วารสารวิชาการสาธารณสุข
ปีที่ 28 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม - มิถุนายน 2562

Journal of Health Science
Vol. 28 No. 3, May - June 2019

นิพนธ์ต้นฉบับ ***Original article***

ความเป็นพิษและประสิทธิผลของน้ำมันหอมระเหยในการไล่มอดแป้งที่เป็นพาหะของจุลินทรีย์ก่อโรคในคน

ภานุกิจ กันหาจันทร์ ปร.ด.* **นันทวัฒน์ โฆษา วท.บ.****
จักรวาล ชมภูศรี ปร.ด.* **เดชา แปงใจ สพ.บ.***
พายุ ภักดีนวน วท.ม.* **อภิวัฏ ธวัชสิน ปร.ด.***
ชญาดา ขำสวัสดิ์ วท.บ.* **ศรีสุดา หาญภาคภูมิ ปร.ด.*****

* สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี
** งานบัณฑิตศึกษา สาขาชีวเวชศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี
*** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร

วันรับ: 28 พ.ย. 2560
วันแก้ไข: 9 เม.ย. 2561
วันตอบรับ: 25 เม.ย. 2561

บทคัดย่อ มอดแป้งเป็นแมลงศัตรูผลิตผลทางการเกษตรและส่งผลให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตทางการเกษตรและมีรายงานการตรวจพบจุลินทรีย์ที่จะเป็นพาหะก่อโรคในคนจากมอดแป้ง เช่น *Staphylococcus aureus*, *Psudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. และ *Rhizopus oryzae* นอกจากนี้ยังตรวจพบจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะที่ไม่ก่อโรค เช่น *Bacillus subtilis* เป็นต้น การใช้สารรมในการควบคุมมอดแป้ง ส่งผลให้เกิดการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศได้ นอกจากนี้การใช้สารเคมีในการกำจัดมอดแป้ง อาจส่งผลเสียและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ หรืออาจก่อให้เกิดการดื้อต่อสารเคมีของมอดแป้งและอาจมีการตกค้างทำให้เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาทดแทนการใช้สารเคมี เนื่องจากมีความเป็นพิษต่ำต่อมนุษย์และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของน้ำมันหอมระเหย 13 ชนิด (อบเชยจีน โหระพา ขมิ้นชัน ตะไคร้ต้น ตะไคร้บ้าน ใบฝรั่ง เปปเปอร์มินต์ ตะไคร้หอม สน ส้ม ส้มเขียวหวาน มะกรูด และกระชาย) ในการไล่มอดแป้งในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการทดสอบฤทธิ์สัมผัสตายด้วยวิธี impregnated filter paper discs test ความเข้มข้นที่ใช้คือ 1, 3, 5, 7, 9, 11 และ 13% (v/v) และโดยการทดสอบฤทธิ์ไล่ด้วยวิธี area preference method ความเข้มข้นที่ใช้คือ 0.5, 1, 2, 3 และ 4% (v/v) รายงานผลทดสอบฤทธิ์สัมผัสตายเป็นค่า LC_{50} และรายงานเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราการไล่ซึ่งแสดงค่าในรูปร้อยละและวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยใช้ one-way ANOVA จากการศึกษาพบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน โหระพา ขมิ้นชัน ตะไคร้ต้น ตะไคร้บ้าน ใบฝรั่ง เปปเปอร์มินต์ ตะไคร้หอม สน ส้ม ส้มเขียวหวาน มะกรูด และกระชาย มีค่าความเป็นพิษที่ทำให้มอดแป้งตาย 50% (LC_{50}) หลังสัมผัสสารเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 3.80±0.10 ถึง 11.00±0.06 กล่าวคือ ค่าความเป็นพิษต่อมอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน มีความแตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยทั้ง 12 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p<0.05$) การทดสอบประสิทธิผลการไล่มอดแป้ง พบว่า น้ำมันหอมระเหยทั้ง 13 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นที่ 4% มีประสิทธิผลการไล่อยู่ในช่วงร้อยละ 61.50±0.25 - 92.00±1.15 (เกณฑ์ระดับ IV-V) ที่ระดับความเข้มข้น 2% พบว่า น้ำมันหอมระเหย

อบเชยจีนมีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งสูงที่สุด คือร้อยละ 79.00±2.08 (เกณฑ์ระดับ IV) รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ 56.50±0.25 (เกณฑ์ระดับ III) และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ 42.00±1.00 (เกณฑ์ระดับ III) จากการศึกษาครั้งนี้สรุปว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีนจึงมีศักยภาพที่จะนำไปพัฒนาใช้ในการควบคุมและใช้ในการไล่มอดแป้ง ซึ่งเป็นแมลงศัตรูผลผลิตทางการเกษตรในโรงเก็บและทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิผลต่อไป

***คำสำคัญ*: ความเป็นพิษ, ประสิทธิผล, การไล่, มอดแป้ง, น้ำมันหอมระเหย, สมุนไพรไทย, เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม**

บทนำ

ปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตทางการเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วชนิดต่าง ๆ คือ การเข้าทำลายผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวของแมลง โดยเฉพาะการทำลายข้าวที่นับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย สำหรับวิธีการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บมักนิยมใช้การรม หรือการคลุกเมล็ดด้วยสารฆ่าแมลง อาจส่งผลให้เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิต แมลงสร้างความต้านทานและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา[1] ประเทศไทยเป็นหนึ่งในอีกหลายประเทศที่ต้องประสบกับปัญหาการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูผลผลิตทางการเกษตร ในโรงเก็บเช่นกัน แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในโรงเก็บที่สำคัญในประเทศไทยมีหลายชนิด เช่น ด้วงงวงข้าวโพด (maize weevil: *Sitophilus zeamais* Motschulsky) มอดแป้ง (red flour beetle: *Tribolium castaneum* (Herbst))[2] ผีเสื้อข้าวเปลือก (angoumois grain moth: *Sitotroga cerealella* (Olivier)) ผีเสื้อข้าวสาร (rice moth: *Corcyra cephalonica* (Stainton)) ด้วงงวงข้าวหรือมอดข้าวสาร (rice weevil: *Sitophilus oryzae* (Linnaeus)) มอดข้าวเปลือกหรือมอดหัวป้อม (lesser grain borer: *Rhyzopertha dominica* (Fabricius)) มอดฟันเลื่อย (saw-toothed grain beetle: *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus)) มอดสยาม (siamese grain beetle: *Lophocateres pusillus* (Klug)) แมลงศัตรูผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่ จะมีขนาดเล็ก ขยายพันธุ์ได้ง่ายและรวดเร็ว จึงทำให้จำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตรเป็นอย่างมาก[3]

