



## ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อพฤติกรรมการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

นฤมล สุทธิธรรม<sup>1</sup> ปอรัรัมย์ แสงรัตน์<sup>1</sup> รมิดา กร้าศรี<sup>2</sup> ปิยะณัฐ ฝักามา<sup>3</sup> อีรนัย โปธิ<sup>4</sup> และสุนิตรา อุนันท์<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

<sup>2</sup>ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900

<sup>3</sup>ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

<sup>4</sup>ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520

\*Corresponding author: Sunittra.a@ku.th

(Received: June 24, 2024; Revised: September 27, 2024; Accepted: September 28, 2024)

### บทคัดย่อ

ด้วงวงข้าวโพดเป็นแมลงศัตรูโรงเก็บที่สำคัญของเมล็ดข้าวและธัญพืช โดยมักสร้างความเสียหายโดยการกัดกินภายนอกเมล็ด ทำให้เกิดความเสียหายต่อปริมาณและคุณภาพเมล็ดได้ โดยการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของด้วงวงข้าวโพดที่ตอบสนองต่อสารสกัดแต่ละชนิดด้วยวิธีการถอยห่างออกจากบริเวณที่มีสารสกัดจากพืช โดยสารสกัดจากพืชที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยส้ม น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส และสารสกัดต้นกล้วยฟักทอง ความเข้มข้น 5% ต่อพฤติกรรมและระยะการถอยห่างจากสารสกัดของด้วงวงข้าวโพดในอุโมงค์ทดสอบ ผลการทดลองพบว่า ด้วงวงข้าวโพดตัวที่ตอบสนองไวที่สุด (n=5) ถอยห่างจากบริเวณวางสารสกัดแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี โดยที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที พบด้วงวงข้าวโพดมีระยะถอยห่างจากจุดวางสารในชุดควบคุม เท่ากับ 19.00±9.02, 24.40±8.05, 30.20±7.25, 28.20±8.04 และ 27.40±10.59 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่การใช้สารสกัดน้ำมันหอมระเหยส้มส่งผลให้ระยะการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพด เท่ากับ 34.40±3.36, 53.80±6.26, 56.80±2.68, 58.00±0.00 และ 58±00.00 ซม. ตามลำดับ สารสกัดน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสส่งผลให้ระยะการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพด เท่ากับ 31.00±10.46, 40.00±11.15, 50.20±12.43, 51.80±10.82 และ 53.80±9.39 ซม. ตามลำดับ และสารสกัดต้นกล้วยฟักทองส่งผลให้ระยะการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพด เท่ากับ 24.20±10.42, 33.40±16.16, 32.20±9.70, 35.40±9.23 และ 40.60±11.84 ซม. ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าสารสกัดน้ำมันหอมระเหยส้มมีด้วงวงข้าวโพดถอยห่างไปถึงปลายอุโมงค์ทดสอบมากที่สุด (n=22)

**คำสำคัญ:** น้ำมันหอมระเหยจากพืช; ส้ม; ยูคาลิปตัส; ฟักทอง; การไล่

## Efficiency of Plant Extracts on Evasion Behavior of Adult Maize Weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

Narumon Sutthitham<sup>1</sup>, Paonrat Saengratn<sup>1</sup>, Ramida Krumsri<sup>2</sup>, Piyanath Pagamas<sup>3</sup>, Teeranai Poti<sup>4</sup> and Sunittra Aupanun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Entomology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen campus, Kasetsart University, Nakhon Pathom Province, 73140

<sup>2</sup>Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok Province, 10900

<sup>3</sup>Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen campus, Kasetsart University, Nakhon Pathom Province, 73140

<sup>4</sup>Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok Province, 10520

\*Corresponding author: Sunittra.a@ku.th

(Received: June 24, 2024; Revised: September 27, 2024; Accepted: September 28, 2024)

### Abstract

The maize weevil is a significant storage pest of rice and cereal grains. The weevil damages the grain by gnawing its surface, leading to both quality and quantity reductions during storage. This study aimed to evaluate the efficacy of plant extracts, including orange essential oil, eucalyptus essential oil, and pumpkin seedling extract at a concentration of 5%, on the evasion distance behavior of the maize weevil. The experiment was conducted in an artificial tunnel at 58 cm. The behavior and evasion distance of the maize weevils that responded most quickly to each type of extract was recorded for 5 min. At 1, 2, 3, 4 and 5 min, the average evasion distance of maize weevils in control were  $19.00 \pm 9.02$ ,  $24.40 \pm 8.05$ ,  $30.20 \pm 7.25$ ,  $28.20 \pm 8.04$ , and  $27.40 \pm 10.59$  cm, respectively. For orange essential oil treatment, the average evasion distances were  $34.40 \pm 3.36$ ,  $53.80 \pm 6.26$ ,  $56.80 \pm 2.68$ ,  $58.00 \pm 0.00$ , and  $58 \pm 00.00$  cm, respectively. Eucalyptus essential oil significantly affected the evasion distances of maize weevils with average of distances of  $31.00 \pm 10.46$ ,  $40.00 \pm 11.15$ ,  $50.20 \pm 12.43$ ,  $51.80 \pm 10.82$ , and  $53.80 \pm 9.39$ , respectively. Pumpkin seedling extract resulted in average evasion distances of  $24.20 \pm 10.42$ ,  $33.40 \pm 16.16$ ,  $32.20 \pm 9.70$ ,  $35.40 \pm 9.23$ , and  $40.60 \pm 11.84$  cm, respectively. The results of distance that maize weevils retreated from the area where the



extract was applied to the end of the tunnel show that only the orange essential oil treatment resulted in the highest number of maize weevils retreating to the end of the tunnel (n=22).

