.65	1,219.50	5:18	5:48
Full load: 120.55 - 120.67 kg/cum.						
1	120.65	1,211.38	1,215.70	1,219.69	6:02	6:32
2	120.65	1,212.14	1,214.14	1,219.12	6:17	6:47
3	120.55	1,213.55	1,220.10	1,220.70	6:27	6:57
4	120.66	1,221.03	1,222.87	1,222.99	6:33	7:03
5	120.67	1,220.22	1,223.12	1,223.57	6:10	6:40

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 16. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 °C during modified vapor heat treatment in large scale disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 °C (h)[1/]	Time form 43 to 46.0 °C (h)[1/]
Low load: 60.38 - 60.59 kg/cum.			
1	3:38	5:26	1:48
2	3:52	5:48	1:56
3	3:37	5:20	1:43
4	3:46	5:41	1:55
5	3:34	5:18	1:44
Average	**3:41**	**5:31**	**1:49**
Full load: 120.55 - 120.67 kg/cum.			
1	4:05	6:02	1:57
2	4:13	6:17	2:04
3	4:23	6:27	2:04
4	4:25	6:33	2:08
5	4:06	6:10	2:04
Average	**4:14**	**6:18**	**2:03**

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 17. Survival[1/] of first instar of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pummelo (Tubtim Siam) treated with modified vapor heat treatment at 46 ° C for 0:30 minutes in large scale disinfestation test.

Rep.	Infestation method	No. test fruit		No. alive individual in control (larvae)	Estimated treated population (larvae)	No. survivors
		Control	Treatment[2/]			
Low load: 60.38 - 60.59 kg/cum.						
1	Larval inoculation	6	18	825	2,556	0
	Forced infestation	2	6	325	975	0
2	Larval inoculation	6	18	919	2,757	0

กรมวิชาการเกษตร

	Forced infestation	2	6	279	891	0
3	Larval inoculation	6	18	868	2,604	0
	Forced infestation	2	6	322	966	0
4	Larval inoculation	6	18	986	2,958	0
	Forced infestation	2	6	304	912	0
5	Larval inoculation	6	18	1,047	3,141	0
	Forced infestation	2	6	415	1,245	0
	Sub-total	**40**	**120**	**6,335**	**19,005**	**0**

กรมวิชาการเกษตร

Table 17. Continued.

Rep.	Infestation method	No. test fruit		No. alive individual in control (larvae)	Estimated treated population (larvae)	No. survivors
		Control	Treatment[2/]			
		Full load: 120.55 - 120.67 kg/cum.				
1	Larval inoculation	6	18	1,013	3,039	0
	Forced infestation	2	6	365	1,095	0

2	Larval inoculation	6	18	931	2,793	0
	Forced infestation	2	6	374	1,122	0
3	Larval inoculation	6	18	920	2,760	0
	Forced infestation	2	6	385	1,155	0
4	Larval inoculation	6	18	1,042	3,126	0
	Forced infestation	2	6	396	1,188	0
5	Larval inoculation	6	18	981	2,943	0
	Forced infestation	2	6	386	1,158	0
	Sub-total	**40**	**120**	**6,766**	**20,379**	**0**
	Total	**80**	**240**	**13,101**	**39,384**	**0**

[1/]Combined data of 10 replicates.

[2/]Treatment: 180 fruits (Larval inoculation) infested with 200 individuals/fruit.
Control: 60 fruits (Larval inoculation) infested with 200 individuals/fruit.
Treatment: 60 fruits (Forced infestation).
Control: 20 fruits (Forced infestation).

กรมวิชาการเกษตร

Table 18. Time for center of pummelo to attain 43.0 and 46.0 °C for 0:30 minutes during modified vapor heat treatment in commercial export simulation test.

Method of transportation	Rep.	Loading (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center to reach 43.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.0 °C 0:30 (h)[1/]
Air shipment	1	132.22	1,202.79	4.15	6.15	6.45
Sea shipment			1,206.20			
			1,214.17			
Air shipment	2	132.63	1,206.35	4.25	6.46	7.16
Sea shipment			1,208.88			
			1,214.77			

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table 19. Air transportation: Quality of pummelo fruits treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46.0 °C for 0:30 minutes and 7 days chamber at 10 °C.

Rep.	Item [ns]		Control[1/]	Treatment[1/]
1	Weight loss	%	3.05	3.96
	TSS	[0] Brix	9.95	9.82
	Acidity	%	0.90	0.68
	Peel color	0-4 scale	0.25	0.50
	Damaged oil gland[2/]	Present	0/4	0/12
	Smell[2/]	Unusual	0/4	0/12
	Taste[2/]	Unusual	0/4	0/12
2	Weight loss	%	3.22	3.93
	TSS	[0] Brix	9.65	10.60
	Acidity	%	0.53	0.46
	Peel color	0-4 scale	0.25	0.75
	Damaged oil gland[2/]	Present	0/4	0/12
	Smell[2/]	Unusual	0/4	0/12
	Taste[2/]	Unusual	0/4	0/12

[1/]Control = mean of 4 fruits, Treatment = mean of 12 fruits.

กรมวิชาการเกษตร

[2/]Fruits exhibited symptom/Total number of fruits observed.

[ns] Non difference was statistically significant by t-test.

Table 20. Sea transportation: Quality of pummelo fruits treated with proposed heat quarantine treatment at center temperature 46.0 °C for 0:30 minutes and 14 days chamber at 10 °C.

Rep.	Item [ns]		Control[1/]	Treatment[1/]
1	Weight loss	%	5.75	6.88
	TSS	[0] Brix	11.43	10.61
	Acidity	%	0.54	0.62
	Peel color	0-4 scale	0.25	0.42
	Damaged oil gland[2/]	Present	0/4	0/12
	Smell[2/]	Unusual	0/4	0/12
	Taste[2/]	Unusual	0/4	0/12
2	Weight loss	%	6.36	6.62
	TSS	[0] Brix	10.23	9.96
	Acidity	%	0.50	0.48
	Peel color	0-4 scale	0.50	0.83
	Damaged oil gland[2/]	Present	0/4	0/12
	Smell[2/]	Unusual	0/4	0/12
	Taste[2/]	Unusual	0/4	0/12

[1/]Control = mean of 4 fruits, Treatment = mean of 12 fruits.

[2/]Fruits exhibited symptom/Total number of fruits observed.

[ns] Non difference was statistically significant by t-test.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 1. Fruit fly mass rearing room.

Figure 2. Fruit fly eggs.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 3. Count fruit fly first instar under microscope.

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

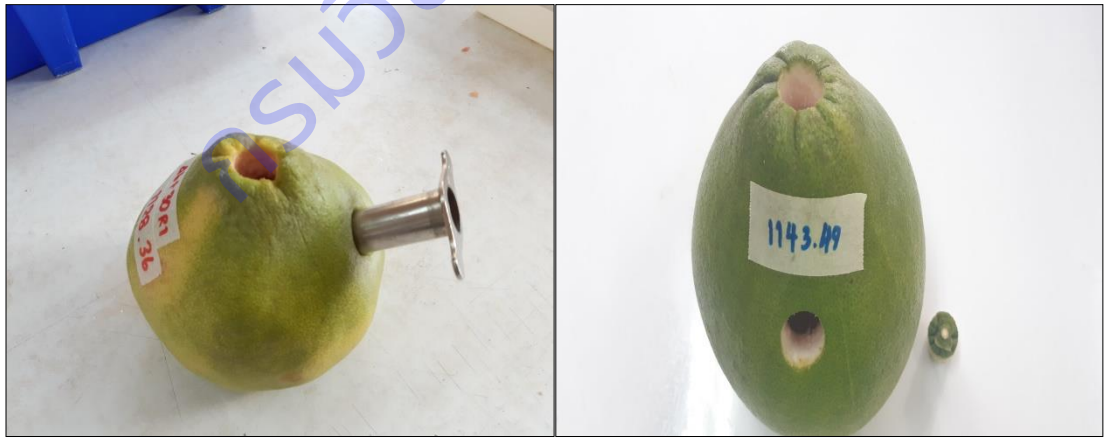


Figure 5. The second hole was made on upper half of test fruits.

กรมวิชาการเกษตร

Figure 6. Sanshu vapor heat treatment system (differential pressure type) model: EHK-1000D.

Figure 7. Calibration sensor of resistance thermometers.

Figure 8. Recorder in the vapor heat treatment system.

Figure 9. Place monitoring of fruit temperature (sensor fruit).

Figure 10. Control and test fruits infested with fruit fly first instar were held in room at 25-27 ° C after heat treatment.

Figure 11. Test fruits infested with fruit fly first instar were observed at each given treatment temperature and holding time.

Figure 12. Fruit holding containers (drawer-type boxes).

Figure 13. Showing cooling system (differential pressure type) model: SHS-12.

Figure 14. Control and treated fruits keep in box.

Figure 15. Control and treated fruits in chamber at 10 ° C after heat treatment.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Figure 16. The measurement of total soluble solid (TSS) by using 'atago' digital refractometer (model: DBX-30).

Figure 17. The measurement of acidity by using acilizer (model: 5 006P).

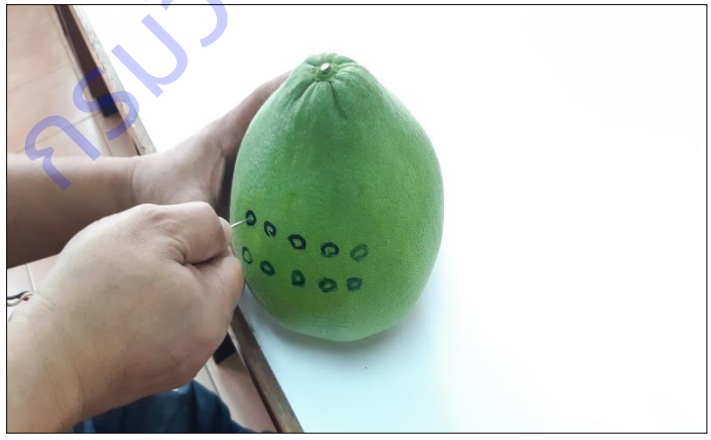


Figure 18. Forced infestation method ten punctures were made on the fruit surface by inserting pin (0.5 mm. diameter).

กรมวิชาการเกษตร

Figure 19. Forced infestation method test fruits were individually exposed to gravid females for oviposition.

Figure 20. Artificial and Forced infestation method.

Figure 21. Filler fruits.

Figure 22. Low load and Full load in chamber (capacity 50 and 100 %).

Figure 23. Commercial export simulation test.

Figure 24. Filler fruits.

Figure 25. Symptom of damaged oil gland (black spot) found on peel of MVHT treated fruits at 48 ° C for 2 h after 7 days in chamber at 10 ° C.

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.8 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลมะละกอฮอลแลนด์เพื่อการส่งออก

Research and Development of Heated Air Quarantine Treatment to Control the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) on Papaya (Holland) cultivar for export

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ สลักจิต พานคำ รัชฎา อินทรกำแหง ชัยณรัตน์ สนศิริ
ปวีณา บูชาเทียน พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์ ศิริพร คงทวี

Monnipa Srimartpirom Saluckjit Phankum Rachada Intarakumheng Chainarat Sonsiri
Paweena Buchatian Phuttipong Phangrerk Pongsak Jinarite Siriporn Khongthawie

คำสำคัญ

วิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช, แมลงวันผลไม้, มะละกอ, ทดสอบการตาย, ผลไม้ส่งออก

Key words

Plant Quarantine, Fruit fly, Papaya, Mortality, Export fruit

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

หลังจากประเทศไทยได้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (quarantine treatment) เพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *Bactrocera dorsalis* species complex ในผลมะม่วง, มังคุด และส้มโอ ก่อนส่งออกโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* (Hendel) ในผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ได้ตามมาตรฐานวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชระหว่างประเทศ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมะละกอหลังอบไอน้ำ สำหรับในปี 2562-2564 ได้มีการศึกษา 3 หัวข้อ ดังนี้ 1.) ศึกษาด้านความเสียหายของมะละกอจากความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์ต่อคุณภาพของมะละกอ พบว่ามะละกอที่ผ่านความร้อน ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ไม่พบความเสียหายที่เด่นชัดภายในเนื้อมะละกอเมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน เมื่อพิจารณาจากการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณน้ำตาล พบว่ามะละกอที่ผ่านความร้อนที่ 8 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน 2.) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ ดำเนินการทดลองโดยอบมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ที่ อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และเก็บมะละกอที่ผ่านความร้อน ที่อุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส พบว่าการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณน้ำตาล ของมะละกอที่ผ่านความร้อน เก็บไว้ ที่ 7 และ 14 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบ

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

Abstracts

Thailand was successfully developed modified vapor heat treatment (MVHT) as a quarantine treatment to disinfest fruit flies in mango, mangosteen and pummelo fruit before export without affecting fruit quality. The objective of these experiment was to demonstrate the effectiveness of MVHT under simulated commercial conditions as large scale test for approval a quarantine treatment requires a minimum of 30,000 individuals of the most heat tolerant stage of the oriental fruit fly (OFF), *Bactrocera dorsalis* (Hendel), first 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, when the infested fruits were heated with hot air at 50-80 % RH from ambient temperature to 43°C (dry preheating period) and the fruits were then gradually warmed to 47° C with high temperature air saturated with water vapor, and subsequently the fruit center temperature was kept 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 the OFF, *B. dorsalis* on papaya without damaging fruit quality could be as standard quarantine treatment for papaya exported from Thailand.

บทนำ (Introduction)

มะละกอ *Carica papaya* L. เป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออก เนื่องจากประเทศไทยจัดอยู่ในลำดับที่ 9 ของผู้ผลิตมะละกอทั่วโลก (Songpol, 2011) พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้า คือ พันธุ์แขกนวล แขกดำ แขกดำท่าพระ ฮอลแลนด์ เรดเลดี้ และปากช่อง โดยเฉพาะมะละกอฮอลแลนด์ผลสุก เป็นพันธุ์ที่ขาย

ได้ราคาสูง เนื่องจากให้ผลดก ผลคล้ายลูกฟักอ่อน มีเนื้อสีแดงอมส้ม รสชาติหวาน เปลือกหนา จึงทำให้ทนทานต่อโรค และการขนส่งได้ดี (จริงแท้, 2552; Thaipong *et al*., 2011) อย่างไรก็ดีมะละกอเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ภายใต้เงื่อนไขการส่งออกมะละกอไปจำหน่ายยังประเทศที่มีความเข้มงวดด้านกักกันพืช ประเทศไทยจำเป็นต้องหาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ที่มีประสิทธิภาพ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ และได้มาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

แมลงวันผลไม้ Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ชนิดแมลงวันทองเป็นแมลงศัตรูที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของผลไม้หลายชนิดในประเทศไทย สามารถเข้าทำลายผลไม้ที่มีเปลือกบางหรืออ่อนนุ่ม เช่น มะม่วง ชมพู่ ฝรั่ง มะละกอ พุทรา กล้วย น้อยหน่า ฯลฯ (อินทวัฒน์, 2537) มลนิภาและคณะ (2555) รายงานว่าแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* สามารถเข้าทำลายมะละกอได้ 100 เปอร์เซ็นต์ หากไม่มีการป้องกันกำจัด นอกจากนี้แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จัดอยู่ในกลุ่มแมลงวันผลไม้สายพันธุ์ *B. dorsalis* species complex ซึ่งมีความสำคัญทางด้านกักกันพืช (CABI, 2015; Vargas *et al*., 2015)

วิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชก่อนส่งออกมีหลายวิธี อาทิเช่น การใช้ความร้อน ความเย็น รมควัน และฉายรังสี ฯลฯ ประเทศไทยได้ประสบความสำเร็จในการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน โดยใช้วิธีอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment, VHT) และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified, Vapor Heat Treatment, MVHT) เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* species complex และ *B. cucurbitae* ในมะม่วง 7 พันธุ์ (หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด พิมเสนแดง มหาชนก เขียวเสวย และโชคอนันต์) มังคุด และส้มโอพันธุ์ทองดี ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ (รัชฎาและคณะ, 2553; Intarakumheng *et al*., 2016; Lapasathukool *et al*., 2002; Unahawutti *et al*., 1991, 1999, 2006)

งานวิจัยในผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออกชนิดอื่น ๆ มลนิภาและคณะ (2555) ได้ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของมะละกอฮอลแลนด์ด้วยวิธีอบไอน้ำ (VHT) เปรียบเทียบกับวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) พบว่าวิธีอบไอน้ำ MVHT มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีอบไอน้ำ VHT นอกจากนี้ มลนิภาและคณะ (2555) ได้ศึกษาความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะไข่ และหนอนในมะละกอฮอลแลนด์ ด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT เพื่อกำหนดระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด พบว่าหนอนวัยที่ 1 เป็นวัยที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำ MVHT ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลไม้เพื่อการส่งออก จำเป็นต้องศึกษาปัจจัยในด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ได้ตามมาตรฐานด้านกักกันพืช

มลนิภา และคณะ (2558) ได้ศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่ออัตราการตายของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอฮอลแลนด์ โดยอบมะละกอทดลองกำจัดหนอนแมลงวันผลไม้ วัยที่ 1 ด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ในช่วงแรกของการให้ความร้อนกับมะละกออาศัยอากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ ที่ 50 และ 80 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมะละกอขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปรับเปลี่ยนการให้ความ

กรมวิชาการเกษตร

ร้อนกับมะละกอเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) จนกระทั่งอุณหภูมิผลมะละกอตรงบริเวณกึ่งกลางอยู่ที่ 46.5 และ 47 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ 20 นาที โดยตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิต พบว่าอุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ไม่พบแมลงรอดชีวิต นอกจากนี้ได้ศึกษาอัตราการตายของแมลงที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 0, 10 และ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ไม่พบแมลงรอดชีวิต และอุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าวมีประสิทธิภาพกำจัดหนอนวัยที่ 1 จำนวนมากกว่า 3,000 ตัว ได้ 100 เปอร์เซ็นต์

จากผลงานวิจัยนี้ มีความเป็นไปได้สูงที่จะเสนอให้มีการประเมินประสิทธิภาพวิธีการนี้กำจัดแมลงวันผลไม้ จำนวนมากกว่า 30,000 ตัว ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เพื่อใช้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละก่อนส่งออก สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปถึง 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาด ในกรณีนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กับตู้อบไอน้ำระดับการค้า เพื่อกำจัดแมลงในผลไม้อบไอน้ำก่อนส่งออก การวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้เพื่อการส่งออก จำเป็นต้องดำเนินการตามเงื่อนไขของหน่วยงานกักกันพืชต่างประเทศ อาทิเช่น ประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดเกณฑ์พิจารณาวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงในระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด จำนวนไม่ต่ำกว่า 30,000 ตัว ให้ตายทั้งหมด (Miyazaki, 2010) ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงต่ำสุดที่ระดับ 99.9968 เปอร์เซ็นต์ (probit 9) แมลงสามารถรอดชีวิตได้ไม่เกิน 3 ตัว จากจำนวนแมลงทั้งหมด 100,000 ตัว

จากผลงานวิจัยของคณะผู้วิจัยฯ ในปี 2562 ได้ศึกษาด้านความเสียหายของมะละกอฮอลแลนด์จากความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ MVHT ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์ต่อคุณภาพของมะละกอ และในปี 2563 ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอฮอลแลนด์ในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ และล่าสุด ในปี 2564 ได้ศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำ MVHT เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ในผลมะละกอฮอลแลนด์ พบว่าวิธีอบไอน้ำ MVHT มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอ ได้ตามมาตรฐานวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชระหว่างประเทศ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมะละกอหลังอบไอน้ำ

วิธีอบไอน้ำ MVHT นอกจากมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้แล้ว ยังไม่ก่อให้เกิดพิษตกค้างภายในผลไม้ ซึ่งมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงผ่านการยอมรับอย่างกว้างขวางจากประเทศผู้นำเข้า ในปัจจุบันประเทศไทยมีการสร้างโรงงานกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนระดับการค้าอย่างแพร่หลาย โดยใช้วิธีอบไอน้ำ MVHT อบผลมะม่วง มังคุด และส้มโอ เพื่อการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และนิวซีแลนด์ (มลนิภา, 2552, 2554, 2562) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ได้ตามมาตรฐานวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชระหว่างประเทศ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมะละกอหลังอบไอน้ำ

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

12. ผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์จากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออกที่ได้มาตรฐาน
13. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
14. เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
15. ปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน (standard thermometer)
16. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
17. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่นEHK–1000B/EHK–1000D จำนวน 2 เครื่อง
18. เครื่องลดอุณหภูมิผลไม“Sanshu” shower cooling system (differential pressure type) รุน SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan
19. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Refractometer Atago PAL-BX ACID 1
20. เครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น CR-10 Plusher
21. ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก (อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้น 75 เปอร์เซ็นต์)
22. 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 การเตรียมมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ การทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำ และการเตรียมแมลงวันผลไม้ เพื่อใช้ในงานทดลอง

<u>สำรวจสวนและคัดเลือกมะละกอเพื่อใช้ในการทดลอง</u>

ดำเนินการสำรวจสวนมะละกอที่ได้คุณภาพตามมาตรฐานส่งออกจากแหล่งปลูกมะละกอที่สำคัญได้แก่ จังหวัดนครปฐม, สุพรรณบุรี, นครราชสีมา, นครนายก, กำแพงเพชร, กาญจนบุรี, ราชบุรี, จันทบุรี, แพร่ และเชียงใหม่ เพื่อใช้ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อน และศึกษาด้านการกำจัดแมลง จากนั้นนำมะละกอกลับมายังห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช เก็บมะละกอไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อนำมาใช้ในงานทดลอง

<u>การทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการทดลอง</u>

กรมวิชาการเกษตร

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

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 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เรียบร้อยแล้วตรวจสอบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากกระดาษบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำจำนวน 2 ตู้

<u>การเตรียมแมลงวันผลไม้เพื่อใช้ในงานทดลอง</u>

แมลงวันผลไม้ที่ใช้ในงานทดลอง แหล่งที่มาได้มาจากแมลงวันผลไม้ที่เข้าทำลายผลมะละกอ โดยเก็บรวบรวมจากอำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี จากนั้นนำมาจำแนกชนิดแมลงอย่างละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อคัดแยกเฉพาะแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ดำเนินการเลี้ยงแมลงวันผลไม้ไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อเพิ่มจำนวนให้มีปริมาณมากเพื่อใช้ในงานทดลอง โดยการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม (artificial diet) ตามเทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Watanabe *et al*., (1973) และอุดร (2541) ดำเนินการเลี้ยงแมลงวันผลไม้ที่ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ที่ควบคุมอุณหภูมิและ

