

ฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและเปลือกส้มโอ

Repellent Activity of Essential Oils from *Alpinia galanga* Rhizome and *Citrus grandis* Peel against Rice Weevil, *Sitophilus oryzae*

มัตตนา กล้าคง¹, ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์¹ และ พัชรารณ วาณิชย์ปกรณ์^{1*}

Mattana Klakong¹, Yuenyong Vanichpakorn¹ and Patcharaporn Vanichpakorn^{1*}

บทคัดย่อ: น้ำมันหอมระเหยจากพืชได้รับความสนใจในการควบคุมด้วงงวงข้าว เนื่องจากมีประสิทธิภาพและไม่มีพิษหรือมีพิษน้อยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและเปลือกส้มโอในการไล่ด้วงงวงข้าวและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย พบว่าสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า ได้แก่ 2-oxabicyclo[2.2.2]octane, 1,3,3-trimethyl- (17.42%), 2-oxabicyclo[2.2.2]octan-6-ol, 1,3,3-trimethyl-acetate (10.81%), (1S,4R,5R)-1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octan-5-ylacetate (10.55%) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอพบ D-limonene (83.77%) และ β -Myrcene (5.39%) น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูงกว่าเปลือกส้มโอ โดยมีค่า RC_{50} เท่ากับ 0.011, 0.008, 0.010, 0.007 และ 0.045 มคด./ตร.ซม. ที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 24 ชม. ตามลำดับ ส่วนค่า RC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอเท่ากับ 0.471, 0.141, 0.706, 1.343 และ 1.539 มคด./ตร.ซม. ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าและเปลือกส้มโอมีศักยภาพในการใช้เป็นทางเลือกเพื่อควบคุมประชากรของด้วงงวงข้าว

คำสำคัญ: ฤทธิ์การไล่, ด้วงงวงข้าว, น้ำมันหอมระเหย, ข่า, ส้มโอ

ABSTRACT: Essential oils from plants have been much accepted for control of *Sitophilus oryzae* because of their effectiveness and no or low toxicity to humans and environment. Essential oils from *Alpinia galanga* rhizome and *Citrus grandis* peel were evaluated for their repellent activity against adults of *S. oryzae* and chemical composition of essential oils was also investigated. The main components of essential oil of *A. galanga* were 2-oxabicyclo[2.2.2]octane, 1,3,3-trimethyl- (17.42%), 2-oxabicyclo[2.2.2]octan-6-ol, 1,3,3-trimethyl-acetate (10.81%), (1S,4R,5R)-1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octan-5-yl acetate (10.55%). D-Limonene (83.77%) and β -Myrcene (5.39%) were major components in essential oil of *C. grandis*. Essential oil of *A. galanga* had higher repellent activity against *S. oryzae* than that of *C. grandis* with RC_{50} values of 0.011, 0.008, 0.010, 0.007 and 0.045 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ at 1, 2, 3, 4 and 24 h, respectively. The RC_{50} values of essential oil of *C. grandis* were 0.471, 0.141, 0.706, 1.343 and 1.539 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, respectively. The results show that essential oils of *A. galanga* and *C. grandis* have the potential to be used as an alternative to protect the population of *S. oryzae*.

Keywords: Repellent activity, *Sitophilus oryzae*, Essential oil, *Alpinia galanga*, *Citrus grandis*

¹ สาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Plant Science Division, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya

* Corresponding author: pvanich@gmail.com

บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่เป็นอันดับสองของโลก โดยปี 2559 ประเทศไทยส่งออกข้าวในปริมาณ 9.88 ล้านตัน มีมูลค่า 54,434 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2016) ปัญหาสำคัญของการเก็บรักษาข้าวเพื่อการส่งออกคือข้าวถูกทำลายโดยด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae*) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวสำคัญที่สุดชนิดหนึ่งและพบการระบาดทั่วโลก โดยตัวอ่อนและตัวเต็มวัยกัดกินเมล็ดทั้งข้าวเปลือกและข้าวสารสร้างความเสียหายแก่ผลผลิตข้าว การใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถลดการใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ มีรายงานวิจัยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชหลายชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าว เช่น น้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้ เหง้าขิง ใบสะระแหน่ (Franz et al., 2011) และใบชะพลู (มัตตนา และคณะ, 2561) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ยังเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการควบคุมแมลงศัตรูพืชเพื่อลดต้นทุนในการผลิตพืช

