บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

แมลงวันผลไม้หรือแมลงวันทอง (the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)) จัดอยู่ในวงศ์ Tephritidae พบระบาดและทำลายผลไม้เศรษฐกิจแทบทุกชนิดทั่วทุกภาคของประเทศไทย (เยาวมาลย์, 2535)

2.1 การแจงชั้นของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis*

Order	:	Diptera
Family	:	Tephritidae
Subfamily	:	Dacinae
Genus	:	*Bactrocera*
Subgenus	:	*Bactrocera*
Scientific name	:	*Bactrocera dorsalis* (Hendel)
Common name	:	oriental fruit fly

2.2 รูปร่างลักษณะและวงจรชีวิต

อุดร และสลักจิตร (2544) ; Christenson and Foote (1960) ได้ศึกษาวงจรชีวิตของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* พบว่า มีการเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์มี 4 ระยะการเจริญเติบโต คือ ระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย รายละเอียดระยะต่างๆ มีดังนี้

ไข่ สีขาวขุ่น รูปร่างยาวรีคล้ายกล้วยหอม ขนาด 1.2 x 0.2 มิลลิเมตร ปกติวางไข่ที่ผิวของผลไม้ โดยไข่อยู่ลึกจากผิวเปลือกประมาณ 2 – 3 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ระยะไข่ใช้เวลา 30 – 36 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม

หนอน มี 3 ระยะ มีลักษณะแบบ vermiform ส่วนหัวไม่เจริญ ไม่มีตา ไม่มีขา เคลื่อนที่โดยการดีดตัวและมีตาขอที่ปาก 1 คู่ (mouth hook) มองเห็นส่วนหัวเป็นสีดำ ลักษณะของตาขอปากใช้เป็นเกณฑ์แบ่งแยกระยะเจริญเติบโตของหนอนระยะต่าง ๆ ดังนี้

หนอนระยะที่ 1 มีอายุประมาณ 36 ± 12 ชั่วโมง ตัวหนอนหลังจากฟักออกจากไข่มีสีขาวใส ตาขอปากขนาดเล็กมากมีสีน้ำตาลอ่อน ขนาดลำตัวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร อยู่เป็นกลุ่มกินเนื้อผลไม้บริเวณผิวเป็นอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หนอนระยะที่ 2 มีอายุประมาณ 2 – 3 วัน ตัวหนอนมีสีขาวขุ่นภายในลำตัวมีสีเปลี่ยนไปตามชนิดของอาหาร ตาขอปากมีขนาดใหญ่กว่าหนอนระยะที่ 1 ประมาณ 2 – 5 เท่า สีน้ำตาลแก่ ขนาดลำตัวยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร มักกินอาหารไปไกลและลึกจากจุดที่วางไข่มากขึ้น

หนอนระยะที่ 3 มีอายุประมาณ 3 – 4 วัน ตัวหนอนมีสีขาวขุ่นจนถึงสีเหลืองอ่อนช่วงตอนต้นลำตัว ส่วนหัวมีสีขาวใส ตัวหนอนที่เจริญเต็มที่ก่อนเข้าดักแด้มีสีขาวทึบแสงจนถึงสีเหลืองอ่อน ผิวลำตัวเป็นมันสะท้อนแสง ตาขอปากมีขนาดใหญ่และยาวกว่าหนอนระยะที่ 2 หลายเท่าและมีสีดำสนิทเมื่อหนอนเจริญเติบโตเต็มที่ ลำตัวยาวประมาณ 1 เซนติเมตร

ดักแด้ มีลักษณะแบบ coarctate รูปร่างรี ระยางค์ส่วนขาและปีกอยู่ภายในลำตัวและมีปลอกซึ่งเป็นผนังลำตัวเดิมหุ้มอยู่ ดักแด้ใหม่ๆ มีสีขาวซีดและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมน้ำตาลและเปลี่ยนไปจนเป็นสีน้ำตาลเข้มในที่สุด ขนาดประมาณ 2 x 4 มิลลิเมตร ระยะดักแด้ประมาณ 8 – 10 วัน