**Keywords:** Essential oil from plant; Orange; Eucalyptus; Pumpkin; Repellent



## บทนำ

ด้วงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) เป็นหนึ่งในแมลงศัตรูสำคัญของผลิตผลเกษตรในโรงเก็บ ซึ่งพบการการระบาดของทั้งในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อน (Throne, 1994) มักสร้างความเสียหายต่อผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวที่มีการเก็บไว้ในโรงเก็บหรือยุ้งฉาง โดยตัวเต็มวัยเพศเมียของด้วงวงข้าวโพดสามารถวางไข่ในเมล็ดข้าวเปลือกหรือในเมล็ดข้าวสารได้ ตัวหนอนกัดกินอยู่ภายในเมล็ด และสามารถพัฒนาเจริญเติบโตอยู่ภายในเมล็ดข้าวได้ ซึ่งร่องรอยจากการเข้าทำลายจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อตัวหนอนใกล้เป็นตัวเต็มวัย เมล็ดมีลักษณะสีขาวขุ่น และมีฝุ่นผงเกิดขึ้นเป็นปริมาณมาก (เสาวลักษณ์, 2547) วิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยทั่วไปนิยมใช้การรมด้วยสารฟอสฟีน และเมธิลโบรไมด์ (Ukeh et al., 2012) อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ส่งผลให้แมลงเกิดความต้านทานต่อสารเคมี ทำให้ต้องเพิ่มปริมาณการใช้สารเคมี และนำไปสู่การเกิดสารตกค้างในผลผลิตได้ (ขวลิต, 2556; Daglish et al., 2014) ด้วยเหตุนี้ การศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บด้วยวิธีทางชีวภาพได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันได้มีรายงานการใช้สารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช เช่น น้ำมันหอมระเหยจากโรมี มีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมฆ่าตัวงั่วเขียว และด้วงวงข้าวสารี (Jarrahi et al., 2016) และน้ำมันหอมระเหยจากออริกาน มีฤทธิ์ในการเป็นสารรมฆ่าและสารไล่มอดแป้ง (Kim et al., 2010) รวมถึงน้ำมันหอมระเหยจากมะนาว (*Citrus aurantifolia*) และสะเดา (*Azadirachta indica*) ที่มีสารออกฤทธิ์หลายรูปแบบ เช่น เป็นพืชแบบสัมผัส รมควันรวมถึงยับยั้งการวางไข่ ยับยั้งการกินอาหาร และการไล่แมลงศัตรูโรงเก็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Tofel et al., 2017; Fouad and da Camara, 2017)

อย่างไรก็ตาม การนำสารสกัดจากพืชเหล่านี้มาพัฒนาเป็นสารกำจัดศัตรูพืชธรรมชาติมักมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ปริมาณวัตถุดิบที่นำมาสกัดสารนั้นไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับปริมาณความเข้มข้นของสารที่ต้องการใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงทำให้มีความยากต่อการพัฒนาสารสกัดจากพืชเหล่านี้ในเชิงพาณิชย์ ด้วยเหตุผลนี้ จึงมีแนวคิดในการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรและอุตสาหกรรม (byproduct) ได้แก่ ใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) และเปลือกส้ม (*Citrus reticulata*) รวมถึงพืชที่มีการเพาะปลูกอย่างแพร่หลายและมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ได้แก่ ต้นกล้าฟักทอง (*Cucurbita moschata*) มาพัฒนาเป็นสารสกัดเพื่อใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บ โดยพืชทั้ง 3 ชนิดนี้ ได้มีการศึกษาและรายงานถึงศักยภาพในการควบคุมศัตรูพืช เช่น วีระพล และณรงค์ (2537) พบว่า น้ำมันจากเปลือกส้มเขียวหวาน และน้ำมันจากเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทองดีทั้งผลอ่อนและผลแก่ มีประสิทธิภาพในการฆ่าเห็บตัวเต็มวัยได้ น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสมีความเป็นพิษต่อเพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii*) และมีผลทำให้ตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขาว (*Trialeuodes vaporariorum*) มีอัตราการตาย 100% (Choi et al., 2003) และมีการออกฤทธิ์หลายรูปแบบ (Tapondjou et al., 2005; Batish et al., 2008; Jesser et al., 2017) นันทิยา (2549) ทดสอบน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัสกับหนอนกระทู้ผัก พบว่า หนอนกระทู้ผักมีอัตราการตายแปรผันตรงกับปริมาณความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย และ Halaweish and Tallamy (1993) ได้



รายงานว่าการสาร cucurbitacin E ที่เป็นสารขมในพืชตระกูลแตง (Cucurbitaceae) ถูกสร้างขึ้นในระยะต้นกล้า และในผลที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ เพื่อป้องกันแมลงศัตรูพืชเข้าทำลาย โดยสามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงหมัดผักได้ และจากการทดลองของ Sim et al. (2008) พบว่า ต้นกล้าฟักทองที่อายุ 4 วันหลังงอกมีปริมาณ cucurbitacin E ที่สูงที่สุด และสูงกว่าระยะโตเต็มที่

