

การเปรียบเทียบศักยภาพการกำจัดมอดด้วยความร้อนและความเย็น

Potential Comparison of Rice Weevil Eradicate By Heat and Cold Treatments

ปิยภรณ์ นาวาผล^{1*}, ประสันต์ ชุ่มใจหาญ¹

Piyaporn Navaphon^{1*}, Prasan Choomjaihan¹

¹สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร, 10520

¹King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand

*Corresponding author: Tel: 088 195 8567, E-mail: piyaporn.navaphon@gmail.com

บทคัดย่อ

แมลงในโรงเก็บนับเป็นปัญหาหลักสำหรับข้าวสารที่รอการจำหน่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้ควบคุมอุณหภูมิของอากาศ เพื่อยับยั้งปริมาณการเจริญเติบโตของมอดข้าวสาร และเพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดมอดข้าวสาร ซึ่งมี 4 ปัจจัยที่ควบคุม คือ (1)วิธีการให้อุณหภูมิ 3 แบบ (ตู้อบลมร้อน (HA), หลอดอินฟราเรด (IR) และเครื่องทำความเย็น (FR)) (2)การควบคุมอุณหภูมิ 4 ระดับ(สำหรับ HA และ IR ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 70 80 และ 90° C สำหรับ FR ควบคุมอุณหภูมิที่ -10 -5 0 และ 5° C ตามลำดับ) (3)ระยะเวลาการให้อุณหภูมิ 3 ช่วง (10 20 และ 30 min) และ (4)วัยเจริญเติบโต 4 ช่วงอายุ (ระยะไข่ ระยะหนอน ระยะดักแด้ และตัวเต็มวัย) ผลการทดลองพบว่าความร้อนและความเย็นส่งผลให้อัตราการตายของมอดข้าวสารสูงขึ้น การให้ความร้อนด้วยHA มีประสิทธิภาพการกำจัดมอดข้าวสารโดยรวมได้ดีที่สุด รองลงมาคือ IR และ FR เท่ากับ 77.5 61.91 และ 32.79% ตามลำดับ สำหรับ HA และ IR ปัจจัยระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการตายสูงขึ้นตามไปด้วย ความร้อนกับความเย็นส่งผลกระทบต่อการผสมพันธุ์และวางไข่ให้มีค่าลดลงจาก 106 % เป็น 97.33, 72.00 และ 54.67% สำหรับ FR HA และ IR ตามลำดับ นอกจากนี้ความร้อนส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค่าความขาวของเมล็ดไม่มีความแตกต่าง ส่วนค่าความชื้นของเมล็ดข้าวหอมมะลิลดลงเล็กน้อยเฉพาะการให้ความร้อน ต้นทุนพลังงานที่ใช้ทำความร้อนต่ำกว่าการทำความเย็น

คำสำคัญ: มอดข้าวสาร, ข้าวหอมมะลิ, การกำจัด, ความร้อน, ความเย็น

Abstract

The main problem of rice storage was the insect destruction. This research was then focused on solving this problem using the controlling atmosphere temperature to prevent the growth of rice weevil and to compare the percentage of rice weevil mortality. There were 4 control conditions which were 1) Type of given temperature (hor air oven (HA), infrared radiation (IR) and freezer (FR)), 2) Level of controlled temperature (60 70 80 and 90° C were for HA and IR, as well as -10 -5 0 and 5° C were for FR), 3) Period of applying temperature (10 20 and 30 min), and 4) Growth stage (egg, larva, pupa and adult). The results showed that applying heating the cooling process increased the mortality rate of rice weevil. Using HA gave highest efficiency of rice weevil mortality at 77.5, 61.91 and 21.79% respectively. Increasing of temperature and period of applying temperature of HA and IR increased the mortality rate. Applying heat and cool decreased the breeding from 106% to 97.33, 72.00 and 54.67% for FR HA and IR respectively. Furthermore, the heat increased the percentage of broken kernel; on the otherhand, the whiteness was not changed. The moisture content of rice kernel was decreased only heating process applied. Applying heating (HA and IR) required less energy consumption than applying FR.

Keywords: Rice weevil, Hommali rice, Eradicate, Heat, Cold

7 บทนำ

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีสภาพดินฟ้าอากาศเหมาะสมแก่การเกษตรกรรม ทั้งด้านการเพาะปลูกพืชต่างๆ สิ้นค้าเกษตรจึงเป็นสินค้าส่งออกสำคัญของประเทศ โดยหนึ่งในมูลค่าสินค้า

ส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) เป็นที่ทราบว่า ข้าวหอมมะลิ เป็นข้าวสายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดจากประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยถือเป็นแหล่งผลิตข้าวหอมมะลิที่มีคุณภาพดีที่สุดแห่งหนึ่ง การส่งออกข้าวหอมมะลิจึง

จำเป็นต้องมีการควบคุมมาตรฐานด้านการผลิต ให้เป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าวหอมมะลิไทย มกษ 4000-2560 เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อการขาย และราคาขายของข้าว การใส่ใจตั้งแต่กระบวนการเก็บรักษาคุณภาพก่อนการส่งออกหรือจำหน่ายจึงมีความจำเป็น