ตัวเต็มวัย ลำตัวขนาดกลางสีน้ำตาลแดง ปีกใสสะท้อนแสง ส่วนอกมีลวดลายสีเหลือง ลำตัวยาว 1 – 1.2 เซนติเมตร เมื่อกางปีกข้างหนึ่งไปอีกข้างหนึ่งกว้าง 1.3 – 1.5 เซนติเมตร เพศผู้มีขนาดเล็กกว่าเพศเมียเล็กน้อยและส่วนท้องกลมมน ส่วนเพศเมียมีอวัยวะวางไข่เรียงแหลมยื่นจากปลายส่วนท้องปล้องที่ 5 อัตราส่วนเพศในธรรมชาติ 1 : 1 ตัวเต็มวัยอายุประมาณ 10 – 11 วัน จะเริ่มผสมพันธุ์กัน การผสมพันธุ์จะเกิดในเวลาโพล้เพล้ช่วงที่แสงน้อยและเริ่มวางไข่เมื่ออายุประมาณ 12 วัน ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 1 – 3 เดือน

แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* เป็นแมลงศัตรูสำคัญชนิดหนึ่งของผลไม้เศรษฐกิจหลายชนิด เช่น มะม่วง มะละกอ ฝรั่ง ชมพู่ ท้อ สาลี่ แอปเปิ้ล เป็นต้น ความเสียหายของผลไม้ซึ่งเกิดจากแมลงวันผลไม้นั้นทำให้ผลผลิตลดลงเพราะเกิดการเน่าเสีย เก็บเกี่ยวไม่ได้ ผลผลิตมีตำหนิด้อยคุณภาพและยังส่งผลกระทบไปถึงการจำหน่าย (เยาวมาลย์, 2535)

การกำจัดแมลงวันผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงมีหลายวิธี เช่น การรม, การใช้ความร้อน ได้แก่ การอบไอน้ำ การผ่านน้ำร้อน, การใช้ความเย็น, การใช้สารเคมีและการใช้พลังงานจากคลื่นไฟฟ้าต่าง ๆ (Armstrong and Couey, 1989 ; White and Elson-Harris, 1992)

การใช้คลื่นไมโครเวฟในการป้องกันและกำจัดแมลงในผลิตผลทางการเกษตรเป็นวิธีการที่สะดวก ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย คลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจำพวก non-ionizing ซึ่งเป็นคลื่นที่ไม่สะสมในสสาร ต่างจากคลื่นกลุ่ม ionizing ได้แก่ พวกรังสีอุลตราไวโอเลต รังสีเอกซ์และรังสีแกมมา ซึ่งสะสมในสสารได้ คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านไม้ พลาสติค แก้ว และกระดาษ ยกเว้นโลหะซึ่งจะทำให้คลื่นสะท้อนกลับ (มาลี และคณะ, 2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กลไกที่คลื่นไมโครเวฟสามารถทำลายแมลงได้ในช่วงเวลาสั้นมาก เนื่องจากผลของคลื่นที่มีต่อแมลง 2 ประการคือ ผลที่ไม่เกี่ยวกับความร้อนและผลที่เกี่ยวกับความร้อน เมื่อแมลงได้รับคลื่นไมโครเวฟจะเกิดผลที่ไม่เกี่ยวกับความร้อนก่อน โดยโมเลกุลที่มีประจุเมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟจะสั่นสะเทือนหันเหเป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เช่น ทำให้ประจุไฟฟ้าและความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลง โมเลกุลเรียงตัวใหม่ คุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนไป ขณะที่โมเลกุลสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงทำให้เกิดการเสียดสี เกิดเป็นพลังงานความร้อนในที่สุด ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นมีผลซ้ำเติมทำให้เซลล์สูญเสียน้ำและสารสำคัญต่าง ๆ คลื่นไมโครเวฟมีผลต่อเมตาโบลิซึม (metabolism) ของเซลล์แตกต่างกับผลที่เกิดจากพลังงานความร้อนอย่างเดียว (Boucher, 1972)

Estal *et al.* (1987) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของคลื่นไมโครเวฟที่มีผลกระทบต่อชีววิทยาของดักแด้และตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ Mediterranean fruit fly (medfly) *Ceratitis capitata* ที่ความถี่คลื่น 9 GHz พบว่า คลื่นไมโครเวฟมีผลต่ออัตราการวางไข่ อัตราการฟักของไข่ เช่นเดียวกับ Sharp *et al.* (1999) ทำการศึกษา พบว่า ไมโครเวฟกำลัง 16 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 49 หรือ 50 องศาเซลเซียส และ 30 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ตัวอ่อนระยะที่ 3 ของแมลงวันผลไม้ Caribbean fruit fly (*Anastrepha suspensa*) มีอัตราการตายที่ 99 เปอร์เซ็นต์

