

การใช้สูตรน้ำมันหอมระเหยจากพืชร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ

ธนภรณ์ ดวงนา¹, อนุวัฒน์ รักญาติ², และคำณวิทย์ ทิพย์มณี^{2*}

¹สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) จังหวัดปทุมธานี

²คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author: thanaporn@tistr.or.th

(Received April 3, 2024; Revised May 14, 2024; Accepted May 27, 2024)

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพการรมของสูตรน้ำมันหอมระเหยที่มีจันทร์แปดกลีบ (S) เทียนข้าวเปลือก (D) และตะไคร้บ้าน (L) เป็นองค์ประกอบในอัตราส่วนต่าง ๆ ต่อด้วงงวงข้าวโพด ใช้ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยกำหนดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ต่ำกว่า 80% โดยปริมาตร อัตราการใช้ 5 $\mu\text{L/L}$ air ที่ 6 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทร์แปดกลีบ (S) ต่อตะไคร้บ้าน (L) อัตราส่วน 3:1 (S3L1) ที่ความเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพสูงมาก โดยพบอัตราการตายถึง 79.82% รองลงมาคือสูตรน้ำมันหอมระเหยจันทร์แปดกลีบ (S) ต่อตะไคร้บ้าน (L) อัตราส่วน 3:2 (S3L2) และสูตรน้ำมันหอมระเหยจันทร์แปดกลีบ (S) ต่อเทียนข้าวเปลือก (D) อัตราส่วน 3:1 (S3D1) มีอัตราการตายเท่ากับ 63.92-69.76% และ 59.28-66.36% ตามลำดับ และจากการทดสอบในสภาพจริงโดยนำด้วงงวงข้าวโพดบรรจุในหลอดทดสอบและแทรกในกระสอบข้าวสารตามจุดต่างๆ รมที่ 24 ชั่วโมง ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับเอทานอล (กลุ่มควบคุม) มีผลทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตายเพียง 6.70% ขณะที่การใช้สูตรน้ำมันหอมระเหย S3L1 10% ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการตายถึง 93.99% และเมื่อทำการรมที่ 48 ชั่วโมง พบการตายของแมลงในอัตราที่ใกล้เคียงกันโดยที่การใช้สูตรน้ำมันหอมระเหยมีการตายถึง 100% ส่วนการรมแมลงทั้ง 3 ชนิด คือ ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง และมอดพื้นเลื้อย มีอัตราการตายของแมลงอยู่ที่ 99.52-100% ในส่วนความแตกต่างของคุณภาพข้าวสารที่เกิดจากการรม พบว่า ด้านของสี และคุณภาพที่สังเกตได้ในเบื้องต้น ทั้งข้าวสารและข้าวสวามีความแตกต่างไม่มากนัก

คำสำคัญ : น้ำมันหอมระเหย การรม ด้วงงวงข้าวโพด มอดพื้นเลื้อย มอดแป้ง

Application of Plants Essential Oil Formulas Combined with Carbon Dioxide in Controlling Stored Product Insect Pests

Thanaporn Doungnapa¹, Anuwat Lakyat², and Kamronwit Thipmanee²

¹Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Pathum Thani

²School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Lakrabang, Bangkok

*Corresponding author: thanaporn@tistr.or.th

(Received April 3, 2024; Revised May 14, 2024; Accepted May 27, 2024)

Abstract

The fumigation efficiency of essential oil formulas contained star anise (S) sweet fennel (D) and lemon grass (L) at different ratios in combination with carbon dioxide at least 80% by volume against the maize weevil at 5 µL/L air were evaluated. Obtain result after 6 hr informed that the formula of star anise (S):lemon grass (L) ratio 3:1 (S3L1) at 10% concentration presented 79.82% mortality of insect, followed by formulas of star anise (S):lemon grass (L) ratio 3:2 (S3L2) and star anise (S):sweet fennel (D) ratio 3:1 (S3D1) caused 63.92-69.76% and 59.28-66.36 % mortality, respectively. Simulation of field test was initially performed when number of maize weevil was introduced into test tube and inserted in rice sack and then the fumigation was done for 24 hr. It was found that carbon dioxide in combination with ethanol (control), the solvent of essential oil caused 6.7% mortality, whereas, essential oil formula S3L1 10% in combination with carbon dioxide caused 93.99%. However, longer fumigation times of 48 hr, they showed similar result and this essential oil formula still performed the most effectiveness with 100% mortality. Besides, the fumigation test of this essential oil formular was also conducted against flea beetle and saw-toothed grain beetle, in which caused 99.52-100% mortality of insects. As for the fumigation against 3 species of insects: corn weevil, red flour beetle and saw-toothed grain beetle presented the percentage mortality of insects was 99.52-100%. In case of the differentiation of the quality of milled and steamed rice interm of their color and quality aspects were initially slightly different.