ข้าว และส้มโอเป็นพืชที่นิยมปลูกทั่วไปและหาได้ง่าย น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีพืชต่อแมลงศัตรูสำคัญหลังการเก็บเกี่ยว เช่น มอดแป้ง และมอดยาสูบ (สังวาลและ สุภาณี, 2546; Wu et al., 2014) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอมีพืชทางสัมผัสต่อดังงวงข้าว (ฤทธอร และ รัชฎาพร, 2558) แต่ยังไม่มียางานประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดในการไล่ด้วงงวงข้าว งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและเปลือกส้มโอ รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการด้วงงวงข้าวอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีการศึกษา

การเพาะเลี้ยงด้วงงวงข้าว

เก็บรวบรวมด้วงงวงข้าวจากเมล็ดข้าวที่ถูกทำลายในธรรมชาติ นำมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $75 \pm 5\%$ เลี้ยงแมลงด้วยข้าวกล้องอินทรีย์พันธุ์สังข์หยด ซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 4 ชม. ปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์และ

วางไข่เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แล้วใช้ตะแกรงร่อนเอาตัวเต็มวัยของแมลงออกให้หมด ประมาณ 30 วัน ไข่ในเมล็ดข้าวจะพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย นำลูกรุ่นใหม่อายุ 7-10 วัน มาใช้ในการทดสอบต่อไป

การสกัดน้ำมันหอมระเหยและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำชิ้นส่วนเหง้าข่า และเปลือกส้มโอเลือกเฉพาะส่วนที่เป็นสีเขียวชนิดละ 2 กก. ต่อน้ำ 3 ล. มาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation) เป็นเวลา 4-6 ชม. ซึ่งได้น้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.13 และ 0.80% ตามลำดับ นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) และเก็บน้ำมันหอมระเหยส่วนที่เหลือที่อุณหภูมิ 8°C เพื่อร่อนนำไปทดสอบฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวต่อไป

การทดสอบฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าว

ใช้วิธี area preference method ดัดแปลงจากวิธีของ McDonald et al. (1970) โดยแบ่งกระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 ซม. ออกเป็นสองส่วนเท่ากัน หยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าในตัวทำละลายอะซิโตนโดยใช้ความเข้มข้น 0.015, 0.03, 0.08, 0.16, 0.24, 0.31, 0.47, 0.63 และ 1.25 มก./ตร.ซม. ในปริมาตร 0.5 มล. ลงบนกระดาษกรองส่วนที่หนึ่ง แล้วหยดตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 0.5 มล. ลงบนกระดาษกรองส่วนที่สอง (ชุดควบคุม) ปล่อยให้กระดาษกรองแห้งนาน 10 นาที จึงนำกระดาษกรองทั้งสองส่วนมาต่อเป็นวงกลมโดยใช้สก๊อตเทปใสเป็นตัวยึด แล้วใส่กระดาษกรองในจานเพาะเชื้อ จากนั้นย้ายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวเฉพาะจำนวน 10 ตัว ลงบนกระดาษกรอง สำหรับสารละลายน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอใช้ความเข้มข้น 0.16, 0.31, 0.63, 1.25, 1.57, 1.89, 2.20, 2.51 และ 5.03 มก./ตร. ซม. บันทึกจำนวนแมลงด้านที่ใช้สารและด้านไม่ใช้สารที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 24 ชม. หลังการทดสอบ นำข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การไล่แมลง ตามวิธีการของ Abbott (1925)

การไล่แมลง (เปอร์เซ็นต์) = $(A-B/A) \times 100$

A = จำนวนแมลงที่อยู่บนกระดาษกรองด้านที่ไม่ใช้สาร

B = จำนวนแมลงที่อยู่บนกระดาษกรองด้านที่ใช้สาร

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และคำนวณค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ไล่สัตว์ทดลองออกจากพื้นที่ 50% (Repellent concentration 50%, RC_{50}) (Mendoza-Garcia et al., 2014) โดยใช้ Probit analysis

ผลการศึกษา

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าพบสารที่เป็นองค์ประกอบจำนวน 110 ชนิด โดยสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 2-Oxabicyclo[2.2.2]octane, 1,3,3-trimethyl- (17.42 %), 2-Oxabicyclo[2.2.2]octan-6-ol, 1,3,3-trimethyl-acetate (10.81%), (1S,4R,5R)-1,3,3-

Table 1 Main chemical compositions of essential oils of *A. galanga* rhizome and *C. grandis* peel