จากรายงานข้างต้นจึงมีความเป็นไปได้ที่พืชทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สารกำจัดศัตรูแบบธรรมชาติ เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีสังเคราะห์กำจัดศัตรูพืช ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของด้วงวงข้าวโพดที่ตอบสนองต่อสารสกัดแต่ละชนิดด้วยวิธีการถอยห่างออกจากบริเวณที่มีสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดด้วยอุโมงค์ทดสอบ ซึ่งพฤติกรรมการถอยห่างจากสารสกัดเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดส่งผลให้แมลงตอบสนองด้วยการหลีกเลี่ยงจากบริเวณที่มีสารสกัด โดยสารสกัดจากพืชที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยส้ม (orange essential oil) น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (eucalyptus essential oil) และสารสกัดต้นกล้าฟักทอง (pumpkin seedling extract)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมด้วงวงข้าวโพดเพื่อการทดสอบ

นำด้วงวงข้าวโพดตัวเต็มวัยที่เข้าทำลายเมล็ดข้าวสารมาเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนประชากรโดยใช้เมล็ดข้าวสารบรรจุในกล่องพลาสติกที่มีฝาเจาะรูขนาดเล็กน้อยด้านบน และปล่อยตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดจำนวน 20 ตัว ลงในแต่ละกล่องเพื่อรอการผสมพันธุ์ (10 วัน) จากนั้นจึงนำตัวเต็มวัยทั้งหมดออกจากกล่องพลาสติก และเก็บกล่องเลี้ยงไว้ในอุณหภูมิ 28±3 องศาเซลเซียส จนตัวเต็มวัยรุ่นที่ 2 ฟักออกมา (อายุ 3–7 วัน) พร้อมต่อการนำไปทดสอบ

### การเตรียมการสกัดสารสำคัญจากพืชเป้าหมาย

เก็บรวบรวมตัวอย่างพืชเพื่อทำการสกัดสารหรือน้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วยพืช 3 ชนิด ได้แก่ ใบยูคาลิปตัส เปลือกส้ม และต้นกล้าฟักทอง โดยทำการรวบรวมพืชทั้ง 3 ชนิดในสภาพสดปราศจากร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง แล้วนำมาล้างทำความสะอาดสิ่งสกปรกด้วยน้ำประปาจากนั้นผึ่งให้แห้งพอหมาดโดยการเตรียมน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสและเปลือกส้มนั้น จะชั่งน้ำหนักตัวอย่างใบและเปลือกปริมาณ 4 กก. ใส่ในขวดก้นกลมจากนั้นสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) โดยใช้ชุดอุปกรณ์การกลั่นด้วยไอน้ำเปิดน้ำเข้าเครื่องควบแน่น และเปิดให้ความร้อนตามลำดับทั้งไวจนได้สารสกัดออกมาในภาชนะรองรับ จากนั้นเก็บสารสกัดที่ได้ใส่กรวยแยกตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นแล้วไซ้เก็บเฉพาะส่วนน้ำมันหอมระเหย และทำการขจัดน้ำออกด้วยการเติม anhydrous Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> แล้วเก็บส่วนที่เป็นน้ำมันหอมระเหยใสขวด จากนั้น ชั่งน้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ และเก็บในภาชนะขวดสีชาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับนำไปใช้ทดลองต่อไป สำหรับการเตรียมสารสกัดหยาบจากต้นกล้า

ฟักทองนั้น ใช้ต้นกล้าฟักทองอายุ 4 วัน หลังออกที่เก็บเกี่ยวเฉพาะส่วนเหนือดิน ปริมาณ 4 กก. มาคั้นด้วยเครื่องแยกกากระบบเกลียวแวนอน (Lexen GP62) เพื่อให้ได้น้ำสกัดเข้มข้นของต้นกล้าฟักทอง จากนั้นนำมาระเหยน้ำออกเพื่อให้ได้สารสกัดหยาดด้วยเครื่อง evaporator เก็บตะกอนที่ได้ จากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

### การเตรียมอุปกรณ์ทดลอง

นำแผ่นพลาสติกใสมาพับเป็นทรงสามส่วนให้เท่ากันทุกส่วน จากนั้นนำมาประกบกันจนมีลักษณะเป็นท่อยาวรูปทรงสามเหลี่ยม ใช้เทปใสและกาวร้อนเชื่อมติดระหว่างกัน ตัดส่วนบนของอุโมงค์ห่างจากส่วนหน้าของอุโมงค์ 3 ซม. เป็นช่องไว้สำหรับปล่อยตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด และตัดแผ่นพลาสติกใสปิดส่วนหน้าและส่วนท้ายของอุโมงค์ซึ่งอุโมงค์มีขนาดยาว 58 ซม. กว้าง 7 ซม. สูง 6 ซม. (Figure 1) อุปกรณ์ทดสอบมีการดัดแปลงมาจากการทดลองของ จิรวัดน์ (2559) โดยดัดแปลงเป็นอุโมงค์ใสสามเหลี่ยมที่สามารถวัดระยะทางจากบริเวณวางสารไปยังบริเวณที่ไม่มีสารสกัดวางอยู่ (ระยะทาง 58 ซม.)

### การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อการถอยห่างของด้วงงวงข้าวโพด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomize Design) จำนวน 5 กรรมวิธีทำการทดลอง 5 ซ้ำ ด้วงงวงข้าวโพดซั้ละ 10 ตัว โดยสารสกัดที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ชุดควบคุม (90.25% ethyl alcohol, น้ำมันหอมระเหยส้ม น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส และสารสกัดต้นกล้าฟักทอง) ซึ่งการทดสอบในครั้งนี้ อ้างอิงความเข้มข้น (5%) จากการรายงานของ ฤชอร และรัชฎาพร (2558) ที่ระบุถึงการตายของด้วงงวงข้าวโพดสูงสุดที่ 100% ภายใน 24 ชม. เมื่อทดสอบด้วยความเข้มข้น 5% ของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกของพีชวงศ์ส้ม (ส้มโอ ส้มเขียวหวาน ส้มเขียว และมะนาว) ซึ่งการเตรียมสารสกัดในการทดลองครั้งนี้มีขั้นตอน ได้แก่