Keywords : Essential oil, Fumigant, Corn weevil, Saw-toothed grain beetle, Red flour beetle

บทนำ

ประเทศไทยมักประสบปัญหาแมลงศัตรูพืชเข้าทำลายเมล็ดธัญพืชและผลผลิตทางการเกษตร โดยทั่วโลกถูกทำลายด้วยแมลงกลุ่มด้วงกว่า 600 ชนิด แมลงกลุ่มผีเสื้อกว่า 70 ชนิด และกลุ่มไรประมาณ 355 ชนิด จนเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คุณภาพและปริมาณของผลผลิตลดลง (Yadav et al., 2014; Rajendran and Sriranjini, 2008) แมลงศัตรูในโรงเก็บส่วนมากมักจะมีขนาดเล็กทำให้สังเกตได้ยากมีวงจรชีวิตสั้น ทำให้แมลงเพิ่มจำนวนและแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วในเวลาไม่นาน (นภัส และคณะ, 2562) การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยการใช้สารเคมีในการรมเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีประสิทธิภาพในการควบคุมกำจัดแมลงได้เป็นอย่างดี โดยสารที่นิยมใช้ คือ สารเมทิลโบรไมด์และสารฟอสฟีน แต่การใช้สารเคมีในการควบคุมกำจัดแมลงศัตรูพืชมักมีผลกระทบต่อสัตว์และสิ่งแวดล้อม โดยสารเมทิลโบรไมด์จะส่งผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศของโลก (WMO, 1995) ส่วนการใช้สารฟอสฟีนติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะทำให้แมลงเกิดความต้านทานและส่งผลกระทบต่อกรงอกของเมล็ดพันธุ์ (Sittisuang and Nakakita, 1985; Pimentel et al., 2007) นอกจากนี้ การใช้สารเคมียังเป็นอันตรายต่อเกษตรกรและผู้บริโภค

ปัจจุบันพบว่ามียีสสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชมากกว่า 1,000 ชนิด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการไล่แมลงจนถึงสามารถฆ่าแมลงได้โดยตรง (Azad et al., 2012) การใช้ไขมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการควบคุมกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บได้หลายรูปแบบ เช่น สารรม (fumigant) สารสัมผัสตาย (contact toxicity) สารยับยั้งการกิน (antifeedant) และสารไล่แมลง (repellency) เป็นต้น เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยเป็นสารสกัดจากธรรมชาติจึงทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งเช่นกันที่เป็นวิธีการจัดการกับแมลงชนิดต่าง ๆ การรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้ผู้ใช้และผู้บริโภคปลอดภัยเพราะไม่เกิดสารพิษตกค้างและหลีกเลี่ยงปัญหาการเกิดความต้านทานของแมลงจากการศึกษาของ วรียา และคณะ (2556) พบว่า การใช้ไขมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และตะไคร้บ้าน สามารถฆ่าตัวเต็มวัยของมอดแป้ง มอดหัวป้อม และด้วงวงข้าวโพดได้มากกว่า 75% และสามารถควบคุมมอดพันธุ์น้อยได้ โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 7.170 $\mu\text{L/L air}$ และจากการศึกษาของ กวีวัฒน์ และคณะ (2556) ถึงประสิทธิภาพของสูตรน้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อแมลงในโรงเก็บโดยวิธีการรม พบว่า สูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ ต่อเทียนข้าวเปลือก อัตราส่วน 3:1 (S3D1) มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพด มอดพันธุ์น้อย และมอดแป้งโดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 6.763 3.558 และ 4.106 $\mu\text{L/Lair}$ ตามลำดับ และเมื่อการทดสอบประสิทธิภาพสูตรน้ำมันหอมระเหยจากพืชร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ (กวีวัฒน์, 2558) พบว่าการรมแมลงด้วยสูตรน้ำมันหอมระเหย S3D1 ที่ความเข้มข้น 18.75 $\mu\text{L/L air}$ ใช้ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงวงข้าวโพด มอดพันธุ์น้อย และมอดแป้งได้ดีที่สุด ที่ 72 ชั่วโมง สามารถฆ่าแมลงดังกล่าวได้ 100% ซึ่งน้ำมันหอมระเหยและคาร์บอนไดออกไซด์นี้จะเป็นพิษต่อการหายใจของแมลง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสูตรน้ำมันหอมระเหยจากพืชร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพแปลงทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเพาะเลี้ยงแมลง