Compounds	Percent composition	
	<i>A. galanga</i>	<i>C. grandis</i>
β -pinene	2.07	1.82
D-Limonene	3.39	83.77
Terpinen-4-ol	5.56	-
2-Oxabicyclo[2.2.2]octane, 1,3,3-trimethyl-	17.42	-
2-Oxabicyclo[2.2.2]octan-6-ol, 1,3,3-trimethyl-acetate	10.81	-
(1S,4R,5R)-1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octan-5-yl acetate	10.55	-
β -Myrcene	-	5.39
Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	-	2.91

trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octan-5-yl acetate (10.55%), Terpinen-4-ol (5.56%), D-Limonene (3.39 %) และ β -pinene (2.07%) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ พบสารที่เป็นองค์ประกอบจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ D-Limonene (83.77 %), β -Myrcene (5.39 %), Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)- (2.92%) และ β -pinene (1.82%) (Table 1)

ฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าว

เปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงงวงข้าวของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและเปลือกส้มโอปรากฏผลดัง Figure 1 กล่าวคือ น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 1.25 มก./ตร.ซม. มีฤทธิ์สูงสุดในการไล่ด้วงงวงข้าว และมีฤทธิ์คงที่ตลอดระยะเวลาที่ทดสอบ (95-100%)

ส่วนความเข้มข้น 0.08-0.63 มก./ตร.ซม. มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูงมากใน 4 ชั่วโมงแรกของการทดสอบ (70-100%) ส่วนความเข้มข้น 0.016 มก./ตร.ซม. มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวต่ำสุด 55-70% ใน 4 ชั่วโมงแรกของการทดสอบ และลดเหลือ 25% ในชั่วโมงที่ 24 ของการทดสอบ สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอพบว่า ความเข้มข้น 5.03 มก./ตร.ซม. มีฤทธิ์สูงสุดในการไล่ด้วงงวงข้าวตลอดช่วงเวลาที่ทดสอบ (80-100%) ส่วนความเข้มข้น 0.16 มก./ตร.ซม. มีฤทธิ์ต่ำสุด โดย 2 ชั่วโมงแรกไล่ด้วงงวงข้าวได้ 55% และลดลงเหลือ 20% ในชั่วโมงที่ 24 ของการทดสอบ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นสูง มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวดีกว่าความเข้มข้นต่ำ และฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดลดลงตามระยะเวลาที่ทดสอบ

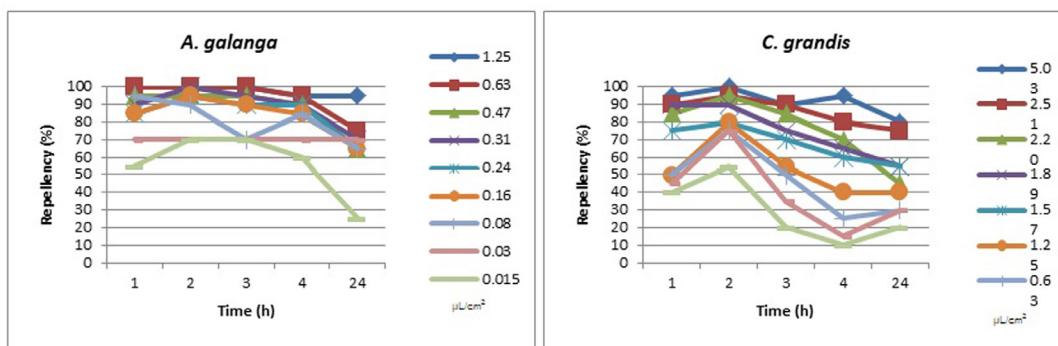


Figure 1 Percent repellency of essential oils of *A. galanga* rhizome and *C. grandis* peel against adults of *S. oryzae*.