มาลี และคณะ (2535) ได้ทำการทดลองกำจัดแมลงและศัตรูทำลายสมุนไพรในโรงเก็บด้วยคลื่นไมโครเวฟ สมุนไพรจำนวน 59 ชนิดที่ใช้ในยาแผนโบราณไทย เมื่อใช้คลื่นไมโครเวฟที่มีกำลัง 100 เปอร์เซ็นต์ ความถี่คลื่น 2,450 MHz ทำลายไข่ ตัวอ่อน ดักแด้และตัวเต็มวัยของมอดแป้ง เป็นเวลานาน 30 ถึง 240 วินาที พบว่า ตัวอ่อนถูกทำลายทั้งหมดที่เวลา 30 วินาที ดักแด้และตัวเต็มวัยถูกทำลายที่ช่วงเวลา 70 วินาที ตัวอ่อนถูกทำลายได้เร็วเนื่องจากไม่มีเปลือกหุ้มตัว ทำให้คลื่นไมโครเวฟสามารถผ่านเข้าไปทำลายเซลล์ได้มากเพราะมีลักษณะอ่อนนุ่ม มีน้ำและไขมันมาก มีคุณสมบัติในการดูดคลื่นไมโครเวฟไว้ได้มาก ทำให้ตัวอ่อนถูกทำลายได้เร็ว สำหรับดักแด้และตัวเต็มวัยต้องใช้เวลานานกว่าตัวอ่อนจึงจะถูกทำลายได้หมด

แมลงศัตรูในโรงเก็บมอดแป้ง confused flour beetle *Tribolium confusum* และ Indianmeal moth *Plodia interpunctella* Shayesteh and Barthakur (1996) ทำการศึกษาช่วงการเจริญเติบโตของแมลงทั้ง 2 ชนิด โดยเมื่อนำไปผ่านคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 หรือ 5 นาที พบว่า คลื่นความถี่ดังกล่าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของแมลงทุกระยะและสามารถทำลายแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในประเทศโปแลนด์มีการทดสอบการป้องกันแมลงและโรคในโรงเก็บเมล็ดข้าวสาลี ซึ่งเน้นวิธีการใช้สารเคมีและวิธีกายภาพในการกำจัดด้วงงวงข้าวสาลี granary weevil *Sitophilus granarius*, ,มอดแป้ง *T. confusum* และ Mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella* (*Ephestia kuehniella*) สำหรับวิธีกายภาพทำการศึกษาโดยนำเมล็ดข้าวสาลีไปอบไมโครเวฟนาน 15, 45, 60, 90, 120 และ 180 วินาที Pradzynska and Warchalewski (1999) พบว่า ที่เวลา 90 วินาที มีผลทำให้ความสามารถในการสืบพันธุ์ของแมลงทั้ง 3 ชนิดลดลง ในประเทศแถบตะวันออกกลาง Zaied *et al.* (2002) ทำการทดสอบโดยนำเมล็ดข้าวสาลีที่มีความชื้นในเมล็ด 14 เปอร์เซ็นต์ และถูกด้วงงวงข้าวสาลี *S. granarius* เข้าทำลายไปอบไมโครเวฟคลื่นความถี่ 2,450 MHz กำลัง 281, 491 และ 561 วัตต์ นาน 25 และ 40 วินาที พบว่า สามารถทำลายแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ถูกมอดแป้งเข้าทำลายและเมื่อนำไปอบไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 0, 90 และ 180 นาที McBratney *et al.* (2000) พบว่า เมื่ออบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที แมลงตาย 90 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที แมลงตาย 100 เปอร์เซ็นต์

ช่วงเวลาและความถี่ของคลื่นไมโครเวฟมีความสำคัญในการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ Bedi and Major Singh (1992) ได้ศึกษาโดยใช้ระยะตัวอ่อนของผีเสื้อข้าวสาร rice moth *Corcyra cephalonica*, ตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลือง adzuki bean beetle *Callosobruchus chinensis* และมอดหัวป้อม lesser grain borer *Rhizopertha dominica* นำไปผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 12 – 18 GHz นาน 2, 5 หรือ 10 นาที พบว่า มีผลทำให้แมลงตายตั้งแต่ 0 – 54 เปอร์เซ็นต์

Baysal *et al.*(1998) ทำการควบคุม dried fig moth (*Ephestia cautella*) พบว่าไมโครเวฟที่ความถี่คลื่น 2,450 MHz กำลัง 900 วัตต์ นาน 90 วินาที มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของระยะไข่และตัวอ่อนของแมลง

