

1. แผนงานวิจัย: การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวและสารพิษจากเชื้อรา
2. โครงการวิจัย: การลดความสูญเสียผลิตผลเกษตรจากแมลงศัตรู
กิจกรรม: การพัฒนาการใช้ชีวภัณฑ์ในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร
กิจกรรมย่อย: -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย): การผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงวงข้าวโพดและมอดแป้ง

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): The essential oil mixtures to control *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง: นางสาว ดวงสมร สุทธิสุทธิ

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผู้ร่วมงาน: นางสาว รังสิมา เก่งการพานิช

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

นางสาวภาวิณี หนูชนะภัย

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

นางสาวพนัญญา พบสุข

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเข้มข้น น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น โดยนำน้ำมันหอมระเหยผสมแบบเดี่ยว หรือแบบผสม 2 ชนิด และ แบบผสม 3 ชนิด มาใช้ในการกำจัดตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดและมอดแป้งในการเป็นสารสัมผัสโดยการใช้กระดาษกรองได้ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการของกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างตุลาคม 2558-กันยายน 2560 โดยทำการวิเคราะห์หาสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยเข้มข้น น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น น้ำมันหอมระเหยเข้มข้นผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ, น้ำมันหอมระเหยเข้มข้นผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น, น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่อัตราส่วน 1 :1 และน้ำมันหอมระเหยเข้มข้นผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่อัตราส่วน 1 :1:1 พบสารสำคัญคือ α -terpinolene, sabinene, z-citral, sabinene, z-citral, z-citral และ z-citral ตามลำดับ สำหรับการทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆในการเป็นสารสัมผัสโดยการใช้กระดาษกรอง พบว่าน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดโดยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น น้ำมันหอมระเหยเข้มข้นผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยเข้มข้นกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือมีค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง มีค่า <3.18 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตรสำหรับประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อตัวเต็มวัยมอดแป้งพบว่ามีเพียงน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นเท่านั้นที่สามารถกำจัดมอดแป้งได้ โดยมีค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 10.69 และ 12.24 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร

คำหลัก: น้ำมันหอมระเหย ด้วงวงข้าวโพด มอดแป้ง

Abstract

The efficiency of pure *Curcuma longa*, *Myristica fragrans* and *Litsea cubeba* oils along with the essential oil mixtures as binary ratio(1:1) and tertiary ratio (1:1:1) weretested with *Sitophilus zeamias* and *Tribolium castanume* adults by contact toxicity on filter paper in laboratory condition. The study was carried out at Postharvest Technology on Field Crops Research and Development Group, Postharvest and Processing Research and Development Division during October 2015 to September 2017. The chemical constituents of *C. longa*, *M. fragrans* and *L. cubeba* oils including the mixture of *C. longa* :*M. fragrans*, *C. longa* :*L. cubeba*, *M. fragrans*:*L. cubeba* (ratio 1:1) and *C. longa* :*M. fragrans*:*L. cubeba* (ratio 1:1:1) oils were analyzed by gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS). The major compounds were α -terpinolene, sabinene, z-citral, sabinene, z-citral, z-citral and z-citral, respectively. The study found that the essential oils and the mixtures were affected *S. zeamias* adults. Especially, The essential oil from *L.cubeba* and the mixtures of *C. longa* :*M. fragrans*, *C. longa* :*L. cubeba* oils had the highest efficiency on this species. The LC₅₀ values of *S. zeamias* adult at 72 h was <3.18 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$. While, only *M. fragrans* and *L. cubeba* oils affected *T. castaneum* adults. The LC₅₀ values of *T. castaneum* adults at 72 h were 10.69 and 12.24 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$.

