

วิจัยและพัฒนาสถานภาพการเป็นพืชอาศัยและวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน  
สำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมะนาวเพื่อการส่งออก  
(Development of Quarantine Heat Treatment to Disinfest  
the Oriental Fruit Fly in Lime Fruit for Export)

สลักจิต พานคำ<sup>1</sup> ชัยฉัตร สนิทริ<sup>1</sup> มลนิภา ศรีมาตรภิมย์<sup>1</sup>

รัชฎา อินทรกำแหง<sup>1</sup> อุดร อุณหวุฒิ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

<sup>2</sup>ผู้เชี่ยวชาญ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

บทคัดย่อ

ศึกษาความเสียหายของมะนาวจากวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน 2 กรรมวิธี คือ วิธีอบไอน้ำ และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหากรรมวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสม โดยอบมะนาวพันธุ์แป้น (*Citrus aurantifolia* Swing.) โดยการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลให้คงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ และลดอุณหภูมิผลมะนาวทันทีหลังสิ้นสุดการให้ความร้อนโดยเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง การอบมะนาวด้วยวิธีอบไอน้ำ ผลมะนาวจะอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา ขณะที่วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์นั้น ในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลมะนาวถึง 43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ถูกปรับให้เพิ่มสูงขึ้นอยู่ที่ระดับมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า มะนาวที่ผ่านความร้อนทั้ง 2 วิธี การสูญเสียน้ำหนัก และความเป็นกรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน มะนาวที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 ชั่วโมงทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน เมื่อพิจารณาข้อมูลจากงานวิจัยนี้ วิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำ มีศักยภาพ และความเหมาะสมกับมะนาวมากกว่าวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในด้านการเพิ่มอุณหภูมิที่สูงขึ้นทั้ง 2 วิธี เพื่อใช้พิจารณายอมรับกรรมวิธีที่เหมาะสมในการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะนาวก่อนส่งออกไปยังประเทศที่มีความเข้มงวดด้านกักกันพืช

คำสำคัญ : แมลงวันผลไม้, วิธีการอบไอน้ำ และวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

รหัสการทดลอง 03-60-54-03-05-00-03-54

## คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกมะนาว (*Citrus aurantifolia* Swing.) ทั่วทุกภาคแต่ที่พบมากที่สุดคือภาคกลาง จากการสำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2553. พบว่ามีพื้นที่ปลูกรวมทั่วประเทศ 102,376ไร่ ให้ผลผลิต 152,536.ตัน(การผลิตสินค้าเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2553) พื้นที่ปลูกมากที่จังหวัดเพชรบุรี สมุทรสาคร สุราษฎร์ธานี ราชบุรี พิจิตร นครศรีธรรมราช ปราจีนบุรี กำแพงเพชร ปัจจุบัน มะนาวส่วนใหญ่ ใช้บริโภคภายในประเทศ สำหรับการส่งออกมะนาวไปบางประเทศยังเป็นไปไม่ได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดของมาตรการด้านกักกันพืช ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลี สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และไต้หวัน โดยระบุว่า เป็นพืชอาศัยของแมลงศัตรูพืชร้ายแรงด้านกักกันพืช ได้แก่ แมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *Bactrocera dorsalis* species complex ความเสี่ยงที่มะนาวจะนำศัตรูพืชร้ายแรงเข้าไปแพร่ระบาดที่ประเทศซึ่งไม่มีแมลงดังกล่าวนี้ จึงไม่อนุญาตให้นำเข้ามาจากประเทศไทย เว้นแต่จะต้องกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนส่งออกด้วยวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ที่ได้ตามมาตรฐานกำหนด

หลังการยกเลิกวิธีรมผลไม้กำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยสารเคมีเอธิลีนไดโบรไมด์ (Ethylene dibromide) เมื่อปี พ.ศ. 2527 วิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อน (heat treatment) มีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางในหลายประเทศ รูปแบบการใช้ที่ได้รับความนิยมกันมากคือ การใช้น้ำเป็นสื่อความร้อน ได้แก่ วิธีจุ่มผลไม้ในน้ำร้อน (hot water treatment, HWT) และการใช้อากาศเป็นสื่อนำความร้อน ได้แก่ วิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) วิธีอบอากาศร้อน (hot air treatment, HAT) และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) วิธีการดังกล่าวข้างต้นมีการวิจัยพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับของหน่วยงานกักกันพืชในหลายประเทศ ให้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้กับผลไม้หลายชนิด รวมทั้งไม้ผลในตระกูลส้ม (*Citrus* spp.) เช่น ส้มเกรฟฟรุท (*Citrus paradisi* Macf.) (Miller and McDonald, 1991; Miller *et al.*, 1991; Mangan and Ingle, 1994; Mangan *et al.*, 1998) ส้มวาเลนเซีย และส้มเกลี้ยง [*Citrus sinensis* (Linn.)] (Sharp and McGuire, 1996; Mangan *et al.*, 1998)

ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการศึกษาวิจัย การใช้ความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) เมื่อปี พ.ศ. 2529 โดยพัฒนาวิธีอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ 2 ชนิด คือ oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hencil) และmelon fly, *B. cucurbitae* (Coquillett) ในผลมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวันก่อนส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น กระบวนการอบไอน้ำประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิผลมะม่วงถึง 46.5 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมิ 46.5 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ตลอดระยะเวลาการให้ความร้อนมะม่วง อากาศร้อนอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

(Unahawutti *et al.*, 1986) แต่อย่างไรก็ดีกรรมวิธีอบไอน้ำดังกล่าวนี้ไม่สามารถใช้กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง เนื่องจากมะม่วงเหล่านี้ค่อนข้างจะอ่อนแอต่อความร้อนจึงได้รับความเสียหายจากความร้อนค่อนข้างมาก ต่อมาได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการให้ความร้อนใหม่เป็นกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวข้างต้นในมะม่วงครอบคลุมถึง 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ หนังกกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง กระบวนการกำจัดแมลงกรรมวิธีใหม่ประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิผลให้คงอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที โดยในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลมะม่วงจากอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) ถึง 43 องศาเซลเซียส อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Unahawutti *et al.* 1991) นอกจากนี้แล้ว Unahawutti และคณะ (1999) ยังประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) โดยใช้กระบวนการเดียวกันกับมะม่วงแต่คงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 58 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *Batrocera dorsalis* species complex 4 ชนิด คือ carambola fruit fly, *B. carambolae* Drew and Hancock; *B. dorsalis* (Hendel); papaya fruit fly, *B. papayae* Drew and Hancock และ guava fruit fly, *B. pyrifoliae* Drew and Hancock ได้ตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมังคุด

การกำจัดแมลงด้วยความร้อนมีข้อดีในด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนนั้น นอกจากใช้กำจัดแมลงแล้ว ยังมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดเชื้อรา ไข่ง่าย และ ไม่มีพิษตกค้าง สำหรับข้อเสียประการสำคัญคือ มีแนวโน้มสูงที่ทำให้ผลไม้เสียหาย (phytotoxicity) (Armstrong and Couey, 1989; Paull, 1990) เนื่องจากกระบวนการกำจัดแมลงซึ่งสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชนั้น มักจะต้องให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเกินกว่าผลไม้จะทนทานได้ อีกทั้งผลไม้แต่ละชนิดทนความร้อนได้แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้งานวิจัยเพื่อให้ได้วิธีกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลไม้ จึงต้องทดลองกับผลไม้แต่ละชนิดและพันธุ์ รายงานผลการวิจัยต่อไปนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ 1. เพื่อศึกษาหาลักษณะอาการความเสียหายของมะนาวจากความร้อน และ 2. เพื่อศึกษาหากรรมวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับมะนาว ระหว่าง 2 กรรมวิธี คือ วิธีอบไอน้ำ และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

## วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

1. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลองจำนวน 2 เครื่อง
2. ตู้ลดอุณหภูมิของผลไม้

3. เครื่องอ่างน้ำร้อน
4. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง
5. ห้องเย็นสำหรับเก็บผลไม้สำหรับเก็บผลไม้ทดลอง
6. แห่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
7. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดผลไม้
8. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับเก็บผลไม้ทดลอง ขนาดเล็ก  
โดยใช้อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์
9. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับเก็บผลไม้ทดลอง ขนาดเล็ก 3 ตู้
10. ผลเงาะทดลอง
11. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง
12. อุปกรณ์สำหรับใช้ในงานทดลอง ได้แก่ เครื่องแก้วต่างๆ งานทดลองขนาดเล็ก (plate) มีดปอก  
เปลือกผลไม้ หลอดดูดสารละลาย ถังมือยาง ผ้าปิดปาก ถาดใส่ผลไม้ ถังขยะดำ และอื่นๆ
13. อุปกรณ์ทำความสะอาดอื่นๆ