สำหรับผลเชอรี่ Ikediala *et al.* (1999) รายงานว่า เมื่อนำผลเชอรี่ไปผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 915 MHz นาน 2 และ 5 นาที มีผลทำให้ตัวอ่อนระยะที่ 3 ของ codling moth (*Cydia pomonella*) ตาย 5 - 62 เปอร์เซ็นต์และ 39 - 98 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ในองุ่น El-Hameed (2000) ทำการทดสอบคุณภาพสีของลูกเกดเมื่อนำไปอบด้วยไมโครเวฟที่ 1.5 และ 2 นาที พบว่า เมื่ออบองุ่นนาน 1.5 นาที สีของลูกเกดจะสวยที่สุด และเมื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีแล้ว พบว่า ปริมาณน้ำตาลลดลง กรดอะมิโนลดลง แต่ลูกเกดจะมีสีสวยและปริมาณ phenol เพิ่มมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Boucher (1972) รายงานว่า น้ำและความชื้นมีผลทำให้คลื่นไมโครเวฟมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น โดยได้ทดลองเก็บสปอร์ของเชื้อ *Penicillium* sp. ไว้ในที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที ก่อนนำไปผ่านคลื่นไมโครเวฟ 30 วินาที พบว่าคลื่นสามารถทำลายสปอร์เหล่านี้ได้มากกว่าสปอร์แห้งถึง 90 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงคุณภาพของมะม่วงหลังจากใช้วิธีการอบไมโครเวฟหรือการใช้น้ำร้อน Rosa (2002) รายงานว่า เมื่อนำมะม่วงไปอบไมโครเวฟระดับสูงสุด นาน 2 และ 5 นาที และนำไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่า มะม่วงที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟมีผลทำให้มะม่วงสุกช้าและคุณสมบัติบางอย่างเปลี่ยนไป สำหรับมะม่วงที่ผ่านความร้อน คุณสมบัติทางกายภาพของสารเคมีในมะม่วงเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะความแข็งและสีผิวของมะม่วง อย่างไรก็ตาม Paull (1992) รายงานว่า การใช้น้ำร้อนและรังสีในการกำจัดแมลงวันผลไม้เป็นวิธีการที่น่าสนใจและควรศึกษาต่อไปมากยิ่งขึ้น

การใช้ความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วง เมื่อความร้อนเข้าไปในผลไม้ อุณหภูมิภายในผลไม้จะเพิ่มขึ้นไปจนถึงระดับหนึ่งที่ทำให้แมลงวันผลไม้ทุกระยะการเจริญเติบโตซึ่งทำลายอยู่ภายในผลไม้ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ การให้ความร้อนเข้าไปในผลไม้เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้มีหลายวิธี แต่วิธีที่ได้รับความสนใจกันอย่างกว้างขวาง คือ การใช้อากาศหรือน้ำเป็นสื่อนำความร้อน โดยอาศัยอากาศเป็นสื่อนำความร้อนเข้าไปในผลไม้ซึ่งทำได้หลายวิธีการ (อุดร, 2537)

วิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงได้แก่ วิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment) โดยหมุนเวียนไอน้ำร้อนผ่านผลไม้ซึ่งบรรจุอยู่ในห้องที่ปิดมิดชิด ภายใต้สภาพอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ อุดร และคณะ (2529) พบว่า วิธีอบไอน้ำสามารถกำจัดระยะไข่และหนอนวัยต่าง ๆ ของแมลงวันผลไม้ oriental fruit fly, *B. dorsalis* และแมลงวันแตง melon fly, *B. cucurbitae* ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (*Mangifera indica* Linn. var. Nang Klangwan) อย่างมีประสิทธิภาพและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพ โดยเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผลขึ้นถึง 46.5 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 นาที

ในประเทศฟิลิปปินส์ Esguerra and Lizad (1990) รายงานว่า การอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้และแมลงวันแตงในมะม่วงพันธุ์ Carabao โดยคงอุณหภูมิภายในผลมะม่วงไว้ที่ 46.0 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที กระตุ้นให้เกิดอาการเนื้อเป็นรูพรุน แต่ Merino *et al.* (1985) กลับพบว่าไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติภายในผลมะม่วงพันธุ์ Carabao

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุดร และคณะ (2536) พบว่า การอบไอน้ำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ แรดและพิมเสนแดง โดยคงอุณหภูมิภายในผลไว้ที่ระดับอุณหภูมิ 47.0 องศาเซลเซียส และ 48.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 , 60 และ 120 นาที ภายใต้สภาพอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ 98 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงน้อยกว่ามะม่วงที่ไม่อบไอน้ำ ปริมาณน้ำตาลและความเป็นกรดไม่แตกต่างกัน