Keywords: essential oil, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*

*Email: dsuthisut@yahoo.com

6. คำนำ

ผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทยไม่ว่าจะเป็น ข้าวสาร ข้าวโพด ข้าวเปลือก ถั่วและพืชสมุนไพร ชนิดต่างๆในช่วงระหว่างการเก็บรักษาผลผลิตเหล่านี้มักได้รับความเสียหายจาก 2 ปัจจัยคือปัจจัยจากสิ่งที่มีชีวิต เช่น นก หนู แมลง และปัจจัยจากสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น ซึ่งปัจจัยหลักที่สามารถทำความเสียหายให้กับผลผลิตคือ แมลง และในปัจจุบันพบว่าโลกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้แมลงต่างๆสามารถเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผลผลิตทางการเกษตรจึงได้รับความเสียหายจากแมลงได้อย่างรวดเร็ว การเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรนิยมเก็บเกี่ยวไว้ในโรงเก็บหรือยุ้งฉางเพื่อรอการจัดจำหน่าย ส่วนมากแล้วจะพบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลังจากการเก็บรักษาแล้วประมาณ 1 เดือนซึ่งแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น ตัววงงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulky), มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)), มอดหัวป้อม (*Rhyzopertha dominica* (Fabricius)) และมอดหนวดยาว (*Cryptolestes pusillus* (Schonherr)) เป็นต้น โดยแมลงที่สำคัญในข้าวโพดที่พบได้ในประเทศไทยคือ ตัววงงข้าวโพด และมอดแป้งทำให้ข้าวโพดเกิดความเสียหายทั้งคุณภาพและปริมาณ การควบคุมแมลงเหล่านี้เหล่านี้วิธีที่นิยมใช้คือการใช้สารเคมีคือ ฟอสฟีน (phosphine) ซึ่งอัตราการใช้สารเคมีฟอสฟีนที่ใช้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าต้องใช้อัตรา 3 เม็ดต่อตัน ซึ่งเป็นปริมาณมากกว่าการรมข้าวสารทั่วไป (รังสีมาและคณะ, 2553) และในสถานการณ์ปัจจุบันพบว่า มอดแป้งเริ่มสร้างความต้านทานต่อสารเคมีฟอสฟีน (ใจทิพย์และกรรณิการ์, 2558) ดังนั้นการใช้สารสกัดจากธรรมชาติเช่น น้ำมันหอมระเหย (essential oils) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อใช้ในการกำจัดแมลงเหล่านี้ โดยน้ำมันหอมระเหยเป็นอีกความหวังหนึ่งที่จะสามารถนำมาทดแทนการใช้สารเคมีที่มีปัญหาเกิดขึ้นหลายด้านซึ่ง น้ำมันหอมระเหยสามารถนำมาใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น สารสัมผัส (contact), สารฆ่าแมลง (insecticide), สารไล่แมลง (repellent), สารล่อแมลง (attractant), สารยับยั้งการกิน (antifeedant) เป็นต้น ที่ผ่านมามีการนำพืชหลากหลายชนิดมาใช้เพื่อใช้ป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร โดย Rajendran and Sriranjini (2008) พบว่ามีพืชมากกว่า 75 ชนิด อยู่ในวงศ์ (Family) ที่แตกต่างกันและสามารถนำมาใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้เช่น Anacardiaceae, Apiaceae (Umbelliferae), Araceae, Asteraceae, Brassicaceae (Cruciferae), Chemopodiaceae, Cupressaceae, Cupressaceae, Graminaceae, Lamiaceae (Labiatae), Lauraceae, Myrtaceae, Pinaceae, Rutaceae และ Zingiberaceae ดังนั้นการนำน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นสารที่สามารถสกัดได้จากพืชมาใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดจึงถือได้ว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้เกิดการลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลง

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นพืชล้มลุกที่อยู่ในวงศ์เดียวกับพริกขี้หนูและขิง คือ วงศ์ Zingiberaceae โดยขมิ้นชันเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีสรรพคุณหลากหลาย สามารถรักษาโรคเลือด โรคต่างขา (leukoderma) โรคหิด (scabies) มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลังเก็บเกี่ยว (สุภัทรา และคณะ, 2558) และมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงหลายชนิด โดย Abidaet al. (2010) ได้ทำการสกัดสารจากเหง้าขมิ้นชันด้วย คลอโรฟอร์ม (Chloroform) และพบว่าสามารถนำมาใช้เป็นสารไล่และสารสัมผัสต่อตัวเต็มวัยมอดแป้งได้เป็นอย่างดี

Tripathiet al. (2002) ได้ศึกษาการเป็นสารสัมผัสและสารรมต่อแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว 3 ชนิด คือ มอดหัวป้อม ตัววงงข้าว และมอดแป้งโดยใช้น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากใบขมิ้นชัน และได้ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการวางไข่ในมอดแป้ง จากการศึกษาพบว่า ตัวเต็มวัยมอดหัวป้อมมีความอ่อนแอในการเป็นสารสัมผัสโดยมีค่า LD₅₀ กับ 36.71 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมของน้ำหนักแมลง ขณะที่การทดลองการเป็นสารรมพบว่าตัวเต็มวัยของตัววงงข้าวมีความอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยจากใบขมิ้นชันมากที่สุด โดยมีค่า LD₅₀ เท่ากับ 11.36 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 5.2 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ยับยั้ง

การวางไข่ (reduce oviposition) และจำนวนไข่ที่ฟัก (egg hatching) ของมอดแป้งเท่ากับ 72 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt) เป็นไม้ยืนต้นที่สามารถพบได้ในเขตภาคใต้ของประเทศไทย น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากลูกจันทน์เทศสามารถนำมาใช้ป้องกันแมลงศัตรูโดยมีฤทธิ์ในการสัมผัสสารยับยั้งการกิน ต่อด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง (Huanget al., 1997) โดย ดวงสมร และคณะ (2558) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศต่อด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลืองพบว่า มีฤทธิ์ในการเป็นสารสัมผัสสาร และสามารถยับยั้งการวางไข่ต่อแมลงทั้ง 2 ชนิดได้ ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศจึงเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อพัฒนาไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูข้าวโพดในอนาคต

ตะไคร้ต้น (*Litsea cubeba* (Lour.) Persoon) เป็นไม้ยืนต้นในประเทศไทยสามารถพบได้ทั่วทุกภาคของประเทศ พืชชนิดนี้สามารถนำส่วนของใบ ดอก และผลมาใช้เป็นยาสมุนไพร นอกจากนี้ยังพบว่า มีฤทธิ์ในการป้องกันเชื้อราหลากหลายชนิด สำหรับน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากผลของตะไคร้ต้นพบว่า มีฤทธิ์ต่อด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งทั้งทางด้าน การเป็นสารสัมผัส และสารสัมผัส (KoKoet al., 2009) และ Liu et al. (2007) ได้ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบของตะไคร้ต้นโดยใช้ hexane และ methanol เป็นตัวสกัด พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีผลต่อด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง ทั้งทางด้าน การเป็นสารสัมผัส และสารยับยั้งการกิน นอกจากนี้ ดวงสมร และคณะ (2556) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นกับตัวเต็มวัยมอดยาสูบและมอดสมุนไพร พบว่า น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมีประสิทธิภาพในการเป็นสารสัมผัสต่อตัวเต็มวัยมอดสมุนไพรมากกว่ามอดยาสูบ โดยตัวเต็มวัยมอดสมุนไพร มีค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 3.3 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร และพบว่า น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการเกิดเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกของมอดยาสูบและมอดสมุนไพร

