

การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันทอง และแมลงวันแดงในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน

อุคร อุณหูตม์ จำลอง เจตนะจิตร มานะ พุ่มทอง พวงศกา คมสัน อวยชัย สมิตะสิริ
จำลอง ลภาสารกุล วลัยกร วรวิศิษฐ์ธำรง และ รัชฎา อินทรกำแหง¹

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันทอง (*Dacus dorsalis* Hendel) และแมลงวันแดง (*D. cucurbitae* Coquillett) ระยะไข่และหนอนระยะต่าง ๆ ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน ผลจากการทดลองพบว่าแมลงวันทองหนอนระยะที่ 1 เป็นระยะการเจริญเติบโตที่มีความต้านทานต่อการอบไอน้ำมากที่สุด ในสภาพที่ภายในห้องอบไอน้ำมีอุณหภูมิของอากาศ 47.5°C และความชื้นสัมพัทธ์ 98% สามารถกำจัดแมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 ประมาณ 99,252 ตัว ซึ่งอยู่ภายในผลมะม่วงได้ทั้งหมด เมื่ออุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นถึง 46.5°C. แล้ว ปล่อยให้คงอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีกนาน 10 นาที ขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำบรรจุมะม่วง 150 กก./ลบ.ม. ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงทั้งหมดให้ถึง 46.5°C. ใช้เวลาประมาณ 110 นาที วิธีการอบไอน้ำสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 ชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ไม่ทำให้คุณภาพของมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ

การส่งออกมะม่วงเป็นสินค้าออกของประเทศไทยได้เริ่มมานานแล้ว ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ ฮองกง สิงคโปร์ มาเลเซีย บรูไน ยุโรป และตะวันออกกลาง จากสถิติการส่งออกของกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ ระบุว่า เมื่อปี พ.ศ. 2527 มีปริมาณการส่งออก 3,775 ตัน มูลค่า 31 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นเป็น 8,311 ตัน มูลค่า 57 ล้านบาท ในปีต่อมา การส่งออกมะม่วงคาดว่ามีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี มะม่วงจึงนับได้ว่าเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่นำเข้าเงินตราต่างประเทศ ช่วยลดการขาดดุลการค้ากับต่างประเทศได้ทางหนึ่ง และยังช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรด้วย แม้ว่าการส่งออกจะมีมูลค่าสูงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ตลาดใหญ่ของมะม่วงไทยส่วนใหญ่ คือ ประเทศฮองกง สิงคโปร์ และมาเลเซีย ซึ่งมีปัญหาในเรื่องการแข่งขันกันมากในด้านราคาของผู้ส่งออก ทำให้ขายมะม่วงได้ในราคาที่ต่ำ ดังนั้น ทั้งภาครัฐบาลและเอกชนจึงได้พยายามที่จะเปิดตลาดใหม่ให้เพิ่มมากขึ้นสำหรับมะม่วงจากประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้ตั้งเป้าหมายที่จะผลักดันให้มีการส่งออกไปยังตลาดประเทศญี่ปุ่น จากสถิติ

การนำเข้าของ Japan Tariff Association ระบุว่า ประเทศญี่ปุ่นนำเข้ามะม่วงในปี พ.ศ. 2526 เป็นจำนวนถึง 2,220 ตัน แต่อย่างไรก็ดี การส่งมะม่วงไปประเทศญี่ปุ่นนั้นยังไม่สามารถที่จะกระทำได้ เนื่องจากอุปสรรคทางด้านกฎหมายกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่น กล่าวคือ มะม่วงเป็นพืชอาศัยที่สำคัญของแมลงวันผลไม้ 2 ชนิด คือ แมลงวันทอง (*Dacus dorsalis* Hendel) และแมลงวันแดง (*D. cucurbitae* Coquillett) (Diptera : Tephritidae) มีแหล่งแพร่ระบาดอยู่ในหลายประเทศซึ่งอยู่ในเขตร้อนและใกล้เขตร้อน รวมถึงประเทศไทยด้วย ประเทศญี่ปุ่นพิจารณาแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 ชนิดนี้ว่าเป็นแมลงศัตรูพืชที่มีความสำคัญทางด้านกักกันพืช ดังนั้น จึงมีข้อกำหนดในกฎหมายกักกันพืชห้ามนำเข้ามะม่วงจากประเทศที่มีการแพร่ระบาดของแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 ชนิด นอกเสียจากว่ามะม่วงที่จะนำเข้านั้นจะต้องได้ผ่านวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ที่มีประสิทธิภาพเพียงพอและยืนยันได้ว่าจะไม่มีแมลงรอดชีวิตหลงเหลือติดไปกับมะม่วงได้

ปัจจุบันนี้มีเพียง 3 ประเทศเท่านั้น คือ ฟิลิปปินส์ เม็กซิโก และไต้หวัน ที่สามารถส่งมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่นได้ ญี่ปุ่นได้ยอมรับวิธีการรมมะม่วงด้วยสารเคมี ethylene

¹กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ 10900.

dibromide (EDB) ที่ 16 กรัม/ลบ.ม. เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ในสภาพอุณหภูมิต่ำสุด 20°ซ. เป็นวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ที่มีประสิทธิภาพสำหรับการนำเข้ามะม่วงจากประเทศเหล่านี้ แต่อย่างไรก็ตาม ปรากฏว่าในปี พ.ศ. 2527 ทางสำนักงาน U.S. Environmental Protection Agency (EPA) ได้ประกาศยกเลิกการใช้ EDB สำหรับรมผลไม้สด รวมทั้งมะม่วงที่จะนำเข้าไปจำหน่ายในประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากหลักฐานที่แสดงว่า EDB อาจจะเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง ด้วยเหตุนี้ การใช้ EDB จึงมีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคต

การพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ให้เป็นที่ยอมรับทางด้านกักกันพืช (quarantine treatment) นั้น เป็นเรื่องที่ยุ่งยากมาก เนื่องจากจะมีข้อกำหนดทั่ว ๆ ไปว่า วิธีการกำจัดจะต้องเชื่อมั่นได้ว่านอกจากจะไม่ทำความเสียหายให้กับผลไม้แล้ว ยังจะต้องสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้จนถึงระดับที่ไม่มีแมลงรอดชีวิตติดไปกับผลไม้ ไปขยายพันธุ์ในแหล่งที่ไม่เคยมีการแพร่ระบาดของแมลงวันผลไม้มาก่อน สำหรับประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดมาตรฐานของวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ที่มีประสิทธิภาพไว้ดังนี้ ในการทดลองขั้นสุดท้าย (large-scale disinfestation test) 3 ครั้ง จะต้องสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ระยะที่มีความต้านทานต่อวิธีการกำจัดมากที่สุด อย่างน้อยที่สุดจำนวน 30,000 ตัว หรือมากกว่า ให้ตายทั้งหมด

สำหรับมะม่วงจากประเทศไทยที่จะส่งไปยังประเทศญี่ปุ่นนั้น รัฐบาลญี่ปุ่นได้ให้ความสนใจในวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีการอบไอน้ำ (vapor heat treatment) มากกว่าวิธีรมด้วย EDB การใช้วิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงที่มีความสำคัญทางด้านกักกันพืช ป้องกันการแพร่ระบาดของศัตรูพืชจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง ได้มีการศึกษาวิจัยมานานแล้ว Spruijt and Blanton (1933) รายงานว่า วิธีการอบไอน้ำหัวของ *Narcissus* ที่อุณหภูมิ 43.3°ซ. เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง สามารถกำจัดแมลงระยะหนอนและระยะดักแด้ของ *Eumerus* spp. ได้ผลดี และยังสามารถกำจัดไส้เดือนฝอย (*Narcissus* bulb nematode, *Tylenchus dipsaci* Kuhn) ได้อีกด้วย โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อหัว *Narcissus* Sein (1935) อบไอน้ำผลมะม่วงและฝรั่งที่อุณหภูมิ 43.0°ซ. เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง เพียงพอที่จะกำจัดแมลง ระยะไข่ ระยะหนอน และระยะดักแด้ของแมลงวันผลไม้ (West indian fruit fly, *Anastrepha fraterculus* Wied.) Seo et al. (1974) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันทองในผลมะละกอ โดยใช้ตู้อบไอน้ำในเชิงพาณิชย์ ขนาด 6.1 x 8.5 x

8.5 ม. ผลจากการทดลองปรากฏว่าแมลงวันทองระยะไข่ หนอนระยะที่ 1 หนอนระยะที่ 2 และหนอนระยะที่ 3 จำนวน 262,552 ตัว ซึ่งอยู่ภายในผลมะละกอ จำนวน 1,095 ผล หลังจากผ่านการอบไอน้ำแล้วไม่มีแมลงรอดชีวิตแม้แต่ตัวเดียว การอบไอน้ำต้องใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะละกอ จาก 23.3°ซ. ถึง 44.4°ซ. และปล่อยให้คงอยู่ที่อุณหภูมิ 44.4°ซ. ต่อไปอีกเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง 45 นาที

Sugimoto et al. (1983) ได้ทดลองอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันทองของพริก (*Capsicum annuum*) ระยะไข่ และระยะหนอน โดยใช้ตู้อบไอน้ำขนาด 1.14 ลบ.ม. ใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลพริกทั้งหมดถึง 43.4°ซ. แล้วปล่อยให้คงอยู่ที่อุณหภูมิ 43.4°ซ. ต่อไปอีกเป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง สามารถกำจัดแมลงวันทองระยะไข่ จำนวน 133,110 ฟอง และหนอนระยะที่ 1 จำนวน 118,793 ตัว ได้ทั้งหมด สำหรับมะเขือ (*Solanum melongena*) เมื่อสภาพภายในห้องอบไอน้ำบรรจุมะเขือ 30 กก./ลบ.ม. แมลงวันแดงระยะไข่ จำนวน 321,960 ฟอง พบว่าแมลงไม่มีชีวิตรอดแม้แต่ตัวเดียวเมื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของมะเขือถึง 43.0°ซ. และปล่อยให้คงอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลถึง 43.0°ซ. ใช้เวลาประมาณ 70 นาที (Furusawa et al., 1984)

ประเทศฟิลิปปินส์ซึ่งส่งมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่นมากที่สุด ได้เริ่มศึกษาการใช้วิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วงเช่นเดียวกัน Merino et al. (1985) พบว่าวิธีการอบไอน้ำสามารถกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแดงได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่เกิดผลเสียหายต่อคุณภาพของมะม่วง การอบไอน้ำจะต้องเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงถึง 46.0°ซ. แล้วปล่อยให้คงอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลานาน 10 นาที ขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำบรรจุมะม่วง 150 กก./ลบ.ม. ต้องใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 45 นาที ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงทั้งหมดให้ถึง 46.0°ซ.

การอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้เป็นวิธีการที่มีมานานแล้ว แต่ทว่ายังไม่ได้มีการพัฒนามาใช้กันอย่างแพร่หลายในระดับการค้า เพราะว่าการใช้วิธีการอื่น เช่น การรมด้วย EDB ได้เป็นที่ยอมรับกันในขณะนั้นว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ แต่จากกรณีที่การใช้ EDB สำหรับรมผลไม้สดมีแนวโน้มจะหมดไปในอนาคต ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้วิธีการอื่น ๆ ขึ้นมาทดแทน เพื่อจะได้ไม่ทำให้การค้าขายผลไม้ระหว่างประเทศต้องหยุดชะงักไป การศึกษา

ประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวันมีเป้าหมายที่จะพัฒนาวิธีการอบไอน้ำให้เป็นวิธีการที่ยอมรับทางด้านกักกันพืชเพื่อใช้กำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวันก่อนการส่งออกจากประเทศไทยไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแดงในผลมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวันได้ทดลองกับแมลง ระยะไข่ และหนอนระยะต่าง ๆ การทดลองนี้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการโครงการวิจัยแมลงวันผลไม้เพื่อการส่งออก กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนเมษายน - มิถุนายน พ.ศ. 2529 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ คือ

1. การเตรียมแมลงสำหรับทดลอง

แหล่งที่มาของแมลงวันผลไม้

แมลงวันทองและแมลงวันแดงที่ใช้ในการทดลองเป็นแมลงซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการ ต้นกำเนิดสายพันธุ์ของแมลงวันทองได้มาจากผลฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) เก็บรวบรวมได้ในท้องที่ จ. ราชบุรี เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2528 สำหรับแมลงวันแดงได้มาจากผลมะระ (*Momordica charantina* L.) จาก จ. นครปฐม เมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2528 นำแมลงที่เก็บรวบรวมได้มาเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการและเพิ่มจำนวนให้มากขึ้น โดยอาศัยวิธีการเลี้ยงแมลงวันผลไม้ด้วยอาหารเทียม (artificial diet) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

การเลี้ยงแมลงวันผลไม้ให้ได้จำนวนมาก

สภาพของห้องเลี้ยงแมลง เลี้ยงแมลงวันผลไม้แต่ละชนิดในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ห้องเลี้ยงแมลงขนาด $3.7 \times 4.7 \times 2$ ม. อุณหภูมิ $25-27^{\circ}\text{C}$. ความชื้นสัมพัทธ์ $70-80\%$ บนเพดานห้องเหนือกรงเลี้ยงแมลงติดหลอดไฟ fluorescent ขนาด 40 วัตต์ จำนวน 30 หลอด สำหรับให้แสงสว่างภายในห้องไฟจะสว่างในช่วงเวลา 6.00 น. - 18.00 น. ภายในห้องเลี้ยงแมลงยังติดหลอดไฟขนาด 15 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ให้แสงสลัว (dim light) เป็นเวลานาน 15 นาที ก่อนและหลังที่ไฟในห้องจะสว่างเพื่อช่วยกระตุ้นให้แมลงผสมพันธุ์

วิธีปฏิบัติสำหรับตัวเต็มวัย เลี้ยงแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยในกรงเลี้ยงแมลงขนาด $35 \times 50 \times 30$ ซม. กรงตาข่ายทองเหลือง

ขนาด 16 mesh แต่ละกรงมีแมลงประมาณ 2,000 ตัว ภายในกรงมี petri dish บรรจุอาหารสำหรับตัวเต็มวัยซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมโดยน้ำหนัก ดังนี้

น้ำตาล	10 ส่วน
Enzymatic protein hydrolysate (Amber series 100)	1 ส่วน
Yeast extract	1 ส่วน

การให้น้ำ จะใช้ขวดพลาสติกขนาด 6×7.5 ซม. ผาขวดเจาะรูขนาด 1 มม. จำนวน 3 รู วิธีให้น้ำทำได้โดยคว่ำขวดน้ำลงบนกระดาษกรองซึ่งวางอยู่บนหลังกรงเลี้ยงแมลง หลังจากที่ยังแมลงตัวเต็มวัยครบ 8 สัปดาห์แล้ว ทำลายแมลงที่ยังหลงเหลืออยู่ในกรงทั้งหมด ทำความสะอาดกรงเลี้ยงแมลงเพื่อเตรียมไว้สำหรับใส่แมลงตัวเต็มวัยรุ่นใหม่ต่อไป ในระหว่างการทดลอง มีแมลงวันผลไม้แต่ละชนิดเตรียมไว้ตลอดเวลา 20 กรง มีประชากรทั้งหมดประมาณ 40,000 ตัว