อีกวิธีหนึ่งได้แก่การใช้น้ำเป็นสื่อกลางความร้อน สำหรับในมะม่วง Sharp and Spalding (1984) รายงานว่าเมื่อนำมะม่วงไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 – 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที สามารถควบคุมการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Nguyen *et al.* (1998) ที่พบว่าเมื่อนำมะม่วงไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส นาน 5 และ 10 นาที จะทำให้สามารถควบคุมการเกิดโรค Anthracnose และ stem–end rot ได้

ในประเทศอัฟริกาใต้มีการทดสอบความต้านทานน้ำร้อนของมะม่วงก่อนการส่งออก โดยนำมะม่วงไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46.1, 47.1, 48.1, 49.1 และ 50.1 องศาเซลเซียส นาน 60 และ 90 นาที Grove *et al.* (1997) พบว่า มะม่วงที่แช่น้ำร้อนอุณหภูมิ 46.1 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่มะม่วง

ในประเทศไต้หวันมีการทดสอบมะม่วงที่ต้องการส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นโดย Lin *et al.* (1976) รายงานว่า การนำมะม่วงที่มีแมลงวันผลไม้อาศัยอยู่ไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 48 – 50 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีผลทำให้แมลงตายหมด

Smith (1992) ทำการทดลองกำจัดแมลงวันผลไม้ Northern Territory fruit fly *B. aquilonis* โดยใช้ระยะไข่และระยะหนอนวัยสุดท้ายกับมะม่วง 5 สายพันธุ์ พบว่า เมื่อนำมะม่วงไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 20 – 90 นาที โดยทั่วไปแล้วเมื่อแช่น้ำร้อนนาน 30 นาทีขึ้นไปมีผลทำให้แมลงตาย แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับขนาดผลของมะม่วงเช่นกัน

Laboschange *et al.* (1996) ได้นำมะม่วงไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ *C. capitata*, Natal fruit fly *C. rosa* และ marula fruit fly *C. cosyra* ซึ่งเป็นแมลงศัตรูมะม่วงที่สำคัญในแถบอาฟริกาใต้ก่อนนำมะม่วงส่งออกและถือเป็นวิธีที่มีคุณภาพ

ในประเทศเม็กซิโก (Sharp, 1989a) รายงานว่า ได้ทำการทดลองโดยนำระยะหนอนของแมลงวันผลไม้ *C. capitata* และ serpentine fruit fly *A. serpentina* ในมะม่วงไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45.9 – 47.1 องศาเซลเซียส หนอนมีอัตราการตายที่ 99.99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่น้ำร้อนเป็นเวลานาน 67.5 และ 64.5 นาที ตามลำดับ มะม่วงที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46.1 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 90 นาที พบว่า ไม่มีผลทำให้มะม่วงเกิดความเสียหาย ซึ่งขัดแย้งกับงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดลองของ Nyanjage *et al.* (1999) ที่รายงานว่า มะม่วงเมื่อนำไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46.5 องศาเซลเซียส นานกว่า 60 นาที มีผลทำให้ผิวของมะม่วงเกิดความเสียหายเล็กน้อย

ในประเทศบราซิลมีการทดลองกำจัดแมลงวันผลไม้ 3 ชนิดในมะม่วง โดยนำมะม่วงไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45.9 – 46.3 องศาเซลเซียส พบว่า ไข่และหนอนมีอัตราการตาย 99.99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่ในน้ำร้อนเป็นเวลานาน 39.7 และ 68.5 นาที สำหรับ South American fruit fly *A. fraterculus*, 65.7 และ 65.2 นาที สำหรับ West India fruit fly *A. obliqua* และ *C. capitata* เป็นเวลานาน 59.4 – 73.7 นาที ตามลำดับ (Nascimento, 1992)

การกำจัดแมลงวันผลไม้ในมะม่วง Sharp (1990) ได้ทำการทดลองโดยใช้ระยะหนอนของ *C. capitata, A. obliqua, A. fraterculus* และ the Inga fruit fly *A. distincta* ใส่ในมะม่วงแล้วนำไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46.1 ± 0.25 องศาเซลเซียส พบว่า หนอนมีอัตราการตาย 99.99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปแช่น้ำร้อนเป็นเวลานาน 76.1, 113.4, 75.6 และ 65.8 นาที ตามลำดับ นอกจากนี้ Sharp (1988) พบว่า เมื่อนำหนอนไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46.1 ± 0.25 องศาเซลเซียส นาน 75 นาที สำหรับพันธุ์ Francis และ 90 นาที สำหรับมะม่วงพันธุ์อื่น มีผลทำให้แมลงตายทั้งหมดและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับมะม่วง