ในปัจจุบันมีการนำน้ำมันหอมระเหยหลากหลายชนิดมาทดสอบกับแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งรวมถึงการใช้ น้ำมันหอมระเหยผสม เช่น Jawsuwanwong et al. (2014) ได้ทดสอบน้ำมันหอมระเหยจากโป๊ยกั๊ก (star anise) และ ผักชีลาว (dill) โดยได้ผสมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดด้วยกันในอัตราส่วนที่แตกต่างกันคือ 4:0 3:1 2:2 1:3 และ 0:4 (โป๊ยกั๊ก:ผักชีลาว) ที่ความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการทดสอบฤทธิ์ในการเป็นสารไล่ต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้งและมอดพื้นเลื้อย พบว่า น้ำมันหอมระเหยผสมสูตร 4 :0 ที่ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การไล่มอดแป้ง เท่ากับ 41.7 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ น้ำมันหอมระเหยผสมสูตร 3 :1 ที่ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การไล่มอดพื้นเลื้อย เท่ากับ 38.7 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้มุ่งวิจัยเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยผสมที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง
2. น้ำมันหอมระเหยจากพืช (ขมิ้นชันจันทน์เทศและตะไคร้ต้น)
3. ตัวดูดจ่ายสารละลาย
4. เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย Clevenger-type apparatus
5. จานแก้วขนาด 9 เซนติเมตร
6. กระดาษกรอง Whatman no. 1
7. ขวดแก้ว

- วิธีการ

1. การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงศัตรูข้าวโพดและการสกัดน้ำมันหอมระเหย

แมลงที่ใช้ทดสอบในครั้งนี้ คือ ตัวงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ทำการเลี้ยงแมลงทั้ง 2 ชนิดในโหลแก้ว และขยายพันธุ์โดยใช้ข้าวกล้องและรำข้าวเป็นแหล่งอาหารตามลำดับ โดยทำการปล่อยตัวเต็มวัยลงในแหล่งอาหารเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นนำตัวเต็มวัยออกให้หมดและเก็บขวดแก้วดังกล่าวเป็นระยะเวลา ประมาณ 1 เดือน เพื่อรอให้ตัวเต็มวัยรุ่นลูกเกิดและนำมาทดสอบต่อไป โดยในการทดลองใช้ตัวเต็มวัยที่มีอายุไม่เกิน 1-14 วัน

น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน ทำการสกัดจากเหง้าสด ที่เก็บมาจาก ต. ยานยาว อ. ศิริรัฐนิคม จ. สุราษฎร์ธานี โดยเหง้าขมิ้นชันจะถูกนำมาล้างให้สะอาดและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ สำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหย จันทน์เทศเริ่มจากเก็บผลของจันทน์เทศจาก ต. ถ้ำน้ำปูต อ. เมือง จ. พังงา โดยนำผลจันทน์เทศมาแกะเปลือก เพื่อนำเอาเมล็ดด้านในเพื่อนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยต่อไปโดยนำชิ้นส่วนพืชดังกล่าวจำนวนชนิดละ 1 กิโลกรัม เติมน้ำบริสุทธิ์ จำนวน 3 ลิตร ใส่ลงในเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย Clevenger-type apparatus ทำการสกัด น้ำมันหอมระเหยเป็นเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการเติม anhydrous sodium sulphate ลงในน้ำมันหอมระเหยที่ได้เพื่อใช้ดึงน้ำออกจากน้ำมันหอมระเหย สำหรับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น ได้รับความร่วมมือจาก สถาบันพืชสวน จ. เชียงราย โดยน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดจะถูกเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 8-10 °C เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2. การวิเคราะห์หาสารสำคัญของน้ำมันหอมระเหยโดยใช้ เครื่อง GC-MS

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหรือสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดด้วยเครื่อง GC-MS (Agilent model 6890N (GC) and 5973 (MS)) ของห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัดโดยใช้คอลัมน์เคปิลลารี (column capillary) ชนิด DB-5MS เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 เมตร ยาว 30 เมตร และความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร อุณหภูมิเริ่มต้นตั้งไว้ที่ 75 องศาเซลเซียส และเพิ่มทุก 2 องศาเซลเซียส/นาที่ จนกระทั่งได้ 100 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเพิ่มทุก 3 องศาเซลเซียส/นาที่จนได้ 120 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที และเพิ่ม 2 องศาเซลเซียส/นาที่จนได้ 134 องศาเซลเซียส และเพิ่ม 5 องศาเซลเซียส/นาที่ จนได้ อุณหภูมิสุดท้ายคือ 240 องศาเซลเซียส และคงที่อุณหภูมินี้ 15 นาที