สุ่มเก็บตัวอย่างตัวเต็มวัยแมลงศัตรูในโรงเก็บ 3 ชนิด คือ ตัวงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)) มอดพื้นเลื้อย (*Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus)) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)) จากโรงสีในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกขนาด 27×18×10 cm โดยติดตะแกรงมุ้งลวดบนฝาด้านบน โดยตัวงวงข้าวโพดเลี้ยงด้วยข้าวหอมมะลิ ส่วนมอดพื้นเลื้อย และมอดแป้ง เลี้ยงด้วยรำข้าว ทำการเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณของตัวงวงข้าวโพด และแมลงชนิดต่าง ๆ ให้มีจำนวนมากขึ้นและเพียงพอ โดยทำการคัดแยกตัวงวงข้าวโพด และแมลงชนิดต่าง ๆ อีกครั้งเพื่อให้มีความสม่ำเสมอของแมลงทดสอบ โดยทำการปล่อยตัวเต็มวัย 20 คู่ ในกล่องพลาสติกที่มีเมล็ดข้าวหรือรำข้าว ปริมาณ 250 g วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เกิดการผสมพันธุ์และวางไข่เป็นเวลา 6 วัน จากนั้น ร่อนแยกตัวเต็มวัยออกจากเมล็ดข้าวหรือรำข้าว นำเมล็ดข้าวหรือรำข้าวที่เป็นระยะไข่มาเลี้ยงไว้ในกล่องพลาสติกใหม่ร่อนกว่าไข่จะฟักและพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยเป็นเวลา 45 วัน จากนั้น คัดตัวเต็มวัยอายุ 10 – 15 วัน รุ่นที่ 2 หลังออกจากดักแด้เพื่อนำมาทดสอบในขั้นตอนต่อไป ตามวิธีของ ฤชอุร และจิราภรณ์ (2566)

น้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ใช้ทดสอบ

น้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์จากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum* Hook.f.) เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare* Miller subsp. var. *vulgare*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus* (Dc. ex Nees)) ทำการสั่งซื้อจากบริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด (ประเทศไทย) โดยมีแนวทางในการคัดเลือกจากการศึกษาผลงานวิจัยและเอกสารทางวิชาการที่มีการนำพืชสมุนไพรมาใช้ทดสอบประสิทธิภาพกับแมลง ดำเนินการตรวจสอบชนิดของสมุนไพรโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านพฤกษศาสตร์

การทดสอบประสิทธิภาพของสูตรน้ำมันหอมระเหยจากพืชร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ

1. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาเบื้องต้นใช้สูตรน้ำมันหอมระเหยที่มีน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ (S) เป็นส่วนประกอบหลัก และมีน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้าน (L) หรือเทียนข้าวเปลือก (D) เป็นส่วนประกอบรอง มาผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0 (เอทานอล 95%) 10 20 และ 30% อัตราการใช้ 5 µL/L air โดยวิธีการรวมกับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีสูตร ดังนี้ สูตร S3L2 (จันทน์แปดกลีบ:ตะไคร้บ้าน อัตราส่วน 3:2) สูตร S3L1 (จันทน์แปดกลีบ:ตะไคร้บ้าน อัตราส่วน 3:1) และสูตร S3D1 (จันทน์แปดกลีบ:เทียนข้าวเปลือก อัตราส่วน 3:1) ดำเนินการรมในสภาพจำลองการใช้จริงโดยนำตัวงวงข้าวโพด 20 ตัว ใส่ในกล่องขนาด 50 × 50 × 50 cm แล้วนำกล่องที่ใส่แมลงบรรจุลงในภาชนะทรงกลมมิดชิด จากนั้นรมโดยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสูตรน้ำมันหอมระเหยผ่านท่อลำเลียงก๊าซพร้อมกัน ควบคุมให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ต่ำกว่า 80% ตลอดการทดลอง บันทึกผลการทดลองหลังการรม 6 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ

2. การทดสอบในสภาพจริง

ทำการคัดเลือกสูตรที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ทดสอบต่อโดยใช้สูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบเป็นส่วนประกอบหลัก และมีน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้านเป็นส่วนประกอบรอง โดยวิธีการมรร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ (S) ต่อตะไคร้บ้าน (L) อัตราส่วน 3:1 อัตราการใช้ที่ 5 $\mu\text{L/L}$ air ที่ความเข้มข้น 10% ดำเนินการในสภาพจริงโดยนำด้วงงวงข้าวโพด 20 ตัว ใส่ในหลอดทดลองขนาด 20 $\times$ 50 mm แล้วนำหลอดทดลองที่ใส่แมลงบรรจุลงในกระสอบข้าว จากนั้นรมโดยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสูตรน้ำมันหอมระเหยผ่านท่อลำเลียงก๊าซพร้อมกันควบคุมให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ต่ำกว่า 80% ตลอดการทดลองในการวัดผลนั้นจะบรรจุแมลงพร้อมอาหารไว้ในหลอดทดลองปิดทับด้วยผ้าขาวบาง และแทรกไว้ในกระสอบข้าวสาร กระจายตามจุดต่าง ๆ ในกระสอบจำนวน 7 จุด และทำการมเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง และตรวจนับการตายของแมลงหลังจากม 24 และ 48 ชั่วโมง

ทดสอบสูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ (S) ต่อตะไคร้บ้าน (L) อัตราส่วน 3:1 อัตรา 5 $\mu\text{L/L}$ air ที่ความเข้มข้น 10% โดยวิธีการมรร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ต่อด้วงงวงข้าวโพดมอดแป้ง และมอดพื้นเลื้อย ชนิดละ 20 ตัว ทดสอบตามวิธีการข้างต้น ในการวัดผลนั้นจะบรรจุแมลงพร้อมอาหารที่ปนเปื้อนแมลงต่าง ๆ ในหลอดทดลองปิดทับด้วยผ้าขาวบาง และแทรกไว้ในกระสอบข้าวสาร กระจายตามจุดต่าง ๆ ในกระสอบ จำนวน 7 จุด และทำการมเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (Figure 1) และตรวจนับการตายของแมลง หลังจากม 48 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ

3. การประเมินคุณภาพข้าวหลังการทดสอบ

การประเมินคุณภาพข้าวของผู้บริโภคหลังจากการมด้วยสูตรน้ำมันหอมระเหยร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเก็บกลุ่มตัวอย่าง 40 คน ในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์ตามแบบสอบถาม (questionnaire) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS

การสัมภาษณ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นการสัมภาษณ์ข้อมูลข่าวสาร ได้แก่ สี และกลิ่น

ส่วนที่ 2 เป็นการสัมภาษณ์ข้อมูลข้าวสวย ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ CRD และนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าอัตราการตายที่แท้จริง ตามสูตร Abbott's formula (Abbott, 1987) โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\% \text{ Mortality} = \frac{[\% \text{ test mortality} - \% \text{ control mortality}]}{100 - \% \text{ control mortality}} \times 100$$

โดย $\% \text{ test mortality}$ = %ตายของตัวเต็มวัยที่ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหย

$\% \text{ control mortality}$ = %ตายของตัวเต็มวัยที่ทดสอบด้วยการทดลองเปรียบเทียบ

จากนั้น นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป statistical analysis system (SAS) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการรมของสูตรน้ำมันหอมระเหยที่มีจันทร์แปดกลีบ (S) เทียนข้าวเปลือก (D) และตะไคร้บ้าน (L) เป็นองค์ประกอบในอัตราส่วนต่าง ๆ ต่อด้วงงวงข้าวโพด โดยกำหนดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ต่ำกว่า 80% อัตรา 5 $\mu\text{L/L}$ air ที่ 6 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันหอมระเหยสูตร S3L1 (จันทร์แปดกลีบ:ตะไคร้บ้าน อัตราส่วน 3:1) ที่ความเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพสูงมากเมื่อใช้ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพบอัตราการตายถึง 79.82% รองลงมา คือ S3L2 20% และ S3L2 10% โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 69.76 และ 69.49% ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มควบคุม (เอทานอล) มีการตายเท่ากับ 68.61% ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสูตร S3L2 จะเห็นว่าการรวมเอทานอลร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการตายของแมลงเช่นกัน (Table 1) นอกจากนี้ การวัดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรรมวิธีต่าง ๆ โดยควบคุมให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ต่ำกว่า 80 – 100% รวมกับสูตรน้ำมันหอมระเหยโดยมีเอทานอลเป็นตัวทำละลายเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดมีอัตราการตายระหว่าง 60 – 90% (Figure 2) ซึ่งการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการรวมกับสารยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพมากกว่าการรมเพียงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างเดียวถึง 11% ในขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นของสูตรน้ำมันหอมระเหยไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการตายของด้วงงวงข้าวโพด ทั้งนี้ อาจเกิดจากการใช้สารเพิ่มฤทธิ์ (synergist) คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลมากต่อการออกฤทธิ์ ซึ่งสัดส่วนต่าง ๆ ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่บรรจุอยู่ในภาชนะ คือ ปัจจัยสำคัญในการออกฤทธิ์ของสูตรน้ำมันหอมระเหยสูตรต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในเอทานอล ซึ่งมีการรายงานโดยทั่วไปว่าคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นสารเพิ่มฤทธิ์ (synergist) ในการรม (Pourmirza and Tajbakhsh, 2008) แต่หากมีการใช้ก๊าซชนิดนี้เพื่อการรมอย่างเดียวก็สามารถทำได้ แต่ต้องทำการรมมากกว่า 10 วัน และหากมีปริมาณต่ำกว่า 30% แมลงก็ยังสามารถทนได้ (Leesch, 1995; Manna et al., 1999) เช่น การรมเพลี้ยไฟ ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยระบบส่งก๊าซจำลองที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า เพลี้ยไฟมีอัตราการตาย 100% ที่ความเข้มข้น 30 % หรือหลังจากผ่านไป 24 ชั่วโมง (Page et al., 2002) ในขณะที่ การรมปลวก (*Coptotermes formosanus*) ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 95 และ 50% เป็นเวลา 24 – 120 ชั่วโมง พบว่า หลังจากรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 95% เป็นเวลา 60 ชั่วโมง มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ในขณะที่การรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 50% เป็นเวลา 60 ชั่วโมง มีผลต่ออัตราการตายเพียง 70% (Delate et al., 1995) โดยประสิทธิภาพการรมที่มีก๊าซชนิดนี้ผสมอยู่ 40 – 80% ทำให้ประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ในการรมของสูตรน้ำมันหอมระเหยดีขึ้นเมื่อทำการทดสอบในสภาพจริงโดยนำด้วงงวงข้าวโพดบรรจุในหลอดทดสอบและแทรกในกระสอบข้าวสารตามจุดต่าง ๆ พบว่า การรมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับกลุ่มควบคุม (เอทานอล) ที่ 24 ชั่วโมง มีผลทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตายเพียง 6.70% ในขณะที่การใช้สูตรน้ำมันหอมระเหยร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการตายถึง 93.99% และเมื่อใช้ระยะเวลาในการรมที่นานขึ้นเท่ากับ 48 ชั่วโมง พบว่าการตายของกลุ่มควบคุม (เอทานอล) ในอัตราที่ใกล้เคียงกัน คือ 99.81% ขณะที่สูตรน้ำมันหอมระเหยมีการตาย 100% (Figure 3) และเมื่อทำการรมแมลงปนเปื้อนในสภาพจริงทั้ง 3 ชนิด คือ ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง และมอดพื้น 48 ชั่วโมง ด้วยสูตรน้ำมันหอมระเหย S3L1 ที่ความเข้มข้น 10% ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า กลุ่มควบคุม (เอทานอล) ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกับการรมด้วยสูตรน้ำมันหอมระเหย โดยมีอัตราการตายของแมลงอยู่ที่ 99.52 – 100% แสดงให้เห็นว่าการควบคุมแมลงในโรงเก็บ โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำมันหอมระเหย และเอทานอลที่ผสมในสูตรน้ำมันหอมระเหย สามารถควบคุมแมลงในโรงเก็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Figure 4) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กวีวัฒน์ (2558)