- 1) สารสกัดน้ำมันหอมระเหยส้มหรือน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส ปริมาตร 5 มล. ผสมกับแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 95% ปริมาตร 95 มล.
- 2) สารสกัดต้นกล้าฟักทอง ปริมาตร 0.5 มล. ผสมกับน้ำกลั่น ให้ได้ปริมาตรสุทธิ 10 มล.
- 3) ชุดควบคุม คือ น้ำกลั่น ปริมาตร 5 มล. ผสมกับแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 95% ปริมาตร 95 มล. จากนั้นนำสารทดสอบแต่ละชนิด ปริมาตร 0.5 มล. หยดลงกระดาษกรองที่มีความยาว 5 ซม. กว้าง 1 ซม. โดยใช้หลอดหยดสาร (Dropper) และทิ้งกระดาษกรองไว้เป็นเวลา 10 นาที เพื่อรอให้ตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยจนแห้ง จากนั้นจึงนำกระดาษกรองที่เตรียมไว้วางบริเวณด้านปากอุโมงค์ทดสอบ และปล่อยด้วงงวงข้าวโพดลงบริเวณช่องด้านบนของท่อทดสอบ (Figure 1) จับเวลาทันทีเมื่อปล่อยด้วงงวงข้าวโพดลงในช่องปล่อยแมลง และบันทึกผลการทดลอง ดังนี้



3.1) บันทึกระยะเวลาทางการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพดตัวที่ตอบสนองไวที่สุดจากบริเวณสารสกัดแต่ละชนิดได้เร็วที่สุดในทุกซ้ำ ในทุก 30 วินาที จนครบ 5 นาที เพื่อทราบถึงแนวโน้มระยะการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพดจากบริเวณวางสารสกัด ภายในเวลา 5 นาที

3.2) บันทึกจำนวนและระยะถอยห่างของด้วงวงข้าวโพดทุกตัวที่ทดสอบด้วยสารสกัดแต่ละชนิดเมื่อเวลาครบ 5 นาที เพื่อทราบจำนวนและระยะทางของด้วงวงข้าวโพดที่ไม่ถอยห่างไปถึงปลายอุโมงค์ (ระยะทาง 58 ซม.)

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างของระยะการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพดจากจุดวางสารสกัดแต่ละชนิดด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $P < .05$ ) ด้วยโปรแกรม R Studio version 4.3.2

## ผลและวิจารณ์

### ระยะทางการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพดต่อกลิ่นของสารสกัดแต่ละชนิดภายใน 5 นาที

จากการบันทึกระยะเวลาการหนีด้วงวงข้าวโพดที่ตอบสนองต่อสารสกัดไวที่สุดในแต่ละซ้ำ ( $n=5$ ) ในทุก 30 วินาที จนครบเวลา 5 นาที พบว่าด้วงวงข้าวโพดถอยห่างจากบริเวณวางสารสกัดแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที ในชุดควบคุม ด้วงวงข้าวโพดมีระยะถอยห่างจากบริเวณวางสารเท่ากับ  $19.00 \pm 9.02$ ,  $24.40 \pm 8.05$ ,  $30.20 \pm 7.25$ ,  $28.20 \pm 8.04$  และ  $27.40 \pm 10.59$  ซม. ตามลำดับ สำหรับการใส่สารสกัดน้ำมันหอมระเหยส้มส่งผลให้ด้วงวงข้าวโพดถอยห่างจากบริเวณวางสาร เท่ากับ  $34.40 \pm 3.36$ ,  $53.80 \pm 6.26$ ,  $56.80 \pm 2.68$ ,  $58.00 \pm 0.00$  และ  $58 \pm 0.00$  ซม. ตามลำดับ การใช้สารสกัดน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส ส่งผลให้ด้วงวงข้าวโพดถอยห่างจากบริเวณวางสาร เท่ากับ  $31.00 \pm 10.46$ ,  $40.00 \pm 11.15$ ,  $50.20 \pm 12.43$ ,  $51.80 \pm 10.82$  และ  $53.80 \pm 9.39$  ซม. ตามลำดับ และการใช้สารสกัดต้นกล้าฟักทองส่งผลให้ด้วงวงข้าวโพดถอยห่างจากบริเวณวางสาร เท่ากับ  $24.20 \pm 10.42$ ,  $33.40 \pm 16.16$ ,  $32.20 \pm 9.70$ ,  $35.40 \pm 9.23$  และ  $40.60 \pm 11.84$  ซม. ตามลำดับ (Table 1, Figure 2) ซึ่งในช่วงเวลา 1 นาที ด้วงวงข้าวโพดตอบสนองด้วยการถอยห่างจากสารสกัดทั้ง 4 ชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P = .0586$ ) ต่อมาในช่วงเวลาที่ 2–5 นาที พบว่า ด้วงวงข้าวโพดตอบสนองต่อสารสกัดทั้ง 4 ชนิด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ ) โดยสารสกัดน้ำมันหอมระเหยส้มและสารสกัดน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส ส่งผลให้ด้วงวงข้าวโพดถอยห่างจากบริเวณวางสารสกัดมากที่สุดรองลงมา คือ สารสกัดต้นกล้าฟักทอง และชุดควบคุม (Table 1, Figure 2) จากการสังเกตพฤติกรรมของด้วงวงข้าวโพดที่ได้รับการทดสอบด้วยชุดควบคุม และสารสกัดต้นกล้าฟักทอง พบว่า ด้วงวงข้าวโพดมีการเดินวนเวียนอยู่ในอุโมงค์ทดสอบ โดยไม่พบการพยายามถอยห่างจากบริเวณวางสารสกัดไปยังปลายอุโมงค์ส่วนด้วงวงข้าวโพดที่ถูกทดสอบด้วยสารสกัดน้ำมันหอมระเหยส้ม และน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส พบว่า ด้วงวงข้าวโพดถอยห่างออกไป