วิธีการเก็บไข่ เริ่มเก็บไข่ของแมลงวันผลไม้ได้เมื่อตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 15 วัน โดยใช้กระบอกลูกพลาสติกมีฝาปิดและด้านข้างเจาะรูเป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บรวบรวมไข่ของแมลงวันผลไม้ กระบอกลูกพลาสติกมีขนาด 7×17 ซม. ด้านข้างเจาะรูขนาด 0.4 มม. ประมาณ 80-100 รู เพื่อให้แมลงตัวเมียแทงอวัยวะวางไข่ผ่านรูด้านข้างเข้าไปวางไข่ภายในกระบอกลูกพลาสติก ใส่น้ำผลไม้ประมาณ 30 มล. ในกระบอกลูกพลาสติกก่อนนำเข้าไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลงเพื่อกระตุ้นให้แมลงมาวางไข่ ใช้น้ำส้มสำหรับแมลงวันทอง และน้ำมะระสำหรับแมลงวันแดง น้ำผลไม้ยังจะให้ความชื้นภายในกระบอกลูกพลาสติก ป้องกันไม่ให้ไข่ของแมลงแห้งและแตก รวบรวมไข่ที่อยู่ภายในกระบอกลูกพลาสติกด้วยวิธีการเติมน้ำสะอาด แล้วเขย่าเบา ๆ เพื่อให้ไข่ที่ติดอยู่ด้านข้างภายในกระบอกลูกหลุด ใช้น้ำมีสลิขนาด 150 mesh แยกไข่ออกจากน้ำผลไม้ แล้วย้ายไข่ไปเก็บไว้ในน้ำกลั่น จนกระทั่งถึงเวลาที่ต้องการจึงนำไข่ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเทียม แต่ละสัปดาห์เก็บไข่เพียงครั้งเดียวระหว่างเวลา 10.00 น. - 12.00 น. ไข่ที่เก็บได้จะนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเทียมทันที มีการตรวจหาเปอร์เซ็นต์การฟักของไข่เป็นประจำด้วยการสุ่มไข่ 100 ฟอง มาวางไว้บนกระดาษกรองชุบน้ำเก็บไว้ใน petri dish เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงตรวจนับจำนวนไข่ที่ฟักออกเป็นตัวหนอน

วิธีปฏิบัติสำหรับตัวหนอน เลี้ยงแมลงวันผลไม้ทั้งสองชนิดบนอาหารเทียมสูตรข้าวโพดป่น อาหารเทียมสำหรับตัวหนอนประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้

ข้าวโพดป่น (ขนาด 20 mesh)	50	กรัม
กระดาษชำระ	3	กรัม
น้ำตาล	5	กรัม
น้ำกลั่น	85	มล.
HCL (Conc.)	0.2	มล.
Brewer's yeast	5	กรัม
Butyl p-hydroxybenzoate	0.15	กรัม

เมื่อเตรียมอาหารเสร็จเรียบร้อยแล้ว ใส่อาหารเทียมใน ถาดพลาสติก ขนาด 23 x 32 x 5 ซม. แต่ละถาดมีอาหาร ประมาณ 900 กรัม ตัดกระดาษชำระขนาด 5.5 x 11 ซม. จำนวน 2 ชิ้น วางไว้บนอาหารเทียม ใช้ pipet ขนาด 1 มล. ตวงไข่ของแมลงวันทองหรือแมลงวันแดง จำนวน 0.4 และ 0.8 ลบ.ซม. ตามลำดับ แล้วนำไปวางบนกระดาษชำระ เกลียไข่ ด้วยภูกันให้กระจายทั่ว ๆ กันบนกระดาษชำระ กระดาษชำระ ช่วยกระจายหนอนไปบนอาหารเทียม ทำให้หนอนไม่เกิดการ แข่งแย่งอาหารกันเมื่อฟักออกจากไข่ ดังนั้น จึงมีหนอนรอด ชีวิตมากขึ้น ปิดถาดอาหารเทียมด้วยถาดเปล่าอีกใบหนึ่งเพื่อ ให้ภายในมีความชื้นสูง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมากในการที่ไข่จะฟัก ออกเป็นตัวหนอน นำไปเก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลง รोजนกระทั่ง ตัวหนอนเจริญเติบโตเต็มที่

วิธีปฏิบัติสำหรับดักแด้ หนอนแมลงวันทองและหนอน แมลงวันแดงเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมที่จะเข้าดักแด้ภายใน 6 และ 5 วัน ตามลำดับ เปิดฝาครอบถาดอาหารเทียม และย้ายไป ไว้บนชั้นวางรอดเข้าดักแด้ ซึ่งตั้งอยู่ในกระบะพลาสติกขนาด 43 x 74 x 23 ซม. ชั้นวางทำด้วยท่อ polyvinyl chloride (PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มล. ภายในกระบะบรรจุขี้เลื่อย ขนาด 20 mesh เป็นที่สำหรับให้หนอนเข้าดักแด้ คลุมถาด อาหารเทียมที่อยู่บนชั้นวางด้วยผ้ามีสลิ้น เพื่อบังคับให้หนอนที่ กำลังจะเข้าดักแด้ ซึ่งจะคลานหรือดีดตัวเองออกจากอาหารเทียม ตกลงไปกระบะเบื้องล่าง และเข้าดักแด้ในขี้เลื่อย ประมาณ 2 วันก่อนที่ดักแด้จะออกเป็นตัวเต็มวัย ใช้ตะแกรงขนาด 20 mesh ร่อนแยกเอาดักแด้ออกจากขี้เลื่อย คัดดักแด้ที่ตายทิ้งให้หมด ใส่ดักแด้ประมาณ 2,000 ตัวไว้ในถ้วยพลาสติกทรงกระบอก ขนาด 11 x 5.5 ซม. แล้วนำไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลงที่เตรียมไว้ รอดให้ออกเป็นตัวเต็มวัย

การเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้ ภายใต้สภาพห้อง เลี้ยงแมลงซึ่งควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและแสงสว่าง แมลงวันทอง และแมลงวันแดงมีระยะเวลาของการเจริญเติบโต ดังนี้

แมลงวันทอง			
ระยะไข่	30-36	ชั่วโมง	
หนอนระยะที่ 1	1	วัน	
หนอนระยะที่ 2	2	วัน	
หนอนระยะที่ 3	3-4	วัน	
ระยะดักแด้	8-10	วัน	
แมลงวันแดง			
ระยะไข่	24-30	ชั่วโมง	
หนอนระยะที่ 1	1	วัน	
หนอนระยะที่ 2	1	วัน	
หนอนระยะที่ 3	3-4	วัน	
ระยะดักแด้	8-10	วัน	

2. การเตรียมมะม่วงสำหรับทดลอง

พันธุ์ สถานที่ปลูก และการดูแลรักษา

ในการทดลองใช้เฉพาะมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวัน (Nang Klarngwun) พันธุ์เดียว มะม่วงพันธุ์นี้ได้รับการคัดเลือก สำหรับส่งไปจำหน่ายที่ประเทศญี่ปุ่น ทางการค้าอาจจะรู้จักดี ในอีกชื่อหนึ่ง คือ มะม่วงงาช้าง ('Ivory' mango) มีแหล่งปลูก ใหญ่อยู่ในบริเวณภาคกลาง เช่น จ. ราชบุรี จ. ฉะเชิงเทรา จ. นครปฐม บริเวณภาคเหนือ ได้แก่ จ. เชียงใหม่ จ. เชียงราย จ. น่าน เป็นต้น งานทดลองในช่วงระหว่างเดือนเมษายนถึง กลางเดือนพฤษภาคม ใช้มะม่วงจาก จ. ฉะเชิงเทรา หลังจากนั้น ใช้มะม่วงจาก จ. เชียงใหม่

กลีกรสวนมะม่วงใน จ. ฉะเชิงเทรา และ จ. เชียงใหม่ มีการดูแลรักษา ป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้หลายวิธี เช่น ห่อ มะม่วงด้วยถุงกระดาษ ใช้สารล่อ methyl eugenol ใส่ใน กับดักสำหรับจับแมลงวันทองตัวผู้ นอกจากนี้แล้วยังมีการ รักษาความสะอาดภายในบริเวณสวน ทำลายแหล่งเพาะขยาย พันธุ์แมลงวันผลไม้ โดยเก็บรวบรวมมะม่วงซึ่งถูกแมลงวันผลไม้ เข้าทำลายและหล่นอยู่ในบริเวณสวนนำมาทำลายทั้งหมด กลีกร ยังใช้วิธีฉีดพ่นเหยื่อพิษซึ่งมีส่วนประกอบของ yeast hydrolysate และ malathion เป็นประจำสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง

ขนาดและความสุกของมะม่วง

ในการทดลองมีข้อกำหนดเกี่ยวกับขนาดและความสุก ของมะม่วงที่ใช้ในแต่ละการทดลอง ขนาดของมะม่วงได้แบ่ง ตามน้ำหนักต่อผลออกเป็น 5 ขนาด ดังนี้

- | | | |
|------------------|----------|--------------|
| 1. ขนาดเล็กพิเศษ | น้อยกว่า | 200 กรัม |
| 2. ขนาดเล็ก | | 200-249 กรัม |
| 3. ขนาดกลาง | | 250-299 กรัม |
| 4. ขนาดใหญ่ | | 300-350 กรัม |
| 5. ขนาดใหญ่พิเศษ | มากกว่า | 350 กรัม |

ความสูงของมะม่วงได้แบ่งตามสีเหลืองบนผิวมะม่วง มี 4 ระดับ ดังนี้

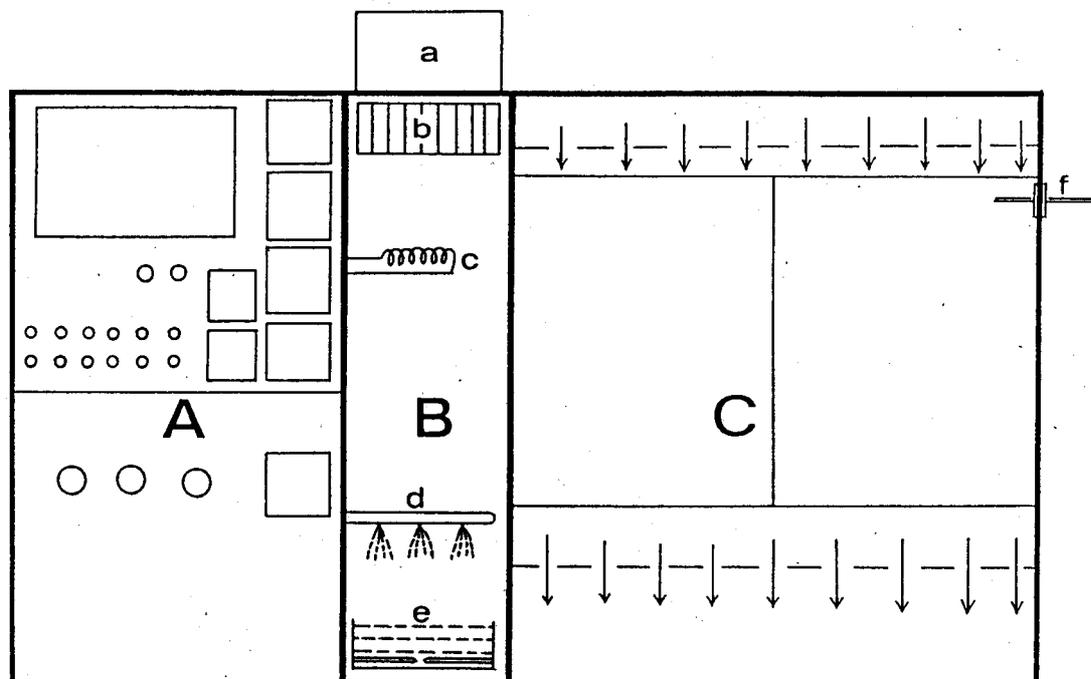
1. เขียว
2. สุก 25%
3. สุก 50%
4. สุกเต็มที่

เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ มีการจัดแยกขนาดของมะม่วงตามความต้องการของแต่ละการทดลอง เก็บมะม่วงไว้ในกล่องกระดาษขนาด 35 x 46 x 16 ซม. 30 x 40 x 22 ซม. หรือ 30 x 47 x 9 ซม. มะม่วงซึ่งจำเป็นต้องใช้ภายใน 2-3 วันข้างหน้าจะถูกเก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 25-27°C. สำหรับมะม่วงที่ยังไม่ได้ใช้เก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12-14°C. นำมะม่วงออกจากห้องเย็น 12 ชั่วโมงก่อนหน้าการทดลอง เพื่อให้อุณหภูมิของมะม่วงเพิ่มขึ้นเท่ากับระดับอุณหภูมิห้องปกติ

3. การศึกษาระบบการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ

ในการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ ใช้เครื่องอบไอน้ำ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่น EHK-1000 B สร้างโดยบริษัท Sanshu Sangyo Co., Ltd., 4-11-2 Nanei, Kagoshima City, Japan เครื่องอบไอน้ำมีขนาด 1.03 x 3.10 x 1.80 ม. ควบคุมการทำงานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้ proportional controlling system ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น จึงช่วยให้ปรับอุณหภูมิและความชื้นได้ตามที่ต้องการและถูกต้องมากกว่าเครื่องอบไอน้ำ ซึ่งใช้ระบบควบคุมตามแบบที่ใช้กันอยู่ทั่วไป สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 15-60°C. มีช่วงอุณหภูมิที่คลาดเคลื่อน (temperature's range of error) เท่ากับ ± 0.1 องศา ควบคุมความชื้นได้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 40-90% มีช่วงความชื้นที่คลาดเคลื่อน (humidity's range of error) เท่ากับ $\pm 0.1\%$ มีอุปกรณ์ thyrister สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องทำความร้อนและเครื่องทำความชื้นด้วยวิธีการ contactless

เครื่องอบไอน้ำประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญดังนี้ คือ ห้องอบไอน้ำ (chamber) ส่วนผลิตไอน้ำ (temperature and humidity unit and refrigerating unit for cooling) และแผงควบคุม (instrumental and control panel) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอบไอน้ำ A: แผงควบคุม B: ส่วนผลิตไอน้ำ C: ห้องอบไอน้ำ

a: มอเตอร์ b: พัดลม c: เครื่องทำความร้อน d: หัวฉีดพ่นน้ำ e: อ่างน้ำ f: ปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน

ห้องอบไอน้ำมีขนาด 1 ลบ.ม. (80 × 150 × 80 ซม.) บรรจุมะม่วงที่จะอบไอน้ำได้ในแต่ละครั้งมากที่สุด 150 กก. ภายในมีที่สำหรับวางภาชนะบรรจุผลไม้แบบกระเพาะพลาสติกแข็ง ซึ่งเรียงซ้อนกันได้ 3 แถว ๆ ละ 4 กระเพาะ กระเพาะพลาสติกแข็งมีขนาด 36 × 70 × 15 ซม. พื้นล่างเป็นแผ่นอลูมิเนียมเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. จำนวน 248 รู เพื่อให้ไอน้ำสามารถผ่านจากกระเพาะหนึ่งไปยังอีกกระเพาะหนึ่งได้ ห้องอบไอน้ำยังปรับให้เหมาะกับการวางภาชนะบรรจุผลไม้แบบตู้ (container) จำนวน 3 ตู้ได้ด้วย แต่ละตู้ประกอบด้วยถาดอลูมิเนียมจำนวน 4 ถาดคิงเข้าออกแบบลิ้นชัก ถาดอลูมิเนียมมีขนาด 30 × 50 × 70 ซม. พื้นล่างเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. จำนวน 384 รู ส่วนผลิตไอน้ำประกอบด้วยเครื่องทำความร้อน เครื่องทำความชื้น และเครื่องทำความเย็น สำหรับแผงควบคุมประกอบด้วยเครื่องตั้งเวลาเพื่อหยุดการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ เครื่องตั้งอุณหภูมิ เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (hybrid recorder) และอุปกรณ์สัญญาณเตือนอื่น ๆ