มอดแป้ง (Red flour beetle) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Tribolium castaneum* (Herbst) จัดอยู่ในวงศ์ Tenebrionidae และจัดอยู่ในอันดับ Coleoptera มอดแป้งเป็นศัตรูที่สำคัญของแป้งและรำ ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว มันจะปล่อยฮอร์โมน benzoquinones ลงในอาหารที่กิน ฮอร์โมนนี้มีกลิ่นเหม็นและทำให้แป้งเปลี่ยนสี กลิ่นนี้จะติดทนนานแม้ว่านำแป้งไปประกอบอาหารแล้วกลิ่นก็จะยังอยู่ มอดแป้งสามารถเข้าทำลายเมล็ดธัญพืช แป้งชนิดต่าง ๆ รำข้าว เครื่องเทศ กาแฟ โกโก้ ผลไม้แห้ง และหนังสัตว์ได้ พบแพร่กระจายในทุกภาคของประเทศไทย[4] จากรายงานการวิจัยของ Prabha KC, Rekha S และ Anitha J ในปี 2011 ตรวจพบจุลินทรีย์ที่จะเป็นพาหะก่อโรคในคนจากมอดแป้ง เช่น *Staphylococcus aureus*, *Psudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigates*, *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. และ *Rhizopus oryzae* นอกจากนี้ยังตรวจพบจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะที่ไม่ก่อโรค เช่น *Bacillus subtilis* เป็นต้น[5] ในอดีตสารรม (fumigant) ที่นิยมใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลทางการเกษตรในโรงเก็บ ได้แก่ เมทธิลโบรไมด์ (methyl bromide) ซัลฟูริลฟูโอไลด์ (sulfuryl fluoride) เนื่องจากเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงสูงมากและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง มีข้อดีกว่าสารประเภทอื่นคือ สามารถฆ่าแมลงได้ทุกระยะการ

เจริญเติบโต มีความสามารถในการฟุ้งกระจายและแทรกซึมเข้าไปในสินค้าได้ดี จัดอยู่ในสารอันตราย class I มีฤทธิ์ในการทำลายชั้นโอโซนได้มากกว่าสาร CFC ถึง 60 เท่า ทำให้แสงและรังสีจำกัดวงอาทิตย์ส่งผ่านมายังโลกได้โดยตรง ทำให้วงจรของพืชและสัตว์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากอุณหภูมิของพื้นผิวโลกสูงขึ้น จึงได้มีการจัดทำพิธีสารมอนทรีออลว่าด้วยการลดละเลิกการใช้สารทำลายชั้นโอโซน ซึ่งได้มีการยกเลิกใช้สารเมทธิลโบรไมด์แล้วในปี 2558[6] สารฟอสฟีนเป็นสารเคมีอีกหนึ่งชนิดที่นิยมใช้ เพราะเป็นสารที่สามารถหาได้ง่าย และราคาไม่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับสารรมชนิดอื่น ๆ และมีฤทธิ์ในการควบคุมกำจัดแมลงได้ดี จึงนิยมใช้เพื่อทดแทนสารเมทธิลโบรไมด์อีกทางหนึ่ง แต่สารฟอสฟีนมีข้อจำกัดในการใช้ คือ สารฟอสฟีนที่อยู่ในรูปเม็ดอลูมิเนียม-ฟอสไฟด์ และแมกนีเซียมฟอสไฟด์จะไม่สามารถควบคุมความเข้มข้นของสารฟอสฟีนได้ เพราะเม็ดฟอสไฟด์จะปล่อยสารฟอสฟีนออกมาอย่างสมบูรณ์ใช้เวลาประมาณ 3 วัน จากนั้นความเข้มข้นของสารจะลดลง และจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเกิดการรั่วของกองภาชนะ ทำให้ไม่สามารถกักเก็บสารได้เป็นเหตุทำให้ต้องเพิ่มปริมาณการใช้จนเกินระดับของการกำจัดแมลง ทำให้ความเข้มข้นที่เหลืออยู่เมื่อรมเสร็จอยู่ในระดับอันตรายต่อผู้ใช้ และการใช้สารฟอสฟีนจะทำให้แมลงเกิดความต้านทานอีกทั้งการใช้สารฟอสฟีนนั้นจะใช้เวลาในการรมนานกว่าสารชนิดอื่นคือประมาณ 5 วันขึ้นไป ดังนั้นการใช้สารฟอสฟีนติดต่อกันเป็นระยะเวลานานทำให้แมลงเกิดความต้านทาน[7] และการใช้ฟอสฟีนในความเข้มข้นที่สูงจะส่งผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์[8] อย่างไรก็ดี การใช้สารเคมีเป็นจำนวนมากและต่อเนื่องกันเป็นเวลานานทำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารเคมี ส่งผลให้การป้องกันกำจัดทำได้ยากขึ้น นอกจากนั้นยังเกิดการปนเปื้อนของสารเคมีต่อผลผลิตเกษตรและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลกระทบทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อผู้ใช้และผู้บริโภคอีกด้วย[9]

เนื่องจากน้ำมันหอมระเหย เป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้นและสามารถพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เมล็ด ผล เปลือก เหง้า เป็นต้น[10,11] แต่ละชนิดมีองค์ประกอบเชิงซ้อนที่แตกต่างกัน มีรายงานพบว่าองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยมีสารสำคัญกลุ่ม mono-, sesqui- และ triterpenoid ซึ่งสารเหล่านี้มีผลต่อโครงสร้างต่าง ๆ ของแมลง เช่น ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ acetylcholin-esterase เป็นต้น[12] และออกฤทธิ์ต่อแมลงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ควบคุมการเจริญเติบโต (insect growth regulate) ยับยั้งการวางไข่ (anti-oviposition) ยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant) สารดึงดูด (attractant) สารรม (fumigant) ถูกตัวตาย (contact toxicity) และไล่แมลง (repellency) เป็นต้น[13] ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

วริยา ธนะศิรังกูล และคณะ พบว่าการทดลองใช้น้ำมันหอมระเหยจากจันทร์แปดกลีบ (*Illicium verum* Hook.f.) เทียนข้าวเปลือก (*Anethum graveolens* Linn.) กานพลู (*Syzygium aromaticum* (Linn.) Merr.&L.M.Perry) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citrates*) สามารถฆ่าตัวเต็มวัยของมอดแป้ง มอดหัวป้อม และด้วงงวงข้าวโพดได้มากกว่าร้อยละ 75.0[14] และการใช้น้ำมันหอมระเหยจากจันทร์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และตะไคร้บ้าน สามารถ ควบคุมมอดฟันเลื่อยได้โดยมีค่า LC_{50} ที่ 7.170 µl/L air[15] การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าสดของพืชตระกูลขิง ในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้งโดยการทดสอบในจานทดสอบแบบให้ทางเลือกแก่แมลง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากว่านขมิ้น สามารถไล่แมลงทั้งสองชนิดได้มากกว่าร้อยละ 90.0[9]

Zeng L และคณะ รายงานว่าน้ำมันจากกานพลูมีความเป็นพิษสูง และสามารถไล่มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวสาร และมอดแป้งได้[16] Huang Y และ Ho SH[17] กับกันยา-รัตน์ และคณะ[18] พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากกานพลูมีประสิทธิภาพเป็นสารรมและสารยับยั้งการกิน

ต่อมอดแป้ง 4 ชนิด และพริกไทยดำมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด สารสกัดตะไคร้หอมมีคุณสมบัติในการไล่แมลง[19] ทั้งนี้ Wong KKY และคณะ พบว่า สารสกัดจากตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการไล่ red beetle 4 ชนิด ในภาชนะบรรจุที่บรรจุข้าวสาลีและข้าวโอ๊ต[20] สาร azadirachtin จากใบหรือเมล็ดของสะเดาสามารถใช้กำจัดด้วงงวงข้าวได้[19] นอกจากนี้สารในกลุ่ม 1,8-cineole ในพืชตระกูลขิงสามารถไล่แมลงและเป็นพิษต่อด้วงข้าวโพด[21]