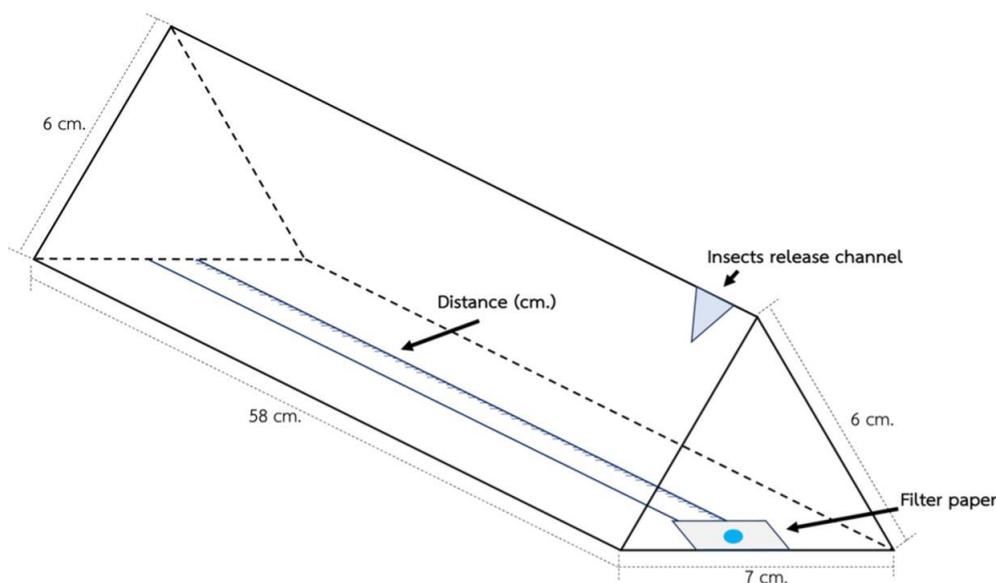
จากบริเวณวางสารสกัดอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาตั้งแต่ 1–3 นาที อย่างไรก็ตาม จากผลการสังเกตพฤติกรรมพบว่าน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสส่งผลให้ด้วงวงข้าวโพดหยุดเดิน และหยุดขยายระยะช่วงเวลาที่ 4–5 นาที ในขณะที่สารสกัดน้ำมันหอมระเหยส้มยังคงสามารถทำให้ด้วงวงข้าวโพดถอยห่างไปจนถึงปลายอุโมงค์ได้ ซึ่งอาการหยุดเคลื่อนไหวนี้อาจมีผลมาจากองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสที่มีสารออกฤทธิ์หลักประกอบด้วย 1,8-cineole, p-cimen,  $\alpha$ -pinene, and  $\alpha$ -limonene (Čmiková et al., 2023) ที่ส่งผลให้ด้วงวงข้าวโพดเกิดอาการอัมพาต หยุดนิ่ง และไม่ต้องสนองต่อสิ่งกระตุ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sarac and Tunc (1995) ที่ได้ศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสกับแมลงศัตรูในโรงเก็บ 3 ชนิด ได้แก่ มอดแป้ง ด้วงวงข้าว และหนอนวัยสุดท้ายของผีเสื้อข้าวโพด และพบว่า น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 0.135 มก./ล. มีประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงทั้ง 3 ชนิด ภายในเวลา 168 ชั่วโมง โดยพบการตายของตัวเต็มวัยของมอดแป้ง 86%

และพบการตายของตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าว และหนอนวัยสุดท้ายของหนอนผีเสื้อข้าวโพด 94% สำหรับด้วงวงข้าวโพดที่มีจำนวนการถอยห่างจากจุดวางสารสกัดไปยังปลายอุโมงค์ได้โดยไม่พบการหยุดเคลื่อนไหวนั้น เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยส้มที่มีการรายงานถึงกลุ่มสารออกฤทธิ์หลักที่ประกอบด้วย limonene,  $\beta$ -myrcene และ  $\alpha$ -pinene (Ngan et al., 2020; Del Carmen Razola-Díaz et al., 2021) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม monoterpene hydrocarbons และ oxygenated monoterpenes เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมถึงมีฤทธิ์ในการไล่กลุ่มสัตว์ขาปล้อง เช่น เเห็บ หมัด เป็นต้น (Isman, 1999)