### ขั้นตอนดำเนินการ

1. การจัดหาและการเตรียมมะนาวก่อนเข้าตู้อบไอน้ำ
2. การเตรียมตู้อบไอน้ำ
3. การจัดซื้อ ล้างทำความสะอาด การชั่งน้ำหนักและการคัดเลือกมะนาว
4. ขั้นตอนการนำมะนาวเข้า และออกจากตู้อบไอน้ำ
5. การลดอุณหภูมิผลมะนาวหลังการอบไอน้ำ
6. การจัดเก็บมะนาวหลังการอบไอน้ำและลดอุณหภูมิผล
7. การตรวจสอบคุณภาพด้านความเสียหายที่เกิดขึ้นหลังอบไอน้ำ  
บันทึกการสูญเสียน้ำหนัก และค่าความเป็นกรด
8. รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง

### วิธีการ

ทำการทดลองกับมะนาวพันธุ์แป้น ผลขนาดกลางน้ำหนัก 35-44 กรัม/ผล อบมะนาวเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 วิธี คือ วิธีอบไอน้ำ และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ วิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนแต่ละกรรมวิธีมีลักษณะของการให้ความร้อนกับผลไม้แตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้ วิธีอบไอน้ำ เป็นการอบมะนาวในสภาพที่มะนาวอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนที่อิมตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงแรกจะเป็นการอบมะนาวโดยวิธีอบอากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจาก

มะนาวอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนอยู่ในสภาพที่อึดอัดด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่น EHK-1000B จำนวน 2 เครื่อง ผลิตโดยบริษัท Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) เครื่องมีลักษณะเป็นตู้สแตนเลสสี่เหลี่ยมขนาด 1.03 x 3.10 x 1.81 เมตร ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญดังนี้ คือ (1) ห้องบรรจุผลไม้สำหรับกำจัดแมลง (treatment chamber) (2) ส่วนควบคุมการทำงาน (instrumental and control panel) และ (3) ส่วนผลิตไอน้ำร้อน (temperature and humidity unit and refrigerating unit for cooling) แต่ละส่วนติดตั้งอุปกรณ์ดังรายละเอียดใน เก็บมะนาวทั้งหมดในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ก่อนการทดลองนำมะนาวใส่ในถาดบรรจุผลไม้จำนวน 4 ถาด และนำไปซั่งให้แต่ละถาดมีมะนาวจำนวน 20 ผล นำถาดบรรจุผลไม้จำนวน 3 ถาด ใส่เข้าไปในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อนอบมะนาวด้วย 2 วิธีการดังกล่าวข้างต้น โดยเพิ่มอุณหภูมิผลให้คงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง โดยแต่ละระยะเวลามีมะนาวผ่านความร้อน จำนวน 20 ผล สำหรับมะนาวที่ใช้เปรียบเทียบ (control) ไม่ต้องผ่านความร้อน วิธวัดอุณหภูมิ ผลมะนาวทดลองจะวัดอุณหภูมิจากมะนาวกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล ซึ่งใช้เป็นตัวแทน แสดงอุณหภูมิของมะนาวทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน โดยเสียบแท่งวัดอุณหภูมิปลายสุดของแท่งวัดอุณหภูมิอยู่ตรงกึ่งกลางผล นำมะนาวกำหนดอุณหภูมิจำนวน 3 ผล ใส่วางแยกกันในถาดผลไม้ชั้นล่างสุด จำนวน 3 ถาด เมื่อมะนาวกำหนดอุณหภูมิ 3 ผล เพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนดแสดงว่าขณะนั้นมะนาวทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับมะนาวกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมะนาวทดลองมีอุณหภูมิกงที่อยู เป็นระยะเวลาตามกำหนด นำมะนาวที่ระยะเวลานั้นออกจากเครื่องตู้อบความร้อน ลดอุณหภูมิผลมะนาวทันทีหลังจากสิ้นสุดการให้ความร้อนด้วยวิธีเป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model: SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จากนั้นแยกมะนาวแต่ละกรรมวิธีเก็บไว้ในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 26.5 x 33.5 x 15.5 เซนติเมตร โดยด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร พร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่ายจำนวน 3 รู เก็บมะนาวทั้งหมดไว้ในห้องอุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบผลการทดลองหลังจากเก็บมะนาวไว้นาน 7 วันโดยใช้หลักเกณฑ์พิจารณาดำเนินการในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) : ศึกษาการสูญเสียน้ำหนักของมะนาวโดยคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียไปด้วยวิธีการบันทึกน้ำหนักมะนาวก่อนการทดลอง และในวันที่ตรวจผลการทดลองชั่งน้ำหนักผลมะนาวอีกครั้งหนึ่ง
2. ความเป็นกรด (acidity) : นำน้ำคั้นจากเนื้อมะนาวไปตรวจสอบความเป็นกรดในรูปของกรดซิตริก (citric acid) โดยใช้เครื่อง acilyzer รุ่น 5
3. ความผิดปกติของผลมะนาว : ตรวจหาความผิดปกติที่ปรากฏบนผลมะนาว พร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดของลักษณะอาการและจำนวนมะนาวที่ผิดปกติ
4. นำข้อมูล การสูญเสียน้ำหนัก และความเป็นกรด วิเคราะห์ผลทางสถิติการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้วิธีการตรวจสอบแบบ t-test