ฤชุอร วรรณะ และต่อศักดิ์ ขวามาตร์ รายงานการวิจัยพบองค์ประกอบทางเคมีบางชนิดของน้ำมันหอมระเหยกระเจียวขาวมีความเหมือนกับพืชตระกูลขิง 3 ชนิด คือ ข่าลิง (*Alpinia conchigera* Griff) กระทือควาย (*Zingiber zerumbet* Smitt) และว่านขมิ้น (*Curcuma zedoaria* (Berg.) Roscoe) ได้แก่ camphor, β-pinene, α-pinene, camphene, 1,8-cineole, p-cymene, terpinen-4-ol, α-terpineol และ limonene สารเหล่านี้ได้มีรายงานถึงประสิทธิผลในการเป็นสารฆ่า เช่น สาร limonene และ α-pinene สามารถฆ่าด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง Tribolium castaneum (Herbst) ได้[22]

Kim SI และ Lee DW พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากส่วนที่อยู่เหนือดิน (aerial parts) ของพืชสมุนไพรโกฐจุฬาลัมพา (*Artemisia vestita* Wall) มีสาร 1,8-cineol และ camphor เป็นสารสำคัญที่มีพิษทางการสัมผัสสามารถฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้[23] สำหรับประสิทธิผลการเป็นสารไล่ เช่น สาร camphene สามารถไล่มอดแป้งได้[24] นอกจากนั้น Ko KW และคณะ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากผลของตะไคร้ต้นและหมีบัง ซึ่งมีสาร terpinen-4-ol เป็นสารสำคัญสามารถไล่ด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งได้[25,26]

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการควบคุมมอดแป้งและแมลงศัตรูผลผลิตทางการเกษตร ยังคงนิยมใช้สารเคมีในการควบคุมกำจัดแมลงกันมาก ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ได้และอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังอาจก่อให้เกิดการดื้อต่อสารเคมีของมอดแป้งและแมลงศัตรูผลผลิตทางการเกษตร อาจมีการตกค้างทำให้เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรในการไล่มอดแป้งจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาทดแทนการใช้สารเคมี เนื่องจากมีความเป็นพิษต่ำต่อมนุษย์และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการใช้พืชสมุนไพรที่มีอยู่ทั่วไป เช่น น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน โหระพา ขมิ้นชัน ตะไคร้ต้น ตะไคร้บ้าน ใบฝรั่ง เปปเปอร์มินต์ ตะไคร้หอม สน ส้ม ส้มเขียว-หวาน มะกรูด และกระชาย ข้อมูลในด้านประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งยังมีไม่เพียงพอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาถึงความเป็นพิษและประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน โหระพา ขมิ้นชัน ตะไคร้ต้น ตะไคร้บ้าน ใบฝรั่ง เปปเปอร์มินต์ ตะไคร้หอม สน ส้ม ส้มเขียวหวาน มะกรูด และกระชาย เนื่องจากเป็นพืชสมุนไพรที่หาง่าย โตเร็ว ราคาประหยัด ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมการใช้สมุนไพรท้องถิ่นที่มีมากเพื่อให้เกิดประโยชน์และอาจเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อลดต้นทุนการนำเข้าสารเคมีสังเคราะห์ที่อาจเป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและลดความต้านทานต่อสารเคมีของมอดแป้ง โดยนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กำจัดและไล่มอดแป้งในรูปแบบของสารรม (fumigant) ร่วมกับการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ หรือน้ำมันหอมระเหยเคลือบถุงบรรจุเมล็ดข้าว หรือในรูปแบบอื่น ๆ เช่น หยดน้ำมันหอมระเหยลงหินบาซอลหรือหินพัมมิสดูดซับความชื้นใส่ถุงชาบรรจุลงถุงเมล็ดข้าว หรือแผ่นฟิล์ม AR sheet ผสมน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งในอนาคตต่อไป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความเป็นพิษและประสิทธิผลในการไล่ของน้ำมันหอมระเหย 13 ชนิด (อบเชยจีน โหระพา ขมิ้นชัน ตะไคร้ต้น ตะไคร้บ้าน ใบฝรั่ง เปปเปอร์มินต์ ตะไคร้หอม สน ส้ม ส้มเขียวหวาน มะกรูด และกระชาย) ต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้งในสภาวะห้องปฏิบัติการ

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร 13 ชนิด ทดสอบประสิทธิภาพการขับไล่ตัวเต็มวัยมอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบแบบ มีทางเลือกในจานแก้วที่มีฝาปิด (petri-dish choice bioassay) เป็นวิธีที่นิยมใช้กับแมลงในอันดับ Coleloptera

วัสดุและเครื่องมือเครื่องใช้

1. กล่องเลี้ยงแมลงขนาด 18 x 27 x 10 ซม.
2. กระดาษกรอง Whatman No.1
3. จานแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซ็นติเมตร
4. ข้าวเปลือกหอมมะลิและรำข้าว
5. นาฬิกาจับเวลา
6. Counter สำหรับนับจำนวนมอดแป้ง
7. ไปเปตอัตโนมัติขนาด 1,000 ไมโครลิตร
8. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (thermo-hygro meter)
9. เอทานอล 99.8 เปอร์เซ็นต์
10. มอดแป้ง หรือ Red flour beetle (*Tribolium castaneum* (Herbst)) ระยะตัวเต็มวัย อายุ 10-15 วัน
11. คลอโรฟอร์ม สำหรับกำจัดมอดแป้ง หลังสิ้นสุดการทดสอบ
12. น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 13 ชนิด (น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน โหระพา ขมิ้นชัน ตะไคร้ต้น ตะไคร้บ้าน ใบฝรั่ง เปปเปอร์มินต์ ตะไคร้หอม สน ส้ม ส้มเขียวหวาน มะกรูด และกระชาย) เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. วิธีเตรียมมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)) สำหรับใช้ทดสอบประสิทธิผลของน้ำมันหอมระเหย

1.1 เก็บมอดแป้งจากโรงสีข้าวในบริเวณเขตอำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ข้าวเปลือกหอมมะลิและรำข้าวเป็นอาหาร

1.2 ปล่อยมอดแป้งตัวเต็มวัย 20-25 คู่ ลงในกล่องพลาสติกขนาด 18 x 27 x 10 ซม. ซม. โดยทำช่องระบายอากาศที่ฝาปิดด้านบนและปิดด้วยตาข่ายละเอียด เพื่อป้องกันการหลบหนี

1.3 เลี้ยงมอดแป้งภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิ 24-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-80 %RH จนกระทั่งฟักออกเป็นตัวเต็มวัย อายุ 10-15 วัน รุ่นที่ 2 เพื่อนำมาทดสอบในขั้นตอนต่อไป

2. วิธีดำเนินการทดสอบความเป็นพิษและประสิทธิผลการไล่มอดแป้งของน้ำมันหอมระเหย 13 ชนิด

2.1 การทดสอบฤทธิ์สัมผัสตาย (contact toxicity)

โดยวิธี impregnated filter paper discs test ดัดแปลงตามวิธีของ Davis R และ Dry RE[27] ซึ่งทดสอบในจานแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซ็นติเมตร

2.1.1 เตรียมน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 1, 3, 5, 7, 9, 11 และ 13% (v/v) หยดลงบนกระดาษกรอง Whatman No.1 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร

2.1.2 ทิ้งให้กระดาษกรองแห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที ปล่อยตัวเต็มวัยมอดแป้ง 20 ตัวต่อซ้ำลงในจานแก้วทดสอบ แต่ละความเข้มข้นทดสอบ 3 ซ้ำ โดยใช้เอทานอล 99.8 เปอร์เซ็นต์เป็นชุดควบคุม

2.1.3 ตรวจนับการตายหลังสัมผัสสารที่ 3, 6, 9, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่า mean lethal concentration (LC_{50}) โดยวิธี probit analysis[28] วิเคราะห์ผลตามแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ one-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Bonferroni's multiple comparison test ด้วยโปรแกรม Prism 5 ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

2.2 การทดสอบฤทธิ์ไล่ (repellency activity)

ทดสอบโดยวิธี area preference method ดัดแปลงตามวิธีของ Tapondjou AL และคณะ[12] ซึ่งทดสอบในจานแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซ็นติเมตร

2.2.1 เตรียมน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 3 และ 4% (v/v) แบ่งกระดาษกรองเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน ส่วนแรกหยดสารทดสอบลงบนกระดาษกรอง Whatman No. 1 ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ส่วนที่สองหยดเอทานอลปริมาตร 250 ไมโครลิตร เป็นชุดควบคุม (control) ทิ้งให้กระดาษกรองแห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที ปล่อยตัวเต็มวัยมอดแป้ง 20 ตัวต่อซ้ำลงในจานแก้วทดสอบ แต่ละความเข้มข้นทดสอบ 3 ซ้ำ

2.2.2 ปล่อยตัวเต็มวัยมอดแป้ง 20 ตัวต่อซ้ำ ลงในจานแก้วทดสอบ

2.2.3 ตรวจนับมอดแป้งในแต่ละด้านที่เวลา 2, 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ

2.2.4 คำนวณเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วยสมการ

$$PR = [(Nc-Nt)/(Nc+Nt)] \times 100$$

Nc คือ จำนวนแมลงที่อยู่ในด้านที่มีสารควบคุม (เอทานอล)

Nt คือ จำนวนแมลงที่อยู่ในด้านที่มีสารทดสอบ (น้ำมันหอมระเหย)

2.2.5 วิเคราะห์ผลตามแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ One-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Bonferroni's Multiple comparison Test ด้วยโปรแกรม Prism 5 ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ผลการศึกษา

จากการศึกษาน้ำมันหอมระเหยทั้ง 13 ชนิดที่ใช้ทดสอบฤทธิ์สัมผัสตาย พบว่า น้ำมันหอมระเหยทุกชนิดมีพิษแบบสัมผัสตายต่อมอดแป้ง โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (เอทานอล 99.8 เปอร์เซ็นต์) ($p<0.05$) หากพิจารณาค่าความเป็นพิษที่ทำให้มอดแป้งตาย 50% (LC_{50}) จากข้อมูลที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน โหระพา ขมิ้นชัน ตะไคร้ต้น ตะไคร้บ้าน ใบฝรั่ง เปปเปอร์มินต์ ตะไคร้หอม สน ส้ม ส้มเขียวหวาน มะกรูด และกระชาย มีค่าความเป็นพิษที่ทำให้มอดแป้งตาย 50% (LC_{50}) หลังสัมผัสสารเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง เท่ากับ 3.8±0.10, 4.5±0.10, 4.8±0.21, 5.2±0.21, 5.4±0.21, 5.6±0.21, 6.0±0.15, 7.5±0.21, 8.0±0.15, 8.2±0.10, 8.5±0.21, 9.8±0.12 และ 11.0±0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กล่าวคือ ค่าความเป็นพิษต่อมอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน มีความแตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยทั้ง 12 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p<0.05$) (ตารางที่ 1)

ข้อมูลตารางที่ 2 แสดงเฉพาะน้ำมันหอมระเหยที่สามารถจะระบุได้จากเอกสาร specification ของบริษัทอุตสาหกรรม เครื่องหอมไทย-จีน จำกัด ซึ่งปริมาณสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบค่าความเป็นพิษต่อมอดแป้ง โดยคำนวณผลจากสารสำคัญของ essential oil 100% แล้วรายงานผลเป็น % แปรผันตามความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ กล่าวคือ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง GC พบว่า น้ำมันตะไคร้บ้านมีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็น Citral 60-80% ดังนั้นเมื่อเตรียมความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบความเป็นพิษต่อมอดแป้งที่ความเข้มข้น 13% (v/v) แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้บ้านมีปริมาณ Citral อยู่ในช่วงระหว่าง 7.8-10.4% เป็นต้น

จากการศึกษาน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งทั้ง 13 ชนิด พบว่า ที่ความเข้มข้น 0.5% และ 1.0% ไม่มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง กล่าวคือ น้ำมันหอมระเหยทั้ง 13 ชนิด มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งที่ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ 2% เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้ one-way ANOVA และเปรียบเทียบประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 13 ชนิดด้วยวิธี Bonferron's multiple comparison test พบว่าทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เมื่อพิจารณาประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งที่ความเข้มข้น 2% พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีนมีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากน้ำมันหอมระเหยทั้ง 12

ตารางที่ 1 ฤทธิ์สัมผัสตาย contact toxicity โดยวิธี impregnated filter paper discs test แสดงค่า median lethal concentration (LC_{50}) ระยะเวลาการสัมผัสสารที่ 48 ชั่วโมง

สารทดสอบ	LC_{50} (เปอร์เซ็นต์±SD)
เอทานอล 99.8 เปอร์เซ็นต์	0.00±0.00
น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน	3.80±0.10a
น้ำมันหอมระเหยโหระพา	4.50±0.10a,b
น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน	4.80±0.21a,b
น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น	5.20±0.21a,c
น้ำมันหอมระเหยตะไคร้บ้าน	5.40±0.21a,c
น้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง	5.60±0.21a,c
น้ำมันหอมระเหยเปปเปอร์มินต์	6.00±0.15a
น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม	7.50±0.21a
น้ำมันหอมระเหยสน	8.00±0.15a
น้ำมันหอมระเหยส้ม	8.20±0.10a
น้ำมันหอมระเหยส้มเขียวหวาน	8.50±0.21a
น้ำมันหอมระเหยมะกรูด	9.80±0.12a
น้ำมันหอมระเหยกระชาย	11.00±0.06a

หมายเหตุ: วิเคราะห์ด้วยวิธี One-way ANOVA
a = ค่าแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($p<0.05$)
b = ค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)
c = ค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ชนิด ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p<0.05$) แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งที่ความเข้มข้น 3% และ 4% พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีนมีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งไม่แตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

ข้อมูลตารางที่ 4 แสดงเฉพาะน้ำมันหอมระเหยที่สามารถจะระบุได้จากเอกสาร Specification ของบริษัท อุตสาหกรรม เครื่องหอมไทย-จีน จำกัด ซึ่งปริมาณสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบค่าความเป็นพิษต่อมอดแป้งโดยคำนวณผลจากสารสำคัญของ essential oil 100% แล้วรายงานผลเป็น % แปรผันตามความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ กล่าวคือ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง GC พบว่า น้ำมันตะไคร้หอมมีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็น Citronellal 22-43% ดังนั้นเมื่อเตรียมความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบความเป็นพิษต่อมอดแป้งที่ความเข้มข้น 3% (v/v) แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมีปริมาณ Citronellal อยู่ในช่วงระหว่าง 0.66-1.29% เป็นต้น