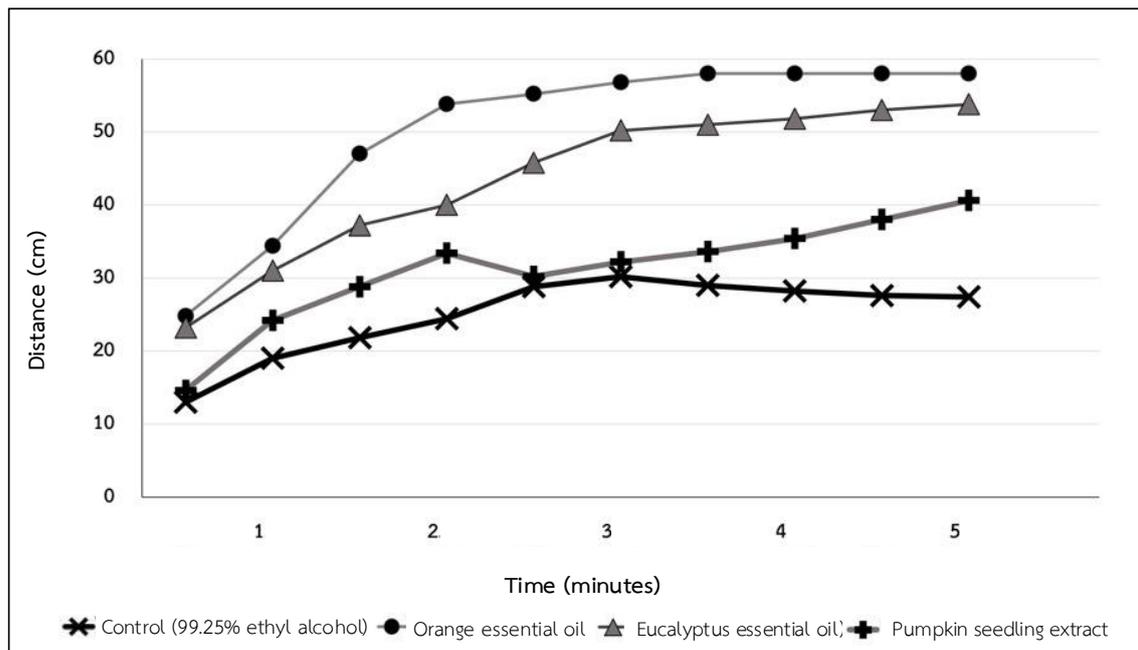
### ประสิทธิภาพของสารสกัดแต่ละชนิดต่อจำนวนและระยะการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพด

จากการตรวจนับจำนวนและบันทึกระยะถอยห่างของด้วงวงข้าวโพดที่ถูกทดสอบด้วยสารสกัดที่ต่างกัน พบว่า มีจำนวนด้วงวงข้าวโพดที่ไม่สามารถถอยห่างจากบริเวณที่มีสารสกัดไปจนถึงปลายอุโมงค์ทดสอบได้หลังจากเวลาครบ 5 นาที ซึ่งจำนวนและระยะถอยห่างในอุโมงค์ที่ทดสอบแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยการทดสอบด้วยชุดควบคุมไม่พบด้วงวงข้าวโพดที่ถอยห่างไปจนถึงปลายอุโมงค์ทดสอบ (จำนวน 50 ตัว) และระยะถอยห่างเฉลี่ย คือ  $9.10 \pm 1.33$  ซม. การทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยส้มพบด้วงวงข้าวโพดจำนวน 28 ตัว ที่ไม่ถอยห่างไปจนถึงปลายอุโมงค์ทดสอบ (ระยะถอยห่างเฉลี่ย  $18.04 \pm 3.17$  ซม.) การทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสพบด้วงวงข้าวโพดจำนวน 43 ตัว ที่ไม่ถอยห่างไปจนถึงปลายอุโมงค์ทดสอบโดยพบว่า ด้วงวงข้าวโพดมีการหยุดขยายระยะ (ระยะถอยห่างเฉลี่ย  $15.30 \pm 2.29$  ซม.) และการทดสอบด้วยสารสกัดต้นกล้าฟักทองพบด้วงวงข้าวโพดจำนวน 48 ตัว ที่ไม่ถอยห่างไปจนถึงปลายอุโมงค์ทดสอบ และพบว่า ด้วงวงข้าวโพดยังคงเดินวนเวียนอยู่ในอุโมงค์ทดสอบ (ระยะถอยห่างเฉลี่ย  $18.00 \pm 2.15$  ซม.) จากผลการทดลองข้างต้น พบว่า น้ำมันหอมระเหยส้มมีจำนวนด้วงวงข้าวโพดที่มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงวงข้าวโพดให้ถอยห่างไปจากจุดวางสารสกัดไปถึงปลายอุโมงค์มากที่สุด ( $n=22$ ) อย่างไรก็ตามระยะการถอยห่างของด้วงวงข้าวโพดที่ไม่ไปถึงปลายอุโมงค์ของกรรมวิธีที่ใช้สารสกัดน้ำมันหอมระเหยส้ม น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส และสารสกัดต้นกล้าฟักทองไม่มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > .05$ ) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤชอร และรัชฎาพร (2558) ที่พบว่า การใช้สารสกัดจากเปลือกพืชวงศ์ส้มมีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงวงข้าวโพด เนื่องจากสารสกัดน้ำมันหอมระเหยพืชวงศ์ส้มมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ เช่น d-limonene, mono และ sesquiterpenoids ซึ่งมีฤทธิ์ต่อระบบประสาท และระบบทางเดินหายใจของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (Karr and Coats, 1988; Ryan and Byrne, 1988; Tapondjou et al., 2005) และจากการรายงานของ Sinthusiri and Soonwera (2014) พบว่า น้ำมันหอมระเหยส้ม ยูคาลิปตัส ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus*) ตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) และกานพลู (*Syzygium aromaticum*) เมื่อใช้ ethyl alcohol เป็นตัวทำละลายมีประสิทธิภาพในการไล่แมลงวันบ้าน นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากพืชมีประสิทธิภาพการไล่แมลงสูงกว่าสารสกัดจากพืชโดยน้ำมันหอมระเหยจะสามารถไล่แมลงได้เพียงระยะเวลาหนึ่งเนื่องจากเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจึงสามารถระเหยได้ง่ายและรวดเร็ว นอกจากนี้ กลิ่นฉุนเหม็นของสารจากพืชมีผลต่อพฤติกรรมของแมลงโดยบริเวณส่วนหัว หนวด และรยางค์ปากมีเซลล์ประสาทรับสัมผัสทางเคมีในการรับกลิ่น ถ้ากลิ่นเหม็นฉุนหรือไม่เหมาะสม ระบบประสาทส่วนกลางจะสั่งการมายังเซลล์ประสาทรับสัมผัสทางเคมีให้หยุดการตอบสนองและถอยหนีออกไป (Aref and Valizadegan, 2015)



**Figure 1.** The tunnel structure for recording behavior of maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky).



**Figure 2.** The evasion distances of maize weevils (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) in 5 minutes with different types of plant extracts.