ในการทดสอบสูตรน้ำมันหอมระเหยจากพืชร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าสูตร S3D1 ที่ความเข้มข้น 18.75 $\mu\text{L/L}$ air ใช้ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด มอดพื้นเลื้อย และมอดแป้งได้ 100% ที่ 72 ชั่วโมง และยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยมอดหัวป้อม ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 9.889 11.154 และ 19.330 $\mu\text{L/L}$ air ตามลำดับ (วริยา และคณะ, 2556)

จากการสอบถามแบบสุ่มตัวอย่างถึงความแตกต่างในคุณภาพของข้าวสารที่เกิดจากการรวมทั้ง 2 กรรมวิธี พบว่า ด้านกลิ่นรสของข้าวสารมีความแตกต่างมากถึง 97.4% เมื่อเทียบกับข้าวสอย มีเพียง 69.8% ในด้านของสีและคุณภาพที่สังเกตได้ในเบื้องต้น ทั้งข้าวสารและข้าวสอย มีความแตกต่างกัน (Figure 5) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส สามารถแสดงถึงค่าการยอมรับของผู้บริโภคได้ โดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (ไพโรจน์, 2545) พบความแตกต่างเชิงคุณภาพของข้าวสารหลังจากผ่านการหุงแล้ว กลิ่นและรสชาติของผู้ทดสอบยังรู้สึกแตกต่างกันอยู่บ้าง ซึ่งกลิ่นของพืชสมุนไพรอาจทำให้ข้าวมีกลิ่นมีผลต่อคุณภาพของข้าว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นซึ่งอาจไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากนัก แต่ก็มีผลในการเก็บรักษาข้าวไม่ให้มีแมลงเข้ามารบกวนนานถึง 6 เดือน (รุจิรา และคณะ, 2551; พูนพัฒน์ และคณะ, 2553) ดังนั้น ควรทิ้งระยะการใช้ประโยชน์หลังจากผ่านการรวมอย่างน้อย 1 สัปดาห์