กรมวิชาการเกษตร

ความชื้น (อุณหภูมิ 26 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์) สำหรับการเตรียมแมลงวันผลไม้เพื่อใช้ในงานทดลองดำเนินการโดยการเลี้ยงในกรงใหญ่ จำนวน 20,000 ตัว/กรง และในกรงเล็ก จำนวน 2,000 ตัว/กรง เพื่อขยายประชากรแมลงให้เพียงพอต่องานทดลอง การเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่น จำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพของแมลงเป็นประจำ โดยการตรวจสอบอัตราการฟักไข่ (hatching rate) การออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักดักแด้ (pupa weight) และอัตราส่วนเพศผู้ และเพศเมีย (sex ratio) เพื่อควบคุมคุณภาพของแมลงก่อนทดลอง นอกจากนี้ความแข็งแรงของแมลงวันผลไม้ยังเป็นปัจจัยสำคัญต่องานทดลองอบไอน้ำกำจัดแมลง ดังนั้นการสำรวจแมลงวันผลไม้ในสวนผลไม้ที่เป็นพืชอาศัยของผลไม้และสภาพธรรมชาติเพื่อนำมาผสมพันธุ์กับแมลงวันผลไม้ในสภาพห้องปฏิบัติการเพื่อให้ประชากรแมลงยังคงสภาพความแข็งแรงเพื่อใช้ในงานทดลองจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการ

2. ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อน

2.1 ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์

คัดเลือกมะละกอที่ได้คุณภาพจากแหล่งปลูกมะละกอที่สำคัญ 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 องศาเซลเซียส (อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับ 50-80 เปอร์เซ็นต์) เมื่ออุณหภูมิผลถึง 43 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์จะถูกปรับให้ > 90 เปอร์เซ็นต์) อบมะละกอทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 47 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 20 นาที ภายหลังจากอบมะละกอทดลองครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลา ที่กำหนดไว้ ทำการลดอุณหภูมิผลมะละกอทันที โดยการฉีดพ่นด้วยน้ำนาน 40 นาที หลังจากเสร็จสิ้นการให้ความร้อน นำมะละกอที่ผ่านความร้อนห่อผลด้วยตาข่ายโฟม และบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 28x58x14 เซนติเมตร จากนั้นเก็บมะละกอทดลองตามรายละเอียดใน (มลนิภา และคณะ 2555) แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10-13 องศา

ศรีปทุมการเกษตร

เซลเซียส บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอหลังผ่านความร้อน ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงของสี ความแน่นเนื้อ และปริมาณน้ำตาลของมะละกอหลังผ่านความร้อนแล้ว 8 วัน เปรียบเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน (ทดลองจำนวน 2 ซ้ำ) วิเคราะห์ข้อมูลสถิติตามแผนการทดลอง และหาค่าความแตกต่างโดยใช้ DMRT โดยใช้หลักเกณฑ์พิจารณาและดำเนินการในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

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)

2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

คัดเลือกมะละกอที่ได้คุณภาพจากสวนมะละกอในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร โดยมะละกอทดลองใช้ระยะเก็บเกี่ยวเมื่อขึ้นแต้มสีเหลืองด้านปลายผล ผลมีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับส่งออก (น้ำหนัก 700-1,000 กรัม/ผล) จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดและแช่ในสารฆ่าเชื้อราเป็นเวลานาน 5 นาที เพื่อฆ่าเชื้อราที่อาจติดมากับผิวมะละกอและผึ่งให้แห้ง ดำเนินการโดยใช้ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่น EHK–1000B และEHK–1000D จำนวน 2 เครื่อง ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ดำเนินการโดยบรรจุมะละกอทดลองลงในกระบะชั้นบนสุด สำหรับกระบะที่ใช้บรรจุมะละกอทดลองในขั้นตอนนี้ เป็นกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนสูง ขนาด 36×70×15 เซนติเมตร ส่วนบริเวณด้านล่างทำด้วยสแตนเลส เจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เรียงเป็นแถวตลอดทั่วทั้งแผ่น เพื่อให้ความร้อนสามารถหมุนเวียนผ่านผลไม้ภายในกระบะไปยังกระบะใกล้เคียงได้ อบมะละกอในสภาพห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบไอน้ำที่มีปริมาณมะละกอ

กรมวิชาการเกษตร

บรรจุ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ (full load) ด้วยวิธีอบไอน้ำ (MVHT) ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ให้ความร้อนกับผลมะละกอ อาศัยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) ร่วมกับวิธีการอบอากาศร้อน (HAT) โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับผลมะละกอด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนที่หมุนเวียนผ่านผลมะละกอจะมีความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในผลมะละกอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียสแล้ว จึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีการอบไอน้ำ อากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (ดัดแปลงจาก อุดร และคณะ, 2549; Unahawutti *et al*., 2006) สำหรับการวัดอุณหภูมิผลมะละกอทดลองอาศัยการวัดจาก sensor fruit จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 850 ± 25 กรัม อบมะละกอโดยให้อุณหภูมิภายในสุดผลอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส 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) วิเคราะห์ข้อมูลสถิติตามแผนการทดลองและหาค่าความแตกต่างโดยใช้ DMRT

3. ศึกษาด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อน

ศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

ดำเนินการโดยเตรียมมะละกอทดลองให้มีหนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้อยู่ภายในผล (ดัดแปลงจาก อุดร และคณะ, 2550) 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 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์) เมื่อไข่ฟักออกเป็นหนอนวัย 1 ใช้ตะแกรงมีรูขนาด 80 เมซ 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 เมซ แต่ละกรงมีแมลงตัวเต็มวัยจำนวนประมาณ 2,000 ตัว แมลงตัวเต็มวัยที่ใช้สำหรับวางไข่มีอายุมากกว่า 2 สัปดาห์ การเตรียมผลมะละกอก่อนการให้แมลงวางไข่บนผลมะละกอ โดยล้างมะละกอเพื่อทำความสะอาดและเช็ดให้แห้ง

กรมวิชาการเกษตร

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

อบมะละกอทดลองด้วยวิธีการอบไอน้ำ MVHT โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลก่อนถึง 43 องศาเซลเซียส (อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับ 50-80 เปอร์เซ็นต์) เมื่ออุณหภูมิผลถึง 43 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์จะถูกปรับให้ > 90 เปอร์เซ็นต์) อบมะละกอทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 47 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 20 นาที (ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนมากกว่า 3,000 ตัว ในผลมะละกอฮอลแลนด์ให้ตายทั้งหมด) (มลนิภา และคณะ, 2558) ภายหลังจากอบมะละกอทดลองครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลา ที่กำหนดไว้ ทำการลดอุณหภูมิผลมะละกอโดยการเป่าด้วยลมนาน 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 จะต้องสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด จำนวนมากกว่า 30,000 ตัว ให้ตายทั้งหมด บันทึกจำนวนแมลงรอดชีวิตใน แต่ละผล control ทำการทดลองซ้ำจนกว่าจะได้จำนวนแมลงวันผลไม้รอดชีวิตในผลมะละกออ้างอิง (control) มากกว่า 30,000 ตัว (probit 9)

เวลาและสถานที่

เริ่มต้น กันยายน 2562 **สิ้นสุด** ตุลาคม 2564

จังหวัดนครปฐม, สุพรรณบุรี, นครราชสีมา, นครนายก, กำแพงเพชร, กาญจนบุรี, ราชบุรี, จันทบุรี, แพร่, เชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย และอภิปรายผล (Results and Discussion)

1 การเตรียมมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ การทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำ และการเตรียมแมลงวันผลไม้เพื่อใช้ในงานทดลอง

สำรวจสวนและคัดเลือกมะละกอเพื่อใช้ในการทดลอง

ได้คัดเลือกผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ที่ได้คุณภาพจากแหล่งปลูกมะละกอที่สำคัญใน จ.จันทบุรี และ จ. สุพรรณบุรี โดยทราบข้อมูลระยะที่เหมาะสมของมะละกอที่ใช้ทดลอง คือ ระยะเก็บเกี่ยวเมื่อขึ้นแต้มสีเหลืองด้านปลายผล น้ำหนัก 600-900 กรัม/ผล ซึ่งมีขนาดเหมาะสมสำหรับส่งออก เพื่อนำมาใช้ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์ และได้คัดเลือกผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ที่ได้คุณภาพจากแหล่งปลูกมะละกอใน จ.กำแพงเพชร โดยทราบข้อมูลระยะที่เหมาะสมของมะละกอที่ใช้ทดลอง ที่มีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ น้ำหนัก 700-1,000 กรัม/ผล (Figure 1) เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

การทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการทดลอง

ผลการทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดความร้อนและทดสอบรูปแบบของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมของตู้อบไอน้ำเพื่อเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง พบว่าแท่งวัดความร้อนสามารถอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นได้เที่ยงตรงเมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน (Table 1) (Figure 2) และได้รูปแบบของอุณหภูมิ (Table 2) ความชื้นที่เหมาะสม (Table 3) เพื่อใช้ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

การเตรียมแมลงวันผลไม้เพื่อใช้ในงานทดลอง

ได้เพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* โดยการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมที่ห้องเลี้ยงแมลงควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (26±1 องศาเซลเซียส 65±5 เปอร์เซ็นต์) โดยการตรวจสอบคุณภาพของแมลงเป็นประจำ พบว่าสามารถขยายประชากรแมลงวันผลไม้ที่มีคุณภาพในกรงเล็ก จำนวน 2,000 ตัว/กรง ได้จำนวน 10 กรง ซึ่งมีจำนวนมากกว่า 20,000 ตัว ซึ่งเพียงพอสำหรับการศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำ MVHT ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ต่อไป

2. ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อน

2.1 ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์

การอบมะละกอทดลองน้ำหนัก 600-900 กรัม/ผล ในสภาพห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบไอน้ำที่มีปริมาณมะละกอบรรจุ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ (full load) ของตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์ด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT โดยให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 20 นาที (ช่วงก่อนอุณหภูมิภายในผลมะละกอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 50-80

กรมวิชาการเกษตร

เปอร์เซ็นต์ และภายหลังอุณหภูมิภายในผลเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ > 90 เปอร์เซ็นต์) โดยวัดอุณหภูมิผลมะละกอทดลองอาศัยการวัดจาก sensor fruit จำนวน 15 เส้น พบว่าในการอบมะละกอมีระยะเวลาที่แตกต่างกัน ในชั้นบน กลาง และล่าง ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4 และมะละกอที่ผ่านความร้อนที่วางในกระบะบริเวณชั้นบนสุด (Figure 3) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเป้าหมาย (47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที) ช้าที่สุด โดยไม่พบความเสียหายที่เด่นชัดภายในเนื้อมะละกอเมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน ภายหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส แล้ว 8 วัน การสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณน้ำตาลของมะละกอที่ผ่านความร้อนที่ 8 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน Table 5 (Figure 4) แต่พบว่าค่าความแน่นเนื้อของมะละกอหลังผ่านความร้อนที่วางในกระบะบริเวณชั้นล่างสุดมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน สำหรับการเปลี่ยนแปลงของสี ดังแสดงใน Figure 5-8 จากผลงานวิจัยนี้ทำให้ทราบข้อมูลระดับความเสียหายของมะละกอหลังผ่านความร้อน และผลกระทบของวิธีอบไอน้ำ MVHT ต่อคุณภาพของมะละกอในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์

2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

การอบมะละกอทดลองน้ำหนัก 700-1,000 กรัม/ผล ในสภาพห้องบรรจุผลไม้ของตู้อบไอน้ำที่มีปริมาณมะละกอบรรจุ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้ (full load) ของตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลองด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT (Figure 9) โดยให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 20 นาที (ช่วงก่อนอุณหภูมิภายในผลมะละกอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ และภายหลังอุณหภูมิภายในผลเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ > 90 เปอร์เซ็นต์) พบว่าในการอบมะละกอมีระยะเวลา ดังแสดงใน Table 6 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอฮอลแลนด์ในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ เมื่อพิจารณาจากการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณน้ำตาล พบว่ามะละกอหลังผ่านความร้อนที่ 7 และ 14 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน (Table 7) (Figure 10) และไม่พบความเสียหายที่เด่นชัดภายในเนื้อมะละกอที่ผ่านความร้อนที่เก็บในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ (Figure 11) จากผลงานวิจัยนี้ทำให้ทราบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอหลังการอบไอน้ำด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ

3. ศึกษาด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อน

ศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

จากการตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตหลังอบมะละกอ 5 วัน พบว่าที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ซึ่งมีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุดจำนวนประมาณ 32,888 ตัว (การทดลองจำนวน 10 ซ้ำ) ระยะเวลาที่ใช้อบมะละกอ ที่อุณหภูมิ 47

ศรีปทุมการเกษตร

องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ดังแสดงใน Table 8 และระยะเวลาจากอุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส ดังแสดงใน Table 9 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดหนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* จำนวนมากกว่า 30,000 ตัว ในผลมะละกอฮอลแลนด์ให้ตายทั้งหมด Table 10 ซึ่งได้ตามมาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (Figure 12-14)

สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

งานวิจัยพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* (Hendel) ในผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์เพื่อการส่งออก ได้มีการศึกษา 3 หัวข้อ สรุปสาระสำคัญดังนี้

1.) ศึกษาด้านความเสียหายของมะละกอจากความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ในตู้อบไอน้ำเชิงพาณิชย์ต่อคุณภาพของมะละกอ พบว่ามะละกอที่ผ่านความร้อน ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ไม่พบความเสียหายที่เด่นชัดภายในเนื้อมะละกอเมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน เมื่อพิจารณาจากการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณน้ำตาล พบว่ามะละกอที่ผ่านความร้อนที่ 8 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน

2.) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอในสภาพจำลองการส่งออกทางเครื่องบินและทางเรือ ดำเนินการทดลองโดยอบมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำ MVHT ที่ อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และเก็บมะละกอที่ผ่านความร้อน ที่อุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส พบว่าการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณน้ำตาลของมะละกอที่ผ่านความร้อน เก็บไว้ ที่ 7 และ 14 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน

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

ข้อเสนอแนะ (Suggestion)

จากการศึกษายืนยันประสิทธิภาพด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนจากวิธีอบไอน้ำ MVHT เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ในผลมะละกอ อบมะละกอทดลองจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 47 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิดังกล่าว นาน 20 นาที โดยตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิตหลังอบมะละกอ 5 วัน พบว่าที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ไม่พบแมลงรอดชีวิต ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดหนอนวัย 1 แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis*

กรมวิชาการเกษตร

จำนวนมากกว่า 30,000 ตัว ในผลมะละกอฮอลแลนด์ให้ตายทั้งหมด ซึ่งได้ตามมาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช จากผลงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะเสนอให้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละก่อนส่งออกและเสนอรายงานวิจัยต่อประเทศผู้นำเข้าที่ยอมรับวิธีการอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชต่อไป

บรรณานุกรม

จริงแท้ ศิริพานิช. 2552. มะละกอไทย สถานภาพด้านสายพันธุ์ ระบบการผลิต และการตลาด. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ. 136 หน้า.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2552. การกำจัดแมลงในผลไม้เพื่อการส่งออกด้วยวิธีอบไอน้ำ. *ใน* : รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตและจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนอกฤดูเพื่อการส่งออก. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ.

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 และอุดร อุณหวุฒิ. 2555. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงสำหรับกำจัดแมลงวันทองด้วยความร้อนในผลมะละกอเพื่อการส่งออก (ฐานข้อมูลกรมวิชาการเกษตร). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=1272&pid=1290 (25 ธันวาคม 2564).

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2556. การป้องกันกำจัดแมลงในผลมะม่วงเพื่อการส่งออกด้วยวิธีอบไอน้ำและฉายรังสี. *ใน* : รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการผลิตมะม่วง 52 สัปดาห์เพื่อการส่งออก. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ วลัยกร รัตนเดชากุล สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ ชุติมา อ้อมกิ่ง และอุดร อุณหวุฒิ. 2558. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละกอเพื่อการส่งออก. รายงานประจำปี 2558 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2562. การป้องกันกำจัดแมลงในผลมะม่วงเพื่อการส่งออกด้วยวิธีการอบไอน้ำและฉายรังสี. โครงการจัดการถ่ายทอดความรู้การผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก 15 ก.พ. 2562 ณ สหกรณ์ชมรมชาวสวนมะม่วง อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา.

รัชฎา อินทรกำแหง สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชุติมา อ้อมกิ่ง จารุวรรณ จันทราและอุดร อุณหวุฒิ. 2553. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในมะม่วงพันธุ์มหาชนก โชคอนันต์ และเขียวเสวยเพื่อการส่งออก (ฐานข้อมูลกรม

กรมวิชาการเกษตร

วิชาการเกษตร). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=781 (27 ธันวาคม 2564).

อินทวัฒน์ บุรีคำ. 2537. บทปฏิบัติการกีฏวิทยาทางการเกษตร. โรงพิมพ์รุ่งวัฒนา กรุงเทพฯ. 243 หน้า.

อุดร อุณหวุฒิ สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชุติมา อ้อมกิ่ง จารุวรรณ จันทรา และรัชฎา อินทรกำแหง. 2549. การวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในส้มโอเพื่อส่งออก. *ใน* : รายงานผลงานวิจัยดีเด่น ประเภทงานวิจัยประยุกต์ 2549 กรมวิชาการเกษตร.

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

Armstrong, J.W., J.D. Hansen, B.K.S. Hu and S.A. Brown. 1989. High-temperature, forced-air quarantine treatment for papayas infested with teprhitid fruit flies (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 82: 1667-1674.

CAB International (CABI). 2015. *B. dorsalis*. (Online). Available. http://www.cabi.org/isc/datasheet/17685 (April 23, 2020).

Dong, Y., C. Song, Y. Chuang, K. Chiang, W. Wu, L. Cheng and C. Chen. 2011. Degree of fruit ripenessaffecting infestation of papaya by two species of fruit flies (Diptera : Tephritidae). J. Taiwan. Agric. Res. 60(4): 253-262.

Hansen, J.D., J.W. Armstrong, B.K.S. Hu and S.A Brown. 1990. Thermal death of oriental fruit fly (Diptera :Tephritidae) third instars in developing quarantine treatments for papayas. J. Econ. Entomol. 83: 160-167.

Intarakumheng, R., S. Phankum, C. Sonsiri, M. Srimartpirom, C. Ormking and U. Unahawutti. 2016. Evaluation of Modified Vapor Heat Treatment as Quarantine Treatment for 'Khiaosawoey' and 'Chokanan' Mangoes Infested with Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) for approval of a quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan, Plant Quarantine Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 139 p.

Lapasathukool, S., S. Phankum, U. Unahawutti and S. Charnnarongkul. 2002. Heat Tolerance of Immature Stages of 4 Tephritid Fruit Fly Species in Thailand. An additional report submitted on Thai mangosteens to be exported to Japan. Plant Quarantine Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok.

กรมวิชาการเกษตร

Miyazaki, I. 2010. How to Prepare the Technical Report on Vapor Heat Disinfestations Test. 30 Pages. *In* : Annual Report of the Thermal Treatment for the Disinfestations of Fruit Flies. Naha Plant Protection Station, Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency, Japan.

Songpol, S. 2011. Current Study of Papaya Production in Thailand. 70 Pages. *In* : The International Symposium on Papaya. Dec. 19-22, 2011. Chiangmai.

Thaipong, K., S. Srimart, K. Iamjud, P. Sangwanankul and S. Wasee. 2011. Collection Evaluation and Selection of Papaya Varieties in Thailand. 70 Pages. *In* : The International Symposium on Papaya. Dec. 19-22, 2011. Chiangmai.

Toshiyo, K. 1996. Textbook for vapor heat disinfestations test technicians (revised). Japan Fumigation Technology Association. Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency, Japan.

Unahawutti, U., M. Poomthong, R. Intatakumheng, W. Worawisitthumrong, C. Lapasathukool, E. Smitasiri, P. Srisook and C. Ratanawaraha. 1991. Vapor Heat as Plant Quarantine Treatment of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' Mangoes Infested with Fruit Flies (Diptera : Tephritidae). A report submitted on Thai mangoes to be exported to Japan. Plant Quarantine Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 342 p.

Unahawutti, U. , S. Phankum, P. Ongthonglang and C. Chettanachitara. 1999. Heated-Air Quarantine Treatment for Mangosteen Infested with Oriental Fruit Fly (Diptera : Tephitidae). A report submitted on Thai mangosteen to be exported to Japan. Plant Quarantine Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 630 p.

Unahawutti, U., S. Phankum, M. Srimartpirom, C. Ormking, C. Sonsiri, J. Chantra and R. Intarakumheng. 2006. Development of Heated-Air Quarantine Treatment for Pummelo Infested with Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). A report submitted on Thai pummel to be exported to Japan, Plant Quarantine Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 143 p.

Vargas, R.I., Pinero and L. Leblanc. 2015. An Overview of Pest Species of *Bactrocera* Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) and the Integration of Biopesticides with Other Biological

กรมวิชาการเกษตร

Approach for Their Management with a Focus on the Pacific Region. Journal of Insects. 6: 297-318. doi: 10.3390/insects6020297.

Watanabe, N., F. Ichinohe and M. Sonda. 1973. Improvement of Corn Flour Medium for Larvae Culture of Oriental Fruit Fly. Research Bullentine of Plant Protection Service Japan. 11: 57-58.

.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

Table 1 Calibration record obtained from each sensor of the VHT system no 1 and 2

VHT no.	(Number of sensor)											
(Time)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VHT no. 1												
09:00	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
09:05	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
09:10	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
09:15	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
09:20	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
VHT no. 2												
09:00	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
09:05	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
09:10	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
09:15	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
09:20	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0

* Combined data of 2 replications.

Table 2 Temperature pattern of modified vapor heat treatment (MVHT) for papaya

Temp.	1	2	3	4	5	6
Time	30	30	35	43	48	48
	0.00	0.20	0.20	0.20	0.10	5.00

Table 3 Humidity pattern of MVHT for papaya

Humidity (% RH)	1	2	3	4
Time	65	65	93	93
	0.00	5.00	0.10	5.00

กรมวิชาการเกษตร

Table 4 Time for center of papaya fruits after subjecting to MVHT at 47°C for 20 minutes at various position of sensor

Fruit temp (°C).	Rep	Loading (kg./cum.)	Sensor fruit		Time for fruit center to reach 47 °C for 20 min.[1]		
			No.	Weight (g)	(Top)	(Middle)	(Bottom)
47°C +20 min.	1	288.00	1	767.50	3:25		
			2	740.00	3:25		
			3	739.00	3:20		
			4	730.50	3:25		
			5	768.50	3:45		
			6	736.50		3:00	
			7	747.00		2:40	
			8	740.00		3:25	
			9	761.00		2:35	
			10	724.00		2:45	
			11	733.00			2:20
			12	762.50			2:15
			13	733.00			2:20
			14	743.00			2:20
			15	762.00			2:20
47°C +20 min.	2	288.00	1	738.00	3:55		
			2	765.00	3:15		
			3	748.50	4:05		
			4	757.00	4:10		
			5	744.00	4:05		
			6	726.00		3:35	
			7	748.00		3:00	
			8	726.50		3:20	
			9	764.50		3:35	
			10	721.50		3:05	
			11	734.00			2:35

กรมวิชาการเกษตร

	12	744.00	2:10
	13	740.00	2:25
	14	729.50	2:25
	15	725.00	2:45

[1] Time for selected 15 sensor fruits to attain target temperatures.