การใช้เครื่องอบไอน้ำระบบนี้ค่อนข้างจะสะดวก ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการบนแผงควบคุม เปิดสวิตซ์การทำงานของเครื่องสูบน้ำ พัดลม เครื่องทำความร้อน และเครื่องจับเวลา เมื่ออุณหภูมิและความชื้นภายในห้องอบไอน้ำเพิ่มถึงระดับที่กำหนดไว้ อุณหภูมิและความชื้นจะถูกปรับให้คงที่ตลอดไป โดยอาศัยวิธีการควบคุมแบบ proportional control เครื่องจับเวลาจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติทันทีที่อุณหภูมิภายในผลไม้เพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิที่กำหนด เมื่อครบระยะเวลาที่ตั้งไว้ จะมีเสียงสัญญาณดังขึ้นทันที หลังจากนั้นเครื่องทำความร้อน เครื่องสูบน้ำ เครื่องทำความเย็น และเครื่องทำความชื้นจะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ

การทดสอบความถูกต้องของแท่งวัดความร้อนเครื่องอบไอน้ำ

เครื่องอบไอน้ำมีแท่งวัดความร้อน (thermostatic sensor) อยู่ในห้องอบไอน้ำ จำนวน 8 แท่ง แต่ละแท่งมีหมายเลขกำกับ การวัดอุณหภูมิของผลไม้ขณะที่อยู่ในห้องอบไอน้ำทำได้โดยเสียบแท่งวัดความร้อนเข้าไปในผลไม้ อุณหภูมิของแท่งวัดความร้อนแต่ละแท่งจะปรากฏบนเครื่องบันทึกอุณหภูมิ ทำให้ทราบอุณหภูมิของผลไม้ที่อยู่ในห้องอบไอน้ำได้ทุกขณะในระหว่างดำเนินการทดลอง และยังสามารถบันทึกอุณหภูมิในขณะนั้นได้ทันทีด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ ก่อนเริ่มงานทดลองประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำกำจัด

แมลงวันผลไม้ ได้ทำการทดสอบความถูกต้องของแท่งวัดความร้อนทั้งหมดเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่วัดได้ ดำเนินการทดสอบด้วยวิธีการดังนี้

ใช้ R.K.J. Constant Temperature Water Bath รุ่น 10-832-A ตั้งเครื่องให้น้ำมีอุณหภูมิ 46.0°ซ. ยืนยันอุณหภูมิที่ถูกต้องของน้ำใน water bath ด้วยปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน เมื่อน้ำมีอุณหภูมิคงที่เป็นเวลานาน 30 นาทีแล้ว จุ่มแท่งวัดความร้อนหมายเลข 3-10 ของเครื่องอบไอน้ำทั้ง 2 เครื่องลงในน้ำ หลังจากนั้น 30 นาที บันทึกอุณหภูมิของแท่งวัดความร้อนแต่ละแท่ง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าของอุณหภูมิที่คลาดเคลื่อน

การทดสอบการทำงานของเครื่องอบไอน้ำทั้ง 2 เครื่อง วิธีการอบไอน้ำจะกำจัดแมลงวันผลไม้ซึ่งอยู่ในผลไม้ได้นั้น ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในของผลไม้และระยะเวลาที่แมลงต้องสัมผัสกับความร้อน ไอน้ำร้อนที่หมุนเวียนอยู่ในห้องอบไอน้ำทำให้อุณหภูมิของผลไม้เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ การทดสอบการทำงานของเครื่องอบไอน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาข้อมูลพื้นฐานเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำให้อุณหภูมิของผลไม้เพิ่มถึงระดับที่กำหนดไว้ และศึกษาลักษณะการกระจายของความร้อนภายในห้องอบไอน้ำได้วางแผนการศึกษาดังนี้

ตั้งเครื่องอบไอน้ำให้อากาศภายในห้องอบไอน้ำมีอุณหภูมิที่ 47.0°ซ. อุณหภูมิเป้าหมายภายในผลมะม่วง คือ 46.0°ซ. ใช้มะม่วงขนาดเล็กและขนาดใหญ่เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลให้ถึงระดับที่กำหนด เสิบแท่งวัดความร้อนเข้าไปในผลมะม่วงที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับใต้เปลือกจนถึงบริเวณที่ติดกับเมล็ด เพื่อศึกษาถึงการเคลื่อนของความร้อนผ่านเนื้อมะม่วง นำผลมะม่วงซึ่งเสียบแท่งวัดความร้อนวางไว้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อศึกษาความสม่ำเสมอในการกระจายของไอน้ำภายในห้องอบไอน้ำ เครื่องอบไอน้ำเครื่องที่ 1 ใช้กระเพาะพลาสติกแข็งบรรจุมะม่วง 99 กก. เครื่องอบไอน้ำเครื่องที่ 2 ภายในห้องอบไอน้ำมีเฉพาะมะม่วงที่เสียบแท่งวัดความร้อนเท่านั้น

4. การศึกษาเบื้องต้นกำจัดแมลงวันผลไม้

การศึกษาเบื้องต้นกำจัดแมลงวันผลไม้ นั้น ได้ดำเนินการทดลองกำจัดแมลงวันผลไม้กับแมลงจำนวนน้อย โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ศึกษาเปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่างแมลงวันทองและแมลงวันแดง แมลงวันผลไม้ ชนิดใดและระยะไหนของการเจริญเติบโตมีความต้านทานต่อ

ความร้อนมากที่สุด ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงวันผลไม้ ระยะเวลาเจริญเติบโตซึ่งต้านทานต่อความร้อนมากที่สุดให้ตายหมดได้ ผลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นจะถูกนำไปศึกษาต่อ โดยทดลองกับแมลงวันผลไม้จำนวนมากเพื่อยืนยันถึงประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ การศึกษาเบื้องต้นกำจัดแมลงวันผลไม้ ได้ดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้คือ การทดลองจุ่มแมลงในน้ำร้อน (hot water dipping test) และการทดลองอบไอน้ำกับแมลงวันน้อย (small-scale disinfestation test)

การทดลองจุ่มแมลงในน้ำร้อน

นำไข่ หนอนระยะที่ 1 หนอนระยะที่ 2 หรือหนอนระยะที่ 3 ของแมลงวันทองและแมลงวันแดงใส่ในหลอดแก้วซึ่งปลายด้านหนึ่งปิดด้วยผ้ามีสลิขนาด 150 mesh เพื่อป้องกันไม่ให้ไข่หรือหนอนเล็ดลอดหลุดออกไปจากหลอดแก้วได้ในระหว่างที่ทำการทดลอง หลอดแก้วมีขนาด 2.5 x 25 ซม. การทดลองนี้ใช้ R.K.J. Constant Temperature Water Bath รุ่น 10 832-A ตั้งอุณหภูมิที่ 45.0°ซ. ยืนยันอุณหภูมิที่แท้จริงของน้ำใน water bath ด้วยปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน เมื่ออุณหภูมิของน้ำคงที่แล้ว ยก test tube rack ซึ่งมีหลอดแก้วบรรจุแมลงวันระยะการเจริญเติบโตที่จะทดลองของแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 ชนิดจุ่มลงใน water bath ใช้ pipet ดูดน้ำใน water bath ฟันลงไปหลอดแก้วเพื่อทำให้ไข่หรือหนอนที่ลอยอยู่เหนือน้ำจมลงไปในน้ำ ดูดแมลงที่ยังหลงเหลือลอยอยู่เหนือน้ำทิ้งทั้งหมดด้วย pipet เขย่าหลอดแก้ว 2-3 ครั้ง เพื่อให้ไข่หรือหนอนทั้งหมดอยู่ภายใต้สภาวะเดียวกัน ระยะเวลาที่แมลงอยู่ในน้ำ คือ 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28 และ 31 นาที

เมื่อครบกำหนดเวลายกหลอดแก้วนั้น ๆ ออกจาก water bath ทันที แล้วนำแมลงใส่ไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 5 x 10 x 5 ซม. ซึ่งใส่น้ำและน้ำแข็งไว้ น้ำในกล่องพลาสติกมีอุณหภูมิ 14°ซ. จะทำให้ไข่และหนอนเย็นลงโดยทันที สำหรับไข่และหนอนซึ่งใช้เป็นตัวแทนเปรียบเทียบ (control) ได้รับการปฏิบัติเช่นเดียวกันกับไข่และหนอนที่นำไปจุ่มใน water bath เว้นแต่นำไปจุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 25°ซ. แทน

หลังจากที่แมลงอยู่ในน้ำเย็นที่ 14°ซ. เป็นเวลาประมาณ 10 นาทีแล้ว ใช้ฟุ้งกันย้ายไข่ 100 ฟอง หรือหนอน 100 ตัว ไปวางไว้บนกระดาษกรองชุบน้ำ เก็บไว้ใน petri dish ขนาด 10 x 2 ซม. เฉพาะหนอนระยะที่ 2 และหนอนระยะที่ 3 นั้นมีมะม่วงสุกชิ้นเล็ก ๆ 2-3 ชิ้น วางอยู่ใน petri dish เพื่อป้องกัน

ไม่ให้หนอนกัดกินกันเองจนตาย วางกระดาษกรองอีกแผ่นไว้บน petri dish แล้วปิดทับด้วยแผ่น parafilm ใช้เทปพันสายไฟพันรอบขอบ petri dish ยึดแผ่น parafilm ให้ติดแน่นสนิทกับขอบของ petri dish ป้องกันไม่ให้หนอนหนีเล็ดลอดออกมาได้ กระดาษกรองซึ่งอยู่ใต้แผ่น parafilm ช่วยดูดซับความชื้นภายใน petri dish ป้องกันไม่ให้หนอนตายจากการจมน้ำ ซึ่งเกิดจากความชื้นภายใน petri dish ก่อตัวเป็นหยดน้ำ ปิด petri dish ด้วยฝาครอบ petri dish อีกชั้น แล้วนำ petri dish แต่ละอันใส่ไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 11.5 x 16 x 8 ซม., 17 x 23 x 8 ซม. หรือ 14 x 19 x 45 ซม. เก็บทั้งหมดไว้ในห้องเลี้ยงแมลง

ตรวจไข่และหนอนหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 48 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ด้วยกล้อง stereo microscope ไข่ฟักออกเป็นตัวหนอนถือว่าเป็นไข่ที่มีชีวิต หนอนถือว่ามีชีวิตถ้าเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วเมื่อเขี่ยด้วยฟู่กัน แต่ถ้าเคลื่อนไหวอย่างเชื่องช้า ถือว่าจวนตาย (moribund) นำหนอนที่จวนตายไปวางไว้บนชั้นมะม่วงสุก สังเกตดูอาการอีกครั้งหลังจากนั้น 24 ชั่วโมงว่าสามารถที่จะฟื้นเป็นปกติได้หรือไม่ บันทึกจำนวนแมลงที่มีชีวิตและตายทั้งหมดที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของแมลงวันผลไม้แต่ละระยะการเจริญเติบโต นำตัวเลขไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อคำนวณหาค่า probit

การเตรียมแมลงวันผลไม้สำหรับการทดลองจุ่มแมลงในน้ำร้อน

ระยะไข่ ในการทดลองใช้ไข่แมลงวันทองและแมลงวันแดงอายุ 24 และ 20 ชั่วโมง ตามลำดับ เก็บไข่ของแมลงวันผลไม้ตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้นี้ รวบรวมไข่ที่ได้วางบนผ้าชุบน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติก ขนาด 12 x 18 x 4.5 ซม. แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลง เมื่อถึงกำหนดที่จะต้องย้ายไข่ใส่น้ำกลั่น เก็บไว้ใน beaker ขนาด 200 มล. แยกไข่ที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ซึ่งลอยอยู่เหนือน้ำทิ้งทั้งหมด ดูดไข่เก็บไว้ใน pipet ขนาด 1 มล. แล้วย้ายไข่ไปใส่ในหลอดแก้วแต่ละหลอดจำนวน 2 หยด

หนอนระยะที่ 1 ก่อนการทดลอง 40 และ 26 ชั่วโมง เก็บไข่ของแมลงวันทองและแมลงวันแดง ตามลำดับ รวบรวมไข่ที่ได้วางไว้บนผ้าชุบน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกขนาด 12 x 18 x 4.5 ซม. แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลง เมื่อไข่ฟักออกเป็นตัวหนอนระยะที่ 1 ใช้ตะแกรงขนาด 80 mesh ร่อนแยกหนอนระยะที่ 1 ออกจากเปลือกไข่ ย้ายหนอนระยะที่ 1

ใส่ในน้ำกลั่น เก็บไว้ใน beaker ขนาด 200 มล. ใช้ pipet ขนาด 1 มล. ดูดหนองระยะที่ 1 แล้วนำไปใส่ในหลอดแก้ว แต่ละหลอดจำนวน 2 หลอด

หนองระยะที่ 2 เก็บไข่ของแมลงวันทองและแมลงวันแดง 3 วันก่อนการทดลอง นำไข่ที่ได้เพาะเลี้ยงบนอาหารเทียมซึ่งบรรจุอยู่ใน petri dish ขนาด 10×2 ซม. แล้วเก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลง ใช้ปากคีบ (forcep) คัดเลือกหนองระยะที่ 2 จากอาหารเทียม โดยอาศัยการสังเกตจากขนาดของลำตัวและขนาดของ mouth hook นับหนองจำนวน 100 ตัว ใส่ไว้ในน้ำเก็บไว้ใน petri dish แต่ละอัน จากนั้นจึงย้ายหนองในแต่ละ petri dish ใส่ในหลอดแก้ว

หนองระยะที่ 3 หนองระยะที่ 3 ของแมลงวันทองและแมลงวันแดงได้จากการเก็บไข่ 6 และ 5 วัน ตามลำดับ ก่อนการทดลอง เพาะไข่ของแมลงวันแดงบนอาหารเทียมในวันเดียวกันกับที่เก็บไข่ สำหรับแมลงวันทองนั้น นำไข่วางไว้บนผ้าชุบน้ำ เก็บไว้ในกล่องพลาสติก แล้วนำไปไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นเวลา 1 วัน ในวันรุ่งขึ้นจึงนำไข่มาเพาะอาหารเทียม ใช้ปากคีบ คัดเลือกหนองระยะที่ 3 จากอาหารเทียม นับหนองจำนวน 100 ตัวใส่ไว้ในน้ำเก็บไว้ใน petri dish แต่ละอัน จากนั้นจึงย้ายหนองในแต่ละ petri dish ใส่ในหลอดแก้ว