การเก็บรักษาสภาพข้าว มีเป้าหมายหลัก เพื่อยืดอายุข้าวเพื่อรอการทำการกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น การขนย้าย การส่งออก โดยต้องคำนึงถึงการควบคุมให้มีการสูญเสียของข้าวทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพน้อยที่สุดที่เกิดจากหลายสาเหตุ เป็นการทำลายของนก หนู และแมลงในโรงเก็บ ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องมาถึงคุณภาพ เกิดข้าวแอมล็ดเหลือง กลิ่นเหม็นอับ และมีสิ่งสกปรกเจือปนมาก (นิภาพร บุญชอบ, 2558) จากปัญหาดังกล่าว พบว่า 31.5 % เป็นปริมาณความเสียหายที่เกิดจากแมลงศัตรูข้าว (วีรวุฒิ กตัญญูกุล, 2526) โดยมอดข้าวสาร หรือ ตัวงวงข้าว เป็นหนึ่งในแมลงศัตรูหลักของข้าว ในอดีตวิธีการควบคุมแมลงนิยมใช้สารเคมีในการรมควันเพื่อกำจัดแมลง เนื่องจากง่ายต่อการใช้งาน แต่กลับพบว่าปริมาณสารพิษตกค้างบนข้าว นอกจากนี้พบว่าผลของการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงทำให้เกิดผลเสียหายติดตามมาหลายประการเช่นก่อให้เกิดการฉ้อและมีความต้านทานต่อสารเคมีของแมลงศัตรูพืชบางชนิด และก่อให้เกิดการระบาดเพิ่มมากขึ้นของแมลง แม้ว่าวิธีดังกล่าวถึงจะมีความสะดวกในการใช้งาน และราคาประหยัด แต่ในปัจจุบันความใส่ใจต่อสุขภาพ และความปลอดภัยของมนุษย์มากยิ่งขึ้น แนวทางการกำจัดแมลงโดยวิธีอื่นๆจึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ปัจจุบัน การศึกษาแนวทางการกำจัดมอดข้าวสาร มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี อุณหภูมิเป็นหนึ่งในแนวคิดที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีสะอาดและปลอดภัย จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตแมลง ไม่ว่าจะแมลงจะอยู่จุดไหนของวงจรชีวิตก็ตาม(D.Dent,2000) ทั้งอุณหภูมิสูงส่งผลให้ปฏิกิริยาเคมีต่างๆในสิ่งมีชีวิตเกิดได้เร็วขึ้น นอกจากนั้นอุณหภูมิที่สูงเกินไปทำให้โปรตีนเปลี่ยนแปลงสภาพ ทำให้เอนไซม์ในปฏิกิริยาต่างๆ ซึ่งเป็นโปรตีนอย่างหนึ่งไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตหยุดการเจริญเติบโต และอาจถึงตายได้ (การป้องกันและควบคุมแมลงหลังการเก็บเกี่ยว, 2556) สำหรับอุณหภูมิต่ำ มีผลกระทบทั้งทางกายภาพและชีวภาพของแมลง หากอุณหภูมิต่ำหรืออากาศเย็นต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ จะส่งผลให้เซลล์ประสาทแห้งและทำลายสารเคมีภายในตัวสิ่งมีชีวิตจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ (Brent J. Sinclair Et, al ,2003) โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25°C จะทำให้มอดข้าวสารหยุดการเคลื่อนที่และตายเมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 5 °C เป็นเวลานานกว่า 1 สัปดาห์ (Paul G. Fields, 1992) เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงวิธีการกำจัดมอดข้าวสารโดยปรับเปลี่ยนวิธีการให้อุณหภูมิ 3 รูปแบบ ได้แก่ การให้ความเย็นด้วยเครื่องทำความเย็น การให้ความร้อนด้วยตู้อบลมร้อน และการให้ความร้อนด้วยหลอดรังสีอินฟราเรด นอกจากนี้ หากมองว่ามอดข้าวสารในวัยต่างๆ (ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย) ขนาดตัว น้ำหนัก การเคลื่อนที่ ย่อมส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการเสียชีวิต เพื่อให้งานวิจัยมีความแม่นยำ จึงศึกษาการเสียชีวิตของมอดข้าวสารที่ระยะต่างๆ เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ และวิธีการที่แตกต่างกันต่อการกำจัดมอดข้าวสาร และการเจริญวัยของมอดข้าวสารในรุ่นถัดไป รวมถึงศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ และวิธีการที่แตกต่างกันในการกำจัดมอดข้าวสาร ต่อคุณภาพข้าวหอมมะลิ

8 อุปกรณ์และวิธีการ

การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดมอดข้าวสาร มีปัจจัย 4 ปัจจัยที่ควบคุม คือ (1)วิธีการให้อุณหภูมิ 3 แบบ (ตู้อบลมร้อน Hot Air Oven (HA), หลอดอินฟราเรด Infrared (IR) และเครื่องทำความเย็น Freezer (FR)) (2)อุณหภูมิ 4 ระดับ(สำหรับ HA และ IR ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 70 80 และ 90 °C สำหรับ FR ควบคุมอุณหภูมิที่ -10 -5 0 และ 5 °C ตามลำดับ) ระยะเวลาการให้อุณหภูมิ 3 ช่วง (10 20 และ 30 m) วัยเจริญเติบโต 4 ช่วงอายุ (ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย)

2.1 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และหน่วยทดลอง

การเตรียมพร้อมสำหรับการทดลอง เริ่มจากกระบวนการเพาะเลี้ยงแมลงเพื่อเพิ่มจำนวนมอดข้าวสาร กระบวนการผสมพันธุ์ โดยนำข้าวหอมมะลิสะอาด ผสมมอดข้าวสารคละเพศ (รุ่นที่1) ใส่กล่องเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 3 วัน เพื่อให้มอดผสมพันธุ์และวางไข่ รอ 50 วัน จนไข่กลายเป็นตัวเต็มวัยสมบูรณ์ คัดแยกตัวเต็มวัยออกจะได้มอดข้าวสารรุ่นที่2 ที่มีอายุและขนาดตัวใกล้เคียงกันส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนในการทดลองที่เหลือมีค่าลดลง หลังจากนั้นคำนวณระยะเวลาเจริญเติบโตในวัยต่างๆ โดยทำการเพาะพันธุ์มอดข้าวสารรุ่นที่2 ให้ได้มอดข้าวสารรุ่นที่ 3 โดยการผสมมอดข้าวสารรุ่นที่ 2 กับข้าวหอมมะลิอีกครั้ง เพื่อติดตามสถานะการเจริญเติบโต พร้อมกับคำนวณจำนวนวันในวัฏจักรชีวิตเฉลี่ย โดยเริ่มวัดค่าตั้งแต่วันที่ 4 หลังจากผสมมอดข้าวสารและข้าวหอมมะลิ ดังรูปที่ 1 พบว่าเมื่อครบ 50 วันมีมอดข้าวสารเกิดขึ้นในสภาวะปกติ 53 ± 6.04 ตัว จากเริ่มต้นรุ่นที่ 2 จำนวน 50 ตัวต่อซ้ำ (ทั้งหมด 9 ซ้ำ)