#### เวลาและสถานที่

ระยะเวลา	เริ่มต้น ตุลาคม 2554 – สิ้นสุด กันยายน 2555
สถานที่	กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

#### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**การสูญเสียน้ำหนัก** : มะนาวผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี เก็บไว้ที่ตู้ควบคุมที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส หลังจากเก็บไว้นาน 7 วัน โดยทั่วไปมะนาวที่ผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ามะนาวไม่ผ่านความร้อน และการสูญเสียน้ำหนักก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อมะนาวถูกความร้อนเป็นระยะเวลานานขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม มะนาวมีการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างมะนาวผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี แต่การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อน

#### (ตารางที่ 1)

**ความเป็นกรด** : ค่าความเป็นกรดไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างมะนาวผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างมะนาวผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี กับมะนาวที่ไม่ผ่านความร้อนพบว่าค่าความกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2)

**ความเสียหายของมะนาวจากความร้อน** : จากการสังเกตพบว่าสีผิวเปลือกของมะนาวที่ผ่านความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ต่อมาน้ำมันแห้ง ผิวเปลือกบางส่วนของมะนาวที่โดนกระแทกของแข็งเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มสังเกตเห็นได้อย่างเด่นชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะนาว

ที่ผ่านความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ มะนาวที่ผ่านความร้อนที่ระยะเวลานาน ทำให้กลิ่นหอมต่อมน้ำมันที่เปลือกหายไป

ตารางที่ 1 เเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะนาวหลังผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ และวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ

การทดลอง ครั้งที่	กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนัก (%)		
		0 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
1	VHT	10.67	10.26	11.40
	MVHT	11.17	11.36	11.56
	ไม่ผ่านความร้อน	8.69		
	t-test VHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	*	*	*
	t-test MVHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	*	*	*
	t-test VHT เทียบกับ MVHT	*	*	ns
2	VHT	9.36	9.52	10.64
	MVHT	10.11	10.45	10.93
	ไม่ผ่านความร้อน	9.30		
	t-test VHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	*	*	ns
	t-test MVHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	*	*	ns
	t-test VHT เทียบกับ MVHT	*	*	ns
3	VHT	8.93	9.06	9.11
	MVHT	9.31	9.42	9.68
	ไม่ผ่านความร้อน	8.89		
	t-test VHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	*	*	*
	t-test MVHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	*	*	*
	t-test VHT เทียบกับ MVHT	ns	ns	*

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความเป็นกรดของผลมะนาวหลังผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ และวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ

การทดลอง ครั้งที่	กรรมวิธี	ความเป็นกรด (%)		
		0 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
1	VHT	5.44	5.17	4.83
	MVHT	5.00	4.78	4.60
	ไม่ผ่านความร้อน	5.22		
	t-test VHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	*	ns	*
	t-test MVHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	*	*	*
	t-test VHT เทียบกับ MVHT	ns	ns	*
2	VHT	5.21	4.99	4.68
	MVHT	5.15	5.06	4.67
	ไม่ผ่านความร้อน	5.35		
	t-test VHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	ns	*	*
	t-test MVHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	ns	*	*
	t-test VHT เทียบกับ MVHT	ns	ns	ns
3	VHT	5.70	5.55	5.16
	MVHT	5.60	5.42	5.16
	ไม่ผ่านความร้อน	5.89		
	t-test VHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	ns	*	*
	t-test MVHT เทียบกับไม่ผ่านความร้อน	ns	*	*
	t-test VHT เทียบกับ MVHT	ns	ns	ns

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผู้เชี่ยวชาญอุดร อุณหภูมิต และ คุณรัชฎา อินทรกำแหง ที่มีส่วนช่วยให้คำปรึกษา  
ในงานทดลอง และขอขอบคุณ คุณอนุกุล อ้วนเส้ง คุณสมิทธิ อยู่เอี่ยม คุณมีนา จริงจิตร คุณกัลยา  
วงศ์สุวรรณ คุณประชุม นัยจำนัล ที่มีส่วนช่วยใน

การเตรียมการทดลอง รวมถึงการเช็คผลการทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

การผลิตสินค้าเกษตร 2553 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.[ออนไลน์] [อ้างถึง 15 พฤษภาคม  
2554] เข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ต :

[http://www.oae.go.th/main.php?filename=agri\\_production](http://www.oae.go.th/main.php?filename=agri_production) .