การทดลองอบไอน้ำกับแมลงวันทองจำนวนน้อย

ดำเนินการทดลองอบไอน้ำกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแดง ระยะไข่ หนองระยะที่ 1 หนองระยะที่ 2 และหนองระยะที่ 3 ในสภาพที่แมลงอยู่ภายในผลมะม่วง โดยทำให้อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงบริเวณที่เนื้อมะม่วงติดกับเมล็ด (innermost fruit pulp) เพิ่มขึ้นจนถึงระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานของแมลงวันผลไม้แต่ละระยะการเจริญเติบโตต่อความร้อนที่ระดับต่าง ๆ ในการทดลองนี้ ใช้การวัดอุณหภูมิภายในสุดของผลจากมะม่วง 3 ผลซึ่งเสียบแท่งวัดความร้อนวางไว้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องอบไอน้ำ อุณหภูมิของมะม่วงถึงระดับที่กำหนดก็ต่อเมื่อแท่งวัดความร้อนมีอุณหภูมิถึงระดับที่กำหนดหมดทั้ง 3 แท่ง การทดลองอบไอน้ำกับแมลงวันทองจำนวนน้อย แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลองที่ 1 ใช้มะม่วงขนาดเล็กสุกเต็มที่ ทดลองอบไอน้ำกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแดง ระยะไข่ หนองระยะที่ 1 หนองระยะที่ 2 และหนองระยะที่ 3 โดยใส่แมลงวันทองระยะการเจริญเติบโตที่ต้องการเข้าไปในผลมะม่วง ใช้มะม่วง

3 ผล แต่ละผลมีแมลงวันทองจำนวน 100 ตัว สำหรับแต่ละอุณหภูมิที่ทดลองกำจัดแมลง (treatment temperature) ตั้งเครื่องอบไอน้ำให้อากาศภายในห้องอบไอน้ำมีอุณหภูมิที่ 47.0°C . ความชื้นสัมพัทธ์ 100% การทดลองที่ 1 ได้ทำการทดลองอบไอน้ำ 2 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 กำหนดให้อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงอยู่ที่ระดับ 37, 41, 44, 45 และ 46°C . การทดลองครั้งที่ 2 กำหนดให้อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงอยู่ที่ระดับ 41, 44, 45°C . และ 46°C . แล้วปล่อยให้อยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีก 10 นาที (46°C . + 10 นาที)

การทดลองที่ 2 ใช้มะม่วงขนาดใหญ่ สุกเต็มที่ ทดลองอบไอน้ำกำจัดแมลงวันทอง หนองระยะที่ 1 และหนองระยะที่ 3 การทดลองที่ 2 ได้ดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 แต่ละอุณหภูมิที่ทดลองกำจัดใช้มะม่วง 3 ผล แต่ละผลมีหนองจำนวน 100 ตัว กำหนดให้อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงอยู่ที่ระดับ 45.5, 46.0, 46.5°C ., 46.5°C . แล้วปล่อยให้คงอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีก 10 นาที (46.5°C . + 10), และ 46.5°C . แล้วปล่อยให้คงอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีก 20 นาที (46.5°C . + 20 นาที) การทดลองครั้งที่ 2 ใช้มะม่วงจำนวน 6 ผล สำหรับแต่ละอุณหภูมิที่ทดลองกำจัด มะม่วงแต่ละผลมีหนอง 100 ตัว ภายในห้องอบไอน้ำมีมะม่วงบรรจุอยู่ประมาณ 150 กก./ลบ.ม. กำหนดอบมะม่วงให้อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิ 46.5°C ., 46.5°C . แล้วปล่อยให้คงอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีก 10 นาที (46.5°C . + 10 นาที) และ 46.5°C . แล้วปล่อยให้คงอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีก 15 นาที (46.5°C . + 15 นาที) ในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง ตั้งเครื่องอบไอน้ำให้อากาศภายในเครื่องอบไอน้ำมีอุณหภูมิที่ 47.5°C . และความชื้นสัมพัทธ์ 100%

ก่อนเริ่มการทดลองอบไอน้ำ เตรียมมะม่วงวางในถาดบรรจุผลไม้แบบถาดกลมใญ่เยียม ใส่ถาดบรรจุมะม่วงเข้าไว้ในตู้เก็บผลไม้ มะม่วงซึ่งต้องได้รับอุณหภูมิเท่ากันจัดรวมอยู่ในถาดเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการนำมะม่วงออกจากห้องอบไอน้ำเมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนด สำหรับมะม่วงที่เก็บไว้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) ได้รับการปฏิบัติเช่นเดียวกันกับมะม่วงที่จะต้องผ่านการอบไอน้ำ เพียงแต่ไม่ได้นำเข้าเครื่องอบไอน้ำ

เมื่ออุณหภูมิจากมะม่วง 3 ผลซึ่งเสียบแท่งวัดความร้อนเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ใน การทดลอง เปิดฝาท้องอบไอน้ำ ดึงถาดบรรจุมะม่วงที่อุณหภูมินั้น ๆ ออกจากห้องอบไอน้ำ เสร็จแล้วปิดฝาท้องอบไอน้ำทันที เครื่องอบไอน้ำ

ยังทำงานต่อไปตามปกติจนเสร็จสิ้นการทดลอง นำมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำไปทำให้อุณหภูมิลดลงในห้องอบไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำอีกเครื่องหนึ่ง ซึ่งเปิดสวิตช์การทำงานเฉพาะพัดลมเท่านั้น

เก็บมะม่วงที่ทดลองไว้ในกล่องพลาสติกขนาด $18 \times 24 \times 9$ ซม. แต่ละกล่องบรรจุมะม่วงได้จำนวน 3 ผล ใส่ซีลเดี่ยวไว้ภายในกล่องสำหรับเป็นที่เข้าดักแด้ของหนอนที่รอดชีวิต ปิดกล่องให้สนิท ฝากล่องเจาะช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าติดด้วยผ้ามัสลินละเอียดเพื่อการถ่ายเทอากาศ และป้องกันการเข้ามาวางไข่ของแมลงวันผลไม้หลังจากการทดลอง เก็บมะม่วงทั้งหมดไว้ในห้องที่อุณหภูมิ $25-27^{\circ}\text{C}$. จนกระทั่งถึงวันตรวจผลการทดลอง

ผ่ามะม่วงตรวจนับหนอนที่มีชีวิตในมะม่วงหลังจากการทดลองอบไอน้ำ 6 วัน ถ้าหนอนเคลื่อนไหวเมื่อเขี่ยด้วยปากคีบ แสดงว่าหนอนมีชีวิต แยกดักแด้ออกจากซีลเดี่ยว ดักแด้ทั้งหมดถือว่ามาจากหนอนที่มีชีวิต บันทึกจำนวนหนอนที่มีชีวิตและดักแด้เพื่อนำไปวิเคราะห์คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดของแมลงระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ที่แต่ละระดับอุณหภูมิ

การเตรียมมะม่วงมีแมลงวันผลไม้ภายในสำหรับการทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวนน้อย

ใช้วิธีการใส่ (inoculation) แมลงระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ที่ต้องการเข้าไปในผลมะม่วงโดยตรง เตรียมแมลงวันทองและแมลงวันแดงแต่ละระยะการเจริญเติบโตด้วยวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วในการทดลองจุ่มแมลงในน้ำร้อน วิธีการใส่แมลงวันผลไม้ ระยะไข่ และหนอนระยะต่าง ๆ เข้าไปในผลมะม่วงดำเนินการดังนี้

วิธีการใส่แมลงวันผลไม้ระยะไข่เข้าไปในผลมะม่วง ใช้มีดปลายแหลมเจาะเข้าไปในเนื้อมะม่วงลึกประมาณ 2 มิลลิเมตร กรีดเป็นรอยแผลสี่เหลี่ยม 3 ด้าน ขนาด 2×3 ซม. เจาะรูขนาด 2 มม. ตรงกลางรอยแผลสี่เหลี่ยม จำนวน 1 รู นับไข่จำนวน 100 ฟอง ใส่ไว้ในน้ำกลั่นเก็บไว้ใน petri dish แต่ละอัน แยกไข่ออกจากน้ำด้วยผ้ามัสลินขนาด 150 mesh ลอกเปลือกมะม่วงให้แยกออกจากเนื้อตรงบริเวณรอยแผล แล้วใช้ฟูกันน้ำไขที่ค้างอยู่บนผ้ามัสลินใส่ลงบนเนื้อมะม่วง

วิธีการใส่แมลงวันผลไม้ระยะหนอนเข้าไปในผลมะม่วง ทำรอยแผลบนผลมะม่วงเหมือนกับในวิธีการใส่แมลงวันผลไม้ระยะไข่เข้าไปในผลมะม่วง จำนวน 1 แผล เพื่อใส่หนอนระยะที่ 1 และหนอนระยะที่ 2 สำหรับหนอนระยะที่ 3 นั้น ทำรอยแผลสี่เหลี่ยม จำนวน 3 แผลบนด้านใดด้านหนึ่งของผล

มะม่วง ลอกเปลือกมะม่วงให้แยกออกจากเนื้อตรงบริเวณรอยแผล แล้วใช้มีดผ่าตัด (scapel) กรีดเนื้อมะม่วงให้เป็นรอยเพื่อช่วยให้หนอนชอนไชเข้าไปในผลมะม่วงได้ง่ายขึ้น การใส่หนอนเข้าไปในผลมะม่วงทำวิธีการเดียวกับการใส่แมลงระยะไข่เข้าไปในผลมะม่วง เสร็จแล้วปล่อยให้วางไข่ประมาณ 2-3 ชั่วโมงให้หนอนได้ชอนไชลึกเข้าไปภายในผลมะม่วงก่อนแล้วจึงนำมะม่วงเข้าเครื่องอบไอน้ำ

5. การศึกษาขั้นสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้

จากการศึกษาเบื้องต้นกำจัดแมลงวันผลไม้พบว่าแมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 เป็นระยะการเจริญเติบโตที่มีความต้านทานต่อความร้อนมากที่สุด และเมื่อทำให้อุณหภูมิกายในสุดของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นจนถึง 46.5°C . แล้วปล่อยให้คงอยู่ที่อุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลา 10 นาที ไม่พบว่ามีหนอนระยะที่ 1 ของแมลงวันทองรอดชีวิตแม้แต่ตัวเดียว การศึกษาขั้นสุดท้าย กำจัดแมลงวันผลไม้ (large-scale disinfestation test) มีวัตถุประสงค์ที่จะนำผลจากการศึกษาเบื้องต้น ซึ่งทดลองกับแมลงจำนวนน้อย มาทำการทดลองกับแมลงจำนวนมากก่อนที่จะได้นำไปปฏิบัติเป็นวิธีการกำจัดทางดักกันพืช (quarantine treatment) สำหรับมะม่วง เพื่อให้มีความเชื่อมั่นได้อย่างสูงว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ของมะม่วงได้ผลถึงระดับที่จะไม่มีแมลงรอดชีวิตไปก่อให้เกิดการแพร่ระบาดในประเทศปลายทาง

การศึกษาระดับขั้นสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้ดำเนินการทดลองอบไอน้ำ กำจัดแมลงวันผลไม้เฉพาะหนอนระยะที่ 1 ของแมลงวันทองเท่านั้น ทำการทดลอง 4 ซ้ำ โดยตั้งมาตรฐานไว้ว่าจะต้องสามารถกำจัดหนอนระยะที่ 1 ของแมลงวันทองอย่างน้อยที่สุดในจำนวน 30,000 ตัว และต้องไม่มีแมลงรอดชีวิตแม้แต่ตัวเดียว เมื่อผ่านวิธีการอบไอน้ำในสภาพที่กำหนดดังนี้ คือ

อุณหภูมิของอากาศภายในห้องอบไอน้ำ 47.5°C .

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบไอน้ำ 100%

อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วง 46.5°C .

ระยะเวลาอบมะม่วงหลังจากที่อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงถึง 46.5°C . 10 นาที

การทดลองนี้ใช้มะม่วงขนาดใหญ่ สุกเต็มที่ อบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองระยะที่ 1 ในสภาพที่มีแมลงอยู่ภายในผลมะม่วง เตรียมมะม่วงทดลองด้วย 2 วิธีการ คือ วิธีการที่ 1 ใส่หนอนแมลงวันทองระยะที่ 1 เข้าไปในผลมะม่วง (artificial inoculation) และวิธีการที่ 2 ให้แมลงวันทองวางไข่บนผล

มะม่วง (forced infestation) ในการทดลองแต่ละซ้ำ ใช้มะม่วง ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการที่ 1 และวิธีการที่ 2 จำนวน 50 และ 120 ผล ตามลำดับ สุ่มเลือกมะม่วงจำนวน 10 ผล และ 40 ผล จาก มะม่วงทดลองซึ่งเตรียมด้วยวิธีการที่ 1 และวิธีการที่ 2 ตาม ลำดับ แยกเก็บไว้เป็นส่วนที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ (control) จำนวนหนอนที่ตรวจพบในมะม่วงซึ่งไม่ผ่านการอบไอน้ำ ใช้ ในการคำนวณหาจำนวนหนอนแมลงวันทองระยะที่ 1 ทั้งหมด ที่ผ่านการอบไอน้ำ

จัดเตรียมมะม่วงทดลองทั้งหมดวางไว้ในถาดบรรจุผลไม้ แบบกระเบื้องพลาสติกแข็งที่วางซ้อนกันได้ ใส่มะม่วงซึ่งไม่ได้ใช้ ในการทดลองเพิ่มเติมลงไปในระยะให้เต็มทั้ง 12 กระเบื้อง เพื่อให้ได้น้ำหนักของมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำสูงสุด 150 กก./ ลบ.ม. การวัดอุณหภูมิของมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำดำเนินการ เช่นเดียวกับการทดลองในการทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวน น้อย เมื่อการอบไอน้ำสิ้นสุดลง เปิดฝาห้องอบไอน้ำ ปิดการ ทำงานของเครื่องทุกระบบ ยกเว้นพัดลมยังทำงานต่อไปอีก ประมาณ 30 นาที เพื่อช่วยระบายอากาศภายในห้องอบไอน้ำ ทำให้อุณหภูมิของมะม่วงลดลงจนถึงระดับปกติ เก็บมะม่วงไว้ใน กระเบื้องพลาสติกขนาด 60 x 90 x 20 ซม. หรือ 43 x 74 x 23 ซม. ใส่ซีลเยื่อไว้ในกระเบื้องเป็นที่เข้าดักแด้สำหรับหนอนที่อาจจะ รอดชีวิตจากการอบไอน้ำ ปิดกระเบื้องเก็บมะม่วงอย่างมิดชิด ด้วยผ้ามีสลิ 150 mesh เพื่อให้มีการระบายอากาศได้ และ ป้องกันไม่ให้แมลงวันผลไม้จากภายนอกเล็ดลอดเข้าไปวางไข่ บนมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำกำจัดแมลงแล้ว สภาพการเก็บ มะม่วงหลังการทดลอง และการตรวจผลการทดลองเหมือนกับ การทดลองในการทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวนน้อย

การเตรียมมะม่วงมีแมลงอยู่ในผลสำหรับการศึกษา ขั้นสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้

วิธีการใส่หนอนแมลงวันทองระยะที่ 1 เข้าไปในเนื้อ มะม่วง และวิธีให้แมลงวันทองวางไข่บนผลมะม่วง ดำเนินการ ดังนี้