Shellie and Mangan (2002) พบว่า ในมะม่วงที่มี Mexican fruit fly *A. ludens* ระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 เข้าทำลาย เมื่อนำไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46.1 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 110 นาที มีผลทำให้แมลงตายหมดและไม่ทำให้คุณภาพของมะม่วงเสียหาย ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Sharp (1989b) ที่ทำการทดลองมะม่วงกับระยะหนอนของแมลงวันผลไม้ *A. ludens* และ *A. obliqua* โดยนำมะม่วงที่มีหนอนแมลงวันผลไม้อาศัยอยู่ไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46.1 องศาเซลเซียส พบว่า หนอนมีอัตราการตาย 99.99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่น้ำร้อนเป็นเวลานาน 65.1 และ 66.8 นาที ตามลำดับ

ในมะม่วง McGuire and Sharp (1997) ทำการทดสอบการกำจัด *A. suspensa* และ *A. obliqua* โดยแบ่งตามน้ำหนักของมะม่วง มะม่วงที่มีน้ำหนัก 701 – 770 กรัม เริ่มต้นแช่มะม่วงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส นาน 119 ± 16 นาที แล้วแช่ต่อที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส โดยให้อุณหภูมิรอบเมล็ดอยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส นาน 153 ± 6 นาที และมะม่วงที่มีน้ำหนัก 771 – 950 กรัม เริ่มต้นจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส นาน 139 ± 13 นาที แล้วแช่ต่อที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส โดยให้อุณหภูมิรอบเมล็ดอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส นาน 175 ± 2 นาที พบว่า มะม่วงที่มีน้ำหนักน้อยกว่ามีความเสียหายและเน่า 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมะม่วงที่มีน้ำหนักผลมากกว่ามีความเสียหายและเน่า 10 เปอร์เซ็นต์ แต่รสชาติของมะม่วงไม่เปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Liang *et al.* (1993) ทำการทดลองการควบคุมแมลงวันผลไม้ โดยนำมะม่วงไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วนำไปแช่ต่อทันทีในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที พบว่า ตัวอ่อนตายทั้งหมดและน้ำร้อนไม่มีผลทำให้เกิดความเสียหายกับผิวของมะม่วง

ในผลฝรั่ง Gould (1992) ได้ทำการทดลองกำจัด *A. suspensa* โดยนำตัวอ่อนระยะที่ 3 ใส่ในผลฝรั่งแล้วนำไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46.1 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 32.7 นาที พบว่า ความร้อนสามารถทำให้แมลงมีอัตราการตาย 99.99 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีผลต่อคุณภาพของผลฝรั่ง

Gould (1994) ทำการทดลองกำจัดแมลงวันผลไม้ *A. suspensa* โดยนำระยะหนอนใส่ในผลฝรั่ง แล้วนำไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46.1 องศาเซลเซียส นาน 32.7 นาที พบว่า มีแมลงตาย 99.99 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อแช่นาน 35 นาที พบว่า ไม่มีแมลงเหลือรอดชีวิตและไม่ทำให้คุณภาพของผลฝรั่งลดลง ในประเทศเปรูมีการกำจัดแมลงวันผลไม้ Caribbean fruit fly ในผลฝรั่งก่อนมีการส่งออก โดยแช่น้ำร้อนตามขนาดของผลที่อุณหภูมิ 45.6 องศาเซลเซียส Gould and Sharp (1992) รายงานว่า ผลฝรั่งที่มีน้ำหนักผลมากกว่า 415 กรัม ให้แช่น้ำร้อนนาน 90 นาที ส่วนผลฝรั่งที่มีน้ำหนักผลน้อยกว่า 425 กรัม แช่น้ำร้อนนาน 75 นาที

ในผลมะละกอ Liquido (1990) ได้ทำการทดลองโดยให้แมลงวันผลไม้เพศเมียวางไข่ในมะละกอ แล้วนำไปจุ่มในน้ำร้อน 2 ครั้ง (double-dip) พบว่า ไข่ที่ผ่านน้ำร้อนจะฝ่อ ไม่สามารถฟักเป็นตัวอ่อนได้ นอกจากนี้ยังมีการแช่น้ำร้อน 2 ครั้ง Liquido and Cunningham (1990) รายงานว่า ในฮาวายทำการทดลองโดยนำมะละกอแช่ในน้ำร้อน 2 ครั้ง ครั้งแรกแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที และครั้งที่ 2 แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 49 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 นาที จะมีผลทำให้ไข่แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ไม่ฟัก