**Table 1.** The efficiency of various plant extracts on evasion distance of maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) within 5 minutes.

Plant extract types	Evasion distance of maize weevil in various plant extracts (mean±sd)				
	Times (minutes)				
	1	2	3	4	5
Control (99.25% ethyl alcohol)	19.00±9.02	24.40±8.05 <sup>c</sup>	30.20±7.25 <sup>b</sup>	28.20±8.04 <sup>b</sup>	27.40±10.59 <sup>b</sup>
Orange essential oil	34.40±3.36	53.80±6.26 <sup>a</sup>	56.80±2.68 <sup>a</sup>	58.00±0.00 <sup>a</sup>	58±00.00 <sup>a</sup>
Eucalyptus essential oil	31.00±10.46	40.00±11.15 <sup>ab</sup>	50.20±12.43 <sup>a</sup>	51.80±10.82 <sup>a</sup>	53.80±9.39 <sup>a</sup>
Pumpkin seedling extract	24.20±10.42	33.40±16.16 <sup>b</sup>	32.20±9.70 <sup>b</sup>	35.40±9.23 <sup>b</sup>	40.60±11.84 <sup>b</sup>
<i>P</i> -value	<i>P</i> =0.0586	<i>P</i> =0.00515	<i>P</i> =0.0003	<i>P</i> <0.0001	<i>P</i> =0.0003

Letters in each column denote significantly different groups, data analysis by using of a 95% Least Significant Difference (LSD) test.

**Table 2.** The percentage and evasion distances of maize weevils (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) unable to reach the end of the tunnel.

Plant extract types	No. adults of maize weevils unable to reach the end of the tunnel	Average of distance (mean±sd)	Mean difference	p-value
Control (99.25% ethyl alcohol)	50	9.10±1.33	Ct, Or =8.93*	p=0.007
			Ct, Eu =6.20*	p=0.034
			Ct, Pk =8.90*	p=0.002
Orange essential oil	28	18.04±3.17	Or, Ct =8.93*	p=0.007
			Or, Eu =2.73	p=0.420
			Or, Pk =0.03	p=0.991
Eucalyptus essential oil	43	15.30±2.29	Eu, Ct =6.20*	p=0.034
			Eu, Or =2.73	p=0.420
			Eu, Pk =2.69	p=0.357
Pumpkin seedling extract	48	18.00±2.15	Pk, Ct =8.90*	p=0.002
			Pk, Or =0.03	p=0.991
			Pk, Eu =2.69	p=0.357

Or = Orange essential oil, Eu = Eucalyptus essential oil, Pk = Pumpkin seedling extract

Ct = Control (99.25% ethyl alcohol)

\* Different statistically at 95% confidence interval by LSD test

## สรุป

งานวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส และน้ำมันหอมระเหยส้มที่ความเข้มข้น 5% มีศักยภาพในการทำให้ด้วงงวงข้าวโพดถอยห่างออกไปจากบริเวณที่มีการวางสารสกัดอย่างทันที โดยน้ำมันหอมระเหยส้มส่งผลต่อพฤติกรรมถอยห่างของด้วงงวงข้าวโพดเป็นจำนวนมากที่สุด ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส ส่งผลให้ด้วงงวงข้าวโพดเกิดอาการหยุดนิ่งไม่ขยับมากที่สุด ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้สามารถนำสารสกัดจากพืชมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันด้วงงวงข้าวโพดที่เข้ารบกวนในเมล็ดข้าวได้ อย่างไรก็ตาม การวิจัยในครั้งต่อไป ควรศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี (chemical composition) ของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดเพิ่มเติม และแยกกลุ่มสารสำคัญเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในทุกระยะของด้วงงวงข้าวโพด รวมทั้งศึกษาถึงวิธีการสกัดตัวทำละลายที่ใช้สกัดเพื่อให้ได้ผลงานวิจัยที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแห่งชาติ ภาคกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทำการทดลองครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- จิรวัดน์ เอี่ยมใจดี. (2559). การศึกษาพฤติกรรมด้วงวงข้าวโพดที่ตอบสนองต่อสารสกัดจากพืช (วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน). ThaiLIS.  
[https://tdc.thailis.or.th/tdc/search\\_result.php](https://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php)
- ชวลิต จิตนันท์. (2556). ความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนและประสิทธิภาพของฟีโรโมนที่มีต่อสายพันธุ์ด้วงวงและสายพันธุ์อ่อนแอของมอดแป้ง *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์). ThaiLIS.  
[https://tdc.thailis.or.th/tdc/search\\_result.php](https://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php)
- นันทิยา จิตธรรมมา. (2549). ประสิทธิภาพในการเป็นสารกำจัดแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh) ต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera Litura* Fabricius) (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.). ThaiLIS.  
[https://tdc.thailis.or.th/tdc/search\\_result.php](https://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php)
- ฤชอร วรณะ และรัชฎาพร วันชูเสริม. (2558). ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกของผลพีชวงศ์ส้มกำจัดด้วงวงข้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 46(3), 371-374.
- วีระพล จันทร์สวรรค์ และณรงค์ จึงสมานญาติ. (2537). ศึกษาฤทธิ์ฆ่าเห็บโคของน้ำมันจากเปลือกผลส้ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนา.
- เสาวลักษณ์ ไชยขมภู. (2547). การใช้คลื่นเสียงตรวจสอบการเจริญเติบโตการเข้าทำลายและพฤติกรรมของด้วงวงข้าวโพด (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่). ThaiLIS.  
[https://tdc.thailis.or.th/tdc/search\\_result.php](https://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php)
- Aref, S. P., & Valizadegan, O. (2015). Fumigant toxicity and repellent effect of three Iranian *Eucalyptus* species against the lesser grain beetle, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Col.: Bostrichidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(2), 198-202.
- Batish, R. D., Singh H. P., Kohli R. K., & Kaur, S. (2008). Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*, 256, 2166-2174.
- Choi, W. I., Lee, E. H., Choi, B. R., Park, H. M., & Ahn, Y. J. (2003). Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 96(5), 1479-1484.