วิธีการใส่หนอนแมลงวันทองระยะที่ 1 เข้าไปในเนื้อ มะม่วง เตรียมหนอนแมลงวันทองระยะที่ 1 ได้ด้วยวิธีการที่ กล่าวมาแล้วในการเตรียมแมลงสำหรับทดลองจุ่มในน้ำร้อน ในวันที่จะทำการทดลองอบไอน้ำ รวบรวมหนอนแมลงวันทอง ระยะที่ 1 นำไปใส่ไว้ในน้ำกลั่น เก็บไว้ใน beaker ใช้ pipet ขนาด 10 มล. ตวงไข่จำนวน 1 ลบ.ซม. ย้ายไปใส่ไว้ใน beaker ขนาด 1,000 มล. เติมน้ำกลั่น 1,000 มล. ลงไปใน beaker แล้ว

นำไปตั้งบน magnetic stirrer กวนน้ำด้วยความเร็วปานกลาง ในขณะที่หนอนกระจายไปทั่ว beaker ใช้ pipet ขนาด 10 มล. ดูดน้ำใน beaker จำนวน 9 มล. ทุก ๆ 9 มล. พบว่ามีหนอน ปนอยู่ประมาณ 120 ตัว จากนั้นย้ายหนอนไปใส่ในผลมะม่วง ด้วยวิธีการเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้ว ในการเตรียมมะม่วง สำหรับการทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวนน้อย วิธีการที่ กล่าวมานี้จะช่วยให้สามารถใส่หนอนแมลงวันทองระยะที่ 1 จำนวนเท่า ๆ กัน เข้าไปในมะม่วงแต่ละผลได้อย่างรวดเร็ว

วิธีให้แมลงวันทองวางไข่บนผลมะม่วง เตรียมแมลงวันทอง ที่สามารถจะวางไข่ได้แล้ว จำนวน 10 กรง (35 x 50 x 30 ซม.) แต่ละกรงมีแมลงประมาณ 2,000 ตัว 40 ชั่วโมงก่อนการทดลอง อบไอน้ำ เตรียมมะม่วงสำหรับให้แมลงวางไข่ โดยเจาะรูบน ผลมะม่วงด้านใดด้านหนึ่ง จำนวน 15 รู ลึก 15 มม. ด้วยเข็ม บักแมลงเบอร์ 5 กลิ่นของมะม่วงที่ออกมาจากรูจะช่วยกระตุ้น ให้แมลงมาวางไข่เร็วขึ้น ใส่มะม่วงจำนวน 11 ผลเข้าไปใน กรงเลี้ยงแมลงแต่ละกรง ปล่อยให้แมลงวางไข่เป็นระยะเวลา ประมาณ 20-25 นาที เสร็จแล้วนำมะม่วงออกจากกรงใส่ใน กระเบื้องพลาสติก เก็บไว้ในห้องที่อุณหภูมิ 25-27°ซ.

ในการศึกษาขั้นสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้ นั้น ก่อนเริ่ม อบมะม่วงในการทดลองแต่ละซ้ำ ได้ตรวจสอบว่าแมลงวันทอง ที่ผ่านการอบไอน้ำ เป็นหนอนระยะที่ 1 เพียงระยะเดียวเท่านั้น ด้วยวิธีการดังนี้ สุ่มไข่ที่รวบรวมได้ จำนวน 400 ฟอง วางบน กระดาษกรองสีดำชุบน้ำ เก็บไว้ใน petri dish แต่ละ petri dish มีไข่จำนวน 100 ฟอง ตรวจการฟักของไข่ออกเป็น ตัวหนอน หลังจากนั้น 40 และ 60 ชั่วโมง ในขณะเดียวกันนำไข่ ที่ได้อีกส่วนหนึ่งไปเพาะเลี้ยงไว้บนเนื้อมะม่วงสุก หลังจากนั้น 40 ชั่วโมง สุ่มหนอนจำนวน 200 ตัวจากเนื้อมะม่วงนำมาตรวจดู ระยะการเจริญเติบโต เก็บไข่ที่อยู่ใน petri dish และที่อยู่บน เนื้อมะม่วงไว้ในห้องที่อุณหภูมิ 25-27°ซ.

6. การศึกษาคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ

การศึกษาคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาลักษณะอาการความเสียหายต่าง ๆ ที่อาจ จะเกิดขึ้นกับมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ ได้ดำเนินการทดลอง อบไอน้ำมะม่วงไปพร้อมกับการทดลองในการศึกษาขั้นสุดท้าย กำจัดแมลงวันผลไม้ หลังจากสิ้นสุดการอบไอน้ำแล้ว นำมะม่วง ไปเก็บไว้ในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงไปประเทศญี่ปุ่นทาง เครื่องบินและทางเรือ ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

การศึกษาคุณภาพของมะม่วงในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงทางเครื่องบิน

ได้ดำเนินการทดลอง 2 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้มะม่วงขนาดใหญ่จำนวน 40 ผล มะม่วงสุกประมาณ 25% ซึ่งเป็นระดับความสุกที่ได้รับการพิจารณาแล้วว่าเหมาะสมในการส่งมะม่วงไปทางเครื่องบิน เก็บเกี่ยวมะม่วง 3 วันก่อนการทดลอง แล้วนำไปไว้ในห้องที่อุณหภูมิ 25-27°ซ. แบ่งมะม่วงออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 ผล กลุ่มที่ 1 ตรวจสอบผลการทดลอง 5 วันหลังจากการทดลอง ในขณะที่กลุ่มที่ 2 ตรวจสอบผลการทดลอง 7 วันหลังจากการทดลอง สุ่มเลือกมะม่วงในแต่ละกลุ่ม จำนวน 10 ผล เก็บไว้เป็นตัวอย่าง ซึ่งจะไม่นำเข้าเครื่องบิน เขียนหมายเลขกำกับมะม่วงแต่ละผล แล้วนำไปซึ่ง บันทึกน้ำหนักที่ซึ่งได้บนผลมะม่วงแต่ละผล การทดลองซ้ำที่ 1 และซ้ำที่ 2 ได้ทำการอบไอน้ำมะม่วงไปพร้อมกับการทดลองซ้ำที่ 1 และซ้ำที่ 2 ตามลำดับ ในการศึกษาขั้นสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้

หลังจากการอบไอน้ำ ห่อมะม่วงแต่ละผลด้วยกระดาษและเก็บไว้ในกล่องกระดาษขนาด 35 x 46 x 16 ซม. รอบ ๆ กล่องมีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. จำนวน 12 รู ปิดรูรอบกล่องด้วยผ้ามีสลิขนาด 150 mesh นำมะม่วงทั้งหมดเก็บไว้ในห้องที่อุณหภูมิ 25-27°ซ. เป็นเวลานาน 1 วัน หลังจากนั้นย้ายไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (incubator chamber) อุณหภูมิ 21°ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ 75-80%

การศึกษาคุณภาพของมะม่วงในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงทางเรือ

เนื่องจากการส่งมะม่วงไปประเทศญี่ปุ่นโดยทางเรือนั้น ต้องใช้เวลานานกว่าการขนส่งโดยทางเครื่องบิน จึงคาดว่าระยะของมะม่วงที่เหมาะสมที่สุดในการส่งออกทางเรือ ควรจะเป็นมะม่วงแก่จัด แต่ยังไม่สุก ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงใช้มะม่วงขนาดใหญ่ แก่จัดแต่ยังไม่สุก จำนวนมะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนวิธีการปฏิบัติกับมะม่วง เหมือนกับการทดลองในการศึกษาคุณภาพของมะม่วงในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงทางเครื่องบิน เก็บเกี่ยวมะม่วงก่อนการทดลอง 1 วัน แล้วนำไปเก็บไว้ในห้องที่อุณหภูมิ 25-27°ซ. การทดลองนี้ได้ดำเนินการเพียงครั้งเดียวโดยอบไอน้ำมะม่วงไปพร้อมกับการทดลองซ้ำที่ 1 ในการศึกษาขั้นสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้ เก็บมะม่วงที่ทดลองทั้งหมดไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12-14°ซ. กลุ่มที่ 1 ตรวจสอบผลการทดลอง 12 วันหลังจากการทดลอง ในขณะที่กลุ่มที่ 2 ตรวจสอบผลการทดลอง 14 วันหลังจากการทดลอง

การตรวจสอบผลการทดลอง

การตรวจสอบคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและไม่ผ่านการอบไอน้ำ ใช้หลักการพิจารณาและการดำเนินการในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. *น้ำหนักของผลมะม่วง* ซึ่งมะม่วงก่อนการทดลองในวันที่ตรวจสอบผลการทดลองซึ่งมะม่วงอีกครั้งหนึ่ง เพื่อนำข้อมูลไปคำนวณหาน้ำหนักที่สูญเสียไป

2. *โรค anthracnose และโรคอื่น ๆ* ตรวจสอบความรุนแรงของการเกิดโรค anthracnose ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. และโรค stem end rot ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Diplodia natalensis* P. Evans บันทึกจำนวนมะม่วงเฉพาะที่แสดงอาการของโรคอย่างรุนแรง

3. *ลักษณะภายนอก* บันทึกจำนวนผลมะม่วงที่มีลักษณะภายนอกผิดปกติไปจากปกติ เช่น ผลเหี่ยว สีมืดผิดปกติ

4. *สีของเนื้อมะม่วง* ฝ่ามะม่วงออกเป็น 2 ส่วน เพื่อสังเกตสีของเนื้อมะม่วง บันทึกจำนวนมะม่วงที่มีสีของเนื้อมะม่วงผิดปกติไปจากปกติ

5. *รสชาติ* การชิมเป็นวิธีการหนึ่งที่ผู้บริโภคสามารถจะบอกได้ว่ามะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำผิดปกติหรือไม่ ได้ดำเนินการทดลองชิมมะม่วงโดยผู้ที่คุ้นเคยกับรสชาติของมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวัน เพื่อที่จะเปรียบเทียบหาข้อแตกต่างระหว่างมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและที่ไม่ได้ผ่านการอบไอน้ำ ในการทดลองชิมแต่ละครั้ง ผู้ชิมจะได้รับมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและมะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ หลังจากชิมแล้วจะบันทึกจำนวนมะม่วงที่รสชาติ หรือกลิ่น ผิดไปจากปกติ

6. *ปริมาณน้ำตาล (Brix values)* คั้นน้ำจากเนื้อมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลและความเป็นกรด ปริมาณน้ำตาลในรูปปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids) มีหน่วยเป็นค่า องศา บริกซ์ (° Brix) การวัดปริมาณน้ำตาลของมะม่วงใช้เครื่อง Brix-meter (Digital Refractometer) รุ่น DBX-30

7. *ความเป็นกรด (Acidity)* เติมน้ำ 25 มล. ลงไปผสมกับน้ำคั้นมะม่วง 5 มล. จากนั้นนำไป titrate กับสารละลาย 0.1 N NaOH มาตรฐาน และ 1% phenolphthalein ใน ethyl alcohol

การบันทึกข้อมูล หัวข้อที่ 1-5 บันทึกข้อมูลจากมะม่วงจำนวน 10 ผล ในขณะที่หัวข้อที่ 6 และ 7 บันทึกข้อมูลจากมะม่วงจำนวน 5 ผล นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาระบบการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ

การทดสอบความถูกต้องของแท่งวัดความร้อนเครื่องอบไอน้ำ

ในการทดลองนี้ ได้ตั้งเครื่อง water bath ให้น้ำมีอุณหภูมิ 46.0°ซ. เมื่อวัดอุณหภูมิของน้ำด้วยปรอทวัดความร้อนมาตรฐานปรากฏว่าอุณหภูมิที่แท้จริงของน้ำใน water bath คือ 46.1°ซ. อุณหภูมิที่อ่านได้สำหรับแท่งวัดความร้อน หมายเลข 3-10 ของเครื่องอบไอน้ำ เครื่องที่ 1 คือ 45.6, 45.6, 45.6, 45.6, 45.6, 45.6 และ 45.7°ซ. ตามลำดับ สำหรับเครื่องอบไอน้ำ เครื่องที่ 2 อุณหภูมิของแท่งวัดความร้อน หมายเลข 3-10 คือ 45.6, 45.6, 45.6, 45.7, 45.7, 45.7, 45.6 และ 45.7°ซ. ตามลำดับ

การทดสอบการทำงานของเครื่องอบไอน้ำทั้ง 2 เครื่อง ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลให้ถึงระดับที่กำหนด ขึ้นอยู่กับขนาดของผลมะม่วง มะม่วงขนาดเล็ก (246 และ 227 กรัม) ใช้เวลาน้อยกว่ามะม่วงขนาดใหญ่ (321 และ 305 กรัม) (ตารางที่ 1 และ 2) ดังนั้น เมื่อมะม่วงมีขนาดใหญ่ขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการอบไอน้ำมะม่วงให้อุณหภูมิภายในสุดของผลเพิ่มขึ้นถึงระดับที่กำหนดไว้ ต้องใช้เวลามากเพิ่มขึ้น

ตามไปด้วย ในระยะแรกของการอบไอน้ำ อุณหภูมิที่บริเวณใต้เปลือกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีค่าของอุณหภูมิที่บริเวณใต้เปลือกและบริเวณที่ติดกับเมล็ดแตกต่างกันมาก แต่หลังจากนั้นค่าของอุณหภูมิที่แตกต่างกันได้ลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเมื่อสิ้นสุดการอบไอน้ำ อุณหภูมิภายในสุดของผลจะเท่ากับอุณหภูมิที่บริเวณใต้เปลือก (ตารางที่ 1) หรือแตกต่างกันเพียง 0.1°ซ. เท่านั้น (ตารางที่ 2)

มะม่วงวางในกระบะใส่ผลไม้ซึ่งอยู่ชั้นบนสุด มีอุณหภูมิภายในสุดของผลเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิที่กำหนดเร็วกว่ามะม่วงซึ่งวางในกระบะล่างสุด (ตารางที่ 1 และ 2) แต่ทว่าในระยะเวลาที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงให้เห็นว่าภายในห้องอบไอน้ำมีการกระจายของไอน้ำค่อนข้างสม่ำเสมอ ปริมาณของมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบโดยตรงต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงให้ถึงอุณหภูมิเป้าหมาย เครื่องอบไอน้ำเครื่องที่ 1 บรรจุมะม่วง 99 กก./ลบ.ม. (ตารางที่ 1) ใช้เวลานานกว่าเครื่องอบไอน้ำเครื่องที่ 2 ซึ่งบรรจุมะม่วง 1 กก./ลบ.ม. (ตารางที่ 2) จึงทำให้อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงทั้งหมดภายในห้องอบไอน้ำถึงอุณหภูมิที่กำหนด

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิ ในการทดสอบการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ เครื่องที่ 1¹

เวลาหลังจาก เครื่องทำงาน (นาที)	อุณหภูมิอากาศ ภายใน ห้องอบไอน้ำ (°ซ.)	ความชื้นสัมพัทธ์ ภายใน ห้องอบไอน้ำ (%)	ขนาดของมะม่วง ²		ตำแหน่งในห้องอบไอน้ำ		
			เล็ก (246 กรัม)	ใหญ่ (321 กรัม)	บนสุด	ล่างสุด	
			ภายในสุด ของผล	ใต้เปลือก	ใหญ่ (321 กรัม)	ใหญ่ (329 กรัม)	
0	29.0	90.00	26.3	25.8	26.1	26.1	26.9
10	41.5	93.89	29.2	31.4	28.5	28.5	27.9
25	46.5	95.56	38.4	40.2	37.4	37.4	35.7
40	46.8	97.22	43.3	43.4	42.4	42.4	41.4
55	46.9	98.33	45.0	45.0	44.6	44.6	44.3
70	46.9	98.89	45.8	45.7	45.5	45.5	45.4
82	47.0	98.33	46.1	46.0	45.9	45.9	45.8
85	46.9	98.33	46.1	46.0	46.0	46.0	45.9
94	47.0	97.78	46.1	46.1	46.1	46.1	46.1

¹ปริมาณมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำ : 99 กก./ลบ.ม.