ตารางที่ 2 ปริมาณสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบความเป็นพิษต่อมอดแป้ง โดยคำนวณผลจากสารสำคัญของ essential oil 100% แล้วรายงานผลเป็น % แปรผันตามความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ

สารทดสอบ	Principal constituents (%by GC)	ปริมาณสารสำคัญในแต่ละความเข้มข้น (v/v) ที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษต่อมอดแป้ง (ร้อยละ)						
		1	3	5	7	9	11	13
น้ำมันหอมระเหยตะไคร้บ้าน	Citral 60-80%	0.60-0.80	1.80-2.40	3.00-4.00	4.20-5.60	5.40-7.20	6.60-8.80	7.80-10.40
น้ำมันหอมระเหยเปปเปอร์มิ้นต์	Menthol 50-60%	0.50-0.60	1.50-1.80	2.50-3.00	3.50-4.20	4.50-5.40	5.50-6.60	6.50-7.80
	L-Menthol 32%	0.32	0.96	1.60	2.24	2.88	3.55	4.16
น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม	Citronellal 22-43%	0.22-0.43	0.66-1.29	1.10-2.15	1.54-3.01	1.98-3.87	2.42-4.73	2.86-5.59
	Citronellol 9-20%	0.09-0.20	0.27-0.60	0.45-1.00	0.63-1.40	0.81-1.80	0.99-2.20	1.17-2.60
	Geraniol 15-25%	0.15-0.25	0.45-0.75	0.75-1.25	1.05-1.75	1.35-2.25	1.65-2.75	1.95-3.25

หมายเหตุ: แสดงเฉพาะน้ำมันหอมระเหยที่สามารถจะระบุได้จากเอกสาร specification ของบริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีนจำกัด

ตารางที่ 3 ประสิทธิผลการไล่มอดแป้ง (Red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst)) ของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 13 ชนิด

ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย (ปริมาตรต่อปริมาตร)	เปอร์เซ็นต์การไล่ (%PR+SD)							
	เอทานอล 99.8%	อบเชยจีน	โหระพา	ขมิ้นชัน	ตะไคร้ต้น	ตะไคร้บ้าน	ใบฝรั่ง	เปปเปอร์มินต์
0.5%	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)
1.0%	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)
2.0%	0.0+0.0 (0)	79.0+2.08a (IV)	41.8+1.23 (III)	41.5+0.20 (III)	42.0+1.00a (III)	40.5+0.20 (III)	40.5+0.20 (III)	4.0+1.00 (I)
3.0%	0.0+0.0 (0	88.2+0.31b (V)	82.0+1.00 (V)	81.2+0.15 (V)	84.3+0.25b (V)	75.2+0.20 (V)	73.0+2.00 (IV)	26.0+2.00 (II)
4.0%	0.0+0.0 (0)	92.0+1.15c (V)	86.2+0.20 (V)	84.0+1.00 (V)	88.0+2.00c (V)	83.0+2.00 (V)	82.0+2.00 (V)	61.5+0.25 (IV)

	เอทานอล 99.8 %	ตะไคร้หอม	สน	ส้ม	ส้มเขียวหวาน	มะกรูด	กระชาย
0.5%	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)
1.0%	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)	0.0+0.0 (0)
2.0%	0.0+0.0 (0)	56.5+0.25a (III)	32.0+2.00 (II)	30.0+2.00 (II)	28.0+2.00 (II)	22.5+0.20 (II)	10.5+0.20 (I)
3.0%	0.0+0.0 (0)	86.0+2.00b (V)	70.0+2.52 (IV)	68.2+0.25 (IV)	65.1+0.25(IV)	60.0+2.00 (III)	35.5+0.20 (II)
4.0%	0.0+0.0 (0)	90.0+2.00c (V)	79.2+0.25 (IV)	77.5+0.30 (IV)	77.0+2.00 (IV)	76.0+2.00 (IV)	74.0+2.00 (IV)

หมายเหตุ: Repellency ılass (V)=80.1-100%, (IV)=60.1-80.0%, (III)=40.1-60.0%, (II)=20.1-40.0%, (I)= 0.1-20.0%, (0)=PR<0.1%
ตัวอักษร a = ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p<0.05$) โดยใช้วิธี One-way ANOVA
ตัวอักษร b = ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p>0.05$) โดยใช้วิธี One-way ANOVA
ตัวอักษร c = ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p>0.05$) โดยใช้วิธี One-way ANOVA

ตารางที่ 4 ปริมาณสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง โดยคำนวณผลจากสารสำคัญของ essential oil 100% แล้วรายงานผลเป็น % แปรผันตามความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ

สารทดสอบ	Principal constituents (%by GC)	ปริมาณสารสำคัญในแต่ละความเข้มข้น (v/v) ที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษต่อมอดแป้ง (ร้อยละ)				
		0.5 1	1	2	3	4
น้ำมันหอมระเหยตะไคร้บ้าน	Citral 60-80%	0.30-0.40	0.60-0.80	1.20-1.60	1.80-2.40	2.40-3.20
น้ำมันหอมระเหยเปปเปอร์มิ้นต์	Menthol 50-60%	0.25-0.30	0.50-0.60	1.00-1.20	1.50-1.80	2.00-2.40
	L-Menthol 32%	0.16	0.32	0.64	0.96	1.28
น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม	Citronellal 22-43%	0.11-0.22	0.22-0.43	0.44-0.86	0.66-1.29	0.88-1.72
	Citronellol 9-20%	0.05-0.1	0.09-0.2	0.18-0.4	0.27-0.6	0.36-0.80
	Geraniol 15-25%	0.08-0.125	0.15-0.25	0.30-0.50	0.45-0.75	0.60-1.0

หมายเหตุ: แสดงเฉพาะน้ำมันหอมระเหยที่สามารถจะระบุได้จากเอกสาร specification ของบริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีนจำกัด

วิจารณ์

จากผลการทดสอบฤทธิ์สัมผัสตายของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 13 ชนิดต่อมอดแป้ง พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน มีค่าความเป็นพิษสูงที่สุด รองลงมา คือ น้ำมันหอมระเหยโหระพาและน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้ One-way ANOVA และเปรียบเทียบฤทธิ์สัมผัสตายต่อมอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 13 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธี Bonferron's multiple comparison test พบว่า ค่าความเป็นพิษต่อมอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยโหระพาไม่แตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเป็นพิษต่อมอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น ตะไคร้บ้านและใบฝรั่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p>0.05$) และค่าความเป็นพิษต่อมอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยสน ส้ม และส้มเขียวหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p>0.05$) นอกจากน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน น้ำมันหอมระเหยโหระพาและน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันจะมีฤทธิ์สัมผัสตายต่อมอดแป้งแล้วยังมีฤทธิ์สัมผัสตายต่อแมลงชนิดอื่นอีก เช่นจากรายงานการศึกษาวิจัยของ Wang X และคณะ รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน ที่ความเข้มข้น 40 μg/cm2 มีฤทธิ์สัมผัสตายต่อแมลงกระเบื้องได้ร้อยละ 30.0 และ 27.8 หลังการทดสอบที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น ที่ความเข้มข้น 40 μg/cm2 มีฤทธิ์สัมผัสตายต่อแมลงกระเบื้องได้ร้อยละ 43.0 และ 64.0 หลังการทดสอบที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นด้วยเครื่อง GC-MS พบสาร D-limonene, (Z)-3, 7-dimethyl-, 2, 6- octadienal และ (E)-3, 7-dimethyl-, 2, 6-octadienal และน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน พบสาร methyl salicylate และ (E)-cinnamaldehyde[29] จากรายงานการศึกษาวิจัยของ Phal D และคณะ รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยโหระพาและน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน ที่ความเข้มข้น 15% มีฤทธิ์ทำให้ยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) หงายท้อง (Knock-down) มีค่า KT_{50} และ KT_{90} มากกว่า 120 นาที[30]