Table 5 Weight loss (%), total soluble solid (^{O}Brix), and pulp firmness (kgf) of papaya fruits after subjecting to MVHT at 47°C for 20 minutes, at full load capacity and storage 8 days at 10-13 ^{O}C

Treatment[1]	Weight loss (%)[2]	Total soluble solid (°Brix)[2]	Pulp firmness (kgf)[2]
Control	4.92 ± 0.32 a	11.87 ± 0.21 a	89.28 ± 0.23 b
47°C+20 min. (top)	7.44 ± 1.53 a	11.65 ± 0.49 a	387.03 ± 69.13 ab
47°C+20 min. (middle)	7.04 ± 1.23 a	12.02 ± 0.23 a	344.01 ± 180.75 ab
47°C+20 min. (bottom)	6.88 ± 1.24 a	11.23 ± 0.35 a	593.55 ± 102.60 a

[1] Combined data of 2 replications.

[2] Values are average from 15 fruits for control; 15 fruits for treatment.

[3] Means in column followed by different letters were statistically significant difference (*P*-value ≤ 0.05).

Table 6 Time for center of papaya to attain 43°C, 47°C, 47°C for 20 minutes during MVHT

Method of transportation	Rep.	Loading (kg./cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center to attain target temperature		
				43°C	47°C	47°C+20 minutes
Air and sea transportation	1	172.00	827.20 830.14 835.20	2:23	3:46	4:06
Air and sea transportation	2	172.00	825.00 832.10	2:16	3:40	4:00

กรมวิชาการเกษตร

	835.25

[1] Time for selected sensor fruits to attain target temperatures.

Table 7 Quality of papaya fruits treated with MVHT at 47°C for 20 minutes and 7 and 14 days storage at 10-13°C

Commercial export simulation test	Rep.	Item[1]	Control[2]	Treatment[2] (Position)		
				Left	Middle	Right
Air transportation	1	Weight losss (%)[2]	4.75 ± 0.31a	7.44 ± 1.53a	7.04 ± 1.23a	6.88 ± 1.24a
		Total soluble solid (°Brix)	12.87 ± 0.28a	13.10 ± 0.49a	13.02 ± 0.23a	12.45 ± 0.35a
Sea transportation	2	Weight losss (%)	5.81 ± 0.43a	7.75 ± 1.71a	8.00 ± 1.12a	7.59 ± 1.30a
		Total soluble solid (°Brix)	12.30 ± 0.25a	13.25 ± 0.25a	14.00 ± 0.23ab	13.23 ± 0.35a

[1]Combined data of 2 replications.

[2] Values were averaged from 10 fruits for control; 6 fruits for each treatment.

[3]Means in column followed by different letters were statistically significant difference (*P*-value ≤0.05).

Table 8 Times for center of papaya fruits to attain to MVHT at 47°C for 20 minutes

Rep.	Sensor fruit weight			Time[1]
	(g)			(h)
1	728.21	732.50	743.50	3:20
2	740.80	745.00	748.25	4:00
3	725.00	727.47	738.30	3:03
4	738.25	747.15	749.45	4:10
5	731.20	735.50	742.35	3:25
6	739.45	744.37	748.58	3:48
7	726.17	728.20	738.42	3:05
8	740.10	743.50	750.00	4:11
9	725.20	728.00	734.43	3:06
10	732.00	735.20	743.00	3:25

[1]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 9 Times for center of papaya fruits to attain 43°C and 47°C during MVHT in large scale disinfestation test

Rep	Time for fruit center to reach 43°C (h)[1]	Time for fruit center to reach 47°C (h)[1]	Time for 43°C to 47°C (h)[1]
1	2:00	3:00	1:00
2	2:32	3:40	1:08
3	1:55	2:45	0:90
4	2:35	3:55	1:20

กรมวิชาการเกษตร

5	2:00	3:10	1:10
6	2:25	3:30	1:05
7	1:51	2:45	0.94
8	2:33	3:51	1:18
9	1:50	2:50	1:00
10	2:10	3:10	1:00
Average	1:99	3:04	1:05

[1]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

กรมวิชาการเกษตร

Table 10 Survival of first instar larvae of the oriental fruit fly, *B. dorsalis* in papaya cv. "Holland" treated with proposed quarantine treatment schedule, MVHT at 47°C for 20 minutes

Rep	Infestation method	No. test fruits		No. alive individuals in control	Estimated treated population	No. survivors
		Control	Treatment			
1	Larval inoculation	6	18	501	1,503	0
	Forced infestation	2	6	450	1,350	0
2	Larval inoculation	6	18	544	1,632	0
	Forced infestation	2	6	480	1,440	0
3	Larval inoculation	6	18	551	1,653	0
	Forced infestation	2	6	520	1,560	0
4	Larval inoculation	6	18	560	1,680	0
	Forced infestation	2	6	545	1,635	0
5	Larval inoculation	6	18	561	1,683	0

	Forced infestation	2	6	545	1,635	0
6	Larval inoculation	6	18	554	1,662	0
	Forced infestation	2	6	555	1,665	0
7	Larval inoculation	6	18	556	1,668	0
	Forced infestation	2	6	557	1,671	0
8	Larval inoculation	6	18	554	1,662	0
	Forced infestation	2	6	577	1,731	0
9	Larval inoculation	6	18	555	1,665	0
	Forced infestation	2	6	625	1,875	0
10	Larval inoculation	6	18	552	1,656	0
	Forced infestation	2	6	604	1,862	0
Total		72	240	10,946	32,888	0

[1]This experiment was carried out by using VHT System: model EHK-1000 B; EHK-1000 D

กรมวิชาการเกษตร

Figure 1 Field survey of papaya (*Carica papaya* L.) cv. "Holland" orchard at Chanthaburi province (left and middle) and at Kamphaeng phet province (right).

Figure 2 Field survey of papaya (*Carica papaya* L.) cv. "Holland" orchard at Suphanburi province.

Figure 3 Calibration sensors were conducted by dipping all sensors into constant temperature water bath at 47°C for 20 minutes at laboratory of Plant Quarantine Treatment Section, Plant Quarantine Research Group.

Figure 4 Commercial export simulation test of papaya cv. “Holland” fruit subject to MVHT at 47°C for 20 minutes with full load capacity at Thamai Ariculture Cooperative Ltd. VHT-facility.

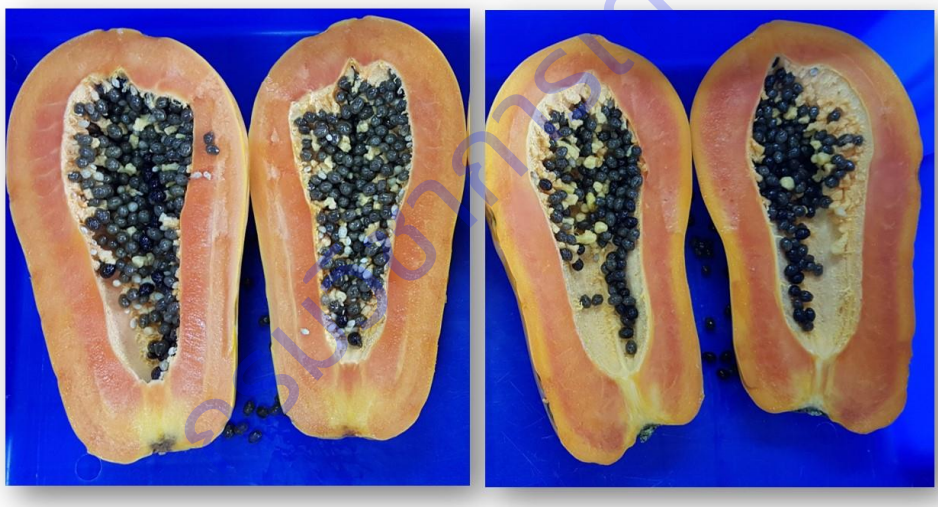


Figure 5 The internal appearance of papaya cv. “Holland” fruits were similar between untreated fruit (left) and MVHT treated at 47°C for 20 minutes (right) after kept at cold storage room at 10-13°C for 8 days.

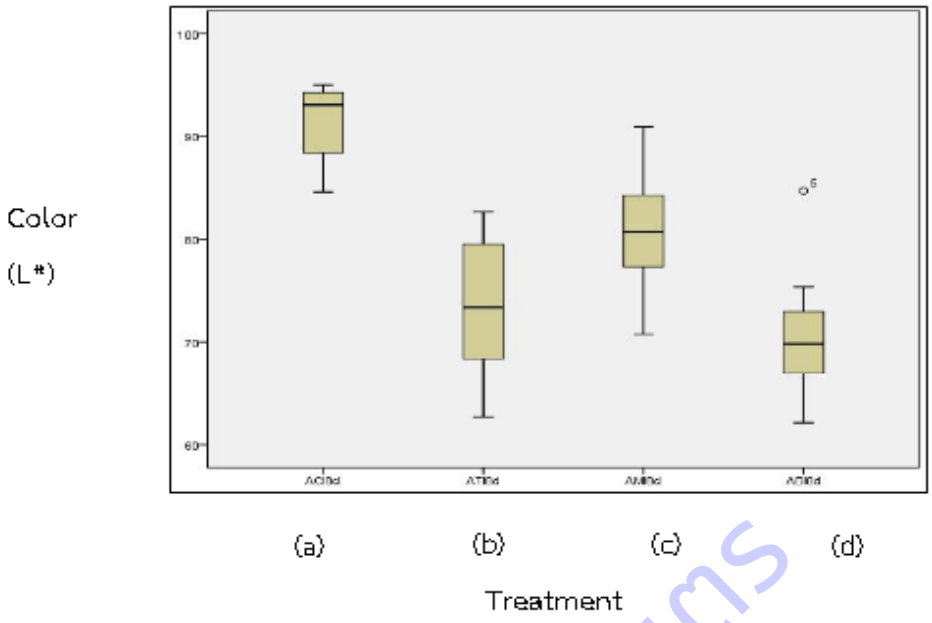


Figure 6 Changes in lightness color parameter, the L* value in the pulp of papaya fruits; (a) control; (b) top; (c) middle and (d) bottom positions after subjecting with MVHT at 47°C for 20 minutes and storage 8 days at 10-13°C.

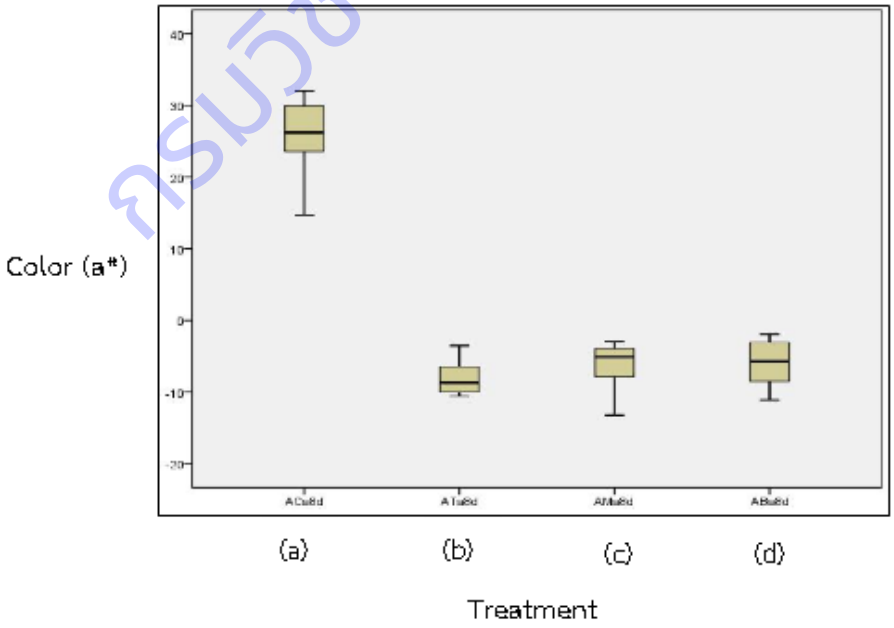


Figure 7 The a* value in the pulp of papaya fruits; (a) control; (b) top; (c) middle and (d) bottom positions after subjecting with MVHT at 47°C for 20 minutes and storage 8 days at 10-13°C.

กรมวิชาการเกษตร

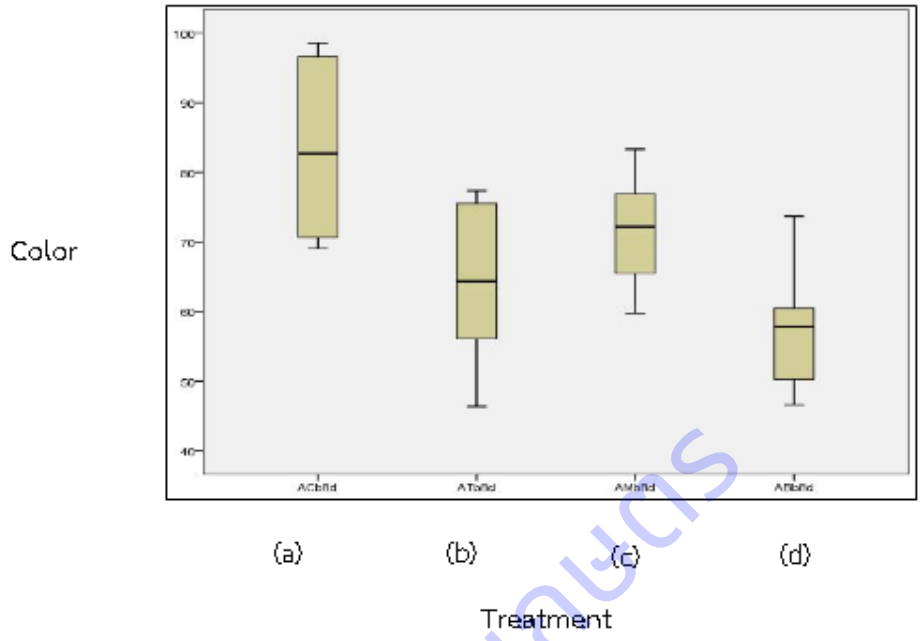


Figure 8 The Hue angle (°hue) value in the pulp of papaya fruits; (a) control; (b) top; (c) middle and (d) bottom positions after subjecting with MVHT at 47°C for 20 minutes and storage 8 days at 10-13°C.

Figure 9 Commercial export simulation test of papaya cv. "Holland" subject to MVHT at 47°C for 20 minutes with full load capacity at laboratory of Plant Quarantine Treatment Section, Plant Quarantine Research Group.

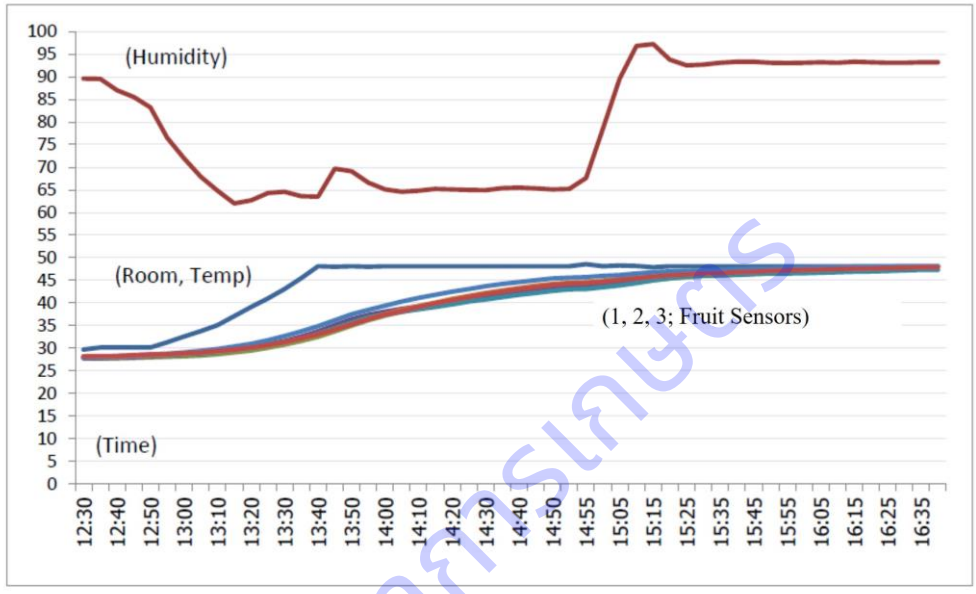


Figure 10 Temperature and humidity profile during MVHT at target temperature 47°C for 20 minutes.

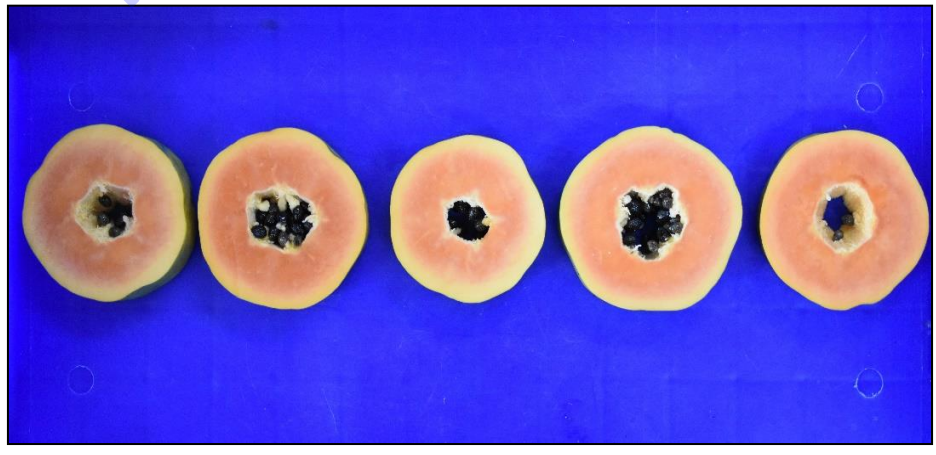
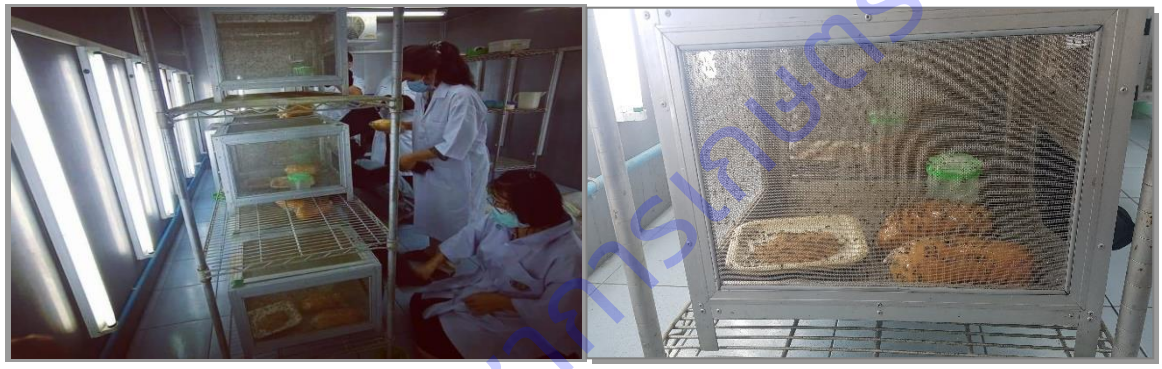


Figure 11 The papaya cv. “Holland” fruits cross section after treated to MVHT at 47°C for 20 minutes and kept at cold storage room at 10-13°C for 14 days.

Figure 12 Preparation of papaya cv. “Holland” for large scale confirmatory test (left) and



artificial infestation was used for test fruits (right).

Figure 13 Fruit fly rearing room at Plant Quarantine Treatment Section, Plant Quarantine Research Group (left), and forced infestation test fruits were exposed to gravid female of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in infestation cage container approximately 2,000 adults (right)

กรมวิชาการเกษตร

Figure 14 All infested fruits were placed in the containers located in the bottom of VHT chamber (left), large scale confirmatory test was conducted with MVHT at fruit temperature of 47°C for 20 minutes.