²มะม่วงสุก 25%

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิ ในการทดสอบการทำงานของเครื่องอบไอน้ำ เครื่องที่ 2¹

เวลาหลังจาก เครื่องทำงาน (นาที)	อุณหภูมิอากาศ ภายใน ห้องอบไอน้ำ (°ซ.)	ความชื้นสัมพัทธ์ ภายใน ห้องอบไอน้ำ (%)	ขนาดของมะม่วง ²			ตำแหน่งในห้องอบไอน้ำ	
			เล็ก (227 กรัม)	ใหญ่ (305 กรัม)		บนสุด	ล่างสุด
			ภายในสุด ของผล	ใต้เปลือก	ภายในสุด ของผล	ใหญ่ (305 กรัม)	ใหญ่ (304 กรัม)
0	30.6	95.00	27.1	27.8	27.4	27.4	27.2
9	46.1	95.00	28.3	38.7	29.8	29.8	30.7
24	47.3	98.33	38.7	44.5	40.3	40.3	40.4
39	47.0	98.33	43.9	45.7	44.3	44.3	44.1
51	47.0	97.78	45.5	46.1	45.6	45.6	45.4
54	47.0	97.78	45.6	46.1	45.7	45.7	45.6
58	47.0	97.78	45.9	46.2	45.9	45.9	45.8
60	47.0	97.78	46.0	46.2	45.9	45.9	45.9
69	47.0	97.78	46.2	46.3	46.2	46.2	46.1
71	47.0	97.78	46.2	46.3	45.2	46.2	46.1
78	47.0	97.78	46.3	46.3	46.2	46.2	46.2

¹ ปริมาณมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำ : 1 กก./ ลบ.ม.² มะม่วงสุก 25%

2. การทดลองเบื้องต้นกำจัดแมลงวันผลไม้

การทดลองจุ่มแมลงในน้ำร้อน

เครื่อง water bath ตั้งอุณหภูมิของน้ำที่ 45.0°ซ. เมื่อวัดอุณหภูมิของน้ำด้วยปรอทวัดความร้อนมาตรฐาน ปรากฏว่าอุณหภูมิที่แท้จริงของน้ำใน water bath คือ 44.9°ซ. ตารางที่ 3 แสดงสมการรีเกรสชันของระยะเวลาและการตาย (dipping time-mortality regression equations) ภายหลังจากที่จุ่มแมลงวันทองและแมลงวันแดงในน้ำที่อุณหภูมิ 44.9°ซ. ตารางที่ 4 แสดงระยะเวลา (lethal time, LT) ที่ต้องการทำให้ระยะไข่และหนอนระยะต่าง ๆ ของแมลงวันทองและแมลงวันแดงตายที่ระดับต่าง ๆ เมื่อจุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 44.9°ซ.

แมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 มีความต้านทานต่อความร้อนมากกว่า ระยะไข่ หนอนระยะที่ 2 และหนอนระยะที่ 3 หนอนระยะที่ 1 มีค่า LT มากกว่าค่า LT ของระยะไข่ หนอนระยะที่ 2 และหนอนระยะที่ 3 สำหรับแมลงวันแดงนั้นปรากฏ

ว่า ระยะไข่มีความต้านทานต่อความร้อนมากที่สุด ระยะไข่มีค่า LT มากกว่าค่า LT ของหนอนระยะที่ 1 หนอนระยะที่ 2 และหนอนระยะที่ 3 ยกเว้นที่ LT 50 (ตารางที่ 4) ในการทดลองจุ่มแมลงวันผลไม้ในน้ำร้อนแต่ละครั้ง จุ่มแมลงวันทองและแมลงวันแดงแต่ละระยะการเจริญเติบโตลงใน water bath พร้อมกัน ค่า LT ของแมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 ที่ระดับ 50, 99 และ 99.9968 คือ 21.79, 50.72 และ 71.51 นาที ตามลำดับ ในขณะที่ค่า LT ของแมลงวันแดง ระยะไข่ ที่ระดับ 50, 99 และ 99.9968 คือ 9.80, 33.24 และ 50.08 นาที ตามลำดับ ดังนั้นการที่จะทำให้แมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 ตายที่ระดับต่าง ๆ นั้น ต้องใช้เวลาจุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 44.9°ซ. เป็นระยะเวลา นานกว่าแมลงวันแดง ระยะไข่ ผลจากการทดลองจุ่มแมลงวันทองและแมลงวันแดง ระยะไข่ หนอนระยะที่ 1 หนอนระยะที่ 2 และหนอนระยะที่ 3 ในน้ำที่อุณหภูมิ 44.9°ซ. นั้น แมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 มีความต้านทานต่อความร้อนมากที่สุด

ตารางที่ 3 การทดลองจุ่มแมลงในน้ำร้อน : สมการรีเกรสชันของเวลาและการตาย หลังจากจุ่มแมลงวันทองและแมลงวันแดงในน้ำที่อุณหภูมิ 44.9 องศาเซลเซียส

ชนิดของแมลง	ระยะการเจริญเติบโต	Probit regression equations ¹
แมลงวันทอง	ไข่	$Y = 5.7268 + 0.1308 (X - 10.3323)$
	หนอนระยะที่ 1	$Y = 4.8326 + 0.0804 (X - 19.7030)$
	หนอนระยะที่ 2	$Y = 5.9932 + 0.0907 (X - 11.5200)$
	หนอนระยะที่ 3	$Y = 5.0657 + 0.1902 (X - 11.0936)$
แมลงวันแดง	ไข่	$Y = 5.4237 + 0.0993 (X - 14.0721)$
	หนอนระยะที่ 1	$Y = 5.0837 + 0.1480 (X - 17.0548)$
	หนอนระยะที่ 2	$Y = 5.6012 + 0.1341 (X - 10.0913)$
	หนอนระยะที่ 3	- ²

¹Y = probit mortality; X = treatment time (min.); P < 0.05 (รีเกรสชันทั้งหมดไม่มีนัยสำคัญ)

²ไม่มีกราฟวิเคราะห์ทางสถิติ เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลน้อยเกินไป

ตารางที่ 4 การทดลองจุ่มแมลงในน้ำร้อน : ระยะเวลา (นาที)¹ ที่ต้องการทำให้แมลงวันทองและแมลงวันแดงตายที่ระดับต่างๆ เมื่อจุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 44.9 องศาเซลเซียส

ชนิดของแมลง	ระยะการเจริญเติบโต	N ²	LT 50	LT 99	LT 99.9968
แมลงวันทอง	ไข่	1066	4.78(-15.68 - 9.08)	22.56(16.33 - 64.33)	35.34(24.01 - 119.33)
	หนอนระยะที่ 1	901	21.79(19.07 - 25.06)	50.72(42.42 - 67.43)	71.51(58.00 - 99.06)
	หนอนระยะที่ 2	1000	0.57(-8.28 - 4.61)	26.22(21.24 - 37.65)	44.65(34.51 - 69.32)
	หนอนระยะที่ 3	2000	10.75(6.30 - 14.62)	22.98(17.62 - 48.11)	31.77(23.11 - 74.81)
แมลงวันแดง	ไข่	1053	9.80(7.22 - 11.78)	33.24(28.95 - 40.27)	50.08(42.49 - 12.82)
	หนอนระยะที่ 1	1000	16.49(13.81 - 18.99)	32.21(27.69 - 41.27)	43.51(36.20 - 58.72)
	หนอนระยะที่ 2	1000	5.61(-8.62 - 9.33)	22.96(16.81 - 59.27)	35.42(24.33 - 105.00)
	หนอนระยะที่ 3	2000	- ³	-	-

¹95% fiducial limits

²จำนวนแมลงทั้งหมดที่จุ่มในน้ำร้อน ใน 10 ช่วงระยะเวลา

³ไม่มีกราฟวิเคราะห์ทางสถิติ เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลน้อยเกินไป

การทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวนน้อย

การทดลองที่ 1 ได้ทดลองอบไอน้ำกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแดง ระยะไข่ พร้อมกับหนอนระยะที่ 1 และหนอนระยะที่ 2 พร้อมกับหนอนระยะที่ 3 ระยะเวลาในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงให้ถึงระดับอุณหภูมิต่างๆ ที่กำหนดในการทดลอง สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 ตารางที่ 6 เปอร์เซนต์ความอยู่รอด

(corrected percentage survival) ของแมลงวันทองและแมลงวันแดงในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ที่แต่ละระดับอุณหภูมิทดลอง

แมลงวันทองมีความต้านทานต่อการอบไอน้ำมากกว่าแมลงวันแดง ในการทดลองครั้งที่ 1 แมลงวันทอง ระยะไข่มีชีวิตรอดที่อุณหภูมิ 45.0°C. ในขณะที่แมลงวันแดง ระยะไข่ตายทั้งหมด ระยะหนอนทั้ง 3 ระยะของแมลงวันแดง ตายทั้งหมด

ตารางที่ 5 การทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวนน้อย (การทดลองที่ 1) : ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงให้ถึงระดับอุณหภูมิต่าง ๆ สำหรับแต่ละระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันทองและแมลงวันแดง ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2¹

การทดลองครั้งที่	น้ำหนักมะม่วงที่เทียบเท่าวัดความร้อน (กรัม)	ระยะการเจริญเติบโต	ระดับอุณหภูมิ (°ซ.) ภายในสุดของผลมะม่วง					
			37.0	41.0	44.0	45.0	46.0	46.0 + 10 นาที
			ระยะเวลา (นาที)					
1	223.0	ไข่	20	28	40	49	74	—
		หนอนระยะที่ 1	20	28	40	49	74	—
	223.0	หนอนระยะที่ 2	18	26	38	45	66	—
		หนอนระยะที่ 3	18	26	38	45	66	—
2	224.0	ไข่	—	26	39	47	64	74
		หนอนระยะที่ 1	—	26	39	47	64	74
	224.4	หนอนระยะที่ 2	—	27	41	49	70	80
		หนอนระยะที่ 3	—	27	41	49	70	80

อุณหภูมิอากาศภายในห้องอบไอน้ำ : 47°ซ. ปริมาณมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำ : 6 กก./ลบ.ม.
 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบไอน้ำ : 95% ขนาดของมะม่วงทดลอง : ขนาดเล็ก

ตารางที่ 6 การทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวนน้อย (การทดลองที่ 1) : เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดของแมลงวันทองและแมลงวันแดง ภายใต้จากที่ผ่านการอบไอน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

การทดลองครั้งที่	ชนิดของแมลง	ระยะการเจริญเติบโต	ระดับอุณหภูมิ (°ซ.) ภายในสุดของผลมะม่วง						
			37.0	41.0	44.0	45.0	46.0	46.0 + 10 นาที	
			% ความอยู่รอด						
1	แมลงวันทอง	ไข่	100.00	98.37	28.46	10.57	0	—	
		หนอนระยะที่ 1	97.65	89.26	90.94	49.33	7.05	—	
		หนอนระยะที่ 2	74.47	72.77	56.17	34.04	5.53	—	
		หนอนระยะที่ 3	85.11	86.55	67.02	44.33	7.09	—	
	แมลงวันแดง	ไข่	99.39	51.83	38.14	0	0	—	
		หนอนระยะที่ 1	94.66	71.37	20.99	1.91	0	—	
		หนอนระยะที่ 2	91.19	60.15	35.63	1.15	0	—	
		หนอนระยะที่ 3	88.11	55.24	11.19	1.05	0	—	
	2	แมลงวันทอง	ไข่	—	68.27	43.27	37.98	18.75	0.48
			หนอนระยะที่ 1	—	93.12	80.80	76.09	46.38	2.17
			หนอนระยะที่ 2	—	60.67	49.06	23.97	13.26	0
			หนอนระยะที่ 3	—	88.11	38.81	29.02	0	0
แมลงวันแดง		ไข่	—	71.98	33.52	7.69	0	0	
		หนอนระยะที่ 1	—	79.48	76.42	13.97	2.62	0	
		หนอนระยะที่ 2	—	100.00	19.31	4.46	0	0	
		หนอนระยะที่ 3	—	56.63	7.89	2.51	0	0	

ที่อุณหภูมิ 46.0°ซ. ในขณะที่หอนแมลงวันทองทั้ง 3 ระยะยังมีชีวิตรอด การทดลองครั้งที่ 2 ให้ผลในทำนองเดียวกันกับการทดลองครั้งที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดระหว่างระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของแมลงวันทองและแมลงวันแดงที่อุณหภูมิทดลองต่าง ๆ พบว่าแมลงวันทอง ระยะไข่และระยะหอน มีเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดมากกว่าระยะไข่และระยะหอนของแมลงวันแดงที่อุณหภูมิ 44, 45, 46°ซ. และ 46°ซ. + 10 นาที จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง หอนระยะที่ 1 ของแมลงวันทอง มีเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดมากกว่าระยะการเจริญเติบโตอื่น ๆ ของทั้งแมลงวันทองและแมลงวันแดง ยกเว้นที่ระดับอุณหภูมิ 37 และ 41°ซ. (ตารางที่ 6) ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าหอนระยะที่ 1 ของแมลงวันทองมีความต้านทานต่อการอบไอน้ำมากที่สุด ในระหว่างระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของแมลงวันทองและแมลงวันแดงซึ่งทำลายอยู่ในผลมะม่วง