เมื่อพิจารณาค่า RC_{50} พบว่า น้ำมันหอมระเหยเหง้าข่ามีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอ ซึ่งค่า RC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าเท่ากับ 0.011, 0.08, 0.010, 0.007 และ 0.04 มล./ตร.ซม. ที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 24 ชม. ของการทดสอบ (Table 2)

วิจารณ์

น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและเปลือกส้มโอมีฤทธิ์ในการไล่ด้วงงวงข้าว สอดคล้องกับรายงานของ

Lu and Ma (2015) พบว่า น้ำมันหอมระเหยข่าตาแดง (*A. officinarum*) ความเข้มข้น 0.20 มล./ตร.ซม. มีฤทธิ์ไล่มอดยาสืบสูงมาก 91.31% ที่เวลา 48 ชม. เช่นเดียวกับ ดวงสมร และคณะ (2554) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่าลิง (*A. conchigera*) มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด โดยพบอัตราการไล่เท่ากับ 91.5% ที่เวลา 2 ชม. ส่วนน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 5, 10 และ 20% มีฤทธิ์ไล่ตัวเต็มวัยของยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) 52, 62.5 และ 94.7% ตามลำดับ ที่เวลา 3 ชม. หลังการทดสอบ (Manorenjitha et al., 2017)

Table 2 RC_{50} values of essential oils of *A. galanga* rhizome and *C. grandis* peel against adults of *S. oryzae*.

Plant	Time (h)	RC_{50} ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	95% CL ^{1/}	Slope $\pm$ SE	χ^2 (df) ^{2/}
<i>A. galanga</i>	1	0.011	0.001-0.026	1.04 $\pm$ 0.10	27.62(7)
<i>C. grandis</i>	1	0.471	0.163-0.790	1.34 $\pm$ 0.12	45.07(7)
<i>A. galanga</i>	2	0.008	0.002-0.013	1.20 $\pm$ 0.13	15.10(7)
<i>C. grandis</i>	2	0.141	0.032-0.272	1.13 $\pm$ 0.12	21.12(7)
<i>A. galanga</i>	3	0.010	0.002-0.022	1.01 $\pm$ 0.11	21.82(7)
<i>C. grandis</i>	3	0.706	0.516-0.901	1.60 $\pm$ 0.12	14.13(7)
<i>A. galanga</i>	4	0.007	0.003-0.013	0.77 $\pm$ 0.09	3.40(7)
<i>C. grandis</i>	4	1.343	1.194-1.495	2.22 $\pm$ 0.19	8.19(7)
<i>A. galanga</i>	24	0.045	0.000-0.127	0.66 $\pm$ 0.08	50.43(7)
<i>C. grandis</i>	24	1.539	1.003-2.526	1.18 $\pm$ 0.12	24.62(7)

^{1/}CL denotes confidence limit.

^{2/} χ^2 chi square, d.f. degrees of freedom.

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสองชนิด พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอพบสาร limonene เป็นองค์ประกอบหลัก 83.77% สอดคล้องกับ Othman et al. (2016) ที่พบ limonene เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอเช่นกัน ในปริมาณ 81.6 -96.9% สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าชาพบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักแตกต่างจากการศึกษาของ Wu et al. (2014) ซึ่งพบสาร eucalyptol, 1R- α -pinene และ α -terpineol สาเหตุที่พบปริมาณและชนิดสารแตกต่างกัน อาจเนื่องจากสภาพแวดล้อม อายุพืช หรือกรรมวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ต่างกัน อย่างไรก็ตาม limonene และ β -pinene เป็นองค์ประกอบหลักที่พบทั้งในน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าชาและเปลือกส้มโอ Gillij et al. (2008) พบว่า limonene เป็นสารตัวหลักที่มีประสิทธิภาพในการขับไล่ยุง Yang et al. (2014) รายงานว่า D-limonene, α -pinene และ β -pinene ความเข้มข้น 78.63 นนล./ตร.ซม. มีฤทธิ์ไล่ตัวเต็มวัยของมอดยาสูบ (*Lasioderma serricorne*) 78, 50 และ 78% ที่เวลา 2 ชม. และลดลงเหลือ 74, 50 และ 52% ที่เวลา 4 ชม. สอดคล้องกับการทดลองของ Guo et al. (2016) พบว่า α -pinene และ D-limonene ความเข้มข้น 78.63 และ 63.17 นนล./ตร.ซม. มีฤทธิ์ไล่มอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) และเหาหนังสือ (*Liposcelis bostrychophila*) ตามลำดับสูงกว่า 80% ที่เวลา 2 ชม. ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าชาและเปลือกส้มโอมีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าว อาจเนื่องจากสารที่เป็นองค์ประกอบหลักดังกล่าว