- Čmíková, N., Galovičová, L., Schwarzová, M., Vukic, M. D., Vukovic, N. L., Kowalczewski, P. L., Bakay, L., Kluz, M. I., Puchalski, C., & Kačániová, M. (2023). Chemical composition and biological activities of *Eucalyptus globulus* essential oil. *Plants*, *12*(5), 1076.
- Daglish, G. J., Nayak, M. K., & Pavi, H. (2014) Phosphine resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) from eastern Australia: Inheritance, fitness and prevalence. *Journal of Stored Products Research*, *59*, 237-244.
- Del Carmen Razola-Díaz, M., Guerra-Hernández, E. J., García-Villanova, B., & Verardo, V. (2021). Recent developments in extraction and encapsulation techniques of orange essential oil. *Food Chemistry*, *354*, 129575.
- Fouad, H. A., & da Camara, C. A. G. (2017). Chemical composition and bioactivity of peel oils from *Citrus aurantiifolia* and *Citrus reticulata* and enantiomers of their major constituent against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products*, *73*, 30-36.
- Halaweish, F. T., & Tallamy, D. W. (1993). A new cucurbitacin profile for *Cucurbita andreana*: A candidate for cucurbitacin tissue culture. *Journal of Chemical Ecology*, *19*(6), 1135-1141.
- Isman, M. (1999). Pesticides based on plant essential oils. *Pesticide Outlook*, *10*(2), 68-72.
- Jarrahi, A., Saeid, M., & Sohrab, I. (2016). Chemical composition and fumigant toxicity of essential oil from *Thymus daenensis* against two stored product pests. *Journal of Crop Protection*, *5*(2), 243-250.
- Jesser, E. N., Werdin-González, J. O., Murray, A. P., & Ferrero, A. A. (2017). Efficacy of essential oils to control the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *20*, 1122-1129.
- Karr, L. L., & Coats, J. R. (1988). Insecticidal properties of d-limonene. *Journal of Pesticide Science*, *13*, 287-290.
- Kim, S. I., Yoon, J. -S., Jung, J. W., Hong, K. -B., Ahn, Y. J., & Kwon, H. W. (2010). Toxicity and repellency of origanum essential oil and its components against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) adults. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *13*(4), 369-373.

- Ngan, T. T. K., Nguyen, O. B., Muoi, N. V., Truc, T. T. & My, V. T. N. (2020). Chemical composition and antibacterial activity of orange (*Citrus sinensis*) essential oils obtained by hydrodistillation and solvent free microwave extraction. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 991(1), 12-23.
- Ryan, M. F. & Byrne, O. (1988). Plant-insect coevolution and inhibition of cetylcholinesterase. *Journal of Chemical Ecology*, 14(10), 1965-1975.
- Sarac, A. & Tunc, I. (1995). Toxicity of essential oil vapours to stored-product insect pests. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 102(1), 69-74.
- Sim, H. S., Jang, B. C., Park, H. M., Jeng, B. Y. & Oh, M. J. (2008). Isolation of cucurbitacin E from sprouted pumpkin seed and analysis of its anti-cancer and anti-inflammatory activities. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 37, 834-840.
- Sinthusiri, J. & Soonwera, M. (2014). Oviposition deterrent and ovicidal activities of seven herbal essential oils against female adults of housefly, *Musca domestica* L. *Parasitology Research*, 113, 3015-3022.
- Tapondjou, A. L., Alder, C., Fontem, A. D., Bouda, H. & Reichmuth, C. (2005). Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Stored Product Research*, 41, 91-102.
- Throne, J. E. (1994). Life history of immature *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) on corn stored at constant temperatures and relative humidity in the laboratory. *Environmental Entomology*, 23(6), 1459-1471.
- Tofel, K. H., Kosma, P., Stähler, M., Adler, C. & Nukenine, E. N. (2017). Insecticidal products from *Azadirachta indica* and *Plectranthus glandulosus* growing in Cameroon for the protection of stored cowpea and maize against their major insect pests. *Industrial Crops and Products*, 110, 58-64.
- Ukeh, D. A., Sylvia, B. A. U., Alan, S. B., Jennifer, M. L. A., John, A. P. & Michael, A. B. (2012). Alligator pepper, *Aframomum melegueta*, and ginger, *Zingiber officinale*, reduce stored maize infestation by the maize weevil, *Sitophilus zeamais* in traditional African granaries. *Crop Protection*, 32, 99-103.