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรีการเกษตร. [ออนไลน์] [อ้างถึง 22 มีนาคม 2554] เข้าถึงได้จาก  
อินเทอร์เน็ต : <http://th.wikipedia.org/wiki>

SME ปลูกมะนาว [ออนไลน์] [อ้างถึง 15 กันยายน 2554] เข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ต :  
[www.ismed.or.th](http://www.ismed.or.th)

การเกษตรเรื่องการเก็บเกี่ยวมะนาว [ออนไลน์] [อ้างถึง 15 กันยายน 2554] เข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ต  
: [www.การเกษตร.com](http://www.การเกษตร.com)

Anonymous. 1987 Plant quarantine manual. Department of Primary Industry Australia,  
Australian Quarantine and Inspection Service, Canberra, Australia. 472 pp.

\_\_\_\_\_.1991. Guide to import plant quarantine in Japan. Agr. Production Bur.,  
Min. Agr., Forest. And Fisheries, Tokyo. 108 p.

Armstrong, J.W. 1983. Infestation biology of three fruit fly (Diptera : Tephritidae)  
species on ‘Brazilab,’ ‘Valer,’ and ‘william’s’ cultivars of banana in Hawaii. J.  
Econ. Entomol.76: 539-543.

\_\_\_\_\_. 1991. ‘Sharwil’ abocado : Quarantine security against fruit fly  
infestation in Hawaii. J. Econ Entomol. 84: 1308-1315.

- Armstrong, J.W. and R.I. Vargas. 1982. Resistance of pineapple variety '59-656' to field populations of oriental fruit flies and melon flies (Diptera : Tephritidae). J. Econ. Entomol. 75:781-782.
- Armstrong, J.W. J.D. Vriesenga and C.Y.L. Lee. 1979. Resistance of pineapple varieties D-10 and D-20 to field populations of oriental fruit flies and melon flies. J. Econ. Entomol. 72:6-7.
- Cowley, J.M., R.T. Baker and F.S. Harte. 1992. Definition and determination of host status for multivoltine fruit fly (Diptera : Tephritidae) species. J. Econ. Entomol. 85: 312-317
- Fitters, N.E., F. Miyabara, S. Nakagawa and E. Dresner. 1953. The status of commercial pineapples as hosts of the oriental fruit fly in Hawaii. Special Report Ho-1, Fruit Fly Investigations in Hawaii. U.S. Dept. of Agr., Entomol. Res. Branch, Honolulu, Hawaii.
- Hennessey, M.K., Baranowski and J.L. Sharp. 1992. Absence of natural infestation of Caribbean fruit flies (Diptera : Tephritidae) from commercial Florida 'Tahiti' lime fruits. J. Econ. Entomol. 85: 1843-1845.
- Jenkins, C.F.H. 1948. The banana as a host fruit of the Mediterranean fruit fly. J. Dept. Agr. W. Australia. 25:263-264
- Nguyen, R. and S. Fraseer. 1989. Lack of suitability of commercial limes and lemons as hosts of *Anastrepha suspensa* (Diptera : Tephritidae). Florida. Entomol. 72: 718-720.
- Oakley, R.G. 1950. Fruit Flies (Tephritidae). In Manual of Foreign Plant Pests for Fruit Flies, Vol. 3. U.S. Dept. of Agr., Bur. Entomol. And Plant Quarant., Div. Foreign Plant Quarant. Pp. 168-248.

- Oi, D.H. and R.F.L. Mau. 1989. Relationship of fruit ripeness to infestation in 'Sharwil' avocados by the Mediterranean fruit fly and the oriental fruit fly (Diptera : Tephritidae). J. Econ. Entomol. 82: 556-560.
- Seo, S.T., D.L. Chambers, C.Y.L. Lee, M. Komura, M. Fujimoto and D. Kamakahi, 1973. Resistance of pineapple variety 59-443 to field populations of oriental fruit flies and melon flies. J. Econ. Entomol. 66:522-523.
- Spitler, G.H., J.W. Armstrong and H.M. Couey. 1984. Mediterranean fruit fly (Diptera : Tephritidae) host status of commercial lemon. J. Econ. Entomol. 77:1441-1444.
- Umeya, K. and H. Yamamoto. 1971. Studies on the possible attack of the Mediterranean fruit fly [*Ceratitidis capitata* (Wiedemann)] on the green bananas. Res. Bull. Plant Prot. Japan. 9: 6-17.
- White, I.M. and M.M. Elson-Harris. 1992. Fruit flies of economic significance : Their identification and bionomics. CAB International, Wallingford, UK. 601 p.