จากรูปที่ 1 พบว่าวันที่เหมาะสมต่อการตรวจรอบระยะไข่คือ 7 วัน ระยะหนอนคือ 14-27 วัน ระยะดักแด้คือ 39 วัน และตัวเต็มวัยคือ 50 วัน เริ่มนับจำนวนวันแรกจากวันผสมตัวเต็มวัยและข้าวหอมมะลิ

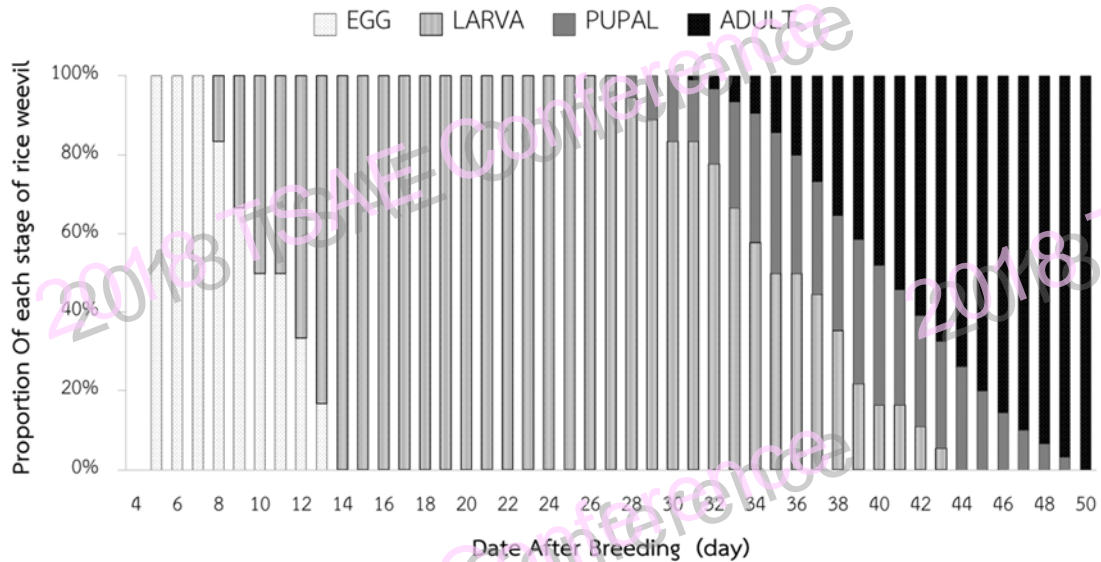


Figure 1 Proportion Of each stage of rice weevil

2.2 การกำจัดมอดข้าวสารด้วยการปรับเปลี่ยนสภาวะอุณหภูมิ

หลังจากเตรียมหน่วยทดลองวัยเจริญเติบโตทั้ง 4 ช่วงระยะดังหัวข้อ 2.1 นำหน่วยทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วยข้าวหอมมะลิผสมมอดข้าวสารที่วัยเจริญเติบโตต่างๆ มาศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดมอดข้าวสารด้วยความร้อนและความเย็น การทดลองนี้ ได้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Factorial Analysis in Completely Randomized Design (CRD) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การให้ความร้อนโดยวิธีการตู้อบลมร้อน

นำหน่วยทดลองที่เตรียมไว้ให้ความร้อนด้วยตู้อบลมร้อน (Memmert รุ่นUF200 Germany) ที่อุณหภูมิ 60 70 80 และ 90° C เป็นเวลา 10 20 และ 30 min โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.2.2 การให้ความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรด

นำหน่วยทดลองที่เตรียมไว้ให้ความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรดจำนวน 2 หลอด กำลังไฟหลอดละ 650 Watt ที่อุณหภูมิ 60 70 80 และ 90° C เป็นเวลา 10 20 และ 30 min โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.2.3 การให้ความเย็น

นำหน่วยทดลองที่เตรียมไว้ให้ความเย็นด้วยเครื่องทำความเย็นที่อุณหภูมิ -10 -5 0 และ 5° C เป็นเวลา 10 20 และ 30 min โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.2.4 การตรวจสอบผลการทดลอง

นำหน่วยทดลองหลังจากผ่านสภาวะอุณหภูมิต่างๆ มาเก็บรักษาไว้ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เพื่อรอให้อุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิปกติการตรวจสอบระยะไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ระยะระยะเวลาอีก 43 26 11 และ 0 วัน ตามลำดับ (ให้ครบ 50 วัน) หลังจากนั้นตรวจนับจำนวนตัวเต็มวัยที่พบ แล้วเปรียบเทียบ

เปอร์เซ็นต์คำนวณจากสมการที่ eq.1 มอดข้าวสารตัวเต็มวัยที่รอดชีวิตจากการให้ความร้อน ความเย็นทุกสภาวะ

$$\%RW_E = \frac{RW_{norm} - RW_D}{RW_{norm}} \times 100 \quad (\text{eq.1})$$

โดยที่

$\%RW_E$ = เปอร์เซนต์การกำจัดมอดข้าวสาร

RW_{norm} = จำนวนมอดข้าวสารที่สามารถเกิดได้ที่สภาวะปกติ

RW_D = จำนวนมอดข้าวสารที่เสียชีวิต

2.3 การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเจริญวัยของมอดในรุ่นถัดไป

