เรื่อง วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

Research and Development of Heated-Air Quarantine Treatment for Pomelo Infested with Fruit Flies (Diptera : Tephritidae) for Export

ผู้ดำเนินการ อุดร อุณหวุฒิ สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ จารุวรรณ จันทรา และรัชฎา อินทรกำแหง

กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

บทคัดย่อ

ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชีววิทยา ลักษณะประจำพันธุ์ และสภาพพื้นที่ปลูกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการทดลองพบว่าส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus maxima* Merr. วงศ์ Rutaceae ผลค่อนข้างใหญ่ ลักษณะรูปทรงกลมสูง เปลือกหนา ผิวสีเขียวเข้ม มีต่อมน้ำมันห่าง และใหญ่ น้ำหนักผลประมาณ 700 -2,000 กรัม เส้นรอบวงประมาณ 17-24 นิ้ว และมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว การปลูกส้มโอกระจายอยู่ทั่วประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดนครปฐม นครนายก ปราจีนบุรี เชียงราย เลย ชัยนาท ชุมพร และนครศรีธรรมราช จากการเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) จำนวนมากด้วยอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการของกลุ่มวิจัยการกักกันพืชที่ควบคุมคุณภาพของแมลงเพื่อใช้ในการทดลอง พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณไข่ และหนอนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้ไม่ต่ำกว่า 50,000 ตัว ในห้องปฏิบัติการ ศึกษาการเตรียมตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการทดลองโดยการปรับแท่งวัดอุณหภูมิ (sensor calibration) ที่ใช้ในตู้อบไอน้ำเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน (standard thermometer) ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่ตั้งค่าอุณหภูมิของน้ำไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบไอน้ำที่ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าแท่งวัดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามที่กำหนด โดยการอ่านค่าจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลานาน 30 นาที ของตู้อบไอน้ำ ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment, VHT) กับวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) ในการอบส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พบว่าวิธีการอบไอน้ำแบบ (MVHT) จะใช้เวลาในการอบผลส้มโอนาน

รหัสการทดลอง 07-01-49-07-01-02-04-49

กว่าวิธีการอบไอน้ำแบบ (VHT) แต่คุณภาพสีผิวของเปลือก และเนื้อภายในของส้มโอหลังผ่านความร้อนด้วยวิธีดังกล่าวพบว่า ไม่มีความเปลี่ยนแปลงซึ่งแตกต่างจากส้มโอที่ผ่านความร้อน
ด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบ (VHT) พบว่าคุณภาพสีผิวของเปลือกส้มโอเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเนื้อส้มโอมีรสชาติขมอันเนื่องมาจากต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือกซึมผ่านเข้าไปภายในเนื้อส้มโอ (การทดลองจำนวน 2 ซ้ำ) ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเปรียบเทียบกับพันธุ์ทองดี พบว่าการอบส้มโอทั้งสองพันธุ์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ได้ (การทดลองจำนวน 4 ซ้ำ)

คำนำ

ส้มโอมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus maxima* Merr. วงศ์ Rutaceae (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2553) เป็นหนึ่งในผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ที่มีความสำคัญทางด้านกักกันพืชระหว่างประเทศ ได้แก่ แมลงวันผลไม้ Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), (Diptera : Tephritidae) (White and Elson-Harris, 1992) ด้วยเหตุนี้ส้มโอจากประเทศไทยจึงถูกห้ามนำเข้าประเทศญี่ปุ่น ซึ่งไม่มีแมลงชนิดดังกล่าวนี้แพร่ระบาด ภายใต้ข้อกำหนดของกฎหมายกักกันพืชข้อกำหนดนี้จะถูกยกเลิกไปหากประเทศไทยสามารถพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชที่ได้มาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) เพื่อใช้สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอก่อนการส่งออก