การทดลองที่ 2 เนื่องจากแมลงวันทอง หอนระยะที่ 1 มีความต้านทานต่อการอบไอน้ำมากที่สุด ดังนั้น การอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ จึงมุ่งไปในการอบไอน้ำกำจัดหอนระยะที่ 1 ของแมลงวันทองเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ในการทดลองที่ 2 ได้ทดลองอบไอน้ำกำจัดแมลงวันทอง หอนระยะที่ 1 ควบคู่ไปกับหอนระยะที่ 3 ด้วย ทั้งนี้เพราะว่าแมลงวันผลไม้ตัวเมีย ในธรรมชาติจะวางไข่ในผลมะม่วงที่ระดับความลึกจากผิวมะม่วงประมาณ 0.5 ซม. หลังจากไข่ฟักออกเป็นตัวหอนหอนระยะที่ 1 จะอาศัยอยู่ในบริเวณที่ใกล้กับผิวมะม่วง เมื่อหอนเจริญเติบโตขึ้น จึงจะขอนไชลึกเข้าไปภายในผล มะม่วงขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีความหนาของเนื้อมะม่วงแตกต่างกันค่อนข้างมาก แต่ทว่าตำแหน่งที่อยู่ของหอนระยะที่ 1 จะห่างจากผิวมะม่วงเป็นระยะทางใกล้เคียงกัน ไม่ว่าหอนระยะที่ 1 จะทำลายผลมะม่วงขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก ซึ่งก็หมายความว่าหอนระยะที่ 1 ซึ่งอยู่ภายในผลมะม่วงขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก จะอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากความร้อน เป็นระยะทางที่ไม่แตกต่างกัน หอนระยะที่ 3 อยู่ลึกเข้าไปในผลมะม่วง และอาจจะพบอาศัยในบริเวณเนื้อมะม่วงที่ติดกับเมล็ด หอนระยะที่ 3 ทำลายอยู่ในผลมะม่วงขนาดใหญ่และขนาดเล็ก จึงอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากผิวมะม่วงแตกต่างกันมาก เป็นไปได้ที่ความหนาของเนื้อมะม่วงอาจจะป้องกันความร้อนให้กับหอนระยะที่ 3 ทำให้หอนระยะที่ 3 มีความต้านทานต่อการอบไอน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้น เพื่อทำการศึกษานี้ในเรื่องนี้ การทดลองที่ 2 จึงใช้มะม่วงขนาดใหญ่ แทนที่จะใช้มะม่วงขนาดเล็กเหมือนกับการทดลองที่ 1 และทดลองอบไอน้ำกำจัดแมลงวันทอง หอน

ระยะที่ 1 เปรียบเทียบกับหอนระยะที่ 3

ในการทดลองที่ 1 นั้น ได้ตั้งเครื่องอบไอน้ำให้อากาศภายในห้องอบไอน้ำมีอุณหภูมิ 47°ซ. และอุณหภูมิเป้าหมายภายในสุดของผลมะม่วง คือ 46°ซ. ข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่าแมลงวันทอง หอนระยะที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด 2.17% ที่อุณหภูมิ 46°ซ. + 10 นาที (ตารางที่ 6) ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องปรับอุณหภูมิทดลองกำจัดหอนระยะที่ 1 ของแมลงวันทองให้เพิ่มขึ้น เพื่อให้การอบไอน้ำสามารถกำจัดแมลงวันทองหอนระยะที่ 1 ได้ 100% การทดลองที่ 2 จึงตั้งเครื่องอบไอน้ำให้อากาศภายในห้องอบไอน้ำมีอุณหภูมิ 47.5°ซ. โดยต้องการให้ภายในสุดของผลมะม่วงมีอุณหภูมิ 46.5°ซ.

ตารางที่ 7 แสดงระยะเวลาที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงให้ถึงระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนดสำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เมื่อสภาพภายในห้องอบไอน้ำบรรจุมะม่วง 150 กก. ในการทดลองครั้งที่ 2 ต้องใช้เวลานานเพิ่มขึ้นประมาณ 30 นาที จึงจะทำให้อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงทั้งหมดถึงระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนด ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดของแมลงวันทอง หอนระยะที่ 1 และหอนระยะที่ 3 ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ แมลงวันทอง หอนระยะที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด 1.43% ที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. ในขณะที่ไม่พบว่ามีหอนระยะที่ 3 รอดชีวิต หอนระยะที่ 1 ซึ่งอยู่ที่บริเวณใกล้ผิวมะม่วง ยังคงมีความต้านทานต่อการอบไอน้ำมากกว่า หอนระยะที่ 3 ซึ่งอยู่ลึกเข้าไปในผลมะม่วง ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความหนาของเนื้อมะม่วงไม่ได้ปกป้องหรือช่วยให้หอนระยะที่ 3 มีความต้านทานต่อการอบไอน้ำเพิ่มขึ้น

การอบไอน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 46.5°ซ., 46.5°ซ. + 10 นาที, 46.5°ซ. + 15 นาที และ 46.5°ซ. + 20 นาที กำจัดหอนระยะที่ 1 ของแมลงวันทองได้ 100% ขึ้นตอนต่อไป จำเป็นที่จะต้องคัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด เพื่อเป็นตัวแทนนำไปศึกษาต่อไป การอบไอน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. ให้ผลในการกำจัดหอนระยะที่ 1 ได้ไม่แน่นอน ในการทดลองครั้งที่ 2 กำจัดหอนระยะที่ 1 ได้ 100% แต่ในการทดลองครั้งที่ 1 มีหอนระยะที่ 1 รอดชีวิต 1.43% (ตารางที่ 8) ดังนั้น การอบไอน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. จึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปศึกษาต่อไป เพราะว่ามีโอกาสเป็นไปได้มากที่จะมีแมลงรอดชีวิตจากการอบไอน้ำ และไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด ในขณะที่การอบไอน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. + 10 นาที ใช้เวลาน้อยกว่าการอบไอน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. + 15

ตารางที่ 7 การทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวนน้อย (การทดลองที่ 2) : ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในหม่อม่วงให้ถึงระดับอุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองครั้งที่ 1¹ และครั้งที่ 2²

การทดลอง ครั้งที่	น้ำหนักมะม่วงที่เสียบ แท่งวัดความร้อน (กรัม)	ระดับอุณหภูมิ (°ซ.) ภายในสุดของผลมะม่วง					
		45.5	46.0	46.5	46.5 + 10 นาที	46.5 + 15 นาที	46.5 + 20 นาที
		ระยะเวลา (นาที)					
1	337.0	57	65	78	88	—	98
2	346.01	—	—	96	106	111	—
	326.17						
	342.83						

¹อุณหภูมิอากาศภายในห้องอบไอน้ำ : 47.5°ซ.

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบไอน้ำ : 95%

ปริมาณมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำ : 4 กก./ลบ.ม.

ขนาดของมะม่วงทดลอง : ขนาดใหญ่

²อุณหภูมิอากาศภายในห้องอบไอน้ำ : 47.5°ซ.

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบไอน้ำ : 95%

ปริมาณมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำ : 150 กก./ลบ.ม.

ขนาดของมะม่วงทดลอง : ขนาดใหญ่

ตารางที่ 8 การทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวนน้อย (การทดลองที่ 2) : เปอร์เซนต์ความอยู่รอดของแมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 และหนอนระยะที่ 3 ภายหลังจากที่ผ่านการอบไอน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

การทดลอง ครั้งที่	ระยะการเจริญ เติบโต	ระดับอุณหภูมิ (°ซ.) ภายในสุดของผลมะม่วง					
		45.5	46.0	46.5	46.5 + 10 นาที	46.5 + 15 นาที	46.5 + 20 นาที
		% ความอยู่รอด					
1	หนอนระยะที่ 1	46.95	10.04	1.43	0	—	0
	หนอนระยะที่ 3	2.11	2.11	0	0	—	0
2	หนอนระยะที่ 1	—	—	0	0	0	—
	หนอนระยะที่ 3	—	—	0	0	0	—

นาที และอุณหภูมิ 46.5°ซ. + 20 นาที แต่ทว่าสามารถกำจัดแมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 ได้ 100% เช่นเดียวกัน ดังนั้นการอบไอน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. + 10 นาที อาจจะเป็นการอบไอน้ำมะม่วงที่มีประสิทธิภาพที่สุด

การศึกษาเบื้องต้นกำจัดแมลงวันผลไม้ ได้ศึกษาเปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่างแมลงวันทองและแมลงวันแดง แมลงวันผลไม้ชนิดใด และระยะไหนของการเจริญเติบโตมีความต้านทานต่อความร้อนมากที่สุด และศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบไอน้ำเพื่อนำไปศึกษาในขั้นสุดท้าย โดยทดลองกับแมลงจำนวนมาก จากการทดลองจุ่มแมลงในน้ำร้อน

และการทดลองอบไอน้ำกับแมลงจำนวนน้อย ได้ผลในทำนองเดียวกันว่า ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของแมลงวันทองและแมลงวันแดงซึ่งทำลายอยู่ในผลมะม่วงนั้น แมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 มีความต้านทานต่อการอบไอน้ำมากที่สุด ผลจากการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า เมื่ออบไอน้ำมะม่วงเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงขึ้นถึง 46.5°ซ. แล้วปล่อยให้ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลา 10 นาที สามารถกำจัดแมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 ซึ่งเป็นระยะการเจริญเติบโตที่มีความต้านทานต่อการอบไอน้ำมากที่สุดได้ 100%

3. การทดลองขั้นสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้

การตรวจระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันทอง หลังจากเพาะเลี้ยงไขบนเนื้อมะม่วงสุก และบนกระดาษกรองชุบน้ำเป็นเวลา 40 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าหนอนที่ตรวจพบทั้งหมดเป็นหนอนระยะที่ 1 ดังนั้น จึงเป็นการยืนยันได้ว่าการศึกษาระดับสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้ เป็นการทดลองอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 ซึ่งมีความต้านทานต่อการอบไอน้ำมากที่สุด เพียงระยะการเจริญเติบโตเดียวเท่านั้น

การหาความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา อุณหภูมิของอากาศ ภายในห้องอบไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบไอน้ำ และ อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วง ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเพิ่ม

อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงให้ถึง 46.5° นั้น ในการทดลองซ้ำที่ 1-4 ใช้เวลา 112, 106, 110 และ 112 นาที ตามลำดับ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ 98% (ตารางที่ 9 และ 10) จากการตรวจนับจำนวนแมลงภายในผลมะม่วงซึ่งไม่ได้ผ่านการอบไอน้ำ พบว่าการเตรียมมะม่วงทดลองด้วยวิธีการใส่หนอนแมลงวันระยะที่ 1 เข้าไปในเนื้อมะม่วง มีแมลงประมาณ 89, 105, 89 และ 83 ตัวต่อผล ในการทดลองซ้ำที่ 1-4 ตามลำดับ สำหรับการเตรียมมะม่วงทดลองด้วยวิธีการให้แมลงวันทองวางไข่ในผลมะม่วง มีแมลงประมาณ 325, 317, 214 และ 189 ตัวต่อผล ในการทดลองซ้ำที่ 1-4 ตามลำดับ โดยอาศัยการคำนวณจากจำนวนแมลงต่อผลที่ตรวจพบในมะม่วงซึ่งไม่ผ่านการ

ตารางที่ 9 การทดลองขั้นสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้ : ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา อุณหภูมิของอากาศภายในห้องอบไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบไอน้ำและอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วง ระหว่างการอบไอน้ำมะม่วงกำจัดแมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 ในการทดลองซ้ำที่ 1 และซ้ำที่ 2

การทดลองซ้ำที่ 1 ¹					การทดลองซ้ำที่ 2 ²				
เวลาหลังจาก เครื่องทำงาน (นาที)	อุณหภูมิ อากาศ ($^{\circ}$ ซ.)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิภายในสุดของผล ($^{\circ}$ ซ.)		เวลาหลังจาก เครื่องทำงาน (นาที)	อุณหภูมิ อากาศ ($^{\circ}$ ซ.)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิภายในสุดของผล ($^{\circ}$ ซ.)	
			สูงสุด	ต่ำสุด				สูงสุด	ต่ำสุด
0	26.4	85	25.5	26.1	0	29.2	85	26.8	25.7
12	44.4	86	28.1	27.9	6	39.8	95	27.0	25.9
27	47.9	92	35.7	34.3	21	47.0	93	32.5	31.4
42	47.5	96	40.8	39.5	36	47.3	95	38.6	37.6
57	47.7	98	43.7	42.8	51	47.5	96	42.3	41.7
72	47.8	97	45.3	44.7	66	47.5	97	44.4	44.0
87	47.8	97	46.2	45.8	81	47.5	97	45.6	45.4
98	47.7	97	46.4	46.1	96	47.5	98	46.2	46.1
99	47.7	99	46.5	46.2	104	47.4	98	46.5	46.4
112	47.6	98	46.7	46.5	106	47.5	98	46.5	46.5
122	47.7	97	46.8	46.7	116	47.4	98	46.6	46.6
(13)	30.3	80	44.2	45.0	(10)	30.0	86	46.0	46.1
(28)	28.5	73	40.7	41.1	(25)	28.2	78	43.0	43.2
(43)	27.4	71	37.6	37.6	(40)	27.5	66	40.2	40.5
(58)	26.8	66	34.9	34.6	(55)	29.1	66	37.7	38.1

¹ น้ำหนักมะม่วงที่เสียบแห้งวัดความร้อน (กรัม)

บนสุด - ซ้าย : 462.6 (อุณหภูมิต่ำสุด)

กลาง : 455.0 (อุณหภูมิสูงสุด)

ล่างสุด - ขวา : 428.0

² น้ำหนักมะม่วงที่เสียบแห้งวัดความร้อน (กรัม)

บนสุด - ซ้าย : 432.8

กลาง : 446.3 (อุณหภูมิต่ำสุด)

ล่างสุด - ขวา : 428.2 (อุณหภูมิสูงสุด)

ตารางที่ 10 การทดลองขั้นสุดท้ายกำจัดแมลงวันผลไม้ : ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา อุณหภูมิของอากาศภายในห้องอบไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบไอน้ำและอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วง ระหว่างการอบไอน้ำมะม่วงกำจัดแมลงวันทอง ทนอณระยะที่ 1 ในการทดลองซ้ำที่ 3 และซ้ำที่ 4

การทดลองซ้ำที่ 3 ¹					การทดลองซ้ำที่ 4 ²				
เวลาหลังจาก เครื่องทำงาน (นาท.)	อุณหภูมิ อากาศ (°ซ.)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิภายในสุดของผล (°ซ.)		เวลาหลังจาก เครื่องทำงาน (นาท.)	อุณหภูมิ อากาศ (°ซ.)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิภายในสุดของผล (°ซ.)	
			สูงสุด	ต่ำสุด				สูงสุด	ต่ำสุด
0	26.5	76	26.1	26.0	0	28.9	90	26.6	26.6
5	37.3	95	26.4	26.1	8	40.0	96	27.5	26.5
20	47.9	86	32.1	29.5	23	47.2	93	34.5	31.3
35	47.3	94	38.6	36.0	38	47.1	96	40.2	37.2
50	47.7	95	42.4	40.7	53	47.5	96	43.3	41.3
65	47.8	96	44.6	43.5	68	47.5	97	45.0	43.9
80	47.8	97	45.7	45.1	83	47.4	98	45.9	45.2
95	47.7	97	46.3	46.0	98	47.5	98	46.5	46.1
101	47.7	97	46.5	46.2	100	47.4	98	46.5	46.1
110	47.7	98	46.7	46.5	112	47.4	98	46.6	46.5
120	47.7	98	46.8	46.7	122	47.4	98	46.8	46.6
(5)	32.5	74	46.6	46.7	(6)	32.4	86	46.3	46.6
(20)	30.6	76	43.1	44.4	(21)	30.3	76	42.4	44.5
(35)	30.0	72	39.5	41.5	(36)	29.2	70	39.0	42.2
(50)	29.0	68	36.8	39.0	(51)	28.5	64	36.2	39.9

¹ น้ำหนักมะม่วงที่เสียบแห้งวัดความร้อน (กรัม)

บนสุด - ซ้าย : 450.0 (อุณหภูมิสูงสุด)

กลาง : 456.8 (อุณหภูมิต่ำสุด)

ล่างสุด - ขวา : 409.5

² น้ำหนักมะม่วงที่เสียบแห้งวัดความร้อน (กรัม)

บนสุด - ซ้าย : 432.4 (อุณหภูมิสูงสุด)

กลาง : 449.4

ล่างสุด - ขวา : 417.9 (อุณหภูมิต่ำสุด)

ตารางที่ 11 การทดลองขึ้นชุดที่ยกกำจัดแมลงวันผลไม้ : จำนวนแมลงมีชีวิตภายในผลมะม่วง หลังจากผ่านการอบไอน้ำที่อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงถึง 46.5 องศาเซลเซียสและปล่อยไว้ที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลา 10 นาที

การทดลอง ¹ ซ้ำที่	วิธีการเตรียมมะม่วงทดลอง	มะม่วงไม่ผ่าน การอบไอน้ำ จำนวนแมลง/ผล	จำนวนมะม่วง ไม่ผ่านการ อบไอน้ำ	จำนวนมะม่วง ผ่านการ อบไอน้ำ	จำนวนแมลง ² ที่ผ่านการอบไอน้ำ	จำนวนแมลง มีชีวิต
1	ใส่หนอนแมลงวันทองระยะที่ 1	89.0 ± 26.40	10	40	3,560	0
	ให้แมลงวันทองวางไข่บนผล	325.4	30	80	26,032	0
	รวม		40	120	29,592	
2	ใส่หนอนแมลงวันทองระยะที่ 1	105.7 ± 20.92	10	40	4,228	0
	ให้แมลงวันทองวางไข่บนผล	317.2	30	80	25,376	0
	รวม		40	120	29,604	
3	ใส่หนอนแมลงวันทองระยะที่ 1	89.1 ± 31.74	10	40	3,564	0
	ให้แมลงวันทองวางไข่บนผล	224.9	30	80	17,992	0
	รวม		40	120	21,556	
4	ใส่หนอนแมลงวันทองระยะที่ 1	83.7 ± 32.23	10	40	3,348	0
	ให้แมลงวันทองวางไข่บนผล	189.4	30	80	15,152	0
	รวม		40	120	18,500	
รวม			160	480	99,252	0

¹อุณหภูมิอากาศภายในห้องอบไอน้ำ : 47.5°ซ.