ส่วนตัวฉีดสารตัวอย่าง (injector) และตัวตรวจวัด (detector) ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 280 องศาเซลเซียสและใช้ ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา (carrier gas) อัตราการไหล 1 มิลลิลิตร/นาที่ ในระบบ split less ชนิดของสารระเหยจะถูก เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่มีอยู่ใน MS (mass spectrum)

3. ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดและน้ำมันหอมระเหยผสมในการเป็นการสัมผัสบนกระดาษกรอง (contact toxicity on filter paper)

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ในการเป็นสารสัมผัสต่อตัวเต็มวัยต่อตัวงวงข้าวโพด และมอดแป้ง โดยนำน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด (น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน, น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น) และน้ำมันหอมระเหยผสม (น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ, น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น, น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น (ผสมในอัตราส่วน 1:1) และ น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น (ผสมในอัตราส่วน 1:1:1) มาละลายในเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (เท่ากับ 3.18, 6.36, 9.54 และ 19.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร) หลังจากนั้นนำน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 800 ไมโครลิตร หยดลงบนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร สำหรับกรรมวิธีควบคุม (control) หยดเอทานอล 800 ไมโครลิตรเพียงอย่างเดียว หลังจากนั้นปล่อยให้กระดาษแห้งประมาณ 2 นาที แล้วนำกระดาษกรองแต่ละแผ่นวางลงในด้านล่างของจานแก้ว

จากนั้นปล่อยตัวเต็มวัยแต่ละชนิดที่มีอายุ 0-14 วัน ลงบนกระดาษกรองในงานแก้วแล้วปิดฝา (กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ/ ซ้ำละ 20 ตัว) หลังจากนั้นทำการบันทึกจำนวนแมลงที่ตายและแมลงที่มีชีวิตหลังจากการทดสอบที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในทุกการทดสอบวางแผนการทดลองแบบ CRD มี 5 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีควบคุมทุกกรรมวิธี ค่า LC_{50} และ LC_{90} ถูกคำนวณโดยใช้โปรแกรม POLO-PLUS เวอร์ชัน 2.0 (LeOra Software, Petaluma, CA, USA)

- เวลาและ สถานที่ :1 ตุลาคม 2558-30 กันยายน 2560

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์หาสารสำคัญของน้ำมันหอมระเหยโดยใช้ เครื่อง GC-MS

โดยทำการวิเคราะห์หาสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดและน้ำมันหอมระเหยผสมโดยใช้เครื่อง GC-MS จากการศึกษาพบว่า สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยมีทั้งหมด 10 ชนิด โดยมี α -terpinolene (10.59%), 1-8 cineloe (10.08%) และ l-phellandrene(7.89%)เป็นสารสำคัญ (Table 1) โดย Gangwar and Tiwari (2017) พบสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยมี 13 ชนิด คือ turmeron และ ar-turmeron ในส่วนของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศพบว่ามีสารสำคัญ ทั้งหมด 20 ชนิด โดยมี sabinene (35.87%), α -pinene (17.13%) และ 3-cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl) (9.17%) เป็นสารสำคัญ (Table 2) โดย ดวงสมรและคณะ (2558) ได้ทำการศึกษารายละเอียดของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศที่เก็บผลจันทน์เทศมาจากแหล่งเดียวกัน แต่คนละช่วงเวลา พบว่ามีสาร sabinene เป็นสารสำคัญชนิดเดียวกันแต่ชนิดของสารสำคัญจะพบน้อยกว่าการทดลองครั้งนี้คือพบสารสำคัญเพียง 10 ชนิด สำหรับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นพบว่ามีสารสำคัญทั้งหมด 13 ชนิด โดยมี z-citral (24.74%), dl-limonene (20.47%) และ citronella (14.78%)(Table 3)เมื่อเปรียบเทียบกับ ดวงสมรและคณะ (2556) ที่ได้ทำการศึกษารายละเอียดของตะไคร้ต้น พบว่ามีสารสำคัญ 10 ชนิด โดยมี E-citral และ Z-citral เป็นสารสำคัญ จะเห็นได้ว่าสารสำคัญในพืชชนิดเดียวกันที่ได้เก็บจากสถานที่เก็บที่เดียวกัน แต่เก็บคนละช่วงเวลา สามารถทำให้พบสารสำคัญจำนวนและปริมาณที่แตกต่างกัน เพราะสารสำคัญในพืชจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆด้านซึ่งรวมไปถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวพืชด้วย

เมื่อนำเอาน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมาทำการผสมกันในอัตราส่วน 1 :1 พบว่าน้ำมันหอมระเหยมี 15 ชนิด โดยมี sabinene (16.68%), α -pinene (8.22%) ที่เป็นสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และ 2- β -pinene (5.68%) (Table 4) ถึงแม้ว่าสารสำคัญชนิดนี้จะไม่พบว่าเป็นสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ แต่ α -pinene และ 2- β -pinene ซึ่งเป็น isomer และมีค่า mass เท่ากัน คือ 136 m/z ดังนั้นในน้ำมันหอมระเหยผสมสูตรนี้มีสารสำคัญจากน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศเป็นสารสำคัญ

สำหรับน้ำมันหอมระเหยมี 13 ชนิดผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น พบสารสำคัญที่พบจำนวน 13 ชนิด โดยมี z-citral (10.49%), citral (6.25%) และ dl-limonene (3.66%) ซึ่งเป็นสารสำคัญหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น (Table 5)และเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น พบสารสำคัญจำนวน 20 ชนิด โดยมี z-citral (20.58%),sabinene (18.65%) และ citral (13.40%) โดย z-citral และ citral