คัดแยกมอดข้าวสารตัวเต็มวัยจากรุ่นที่ 3 ที่รอดชีวิตออกจากข้าวหอมมะลิ แบ่งการจัดเก็บมอดข้าวสารออกเป็น 3 ส่วนโดยใช้วิธีการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็นเกณฑ์ในการคัดแยก คณะทุกระยะเวลาและระดับอุณหภูมิ คือ กลุ่มHA กลุ่มIR และกลุ่มFR หลังจากนั้นสุ่มมอดข้าวสารจากทั้ง 3 ส่วน จำนวนส่วนละ 50 ตัวผสมข้าวหอมมะลิ 100 กรัม เป็นเวลา 3 วันเช่นเดิม จำนวน 5 ซ้ำ หลังจากนั้นรอให้ครบ 50 วัน ตามวิธีการการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และหน่วยทดลองในหัวข้อ 2.1 เพื่อตรวจนับจำนวนตัวเต็มวัยของมอดข้าวสาร เป็นการเปรียบเทียบอัตราการสืบพันธุ์และความพิการที่อาจเกิดจากความร้อนและความเย็น โดยคำนวณจากสมการที่ eq.2

$$\%RW_{Breeding} = \frac{RW_B}{RW_{norm}} \times 100 \quad (\text{eq.2})$$

โดยที่

$\%RW_{Breeding}$ = เปอร์เซนต์การสืบพันธุ์

RW_{norm} = จำนวนมอดข้าวสารที่สามารถเกิดได้ที่สภาวะปกติ

RW_B = จำนวนมอดข้าวสารที่เกิด

2.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวหอมมะลิหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนและความเย็น

การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหัก ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการคัดขนาดเมล็ดข้าว ตรวจสอบน้ำหนักเมล็ดข้าวภายในช่องข้าวตัน ช่องข้าวหัก หลักจากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวจากสมการที่ eq.3 แล้วทำการเปรียบเทียบระหว่างชุดข้าวหอมมะลิสะอาดก่อนและหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนและความเย็น

$$\text{เปอร์เซ็นต์การแตกหัก} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดแตกหัก}}{\text{น้ำหนักรวม}} \times 100 \text{ (eq.3)}$$

การตรวจสอบค่าความขาวของข้าวหอมมะลิ ทดสอบระดับความขาวด้วยเครื่องวัดความขาว(Satake MM1D) เปรียบเทียบระหว่างชุดข้าวหอมมะลิสะอาด และชุดข้าวหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนและความเย็น พร้อมทั้ง

การตรวจสอบค่าความชื้นของข้าวหอมมะลิด้วยเครื่องทดสอบความชื้น(Moisture Tester MODEL TA-5) เปรียบเทียบระหว่างชุดข้าวหอมมะลิสะอาด และชุดข้าวหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนและความเย็น

2.4 การศึกษาต้นทุนพลังงานของการให้ความร้อนและความเย็น

ตรวจสอบกระแสไฟภายในเครื่องเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องทำความร้อนและความเย็นโดยวัดจากเครื่อง Clamp Meter (FLUKE 322) คำนวณหาพลังงานที่ใช้ต่อ 1 หน่วยทดลองจากสมการที่ eq.4

$$P = VI \cos \phi \text{ (eq.4)}$$

โดยที่

P = กำลังไฟฟ้า(Watt)

V = แรงดันไฟ (V)

I = กระแสไฟที่ไหลในวงจร (A)

9 ผลและวิจารณ์

จากการทดลองตามวิธีการทดลองในหัวข้อที่ 2 ผลการทดลองถูกนำมาคำนวณด้วยโปรแกรม SPSS version 16.0 แผนการทดลอง Factorial Analysis in CRD แบบ TWO-WAY ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองมอดข้าวสารแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

3.1 ผลการทดลองการกำจัดมอดข้าวสารด้วยการปรับเปลี่ยนสภาวะอุณหภูมิ

3.1.1 การให้ความร้อนโดยด้วยตู้อบลมร้อน

จากการทดลองพบว่าระยะตัวเต็มวัยทนต่อความร้อนได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) รองลงมาคือ ระยะไข่ ระยะตัวหนอน และระยะดักแด้ โดยมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดมอดข้าวสารที่ระยะต่างๆเท่ากับ 65.05±36.38 75.20±27.45 79.92±25.42 และ 89.83±11.36 % ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัย D.Dent

(2000) กล่าวว่า ระยะดักแด้เป็น ระยะที่อ่อนแอต่อสภาวะบรรยากาศที่ไม่เหมาะสมมากที่สุด ในด้านของระยะเวลาที่ให้ความร้อน ช่วงเวลาที่นานกว่า 20 นาที พบอัตราการตายเฉลี่ยสูงประมาณ 95-100 % ที่ทุกช่วงอุณหภูมิ ในด้านอุณหภูมิ เหมาะสำหรับการใช้ 80 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะสามารถหยุดการเจริญเติบโตของมอดข้าวสารได้เฉลี่ย 100 % แสดงดังFigure 2 โดยค่าเฉลี่ยในการกำจัดด้วยตู้อบลมร้อน เท่ากับ 77.5 %