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบไอน้ำ : 98%

ปริมาณมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำ : 150 กก./ลบ.ม.

ขนาดของมะม่วงทดลอง : ขนาดใหญ่

²จำนวนแมลงที่ผ่านการอบไอน้ำ ได้จากการคำนวณจากจำนวนแมลงซึ่งพบในมะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ

อบไอน้ำ ผลจากการทดลองอบไอน้ำมะม่วงทั้งหมด 4 ซ้ำ มีแมลงวันทอง หนอนระยะที่ 1 ประมาณ 99,252 ตัว ผ่านการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. + 10 นาที ไม่พบว่ามีหนอนระยะที่ 1 ของแมลงวันทองรอดชีวิตแม้แต่ตัวเดียว (ตารางที่ 11)

4. การศึกษาคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ

ผลจากการทดลองชิมมะม่วง ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและมะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ การอบไอน้ำไม่ได้ทำให้มะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวันมีลักษณะภายนอก รส กลิ่น เปลี่ยนแปลงไปแต่อย่างใด มะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำจะมีความเสียหายของผลมะม่วง จากการเข้าทำลายของโรค anthracnose น้อยกว่ามะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ (ตารางที่ 12 และ 13) จากการสังเกตพบว่ามะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำสุกก่อนข้างสม่ำเสมอ รวมทั้งมีสีผิวเข้มกว่ามะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการอบไอน้ำ

จากการศึกษาผลกระทบของการอบไอน้ำที่มีต่อหน้าหนัก ปริมาณน้ำตาล ความเป็นกรดของมะม่วง พบว่าในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงทางเครื่องบิน ไม่มีความแตกต่างระหว่างมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและมะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ ในการทดลองซ้ำที่ 1 การทดลองซ้ำที่ 2 มีความแตกต่างของหน้าหนักที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เมื่อตรวจผลการทดลอง 5 วัน หลังการอบไอน้ำ แต่ที่ 7 วันหลังการอบไอน้ำ ไม่พบว่ามี ความแตกต่าง (ตารางที่ 14) สำหรับในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงทางเรือ นั้น เมื่อตรวจผลการทดลอง 12 วันหลังการอบไอน้ำ ไม่พบความแตกต่างระหว่างมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและมะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ แต่ที่ 14 วันหลังการอบไอน้ำ พบว่ามีความแตกต่างของหน้าหนักและความเป็นกรดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 15) ผลจากการศึกษาคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ ไม่อาจที่จะสรุปได้อย่างแน่นอนว่าวิธีการอบไอน้ำมีผลกระทบต่อหน้าหนักและความเป็นกรด

ตารางที่ 12 การศึกษาคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ : ผลกระทบของการอบไอน้ำที่มีต่อ ความรุนแรงของโรค ลักษณะภายนอก เนื้อมะม่วง และรส ของมะม่วงในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงทางเครื่องบิน¹

คุณสมบัติ	ระยะเวลาการเก็บ			
	5 วัน		7 วัน	
	ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ไม่ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ไม่ผ่าน การอบ ไอน้ำ
โรค anthracnose	0/20 ²	4/20	4/20	15/20
ลักษณะภายนอก	0/20	0/20	0/20	0/20
เนื้อมะม่วง	0/20	0/20	0/20	0/20
รส	0/20	0/20	0/20	0/20

¹ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลน้อยเกินไป โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ

²จำนวนผลที่ผิดปกติหรือเป็นโรค/ จำนวนผลที่ใช้ทดลองทั้งหมด

ตารางที่ 13 การศึกษาคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ : ผลกระทบของการอบไอน้ำที่มีต่อ ความรุนแรงของโรค ลักษณะภายนอก เนื้อมะม่วง และรส ของมะม่วงในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงทางเรือ ระยะเวลา 12 และ 14 วัน¹

คุณสมบัติ	12 วัน		14 วัน	
	ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ไม่ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ไม่ผ่าน การอบ ไอน้ำ
	โรค anthracnose	2/10 ²	5/10	5/10
ลักษณะภายนอก	0/10	0/10	0/10	0/10
เนื้อมะม่วง	0/10	0/10	0/10	0/10
รส	0/10	0/10	0/10	0/10

¹ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลน้อยเกินไป

²จำนวนผลที่ผิดปกติหรือเป็นโรค/ จำนวนผลที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

ตารางที่ 14 การศึกษาคุณภาพมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ : ผลกระทบของการอบไอน้ำที่มีต่อ น้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ความเป็นกรด ของมะม่วงในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงทางเครื่องบิน ระยะเวลา 5 และ 7 วัน

คุณสมบัติ	การทดลองซ้ำที่ 1						การทดลองซ้ำที่ 2					
	5 วัน ¹			7 วัน			5 วัน			7 วัน		
	ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ไม่ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ความ ¹ แตกต่าง	ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ไม่ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ความ แตกต่าง	ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ไม่ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ความ แตกต่าง	ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ไม่ผ่าน การอบ ไอน้ำ	ความ แตกต่าง
น้ำหนักผล (%) ²	4.10	4.02	0.08 ^{ns}	6.52	6.81	0.29 ^{ns}	4.32	3.47	0.85**	6.68	5.64	1.04 ^{ns}
ปริมาณน้ำตาล (° bx) ³	19.42	19.02	0.40 ^{ns}	18.76	18.14	0.62 ^{ns}	19.88	20.46	0.58 ^{ns}	19.16	17.22	1.94 ^{ns}
ความเป็นกรด (%) ³	0.1833	0.1621	0.0212 ^{ns}	0.1596	0.1695	0.0099 ^{ns}	0.1932	0.1858	0.0074 ^{ns}	0.1783	0.1484	0.0299 ^{ns}

¹ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ** = มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

²ค่าเฉลี่ยจากมะม่วงจำนวน 10 ผล

³ค่าเฉลี่ยจากมะม่วงจำนวน 5 ผล

ตารางที่ 15 การศึกษาคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ : ผลกระทบของการอบไอน้ำที่มีต่อ น้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ความเป็นกรดของมะม่วงในสภาพที่จำลองการส่งมะม่วงทางเรือ ระยะเวลา 12 และ 14 วัน

คุณสมบัติ	12 วัน			14 วัน		
	ผ่าน ไอน้ำ	ไม่ผ่าน ไอน้ำ	ความ แตกต่าง ¹	ผ่าน ไอน้ำ	ไม่ผ่าน ไอน้ำ	ความ แตกต่าง
น้ำหนักผล (%) ²	4.74	3.96	0.78 ^{ns}	5.74	4.64	1.10*
ปริมาณน้ำตาล (° bx) ³	17.28	16.92	0.36 ^{ns}	17.00	17.06	0.06 ^{ns}
ความเป็นกรด (%) ³	0.1945	0.2767	0.0822 ^{ns}	0.1409	0.3067	0.1658*

¹ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ** = มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

²ค่าเฉลี่ยจากจำนวนมะม่วง 10 ผล

³ค่าเฉลี่ยจากจำนวนมะม่วง 5 ผล

สรุปผลการทดลอง

มะม่วงจากประเทศไทยเป็นสิ่งต้องห้ามทางด้านกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากมะม่วงเป็นพืชอาศัยที่สำคัญของแมลงวันทองและแมลงวันแดง การศึกษาวิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วงแสดงให้เห็นว่า วิธีการอบไอน้ำเป็นวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ที่มีประสิทธิภาพ สามารถกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแดง ระยะไข่ และระยะหนอนซึ่งอยู่ภายในผลมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวัน ได้ถึงระดับมาตรฐานกำหนดที่จะนำไปใช้เป็นการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วงก่อนการส่งออกประเทศญี่ปุ่น

การอบไอน้ำมะม่วงกำจัดแมลงวันผลไม้ ซึ่งได้มาตรฐานทางด้านกักกันพืชนั้น ประกอบด้วยการใช้เวลาประมาณ 110 นาที อบไอน้ำมะม่วงเพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงจาก 26.1°ซ. ถึง 46.5°ซ. แล้วคงไว้ที่ระดับอุณหภูมิ 46.5°ซ. ต่อไปอีกเป็นเวลา 10 นาที จะสามารถกำจัดระยะไข่ และระยะหนอนของแมลงวันทองและแมลงวันแดงในผลมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวันได้ทั้งหมด จากการศึกษาคุณภาพของมะม่วงในสถานที่จำลองการส่งมะม่วงทางเครื่องบินและทางเรือ พบว่าการอบไอน้ำไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวัน

การอบไอน้ำมะม่วงในสภาพดังต่อไปนี้จะเป็นการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วงพันธุ์หนึ่งกลางวัน ก่อนการส่งออกจากประเทศไทยไปยังประเทศญี่ปุ่น

อุณหภูมิของอากาศภายในห้องอบไอน้ำ 47.5°ซ.

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบไอน้ำ 98%

ปริมาณมะม่วงภายในห้องอบไอน้ำ 150 กก./ลบ.ม.

เป้าหมายอุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงที่ต้องการ 46.5°ซ.

ระยะเวลาอบมะม่วงหลังจากที่อุณหภูมิภายในสุดของผลมะม่วงถึง 46.5°ซ. 10 นาที

คำนิยาม

การค้นคว้าวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้ดำเนินงานทดลองขอขอบคุณรัฐบาลญี่ปุ่นซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือผ่านทาง Japan International Cooperation Agency (JICA) จัดหาอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับงานทดลอง และผู้เชี่ยวชาญมาให้คำแนะนำ Toru Inoue, Tamotsu Muramatsu, Kenji Tanaka และ Masami Imagama ผู้เชี่ยวชาญจากประเทศญี่ปุ่น ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้วิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วง บุญชอบ ภักธรูจี ผู้อำนวยการกองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร และประเทือง ศรีสุข หัวหน้าฝ่ายวิชาการกักกันพืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร ที่ได้คำปรึกษาและสนับสนุนงานวิจัยนี้ ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์ ผู้เชี่ยวชาญพิเศษสาขาพืชสวนของกรมวิชาการเกษตร ที่ได้คำแนะนำ และช่วยทดสอบคุณภาพของมะม่วง ชิงชิง ทองดี จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ที่ได้คำแนะนำเกี่ยวกับการทดสอบคุณภาพของมะม่วง ดร. สดทวรรณ นันทะไชย จารุพรรณ มนัสสากร สุมาลี สาสะเน สมทรง ปวีณการณ และ เบญจมาศ รัตนชินกร จากสถาบันวิจัยพืชสวน ที่ได้คำแนะนำในการทดสอบคุณภาพของมะม่วง ดร. เนื่องพิช สิ้นชัยศรี และปราณี จงสุจริตธรรม ที่ทำหน้าที่เป็นล่ามภาษาญี่ปุ่นในระหว่างการทำงานทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- 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. Res. Bull. Pl. Prot. Japan. 20 : 17-24.
- Merino, S.R., M.M. Eugenio, A.U. Ramos and S.T. Hernandez. 1985. Fruit fly disinfestation of mangoes (*Mangifera indica* Linn. var. "Manila Super") by vapor heat treatment. Ministry of Agriculture and Food. Bureau of Plant Industry. Manila.
- Sein, F. Jr. 1935. Heat sterilization of mangoes and guavas for fruit flies. J. Agric. Univ. Puerto Rico. 19 : 105-115.
- Seo, S.T., B.K.S. Hu, M. Komura, C.Y.L. Lee and E.J. Harris. 1974. *Dacus dorsalis* : Vapor heat treatment in papayas. J. Econ. Entomol. 67 : 240-242.
- Spruijt, F.J. and F.S. Blanton. 1933. Vapor-heat treatment for the control of bulb pests and its effect upon the growth of Narcissus bulbs. J. Econ. Entomol. 26 : 613-620.
- Sugimoto, T., K. Furusawa and M. Mizobuchi. 1983. The effectiveness of vapor heat treatment against the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel in green pepper and fruit tolerance to the treatment. Res. Bull. Pl. Prot. Japan. 19 : 81-88.

Evaluation of Vapor Heat Treatment for Control of the Oriental Fruit Fly and the Melon Fly in 'Nang Klarngwun' Mango

By

**Udorn Unahawutti, Chamlong Chettanachitara, Mana Poomthong, Puangpaka Komson,
Eueychai Smitasiri, Chamlong Lapasathukool, Walaikorn Worawisitthumrong
and Rachada Intarakumheng**

Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok, Bangkok, Thailand 10900.

ABSTRACT

Vapor heat treatment was developed as a quarantine treatment for 'Nang Klarngwun' cultivar of mangoes, *Mangifera indica* L. It was tested against eggs and larval instars of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel and the melon fly, *D. cucurbitae* Coquillett.

Among immature stages of the both fruit fly species, the most resistant developmental stage to vapor heat treatment was 1st-instar larvae of the oriental fruit fly. There were no survivors from estimated treated population of 99,252 individuals of 1st-instar larvae of the oriental fruit fly when the innermost fruit temperature was raised to 46.5°C and maintained at this temperature for 10 min. The set temperature and relative humidity in the chamber were 47.5°C and 98% R.H. respectively. At a fruit load factor of ca. 150.0 kg per cu.m., an approach period of ca. 110 min. was necessary to raise innermost fruit temperature of all the fruits to 46.5°C.

The vapor heat treatment disinfested 'Nang Klarngwun' cultivar of mangoes without affecting either quality or shelf life.