สรุป

น้ำมันหอมระเหยเหง้าชาและเปลือกส้มโอมีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าว โดยความเข้มข้นสูงมีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวดีกว่าความเข้มข้นต่ำ และฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดลดลงตามระยะเวลาที่ทดสอบ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยเหง้าชาและเปลือกส้มโอมีองค์ประกอบสำคัญที่มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสูง น้ำมันระเหยของพืชทั้งสองชนิดนี้จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันการทำลายของแมลง อย่างไรก็ตามควรศึกษาฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวของน้ำมันหอมระเหยเหง้าชาและเปลือกส้มโอระหว่างการเก็บรักษาข้าว การปรุงแต่งน้ำมันหอมระเหยให้คงประสิทธิภาพได้

นาน รวมทั้งศึกษาฤทธิ์ชีวภาพด้านอื่นๆ เพื่อให้ น้ำมันหอมระเหยมีประสิทธิภาพจนสามารถทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ได้

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ดวงสมร สิทธิสุทธิ, Paul G. Fields และอังศุมาลย์ จันทราปัติย์. 2554. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลขิงในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)). แก่นเกษตร. 32: 345-358.
- มัตตนา กล้าคง, ยืนยง วาณิชยปกรณ์ และพัชรภรณ์ วาณิชยปกรณ์. 2561. องค์ประกอบทางเคมีและความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูที่มีต่อด้วงงวงข้าว. แก่นเกษตร. (ฉบับพิเศษ 1) 46:189-194.
- ฤชอร วรณะ และรัชฎาพร วันชูเสริม. 2558. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มก่ำกำจัดด้วงงวงข้าว. ว. วิทย. กษ. 46: 371-374.
- สังวาล สมบูรณ์ และสุภาณี พิมพ์สมาน. 2546. ศักยภาพของการใช้น้ำมันระเหยจากพืชตระกูล Zingiberaceae ในการควบคุมมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Herbst) และด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.). ว. วิทย. กษ. 34:183-186.
- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ Entomol. 18: 265-267.
- Franz, A.R., N. Knaak, and L.M. Fiuza. 2011. Toxic effects of essential plant oils in adult *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae). Rev. Brasentomol. 55: 116-120.
- Gillij, Y.G., R.M. Gleiser, and J.A. Zygadlo. 2008. Mosquito repellent activity of essential oils of aromatic plants growing in Argentina. Bioresour. Technol. 99: 2507-2515.

- Guo, S., W. Zhang, J. Liang, C. You, Z. Geng, C. Wang, and S. Du. 2016. Contact and repellent activities of the essential oil from *Juniperus formosana* against two stored product insects. *Molecules*. 21: 1-11.
- Manorenjitha, M.S., M. Jamil, N. Hashim, L.S. Kiong, and Z. Jaal. 2017. Repellency effect of white flesh *Citrus grandis* osbeck fruit peel extracts against *Aedes aegypti* (Linn.) mosquitoes. *Int. J. Mosq. Res.* 4: 88-94.
- Mcdonald, L.L., R.H. Gay, and R.D. Speirs. 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants repellents and attractants against stored-product insects. United States Government Publishing Office, WA.
- Mendoza-García, E.E., L.D. Ortega-Arenas, R. Pérez-Pacheco, and C. Rodríguez-Hernández. 2014. Repellency, toxicity, and oviposition inhibition of vegetable extracts against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Chil. J. Agr. Res.* 74: 41-48.
- Office of Agricultural Economics. 2016. Agricultural Statistics of Thailand 2016. Ministry of Agricultural and Cooperatives, Bangkok.
- Othman, S.N.A.M., M.A. Hassan, L. Nahar, N. Basar, S. Jamil, and S.D. Sarker. 2016. Essential oils from the Malaysian citrus (Rutaceae). *J Med Plant Res.* 3:1-11.
- Wu, Y., Y. Wang, Z.H. Li, C.F. Wang, J.Y. Wei, X.L. Li, P.J. Wang, Z.F. Zhou, S.S. Du, D.Y. Huang, and Z.W. Deng. 2014. Composition of the essential oil from *Alpinia galanga* rhizomes and its bioactivity on *Lasioderma serricorne*. *Bull. Insectology*. 67: 247-254.
- Lu, J. and D. Ma. 2015. Repellent and contact toxicity of *Alpinia officinarum* rhizome extract against *Lasioderma serricorne* adults. *PLOS One*. 10: 1-8.
- Yang, K., C.F. Wang, C.X. You, Z.F. Geng, R.Q. Sun, S.S. Guo, S.S. Du, Z.L. Liu, and Z.W. Deng. 2014. Bioactivity of essential oil of *Litsea cubeba* from China and its main compounds against two stored product insects. *J Asia Pac Entomol.* 17: 459-466.