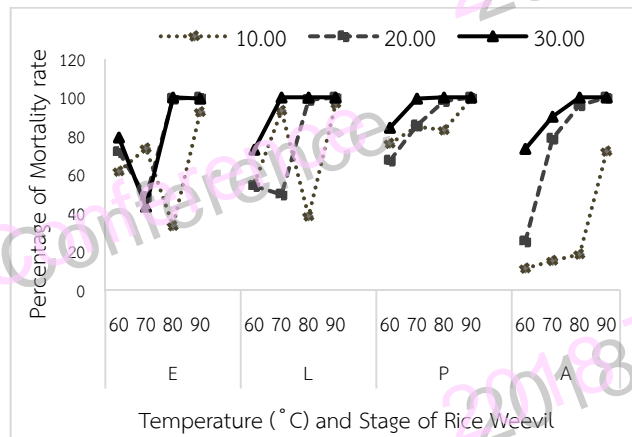


Figure 2 Percentage of Mortality rate of Hot Air Oven

การเสียชีวิตของมอดข้าวสารจากการผ่านความร้อนด้วยตู้อบลมร้อนน่าจะเกิดจากผลกระทบการผ่านความร้อนจากตู้อบลมร้อนไปยังหน่วยทดลอง(เมล็ดข้าวและแมลง) ส่งผลทำให้น้ำในตัวแมลงมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงสภาวะที่แมลงไม่สามารถทนได้และตายในที่สุด

3.1.2 การให้ความร้อนด้วยหลอดรังสีอินฟราเรด

แม้ว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิเท่ากัน แต่ด้วยวิธีการถ่ายเทความร้อนต่างกันส่งผลให้จำนวนการตายและประสิทธิภาพการกำจัดไม่เท่ากัน จากการวิเคราะห์ พบว่าอัตราการตายหลังผ่านการให้ความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรดมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) ความร้อนจากหลอดอินฟราเรด มีปฏิกิริยาต่อระยะไข่มากที่สุด แสดงในFigure 3 พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตในระยะนี้ เฉลี่ยถึง 93.71±6.16% ตามด้วยระยะหนอน(24d) ดักแด้(39d) และตัวเต็มวัย(45d) ที่เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 80.08±19.32 40.46±30.38 และ 33.38±20.68% ตามลำดับ การให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ส่งผลให้สภาวะที่แมลงเสียชีวิตแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha =0.05$) เมื่อมองภาพรวม 3 ปัจจัย (ระยะการเติบโต อุณหภูมิ เวลา) สภาวะที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตมอดข้าวสารได้สมบูรณ์ที่สุด คือ ระยะไข่ โดยใช้อุณหภูมิ 90 °C 30min มีเปอร์เซ็นต์กำจัดเฉลี่ย 98.11% จากการศึกษาพบว่า หากอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 120 °C จะสามารถพบอัตราการตายที่สมบูรณ์(ประดิษฐ์ งามชมิมา, 2555)

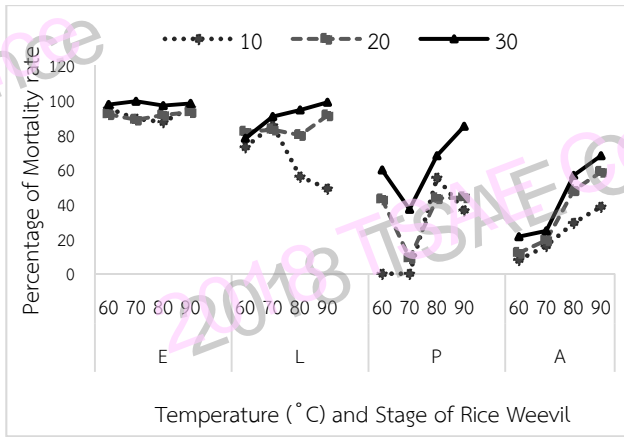


Figure 3 Percentage of Mortality rate of Infrared Tube

การตายของมอดข้าวสารนั้น เกิดจากรังสีเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีอำนาจทะลุทะลวงสิ่งมีชีวิตไปกระตุ้นโมเลกุลต่างๆรวมถึงของเหลวภายในร่างกายให้เกิดการแตกตัว (คือ H และ O) มีผลให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้ม (membrane) และปฏิกิริยาต่างๆเสียสมดุลย์ (การป้องกันและควบคุมเมแทบอลิซึมหลังการเก็บเกี่ยว, 2556)

3.1.3 การให้ความเย็นด้วยเครื่องทำความเย็น

การกำจัดมอดข้าวสารด้วยความเย็นที่วิธีต่างๆมีประสิทธิภาพการกำจัดที่ต่ำกว่าวิธีการทางความร้อน ทุกๆระยะการเจริญเติบโตจากการวิเคราะห์ที่ภาพรวมทั้งหมด จาก 4 อุณหภูมิ 3 ระยะเวลา 4 วัน และ 3 วิธีการกำจัด ดังFigure 4 สามารถสรุปภาพรวมออกเป็นหลายส่วน ระยะหนาว (24 วัน) เหมาะกับการกำจัดด้วยวิธีการทางความเย็น มีอัตราการกำจัดสูงสุดเพียง 92.45± เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 73.63±16.32 ที่ -10 องศา 30 นาที เนื่องจากระยะตัวเต็มวัย ดักแด้ และไข่ ทนต่อความเย็นที่ทุกอุณหภูมิได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดเฉลี่ย 14.83±8.31 , 11.94±31.74 , 30.76±34.88% เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงเมื่ออยู่ในสถานะที่อุณหภูมิลดต่ำลงและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามความเย็นสามารถลดอัตราการเจริญเติบโตของมอดข้าวสารทุกระยะได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมีผลกระทบต่อกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์บางประเภททำให้ตัวอ่อนแมลงพัฒนาเป็นแมลงตัวเต็มวัยได้ไม่เต็มที่ (สำนักงานมาตรฐานเกษตรและอาหารแห่งชาติ ,2556) อัตราการตายของมอดนั้น เกิดจากอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของเหลวภายในแมลง จะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งภายในเซลล์ ซึ่งจะสร้างความเสียหายแก่เซลล์ นำไปสู่การเสียชีวิต (Claire Asher, 2016) หรือ จะส่งผลให้เซลล์ประสาทแห้งและทำลายสารเคมีภายในตัวสิ่งมีชีวิตจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ (Brent J. Sinclair Et, al ,2003) แมลงบางส่วนอาจรอดชีวิตจากกลไกถ่ายเทน้ำออกจากภายในตัว จนอยู่สถานะขาดน้ำ ซึ่งป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งภายในร่างกาย (Claire Asher, 2016) โดยการเอาไอโซโพรพาน้ำแข็งมาเริ่มต้นสร้างน้ำแข็งสังเคราะห์โปรตีน เพื่อลดศักยภาพในการเกิดนิวเคลียสของเมล็ดคริสตัล และสะสมน้ำตาล , กลีเซอรอล

ซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิในการตกผลึกด้วย (Brent J. Sinclair Et, al ,2003)

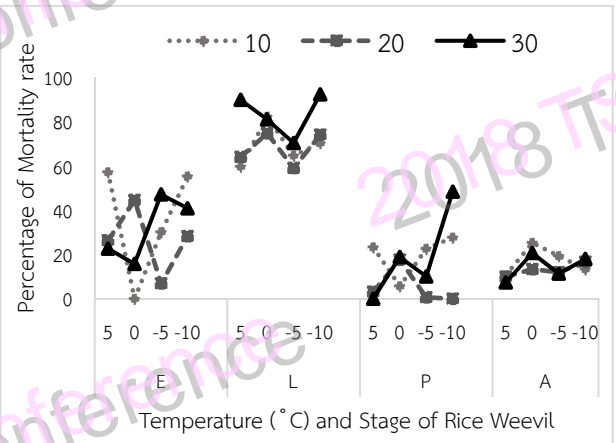


Figure 4 Percentage of Mortality rate of Freezer

3.2 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผสมพันธุ์และวางไข่

การขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ในรุ่นที่ 2 พบว่ามีปริมาณสูงกว่ารุ่นแรกถึง 106±8.5% เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนมอดข้าวสารที่ไม่ผ่านกระบวนการปรับเปลี่ยนสถานะอุณหภูมิห้อง จากการศึกษาพบว่าวิธีการให้อุณหภูมิทั้งจากความร้อนและความเย็น สามารถยับยั้งปริมาณการสืบพันธุ์ของมอดข้าวสารในรุ่นถัดไป ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) พบว่าFR HA และ IR โดยมีอัตราการเกิด 97.33±18.87, 72.00±12.12 และ 54.67±9.5% ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิสูงสามารถลดอัตราการสืบพันธุ์ของมอดข้าวสารได้ดีกว่าอุณหภูมิต่ำ ให้ลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนที่ลดลงนั้นมีความเป็นไปได้ 2 กรณี ได้แก่ ตัวเต็มวัยที่เจริญออกมาหลังจากผ่านกระบวนการมีความผิดปกติทางด้านกายภาพ ยกตัวอย่างความพิการจากอุณหภูมิ (Brent J. Sinclair Et, al, 2003) ส่งผลให้ผสมพันธุ์และวางไข่ลดน้อยลง หรือประเด็นที่สองเป็นไปได้ว่ามีการผสมพันธุ์ แต่ไม่มีการวางไข่ เนื่องจากความผิดปกติทางชีวภาพ

3.3 ผลการทดลองตรวจสอบคุณภาพข้าวก่อนและหลังการให้ความร้อน

การทดลองนำข้าวผสมมอดข้าวสารไปผ่านอุณหภูมิต่ำและสูงนั้น ไม่ใช่เพียงมอดข้าวสารเท่านั้นที่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิ คุณภาพข้าวเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เราจำเป็นต้องคำนึงถึง ดังนั้นหลังจากนำข้าวหอมมะลิผสมมอดข้าวสารผ่านการให้ความร้อนและความเย็นด้วยวิธีต่างๆ นำข้าวหอมมะลิมาทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การแตกหัก สี และความชื้นของข้าวที่เปลี่ยนไป

3.3.1 การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าว

เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวหอมมะลิสมบูรณ์มีค่าเฉลี่ย 3.95±0.17% หลังจากนั้นนำไปผ่าน อุณหภูมิสูงและต่ำ พบค่าการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การแตกหัก แตกต่างจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) ข้าวที่ผ่านความร้อนจากตู้อบลมร้อน ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักสูงขึ้นตามระยะเวลา

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเป็น 4.69 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าวิธีการอินฟราเรดที่มี เปอร์เซ็นต์การแตกหักเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 เปอร์เซ็นต์ ดังFigure 5 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความร้อน ทั้ง 2 รูปแบบ มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่ เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประสงค์ ชุมใจหาญ(2544) พบว่าข้าวเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อความสามารถในการ รับแรงต่ำลง นอกจากนี้สภาวะความชื้นบรรยากาศ ความชื้นสูง ส่งผลให้การแตกหักเพิ่มขึ้นเช่นกัน (สุวรรณหา ทงหุย ,2558) ในทางกลับกัน เมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักลดลงเล็กน้อย เมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังคงอยู่ใน มาตรฐานข้าวหอมของไทย (กรมวิชาการเกษตร , 2548) คุณภาพข้าวดี คือ เปอร์เซ็นต์การแตกหักไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ และ จากมาตรฐานสินค้าเกษตร มชก 4000

สรุปได้ว่า เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวหลังผ่านความร้อนและความเย็นยังคงอยู่ในเกณฑ์การซื้อข้าว ภายในและนอกประเทศ กล่าวคืออุณหภูมิไม่ส่งผลต่อราคา และการซื้อขายข้าว อย่างแน่นอน