ในปี พ.ศ. 2529 กลุ่มวิจัยการกักกันพืช กรมวิชาการเกษตรได้รับความช่วยเหลือทางด้านวิชาการจากรัฐบาลญี่ปุ่นให้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* และแมลงวันแตง *B. cucurbitae* ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน พบว่าวิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment, VHT) มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 ชนิด ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (Unhawutti *et al*., 1986) และต่อมาในปี พ.ศ. 2534 ได้มีการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนด้วยกรรมวิธีใหม่ คือ วิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ครอบคลุมมะม่วงถึง 4 พันธุ์ ได้แก่ หนังกลางวัน น้ำดอกไม้แรด และพิมเสนแดง (Unhawutti *et al*., 1991) โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมะม่วง หลังจากนั้นกลุ่มวิจัยการกักกันพืชได้ประสบความสำเร็จจากการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมังคุด (ปี พ.ศ. 2546) มะม่วงพันธุ์มหาชนก (ปี พ.ศ. 2549) (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2551) และส้มโอพันธุ์ทองดี (ปี พ.ศ. 2549, ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนของการตรวจสอบผลการวิจัยก่อนที่ประเทศญี่ปุ่นจะอนุญาตนำเข้าผลส้มโอจากประเทศไทย) (Unhawutti, 2006) วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) นอกจากมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ได้แล้ว วิธีการดังกล่าวยังมีข้อดีในแง่ของความปลอดภัยจากสารพิษตกค้างภายใน

ผลไม้ จึงผ่านการยอมรับได้โดยง่ายจากประเทศผู้นำเข้าหากมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการสร้างโรงงานกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนขนาดใหญ่ระดับการค้ากันอย่างแพร่หลายโดยใช้กรรมวิธีอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ในการอบผลมะม่วงและมังคุดเพื่อการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และนิวซีแลนด์ โดยยึดหลักการตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของแต่ละประเทศ (มลนิภา, 2550; มลนิภา, 2552; Srimartpirom M, 2010)

ปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ดังนั้นจึงควรที่จะมีการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์กับแมลงเป็นจำนวนมาก โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ ดังนี้คือ (1) เพื่อยืนยันผลการศึกษาว่าหนอนแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* วัยที่ 1 ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุดจากการกำจัดแมลงด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) (2) เพื่อยืนยันผลการศึกษาว่าวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ได้และสามารถที่จะพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชให้ได้มาตรฐานตามวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ในระดับสากลเพื่อใช้สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลส้มโอและผลไม้ชนิดอื่น ๆ ที่มีศักยภาพในการส่งออกไปต่างประเทศ

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง 2 เครื่อง
2. ตู้ลดอุณหภูมิผลไม้
3. ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ 2 ห้อง
4. เครื่องอ่างน้ำร้อน
5. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดของผลไม้
6. เครื่องวัดค่าความหวานของผลไม้
7.ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก โดยใช้อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความชื้น 75 เปอร์เซ็นต์
8. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก 4 ตู้
9. ห้องเย็นสำหรับเก็บผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง
10. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง
11. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
12. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
13. อุปกรณ์สำหรับเช็คผลการทดลอง ๆ ได้แก่ พู่กัน ปากคีบ เคาท์เตอร์ จานทดลองขนาดเล็ก ถาดใส่ผลไม้ ถุงผ้าตาข่าย ถุงมือ มีดปอกผลไม้ ถุงขยะดำ และอื่น ๆ

วิธีการ

1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์, ชีววิทยาของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทดลอง

ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชีววิทยา ลักษณะประจำพันธุ์ และสภาพพื้นที่ปลูกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของงานทดลอง โดยการค้นหาข้อมูลทางเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร และจากแหล่งข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ (ภาพที่ 1)

2. เลี้ยงแมลงวันผลไม้จำนวนมากด้วยอาหารเทียมเพื่อเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ

<u>แมลงที่ใช้ในการทดลอง</u> : ทำการเลี้ยงแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เป็นจำนวนมากไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการทดลอง โดยเลี้ยงไว้ในห้องเลี้ยงแมลงของกลุ่มกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร (ภาพที่ 2) โดยสภาพของห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้เป็นห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง ห้องเลี้ยงแมลงมีขนาด 3.5 x 4.6 x 2.3 เมตร อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลาเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์ แสงสว่างภายในห้องได้จากหลอดชีวภาพ (bioluck) จำนวน 20 หลอด ซึ่งได้ติดตั้งไว้บนเพดานห้อง และอีกจำนวน 40 หลอดติดตั้งไว้บนผนังรอบห้อง โดยไฟจะสว่างในระหว่างช่วงเวลา 6.00 น – 18.00 น. และติดตั้งหลอดฟลูโอเรทเซ็นขนาด 40 วัตต์ อีก 1 หลอด เพื่อให้แสงสลัวเลียนแบบสภาพของแสงแดดในช่วงรุ่งเช้า และพลบค่ำซึ่งจะช่วยกระตุ้นการผสมพันธุ์ของแมลง โดยไฟจะเปิดและปิดในช่วงเวลา 5.30-6.00 น. และ 18.00-18.30 น. สำหรับต้นกำเนิดสายพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ได้มาจากผลน้อยหน่าเก็บรวบรวมในท้องที่อำเภอปากช่องจังหวัดนครราชสีมา แมลงตัวเต็มวัยจะถูกจำแนกชนิดอย่างละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งคัดแยกเอาเฉพาะแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เพียงชนิดเดียว จากนั้นจึงนำแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยไปเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการและเพิ่มจำนวนให้มากขึ้นโดยอาศัยวิธีการเลี้ยงแมลงด้วยอาหารเทียม (artificial diet)

<u>หลักปฏิบัติในการเลี้ยงแมลงวันผลไม้</u> : เลี้ยงแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยจำนวนมากประมาณ 20,000 ตัว ไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 65.5 x 69 x 77 เซนติเมตร กรงแมลงทำด้วยมุ้งลวดตาข่ายอลูมิเนียม ขนาด 16 เมช ภายในกรงมีจานพลาสติกบรรจุอาหารสำหรับตัวเต็มวัย ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมโดยน้ำหนักดังนี้ น้ำตาล 10 ส่วน enzymatic protein hydrolysate (Amber series 100) 1 ส่วน และ yeast extract 1 ส่วน การให้น้ำจะใช้ขวดพลาสติกทรงกระบอก ขนาด 6 x 7.5 เซนติเมตร ฝาขวดเจาะรูขนาด 1 จำนวน 3 รู วิธีให้น้ำจะคว่ำขวดน้ำลงบนกระดาษกรองซึ่งวางอยู่บนหลังกรงเลี้ยงแมลง หลังจากเลี้ยงแมลงตัวเต็มวัยครบ 7 สัปดาห์ ทำลายแมลงที่ยังหลงเหลืออยู่ในกรงทั้งหมด ทำความสะอาดกรงเลี้ยงแมลงเพื่อเตรียมไว้สำหรับใส่แมลงในรุ่นใหม่ต่อไป ระหว่างการทดลองเตรียมแมลงตัวเต็มวัยอายุต่างๆ กันไว้ไม่น้อยกว่า 5 กรง มีแมลงมากกว่า 100,000 ตัว

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

3. ศึกษาการเตรียมตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการทดลอง

การเตรียมตู้อบไอน้ำดำเนินการโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ “Sanshu” Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (model : EHK-1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จำนวน 2 เครื่อง ซึ่งตั้งอยู่ที่ห้องปฏิบัติการของกลุ่มวิจัยการกักกันพืช (ภาพที่ 3) ขั้นตอนแรกได้ทำการปรับแท่งวัดอุณหภูมิ (calibration sensor) ที่ใช้ในตู้อบไอน้ำให้มีค่าคงที่เทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน(standard thermometer)ในอ่างน้ำร้อน (water bath) โดยนำแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมด และเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานไปจุ่มในอ่างน้ำร้อน และตั้งค่าอุณหภูมิของน้ำไว้ที่ 46 องศาเซลเซียสเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน เมื่อแท่งวัดอุณหภูมิทั้งหมดมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียสแล้วบันทึกเวลา (โดยการปริ๊นท์ค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์) จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของตู้อบไอน้ำ ทุกๆ 5 นาที เป็นเวลานาน 30 นาที (ภาพที่ 4) ขั้นตอนของการปรับแท่งวัดอุณหภูมิที่ใช้ในตู้อบไอน้ำมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะเป็นการเตรียมความพร้อมของตู้อบไอน้ำให้มีประสิทธิภาพก่อนการทดลอง

4. ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการอบไอน้ำ

การศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการอบไอน้ำโดยการเปรียบเทียบวิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment, VHT) กับวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) การอบผลส้มโอด้วยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) เป็นกรรมวิธีให้ที่ความร้อนกับผลส้มโอ โดยอาศัยการหมุนเวียนของไอน้ำร้อนที่อยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา สำหรับวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) เป็นกรรมวิธีที่ให้ความร้อนกับผลส้มโอ โดยอาศัยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) ร่วมกับวิธีการอบอากาศร้อน (Hot air treatment, HAT) โดยช่วงแรกจะให้ความร้อนกับผลส้มโอด้วยวิธีอบอากาศร้อน (HAT) อากาศร้อนที่หมุนเวียนผ่านผลส้มโอจะมีความชื้นสัมพัทธ์ 50-80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิในผลส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียสแล้ว จึงสับเปลี่ยนเป็นวิธีการอบไอน้ำ (VHT) ซึ่งอากาศร้อนจะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (อุดร, 2541; อุดร และคณะ, 2549; Unahawutti *et al*., 2006) ดำเนินการโดยใช้ตู้อบไอน้ำจำนวน 2 เครื่อง โดยตั้งค่าอุณหภูมิ และความชื้นของตู้อบไอน้ำตามรูปแบบของวิธีการอบไอน้ำ (VHT) และวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ในตู้ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จำนวนส้มโอพันธุ์ขาว

น้ำผึ้งที่ใช้ทดลองจำนวน 6 ผลต่อตู้ สำหรับการวัดอุณหภูมิผลส้มโอที่ทดลองอาศัยการวัดจากส้มโอกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 1,100-1,300 กรัม (ขนาดกลาง) (ภาพที่ 5) เมื่ออบส้มโอครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลาที่กำหนดไว้ นำส้มโอจำนวน 6 ผลที่ผ่านความร้อนออกจากตู้อบไอน้ำ มาลดอุณหภูมิผลส้มโอทันทีโดยการเป่าด้วยพัดลมนาน 1 ชั่วโมง จากเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model : SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จากนั้นเก็บส้มโอที่ทดลองตามรายละเอียดใน (Unahawutti *et al*, 2006) และบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งหลังจากอบแล้ว 7 วัน (ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ)

5. ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเปรียบเทียบกับพันธุ์ทองดี

ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ของกลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำหรับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและทองดีที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนักประมาณ 1,100 -1,300 กรัม/ผล (ขนาดกลาง) จำนวน 24 ผล (12 ผล/พันธุ์) แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่ใช้ทดลองได้แก่ระยะหนอนวัยที่ 1 ขั้นตอนเริ่มจากการเตรียมส้มโอทั้งสองพันธุ์ให้มีหนอนวัยที่ 1 ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* อยู่ภายในผล ดำเนินการตามขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติของ (Unahawutti *et al*, 2006) โดยใส่หนอนวัยที่ 1 จำนวนอย่างละ 200 ตัว/ผล ทำการอบส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และทองดีด้วยวิธีอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลส้มโอขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส (อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์) หลังจากนั้นจึงปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์)โดยอบส้มโอให้อุณหภูมิภายในสุดผลเพิ่มขึ้นถึง 45 องศาเซลเซียส นาน 10, 20,30, 40 และ 50 นาที ตามลำดับ สำหรับการวัดอุณหภูมิผลส้มโอที่ทดลองอาศัยการวัดจากส้มโอกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 1,200 $\pm$ 25 กรัม/ผล (1,175–1,225) กรัม/ผล (ภาพที่ 6) เมื่ออบส้มโอครบตามอุณหภูมิ และระยะเวลาที่กำหนดไว้ นำส้มโอที่ผ่านความร้อนออกจากเครื่องตู้อบความร้อน และทำการลดอุณหภูมิผลส้มโอทันทีโดยการเป่าด้วยพัดลมนาน 1 ชั่วโมง ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model : SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จากนั้นเก็บส้มโอหลังผ่านความร้อนแล้วตามรายละเอียดใน Unahawutti (2006) บันทึกผลการทดลองหลังจากอบส้มโอ 7 วัน โดยการผ่าส้มโอแต่ละผล บันทึกจำนวนแมลงรอดชีวิต (ภาพที่ 7) คำนวณอัตราการตายของแมลง ด้วยสูตรของ Abbott (Abbott, 1925) (ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ)