จากรายงานการศึกษาวิจัยของ Govindarajan, M. และคณะ รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยโหระพา ประกอบด้วยสาร linalool 52.42%, methyl eugenol 18.74% และ 1,8-cineol 5.61% มีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงรำคาญ (*Cx. tritaeniorhynchus*) ยุงลายสวน (*Ae. albopictus*) และยุงก้นปล่อง (*An. subpictus*) ด้วยค่า LC_{50} เท่ากับ 14.01, 11.97 และ 9.75 ppm และ LC_{90} เท่ากับ 23.44, 21.17 และ 18.56 ppm ตามลำดับ[31] จากรายงานการศึกษาวิจัยของ Ali A และคณะ รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบขมิ้นชัน พบสาร Turmerone 24.9% และมีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงก้นปล่อง (*An. quadrimaculatus*) และยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) ด้วยค่า LC_{50} เท่ากับ 1.8 ppm และ 8.9 ppm ตามลำดับ[32]

จากผลการศึกษาประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งของน้ำมันหอมระเหย 13 ชนิด พบว่า ความเข้มข้นต่ำสุดที่มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งได้ คือ ความเข้มข้นที่ 2% โดยที่ความเข้มข้น 2% น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีนมีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งดีที่สุด เท่ากับร้อยละ 79.0±2.08 (จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับ IV) รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ 56.5±0.25 (จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับ III) และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ 42.0±1.00 (จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับ III) อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นที่ 2% น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งแตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นที่ 3% พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ 88.2±0.31 รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ

86.0±2.00 และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ 84.3±0.25 เมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นที่ 4% พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ 92.0±1.15 รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ 90.0±2.00 และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เท่ากับร้อยละ 88.0+2.00 อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 3% และ 4% น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีนมีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งไม่แตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและตะไคร้ต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% แสดงว่าที่ระดับความเข้มข้น 3% และ 4% น้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดมีคุณสมบัติที่จะสามารถนำมาเลือกใช้ทดแทนกันได้ เนื่องจากมีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งได้ใกล้เคียงกัน นอกจากน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น จะมีประสิทธิผลไล่มอดแป้งแล้วยังมีประสิทธิผลไล่แมลงชนิดอื่นอีก เช่น จากรายงานการศึกษาวิจัยของ Wang X และคณะ รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีนและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น ที่ความเข้มข้น 800 μg/cm2 มีฤทธิ์ในการไล่แมลงกระเบื้องได้ร้อยละ 48.5 และ 69.3 หลังการทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นด้วยเครื่อง GC-MS พบสาร D-limonene, (Z)-3,7-dimethyl-,2,6-octadienal และ (E)-3,7-dimethyl-,2,6-octadienal และน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน พบสาร methyl salicylate และ (E)-cinnamaldehyde[30] Chang KS และคณะ รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน พบสาร (E)-cinnamaldehyde (RT=44.92 min; 91.8%) Benzaldehyde (RT= 22.32 min; 4.2%) และ cinnamyl alcohol (RT= 56.97 min; 0.8%) ซึ่ง (E)-cinnamaldehyde และ cinnamyl alcohol มีฤทธิ์ในการไล่ยุงได้ร้อยละ 87.0 เป็นระยะเวลานาน 30 นาที[33]

เว็บเพื่อพืชเกษตรไทยรายงานว่าได้ศึกษาสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้นเปรียบเทียบตะไคร้หอม พบว่าสารที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากพืช 2 ชนิดเป็นชนิดเดียวกัน คือ ใบตะไคร้หอม มีสาร geraniol 17.04%, citronellol 9.88% และ citronellal 39.84% ส่วนตะไคร้ต้น มีสาร geraniol 40.84%, citronellol 32.62% และ citronellal 1.74% และรายงานว่าสาร citronellal มีคุณสมบัติในการไล่แมลงและยุง[34] Ko KW และคณะพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้นและหมีบัง ซึ่งมีสาร terpinen-4-ol เป็นสารสำคัญสามารถไล่ด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งได้[25,26] นอกจากนี้ Wong KKY และคณะ พบว่า สารสกัดจากตะไคร้หอม มีประสิทธิผลดีในการไล่ red beetle 4 ชนิด ในภาชนะบรรจุที่บรรจุข้าวสาลีและข้าวโอ๊ต[20]

สำหรับข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้ คือ ในขั้นตอนของการคัดเลือกมอดแป้งมาใช้ในการทดสอบต้องปฏิบัติต่อมอดแป้งด้วยความระมัดระวัง โดยใช้แรงในการกระทำต่อแมลงให้น้อยที่สุด เพื่อไม่ให้มอดแป้งเกิดการบอบช้าอาจจะส่งผลให้มอดแป้งอ่อนแอได้ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการทดลอง อาจจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ และควรจะมีการศึกษาประสิทธิผลของน้ำมันหอมระเหยต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในโรงเก็บชนิดอื่น ๆอีก เช่น ผีเสื้อข้าวเปลือก (angoumois grain moth) ผีเสื้อข้าวสาร (rice moth) ด้วงงวงข้าวหรือมอดข้าวสาร (rice weevil) มอดข้าวเปลือกหรือมอดหัวป้อม (lesser grain borer) มอดฟันเลื่อย (saw-toothed grain beetle) มอดสยาม (siamese grain beetle) และด้วงงวงข้าวโพด (maize weevil) เพิ่มเติมอีกเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ยืนยันถึงประสิทธิผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรว่ามีประสิทธิผลในการไล่แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้ครอบคลุมทุกชนิด เนื่องจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรแต่ละชนิดมีความต้านทานหรือตอบสนองต่อสารออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจของผู้บริโภคว่าผลิตภัณฑ์ไล่แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรจากสมุนไพรมีประสิทธิผลในการไล่แมลงศัตรู