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.9 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในผลแก้วมังกรเนื้อแดงเพื่อการส่งออก

Research and Development on Disinfestation with Heated Air Quarantine Treatment to Controlling the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) on Red Dragon Fruit for Export

ปวีณา บูชาเทียน สลักจิต พานคำ รัชฎา อินทรกำแหง ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์
พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์ ศิริพร คงทวี

Paweena Buchatian Saluckjit Phankum Rachada Intarakumheng Chainarat Sonsiri
Monnipa Srimartpirom Phuttipong Phangrerk Pongsak Jinarite Siriporn Khongthawie

คำสำคัญ: ความเสียหายจากความร้อน, วิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน, แมลงวันผลไม้, แก้วมังกรเนื้อแดง

Key words: Heat injury, Heated Air Quarantine Treatment, Fruit fly, Red dragon fruit

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกรเนื้อแดงเพื่อการส่งออก มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออกผลไม้ไทย จากการประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ต่อผลแก้วมังกรเนื้อแดง ที่อุณหภูมิ 46 และ 47 °ซ. นาน 0, 1 และ 2 ชม. ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% ทำการทดลองกับตู้อบความร้อนขนาดใหญ่ พบว่าแก้วมังกรที่ผ่านความร้อน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลที่ไม่ผ่านความร้อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความหวานลดลงเมื่อผ่านความร้อนในเวลาที่นานขึ้น เนื้อของแก้วมังกรมีความอ่อนนุ่มมากกว่าที่ไม่ผ่านความร้อน บริเวณกลางผลเนื้อยุบ ผิวเปลือกไม่พบความเสียหาย และไม่มีอาการของโรคปรากฏ นอกจากนี้ ได้ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของผลแก้วมังกร หลังจากผ่านความร้อนวิธีการอบไอน้ำ (VHT) และ MVHT ที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. นาน 0, 1 และ 2 ชม. ทำการทดสอบกับตู้ขนาดเล็ก จากการทดลองพบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรโดยวิธี VHT มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกช่วงเวลา แต่วิธี MVHT นาน 1 ชม. ของ rep.1 และที่ 2 ชม.ของ rep.2 ปริมาณน้ำตาลซึ่งวัดจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยยะสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และพบว่าเนื้อบริเวณกลางผลยุบ เป็นรูกลวง เนื้อรอบๆที่เกิดช่องว่างลักษณะช้ำ ซึ่งไม่พบลักษณะอาการนี้ในแก้วมังกรที่ไม่ผ่านความร้อน

ทำการศึกษาความทนทานของ *B. dorsalis* ระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงต่อความร้อนด้วยวิธี MVHT ให้อุณหภูมิผลคงอยู่ที่ 45 และ 46.5 °ซ. เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20, 30 และ 40 นาที จากผลการทดลอง 3 ครั้ง พบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงในระยะไข่สูงกว่าระยะหนอนวัย 1 คือ 67.6 และ 39 เปอร์เซ็นต์ จึงนำระยะไข่ และหนอนวัย 1 ของแมลงมาศึกษาเปรียบเทียบกันอีกครั้ง โดยวิธีการวิธีอบไอน้ำ MVHT ที่อุณหภูมิ 45 และ 46.5 °ซ. ระยะเวลานาน 0, 10, 20, 30 และ 40 นาที

พบว่าที่อุณหภูมิ 45 °ซ. มีอัตราการตายของแมลงระยะไข่ต่ำกว่าระยะหนอนวัย 1 ได้แก่ 23.67 และ 49.40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. พบว่าระยะไข่ และหนอนวัย 1 มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ทุกช่วงเวลา จากผลการทดลองแสดงว่าระยะไข่ของแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1 จึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของวิธี MVHT ในการกำจัด *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกร ในระดับแมลงทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 3,000 ตัว ที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. นาน 0, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที อัตราการตายของแมลงในระยะไข่ เฉลี่ย 100% ที่ระยะเวลา 30 นาที และสามารถกำจัด *B. dorsalis* ระยะไข่ 24 ชม. ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงตายทั้งหมด มีค่าประมาณการในการกำจัดแมลงวันผลไม้ ตาม Abbott เท่ากับ 4,356 ตัว

Abstracts

Research and development of heated air quarantine treatment to control the oriental fruit fly, *B. dorsalis* on red dragon fruit for export. The objective is to solve that barrier Thai fresh fruit to export. Test fruits were heated with air more than 90%RH from ambient temperature to 43 °C. After fruit center temperature was raised to 46 and 47 °C and kept at these temperatures for 0, 1 and 2 hours as after 7 days storage at 12±2 °C. These experiments were simulated commercial conditions. The result shown that the red dragon fruit was heat treatment had lost weight more than control was different statistic significantly. The brix value decreased in dragon fruit as MVHT took a long time and the hardness of fruit pulp were softness more than control and no sign of disease. Furthermore, the heat injured of red-dragon fruit after heat treatment, vapor heat treatment (VHT) and MVHT. Temperature attained 46.5 °C and kept at this temperature for 0, 1 and 2 after 7 days storage at 25±2 °C these experiments were did in laboratory condition. From the experiment, it was found that the quality of dragon fruit changed by VHT had not different statistic significantly ($P>0.05$) at all intervals time, but the MVHT for 1 hour of rep. 1 and 2 hour of rep. 2, the brix value in red meat dragon fruit was different statistic significantly ($P<0.01$) compared to the control. In addition, it was found that the damage caused by heat was in the center of the flesh pitting, a hollow hole, and the surrounding flesh was injured. This symptom is not found in unheated dragon fruit

To determine the most heat tolerant stage of the oriental fruit fly with egg, 1st, 2nd and 3rd first instar in red dragon fruit to MVHT. The fruit temperatures were maintained at 45 and 46.5 °C for 0, 10, 20, 30 and 40 min. The results of three trials, it was found that the percentage of insect mortality on egg and first instar stage was 67.6 and 39 percent. Then choose egg and first instar stage of fruit flies were compared again by MVHT at temperature

45 and 46.5℃ for 0, 10, 20, 30 and 40 min. The result shown that at 45 ℃, the corrected mortality of egg stage less than first instar stage were 23.67 and 49.40 percent but temperature at 46.5℃ of egg and first instar of oriental fruit fly were 100 percent death. Therefore, in this test the most heat tolerant stage is eggs stage. The efficiently disinfestation test with MVHT to control *B. dorsalis* on red dragon fruit in this experimental should be disinfest fruit fly more than 3,000 individuals at a temperature of 46.5 ℃ for 0, 10, 15, 20, 25 and 30 min. It was found that the insect mortality of 24h egg stage fruit flies were death 100 percent at 30 min. Fruit flies have an estimate for disinfestation according to Abbott equal to 4,356 individuals.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

แก้วมังกร หรือ Dragon fruit เป็นพืชในวงศ์กระบองเพชร (Cactaceae) จัดอยู่ในสกุล *Hylocereus* เป็นพืชไม้เลื้อย มีถิ่นกำเนิดทางตอนใต้ของประเทศเม็กซิโกและประเทศใกล้เคียง สำหรับประเทศไทยมีการปลูกมาตั้งแต่ พ.ศ. 2540 โดยนำเข้าต้นพันธุ์ดีจากเวียดนามมาปลูกเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจ พันธุ์ที่มีการนำเข้ามาในช่วงแรกเป็นพันธุ์เนื้อในสีขาว ต่อมามีการนำเข้าแก้วมังกรพันธุ์เนื้อในสีแดงที่มีชื่อว่า "แดงสยาม" จากไต้หวันเข้ามาปลูกในประเทศไทยที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ *H. costaricensis* (Web.) Britton & Rose ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแก้วมังกรเนื้อแดง คือมีลำต้นเป็นปล้องสามเหลี่ยมแยกเป็น 3 แฉก มีลักษณะอวบน้ำ สีเขียวเข้มปนเทา ซึ่งเป็นส่วนของใบที่เปลี่ยนรูปร่างไป ส่วนลำต้นที่แท้จริงอยู่ในตำแหน่งที่เป็นศูนย์กลางของแฉกทั้ง 3 ที่ลำต้นด้านนอกมีหนามเป็นกลุ่มๆ มีรากทั้งในดินและรากอากาศ ดอกของแก้วมังกรเป็นดอกเดี่ยวขนาดใหญ่ มีเกสรเพศผู้จำนวนมาก มีก้านเกสรเพศเมีย 1 อัน ส่วนของกลีบดอกอยู่ด้านบนของรังไข่ เมื่อบานมีลักษณะคล้ายปากแตร โดยบานในช่วงหัวค่ำจนถึงเช้า มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ผลแก้วมังกรเป็นทรงกลม มีเนื้อหลายเมล็ด (berry) ที่ผลมีกลีบ ภายในผลเมื่อผ่าออกมีเนื้อสีแดงอมม่วง เมล็ดมีขนาดเล็กสีดำ ลักษณะคล้ายเมล็ดงา (ภชมน, 2556.; กฤติยา, 2559; Le Bellec *et al.*, 2006) แก้วมังกรเป็นพืชวันยาวที่ออกดอกให้ผลผลิตตามธรรมชาติในช่วงเดือนมีนาคม-ตุลาคม (ภาสันต์และคณะ, 2559) มีประโยชน์ต่อร่างกายเหมาะกับคนที่สนใจสุขภาพ เนื่องจากแก้วมังกรเป็นผลไม้ที่ให้พลังงานต่ำ (ประมาณ 50 - 60 กิโลแคลอรี/100 กรัม) น้ำตาลที่พบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส ในเนื้อผลพบวิตามินซี ใยอาหาร และโพแทสเซียมสูง นอกจากนี้ยังพบสารในกลุ่มโอลิโกแซคคาไรด์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก กระตุ้นการเจริญเติบโตของโปรไบโอติกในลำไส้ ช่วยในเรื่องการขับถ่าย และในเมล็ดของแก้วมังกรยังอุดมไปด้วยกรดไขมันจำเป็นซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในหลอดทดลองและสัตว์ทดลองพบว่าแก้วมังกรมีฤทธิ์ต้านจุลชีพก่อโรคหลายชนิด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านเซลล์มะเร็ง ต้านการอักเสบ ลดไขมันในเลือด ต้านภาวะเบาหวาน ลดภาวะดื้อต่ออินซูลิน และช่วยปกป้องตับจากสารพิษ ซึ่งพบว่าการบริโภคแก้วมังกรจะทำให้ระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดลดลง ในส่วนของการศึกษาความเป็นพิษพบว่าเนื้อผลของแก้วมังกร รวมทั้งสารสำคัญอย่าง betalains มีความปลอดภัยสูง โดยพบทั้งในส่วนเปลือกและในเนื้อผลที่มีสีแดงหรือแดง-ม่วง ในทางอุตสาหกรรมนิยมนำสารกลุ่มดังกล่าวมาทำเป็นสีผสมอาหาร (กฤติยา, 2559; Ho Dinh Hai, 2014) นอกจากนี้ยังมีการใช้สารสกัดจากเปลือกเพื่อย้อมเนื้อเยื่อเพื่อใช้ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้เป็นอย่างดี (Wagiyanti and Noor, 2017)

ปี 2560 มีเนื้อที่เพาะปลูกแก้วมังกรรวมทั้งประเทศ 24,067 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2559 จำนวน 2,379 ไร่ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.88 มีการเพาะปลูกใน 59 จังหวัด ผลผลิตเฉลี่ย 1,987 กิโลกรัม/ไร่ แหล่งเพาะปลูก

กรมวิชาการเกษตร

แก้วมังกร 5 อันดับแรกปี 2560 ได้แก่จังหวัดเลย มีพื้นที่เพาะปลูก 13,151 ไร่ รองลงมาคือจังหวัดนครราชสีมา จันทบุรี สมุทรสาคร และอุบลราชธานี (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) จากจำนวนพื้นที่การเพาะปลูกและผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละปีของแก้วมังกรมีความเป็นไปได้ที่จะทำเป็นพืชส่งออกในอนาคต

การให้ความร้อนกับผลไม้โดยอาศัยน้ำเป็นสื่อนำความร้อน ได้แก่ วิธีแช่ผลไม้ในน้ำร้อน (HWT) วิธีการนี้ทำให้ผลไม้หลายชนิดเกิดความเสียหายอย่างรุนแรง การใช้เพื่อวัตถุประสงค์กำจัดแมลงจึงไม่แพร่หลายเหมือนกับการใช้เพื่อควบคุมโรคพืชของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ปัจจุบันงานวิจัยและพัฒนากระบวนการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนจึงมุ่งเน้นให้ความสนใจอย่างมากกับวิธีการให้ความร้อนโดยอาศัยอากาศเป็นสื่อนำความร้อน โดยวิธีการนี้มีหลักการให้ความร้อนกับผลไม้ดังนี้ คือ หมุนเวียนอากาศร้อนผ่านผลไม้ ความร้อนจากอากาศจะถ่ายเทไปที่เปลือกของผลไม้ หลังจากนั้นความร้อนจึงจะถ่ายเทเข้าไปยังภายในเนื้อของผลไม้จนกระทั่งอุณหภูมิภายในผลไม้เพิ่มขึ้นถึงระดับที่สามารถกำจัดแมลงได้ การกำจัดแมลงด้วยความร้อนโดยกรรมวิธีซึ่งอาศัยอากาศเป็นสื่อนำความร้อนแบ่งคร่าวๆ ออกได้เป็น 3 วิธีการ ซึ่งแต่ละวิธีการมีข้อแตกต่างกันในด้านของความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้ คือ

1. วิธีอบไอน้ำ (Vapor heat treatment, VHT) : เป็นกรรมวิธีให้ความร้อนกับผลไม้โดยอาศัยการหมุนเวียนไอน้ำร้อนผ่านผลไม้ อากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (Saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา วิธีการนี้เริ่มใช้เป็นครั้งแรกที่สหรัฐอเมริกาเมื่อปี พ.ศ. 2472 เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ 2 ชนิดในผลส้ม คือ แมลงวันผลไม้ *Ceratitis capitata* (Wiedemann), และแมลงวันผลไม้ *Anastrepha ludens* (Loew), (Baker, 1952) วิธีอบไอน้ำเป็นวิทยาการด้านการกำจัดศัตรูพืชที่ประสบความสำเร็จในระยะเริ่มแรก แต่อย่างไรก็ดี ความสนใจได้ลดน้อยลงเมื่อมีการคิดค้นวิธีรมผลไม้ด้วยสารเคมี เอธีลีนไดโบรไมด์ และ เมธิลโบรไมด์ จนกระทั่งหลังจากการห้ามใช้สารเคมีเอธีลีนไดโบรไมด์รมผลไม้กำจัดแมลงวันผลไม้เมื่อปี พ.ศ. 2527 วิธีอบไอน้ำจึงกลับมาได้รับความสนใจใหม่อีกครั้งหนึ่ง ประเทศญี่ปุ่นกลายเป็นผู้นำในด้านการพัฒนาอุปกรณ์เครื่องอบไอน้ำทั้งขนาดเล็กสำหรับงานวิจัยและขนาดใหญ่ระดับการค้าที่ทันสมัยควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ปัจจุบัน เครื่องอบไอน้ำซึ่งใช้เทคโนโลยีของญี่ปุ่นมีใช้อยู่ในหลายประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่น (เกาะโอกินาวา) ฟิลิปปินส์ ไทย สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย

2. วิธีอบอากาศร้อน (Hot air treatment, HAT) : เป็นกรรมวิธีซึ่งปรับปรุงมาจากวิธีอบไอน้ำ โดยวิธีการนี้นำมาใช้เป็นครั้งแรกสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละกอที่ประเทศสหรัฐอเมริกา (Armstrong *et al*., 1989; Hansen *et al*., 1990) Hansen *et al*. (1990) พบว่า มะละกอเมื่อผ่านการกำจัดแมลงด้วยวิธีอบอากาศร้อนมีคุณภาพผลดีกว่ามะละกอที่ผ่านการกำจัดแมลงด้วยวิธีอบไอน้ำและวิธีจุ่มผลมะละกอในน้ำร้อน หน่วยงานกักกันพืชสหรัฐอเมริกายอมรับประสิทธิภาพของวิธีการดังกล่าวนี้ และอนุมัติให้ใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้าน

กักกันพืช วิธีการนี้มีข้อแตกต่างจากวิธีอบไอน้ำ คือ ขณะอบผลไม้ อากาศร้อนภายในห้องบรรจุผลไม้มีปริมาณไอน้ำน้อย (Unsaturated condition) และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำประมาณ 50 ± 10 เปอร์เซ็นต์ การที่กำหนดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ในช่วงดังกล่าวนี้ เพื่อป้องกันการกลั่นตัวของอากาศร้อนเป็นหยดน้ำเกาะบนผิวผลไม้ การใช้วิธีอบอากาศร้อนกับผลไม้บางชนิดรักษาคุณภาพดีกว่าเมื่อใช้วิธีอบไอน้ำ (Armstrong *et al*., 1989) Jones (1939) พบว่าอากาศร้อนที่ไม่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาคุณภาพของผลมะละกอ ในขณะที่มะละกอได้รับความร้อนอุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นถึง 48.0 °ซ. การที่อากาศร้อนเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำคลุมบนผิวผลไม้นั้น จะขัดขวางการหายใจของผลไม้และเป็นสาเหตุสำหรับทำให้ผลไม้เกิดความเสียหาย เมื่อเร็วๆ นี้ได้มีการปรับปรุงกระบวนการอบอากาศร้อนขึ้นใหม่ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำบนผิวผลไม้ โดยการควบคุม dew point (Sharp *et al*., 1991) การควบคุมอากาศร้อนให้มี dew point ต่ำกว่าอุณหภูมิที่ผิวของผลไม้ จะสามารถป้องกันการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำบนผิวผลไม้ แม้ว่าขณะนั้นอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Gaffiney and Armstrong, 1990; Sharp *et al*., 1991; Mangan and Ingle, 1992)

3.วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้น(Modified Vapor Heat Treatment, MVHT): Balock and Kosuma (1954) กล่าวถึงวิธีการนี้เป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2497 โดยเรียกว่าวิธี “quick run-up” vapor heat treatment ซึ่งกรรมวิธีการให้ความร้อนกับผลไม้จะอาศัยวิธีอบอากาศร้อนร่วมกับวิธีอบไอน้ำ โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับผลไม้ด้วยวิธีอบอากาศร้อน อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิในผลไม้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง จึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ประเทศไทยมีอุปกรณ์เครื่องต้อบความร้อนขนาดเล็กสำหรับงานวิจัย ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง สามารถให้ความร้อนกับผลไม้ได้ทุกกรรมวิธีที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ยังมีการวิจัยพัฒนากระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพกับมะม่วง มังคุด และส้มโอผ่านการยอมรับจากหน่วยงานกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่น ให้ใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* และ *B. cucurbitae* ในผลมะม่วงสายพันธุ์ หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด พิมเสนแดง มหาชนก โชคอนันต์ และเขียวเสวย ก่อนส่งออกไปจำหน่ายประเทศญี่ปุ่น (Unahawutti *et al*., 1991)

การวิจัยวิธีกำจัดศัตรูพืช มุ่งแก้ไขปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออก โดยเฉพาะปัญหาไข่หรือหนอนแมลงวันทองติดไปกับผักผลไม้ส่งออก เพื่อจัดการความเสี่ยงตามมาตรฐานด้านกักกันพืชระหว่างประเทศ และแก้ไขปัญหาการกีดกันทางการค้า มีความสำคัญต่องานทางด้านกักกันพืช โดยประเทศที่เข้มงวดทางด้านกักกันพืช ใช้มาตรการสุขอนามัยพืช SPS เป็นเครื่องมือกีดกัน

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์

กรมวิชาการเกษตร

1. ผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงจากสวนที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อการส่งออกที่ได้มาตรฐาน
2. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
3. เครื่องอ่างน้ำร้อน (water bath; Yamato, model: DK-43)
4. ปรอทวัดความร่อนมาตรฐาน (standard thermometer)
5. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
6. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่นEHK–1000B/EHK–1000D จำนวน 2 เครื่อง
7. เครื่องลดอุณหภูมิผลไม่“Sanshu” shower cooling system (differential pressure type) รุ่น 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
11. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ จานทดลอง (petri dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร กระบะพลาสติก และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ปเปต (pipettes) หลอดทดลอง (test tube) บีกเกอร (beaker) หลอดหยด (dropper) ปากคีบ (forceps) ผ้ามัสลิน กระดาษกรองสีดำ พูกัน หนังยาง และผ้าขาวบาง
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

ดำเนินการเลี้ยงแมลงวันผลไม้ไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อเพิ่มจำนวนให้มีปริมาณมากเพื่อใช้ในงานทดลอง โดยการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม (artificial diet) ตามเทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการ

กรมวิชาการเกษตร

ของ Watanabe *et al*., (1973) ดำเนินการเลี้ยงแมลงวันผลไม้ที่ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (อุณหภูมิ 26 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์) สำหรับการเตรียมแมลงวันผลไม้เพื่อใช้ในงานทดลองดำเนินการโดยการเลี้ยงในกรงใหญ่ จำนวน 20,000 ตัว/กรง และใน กรงเล็ก จำนวน 2,000 ตัว/กรง เพื่อขยายประชากรแมลงให้เพียงพอต่องานทดลอง การเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่นจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพของแมลงเป็นประจำ โดยการตรวจสอบอัตราการฟักไข่ (hatching rate) การออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) น้ำหนักดักแด้ (pupa weight) และอัตราส่วนเพศผู้ และเพศเมีย (sex ratio) เพื่อควบคุมคุณภาพของแมลงก่อนทดลอง นอกจากนี้ความแข็งแรงของแมลงวันผลไม้ยังเป็นปัจจัยสำคัญต่องานทดลองอบไอน้ำกำจัดแมลง ดังนั้นการสำรวจแมลงวันผลไม้ในสวนผลไม้ที่เป็นพืชอาศัยของผลไม้และสภาพธรรมชาติเพื่อนำมาผสมพันธุ์กับแมลงวันผลไม้ในสภาพห้องปฏิบัติการเพื่อให้ประชากรแมลงยังคงสภาพความแข็งแรงเพื่อใช้ใน งานทดลองจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 1.4 ศึกษาสถานภาพของแก้วมังกรในการเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ในสภาพธรรมชาติ

ศึกษาความเป็นไปได้ที่แมลงวันผลไม้เข้าทำลายแก้วมังกรในสภาพธรรมชาติ โดยสำรวจ และเก็บรวบรวมผลแก้วมังกรจากสวนแก้วมังกรที่มีการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ ในจังหวัดที่มีพื้นที่การปลูกแก้วมังกร เช่น จังหวัดเลย 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 โดยใช้เทคนิคการใส่ไข่ และหนอนของแมลงวันผลไม้เข้าไปในชิ้นเนื้อแก้วมังกรโดยตรง (Eggs inoculation method) โดยเตรียมแก้วมังกรที่มีแมลงวันผลไม้โดยใช้กรอบพลาสติกสำหรับฟิล์มสไลด์วางทาบบนผลแก้วมังกร ใช้มีดกรีดผลตามรอยกรอบสไลด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจำนวนเพียง 3 ด้าน จำนวน 1 รอยแผล สำหรับการใส่จำนวนแมลง 100 และ 150 ทำ 2 รอยแผลสำหรับใส่จำนวนแมลง 200ลงบนด้านใดด้านหนึ่งของผล กรีดเนื้อที่เปิดออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆเพื่อช่วยให้หนอนแมลงวันผลไม้ กินเนื้อแก้วมังกรได้ดีขึ้น ใส่แมลงวันผลไม้แต่ละระยะ คือ ไข่ หนอนวัย 1, 2 และ 3 ลงบนเนื้อแก้วมังกร จำนวน 100, 150 และ 200 ฟอง (ตัว) ต่อผล ใช้แก้วมังกร จำนวน 10 ผล ในแต่ละวิธีการ เก็บแก้วมังกรใส่กล่องพลาสติกเก็บไว้ใน ห้องควบคุม

กรมวิชาการเกษตร

อุณหภูมิ 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 ใส่ไว้ในกระบะพลาสติกคลุมด้วย ผ้ามัสลินเก็บไว้ใน ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25-27 °ซ.เตรียมแมลงวันผลไม้ด้วยอาหารเทียม (artificial diet) และเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25-27 °ซ. เพื่อใช้เปรียบเทียบระยะการเจริญเติบโตของแมลงระหว่างอาหารเทียม และแก้วมังกร

2. การทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการทดลอง

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 สำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น สามารถตรวจสอบได้จากหน้าจอเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (hybrid recorder) ของตู้อบไอน้ำ (Figure 1) เมื่อแท่งวัดความร้อนและความชื้น มีอุณหภูมิและความชื้น เป็นไปตามที่กำหนดไว้แล้วจึงเริ่มบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (แท่งวัดความร้อนทั้งหมดต้องอ่านค่าได้ 47 °ซ. และแท่งวัดความชื้นต้องอ่านค่าได้ในช่วง 99.99 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์) โดยทำการป้อนคำสั่งการพิมพ์กระดาษบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำ

2.2 การทดสอบรูปแบบของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ดำเนินการโดยตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนดไว้โดยอาศัยการวัดอุณหภูมิจาก sensor fruit ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของอุณหภูมิผลแก้วมังกรที่ต้องการทดสอบภายในตู้อบไอน้ำ โดยการเสียบแท่งวัดความร้อนบริเวณขั้วผลแก้วมังกรให้ปลายแท่งวัดอุณหภูมิอยู่ตรงกึ่งกลางผลแก้วมังกร หลังจากเสียบ sensor fruit เรียบร้อยแล้ว ดำเนินการวาง sensor fruit 1 ผล/กระบะลงในกระบะที่ใช้บรรจุแก้วมังกรของตู้อบไอน้ำ สำหรับกระบะทำด้วยสแตนเลส ขนาด 30×50×7 เซนติเมตร พื้นด้านล่างเจาะรูกลมเพื่อการถ่ายเทของความร้อนของผลไม้อบไอน้ำ ทดสอบตู้เปล่าของตู้อบไอน้ำ เมื่อ sensor fruit มีอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 47 °ซ. นาน 20 นาที เรียบร้อยแล้วตรวจสอบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากกระดาษบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบไอน้ำจำนวน 2 ตู้ (ทดลองจำนวน 2 ซ้ำ)

กรมวิชาการเกษตร

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 เป็นการอบผลไม้ในสภาพที่ผลไม้อยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ คือในช่วงแรกความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากผลไม้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 43 °ซ. จึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีการอบไอน้ำ

ดำเนินการทดลองด้วยเครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็ก จำนวน 2 เครื่อง (Figure 1) ใช้แก้วมังกรเนื้อแดง ที่มีอายุหลังเก็บเกี่ยว 1-2 วัน น้ำหนัก 300-350 กรัม จากแหล่งปลูกในจังหวัดเลย เก็บแก้วมังกรทั้งหมดในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 12±1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองแต่ละครั้งจะอบแก้วมังกร 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 (Figure 10) แก้วมังกรเนื้อแดงที่ใช้ในการทดลองเป็นแก้วมังกรขนาดกลางที่มีอายุประมาณ 30 วันคือสีผิวผลมีสีม่วงแดง ผลมีขนาดน้ำหนักอยู่ที่ 300-380 กรัม/ผล การเตรียมแก้วมังกรเนื้อแดงในสภาพที่มีแมลงระยะไข่และหนอนวัยต่างๆ โดยใช้เทคนิคการใส่ไข่ และหนอนของแมลงวันผลไม้เข้าไปในชิ้นเนื้อแก้วมังกรโดยตรง (Eggs inoculation method) โดยเตรียมแก้วมังกรที่มีแมลงวันผลไม้

กรมวิชาการเกษตร

โดยใช้กรอบพลาสติกสำหรับฟิล์มสไลด์วางทาบบนผลแก้วมังกร ใช้มีดกรีดผลตามรอยกรอบสไลด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจำนวนเพียง 3 ด้าน จำนวน 1 รอยแผล กรีดเนื้อที่เปิดออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆเพื่อช่วยให้หนอนแมลงวันผลไม้ กินเนื้อแก้วมังกรได้ดีขึ้น และบริเวณชิ้นเนื้อที่เปิดออกใช้ cork borer เบอร์2 เจาะรู1 รู ไข่ของแมลงวันผลไม้ที่ใช้ในการทดลองมีอายุ 24 ชม. ใส่ไข่จำนวน 100 ฟอง/ผล หรือ หนอนวัย 1, 2 หรือ 3 จำนวน 100 ตัว/ผล (Figure 11) 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 ออกจากห้องบรรจุผลไม้และลดอุณหภูมิของแก้วมังกรทันที โดยเป่าด้วยลมนาน 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

เตรียมแก้วมังกรมีไข่และหนอนวัยที่ 1 ในผล ตามวิธีการที่ได้กล่าวในขั้นตอนที่1 จากนั้นนำแก้วมังกรทดลองซึ่งมีแมลงระยะไข่และหนอนวัยที่ 1 ในผล อย่างละ 5 ผล วางในถาดบรรจุผลไม้เดียวกัน จากนั้นอบ

กรมวิชาการเกษตร

แก้วมังกรกำจัดแมลงระยะไข่และหนอนวัยที่ 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 เก็บแก้วมังกรทดลองตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วในขั้นตอนที่1 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)

กรมวิชาการเกษตร

การบันทึกข้อมูล

1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)
2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS)
3. จำนวนแมลงที่รอดชีวิตในแก้วมังกรหลังจากผ่านความร้อนแล้วเป็นเวลานาน 5 วัน
4. อัตราการฟักไข่ (hatching rate)
5. อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate)
6. น้ำหนักของดักแด้
7. อัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย (sex ratio)
8. ลักษณะภายนอก เช่น ขั้ว เหี่ยว ผลเหี่ยว และเนื้อผลที่เสียหาย
9. อัตราการตายของแมลงวันผลไม้

เวลาและสถานที่

1. สวนแก้วมังกรในพื้นที่จังหวัดเลย สมุทรสาคร ตลาดไท
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย และอภิปรายผล (Results and Discussion)

สำหรับข้อมูลของแก้วมังกร พบว่า แก้วมังกร หรือ Dragon fruit มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hylocereus* spp. เป็นพืชในตระกูลแคคตัส หรือสกุลหนึ่งของกระบองเพชร เป็นพืชไม้เลื้อย มีพื้นเพดั้งเดิมอยู่ในแถบอเมริกากลาง โดยบาทหลวงชาวฝรั่งเศสเป็นผู้นำเข้ามาทางประเทศเวียดนาม เมื่อ 100 ปีที่ผ่านมา จนกระทั่งเป็นผลไม้ประจำถิ่นของเวียดนาม สำหรับประเทศไทยเริ่มรู้จักผลไม้ชนิดนี้อย่างแพร่หลายเมื่อ พ.ศ. 2534 เนื่องจากมีการนำเข้าต้นพันธุ์ดีจากเวียดนามมาปลูกเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจ โดยพันธุ์ที่มีการนำเข้ามาในช่วงแรกเป็นพันธุ์เนื้อในสีขาว ต่อมาอีกระยะหนึ่งจึงมีการนำเข้าแก้วมังกรพันธุ์เนื้อในสีแดง (*Hylocereus costaricensis*) (Weber) Britton & Rose ที่มีชื่อว่า"แดงสยาม" ซึ่งเป็นพันธุ์มาจากไต้หวัน (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, มปป.) เข้ามาปลูกในประเทศไทย ลักษณะของต้นแก้วมังกร ลำต้นเป็นแฉก 3 แฉก สีเขียวอวบน้ำ มีความยาวประมาณ 5 เมตร ซึ่งจริง ๆ แล้วเป็นส่วนของใบที่เปลี่ยนรูปร่างไป ส่วนลำต้นที่แท้จริงอยู่ในตำแหน่งที่เป็นศูนย์กลางของแฉกทั้ง 3 บริเวณตาข้างจะมีหนาม 1 – 5 หนาม มีรากทั้งในดินและรากอากาศ ดอกมีขนาดใหญ่ เกิดบริเวณปลายกิ่งในช่วงเดือนเมษายน เมื่อบานมีลักษณะคล้ายปากแตร โดยจะบานในช่วงหัวค่ำจนถึงเช้า มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ดอกจะมีความยาวประมาณเกือบหนึ่งฟุต ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม เป็นช่วงที่แก้วมังกรให้ผลผลิต ผลมีลักษณะเป็นสันเหลี่ยมทู่ๆ เรียงรายอยู่ทั่วไปบนผิวเปลือก เปลือกหนา มีสีชมพูอมส้ม ภายในผลเมื่อผ่าออกจะมีเนื้อสีขาวขุ่น หรือสีชมพู ในเนื้อจะมีเมล็ดเล็กๆ สีดำ คล้ายกับเมล็ดงาฝังตัวอยู่ (Figure1) ในปัจจุบันแก้วมังกรปลูกมากในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมี

กรมวิชาการเกษตร

พื้นที่การปลูกในจังหวัดนครปฐม ประจวบคีรีขันธ์ และตรัง มีการนำเข้าแก้วมังกรในหลายประเทศได้แก่ ประเทศไต้หวัน นิวซีแลนด์ ออสเตรเลีย เกาหลีใต้ และญี่ปุ่น โดยมีเงื่อนไขและข้อกำหนดว่าต้องกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีการอบไอน้ำ (Table1)

การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ภายในห้องปฏิบัติการ พบว่า สามารถเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้เพียงพอสำหรับที่จะนำไปใช้ในการทดลองในหัวข้อ1.5 ศึกษาความเป็นไปได้ที่แมลงวันผลไม้เข้าทำลายแก้วมังกรในสภาพห้องปฏิบัติการ และ 1.6 ศึกษาระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้เมื่ออาศัยอยู่ในผลแก้วมังกร ในไตรมาสที่ 3 และ 4 โดยได้แมลงวันผลไม้จำนวนมากกกว่า 50,000 ตัว มีอัตราการฟักไข่ (hatching rate) เฉลี่ย 76-80 % อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) เฉลี่ย 87-94 % น้ำหนักของดักแด้ เฉลี่ย 0.013-0.015 กรัม และมีอัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย (sex ratio) เพศผู้เฉลี่ย 42-45 % และเพศเมียเฉลี่ย 44-49 % (1:1)

เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของหนอนแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* โดยวิธีบังคับ (Forced infestation method) พบการเข้าทำลายผลแก้วมังกรของแมลงต่ำเมื่อวางบนกรงมีการเข้าทำลายที่ 20 นาที 30 นาที และ 40 นาที ร้อยละ 4.50 9.70 และ 11.90 ตามลำดับ ส่วนในกรงแมลงวางไข่ร้อยละ 24.5 15.8 29.7 (Table2) อาจเกิดจากแก้วมังกรมีเปลือกค่อนข้างหนาประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ทำให้การวางไข่ให้เข้าถึงเนื้อเป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะบริเวณกาบใบที่มีอยู่รอบผล จากรายงานของ รัชฎา และคณะ (2555) ให้แมลงวันทองวางไข่บนแก้วมังกรเนื้อขาวเป็นเวลานานเท่ากับการศึกษานี้ พบว่าแมลงสามารถแมลงเจริญเติบโตได้ดีกว่าแก้วมังกรสีแดง โดยมีจำนวนหนอนรอดชีวิตเฉลี่ยเท่ากับ 98.7 91.2 และ 116.9 ตัว ตามลำดับ

แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* สามารถเข้าทำลายแก้วมังกรได้ทุกระยะการเจริญเติบโต เมื่อเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยระยะไข่ การใส่ไข่ลงไปในผลแก้วมังกรที่จำนวน 100 ฟอง และระยะหนอนวัย1 จำนวน 100 ตัว มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากสุด สำหรับระยะหนอนวัย 2 และ 3 มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตไม่แตกต่างกันเมื่อใส่หนอนในผลแก้วมังกรที่จำนวน 100 150 และ 200 ตัว (Table 3) จากข้อมูลดังกล่าวนี้สรุปได้ว่าจำนวนที่เหมาะสมในทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้คือ 200 ตัวหรือฟอง ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวนี้ไปใช้ในงานทดลองการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ให้ได้มากด้วยความร้อนในปีงบประมาณ 2563 ต่อไป สำหรับระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในอาหารเทียม พบว่าการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกรระยะไข่มีอายุ 1 วัน ฟักเป็นวัย 1 ในวันที่ 2 เริ่มเป็นวัย 2 ในวันที่ 3 และเข้าสู่วัย 3 ในวันที่ 5 ส่วนการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในอาหารเทียม พบว่า ระยะไข่มีอายุ 1 วัน ฟักเป็นวัย 1 ในวันที่ 2 เริ่มเป็นวัย 2 ในวันที่ 4 ซึ่งช้ากว่าการเจริญเติบโตในแก้วมังกร และเข้าสู่วัย 3 ในวันที่ 5 (Figure 2 and 3) รัชฎา และคณะ (2558) ได้ศึกษาอัตรา การรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวในสภาพห้องปฏิบัติการ หนอน แมลงวันผลไม้มีอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยสูงสุด คือ 69 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะ

กรมวิชาการเกษตร

การเจริญเติบโต คือ หนอนวัย 1 อายุ 1 - 2 วัน หนอนวัย 2 อายุ 2 - 3 วัน หนอนวัย 3 อายุ 3 - 7 วัน ตามลำดับ ซึ่งการเจริญเติบโตของหนอนเหมือนกับที่เลี้ยงในแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการทดลอง ได้ทดสอบความเที่ยงตรงของแท่งวัดความร้อนและรูปแบบของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมของตู้อบไอน้ำเพื่อเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง (Figure4) พบว่าแท่งวัดความร้อนสามารถอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นได้เที่ยงตรงเมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่อุณหภูมิ 47 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 99.9-100 เปอร์เซ็นต์ เวลา 20 นาที (Table 4) และได้รูปแบบของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมในการอบแก้วมังกรเนื้อแดงโดยวิธีอบไอน้ำ และอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Table 5 และ6) เพื่อใช้ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรเนื้อแดงด้วยวิธีอบไอน้ำ

การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อผลแก้วมังกรเนื้อแดงที่ผ่านความร้อน (treatment) และไม่ผ่านความร้อนเป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่อุณหภูมิ 46 และ 47 °ซ. นาน 0, 1 และ2 ชม. ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแก้วมังกร รวมทั้งน้ำหนัก แก้วมังกรกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน Table 7 และ 8 เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชม. เมื่อครบกำหนดเวลา นำแก้วมังกรทดลองทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน บรรจุใส่ในกล่องกระดาษ สำหรับการส่งออกจริง เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 12 °ซ. นาน 7 วัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำแก้วมังกรทั้งหมดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนมาประเมินความเสียหายจากความร้อน พบว่า แก้วมังกรที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ 47 °ซ. นาน 0, 1 และ2 ชม. เปรียบเทียบที่ไม่ผ่านความร้อน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 9)

เมื่อให้ความร้อนแก้วมังกรที่ 46 และ 47°ซ. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แต่เมื่อให้ความร้อนกับแก้วมังกรเป็นเวลานานขึ้น ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยยะสำคัญยิ่ง (Table 10) การวัดความต้านทานต่อแรงกดของผลแก้วมังกรบริเวณเนื้อผิว พบว่าแก้วมังกรที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ 47 °ซ. นาน 0, 1 และ2 ชม. มีความแข็งน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่ผ่านความร้อนแตกต่างทางสถิติ (Table 11) โดยแก้วมังกรที่ผ่านความร้อนเนื้อผิวมีความอ่อนนุ่มมากกว่า

การเปลี่ยนสีของเปลือกแก้วมังกรเนื้อแดง โดยวัดค่าสีในระบบ L* a* b* พบว่าแก้วมังกรก่อนและหลังผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ 47 °ซ. นาน 0, 1 และ2 ชม. หลังจากเก็บไว้ 7 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ แก้วมังกรที่ได้รับความร้อนและระยะเวลาเพิ่มขึ้น มีค่าความสว่าง L* เพิ่มสูงขึ้น ค่า a* ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของสีจากเขียวไปเป็นแดงนั้น มีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้น ค่า b* ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีน้ำเงินไปเป็นสีเหลือง มีค่าเพิ่มสูงขึ้น (Table 12 และ 13) การเปลี่ยนสีของเปลือกแก้วมังกรเป็นสีชมพูเข้มขึ้น ไม่พบความเสียหายของเนื้อผล และผิวเปลือก รวมทั้งไม่มีอาการของโรคปรากฏ

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง (Figure 5) หลังจากผ่านความร้อนวิธีการอบไอน้ำและวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. นาน 0, 1 และ 2 ชม. เปรียบเทียบกับแก้วมังกรที่ไม่ผ่านความร้อน (control) ระยะเวลาที่ใช้ในการอบและน้ำหนักของแก้วมังกรกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งได้แสดงไว้ใน (Table 14 and 15) จากการทดลองพบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกร replication1 และ 2 โดยวิธีการอบไอน้ำมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกช่วงเวลา แต่วิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์นาน 1 ชม. ของ replication1 และที่ 2 ชม.ของ replication2 ปริมาณน้ำตาลซึ่งวัดจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยยะสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Table 16) หลังจากเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 27 °ซ. นาน 6 วัน ผลแก้วมังกรทดลองเน่าเสียมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ พบวิธีการอบไอน้ำมีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียสูงที่สุด การเปลี่ยนสีเปลือกของแก้วมังกรบริเวณครีบก่อนอบมีสีเหลืองเขียวหลังอบทั้ง 2 วิธี ครีบของผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้งและความยาวของครีบหดสั้นลง (Figure 6)วิธีการอบไอน้ำผลภายในเป็นรูกลวง เนื้อยุบตั้งแต่เริ่มอบที่เวลา 0 ชม. ในขณะที่วิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ เริ่มเสียหายที่ 1 ชม.ขึ้นไป เนื้อรอบๆที่เกิดช่องว่างลักษณะช้ำ ซึ่งไม่พบลักษณะอาการนี้ในแก้วมังกรที่ไม่ผ่านความร้อน (Table 17 และ Figure 7) สำหรับพืชชนิดอื่นๆที่มีการศึกษาด้านความเสียหายหลังจากผ่านความร้อนได้แก่ พริกหวานพบว่าวิธีการอบไอน้ำที่อุณหภูมิมากกว่า 46 °ซ. เป็นเวลา 1 ชม.ขึ้นไปทำให้พริกหวานเกิดอาการขั้วเหี่ยวหรือเปลี่ยนเป็นสีดำ (Wilt calyx) เปลือกผิวย่น (shrink) โดยเกิดความเสียหายเล็กน้อยและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพด้านการบริโภค ส่วนอาการ

เกิดเนื้อยุบเป็นหลุมหรือมีรอยแตก (pitting) จะพบอาการรุนแรงเมื่อทำการอบไอน้ำผลพริกที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน (อุดรและคณะ, 2554) มลนิภา และคณะ (2555) ได้ศึกษาด้านความเสียหายของมะละกอด้วยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) เปรียบเทียบกับวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) พบว่ามะละกอที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 °ซ. นาน 2 ชม. จะแสดงความเสียหายภายนอกที่ผิว โดยเกิดรอยบุ๋ม (pitting) และภายในผลเกิดอาการช้ำ และนิ่ม (flesh softening) เนื่องจากความร้อนอย่างเด่นชัด ในขณะที่มะละกอที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่อุณหภูมิ และระยะเวลาดังกล่าว พบการเปลี่ยนแปลงของสีผิวที่ผลจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (skin yellowing) ใกล้เคียงกับมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน วิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละกอมากกว่าวิธีการอบไอน้ำ (VHT) นอกจากนี้ Jacobi *et al*. (1996) ได้ศึกษาคุณภาพผลซูกินีหลังจากผ่านการอบไอน้ำที่อุณหภูมิภายในสุดผล 45 °ซ. นาน 30 นาที หลังจากนั้นเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 7 - 8 °ซ. ผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และการที่เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจะถูกกระตุ้นให้เพิ่มมากขึ้นจากการอบไอน้ำ ความเสียหายของมะม่วงพันธุ์ ‘Kensington’ หลังจากอบไอน้ำ Jacobi and Wong (1992) รายงานว่า เมื่ออบไอน้ำมะม่วงพันธุ์ ‘Kensington’ จาก 3 แหล่งปลูกที่อุณหภูมิ

ผล 47 °ซ. นานตั้งแต่ 7.5 ถึง 30 นาที ความเสียหายภายในและภายนอกผลเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ความเสียหายภายนอกที่สำคัญได้แก่ อาการผิวเป็นรอยสีน้ำตาล และเซลล์ที่เปลือก (Lenticel) เป็นจุดเข้ม ส่วนความเสียหายภายในผลพบอาการเนื้อเกิดเป็นจุดสีขาว (ricy spot) โดยแหล่งปลูกและระดับความแก่ของผลมะม่วงเมื่อนำมาผ่านความร้อนมีอิทธิพลต่อระดับความเสียหายของมะม่วง

เนื่องจากตามนโยบายรัฐบาลกรมวิชาการเกษตรถูกตัดงบประมาณงานวิจัยและในช่วงที่มีผลผลิต แต่ไม่สามารถดินทางไปนอกพื้นที่ได้เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อ โควิด-19 และงบประมาณในการจัดซื้อผลไม้มาทำการทดลองมีไม่เพียงพอ ส่งผลให้งานทดลองล่าช้าไม่เป็นไปตามแผนการดำเนินงานที่วางไว้ จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงแผนการทดลอง

การศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระหว่างไข่และหนอนวัยต่างๆ Table 18 และ Figure 8 แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการอบแก้วมังกรให้อุณหภูมิผลคงอยู่ที่ 45 และ 46.5 °ซ. เป็นระยะเวลานานต่างๆ ตามกำหนด เมื่ออบแก้วมังกรเนื้อแดงเพื่อกำจัดระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 จากผลการทดลอง 3 ครั้ง ปรากฏว่า ระยะเวลาการให้ความร้อนกับแก้วมังกรเมื่อกำจัดแมลงระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ที่อุณหภูมิผล 46.5 °ซ. ใช้เวลานานเฉลี่ย 4:08, 4:09, 4:15 และ 4:011 ชม. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการอบแก้วมังกรเนื้อแดงให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 43 °ซ. และจากอุณหภูมิ 43 °ซ. เพิ่มขึ้นถึง 46.5 °ซ. ซึ่งแก้วมังกรอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ และ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ดามลำดับ (Table 19) พบว่า เมื่ออุณหภูมิผลแก้วมังกรเพิ่มขึ้นถึง 46.5 °ซ. แมลงระยะไข่หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 อยู่ภายในสภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ นาน เฉลี่ย 3:15, 3:18, 3.20 และ 3:17 ชม. ดามลำดับ (Table 19) ในขณะที่อยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ นานเฉลี่ย 0:50, 0:51, 0:54 และ 0:54 ชม. ใกล้เคียงกัน สำหรับมังคุดที่มีน้ำหนักประมาณ 85-120 กรัม/ผล ใช้เวลาน้อยกว่าแก้วมังกรเนื้อแดง โดยอุณหภูมิผลมังคุดเพิ่มขึ้นจาก 43 ถึง 45 °ซ. กำจัดแมลงระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 นานเฉลี่ย 0:13 ชม. เหมือนกันหมด (อุดร และคณะ, 2545)

อัตราการตายของแมลงระยะไข่ หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ในการทดลองในแต่ละระยะ แสดงใน Table 20 จากผลการทดลองพบว่า หนอนวัยที่ 1, 2 และ 3 ตายทั้งหมด หลังอบไอน้ำเมื่อคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46.5 °ซ. ส่วนระยะไข่ตายทั้งหมดเมื่อคงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46.5 °ซ. นาน 10 นาที โดยพบว่ามีอัตราการตายเฉลี่ยของระยะไข่น้อยสุดเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 45 และ 46.5 °ซ. คือ 51.15 และ 99.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระยะไข่มีแนวโน้มทนทานต่อความร้อนจากวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าระยะหนอนวัยที่ 1, 2 และ 3

การศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระหว่างไข่และหนอนวัย 1 ใช้เวลาการอบโดยแสดงผลใน Table 21 แสดงระยะเวลาอบแก้วมังกรเนื้อแดงให้อุณหภูมิคงอยู่ที่ 45 และ 46.5 °ซ. เป็น

กรมวิชาการเกษตร

ระยะเวลานาน 10, 20, 30 และ 40 นาที จากการศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อความร้อนระหว่างไข่และหนอนวัยต่างๆข้างต้น เป็นการแยกอบแก้วมังกรเนื้อแดงกำจัดแมลงระยะไข่และหนอนวัย 1 ในเครื่องตู้อบไอน้ำคนละเครื่อง สภาพการอบแก้งมังกรเนื้อแดงอาจจะมีความแตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อยืนยันระยะไข่ทนทานต่อความร้อนได้มากกว่าหนอนวัยที่ 1 จึงทำการอบแก้วมังกรเนื้อแดงกำจัดแมลงระยะไข่ และหนอนวัย 1 อยู่ภายใต้สภาพความร้อนที่เหมือนกัน

ผลการตรวจนับแมลงในแก้วมังกรเนื้อแดงที่ไม่ผ่านความร้อนพบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงระยะไข่สูงกว่าระยะหนอนวัย 1 คือ 67.6 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จาก Table 22 แสดงอัตราการตายของแมลงที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน พบว่าที่อุณหภูมิ 45 °ซ. มีอัตราการตายของแมลงระยะไข่ต่ำกว่าระยะหนอนวัย 1 ได้แก่ 23.67 และ 49.40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. ระยะเวลานาน 0, 10, 20, 30 และ 40 นาที พบว่าแมลงระยะไข่ และหนอนวัย 1 มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองแสดงว่าระยะไข่ของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* ในผลแก้วมังกรเนื้อแดงมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าหนอนวัยที่ 1

Le *et al*., (2010) ได้ทำการทดลองความทนทานต่อความร้อนในระยะต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ *Dacus dorsalis* Hendel โดยวิธีการอบไอน้ำกับมะม่วงพันธุ์ Tuu Shien ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองของประเทศไต้หวัน พบว่าระยะไข่เป็นระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าระยะไข่เป็นระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากกว่าระยะอื่นๆเมื่อทำการทดลองในมะม่วง ได้แก่ Sein (1935) ทำการทดลองในมะม่วงจากเปอร์โต ริโก้, ไต้หวัน (Koidsumi, 1937) ระยะไข่ของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) ในมะม่วงจากโอกินาว่า (Sunagawa *et al*. 1987) สำหรับประเทศไทยผลการศึกษาความทนทานของแมลงวัน *B. dorsalis* ในมังคุดด้วยวิธีการใช้ความร้อน พบว่าระยะหนอนเป็นระยะที่แมลงตายน้อยที่สุด (Unahawutti *et al*, 1999)

การศึกษาวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. นาน 0, 10, 15, 20, 25 และ30 นาที ระยะเวลาที่ใช้ในการอบไอน้ำได้แสดงไว้ใน Table 23 ระยะเวลาการให้ความร้อนกับแก้วมังกรเมื่อกำจัดแมลงระยะไข่ อายุ 24 ชม. (Figure 9) เมื่อพิจารณาถึงช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการอบแก้วมังกรเนื้อแดงให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 43 °ซ. จากอุณหภูมิ 43 °ซ. เพิ่มขึ้นถึง 46.5 °ซ. และที่อุณหภูมิผล 46.5 °ซ. ซึ่งแก้วมังกรอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ และ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลานานเฉลี่ย 2:07 0:47 และ 2:56 ชม. ตามลำดับ (Table 24) จากการทดลอง 3 ครั้ง พบว่า แก้วมังกรที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 45 ผล มีแมลงวันผลไม้รอดชีวิต จำนวน 2,420 ตัว ซึ่งในแก้วมังกรที่ผ่านความร้อนแต่ละระยะเวลาที่กำหนดจำนวน 18 ผล

กรมวิชาการเกษตร

แมลงวันผลไม้ระยะไข่ อายุ 24 ชม. รอดชีวิตที่อุณหภูมิอบไอน้ำ 46.5 °ซ. นาน 0, 10, 15, 20, 25 และ30 นาที จำนวน 32, 7, 11, 0, 1 และ 0 ตัว ตามลำดับ โดยมีอัตราการตายของระยะไข่เฉลี่ย 98.22, 99.52, 99.24, 100, 99.9 และ100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 25) จากการทดลองจึงประมาณการได้ว่าแก้วมังกรซึ่งผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. แต่ละระยะเวลาที่กำหนด จะมีหนอนที่รอดชีวิตได้จำนวนไม่น้อยกว่าประมาณ 4,356 ตัว ผลการตรวจนับจำนวนแมลงในผลส้มโอ จากการทดลองปรากฏว่า ระยะไข่ของแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรตายทั้งหมดเมื่อคงความร้อนที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. ที่เวลา 30 นาที

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลแก้วมังกรเนื้อแดงเพื่อการส่งออก ได้ผลดังนี้ สามารถเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ภายในห้องปฏิบัติการ ได้แมลงวันผลไม้จำนวนมากกกว่า 50,000 ตัว มีปริมาณ มีอัตราการฟักไข่ (hatching rate) เฉลี่ย 76-80% อัตราการออกเป็นตัวเต็มวัย (emerging rate) เฉลี่ย 87-94% น้ำหนักของดักแด้ เฉลี่ย 0.013-0.015 กรัม และมีอัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมีย (sex ratio) เพศผู้เฉลี่ย 42-45% และเพศเมียเฉลี่ย 44-49% (1:1) สำหรับข้อมูลของแก้วมังกรพันธุ์เนื้อในสีแดง (*H. costaricensis*) ที่มีชื่อว่า"แดงสยาม" ซึ่งเป็นพันธุ์มาจากไต้หวัน เข้ามาปลูกในประเทศไทย จากการทดลองพบว่าแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* สามารถเข้าทำลายแก้วมังกรได้ทุกระยะการเจริญเติบโตเมื่อเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการ จำนวนที่เหมาะสมในทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้คือ 100 ตัวหรือฟอง ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวนี้ไปใช้ในงานทดลองการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ด้วยความร้อนในปีงบประมาณ 2563 ต่อไป สำหรับระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ในผลแก้วมังกรเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในอาหารเทียม พบว่าการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะวัย2 มีช่วงเวลายาวกว่าการเลี้ยงในผลแก้วมังกร การประเมินความเสียหายของกระบวนการอบไอน้ำต่อผลแก้วมังกรเนื้อแดงที่ผ่านความร้อน (treatment) และไม่ผ่านความร้อนเป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ที่อุณหภูมิ 46 และ 47 °ซ. นาน 0, 1 และ2 ชม. ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% ทำการทดลองกับตู้อบความร้อนขนาดใหญ่เปรียบเทียบที่ไม่ผ่านความร้อน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าไม่ผ่านความร้อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สำหรับความหวานของแก้วมังกรมีผลลดลงเมื่อผ่านความร้อนในเวลาที่นานขึ้น รวมทั้งความแข็งของเนื้อผิวของแก้วมังกรที่ผ่านความร้อนมีเนื้อผิวอ่อนนุ่มมากกว่าที่ไม่ผ่านความร้อน ไม่พบความเสียหายของเนื้อผล และผิวเปลือก รวมทั้งไม่มีอาการของโรคปรากฏ

กรมวิชาการเกษตร

แท่งวัดความร้อนสามารถอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นได้เที่ยงตรงเมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่อุณหภูมิ 47 °ซ. เวลา 20 นาที และได้รูปแบบของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม เพื่อใช้ศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของแก้วมังกรเนื้อแดงด้วยวิธีอบไอน้ำ การศึกษาด้านความเสียหายจากความร้อนของผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง หลังจากผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำและวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. นาน 0, 1 และ 2 ชม. เปรียบเทียบกับแก้วมังกรที่ไม่ผ่านความร้อน (control) พบว่าวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่เวลาใช้เวลาในการอบนานขึ้น ปริมาณน้ำตาลซึ่งวัดจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงมีค่ามากกว่าวิธีการอบไอน้ำ และกรรมวิธีควบคุม หลังจากเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 27 °ซ. นาน 6 วัน ผลแก้วมังกรทดลองเน่าเสียมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งวิธีการอบไอน้ำมีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียสูงกว่า และมีความเสียหายภายในผลเป็นรูกลวงเนื้อยุบหลังจากได้รับความร้อนมากกว่าวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อมีการอบไอน้ำนานขึ้น

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 *B. 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. ในผลแก้วมังกรตายทั้งหมด มีค่าประมาณการในการกำจัดแมลงวันผลไม้ ตาม Abbott (Abbott, 1925) เท่ากับ 4,356 ตัว

บรรณานุกรม

กฤติยา ไชยนอก. 2559. *บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน แก้วมังกร*. แหล่งที่มา URL http://www.ppc14th.com/pdf/abstact-ppc14th.pdf สืบค้นเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2562.

กรมวิชาการเกษตร

ภาสันต์ ศารทูลทัต ธนากร บุญกล่ำ และ ธีร์ หะวานนท์. 2559. *การชักนำดอกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวและแดงนอกฤดูด้วยสาร Forchlorfenuron*. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ปีที่3 ฉบับพิเศษ (I): M04/49-53, 2559

ภชมน พิชญาจิตติพงษ. 2556. *การผลิตและสมบัติทางชีวภาพของสีผสมอาหารจากเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อผลสีแดง (Hylocercus polyrhizus)*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. 127 หน้า.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชัยณรัตน์ สนศิริ สลักจิต พานคำ รัชฎา อินทรกำแหง และอุดร อุณหวุฒิ. 2555. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนในผลมะละกอเพื่อการส่งออก. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาศัตรูพืชหมดปัญหาเมื่ออารักขาถูกวิธี. 7-9 สิงหาคม 2555. ณ โรงแรมเฟลิกซ์ ริเวอร์แควรีสอร์ท จ. กาญจนบุรี. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร: กรุงเทพฯ.

รัชฎา อินทรกำแหง สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชุติมา อ้อมกิ่ง และ อุดร อุณหวุฒิ. 2555. *วิจัยและพัฒาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลแก้วมังกรเพื่อการส่งออก. ใน*รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 1939-1951.

รัชฎา อินทรกำแหง สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชุติมา อ้อมกิ่ง อุดร อุณหวุฒิ. จารุวรรณ จันทรา วลัยกร รัตนเดชากุล พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ ปวีณา บูชาเทียน พงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ์ และนวลนิสา ตั้งสัจจะกุล. 2558. กิจกรรมที่ 5 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันเพื่อการส่งออก. ใน รายงานชุดโครงการวิจัยการกักกันพืช. หน้า42-62.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. มปป. *พันธุ์แก้วมังกร*. แหล่งที่มา URL http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=38&chap=4&page=t38-4-infodetail04.html สืบค้นเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2562.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562

อุดร อุณหวุฒิ สลักจิต พานคำ และพิทวัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2545. การวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก. คัดเลือกเป็นผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2545. ประเภทงานวิจัยประยุกต์. กรุงเทพฯ. หน้า 1-35.

อุดร อุณหวุฒิ รัชฎา อินทรกำแหง. สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ ธาริณี นาแสวง มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และชุติมา อ้อมกิ่ง 2554. การพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนเพื่อการส่งออกพริกหวานไปประเทศญี่ปุ่น ผลงานวิจัยระดับดี โครงการเร่งด่วนกรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2554 กรมวิชาการเกษตร: กรุงเทพฯ. 100 หน้า

Armstrong, J.W., J.D. Hansen, B.K.S. Hu and S.A. Brown. 1989. High-temperature, forced-air quarantine treatment for papayas infested with teprhitid fruit flies (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 82: 1667-1674.

US Gov Print Off. p. 401–404.

กรมวิชาการเกษตร

Baker, A.C. 1952. The vapor-heat process. In: USDA, editor.Insects: the yearbook of agriculture. Washington (DC): US Goverment Print office. p. 401–404.

Balock, J.W. and T. Kozuma. 1954. Sterilization of papaya by means of vapour heat Quick rRn-up. Special report No. 7, Fruit fly investigations in Hawaii. US department of agriculture, Entomology Research Branch , Honolulu, Hawaii.

Gaffney, J. J. and J. W. Armstrong. 1990. High-temperature forced-air research facility for heating fruits for insect quarantine treatments. Journal of economic entomology 83(5): 1959-1964.

Hansen, J.D., J.W. Armstrong, B.K.S. Hu and S.A Brown. 1990. Thermal death of oriental fruit fly (Diptera :Tephritidae) third instars in developing quarantine treatments for papayas. Journal of Economic Entomology. 83: 160-167.

Ho Dinh Hai, 2014. *The edible plants in Vietnam*. 61: 237–250. Available at URL https://www.edibleplantsinvietnam.com/vietnamese-dragon-fruit-thanh-long.html Accessed on 9/09/2019

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

Jacobi, K.K., L.S. Wong and J.E. Giles, 1996. Effect of hot air disinfestations treatment in combination with simulated airfreight conditions on quality of Kensington mango (*Mangifera indica* Linn.). Aust. J. Exp. Agric., 36: 739-745.

Jones, W. 1939. The influence of relative humidity on the respiration of papaya at high temperatures. Proceeding of the American Society for Horticultural Science. 37: 700-705.

Koidsumi, K. 1937. Heat sterilization of Formosan fruits for fruit flies (III). Japanese Society of Tropical Agriculture, 9: 275-286pp.

LE Bellec, F., F. Vaillant and E. Imbert. 2006. *Pitahaya (Hylocereus spp.): a new fruit crop, a market with a future*. Available at URL https://www.edpsciences.org/fruits. Accessed on 5/09/2019

Le, Thi-Nghiem., Ching-Chang Shiesh, Huey-Ling Lin and E. Lee. 2010. Vapour heat quarantine treatment for Taiwan native mango variety fruits infested with fruit fly. Journal of Applied Horticulture. 12(2): 107-112pp.

กรมวิชาการเกษตร

Mangan, R. L. and S. J. Ingle. 1992. Forced hot-air quarantine treatment for mangoes infested with West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 85: 1859-1864.

Sein, F., Jr. 1935. Heat sterilization of mangoes and guavas for fruit flies. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, 19:105-115pp.

Sharp, J.L. 1991. Condition of Florida grapefruit after exposure to vapor heat quarantine treatment. HortScience 26:424.

Sharp, J.L., J.J. Gaffney, J.I. Moss, and W.P. Gould. 1991. Hot-air treatment device for quarantine research. J. Econ. Entomol. 84:52-527

Sunagawa, K., K. Kume and R. Iwaizumi, 1987. The effectiveness of vapour heat treatment against the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett, in mango and fruit tolerance to the treatment. Research Bulletin of Plant Protection Japan, 23: 13-20pp.

Unahawutti, U., M. Poomthong, R. Intarakumheng, W. Worawisitthumrong, C. Lapasathukool, E. Smitasiri, P. Srisook and C. Ratanawaraha. 1991. Vapor heat as plant quarantine treatment of 'Nang klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes, Infested with fruit flies (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approved of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. Tech. Plant Quarant. Sub Div., Agr. Regulat. Div., Dept. of Agr., Bangkok. 342 p.

Wagiyanti, H. and R. Noor. 2017. *Red dragon fruit (Hylocereus costaricensis britt. et r.) peel extract as a natural dye alternative in microscopic observation of plant tissues*: The practical guide in senior high school. Pendidikan Biologi Indonesia Journal 3(3): 232-237.

Watanabe, N., Ichinohe F. and Sonda M. 1973. *Improvement of corn flour medium for larval culture of oriental fruit fly*. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan. 11. 57–58 pp

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

Table1 Ban lifted dragon fruit treated with quarantine vapour heat treatment.

Exporting Country	Importing Country	Treatment Condition
Vietnam	Taiwan	46.8^{0}C holding time at 40 minutes
Vietnam	New Zealand	46.5^{0}C holding time at 40 minutes
Vietnam	Australia	46.5^{0}C holding time at 40 minutes
Vietnam	Korea	46.5^{0}C holding time at 40 minutes
Vietnam	Japan	46.5^{0}C holding time at 30 minutes

Table2 The survival percentage of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) by means of forced infestation method

Treatment	Time (minutes)		
	20	30	40
On cage	4.50	9.70	11.90
In cage	24.5	15.8	29.7

Table3 The survival percentage of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) as inoculation on dragon fruit.

Stage	Number of fruit fly (%)		
	100	150	200
Eggs	32.50	14.07	21.85
1st instar larva	51.20	39.27	42.45
2nd instar larva	85.70	72.87	91.70
3rd instar larva	79.00	82.67	88.65

กรมวิชาการเกษตร

Table4 Calibration record obtained from each sensor of the VHT system no 1 and 2

VHT no.	(Number of sensor)											
(Time)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VHT no. 1												
10:00	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
10:05	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
10:10	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
10:15	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
10:20	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
VHT no. 2												
10:00	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
10:05	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
10:10	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
10:15	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
10:20	47.0	100.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

Table5 Temperature pattern of modified vapor heat treatment (MVHT) and humidity pattern for red dragon fruit

Segment	1	2	3	4	5	6
Temperature (C°)	30	30	41	45	48	48
Time (hr.)	0.00	0.30	0.45	0.15	0.15	5.00
Humidity (% RH)	65	65	95	95	-	-
Time (hr.)	0.00	5.00	0.10	5.00	-	-

Table6 Temperature pattern of vapor heat treatment (VHT) and humidity pattern for red

dragon fruit

Segment	1	2	3	4	5	6
Temperature (C°)	30	30	41	45	48	48
Time (hr.)	0.00	0.30	0.45	0.15	0.15	5.00
Humidity (% RH)	95	95	-	-	-	-
Time (hr.)	0.00	8.00	-	-	-	-

Table7 Time for center of red dragon fruit to attain 46°C and 47°C for various holding times during modified vapor heat treatment in fruit injury test.

Temp.	Holding time (h)	Load factor (kg/cum.)			Sensor fruit weight (g)			Time (h)[1/]
		R1	R2	R3				
	0	6508.89	6524.91	6268.83	280.25	280.7	281.30	3:15
46 °C	1	6579.17	6556.77	6561.87	285.74	285.70	285.84	4:42
	2	6594.74	6654.28	6609.38	285.10	285.40	285.13	5:14
	0	6531.87	6231.82	6228.87				3:26
47 °C	1	6626.62	6735.06	6693.63				4:52
	2	6608.76	6605.78	6490.68	285.39	285.48	285.04	6:43

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table8 Time for center of red dragon fruit to attain 43, 46°C and 47°C during modified vapor heat treatment in fruit injury test.

Temp.	Holding time (h)	Time for fruit center to reach 43°C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46, 47°C (h)[1/]	Time from 43°C to 46, 47°C (h)[1/]
46 °C	0	2:08	3:15	1:07
	1	2:24	3:42	1:18
	2	2:03	3:14	1:11
47 °C	0	2:56	3:26	1:30
	1	2:17	4:08	1:51
	2	2:21	4:43	2:22
Average		**2:36**	**3.74**	**1.55**

กรมวิชาการเกษตร

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table9 Weight loss (%) of red dragon fruit treated with modified vapor heat treatment center temperature 46 and 47°C for various holding times and 7 days chamber at 12°C.

Treatment	Weight loss (%)[1/]		
	0h	1h	2h
Control	6.07	6.84	4.13
46°C	7.48	7.68	5.47
T-test	**	**	**
Control	6.85	6.55	4.62
47°C	8.16	8.11	6.31
T-test	**	**	**

[1/] The difference was statistically significant by t-test ($p < 0.05$)

Table10 Total soluble solid (^{0}Brix) of red dragon fruit treated with modified vapor heat treatment center temperature 46 and 47°C for various holding times and 7 days chamber at 12°C.

Treatment	Brix value (Brix) [1/]		
	0h	1h	2h
Control	11.00	11.70	13.73
46°C	11.00	10.99	11.97
T-test	ns	**	**
Control	10.15	11.23	12.63
47°C	10.19	11.30	11.55
T-test	ns	ns	**

[1/] The difference was statistically significant by t-test ($p < 0.05$)

Table11 Hardness of red dragon fruit treated with modified vapor heat treatment center temperature46 and 47°C for various holding times and 7 days chamber at 12°C.

Treatment	Hardness (kgs) [1/]		
	0h	1h	2h
Control	0.35	0.35	0.33

กรมวิชาการเกษตร

46°C	0.32	0.30	0.28
T-test	**	**	**
Control	0.33	0.35	0.37
47°C	0.32	0.31	0.31
T-test	*	**	**

[1/]The difference was statistically significant by t-test ($p < 0.05$)

กรมวิชาการเกษตร

Table12 Peel color (L*a*b*) of red dragon fruit treated with modified vapor heat treatment center temperature46 and 46°C for various holding times and 7 days chamber at 12°C.

Peel color	Treatment	Before Treatment	After Treatment	t-test[1/]
L*	Control	23.18	41.73	**
	0 min.	34.04	39.26	**
	Control	35.81	35.42	ns
	1 hr.	35.82	37.57	**
	Control	10.72	36.70	**
	2 hr.	28.18	34.33	**
a*	Control	30.60	41.73	**
	0 min.	32.05	42.88	**
	Control	33.98	26.25	**
	1 hr.	30.77	29.83	ns

	Control	17.28	35.14	**
	2 hr.	24.59	34.70	**
b*	Control	6.65	10.32	**
	0 min.	7.84	10.73	**
	Control	7.72	9.61	ns
	1 hr.	7.45	9.40	**
	Control	5.08	8.66	*
	2 hr.	7.56	8.36	**

[1/]The difference was statistically significant by t-test ($p < 0.05$)

กรมวิชาการเกษตร

Table13 Peel color (L*a*b*) of red dragon fruit treated with modified vapor heat treatment center temperature46 and 47°C for various holding times and 7 days chamber at 12°C.

Peel color	Treatment	Before Treatment	After Treatment	t-test[1/]
L*	Control	33.29	34.72	ns
	0 min.	33.67	38.31	**
	Control	34.91	39.04	*
	1 hr.	31.95	37.87	**
	Control	30.47	37.96	*
	2 hr.	32.57	35.89	**

a*	Control	33.10	33.16	ns
	0 min.	34.78	38.84	**
	Control	34.14	41.81	**
	1 hr.	31.77	39.12	**
	Control	28.38	37.36	**
	2 hr.	30.06	35.37	**
b*	Control	7.98	6.65	ns
	0 min.	8.38	9.78	**
	Control	9.89	10.76	ns
	1 hr.	7.08	8.96	**
	Control	8.18	9.42	ns
	2 hr.	7.65	7.88	ns

[1/]The difference was statistically significant by t-test ($p < 0.05$)

Table14 Time spent for center of red dragon fruit to attain 46.5° C for various holding times during vapor heat treatment and modified vapor heat treatment in fruit injury test.