เวลาและสถานที่

เริ่มต้น กันยายน 2548 **สิ้นสุด** ตุลาคม 2553 รวม 5 ปี

นครปฐม นครนายก ปราจีนบุรี เชียงราย เชียงใหม่ เลย ชัยนาท ชุมพร นครศรีธรรมราช เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ขอนแก่น สกลนคร กาฬสินธุ์ มหาสารคาม นครราชสีมา สุพรรณบุรี และห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชีววิทยา ลักษณะประจำพันธุ์ และสภาพพื้นที่ปลูกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการทดลองพบว่า ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus maxima* Merr. วงศ์ Rutaceae ผลค่อนข้างใหญ่ ลักษณะรูปทรงกลมสูง เปลือกหนา ผิวสีเขียวเข้ม มีต่อมน้ำมันห่าง และใหญ่ น้ำหนักผลประมาณ 700 -2,000 กรัม เส้นรอบวงประมาณ 17-24 นิ้ว และมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว การปลูกส้มโอกระจายอยู่ทั่วประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดนครปฐม นครนายก ปราจีนบุรี เชียงราย เลย ชัยนาท ชุมพร และนครศรีธรรมราช จากการเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) จำนวนมากด้วยอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการของกลุ่มวิจัยการกักกันพืชที่ควบคุมคุณภาพของแมลงเพื่อใช้ในการทดลอง พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณไข่ และหนอนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้ไม่ต่ำกว่า 50,000 ตัว ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งขั้นตอนของการเตรียมแมลงที่ใช้ในการทดลองให้มีความแข็งแรง และมีคุณภาพที่ดีมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการทดลองที่ได้มาตรฐาน ศึกษาการเตรียมตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการทดลองโดยการปรับแท่งวัดอุณหภูมิ (sensor calibration) ที่ใช้ในตู้อบไอน้ำเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน (standard thermometer) ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่ตั้งค่าอุณหภูมิของน้ำไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบไอน้ำที่ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าแท่งวัดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดสามารถคงอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามที่กำหนด โดยการอ่านค่าจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลานาน 30 นาที ของตู้อบไอน้ำ ซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการเตรียมความพร้อมของตู้อบไอน้ำที่ใช้สำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อๆไป และขั้นตอนนี้เป็นข้อกำหนดที่ประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดให้โรงงานอบไอน้ำในประเทศไทยจำเป็นต้องทำการปรับแท่งวัดอุณหภูมิ (sensor calibration) ทุกเดือนในระหว่างฤดูการส่งออกมะม่วงและมังคุดสดไปประเทศญี่ปุ่น (มลนิภา, 2552) ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment, VHT) กับวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) ในการอบส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พบว่าวิธีการอบไอน้ำแบบ (MVHT) จะใช้เวลาในการอบผลส้มโอนานกว่าวิธีการอบไอน้ำแบบ (VHT) แต่คุณภาพสีผิวของเปลือก และเนื้อภายในของส้มโอหลังผ่านความร้อนด้วยวิธีดังกล่าวพบว่า ไม่มีความเปลี่ยนแปลงซึ่งแตกต่างจากส้มโอที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบ (VHT) พบว่าคุณภาพสีผิวของเปลือกส้มโอเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเนื้อส้มโอมีรสชาติขมอันเนื่องมาจากต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือกซึมผ่านเข้าไปภายในเนื้อส้มโอ

(จากการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ) ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเปรียบเทียบกับพันธุ์ทองดี พบว่าการอบส้มโอทั้งสองพันธุ์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ได้ (จากการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ) ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบพันธุ์ขาวน้ำผึ้งกับพันธุ์ทองดีในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าการอบส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีความสอดคล้องกับผลการทดลองของส้มโอพันธุ์ทองดี และมีแนวโน้มในการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่นได้

ภาพที่ 1 ลักษณะประจำพันธุ์ และสภาพพื้นที่ปลูกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