ผลิตผลเกษตรได้หลากหลายชนิด หากมีการนำไปใช้งานจริงในภาคสนามต่อไป

สรุป

จากงานวิจัยครั้งนี้ สรุปผลได้ว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน มีความเป็นพิษโดยมีฤทธิ์สัมผัสตายสูงที่สุดต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้งที่เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของผลผลิตทางการเกษตร รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยโหระพาและขมิ้นชัน ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าว แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน โหระพาและขมิ้นชัน มีศักยภาพที่จะนำไปพัฒนาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลทางการเกษตรได้ เพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลง และเพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ได้ในอนาคต รวมทั้งช่วยลดหรือควบคุมปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะก่อโรคในคนอีกด้วย สำหรับการทดสอบประสิทธิผลในการเป็นสารไล่มอดแป้ง สรุปได้ว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยจีน มีประสิทธิผลในการไล่ตัวเต็มวัยของมอดแป้งได้มีประสิทธิผลมากที่สุด รองลงมา คือ น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น ดังนั้นแสดงว่าน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดนี้ มีศักยภาพและสามารถนำมาพัฒนาใช้ในการเป็นสารขับไล่มอดแป้งและ/หรือแมลงศัตรูในโรงเก็บเพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ รวมทั้งช่วยลดหรือควบคุมปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะก่อโรคในคนอีกด้วย นอกจากนี้ความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย มีผลต่ออัตราการไล่แมลงอีกด้วย ดังนั้นในอนาคตจึงควรมีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรในการกำจัดและไล่มอดแป้งที่สามารถนำมาใช้ในสภาพโรงเก็บผลผลิตเพื่อให้คงมีประสิทธิผลได้นานยิ่งขึ้นต่อไป นอกจากนี้ผลการวิจัยในครั้งนี้มีประโยชน์มากกว่าผลการวิจัยในการวิจัยในอดีตที่ผ่านมาในเรื่องแนวความคิดที่จะสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ไปต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ไล่มอดแป้งในรูปแบบของสารรมควัน (fumigant) ร่วมกับการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ หรือน้ำมันหอมระเหยเคลือบถุงบรรจุเมล็ดข้าว หรือในรูปแบบอื่น ๆ เช่น หยดน้ำมันหอมระเหยลงหินบาซอลหรือหินพัมมิสดูดซับความชื้นใส่ถุงชาบรรจุลงถุงเมล็ดข้าว หรือแผ่นฟิล์ม AR sheet ผสมน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง เป็นต้น โดยจะพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรออกฤทธิ์ได้เป็นระยะเวลานาน และมีความสะดวกในการนำไปใช้งานจริง เพื่อตอบสนองให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาฤทธิ์สัมผัสตายและทดสอบประสิทธิผลในการไล่มอดแป้งของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 13 ชนิดนั้น พบว่า น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่มีผลให้เกิดปัญหาในเรื่องของกลิ่นที่รุนแรงมากเกินไป ทำให้อาจจะไม่เป็นที่พึงประสงค์ของผู้อุปโภคบริโภคได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาแนวทางและวิธีแก้ไขปัญหาต่าง ๆ นี้ เพื่อให้เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค โดยอาจจะปรับใช้ที่ระดับความเข้มข้นที่ผ่านการประเมินผลการยอมรับของผู้บริโภค หรือควรมีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้สามารถลดปัญหาเรื่องระดับความรุนแรงของกลิ่นแต่ยังคงมีประสิทธิผลในการกำจัดและไล่มอดแป้งได้ หากมีการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ไล่มอดแป้งในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

2. ควรทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรด้วยเครื่อง GC-MS ต่อไป

3. ควรทำการตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียและเชื้อราในตัวอย่างมอดแป้ง ซึ่งอาจจะเป็นพาหะของจุลินทรีย์ก่อโรคในคน จากแหล่งเก็บผลิตผลทางการเกษตรหรือร้านค้าข้าวขายส่ง-ปลีก ให้ครอบคลุมทั้งประเทศ และจัดจำแนกสายพันธุ์ของจุลินทรีย์โดยใช้ข้อมูลทางพันธุกรรม (molecular genetic identification)

4. ควรทำการศึกษาประสิทธิผลของสูตรน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการวางไข่ รวมทั้งการศึกษาประสิทธิ-

ผลของการรมข้าวด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อแมลงศัตรูผลผลิตทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ และประเมินผลการยอมรับของผู้บริโภค ในอนาคตต่อไป

5. ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ไล่มอดแป้งอาจจะพัฒนาเป็นสูตรตำรับแบบเชิงผสมสมุนไพรหลายตัว ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการไล่มอดแป้ง จากสารออกฤทธิ์แต่ละชนิดที่มีในสมุนไพรชนิดต่าง ๆ ร่วมกันและควรทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค

6. ควรศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสมุนไพรที่มีประสิทธิผลสูงสุดในการไล่และควบคุมมอดแป้งในสัตว์ทดลอง เพื่อคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณดุสิต โนรี และคุณประภานิช วันโสภา พนักงานห้องปฏิบัติการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างและเพาะเลี้ยงมอดแป้ง สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กนกอร วุฒิวงศ์, อรัญ งามผ่องใส, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. พิษของน้ำมันจากพืชบางชนิดต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 2559;3(ฉบับพิเศษ):84-90.
2. พรทิพย์ วิสารทานนท์, กุสุมา นวลวัฒน์, บุษรา จันทร์แก้วมณี, ใจทิพย์ อุไรชื่น, รังสิมา เก่งการพานิช, กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม, และคณะ. แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการ เกษตร. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2548.
3. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. องค์ความรู้เรื่องข้าว [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [สืบค้นเมื่อ 8 ส.ค. 2560]. แหล่งข้อมูล: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/postharvest/index.php-file=content.php&id=5.htm
4. เอ็กซ์เปอร์ทเพสท์ซิสเต็ม. ข้อมูลสัตว์พาหะแมลงศัตรูในโรงเก็บมอดแป้ง (red flour beetle) [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [สืบค้นเมื่อ 15 ส.ค. 2560]. แหล่งข้อมูล: http://www.expertpestsystem.com/ข้อมูลสัตว์พาหะ/แมลงศัตรูในโรงเก็บ/มอดแป้ง-red-flour-beetle.html
5. Prabha KC, Rekha S, Anitha J. Microflora associated with the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Agricultural Technology 2011;7:1625-31.
6. อำมร อินทร์สังข์, จรงค์ศักดิ์ พุมนวน, กวีวัฒน์ จาวสุวรรณวงษ์. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2558.
7. Pimentel MAG, Faroni LRD, Totola MR, Guedes RNC. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. Pest Management Science 2007;63:867-81.
8. Sittisuang P, Makakita H. The effect of phosphine and methyl bromide on germination of rice and corn. Journal of Pesticide Science 1985;10:461-8.
9. ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, Fields PG, อังศุมาลย์ จันทราปัตย์. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลขิงในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais Motschulsky*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)). แก่นเกษตร 2554;39:346-68.
10. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils - a review. Food Chem Toxicol 2008;46:446-75.
11. Kerdchoechuen O, Laohakunjit N, Singkornard S, Matta FB. Essential oils from six herbal plants for biocontrol of the maize weevil. Hort Science 2010;45:592-8.
12. Tapondjou AL, Alder C, Fontem DA, Bouda H, Reichmuth C. Bioactivities of cymol; and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saliigna* against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) and *Tribolium confusum* (du val). J Stored Prod *Res* 2005;41:91-102.
13. Zapata N, Smagghe G. Repellency and toxicity of essential oils from the leaves and bark of Laurelia *sempervirens* and *Drimys winteri* against *Tribolium castaneum*. Ind Crop Prod 2010;32:405-10.

14. วริยา ธนะศิรังกูล, จรงค์ศักดิ์ พุมนวน, อำมร อินทร์สังข์. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย จากพืชสมุนไพรบางชนิดต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง มอดหัวป้อม และด้วงงวงข้าวโพด. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 12; 9-12 พฤษภาคม 2556; สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2556.