เป็นสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น และ sabinene เป็นสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ (Table 6) และเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น มาผสมกันในอัตราส่วน 1 :1:1 พบสารสำคัญจำนวน 17 ชนิด โดยมี z-citral (16.75%), citral (13.62%) เป็นสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นและ sabinene (12.13%)(Table 7) ที่เป็นสารสำคัญจากน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ จากการนำน้ำมันหอมระเหยไปผสมกันและวิเคราะห์หาสารสำคัญ พบว่า เมื่อนำเอาน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันไปผสมกับน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น จะพบว่าไม่มีสารสำคัญจากน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันเป็นสารสำคัญใน 3 อันดับแรก เนื่องจากปริมาณสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นนั่นเอง

2. ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดและน้ำมันหอมระเหยผสมในการเป็นการสัมผัสบนกระดาษกรอง (contact toxicity on filter paper)

จากการทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันต่อตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพด พบว่าตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพด มีค่า LC_{50} ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ >19.08 , >19.08 และ 22.42 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร แสดงให้เห็นว่า ในชั่วโมงที่ 24 และ 48 หลังจากการทดลองน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพด และน้ำมันหอมระเหยชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพในชั่วโมงที่ 72 หลังจากการทดสอบ สำหรับน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแรกที่ทำกรทดสอบโดยมีค่า LC_{50} ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 5.59, 4.59 และ 3.94 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นพบว่ามีประสิทธิภาพตั้งแต่ ตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแรกที่ทำกรทดสอบเช่นกัน โดยมีค่า LC_{50} ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 2.66, 2.73 และ <3.18 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร จากค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ที่พบในน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดมากที่สุด

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด มาผสมกันในอัตราส่วน 1 :1:1 และละลายด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันคือที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (เท่ากับ 3.18, 6.36, 9.54 และ 19.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร) พบว่าน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีค่า LC_{50} ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 17.83, 11.91 และ <3.18 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยที่นำมาผสมระหว่างน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันและน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นในชั่วโมงที่ 72 หลังจากการทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมงของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดที่ทดสอบกับน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นเท่ากับ 22.4 และ 3.9 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น พบค่า LC_{50} ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดมีค่า >19.08 , 6.03 และ <3.18 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร โดยที่ 24 ชั่วโมงหลังจากการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยผสมชนิดนี้ยังไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงวงงข้าวโพดโดยจะมีประสิทธิภาพในชั่วโมงที่ 48 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นในชั่วโมงที่ 72 หลังจากการทดสอบในการกำจัดตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดเหมือนกับน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น ซึ่งเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพทั้ง 2 ชนิดเข้าด้วยกันกลับพบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพดน้อยกว่าการใช้ น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศหรือน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นเพียงชนิดเดียว โดยค่า LC_{50} ของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพด ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่ทดสอบกับน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมีค่าเท่ากับ 7.33, 6.75 และ 5.44 ไมโครลิตรต่อ

ตารางเซนติเมตรตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นต่อตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดพบว่ามีค่า LC_{50} ที่ 24, 48 และ 72 เท่ากับ >19.08, 6.61 และ 4.56 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดน้อยกว่า การนำเอาน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศหรือน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นชนิดเดียว และการใช้น้ำมันหอมระเหย ขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยผสมระหว่างขมิ้นชันและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น ดังนั้นการนำเอาน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดมาผสมกันไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยด้วงวง ข้าวโพดได้

จากผลวิเคราะห์การหาสารสำคัญของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหย จันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น โดยใช้เครื่อง GC-MS พบว่าสารสำคัญ ในน้ำมันหอมระเหยที่กล่าวมานี้มีสารสำคัญ คือ sabineneซึ่งน่าจะเป็นสารออกฤทธิ์ที่ทำให้ด้วงวงข้าวโพดตาย โดยการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับ Wang *et al.* (2011) ที่ได้ทำการทดสอบน้ำมันหอมระเหยจากผลและใบ ของ *Zanthoxylum schinifolium* ต่อการกำจัดด้วงวงข้าวโพดโดยวิธีสัมผัสบนตัวแมลง โดยพบว่าน้ำมันหอม ระเหยชนิดนี้มีสารสำคัญคือ estragole, linalool และ sabinene โดยพบว่า sabinene มีผลต่อด้วงวงข้าวโพด โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 23.98 ไมโครกรัม/แมลง

สำหรับฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดกับน้ำมันหอมระเหยผสมต่อมอดแป้ง พบว่ามีเพียงน้ำมันหอม ระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นเท่านั้นที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดมอดแป้ง โดยมีค่า LC_{50} ของ มอดแป้งที่ทดสอบกับน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงเท่ากับ 10.93, 10.75 และ 10.69 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับค่า LC_{50} ของมอดแป้งที่ทดสอบกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น พบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมีฤทธิ์ในการเป็นสารสัมผัสหลังจากทดสอบ 72 ชั่วโมงเท่านั้น โดยมี ค่า LC_{50} เท่ากับ 12.24 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร ขณะที่น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันและน้ำมันหอมระเหยผสมสูตรต่างๆ พบว่าไม่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารสัมผัสเพื่อกำจัดตัวเต็มวัยมอดแป้ง (Table 9)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การนำเอาน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมาผสมกันบางครั้งพบว่าน้ำมันหอม ระเหยบางชนิดสามารถผสมกันแล้วทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยที่นำมาผสมกัน ส่งเสริมประสิทธิภาพซึ่งกันและกัน (synergist) หรือสามารถไปลดประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหย (antagonist) ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของน้ำมันหอมระเหยชนิดนั้นๆและเมื่อทำการเปรียบเทียบค่า LC_{50} ระหว่างตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดและมอดแป้ง พบว่าในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ต้น มีประสิทธิภาพในการเป็นสารสัมผัสต่อตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพดมากกว่ามอดแป้ง ซึ่งการทดลองครั้งนี้ สอดคล้องกับ KoKoet *al.* (2009) ที่ได้ทำการทดสอบน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการเป็นสารสัมผัสโดยการ หยดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นลงบนอกด้านบนของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดและมอดแป้งพบว่า มอดแป้ง ($LD_{50}=0.21$ ไมโครลิตร/แมลง) มีความทนทานต่อน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมากกว่าด้วงวงข้าวโพด ($LD_{50}=0.11$ ไมโครลิตร/แมลง)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์หาสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด คือ น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน น้ำมันหอมระเหย จันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น พบสารสำคัญคือ α -terpinolene, sabinene และ z-citral ตามลำดับ สำหรับน้ำมันหอมระเหยผสมคือ น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ, น้ำมันหอม ระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น, น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น และ

น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น มีสารสำคัญคือ sabinene, z-citral, z-citral และ z-citral ตามลำดับ

สำหรับฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดและน้ำมันหอมระเหยผสมในการเป็นสารสัมผัส พบว่าน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพด โดยเฉพาะเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และนำน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันผสมตะไคร้ต้น พบว่าน้ำมันหอมระเหยผสมทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นมากกว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันเพียงชนิดเดียวเมื่อนำมากำจัดตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพด ขณะที่พบว่าไม่มีเพียงน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น เท่านั้นที่สามารถใช้กำจัดมอดแบ่งได้

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพด
2. ลดการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพด
3. เพิ่มมูลค่าและประโยชน์ของขมิ้นชัน น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น ที่เป็นพืชที่ปลูกในประเทศไทย

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันพืชสวน จ. เชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมาใช้ในการทดสอบ

12. เอกสารอ้างอิง

- ใจทิพย์ อุไรชื่น และ กรรณิการ์ เฟ็งคุ่ม. 2558. การตรวจสอบความต้านทานของมอดแบ่ง (*Tribolium castaneum*) ต่อสารรมฟอสฟีน. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2558. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. หน้า 496-509.
- ดวงสมร สุทธิสุทธิ พรหมเพ็ญ ชโยภาส รังสิมาแก่งการพานิช ภาวิณี หนูชนะภัย และณัฐวัฒน์ แยมยิ้ม. 2556. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นจากผลสุกในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพรร. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2556. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. หน้า 13-30.
- ดวงสมร สุทธิสุทธิ รังสิมาแก่งการพานิช ภาวิณี หนูชนะภัย พณัญญา พบสุข และปิยรัตน์ รุจิณรงค์. 2558. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยลูกจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยขาลิงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2558. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. หน้า 428-443.
- รังสิมาแก่งการพานิชพรทิพย์วิสารทานนท์และดวงสมรสุทธิสุทธิ. 2553. การใช้สารรมฟอสฟีนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังการเก็บเกี่ยว. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. 41: 1 (พิเศษ): 295-298.
- สุภัทรา จามกระโทก ชัยณรงค์ รัตนกรिताกุล ชลิดา เล็กสมบรูณ์ นवलวรรณ ฟ้ารุ่งแสง กวิศร์ วานิชกุล และอุดม ฟ้ารุ่งแสง. 2558. ผลของสารสกัดจากกระชาย ขมิ้น และขิงต่อสาเหตุโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42. หน้า 521-528

- Abida, Y., F. Tabassum, S. Zaman, S.B. Chhabiani and N. Islam. 2010. Biological screening of *Curcuma longa* L. for insecticidal and repellent potentials against *Tribolium castaneum* (Herbst) adults. Univ. j. zool. Rajshahi Univ. 28: 69-71.
- Gangwar, P. and S.N. Tiwari. 2017. Insecticidal activity of *Curcuma longa* essential oil and its fractions against *Sitophilus oryzae* L. and *Rhyzoperthadominica* F. (Coleoptera), Int. J. Pure App. Biosci. 5(3):912-921
- Jawsuwanwong, K., J.Pumnuanand A.Insung. 2014. Repellent effect and ovipositional inhibition of essential oil formulas from star anise (*Illicium verum*) and dill (*Anethum graveolens*) against adult of red flour beetle (*Tribolium castaneum* (Herbst)) and saw-toothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis* (L.)). In: Arthur, F.H., Kengkanpanich, R. Chayaprasert, W. and Suthisut, D. 11th International Working Conference on Stored Product protection, Chiang Mai, Thailand. 1118-1123.
- Huang, Y., J M. Tan, R. M. Kini and S. H. Ho. 1997. Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky. J. Stored Prod. Res. 33: 289-298.
- KoKo, W. Juntarajumnong and A. Chandrapatya. 2009. Repellency, fumigant and contact toxicities of *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). Kasetsart J. (Natural Science), 43: 56-63.
- Liu, Z.L., S. H. Goh and S. H. Ho. 2007. Screening of Chinese medicinal herbs for bioactivity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). J. Stored Prod. Res. 43: 290-296.
- Rajendran, S. and V. Sriranjini. 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. J. Stored Prod. Res. 44: 126-135.
- Tripathi, A.K., V. Prajapati, N. Verma, J. R. Bahl, R. P. Bansal, S. P S. Khanuja and S. Kumar. 2002. Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma Longa* (Var. Ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera) J. Econ. Entomol. 95: 183-189.
- Wang, C.F., K. Yang, H.M. Zhang, J. Cao, R. Fang, Z.L. Liu, S.S. Du, Y.Y. Wang, Z.W. Deng and L. Zhou. 2011. Components and insecticidal activity against the maize weevils of *Zanthoxylum schinifolium* fruits and leaves. Molecules. 16(4): 3077-3088.