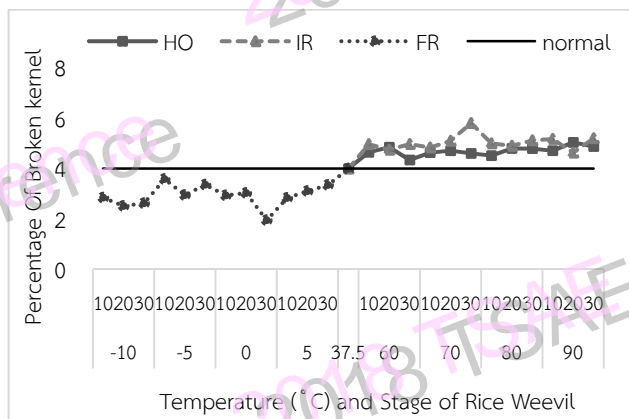


Figure 5 Percentage of Broken Kernel

3.3.2 การตรวจสอบความขาว

จากการตรวจสอบค่าความขาวแสดงดังFigure 6 ผลการ ทดลองค่าความขาวของข้าวหอมมะลิก่อนผ่านกระบวนการให้ อุณหภูมิ คือ 44.0 ± 0.36

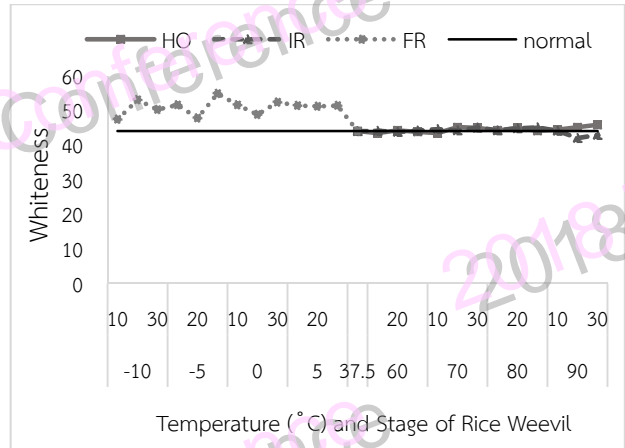


Figure 6 whiteness of kernel

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่พบความแตกต่างระหว่าง ก่อน และหลังให้ความร้อน ความเย็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$)

3.3.3 การตรวจสอบค่าความชื้น

ความชื้นของเมล็ดข้าวหอมมะลิสัมบูรณ์ก่อนการเพาะเลี้ยง มอดมีค่าเฉลี่ย 11.7% และเมื่อนำข้าวหอมมะลิผ่านกระบวนการ ให้ความร้อนด้วยตู้อบลมร้อนแสดงใน Figure 6 พบว่าการให้ ความร้อนทั้งสองวิธีดังกล่าวส่งผลให้เมล็ดข้าวหอมมะลิมิ ความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) และลด ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 30 นาที แต่ ความชื้นจากเมล็ดที่อบด้วยตู้อบลมร้อนจะมีค่าความชื้น แตกต่างจากการให้ความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรดเพียง เล็กน้อยและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

3.4 ต้นทุนพลังงานของการให้ความร้อนและความเย็น

ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยทดลอง (ข้าวหอมมะลิ 100 g ผสมมอดข้าวสาร 50 ตัว) ของการวิธีการให้ความร้อน (HA และ IR) ต่ำกว่าการให้ความเย็น(FR) เท่ากับ 48.82 51.04 และ 95.11 Watt/100g ตามลำดับ

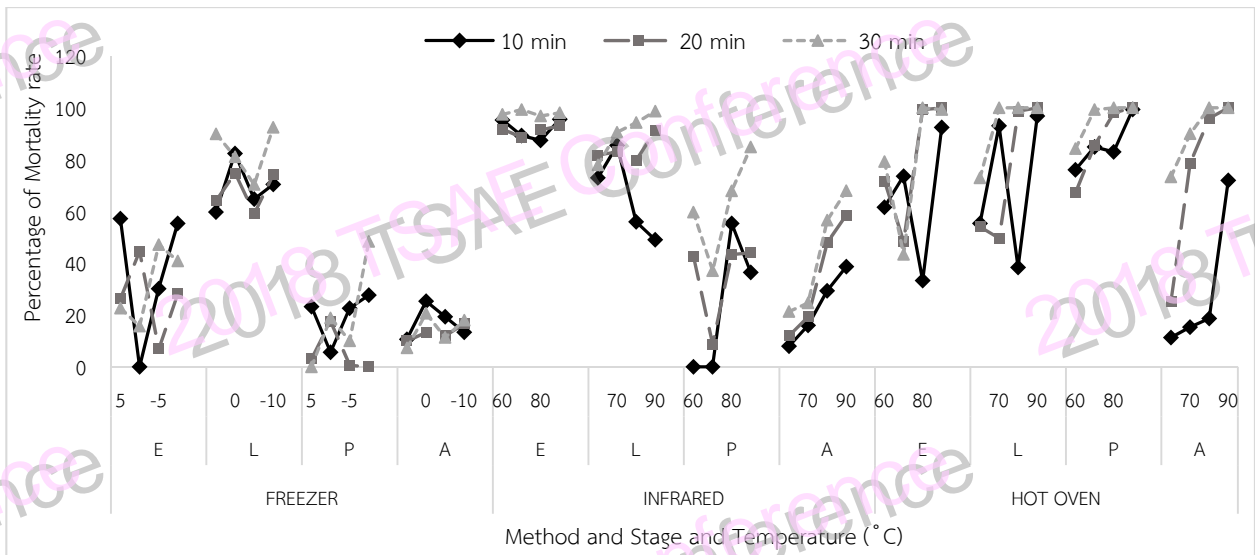


Figure 7 Percentage of Rice Weevil Mortality by HA, FR, IR

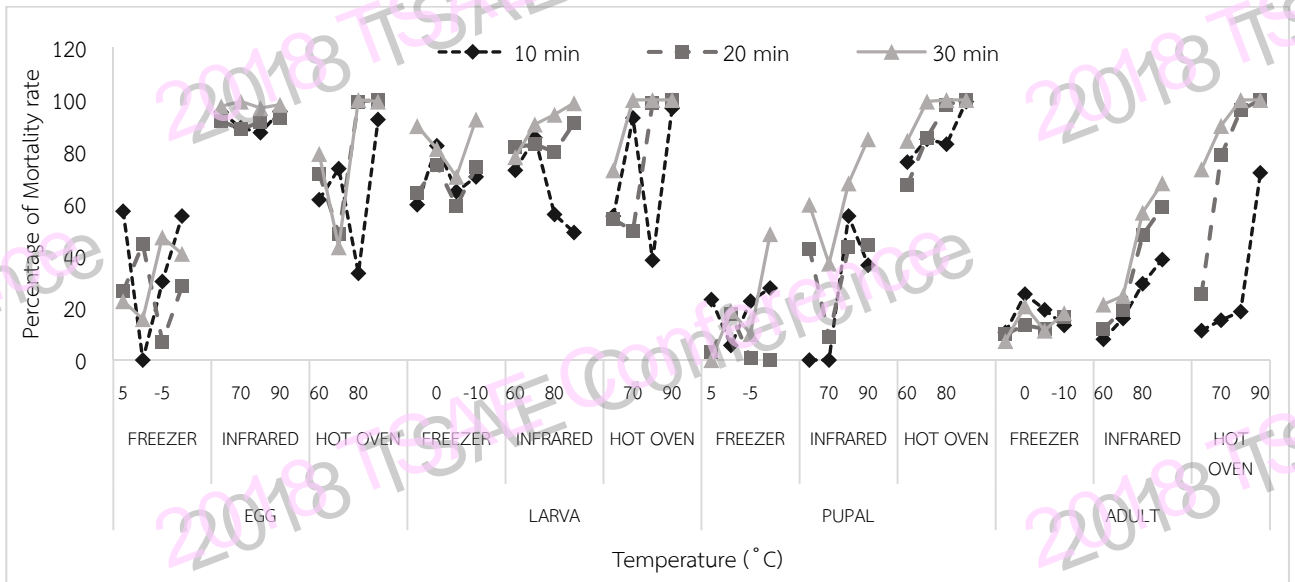


Figure 8 Percentage of Rice Weevil Mortality in four different stages

10 สรุป

จากการทดลองพบว่าวิธีการที่ต่างกัน ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของมอดข้าวสารทั้ง 4 ระยะไม่เท่ากันแสดงดัง Figure 7 และ Figure 8 เนื่องจากแมลงตอบสนองต่อความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น หนอน และดักแด้ พบน้อยมากในอากาศแห้ง หรืออุณหภูมิต่ำ (ชุมพล กันทะ, 2533) สภาวะอุณหภูมิต่ำหรือความเย็นนั้น เหมาะกับการกำจัดมอดข้าวสารในระยะ ตัวหนอน มากที่สุด สำหรับความร้อนจากหลอดอินฟราเรด เหมาะกับการกำจัดระยะไข่ รองลงมาคือ หนอน ดักแด้ ตัวเต็มวัย และความร้อนตู้อบลมร้อน เหมาะกับการกำจัดระยะดักแด้ พบเปอร์เซ็นต์การกำจัดสูง ที่ระยะเวลา 20 min ขึ้นไป สำหรับการใช้ความร้อน 60 70 80 และ 90°C ประสิทธิภาพการกำจัดแต่ละระยะการเจริญเติบโต พบว่า หลอดรังสีอินฟราเรดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตระยะไข่ได้ดีที่สุดในทุกอุณหภูมิและระยะเวลา และตู้อบลมร้อนมีประสิทธิภาพการกำจัดมอดข้าวสารสูงสุดของระยะหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การสืบพันธุ์และวางไข่หลังจากได้รับอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญวัย พบว่า ทั้งความร้อนและความเย็นสามารถลดปริมาณการสืบพันธุ์ของรุ่นถัดไปได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) โดยเฉพาะวิธีการให้ความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรด เนื่องจากมีความสามารถในการทะลุทะลวงสูง เข้าไปภายในเมล็ด ด้านคุณภาพข้าว ค่าความชื้นหลังทดสอบยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดหลังให้ความร้อนมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยแต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ในการซื้อขายข้าวและค่าความขาวของเมล็ด ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังทดลองอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติทั้งในด้านอุณหภูมิและระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลง

11 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสำหรับทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาสำหรับคำแนะนำ และอาจารย์อัมมร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สำหรับแนะนำแนวทางการเพาะเลี้ยงมอดข้าวสาร

12 เอกสารอ้างอิง

นิภาพร บุญชอบ, 2558, การสูญเสียข้าวในการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วีระวุฒิ กัตตัญญกุล, 2526, การบริหารแมลงศัตรูข้าว, พันธุ์ พับปลีซิง, กรุงเทพมหานคร
D.Dent, 2000, Insect Pest Management (2nd Edition), Wallingford:CABI

Brent J. Sinclair Et.al, 2003, Insect at low temperatures:an ecological perspective, TRENDS in Ecology and Evolution Vol.18 No.5

Paul G. Fields. 1992, The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures, Journal of Stored Products Research , Volume 28 , Issue 2

ประดิษฐ์ งามชมิตมา, 2555, ผลของการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับตะแกรงสั่นต่อการกำจัดด้วงงวงข้าวในการเก็บรักษาข้าวเปลือก, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Claire Asher, 1 March 2016, When your veins fill with ice, The Arctic ground squirrel can survive even if its body temperature drops below the freezing point of water, BBC

ประสันต์ ชุ่มใจหาญ, 2544, การรักษาความแข็งของเมล็ดข้าวหอมมะลิที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกัน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2560, มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.4000-2560 ข้าวหอมมะลิไทย, กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2560, 33 หน้า

ชุมพล กันทะ, 2533, หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ, ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น