15. Thanasirungkul W, Pumnuan J, Insung A. Effectiveness of essential oils of medicinal plants against saw-toothed grain beetle, *Oryzaeppilus surinamensis* (Linn.). The 10th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology; 2012 December 27-30; Harbin, China. Harbin: Harbin Institute of Technology; 2012.

16. Zeng L, Lao CZ, Cen YJ, Liang GW. Study on the insecticidal activity compounds of the essential oil from *Syzygium aromaticum* against stored grain insect pests. 10th International Working Conference on Stored Product Protection; 2010 June 27 -July 2; Estoril, Portugal. Manhattan: Center for Grain and Animal Health Research; 2010.

17. Huang Y, Ho SH. Toxicity and antifeedant activities of cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. J Stored Prod Res 1998;34:11-7.

18. กันยารัตน์ มาแย้ม, อรพิน เกิดชูชื่น, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 10 ชนิดในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 2556;44 (พิเศษ):25-8.

19. Shaaya E, Kostjukovski M, Eilberg J, Suprakarn C. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. J Stored Prod Res 1997;33: 7-15.

20. Wong KY, Signal FA, Campion SH, Motion RL. Citronella as an insect repellent in food packing. J Agri Food Chem 2005;53:4633-6.

21. Ojimelukwe PC, Adler C. Potential of zimtaldehyde, 4-allyl-anisol, linalool, terpineol and other phytochemicals for the control of confused flour beetle (*Tribolium confusum* J DV) (Col; Tenebrionidae). J Pest Sci 1999; 72:81-6.

22. ฤชุอร วรรณะ, ต่อศักดิ์ ขวามาตร์. องค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระเจียวขาวในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด. แก่นเกษตร 2560;45(ฉบับพิเศษ):1360-5.

23. Kim SI, Lee DW. Toxicity of basil and orange essential oils and their components against two coleopteran stored products insect pests. J Asia Pac Entomol 2014;17:13-7.

24. Garcia M, Donadel OJ, Ardanaz CE, Tonn CE, Sosa ME. Toxic and repellent effects of *Baccharis salicifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. Pest Manag Sci 2005; 61:612-8.

25. Ko K, Juntarajumnong, W, Chandrapatya A. Repellency, fumigant and contract toxicities of *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon against *Sitophillus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). Kasetsart J 2009;43:56-63.

26. Ko K, Juntarajumnong W, Chandrapatya A. Insecticidal activities of essential oils from fruits of *Litsea salicifolia* Roxb. ex Wall. against *Sitophilus zeamais* Motschlsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). J Stored Prod Res 2010;35:317-28.

27. Davis R, Dry RE. Sitophilus granaries, Sitophilus oryzae and Sitophilus zeamais, Handbook of insect rearing. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1985;1:287-9.

28. Finney DJ. Probit analysis. 3rd ed. London: Cambridge University Press; 1971.

29. Wang X, Li Q, Shen L, Yang J, Cheng H, Jiang S, et al. Fumigant, contact, and repellent activities of essential oils against the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. J Insect Sci 2014;14:1-11.

30. Phal D, Naik R, Deobhankar K, Vitonde S, Ghatpande N. Laboratory evaluation of herbal mosquito coils against *Aedes aegypti* mosquito. Bull Environ Pharmacol Life Sci 2012;10:16-20.

31. Govindarajan M, Sivakumar R, Rajeswary M, Yogalakshmi K. Chemical composition and larvicidal activity of essential oil from Ocimum basilicum (L.) against *Culex tritaeniorhynchus*, *Aedes albopictus* and *Anopheles*

subpictus (Diptera: Culicidae). Experimental Parasitology 2013;134:7-11.

32. Ali A, Wang YH, Khan IA. Larvicidal and biting deterrent activity of essential oils of *Curcuma longa*, Arturmerone, and curcuminoids against *Aedes aegypti* and *Anopheles quadrimaculatus* (Culicidae: Diptera). Journal of Medical Entomology 2015;52:979-86.
33. Chang KS, Tak jh, Kim, SI, Lee WJ, Ahn YJ. Repellency of *Cinnamomum cassia* bark compounds and cream containing cassia oil to *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) under laboratory and indoor conditions. Pest Manag Sci 2006;62:1032-8.
34. เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย. ตะไคร้ต้น ประโยชน์และสรรพคุณตะไคร้ต้น [อินเทอร์เน็ต]. 2559 [สืบค้นเมื่อ 20 ส.ค. 2560]. แหล่งข้อมูล: https://puechkaset.com/ตะไคร้ต้น/

Abstract: Toxicity and Efficacy of Essential Oils against Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst), a Vector of Human Pathogens

Phanukit Kunhachan, Ph.D.*; Jakkrawarn Chompoosri, Ph.D.*; Payu Bhakdeenuan, M.Sc.*; Chayada Khumsawad, B.Sc.*; Nanthawat Kosa, B.Sc.*; Decha Pangjai, D.V.M.*; Srisuda Hanpakphoom, Ph.D.; Apiwat Tawatsin, Ph.D.***

** National Institute of Health, Department of Medical Science, Ministry of Public Health; ** Graduate Program in Biomedical Sciences, Facultry of Allied Health Sciences, Thammasat University; *** Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Thailand*

Journal of Health Science 2019;28:547-60.

Red flour beetle (*Tribolium castaneum* (Herbst)) is important stored products pests that contaminate and cause substantial loss of stored products. A variety of microorganisms was found from adults *of* red flour beetle which include the pathogenic bacteria, *Staphylococcus aureus*, *Psudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. and *Rhizopus oryzae.* Moreover, non-pathogenic bacteria were recovered including *Bacillus subtilis*. The use of fumigants is problematic because of their effects on the environment and insect resistance to chemicals, which has led to a search for alternative control measures. This study aimed to the contact toxicity and the repellency of Thirteen essential oils of Chinese cassia oil, Sweet basil oil, Tumeric oil, May Chang oil, Lemongrass oil, Guava leaf oil, Peppermint oil, Citronella grass oil, Pine oil, Orange oil, Tangerine oil, Kiffir lime oil and Lesser galangal oil against adult red flour beetle by using the contact toxicity (impregnated filter paper discs test) and the repellent assays (area preference method). Essential oils at different concentrations (1%, 3%, 5%, 7%, 9%, 11 and 13% (v/v) and 0.5%, 1%, 2%, 3% and 4% (v/v) were evaluated, respectively. The Calculation of LC_{50} by using *Probit analysis*. The LC_{50} values (at 48 hrs. after exposure) ranged from 3.80±0.10% to 11.00±0.06%. All essential oils had similar repellencies ranging from 61.50±0.25 to 92.00±1.15% (Class IV-V) at 4% concentration. At 2% concentration, Chinese cassia oil provided the highest repellency (79.00±2.08%, Class IV) followed by Citronella grass oil (56.50±0.25%, Class III) and May Chang oil (42.00±1.00%, Class III). This study revealed that Chinese cassia oil is the most effective among essential oils to control red flour beetle populations and should be further studied for field applications. The results obtained indicated the possibility of using the essential oils as protectants of sub-scale stored products in developing countries. Further research has to be carried out to identify the active components of these essential oils in the grain protection and their potential in storage environments.

***Keywords*: toxicity, efficacy, repellency, red flour beetle, essential oils, Thai herbs, environmental friendly**