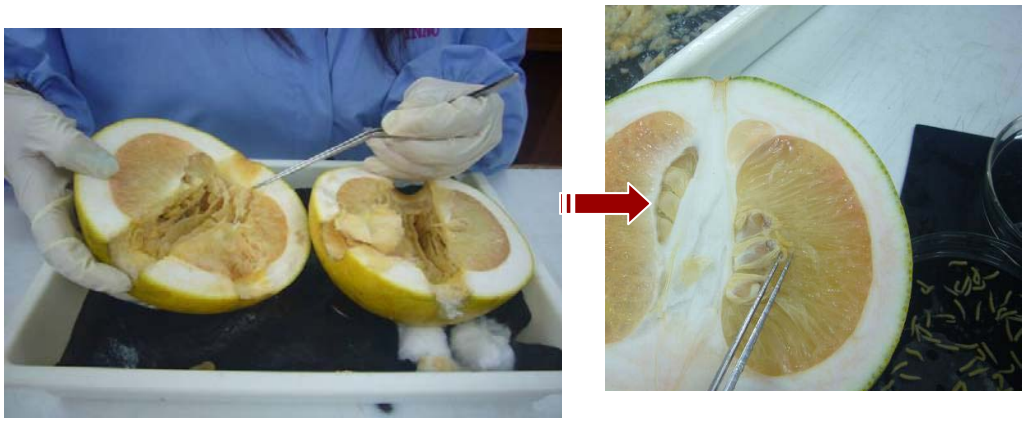
ภาพที่ 2 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในห้องปฏิบัติการของกลุ่ม วิจัยการกักกันพืช

ภาพที่ 3 ตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในงานทดลองของกลุ่มวิจัยการกักกันพืช

ภาพที่ 4 การปรับแท่งวัดอุณหภูมิ (sensor calibration) ที่ใช้ในตู้อบไอน้ำให้มีค่าคงที่เทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน(standard thermometer) ในอ่างน้ำร้อน (water bath)

ภาพที่ 5 การเตรียมตู้อบไอน้ำเพื่อใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการอบไอน้ำ

ภาพที่ 6 การศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเปรียบเทียบกับพันธุ์ทองดี



ภาพที่ 7 เช็คจำนวนแมลงรอดชีวิตหลังจากอบส้มโอ 7 วัน และคำนวณอัตราการตายของแมลงด้วยสูตรAbbott

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

1. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับชีววิทยา ลักษณะประจำพันธุ์ และสภาพพื้นที่ปลูกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการทดลองพบว่า ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus maxima* Merr. วงศ์ Rutaceae ผลค่อนข้างใหญ่ ลักษณะรูปทรงกลมสูง เปลือกหนา ผิวสีเขียวเข้ม มีต่อมน้ำมันห่างและใหญ่ น้ำหนักผลประมาณ 700 -2,000 กรัม เส้นรอบวงประมาณ 17-24 นิ้ว และมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว การปลูกส้มโอกระจายอยู่ทั่วประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดนครปฐม นครนายก ปราจีนบุรี เชียงราย เลย ชัยนาท ชุมพร และนครศรีธรรมราช

2. ได้ไข่ และหนอนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในจำนวนไม่ต่ำกว่า 50,000 ตัว ในห้องปฏิบัติการ

3. ได้แท่งวัดอุณหภูมิ (sensor) ที่มีค่าคงที่ ได้มาตรฐานสำหรับใช้ในตู้อบไอน้ำและเพื่อใช้ในงานทดลองที่ได้มาตรฐาน

4. ได้วิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) ในการอบส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งถึงแม้ว่าวิธีการอบไอน้ำแบบ (Vapor Heat Treatment, VHT) จะใช้เวลาในการอบผลส้มโอเร็วกว่าวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) แต่พบว่าวิธีการอบไอน้ำ (VHT) จะทำให้สีผิวเปลือกส้มโอเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเนื้อส้มโอมีรสชาติขมอันเนื่องมาจากต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือกซึมผ่านเข้าไปภายในเนื้อส้มโอ ดังนั้นวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อพิจารณาจากคุณภาพของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งหลังผ่านความร้อน

5. การอบผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเปรียบเทียบกับพันธุ์ทองดีด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) โดยให้อุณหภูมิภายในสุดของผลส้มโอคงอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ซึ่งเป็นวัยที่ทนทานต่อความร้อนได้ และผลจากการเปรียบเทียบพันธุ์ขาวน้ำผึ้งกับพันธุ์ทองดีในการกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ด้วยวิธีการ, อุณหภูมิ และระยะเวลาดังกล่าว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าการอบส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีความสอดคล้องกับผลการทดลองของส้มโอพันธุ์ทองดี และมีแนวโน้มในการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่นได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคุณอนุกูล อ้วนเส้ง คุณสมิทธิ์ อยู่เอี่ยม คุณมีนา จริงจิตร คุณกัลยา วงศ์สุวรรณ และคุณประชุม นุ้ยจำนัล ที่มีส่วนช่วยในการเตรียมการทดลอง รวมถึงการเช็คผลการทดลอง

การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

1. เพื่อยืนยันผลการศึกษาว่าแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะหนอนวัยที่ 1 ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีความทนทานต่อความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในผลส้มโอพันธุ์ทองดีที่ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนของการตรวจสอบผลการวิจัยก่อนที่ประเทศญี่ปุ่นจะอนุญาตนำเข้าผลส้มโอจากประเทศไทย
2. ได้พัฒนาวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งก่อนส่งออก ซึ่งได้มาตรฐานทางด้านกักกันพืช ส่งผลให้ประเทศไทยสามารถส่งออกผลไม้ไปยังประเทศที่เข้มงวดทางด้านกักกันพืชได้อย่างรัดกุม และโปร่งใสสอดคล้องกับข้อตกลงระหว่างประเทศ
3. ได้ฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูทางด้านกักกันพืชโดยเฉพาะแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีการอบไอน้ำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจได้รับทราบข้อมูลอย่างถูกต้อง รวมถึงการสร้างเครือข่ายที่เกี่ยวข้องให้เพิ่มมากขึ้นทั้งในและต่างประเทศ
4. เกษตรกรชาวสวนผลไม้ ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำ และผู้ส่งออกในประเทศไทยสามารถส่งออกผลไม้ไปต่างประเทศได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2541. ส้มโอไม้ผลเศรษฐกิจ.สืบค้น
จาก:http://web.ku.ac.th/agri/somo2/index.html. [มี.ค 2552].

กลุ่มธุรกิจพืชครบวงจร.2550.ลักษณะประจำพันธุ์ส้มโอ.สืบค้นจาก:
http://www.cpcrop.com. [ม.ค 2554].

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

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2552.การจัดการความเสี่ยงศัตรูพืชด้วยวิธีการอบไอน้ำมะม่วงและมังคุดส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น (ตอนที่1).เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาการจัดการความเสี่ยงศัตรูพืชบนผัก ผลไม้ที่นำเข้าและส่งออก. 24-26 มิถุนายน 2552. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 43 หน้า.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2552. การอบไอน้ำมะม่วงและมังคุดสดจากประเทศไทยเพื่อการส่งออกไปญี่ปุ่น (ตอนที่ 2). เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาการจัดการความเสี่ยงศัตรูพืชบนผัก ผลไม้ที่นำเข้าและส่งออก. 24-26 มิถุนายน 2552. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 66 หน้า.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2553. ส้มโอ. สืบค้นจาก: http://th.wikipedia.org/wiki/ส้มโอ. [ม.ค 2554].

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551. กำจัดแมลงวันทองด้วยความร้อนดันผลไม้ไทยโกอินเตอร์ฯ. สืบค้นจาก: http://www.phtnet.org/news51/view-news.asp?nID=86. [มี.ค 2552].

อุดร อุณหวุฒิ รัชฎา อินทรกำแหง สลักจิต พานคำ ชัยณรัตน์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชุติมา อ้อมกิ่ง และ จารุวรรณ จันทรา. 2549.การวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลพริกหวานเพื่อส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น. แบบเสนอโครงการวิจัย (Project Proposal) เพื่อขอรับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร: กรุงเทพฯ. 31 หน้า.

อุดร อุณหวุฒิ สลักจิต พานคำ และ พิทวัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2544 ก. ความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันทองระยะไข่และหนอนในผลมังคุดต่อวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์. หน้า 45. *ใน*: รายงานความก้าวหน้า โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

อุดร อุณหวุฒิ. 2541. วิธีกำจัดแมลงในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวด้วยอากาศร้อน. การกำจัดแมลงในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. ฝ่ายกักกันพืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 54.

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

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.

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, D. *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, 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 Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) for approval of a quarantine treatment on Thai pummel to be exported to Japan, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Chattuchak, Bangkok 143 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.