Table 1 Chemical compound of essential oil from *Curcuma longa* rhizome collected from Surat Thani province, Thailand

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
α -terpinolene	17.37	10.59
1,8-cineole	14.08	10.08
l-phellandrene	12.59	7.89
benzene,1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	42.73	6.14
β -sesquiphellandrene	45.28	5.87
benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl)-	13.59	3.65
1,3-cyclohexadiene,5-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-,[s-r@,s@]-	43.56	3.51
trans-caryophyllene	38.57	1.88
β -bisabolene	44.26	1.30
benzenemethanol, α , α , 4-trimethyl-	23.93	1.19

Table 2 Chemical constituents of essential oils from *Myristica fragrans* fruits collected from Phang-Nga province, Thailand.

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
sabinene	11.20	35.87
α -pinene	9.02	17.13
3-cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl)-	23.72	9.17
cyclohexene,1-methyl-4-(1-methylethenyl)-(r)-	14.03	6.67
γ -terpinene	15.74	5.55
α -terpinene	13.23	4.03
1,3-benzodioxole,4-methoxy-6-(2-propenyl)-	45.10	3.76
β -myrcene	11.83	3.28
α -thujene	8.51	2.49
α -terpinolene	17.29	2.04
benzene,1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-	46.82	2.02
1,3-benzodioxole,5-(2-propenyl)-	30.58	1.44
benzene,1-methyl-2-(1-methylethyl)-	13.62	1.25
3-cyclohexene-1-methanol, α , α , 4-trimethyl-	24.49	1.00
l-phellandrene	12.58	0.98
δ -3-carene	12.68	0.83
linalool l	18.35	0.77
benzene,1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	37.86	0.66
2-cyclohexen-1-ol,1-methyl-4-(1-methylethyl)-,trans-	19.75	0.57
camphene	9.57	0.50

Table 3 Chemical compound of essential oil from *Litsea cubeba* mature fruits collected from Chiang Rai province, Thailand

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
z-citral	27.73	24.74
dl-limonene	13.96	20.47
citronella	21.92	14.78
6-methyl-5-hepten-2-one	11.53	8.03
linalool l	18.43	7.56
β -myrcene	11.70	4.68
trans-caryophyllene	38.62	2.09
(1s)-2,6,6-trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene	8.76	1.77
sabinene	10.68	1.23
2- β -pinene	10.89	1.19
1,8-cineole	14.02	1.11
α -copaene	35.99	0.69
germacrene-d	42.34	0.38

Table 4 Chemical compound of the essential oil mixtures from *Curcuma longa* and *Myristica fragrans* (ratio 1:1)

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
sabinene	11.01	16.68
α -pinene,(-)-	8.92	8.22
2- β -pinene	11.18	5.68
3-cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl)-	23.60	4.40
α -terpinolene	17.35	3.75
cyclohexene,1-methyl-4-(1-methylethenyl)-,(r)-	13.98	3.44
l-phellandrene	12.59	2.61
γ -terpinene	15.66	2.47
α -terpinene	13.17	1.86
1,3-benzodioxole,4-methoxy-6-(2-propenyl)-	45.06	1.79
benzene,1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	42.66	1.67
benzene,1-methyl-2-(1-methylethyl)-	13.62	1.64
β -myrcene	11.74	1.56
β -sesquiphellandrene	45.24	1.40
benzene,1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-	46.79	1.03

Table 5 Chemical compound of the essential oil mixtures from *Curcuma longa* and *Litsea cubeba*(ratio1:1)

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
z-citral	27.84	10.49
citral	29.79	6.25
dl-limonene	13.93	3.66
α -terpinolene	17.31	3.04
1,8-cineole	14.07	2.53
citronella	21.84	2.28
l-phellandrene	12.54	2.18
benzene,1-	42.69	1.88
(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-		
β -sesquiphellandrene	45.22	1.74
6-methyl-5-hepten-2-one	11.47	1.25
linalool l	18.38	1.16
benzene,1-methyl-2-(1-methylethyl)-	13.58	1.10
1,3-cyclohexadiene,5-	43.53	1.00
(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-,[s-r@,s@]-		

Table 6 Chemical compound of the essential oil mixtures from *Myristica fragrans* and *Litsea cubeba*(ratio1:1)