Temp.	Rep.	Load factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (h)[1/]		
			1	2	3	0:00	1:00	2:00
VHT	1	8.91	332.19	328.79	348.48	3:24	4:24	5:24
	2	6.99	440.03	438.62	438.54	3:37	4:37	5:37
MVHT	1	8.70	299.87	320.81	337.36	3:20	4:20	5:20
	2	7.07	433.63	432.57	423.50	3.52	4.52	5.52

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table15 Time spent for center of red dragon fruit to attain 43.0 and 46.5 °C during vapor heat treatment and modified vapor heat treatment in fruit injury test.

Temp.	Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.5 °C (h)[1/]	Time form 43 to 46.5 °C (h)[1/]
VHT	1	2:20	3:24	1:04

ศูนย์วิทยทรัพยากร

	2	2:15	3:37	1:22
MVHT	1	2:23	3:20	0:57
	2	2:42	3:52	1:10
Average		**2.25**	**3:33**	**1:08**

[1/]Time for center of only 3 sensor fruits to attain target temperature.

Table16 Total soluble solid (°Brix) of red dragon fruit treated with vapor heat treatment and modified vapor heat treatment center temperature 46.5°C for various holding times and 6 days in room temperature at 27°C

Treatment	**Rep.**	**Brix value (Brix)** [1/]		
		0h	**1h**	**2h**
Control		12.41		
VHT	1	13.42	13.60	12.32
MVHT		12.08	14.45	13.87
T-test	Control **vs** VHT	**ns**	**ns**	**ns**
	Control **vs** MVHT	**ns**	**	**ns**
Control		15.08		
VHT	2	16.15	14.18	14.08
MVHT		15.17	15.03	16.57
T-test	Control **vs** VHT	**ns**	**ns**	**ns**
	Control **vs** MVHT	**ns**	**ns**	**

[1/] The difference was statistically significant by t-test ($p < 0.05$)

กรมวิชาการเกษตร

Table17 The percentage of red dragon fruit were rotten after treated with vapor heat treatment and modified vapor heat treatment center temperature 46.5°C for various holding times and kept 6 days in room temperature at 27°C

Treatment	Rep.	Time (h)[1/]		
		0	1	2
Control		30		
MVHT	1	40	80 (1)	40 (1)
VHT		90 (1) [2/]	50	40
Control		83.33		
MVHT	2	83.33	66.67 (1)	50 (1)
VHT		100 (1)	83.33 (1)	83.33 (1)

[1/]Time for fruits to attain target temperature

[2/] Number of red dragon fruit were hole in fruit after vapor heat treatment

Table 18 Time for center of red dragon fruits to attain 45 °C and 46.5 °C for varios holding time after subjecting to MVHT in experiment 1

Stage	Rep.	Sensor fruit weight (g)			Time (h)[1]					
					45 °C	46.5 °C				
						0:00	0:10	0:20	0:30	0:40
Egg	1	348.50	350.94	352.65	3:33	4:11	4:21	4:31	4:41	4:51
	2	349.25	350.87	352.62	3:33	4:03	4:13	4:23	4:33	4:43
	3	341.05	342.27	342.50	3:31	4:10	4:20	4:30	4:40	4:50
			Average		**3:32**	**4:08**	**4:18**	**4:28**	**4:38**	**4:48**
1st instar larvae	1	340.86	341.06	341.33	3:30	4:00	4:10	4:20	4:30	4:40
	2	341.27	341.34	341.97	3:36	4:10	4:20	4:30	4:40	4:50
	3	354.10	354.90	354.90	3:35	4:17	4:27	4:37	4:47	4:57
			Average		**3:34**	**4:09**	**4:19**	**4:29**	**4:39**	**4:49**
2st instar larvae	1	343.17	343.74	344.47	3:31	4:05	4:15	4:25	4:35	4:45
	2	344.16	344.19	344.49	3:39	4:25	4:35	4:45	4:55	5:05
	3	345.59	351.52	354.87	3:39	4:15	4:25	4:35	4:45	4:55
			Average		**3:36**	**4:15**	**4:25**	**4:35**	**4:45**	**4:55**
3rd instar	1	337.80	338.40	338.50	3:33	4:03	4:13	4:23	4:33	4:43
	2	342.55	345.41	345.50	3:36	4:22	4:32	4:42	4:52	5:02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

larvae	3	326.73	335.43	336.32	3:33	4:07	4:17	4:27	4:37	4:47
			Average		**3:34**	**4:11**	**4:21**	**4:31**	**4:41**	**4:51**

[1] Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature

กรมวิชาการเกษตร

Table 19 Time for center of red dragon fruits to attain 43 °C and 46.5 °C after subjecting to MVHT in experiment 1

Stage	Rep.	Time for fruit center to reach 43 °C (min)[1]	Time for fruit center to reach 46.5 °C (min) [1]	Time from 43 to 46.5 °C (min)
Egg	1	3:15	4:11	0:51
	2	3:15	4:03	0:48
	3	3:15	4:10	0:50
	Average	**3:15**	**4:08**	**0:50**
1st instar larvae	1	3:15	4:00	0:45
	2	3:20	4:10	0:50
	3	3:20	4:17	0:57
	Average	**3:18**	**3:09**	**0:51**
2st instar larvae	1	3:16	4:05	0:49
	2	3:23	4:25	0:58
	3	3:20	4:15	0:55
	Average	**3:20**	**4:15**	**0:54**
3rd instar larvae	1	3:20	4:03	0:43
	2	3:15	4:22	1:07
	3	3:15	4:07	0:52
	Average	**3:17**	**4:11**	**0:54**

[1] Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature

กรมวิชาการเกษตร

Table 20 Mortality[1] of OFF eggs, 1st instar, 2nd instar and 3rd instar larvae in red dragon fruits treated with MVHT in Experiment 1

Stage	Treatment[2]	Number treated	Number dead	Corrected mortality (%)[3]
Eggs	Control	1,500	763	0
	45.0 °C + 0:00 h	1,500	1,140	51.15
	46.5 °C + 0:00 h	1,500	1,500	99.86
	46.5 °C + 0:10 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:20 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:30 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:40 h	1,500	1,500	100.00
1st instar larvae	Control	1,500	740	0
	45.0 °C + 0:00 h	1,500	1,184	58.42
	46.5 °C + 0:00 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:10 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:20 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:30 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:40 h	1,500	1,500	100.00
2nd instar larvae	Control	1,500	253	0
	45.0 °C + 0:00 h	1,500	1221	77.63
	46.5 °C + 0:00 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:10 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:20 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:30 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:40 h	1,500	1,500	100.00
3rd instar larvae	Control	1,500	347	0
	45.0 °C + 0:00 h	1,500	1287	81.56
	46.5 °C + 0:00 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:10 h	1,500	1,500	100.00

กรมวิชาการเกษตร

46.5 °C + 0:20 h	1,500	1,500	100.00
46.5 °C + 0:30 h	1,500	1,500	100.00
46.5 °C + 0:40 h	1,500	1,500	100.00

[1] Combined data of 3 replicates

[2] There are 5 treated fruits and 5 control fruits infested with 100 individuals/fruit in each replicate

[3] Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925)

Table 21 Time for fruit center temperature to attain 45 °C for various holding time after exposure to MVHT in Experiment 2

Rep.	Sensor fruit weight (g)			Loading (kg/cu.m)	Time (h)[1]					
					45.0	46.5				
					0:00	0:00	0:10	0:20	0:30	0:40
1	342.63	343.40	343.87	19.05	3:34	4:05	4:15	4:25	4:35	4:45
2	346.52	349.34	355.02	18.67	3:40	4:16	4:26	4:36	4:46	4:56
3	344.26	344.67	345.19	18.68	3:13	4:06	4:16	4:26	4:36	4:46

[1] Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature

Table 22 Mortality[1] of OFF eggs and 1st instar larvae in red dragon fruits treated with MVHT in Experiment2

Stage	Treatment[2]	Number treated	Number dead	Corrected mortality (%)[3]
Eggs	Control	1,500	1014	0
	45.0 °C + 0:00 h	1,500	1129	23.67
	46.5 °C + 0:00 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:10 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:20 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:30 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:40 h	1,500	1,500	100.00
1st instar larvae	Control	1,500	585	0
	45.0 °C + 0:00 h	1,500	1037	49.40
	46.5 °C + 0:00 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:10 h	1,500	1,500	100.00
	46.5 °C + 0:20 h	1,500	1,500	100.00

กรมวิชาการเกษตร

46.5 °C + 0:30 h	1,500	1,500	100.00
46.5 °C + 0:40 h	1,500	1,500	100.00

[1] Combined data of 3 replicates

[2] There are 5 treated fruits and 5 control fruits infested with 100 individuals/fruit in each replicate

[3] Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925)

Table 23 Time for center of red dragon fruit to attain 46.5 °C for various holding times during modified vapor heat treatment in intermediate disinfestation test.

Rep.	Load factor (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)			Time (min.)[1/]					
					0:00	0:10	0:15	0:20	0:25	0:30
1	15.26	423.67	423.67	424.30	3:08	3:18	3:23	3:28	3:33	3:38
2	13.73	377.29	378.25	381.63	2:46	2:56	3:01	3:06	3:11	3:16
3	11.89	330.83	331.05	332.66	2:55	3:05	3:10	3:15	3:20	3:25

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

Table 24 Time for center of red dragon fruit to attain 43.0 and 46.5 °C during modified vapor heat treatment in intermediate disinfestation test.

Rep.	Time for fruit center to reach 43.0 °C (h)[1/]	Time for fruit center to reach 46.5 °C (h)[1/]	Time form 43 to 46.5 °C (h)[1/]
1	2:13	3:08	0:55
2	2:05	2:46	0:41
3	2:02	2:55	0:53
Average	**2:07**	**2:57**	**0:47**

[1/]Time for center of only 2 sensor fruits to attain target temperature.

ศรีปทุมการเกษตร

Table 25 Mortality[1/] of egg of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in red dragon fruit treated with modified vapor heat treatment in intermediate disinfestation test.

Treatment[2/]	Number of treated (larvae)	Number of alive (larvae)	Number of dead (larvae)	Corrected mortality (%)[3/]
Control	4,500	2,420	2,080	0
46.5 ° C + 0 min.	1,800	32	1,768	98.22
46.5 ° C + 10 min.	1,800	7	1,793	99.52
46.5 ° C + 15 min.	1,800	11	1,789	99.24
46.5 ° C + 20 min.	1,800	0	1,800	100
46.5 ° C + 25 min.	1,800	1	1,799	99.9
46.5 ° C + 30 min.	1,800	0	1,800	100

[1/]Combined data of 3 replicates.

[2/]Treatment: 6 fruits infested with 100 individuals/fruit.
Control: 15 fruits infested with 100 individuals/fruit.

[3/]Mortality is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925).

กรมวิชาการเกษตร

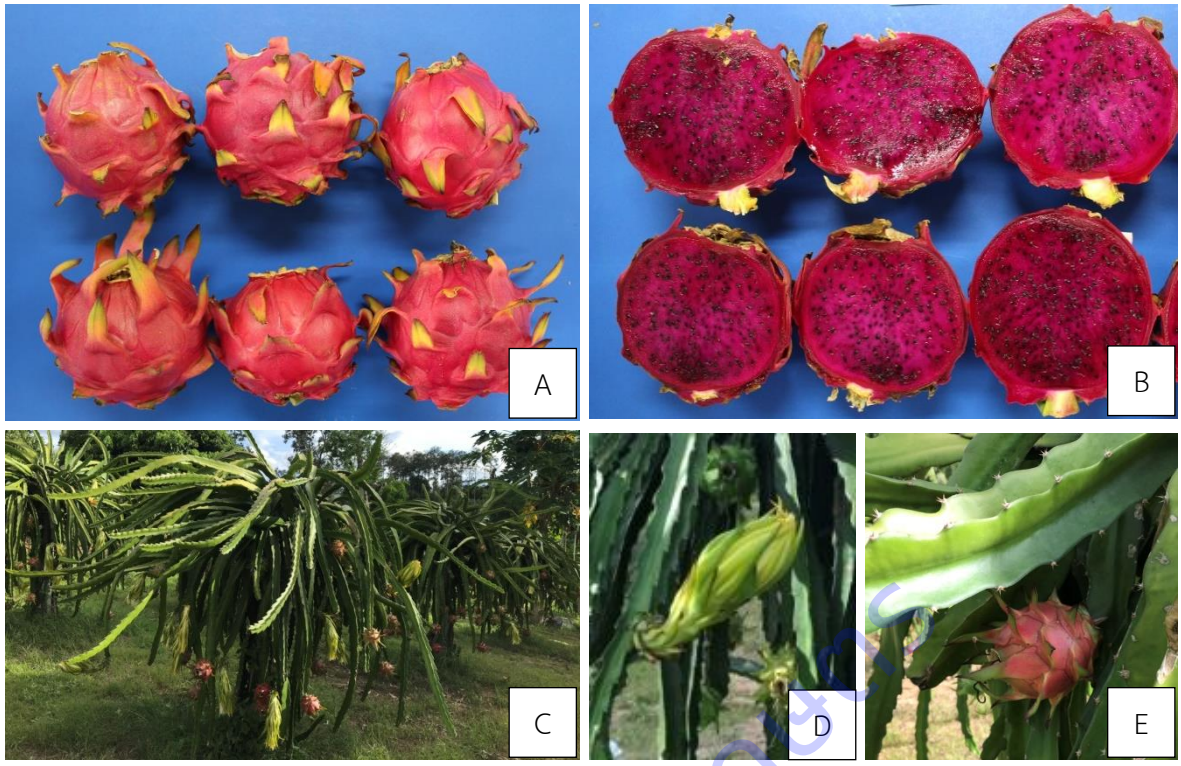
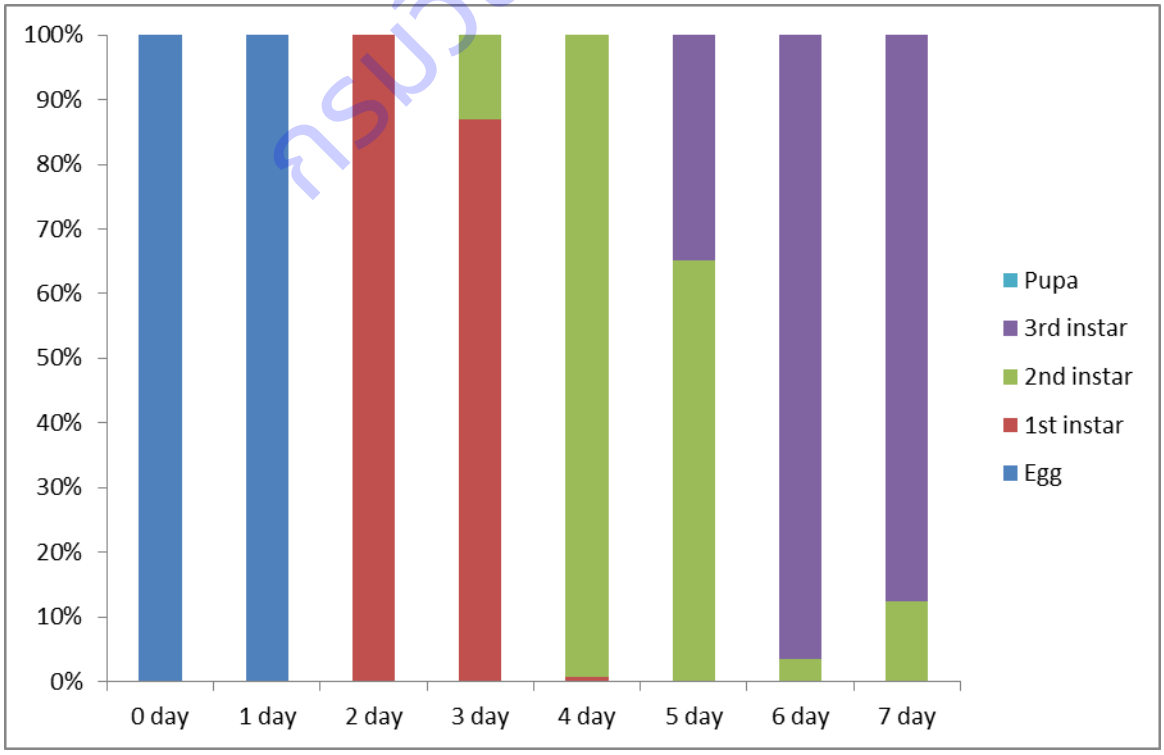


Figure1 Internal (A), external (B) characteristic, stems (C) flower (D) and fruit (E) of dragon fruit.



กรมวิชาการเกษตร

Figure2 Laval development of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in dragon fruit

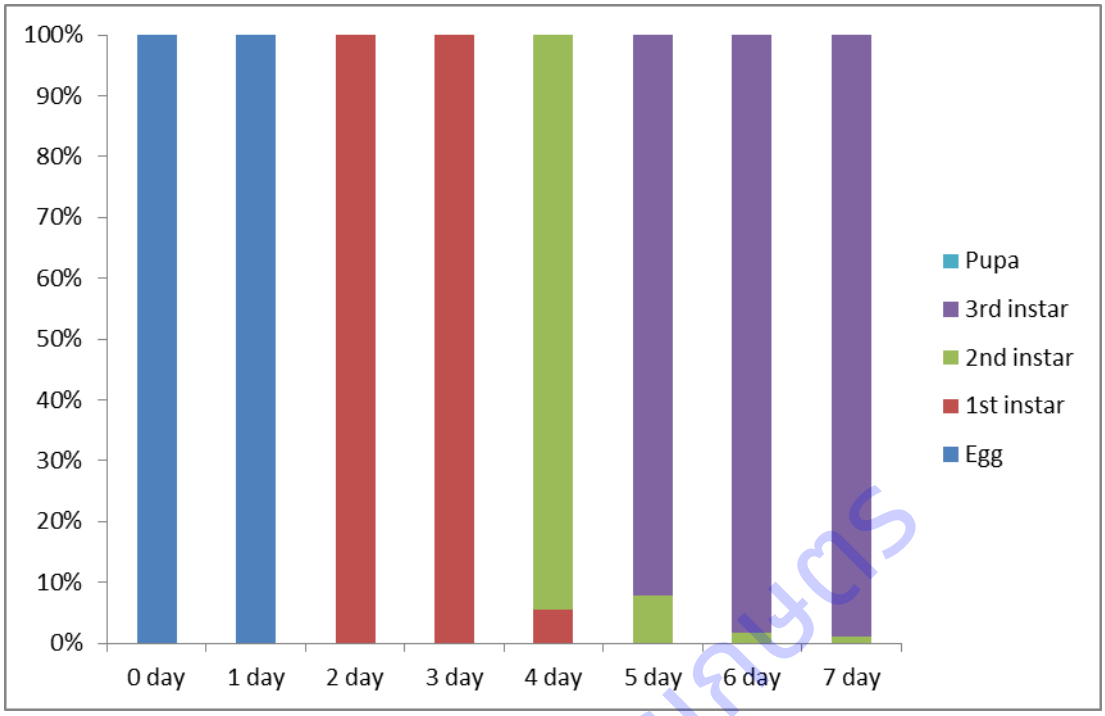


Figure3 Laval development of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in artificial diet

Figure4 Calibration sensors were conducted by dipping all sensors into constant temperature water bath at 47°C for 20 minutes at laboratory of Plant Quarantine Treatment Section, Plant Quarantine Research Group.

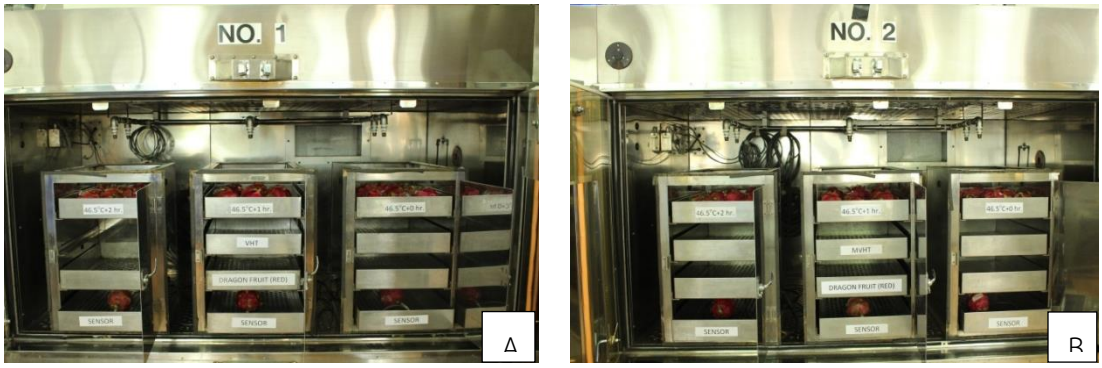


Figure5 The vapor heat treatment **machine no.**1 (A) and no.2 (B) for treated red dragon fruit with vapor heat treatment and modified vapor heat treatment in laboratory condition**.**

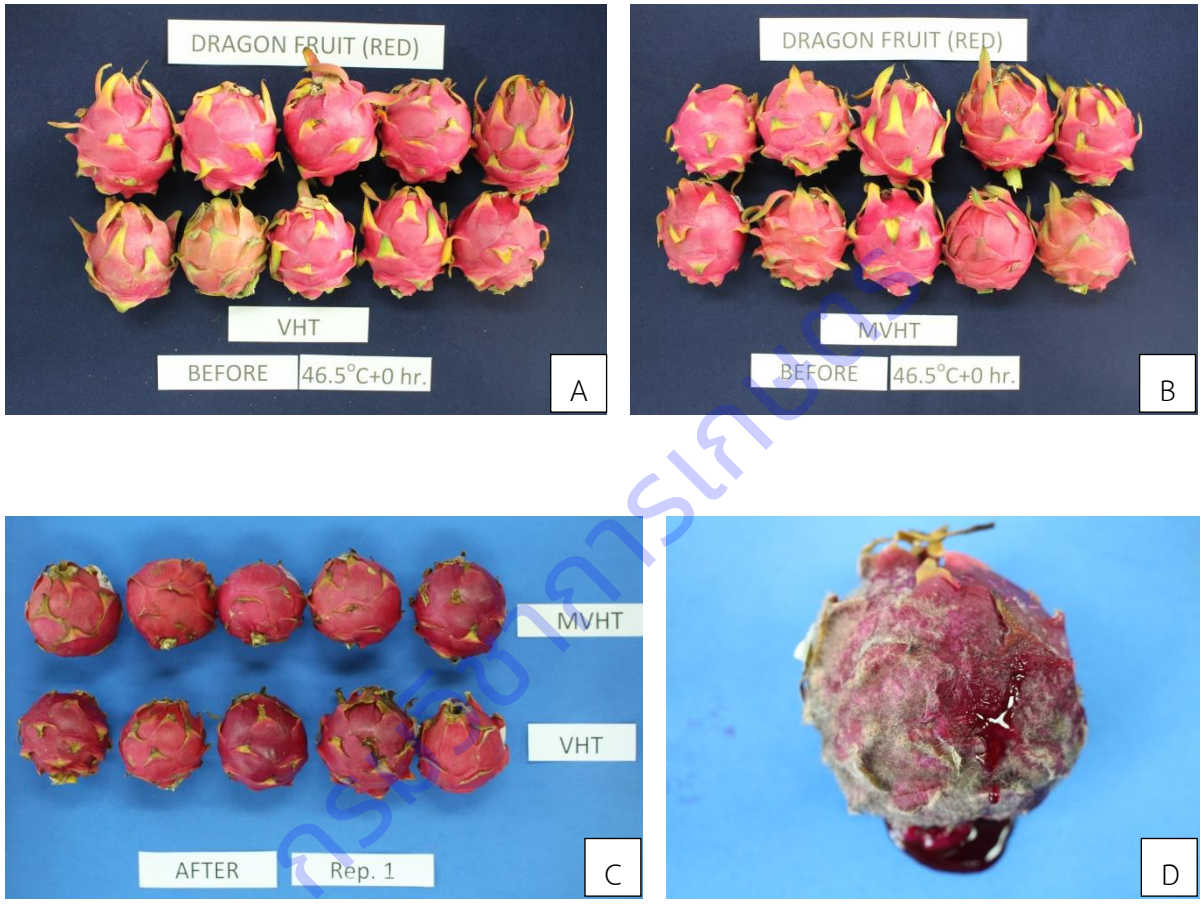


Figure6 Characteristic external of red dragon fruit with vapor heat treatment and modified vapor heat treatment center temperature 46.5°C and 6 days in room temperature at 27°C;

(A) And (B) normal condition before treated.