สรุป

จากผลของการรวมด้วยสูตรน้ำมันหอมระเหยร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 10% (ในเอทานอล) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า สูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ (S) ต่อตะไคร้บ้าน (L) อัตราส่วน 3:1 (S3L1) มีประสิทธิภาพต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดถึง 79.82% ทั้งนี้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ต้องไม่ต่ำกว่า 80% และเมื่อทำการรวมในสภาพจริงจะต้องมีข้าวสารร่วมด้วย โดยรวมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วงงวงข้าวโพดมีการตายถึง 93.99% ขณะที่กลุ่มควบคุม (เอทานอล) มีการตายเพียง 6.70% และเมื่อทำการรวมเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ให้ผลที่ใกล้เคียงกับสูตรน้ำมันหอมระเหย ดังนั้น เพื่อความมั่นใจในประสิทธิภาพการรวมจึงทำการรวมเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แมลงในโรงเก็บ 3 ชนิด คือ ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง และมอดพื้นเลื้อย พบว่า สูตรน้ำมันหอมระเหยจันทน์แปดกลีบต่อตะไคร้บ้าน อัตราส่วน 3:1 ที่ความเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถฆ่าด้วงงวงข้าวโพดและมอดพื้นเลื้อยได้ถึง 100% ขณะที่มอดแป้งเท่ากับ 99.60% นอกจากนี้ การทดสอบความแตกต่างเชิงคุณภาพที่ปรากฏในเบื้องต้นถึงความรู้สึกต่าง ๆ เช่น คุณภาพของข้าวสารนั้น พบว่า หลังจากผ่านการหุงแล้ว ผู้ทดสอบรู้สึกว่าการกลิ่นและรสชาติยังมีความแตกต่างกัน



Figure 1 The tested plants essential oil formulas combined with carbon dioxide against stored product insects; insect test tube (A), insect test placement (B), fumigation procedure (C).

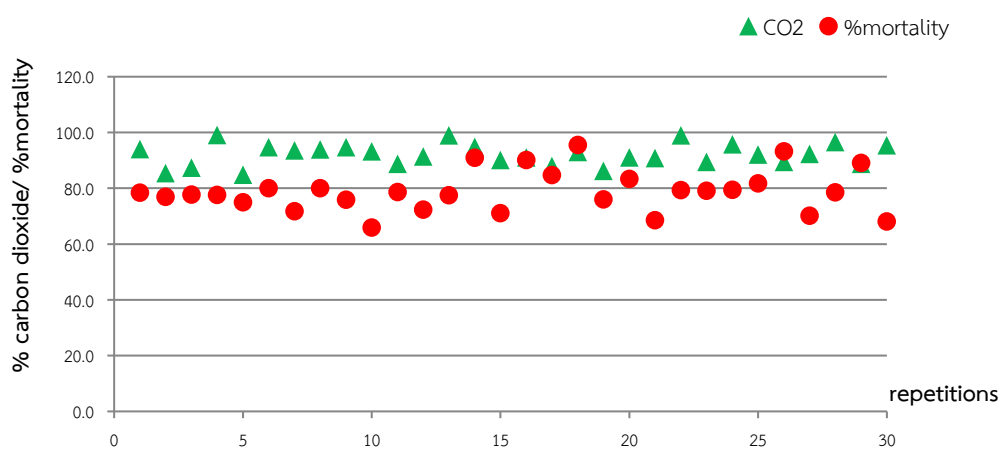


Figure 2 Percentage of carbon dioxide and mortality percentage of adult corn weevil (*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)) caused by plants essential oil formulas combined with carbon dioxide at various concentrations by fumigation method for 6 hours.

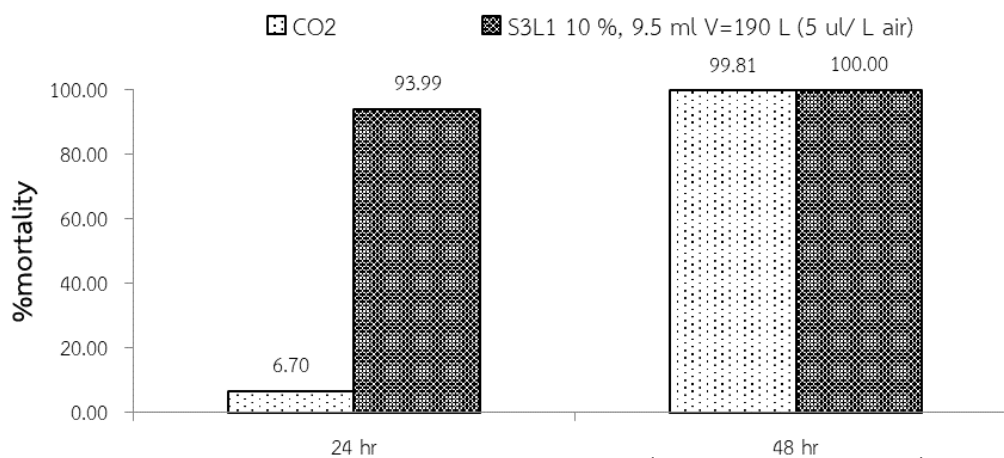


Figure 3 The mortality percentage of adult corn weevil (*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)) caused by plants essential oil formulas combined with carbon dioxide at concentration of 10% by fumigation method for 24 and 48 hours, in rice sack conditions.