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
z-citral	28.07	20.58
sabinene	11.02	18.65
citral	29.99	13.40
α -pinene,(-)-	8.92	9.21
l-limonene	14.00	7.17
2- β -pinene	11.18	6.38
3-cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl)-	23.61	5.46
α -terpinene	15.66	2.62
citronella	21.84	2.40
β -myrcene	11.77	2.25
1,3-benzodioxole,4-methoxy-6-(2-propenyl)-	45.03	2.00
γ -terpinene	13.15	1.77
linalool l	18.40	1.56
6-methyl-5-hepten-2-one	11.53	1.30
α -thujene	8.48	1.12
benzene,1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-	46.78	1.09
α -terpinolene	17.24	0.97
benzene,1-methyl-2-(1-methylethyl)-	13.58	0.76
1,3-benzodioxole,5-(2-propenyl)-	30.89	0.74
α -terpineol	24.45	0.55

Table 7 Chemical compound of the essential oil mixtures from *Curcuma longa*
Myristica fragrans and *Litsea cubeba* (ratio 1:1:1)

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
z-citral	30.09	16.75
citral	27.95	13.62
sabinene	10.95	12.13
α -pinene,(-)-	8.89	6.19
dl-limonene	13.97	4.54
2- β -pinene	11.12	4.53
3-cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl)-	23.56	3.32
α -terpinolene	17.31	2.61
l-phellandrene	12.56	1.79
γ -terpinene	15.63	1.74
citronella	21.81	1.54
β -myrcene	11.73	1.53
α -terpinene	13.14	1.30
1,3-benzodioxole,4-methoxy-6-(2-propenyl)-	45.02	1.29
benzene,1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	42.66	1.18
benzene,1-methyl-2-(1-methylethyl)-	13.59	1.13
β -sesquiphellandrene	45.21	1.03

Table 8 Contact toxicity of the essential oils from *Curcuma longa*, *Myristica fragrans*, *Litsea cubeba* and the essential oil mixtures against adults of *Sitophilus zeamais* for different exposure periods (24, 48 and 72h after exposure)

Contact assay ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$)	Duration time (h)	LC ₅₀	95% confidence interval	LC ₉₀	95% confidence interval
<i>C. longa</i>	24	>19.08	-	-	-
	48	>19.08	-	-	-
	72	22.42	17.1-35.7	7.92	54.3-302.4
<i>M. fragrans</i>	24	5.59	4.3-6.9	12.53	9.6-20.9
	48	4.59	3.5-5.6	9.87	7.8-15.3
	72	3.94	3.3-4.5	7.15	6.1-9.4
<i>L. cubeba</i>	24	2.66	1.9-3.2	5.29	4.5-6.8
	48	2.73	2.1-3.1	4.57	4.0-5.8
	72	<3.18	-	-	-
<i>C. longa</i> + <i>M. fragrans</i> (ratio1:1)	24	17.83	16.1-20.2	46.66	37.8-61.7
	48	11.91	9.8-15.6	68.06	40.4-177.7
	72	<3.18	-	-	-
<i>C. longa</i> + <i>L. cubeba</i> (ratio1:1)	24	>19.08	-	-	-
	48	6.03	5.1-6.9	22.15	17.1-32.9
	72	<3.18	-	-	-
<i>M. fragrans</i> + <i>L. cubeba</i> (ratio1:1)	24	7.33	7.1-7.6	9.11	8.7-9.6
	48	6.75	6.6-6.9	8.2	7.9-8.7
	72	5.44	5.1-5.7	7.9	7.4-8.6
<i>C. longa</i> + <i>M. fragrans</i> + <i>L. cubeba</i> (ratio1:1:1)	24	>19.08	-	-	-
	48	6.61	6.1-7.1	10.92	9.9-12.5
	72	4.56	3.8-5.3	7.65	6.5-10.1

Table 9 Contact toxicity of extracted essential oil from *Curcuma longa*, *Myristica fragrans*, *Litsea cubeba*, and the essential oil mixtures against adults of *Tribolium castaneum* for different exposure periods (24, 48 and 72h after exposure)

Contact assay ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Duration time (h)	LC ₅₀	95% confidence interval	LC ₉₀	95% confidence interval
<i>C. longa</i>	24	>19.08	-	-	-
	48	>19.08	-	-	-
	72	>19.08	-	-	-
<i>M. fragrans</i>	24	10.93	10.4-11.9	14.01	12.7-16.8
	48	10.75	10.2-11.7	13.77	12.4-16.8
	72	10.6	10.1-11.7	13.69	12.3-16.9
<i>L. cubeba</i>	24	>19.08	-	-	-
	48	>19.08	-	-	-
	72	12.24	11.1-13.7	28.89	23.9-37.6
<i>C. longa</i> + <i>M. fragrans</i> (ratio1:1)	24	>19.08	-	-	-
	48	>19.08	-	-	-
	72	>19.08	-	-	-
<i>C. longa</i> + <i>L. cubeba</i> (ratio1:1)	24	>19.08	-	-	-
	48	>19.08	-	-	-
	72	>19.08	-	-	-
<i>M. fragrans</i> + <i>L. cubeba</i> (ratio1:1)	24	>19.08	-	-	-
	48	>19.08	-	-	-
	72	>19.08	-	-	-
<i>C. longa</i> + <i>M. fragrans</i> + <i>L. cubeba</i> (ratio1:1:1)	24	>19.08	-	-	-
	48	>19.08	-	-	-
	72	>19.08	-	-	-