(C) Appearance of red dragon fruit after treated

(D) Rotten

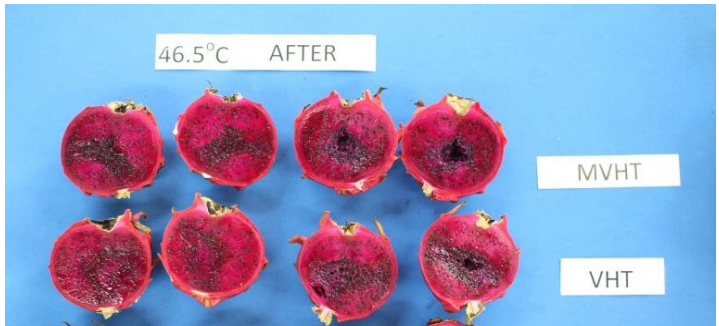


Figure7 Characteristic internal as abnormal of red dragon fruit with vapor heat treatment and modified vapor heat treatment center temperature 46.5°C and 6 days in room temperature at 27°C

Figure 8 "Sanshu" vapor heat treatment system (differential pressure type) No.1 and No.2 for heat infestation to all stage of *Bactrocera dorsalis* on red dragon fruit at fruit center temperatures attained 45 and 46.5 c° and kept for 10, 20, 30 and 40 minute.

Figure 9 Eggs inoculation method of *Bactrocera dorsalis* on red dragon fruit

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนเพื่อการส่งออก

Research and Development on Disinfestation with Hot Water Quarantine Treatment for Export

การทดลองที่ 2.1 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* ด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับฝรั่งเพื่อการส่งออก

Research and Development of Hot Water Quarantine Treatment for Control of Oriental Fruit Fly (*Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Guava for Export

สัญญาณี ศรีคชา กรกต ดำรักษ์

Sunyanee Srikachar Korrakot Damrak

คำสำคัญ

การกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยการแช่น้ำร้อน ฝรั่ง และแมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis* Hendel

Key words

Hot water immersion treatment, Guava, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การแช่น้ำร้อน (hot water treatment) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายประเทศโดยเฉพาะในแถบลาตินอเมริกา นอกจากนี้ยังมีการอนุมัติให้การแช่น้ำร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชด้านการกักกันพืช (quarantine treatment) แต่สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการแช่น้ำร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในฝรั่งมาก่อน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยเทคนิคการแช่น้ำร้อนสำหรับฝรั่งเพื่อการส่งออก โดยดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มบริหารศัตรูพืช สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืชและโรงคัดบรรจุผักและผลไม้ของบริษัทวีเอสเฟรชโก้จำกัด ระหว่างเดือนตุลาคม 2558 – กันยายน 2560 เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ทั้งระยะไข่และระยะหนอน ผลการทดลอง พบว่าการแช่ฝรั่งพันธุ์กิมจูในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 °ซ. โดยให้อุณหภูมิภายในผลถึง 46 °ซ. นาน 5 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้งระยะไข่และระยะหนอนได้ 100%

Abstracts

Hot water immersion treatment is a post-harvest treatment for fruit flies disinfestation and widely used as quarantine treatment in many countries, particularly in Latin America. The study was conducted at laboratory in Pest management group, Plant Protection Research and Development Office and the packing vegetables and fruits of V.S.

Freshco company limited, during October 2015 – September 2017. The studies determined the optimum temperature and period of time to control egg and larvae of Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in guava. The results showed that the temperature at center of guava at 46 ºC + 5 min. is effective against above and had no impact on the quality of the fruit.

บทนำ (Introduction)

ฝรั่งเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เดิมเราปลูกฝรั่งเพื่อบริโภคภายในประเทศ แต่ปัจจุบันมีการส่งออกไปหลายประเทศ ในปี 2555 มีการส่งออก 37 ประเทศ จำนวน 955,823 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 34,147,941 บาท ปี 2556 มีการส่งออก 38 ประเทศ จำนวน 977,406 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 33,514,502 บาท และในปี 2557 (มกราคม-พฤษภาคม) มีการส่งออก 24 ประเทศ จำนวน 513,333 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 17,403,333 บาท ซึ่งในจำนวนนี้ถ้าเราพิจารณาแต่ในกลุ่มสหภาพยุโรป จะพบว่า ในปี 2555 เรามีการส่งออกฝรั่งรวม 138,358 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 5,282,556 บาท ปี 2556 ส่งออกฝรั่งรวม 78,943 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 2,914,864 บาท และในปี 2557 (มกราคม-พฤษภาคม) ส่งออกฝรั่งรวม 10,728 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 491,555 บาท จะเห็นว่าปริมาณการส่งออกลดลงเนื่องจาก เราได้รับการแจ้งเตือนผ่านทาง Rapid Alert System for Food and Feed หรือ RAFF ว่าพบหนอนแมลงวันผลไม้ที่เป็นศัตรูพืชกักกันติดไป โดยในปี 2555 เราได้รับการแจ้งเตือนการตรวจพบหนอนแมลงวันผลไม้ในฝรั่ง รวม 30 ครั้ง ส่วนในปี 2556 เราได้รับการแจ้งเตือนรวม 17 ครั้ง (ข้อมูลจากกลุ่มบริการการส่งออก สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร, 2557)

แมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera correcta* หรือแมลงวันทองฝรั่งเป็นแมลงวันผลไม้ที่จัดเป็นแมลงศัตรูสำคัญ เนื่องจากเป็นแมลงศัตรูทางด้านกักกันพืช (quarantine pest) อีกทั้งประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน มีการเพาะปลูกมาก และผลผลิตพืชทางการเกษตรมีชนิดหลากหลายและให้ผลได้ตลอดทั้งปี แมลงวันผลไม้เป็นแมลงศัตรูที่มีพืชอาหารกว้าง จึงสามารถเพิ่มปริมาณและแพร่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้เกิดปัญหาในการส่งออกผลิตผลทางการเกษตรโดยเฉพาะมะม่วง เพราะประเทศคู่ค้าเกรงว่าจะมีแมลงวันผลไม้จากประเทศไทยติดไประบาดในประเทศนั้นๆ ประเทศคู่ค้าจะยอมรับผลไม้สดจากประเทศไทยก็ต่อเมื่อประเทศไทยได้มีการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวตามมาตรการที่แต่ละประเทศกำหนด เช่น การฉายรังสี การรม หรือการอบไอน้ำ เป็นต้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูง และเครื่องมือที่ใช้ในการฉายรังสี การรม หรือการอบไอน้ำ มีความจำเพาะเจาะจงและราคาแพง ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันทองด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับมะม่วงเพื่อการส่งออก เป็นวิธีการกำจัดแมลงวันทองด้วยการแช่ในน้ำร้อนตามมาตรฐานในการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ในระดับสากล ซึ่งสามารถนำไปเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว สำหรับฝรั่งที่จะส่งออก เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ไม่ให้ติดกับกับสินค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการส่งฝรั่งเข้าในตลาดกลุ่มสหภาพยุโรป ออสเตเรีย และนิวซีแลนด์)

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

- 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* ให้มากพอสำหรับการทดลองโดยเลี้ยงในกรงใหญ่จำนวน 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. dorsalisa* 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)

3. ศึกษาหาระยะเวลาในการแช่น้ำร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ นำผลฝรั่งพันธุ์กิมจูมาชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูล จากนั้นทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ลึก 1 เซนติเมตร ใส่ไข่

กรมวิชาการเกษตร

แมลงวันผลไม้ชนิด *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)

เวลาและสถานที่

เวลา เดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนกันยายน 2560

สถานที่ ห้องปฏิบัติการกลุ่มบริหารศัตรูพืช สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช โรงคัดบรรจุผักและผลไม้ของบริษัทวีเอสเฟรชโก้จำกัด

ผลการวิจัย และอภิปรายผล (Results and Discussion)

1. ศึกษาหาอุณหภูมิของน้ำร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ พบว่าการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45, 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 45, 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่าทุกอุณหภูมิสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (Table 1) ดังนั้นจึงเลือกใช้การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีงานวิจัยการแช่น้ำร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้สำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ใช้อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส

2. ศึกษาหาระยะเวลาในการแช่น้ำร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ พบว่า การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0 5 10 และ 15 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (Table 2) ดังนั้นจึงเลือกใช้การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลานาน 5 นาที เป็นวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* สำหรับฝรั่งพันธุ์กิจจู

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

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

กรมวิชาการเกษตร

องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เป็นวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* สำหรับฝรั่งพันธุ์กิจจู

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2531. มะม่วงเพื่อการส่งออก. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 65 หน้า

นิรนาม. 2554. ข้อมูลการผลิตและการตลาดไม้ผลที่สำคัญปี 2553. กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจไม้และยืนต้น ส่วนวิจัยเศรษฐกิจพืชสวน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ. 148 หน้า

มนตรี จิรสุรัตน์. 2536. โครงการการวิจัยชีววิทยาและการป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. 20 หน้า.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2542. แมลงวันผลไม้. น. 128 – 145. ***ใน*** แมลงวันศัตรูไม้ผล กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูไม้ผลสมุนไพรและเครื่องเทศ. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2544. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแมลงวันผลไม้. น. 6 – 12. ***ใน*** แมลงวันผลไม้ในประเทศไทย เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

มนตรี จิรสุรัตน์ และโอชา ประจวบเหมาะ. 2541. แนวทางการป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้ในแปลงมะม่วงเพื่อการส่งออก. วารสารกีฏและสัตววิทยา กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร ฉบับที่ 3 ปีที่ 20 ประจำเดือนกรกฎาคม – กันยายน. หน้า 201 – 204.

แสน ติกวัฒนานนท์. 2529. พืชอาหารของแมลงวันทองชนิดต่างๆ ในประเทศไทย วารสารเกษตร พระจอมเกล้า ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2529. หน้า 1 – 15.

Hardy, D.E. (1963). Thefruit flies (Tephitidae – Dipetra) of Thailand and bordering countries. *Pacific Insects Monograph,* 31 – 353. Pp

Sharp, J.L., M.T. Ouye, S.J. Ingle and W.G. Hart. 1989. Hot-water quarantine treatment for mangoes from Mexico infested with Mexican fruit fly and West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 82:1657-1662.

ภาคผนวก

Table 1 The percentage mortality of eggs and larvae *Bactrocera dorsalis* Hendel after immersion in hot water at 45, 46, 47 and 48 temperature.

Temperature	percentage mortality of eggs/larvae				Eggs/Larvae
(Degree Celsius)	egg	larvae instar1	larvae instar2	larvae instar3	(no.)
45	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
46	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000

กรมวิชาการเกษตร

47	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
48	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
control	25.20 b	15.60 b	9.70 b	5.00b	10,000
CV %	6.7	5.1	4.3	5.7	

[1/] In columns, means followed by the common letters are not significantly different at the level of 95% by DMRT

Table 2 The percentage mortality of eggs and larvae *Bactrocera dorsalis* Hendel after immersion in hot water 46 temperature at difference immersion periods.

Time (minutes)	percentage mortality of eggs/larvae				Eggs/Larvae (no.)
	egg	larvae instar1	larvae instar2	larvae instar3	
0	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
5	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
10	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
15	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
control	24.61b	13.28 b	8.67 b	3.24 b	10,000
CV %	9.3	8.4	5.6	6.9	

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.2 วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับมะละกอเพื่อการส่งออก

Research and Development of Hot Water Quarantine Treatment for Control of Oriental Fruit Fly (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) in Papaya for Export

คำสำคัญ

การกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยการแช่น้ำร้อน มะละกอ และแมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis*

Key words

Hot water immersion treatment, Papaya, *Bactrocera dorsalis*

บทคัดย่อ

การแช่น้ำร้อน (hot water treatment) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว และนิยมใช้กันอย่างแพร่ในหลายประเทศโดยเฉพาะในแถบลาตินอเมริกา นอกจากนี้ยังมีการอนุมัติให้การแช่น้ำร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชด้านการกักกันพืช (quarantine treatment) แต่สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการแช่น้ำร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในมะละกอมาก่อน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยเทคนิคการแช่น้ำร้อนสำหรับมะละกอเพื่อการส่งออก ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มบริหารศัตรูพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 – กันยายน 2561 เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ทั้งระยะไข่และระยะหนอน ด้วยเทคนิคการแช่น้ำร้อนสำหรับมะละกอ เพื่อใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวสำหรับมะละกอเพื่อการส่งออก พบว่าการแช่มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส โดยให้อุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้งระยะไข่และระยะหนอนได้ 100%

Abstracts

Hot water immersion treatment is a post-harvest treatment for fruit flies disinfestation and widely used as quarantine treatment in many countries, particularly in Latin America. The study was conducted at laboratory in Pest management group, Plant Protection Research and Development Office and the packing vegetables and fruits of V.S. Freshco company limited, during October 2016 – September 2018. The studies determined the optimum temperature and period of time to control egg and larvae of Oriental fruit fly,

กรมวิชาการเกษตร

Bactrocera dorsalis (Hendel) in papaya. The results showed that the temperature at center of papaya at 46 ℃ + 5 min. is effective against above and had no impact on the quality of the fruit.

บทนำ (Introduction)

มะละกอเป็นไม้ผลเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งมีการส่งออกไปหลายประเทศ ในปี 2555 มีการส่งออก 43 ประเทศ จำนวน 1,310,002 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 46,657,938 บาท ปี 2556 มีการส่งออก 44 ประเทศ จำนวน 1,345,003 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 44,076,183 บาท และในปี 2557 (มกราคม-พฤษภาคม) มีการส่งออก 38 ประเทศ จำนวน 699,699 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 23,665,399 บาท จะเห็นว่าปริมาณการส่งออกเพิ่มมากขึ้นทุกปี (ข้อมูลจากกลุ่มบริการการส่งออก สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร, 2557)

แมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera dorsalis* หรือแมลงวันทองเป็นแมลงวันผลไม้ที่จัดเป็นแมลงศัตรูสำคัญ เนื่องจากเป็นแมลงศัตรูทางด้านกักกันพืช (quarantine pest) อีกทั้งประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน มีการเพาะปลูกมาก และผลผลิตพืชทางการเกษตรมีชนิดหลากหลายและให้ผลได้ตลอดทั้งปี แมลงวันผลไม้เป็นแมลงศัตรูที่มีพืชอาหารกว้าง จึงสามารถเพิ่มปริมาณและแพร่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้เกิดปัญหาในการส่งออกผลิตผลทางการเกษตรโดยเฉพาะมะม่วง เพราะประเทศคู่ค้าเกรงว่าจะมีแมลงวันผลไม้จากประเทศไทยติดไประบาดในประเทศนั้นๆ ประเทศคู่ค้าจะยอมรับผลไม้สดจากประเทศไทยก็ต่อเมื่อประเทศไทยได้มีการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวตามมาตรการที่แต่ละประเทศกำหนด เช่น การฉายรังสี การรม หรือการอบไอน้ำ เป็นต้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูง และเครื่องมือที่ใช้ในการฉายรังสี การรม หรือการอบไอน้ำ มีความจำเพาะเจาะจงและราคาแพง ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันทองด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับมะละกอเพื่อการส่งออก เป็นวิธีการกำจัดแมลงวันทองด้วยการแช่ในน้ำร้อนตามมาตรฐานในการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ในระดับสากล ซึ่งสามารถนำไปเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว สำหรับมะละกอที่จะส่งออก

แมลงวันผลไม้ชนิด *Bactrocera correcta* หรือแมลงวันทองฝรั่งเป็นแมลงวันผลไม้ที่จัดเป็นแมลงศัตรูสำคัญ เนื่องจากเป็นแมลงศัตรูทางด้านกักกันพืช (quarantine pest) อีกทั้งประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน มีการเพาะปลูกมาก และผลผลิตพืชทางการเกษตรมีชนิดหลากหลายและให้ผลได้ตลอดทั้งปี แมลงวันผลไม้เป็นแมลงศัตรูที่มีพืชอาหารกว้าง จึงสามารถเพิ่มปริมาณและแพร่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้เกิดปัญหาในการส่งออกผลิตผลทางการเกษตรโดยเฉพาะมะม่วง เพราะประเทศคู่ค้าเกรงว่าจะมีแมลงวันผลไม้จากประเทศไทยติดไประบาดในประเทศนั้นๆ ประเทศคู่ค้าจะยอมรับผลไม้สดจากประเทศไทยก็ต่อเมื่อประเทศไทยได้มีการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวตามมาตรการที่แต่ละประเทศกำหนด เช่น การฉาย

กรมวิชาการเกษตร

รังสี การรม หรือการอบไอน้ำ เป็นต้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูง และเครื่องมือที่ใช้ในการฉายรังสี การรม หรือการอบไอน้ำ มีความจำเพาะเจาะจงและราคาแพง ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันทองด้วยการแช่น้ำร้อนสำหรับมะละกอเพื่อการส่งออก เป็นวิธีการกำจัดแมลงวันทองด้วยการแช่ในน้ำร้อนตามมาตรฐานในการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ในระดับสากล ซึ่งสามารถนำไปเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว สำหรับมะละกอที่จะส่งออก เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ไม่ให้ติดกับกับสินค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการส่งมะละกอเข้าในตลาดกลุ่มสหภาพยุโรป

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

- 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 โดยเลี้ยงในกรงใหญ่ จำนวน 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

กรมวิชาการเกษตร

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

เวลา เดือนตุลาคม 2559 ถึงเดือนกันยายน 2561

สถานที่ ห้องปฏิบัติการกลุ่มบริหารศัตรูพืช สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช
ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลผลิตเกษตร กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป
โรงคัดบรรจุผักและผลไม้ของบริษัทวีเอสเฟรชโก้จำกัด

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย และอภิปรายผล (Results and Discussion)

1. ศึกษาหาอุณหภูมิของน้ำร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ พบว่าการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45, 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 45, 46, 47 และ 48 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่าทุกอุณหภูมิสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (Table 1) ดังนั้นจึงเลือกใช้การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีงานวิจัยการแช่น้ำร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้สำหรับมะม่วง น้ำดอกไม้ที่ใช้อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส

2. ศึกษาหาระยะเวลาในการแช่น้ำร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ พบว่า การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในผลถึง 46 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0 5 10 และ 15 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (Table 2)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

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

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2531. มะม่วงเพื่อการส่งออก. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 65 หน้า

นิรนาม. 2554. ข้อมูลการผลิตและการตลาดไม้ผลที่สำคัญปี 2553. กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจไม้และยืนต้น ส่วนวิจัยเศรษฐกิจพืชสวน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ. 148 หน้า

มนตรี จิรสุรัตน์. 2536. โครงการการวิจัยชีววิทยาและการป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. 20 หน้า.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2542. แมลงวันผลไม้. น. 128 – 145. ***ใน*** แมลงวันศัตรูไม้ผล กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูไม้ผลสมุนไพรและเครื่องเทศ. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2544. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแมลงวันผลไม้. น. 6 – 12. ***ใน*** แมลงวันผลไม้ในประเทศไทย เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

มนตรี จิรสุรัตน์ และโอชา ประจวบเหมาะ. 2541. แนวทางการป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้ในแปลงมะม่วงเพื่อการส่งออก. วารสารกีฏและสัตววิทยา กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร ฉบับที่ 3 ปีที่ 20 ประจำเดือนกรกฎาคม – กันยายน. หน้า 201 – 204.

แสน ติกวัฒนานนท์. 2529. พืชอาหารของแมลงวันทองชนิดต่างๆ ในประเทศไทย วารสารเกษตร พระจอมเกล้า ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2529. หน้า 1 – 15.

Hardy, D.E. (1963). Thefruit flies (Tephitidae – Dipetra) of Thailand and bordering countries. *Pacific Insects Monograph,* 31 – 353. Pp

Sharp, J.L., M.T. Ouye, S.J. Ingle and W.G. Hart. 1989. Hot-water quarantine treatment

กรมวิชาการเกษตร

for mangoes from Mexico infested with Mexican fruit fly and West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 82:1657-1662..

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

Table 1 The percentage mortality of eggs and larvae *Bactrocera dorsalis* Hendel after immersion in hot water at 45, 46, 47 and 48 temperature.

Temperature (Degree Celsius)	percentage mortality of eggs/larvae				Eggs/Larvae (no.)
	egg	larvae instar1	larvae instar2	larvae instar3	
45	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
46	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
47	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
48	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
control	24.90 b	14.86 b	8.30 b	4.00b	10,000
CV %	6.4	4.9	4.7	6.1	

1/ In columns, means followed by the common letters are not significantly different at the level of 95% by DMRT

Table 2 The percentage mortality of eggs and larvae *Bactrocera dorsalis* Hendel after immersion in hot water 46 temperature at difference immersion periods.

Time (minutes)	percentage mortality of eggs/larvae				Eggs/Larvae (no.)
	egg	larvae instar1	larvae instar2	larvae instar3	
0	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
5	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
10	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
15	100 a	100 a	100 a	100 a	10,000
control	25.31b	12.89 b	7.73 b	3.42 b	10,000
CV %	9.1	7.4	6.1	5.9	

1/ In columns, means followed by the common letters are not significantly different at the level of 95% by DMRT

กรมวิทยาศาสตร์