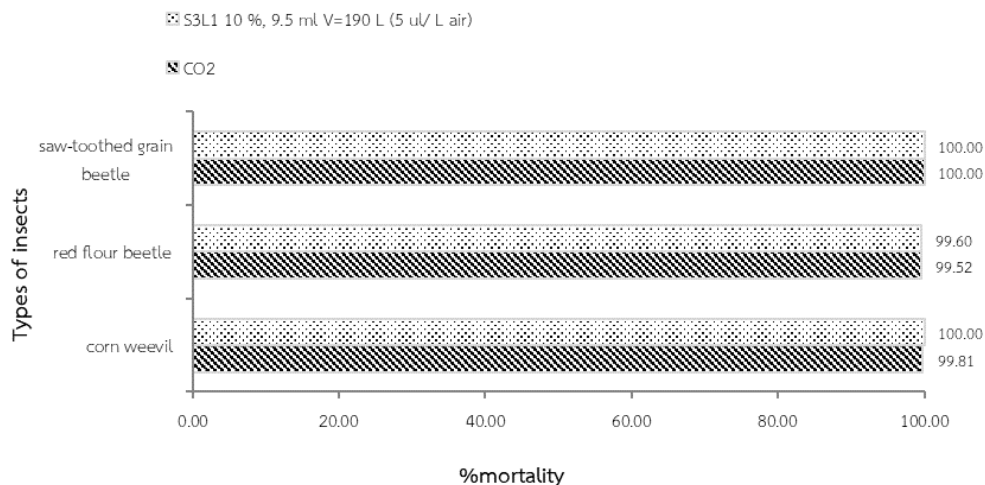


Figure 4 The mortality percentage of adult corn weevil, red flour beetle and saw-toothed grain beetle caused by plants essential oil formulas combined with carbon dioxide at concentration of 10% by fumigation method for 48 hours.

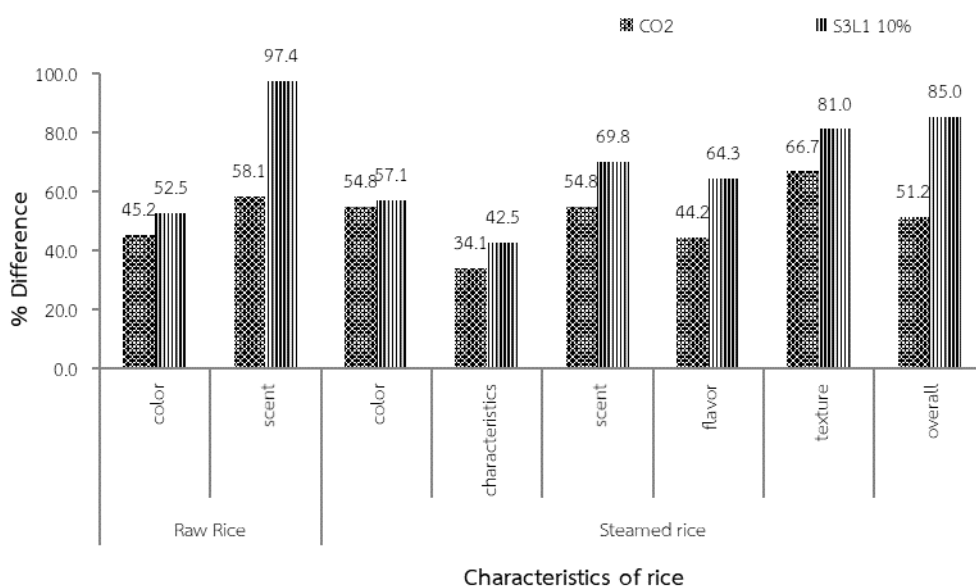


Figure 5. Percentage difference in rice quality after fumigation with plants essential oil formulas combined with carbon dioxide at concentration of 10% for 48 hours.

Table 1 Mortality percentage of adult corn weevil (*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)) caused by plants essential oil formulas combined with carbon dioxide at various concentrations by fumigation method for 6 hours.