Hallman (1990) รายงานว่า ได้ทำการทดลองโดยนำหนอนวัย 3 ของ *A. suspensa* ใส่ในผลมะเฟือง แล้วนำไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 – 46.4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 45 นาที พบว่า แมลงตายถึง 99.99 เปอร์เซ็นต์

Gould (1988) ได้ทำการทดลองผล องุ่นกับ *A. suspensa* พบว่า เมื่อนำผลองุ่นไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 43.5 องศาเซลเซียส นาน 45 – 90 นาที สามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงได้

จากการทดลองนำแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ตัวอ่อนระยะที่ 3 โดยทดลองตั้งแต่เริ่มเข้าวัย 3 ใหม่ๆ เรื่อยไปจนกระทั่งจะเข้าดักแด้ เมื่อนำไปจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 43 – 48 องศา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซลเซียส เป็นเวลา 0 – 70 นาที Jang (1991) พบว่า หนอนวัย 3 ระยะท้ายๆ จะมีความต้านทานต่อความร้อนได้ดีกว่าหนอนที่เข้าวัย 3 ใหม่ๆ

Wallace (2001) รายงานว่า ก่อนการส่งออกผลไม้ไปยังประเทศนิวซีแลนด์จะต้องมีการกำจัดแมลงวันผลไม้เสียก่อน ซึ่ง Wallace ได้ทำการทดสอบความต้านทานของแมลงวันผลไม้ *B. aquilonis* ต่อความร้อนที่อุณหภูมิ 44, 46 และ 48 องศาเซลเซียส พบว่า ระยะหนอนวัย 1 ต้านทานความร้อนที่อุณหภูมิ 46 และ 48 องศาเซลเซียส ระยะไข่ที่มีอายุมากต้านทานความร้อนที่อุณหภูมิ 44 องศาเซลเซียส ส่วนระยะไข่ใหม่ๆ จะไม่ต้านทานในทุกอุณหภูมิ

Hansen and Sharp (1994) ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาต่อความต้านทานของหนอนวัย 3 ของแมลงวันผลไม้ *A. suspensa* โดยใส่หนอนในหลอดทดลอง (tube) จุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40, 43 และ 47 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที พบว่า แมลงไม่ตาย แต่เมื่อแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที พบว่า แมลงตายทั้งหมด

การต้านทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ในระยะไข่และระยะหนอน Tanabe *et al.* (1994) พบว่า ระยะไข่จะมีความต้านทานเพิ่มมากขึ้นตามอายุของไข่และระยะหนอนมีความต้านทานต่อความร้อนได้มากที่สุดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

Miyazaki and Dohino (2000) ทำการทดสอบความต้านทานต่อความร้อน โดยใช้ตัวอ่อนระยะที่ 3 ของแมลงวันผลไม้ (*B. dorsalis*) นำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปผ่านน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที พบว่า ตัวอ่อนที่ปล่อยในน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ตายหมดไม่สามารถทนต่อความร้อนได้ ส่วนตัวอ่อนที่ปล่อยในน้ำที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราการตายเป็น 81.4, 72.1 และ 64.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

การใช้ความเย็นในการป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้เป็นการลดอุณหภูมิลงเพื่อที่แมลงจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ Iwata *et al.* (1992) ศึกษาความต้านทานของตัวอ่อนต่อความเย็น พบว่าที่อุณหภูมิ 0.5 องศาเซลเซียส ระหว่างแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมกับผลส้ม ระยะตัวหนอนมีอัตราการตายไม่แตกต่างกัน ส่วนระยะไข่ ไข่ใหม่ ๆ จะอ่อนแอมากกว่าไข่ที่มีอายุ 1 วัน โดยมีอัตราไข่ฝ่อมากกว่า Hill (1988) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับผลส้มเช่นกัน โดยใช้แมลงวันผลไม้ Queensland fruit fly *B. tryoni* และ Mediterranean fruit fly *C. capitata* ระยะไข่และระยะหนอน พบว่า เมื่อนำผลส้มไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 1 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 16 วัน ระยะหนอนจะมีความต้านทานมากกว่าระยะไข่ การลดอุณหภูมิขณะเก็บรักษาผลส้ม Benschoter (1984) พบว่า เก็บผลส้มที่อุณหภูมิ 15.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือที่อุณหภูมิ 1.7 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าเป็นเวลานาน 19 วัน สามารถควบคุมการทำลายของแมลงวันผลไม้ *A. ludens* และ *A. suspensa* ได้