Plants essential oil formulas	%mortality ^{1/}
Control (Ethanol)	68.61 ^{AB}
S3L2 10 %	69.49 ^{AB}
S3L2 20 %	69.76 ^{AB}
S3L2 30 %	63.92 ^{AB}
S3L1 10 %	79.82 ^A
S3L1 20 %	60.04 ^B
S3L1 30 %	63.68 ^{AB}
S3D1 10 %	59.28 ^B
S3D1 20 %	65.33 ^{AB}
S3D1 30 %	66.36 ^{AB}
%CV	34.45

^{1/}Means in column followed by the same capital letter were no statistical difference comparing the means by DMRT (P<0.05) ** star anise (S) sweet fennel (D) and lemon grass (L)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืช ในการควบคุมเพลี้ยไฟกล้วยไม้และแมลงศัตรูในโรงเก็บ

เอกสารอ้างอิง

- กวีวัฒน์ จาวสุวรรณวงษ์, จรงค์ศักดิ์ พุ่มนวน, และอำมร อินทร์สังข์. (2556). ประสิทธิภาพของสูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum* Hook.f.) และเทียนข้าวเปลือก (*Anethum graveolens* Linn.) ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ. ใน *การประชุมวิชาการการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11*. ณ โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. หน้า 1069-1076. วันที่ 26-28 พฤศจิกายน 2556.
- กวีวัฒน์ จาวสุวรรณวงษ์. (2558). ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 76 หน้า.
- นภัส ยิ้มกรุ่ง, วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ, ปาณิสรา เทพกุลศล, ไสว บุรณพานิชพันธุ์ และเยาวลักษณ์ จันทรบาง. (2562). พลวัตประชากรและการควบคุมมอดข้าวเปลือกในโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าว. *วารสารเกษตร*, 35(2), 295-302.
- พูนพัฒน์ พูนน้อย, เบญญทิพย์ มหาเทพ, และภิญญาพัชญ์ พุฒตาล. (2553). การทำลายไข่มอดในข้าวอินทรีย์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 33(1), 39-48.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2545). *การวางแผนและการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- รุจิรา ปรีชา, สุเทพ ฤทธิ์แสวง, และสุนันทา วงศ์ปิยชน. (2551). ประสิทธิภาพของพืชสมุนไพรต่อการเก็บรักษาข้าวกล้องและข้าวซ้อมมือ. ใน *การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2551* ชลบุรี. วันที่ 8-10 เมษายน, 352-362.
- วริยา ณะศิริกุล, จรงค์ศักดิ์ พุ่มนวน, และอำมร อินทร์สังข์. (2556). ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรบางชนิดต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง มอดหัวป้อม และด้วงวงข้าวโพด. ใน *การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 12*. ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค กรุงเทพฯ. วันที่ 9-12 พฤศจิกายน 2556.
- ฤชอร วรรณะ และจิราภรณ์ กระแสเทพ. (2566). ผลของผลิตภัณฑ์จากหญ้าดอกขาวที่มีต่อการเกิดออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพด. *วารสารแก่นเกษตร*, 615-621.
- Abbott, W.S. (1987). A method of computing the effectiveness of an insecticide. 1925. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 3, 302-303.
- Azad, M. A. K. (2012). Effect of botanical extract on pest control in Brinjal field. *Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 5(2), 173-176.
- Delate, K.M., Grace, J.K. & Armstrong, J.W. (1995). Carbon dioxide as a potential fumigant for termite control. *Journal of Pesticide Science*, 44, 357-361.
- Leesch, J.G. (1995). Fumigant action of acrolein on stored-product insects. *Journal of Economic Entomology*, 88, 326-330.
- Manna, C. D., Jayas, D. S., White, N. D. G. & Muira, W. E. (1999). Mortality of *cryptolestes ferrugineus* (Stephens) exposed to changing CO₂ concentration. *Journal of Stored Products Research*, 35, 385-395.

- Page, B.B.C., Bendall, M.J. & Carpenter, A. (2002). Carbon dioxide fumigation of *Thrips tabaci* in export onions. *New Zealand Plant Protection*, 55, 303-307.
- Pimentel, M.A.G., Faroni, L.R.D., Totola, M.R. & Guedes, R.N.C. (2007). Phosphine Resistance, Respiration Rate and Fitness Consequences in Stored-Product Insects. *Pest Management Science*, 63, 867-881.
- Pourmirza, A. A. & Tajbakhsh, M. (2008). Studies on the toxicity of acetone, acrolein and carbon dioxide on stored-product insects and wheat seed. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11, 953-963.
- Rajendran, S., & Sriranjini, V. (2008). Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Product Research*, 44, 126-135.
- Sittisuang, P., & Nakakita, H. (1985). The effect of phosphine and methyl bromide on germination of rice and corn. *Journal of Pesticide Science*, 10, 461-468.
- WMO. (1995). *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1991*. World Meteorological Organization global ozone research and monitoring project, Report No. 37, World Meteorological Organization of the United Nations, Geneva, Switzerland
- Yadav, D.N., Anand, T., Sharma, M., & Gupta, R.K. (2014). Microwave technology for disinfestation of cereals and pulses: An overview. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3568-3576.