ในผลส้มจีนและผลส้มเขียวหวาน Heather and Whitfort (1996) พบว่า เมื่อนำไปแช่ในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ Queensland fruit fly (*B. tryoni*) ได้ทั้งหมดไม่มีแมลงเหลือรอดชีวิต

Burditt and Balock(1985) รายงานว่า ที่อุณหภูมิ 1.7 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าเป็นเวลานาน 10 วัน สามารถควบคุมการทำลายของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้ และที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เป็นเวลานาน 10 วัน สามารถควบคุมการทำลายของ *B. cucurbitae* เช่นเดียวกับ Liang *et al.* (2002) ได้ทำการทดลองกำจัด *B. dorsalis* ระยะหนอนวัย 3 ในผลส้มโอ โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 1.7 ± 0.06 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน พบว่า สามารถกำจัดแมลงได้หมดและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลส้มโอ

ในมะเฟืองที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21.1 วัน หรือ 1.1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13.6 วัน Gould (1990) พบว่า สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ *A. suspensa* ได้ถึง 99.99 เปอร์เซ็นต์ และผลมะเฟืองไม่ได้รับความเสียหาย ตลาดสามารถยอมรับได้

Gould และ Hennessey (1997) ทำการศึกษาถึงการควบคุมคุณภาพของผลมะเฟือง โดยนำผลมะเฟืองที่มีระยะหนอนของแมลงวันผลไม้ *A. suspensa* ไปแช่ในน้ำเย็นนาน 45 นาที แล้วนำไปเก็บไว้ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 1.1 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อแช่ไว้ 1 วัน แมลงตาย 20 เปอร์เซ็นต์ และถ้าแช่ไว้นาน 12 วัน แมลงจะตายหมด เช่นเดียวกับ Miller *et al* (1991) ได้ทำการศึกษาถึงคุณภาพของมะเฟือง โดยใช้มะเฟืองสายพันธุ์ Arkin ผลเขียวหรือผลเหลือง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส พบว่า มีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพของมะเฟืองเปลี่ยนไป เช่น สีของเปลือก น้ำหนักผลสูญหาย

Burikam *et al.* (1992) ทำการทดลองใช้ตัวอ่อนแมลงวันผลไม้อายุ 5 วัน ใส่ลงไปในผลมังคุด แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 5, 6 และ 7 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอ่อนตายทั้งหมดที่เวลา 19.4, 24.9 และ 24.9 วันตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Burikam *et al.* (1991) ที่รายงานว่า เมื่อนำตัวอ่อนแมลงวันผลไม้ระยะที่ 3 ใส่ในผลมังคุด แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 5, 6 และ 7 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอ่อนมีอัตราการตาย 99.99 เปอร์เซ็นต์เมื่อเวลาผ่านไป 20 วัน

Jessup (1993) พบว่า ผลมะนาวที่ถูกแมลงวันผลไม้เข้าทำลายและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 14 วัน *B. tryoni* ระยะที่ 1 และ *C. capitata* ระยะที่ 2 ไม่สามารถมีชีวิตรอด และ Jessup (1998) ได้ทำการทดลองโดยนำผลบลูเบอร์รี่ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1 ± 0.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า หนอนระยะที่ 1 มีความต้านทานต่อความเย็นมากที่สุด

ในพลับ Hallman (1993) ทำการทอลองกำจัดแมลงวันผลไม้ *A. suspensa* โดยนำระยะหนอนใส่ในผลพลับ แล้วนำไปแช่ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน พบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง

Armstrong *et al.* (1995) ทำการทดลองการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ *C. capitata* , *B. cucurbitae* และ *B. dorsalis* กับพืช 16 ชนิดที่อุณหภูมิ 0.6 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน พบว่า สามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงดังกล่าวได้

นอกจากนี้ยังมีการนำวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนมาผสมกับการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความเย็น Hallman (1995) ทำการทดลองโดยนำผลไม้ดิบที่มีระยะหนอนของแมลงวันผลไม้ *A. suspensa* ไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 90 นาที หรือในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 65 นาที แล้วนำไปเก็บที่ห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 1 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน หรือที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน พบว่าหนอนมีอัตราการตาย 99.99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved