ศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ (*Plectranthus amboinicus*) และใบกระดุมทองเลื้อย (*Wedelia trilobata*) ป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*)

วิทยานิพนธ์

ของ

บุญยาพร สะทองรอด

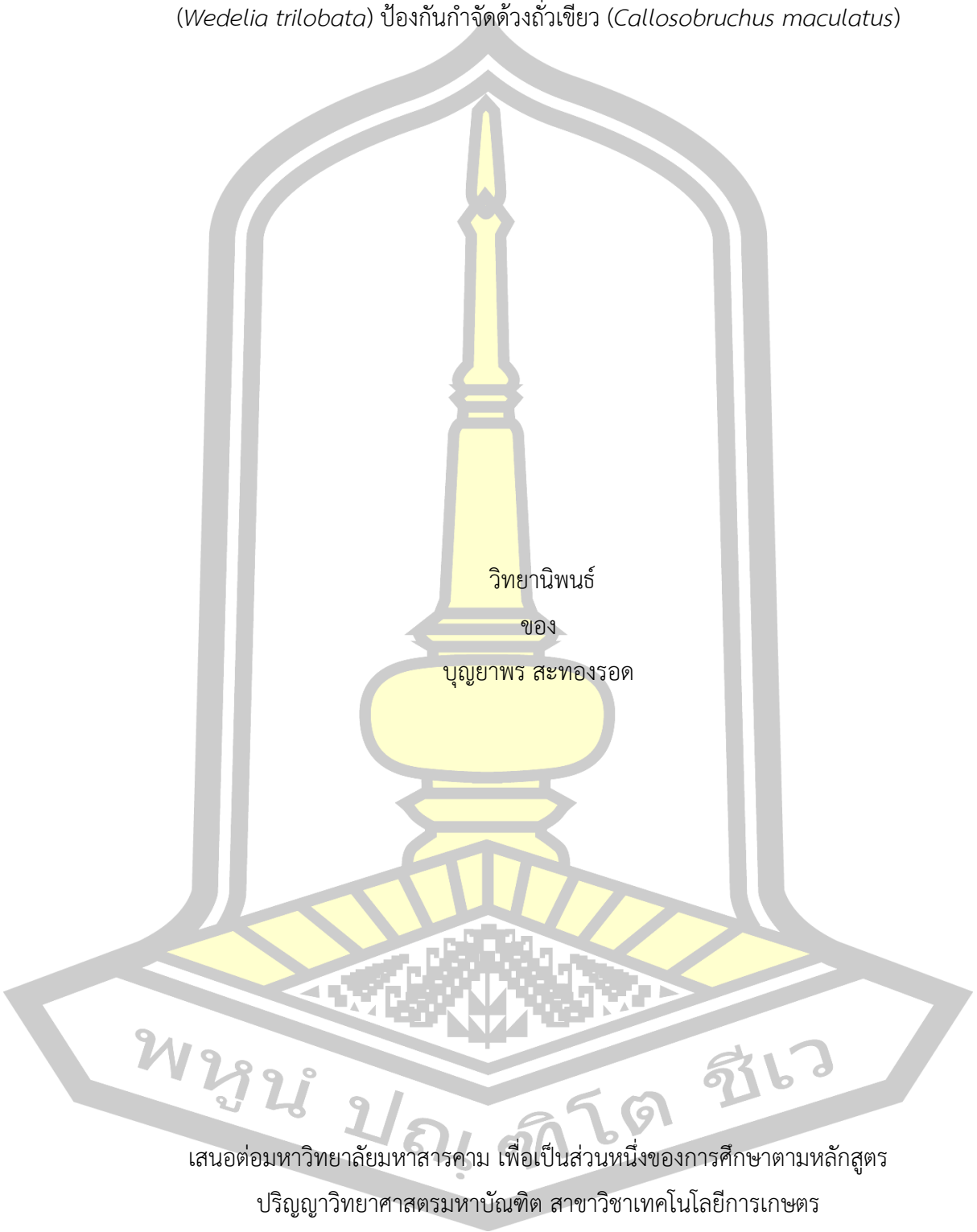
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มีนาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ (*Plectranthus amboinicus*) และใบกระดุมทองเลื้อย (*Wedelia trilobata*) ป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*)



วิทยานิพนธ์

ของ

บุญยาพร สะทองรอด

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

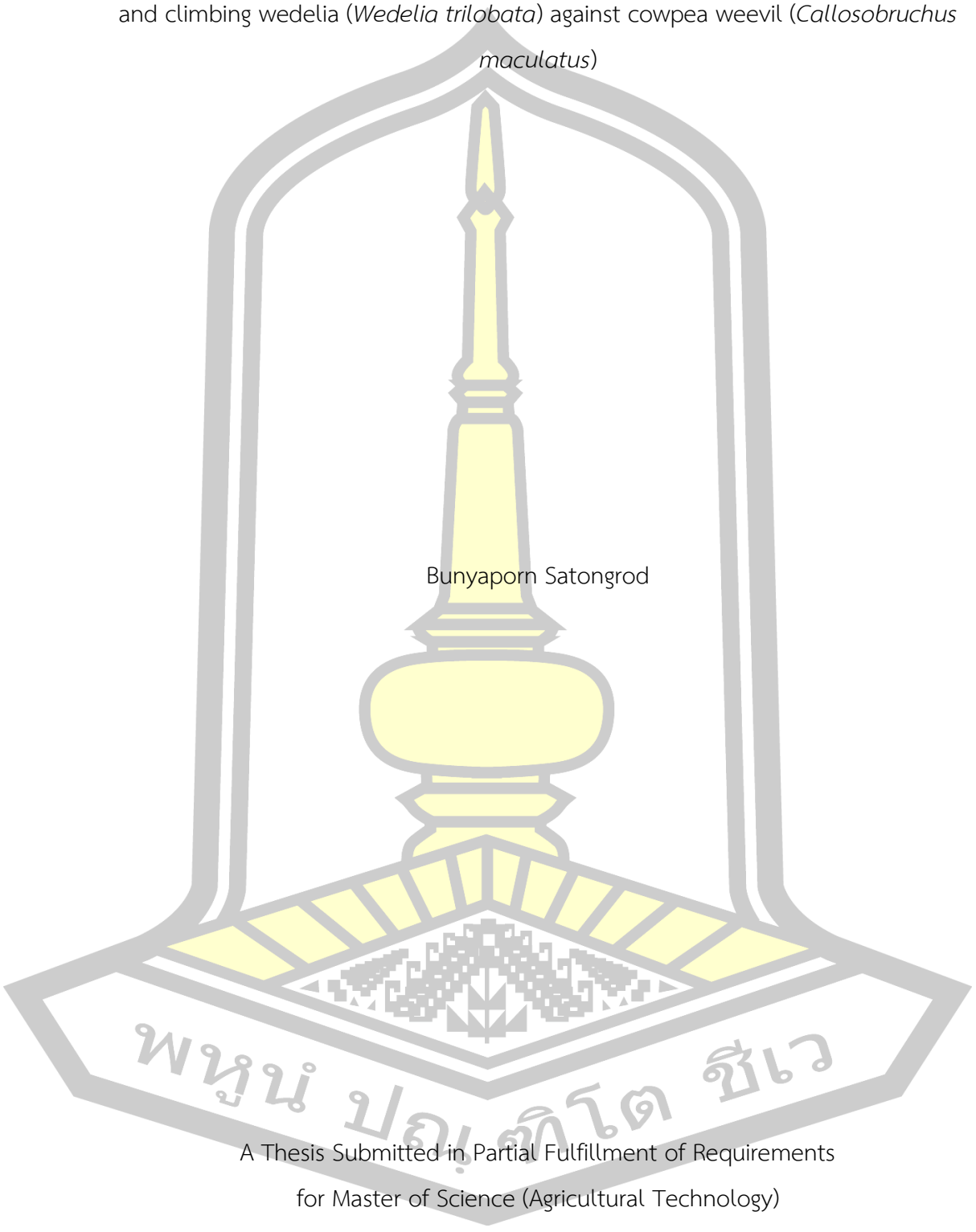
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มีนาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Potential of essential oils from leaves of Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) and climbing wedelia (*Wedelia trilobata*) against cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*)

Bunyaporn Satongrod



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Science (Agricultural Technology)

March 2021

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวบุญยาพร สะทองรอด แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศ. ดร. ปรีชา ประเทพา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. ฤชุอร วรรณะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผศ. ดร. พีระยศ แข็งขัน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รศ. ดร. ทรงศักดิ์ จำปาวะดี)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. วรัญญู แก้วดวงตา)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(รศ. ดร. อุบล ตังควานิช)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(รศ. ดร. อนุชิตา มุ่งงาม)	(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะเทคโนโลยี	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง ศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ (*Plectranthus amboinicus*) และใบกระดุมทองเลื้อย (*Wedelia trilobata*) ป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*)

ผู้วิจัย บุญยาพร สะทองรอด

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฤชุอร วรรณะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีระยศ แข็งขัน
รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ จำปาวะดี

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2564

บทคัดย่อ

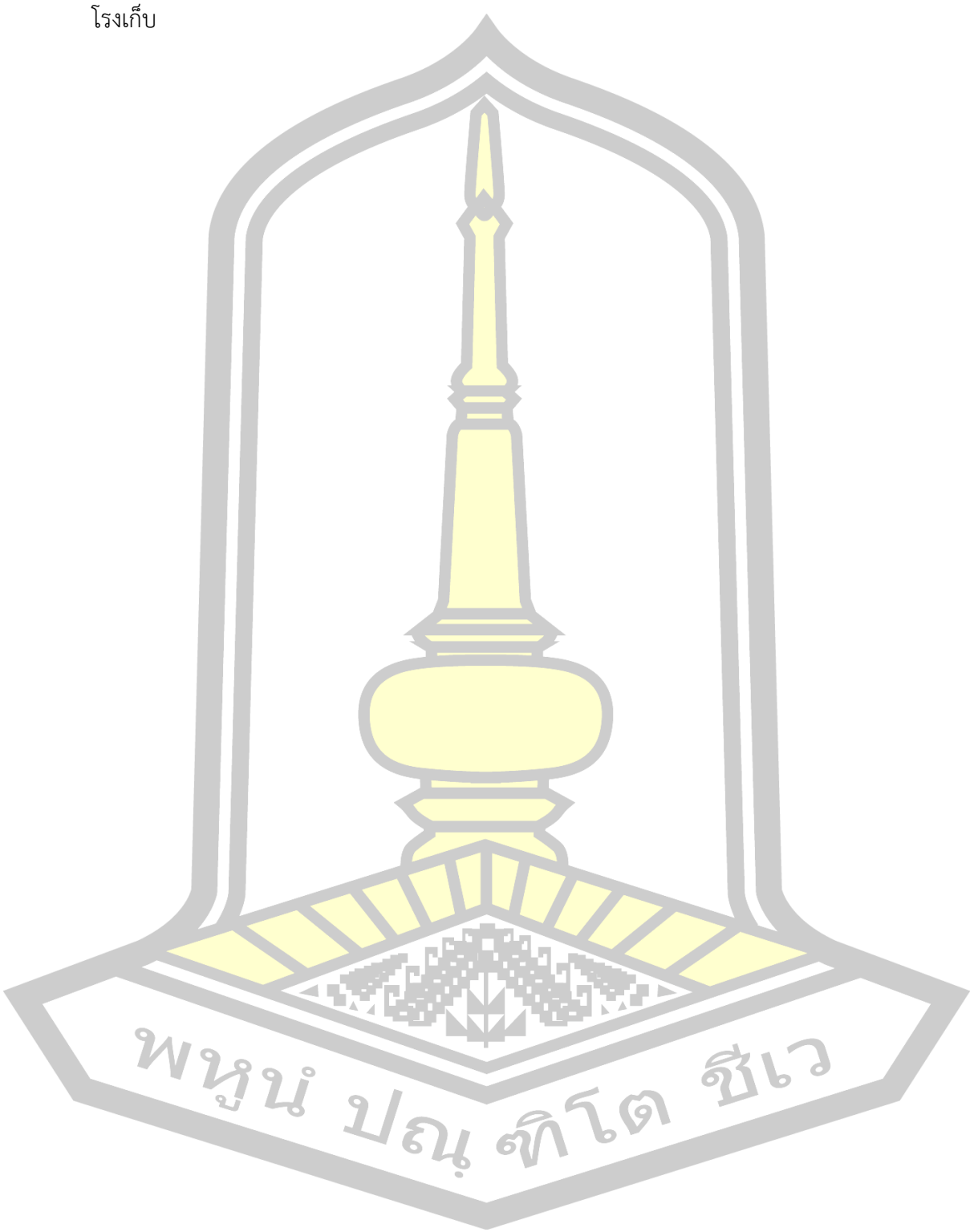
การศึกษาศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากวัชพืชในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* (F.)) นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบของหูเสือ (*Plectranthus amboinicus* (Lour.)) และกระดุมทองเลื้อย (*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.) โดยใช้เทคนิค Gas Chromatograph-Mass Spectrometer ศึกษาความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหย ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยโดยการรมฆ่า รมไล่ รมการยับยั้งการวางไข่ รมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F1) ของด้วงถั่วเขียว รวมถึงศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว ด้วยวิธี Vapor-phase test ทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการภายใต้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ

ผลจากการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือมีองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด 30 ชนิด โดยมีสาร carvacrol (71.41%) เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาคือ สาร caryophyllene (7.19%), p-cymene (4.46%), caryophyllene oxide (3.52%), trans-alpha-bergamotene (2.53%), humulene (2.26%) และ terpinolene (2.16%) ตามลำดับ สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยมีองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด 30 ชนิดเช่นกัน โดยมีสาร alpha-pinene (34.96%) เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาคือ สาร alpha-phellandrene (12.73%), germacrene D (12.12%), D-limonene (4.48%), alpha-myrcene (4.41%), bicyclogermacrene (4.28%), caryophyllene (3.15%), cedrene (2.91%), humulene (2.39%), junenol (1.96%), spathulenol (1.82%), beta-pinene (1.54%), p-cymene (1.41%) และ isoledene (1.16%)

ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือมีค่าความเป็นพิษทางการรม (LC_{50}) ต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยที่เวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 7.18, 5.78 และ 5.11 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 5304.61, 2813.59 และ 2123.76 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยกำจัดด้วงถั่วเขียว พบว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมฆ่ากำจัดด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยโดยก่อให้เกิดอัตราการตาย 93-100% ภายในเวลา 24-168 ชั่วโมง และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ภายในเวลา 120-168 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพทางการรมฆ่ากำจัดด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย 87-96% สำหรับประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว พบว่า น้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การไล่ป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย 60-87% ภายในเวลา 48-96 ชั่วโมง และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การไล่ 37-50% ภายในเวลา 72-144 ชั่วโมง สำหรับประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว พบว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 70.53% และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ 73.08% สำหรับประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว พบว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 73.30% และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย F1 76.19% สำหรับผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว พบว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือและกระดุมทองเลื้อยไม่ส่งผลกระทบที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว โดยให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียวสูงสุดถึง 100%

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือและกระดุมทองเลื้อยมีศักยภาพที่จะใช้เป็นสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวที่เป็นแมลงศัตรูสำคัญในโรงเก็บผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้ อีกทั้งไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักและอัตราการงอกของเมล็ดถั่วเขียวอีกด้วย

คำสำคัญ : องค์ประกอบทางเคมี, ฤทธิ์ทางชีวภาพ, พืชวงศ์กะเพรา, พืชวงศ์ทานตะวัน, แมลงศัตรูในโรงเก็บ



TITLE Potential of essential oils from leaves of Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) and climbing wedelia (*Wedelia trilobata*) against cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*)

AUTHOR Bunyaporn Satongrod

ADVISORS Assistant Professor Ruchuon Wanna , Ph.D.
Assistant Professor Phirayot Khaengkhan , Ph.D.
Associate Professor Songsak Chumpawadee , Ph.D.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Agricultural Technology

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2021

ABSTRACT

The potential of essential oils from weeds against cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* (F.)) was investigated its chemical compositions of the essential oils from the leaves of Indian borage (*Plectranthus amboinicus* (Lour.)) and climbing wedelia (*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.) using Gas Chromatograph-Mass Spectrometer technique, study the toxicity of essential oils, fumigation efficiency of essential oils against adult of cowpea weevil by fumigant, repellent, inhibition of oviposition, inhibition of emergence of F1 cowpea weevil adults, including study the effects of essential oils on the weight loss and the germination percentage of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) were studied by vapor-phase test in laboratory conditions under the Completely Randomized Design (CRD) with 4 replications.

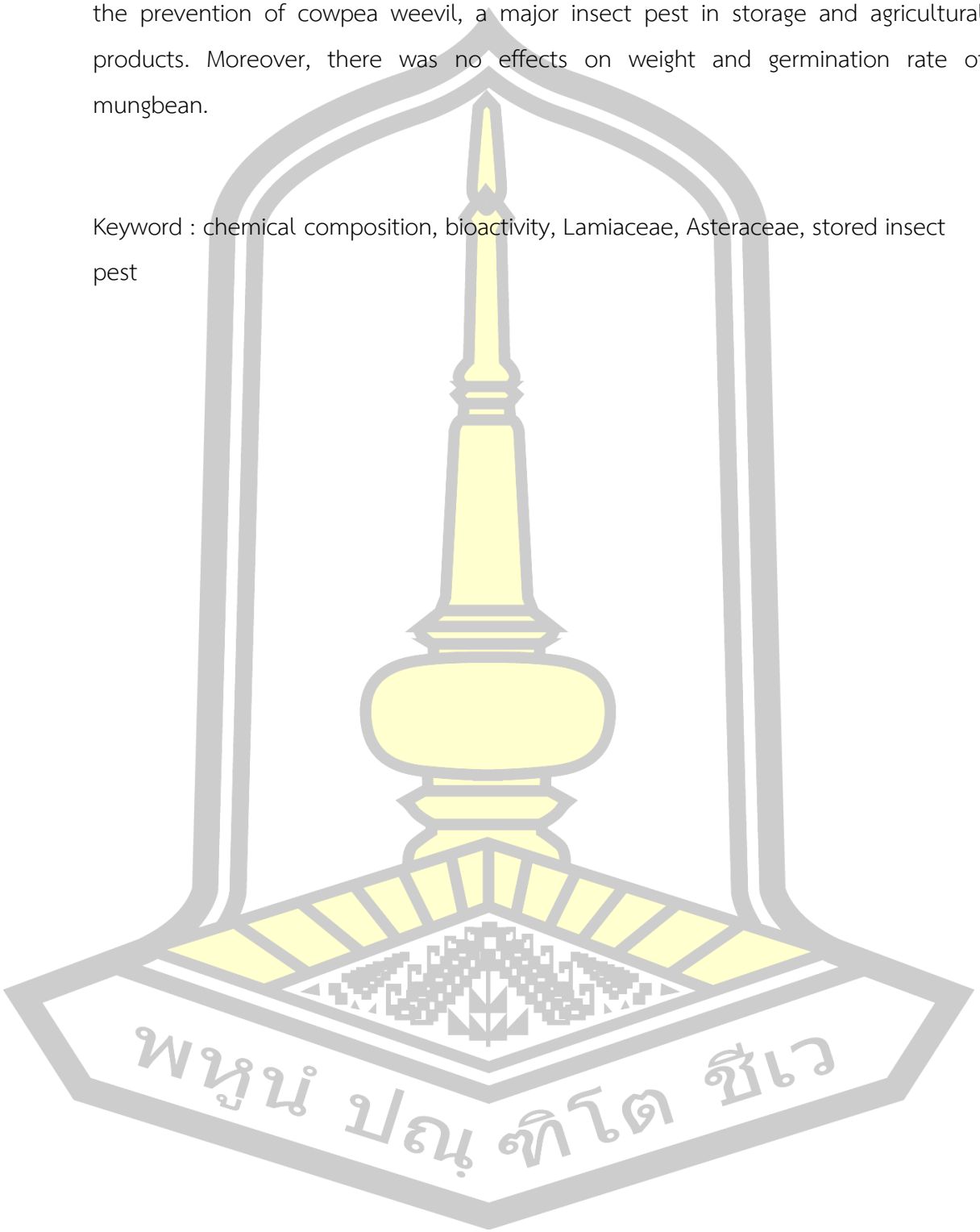
The results showed that the essential oil from leaves of the Indian borage contains 30 chemical elements with carvacrol (71.41%) as the main component, followed by caryophyllene (7.19%), p-cymene (4.46%), caryophyllene. oxide (3.52%), trans-alpha-bergamotene (2.53%), humulene (2.26%) and terpinolene (2.16%), respectively. For the essential oil from leaves of the climbing wedelia, there are also 30 chemical constituents with alpha-pinene (34.96%) as the main component, followed by alpha-phellandrene (12.73%), germacrene D (12.12%). , D-

limonene (4.48%), alpha-myrcene (4.41%), bicyclogermacrene (4.28%), caryophyllene (3.15%), cedrene (2.91%), humulene (2.39%), junenol (1.96%), spathulenol (1.82 %), beta-pinene (1.54%), p-cymene (1.41%) and isoledene (1.16%), respectively. Fumigant toxicity (LC_{50}) of essential oil from the Indian borage leaves to adult of cowpea weevil at 24, 48 and 72 hours were 7.18, 5.78 and 5.11 µL/L air, respectively. For the essential oil of the climbing wedelia leaves, LC_{50} was 5304.61, 2813.59 and 2123.76 µL/L air, respectively. For the fumigation efficiency of essential oils against cowpea weevil was found that the Indian borage essential oil at a concentration of 12 µL/L air was fumigation efficiency to kill adult of cowpea weevil by causing 93-100 %mortality within 24-168 hours and the climbing wedelia essential oil at a concentration of 3000 µL/L air within 120-168 hours gave fumigation efficiency to kill 87-96% of the adult of cowpea weevil. For the repellent efficiency of essential oils against cowpea weevil was found that the Indian borage essential oil at a concentration of 1 µL/L air provided 60-87 %repellent against the adult of cowpea weevil within 48-96 hours and the climbing wedelia essential oil at a concentration of 100 µL/L air provided 37-50 %repellent within 72-144 hours. For the fumigation efficacy of essential oils to inhibit the oviposition of cowpea weevil. It was found that the Indian borage essential oil at a concentration of 1 µL/L air was the highest %oviposition inhibition of cowpea weevil with 70.53% and the climbing wedelia essential oil at a concentration of 1000 µL/L air provided 73.08 %oviposition inhibition. For the fumigation efficacy of essential oils to inhibit the F1 adult emergence of cowpea weevil. It was found that the Indian borage essential oil at a concentration 0 (acetone) µL/L air was the highest % F1 adult emergence of cowpea weevil with 73.30% and the climbing wedelia essential oil at a concentration of 1000 µL/L air provided 76.19 F1 adult emergence of cowpea weevil. For the effects of essential oils on the weight loss and the germination percentage of mungbean seeds were found that the essential oils of the Indian borage and the climbing wedelia did not affect the weight loss and the germination percentage of mungbean seeds. They provided the highest germination percentage of mungbean seeds with 100%.

The results of this study indicated that the essential oils from the Indian

borage and the climbing wedelia had the potential to be used as an insecticide in the prevention of cowpea weevil, a major insect pest in storage and agricultural products. Moreover, there was no effects on weight and germination rate of mungbean.

Keyword : chemical composition, bioactivity, Lamiaceae, Asteraceae, stored insect pest



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฤชุอร วรรณะ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ชี้แจงแนวทางที่เป็นประโยชน์และกรุณาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2563

ขอขอบพระคุณ นางสาวรุ่งทิวา พันธมูล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการรวบรวมตัวเต็มของด้วงถั่วเขียวที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการดำเนินงาน และให้ความรู้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณ คุณจิราภรณ์ กระแสเทพ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความรู้และอำนวยความสะดวกในการขอรับบริการเบิกยืมและคืนวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับในการศึกษาวิจัย อีกทั้งให้คำแนะนำวิธีการใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณนางสาวพงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์ นางสาวอริสรา ผาสุก และนางสาวเจนทิรา ศรีแพ่ง ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัย และขอบคุณเพื่อนๆ และน้อง ๆ สาขาเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความสนับสนุนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนประสบความสำเร็จด้วยดีทุกประการ

สุดท้ายนี้ หากมีสิ่งใดขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขออภัยเป็นอย่างสูงและหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานวิจัยเล่มนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ

บุญยาพร สะทองรอด

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ช

กิตติกรรมประกาศ ..... ญ

สารบัญ ..... ฎ

สารบัญตาราง ..... ถ

สารบัญรูปภาพ ..... ธ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตการศึกษา 4

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล 6

2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของถั่วเขียว 6

2.2 ถั่วเขียว 7

2.2.1 พันธุ์ถั่วเขียวที่นิยมปลูกในประเทศไทย 7

2.2.1.1 ถั่วเขียวผิวมัน 7

2.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 9

2.3 ปัญหาการเก็บรักษาผลผลิตในโรงเก็บ 10

2.3.1 ลักษณะการเข้าทำลายของแมลงต่อผลผลิตเกษตร 11

2.3.1.1 กัดกินหรือแทะเล็มภายนอก (External feeder) 11

2.3.1.2 กัดกินภายในเมล็ด (Internal feeder) 11
2.3.2 ระยะเวลาการเข้าทำลายแมลงศัตรูผลผลิตเกษตร 11
2.3.2.1 ระยะการก่อนการเก็บเกี่ยว (Pre-harvest) 11
2.3.2.2 ขณะเก็บเกี่ยว (During-harvest) 11
2.3.2.3 หลังการเก็บเกี่ยว (Post-harvest) 11
2.3.3 ลักษณะความเสียหาย (Types of losses) 12
2.3.3.1 สูญเสียน้ำหนัก (Weight loss) 12
2.3.3.2 สูญเสียคุณค่าทางอาหาร (Nutrition loss) 12
2.3.3.3 สูญเสียความงอก (Germination loss) 12
2.3.3.4 สูญเสียคุณภาพ (Quality loss) 12
2.3.3.5 สูญเสียเงิน (Money loss) 13
2.3.3.6 สูญเสียชื่อเสียง (Loss of goodwill) 13
2.4 ด้วงถั่วเขียว 13
2.4.1 การเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว 13
2.4.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต 14
2.4.3 พืชอาหาร 14
2.4.4 ศัตรูธรรมชาติ 14
2.5 วิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ 14
2.5.1 การป้องกันและกำจัดโดยใช้สารเคมี 14
2.5.1.1 สารฆ่าแมลงชนิดถูกตัวตาย (Contact insecticides) 15
2.5.1.2 สารฆ่าแมลงชนิดรม (Fumigant) 15
2.5.2 การป้องกันและกาจัดแมลงในโรงเก็บโดยไม่ใช้สารเคมี 15
2.5.2.1 วิธีกล (Mechanical control) 15
2.5.2.2 วิธีทางกายภาพ (Physical control) 16

2.5.2.3 วิธีทางชีวภาพ (Biological control) 16
2.6 น้ำมันหอมระเหย 17
2.6.1 การสกัดน้ำมันหรือน้ำมันหอมระเหยนั้นมีอยู่หลายวิธี 17
2.6.1.1 การบีบเย็น (Cold pressed) 17
2.6.1.2 แอ็บโซลุท (Absolutes) 18
2.6.1.3 การกลั่น 18
2.6.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย 19
2.7 วัชพืชที่ใช้ในการวิจัย 21
2.7.1 หูเสือ 21
2.7.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 21
2.7.1.2 สรรพคุณหูเสือ 22
2.7.1.3 สาระสำคัญที่พบ 23
2.7.2 กระดุมทองเลื้อย 23
2.7.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 23
2.7.2.2 สรรพคุณกระดุมทองเลื้อย 24
2.7.2.3 สาระสำคัญที่พบ 25
2.8 การใช้ประโยชน์สารสกัดน้ำมันหอมระเหยกำจัดแมลง 25
2.8.1 เป็นสารฆ่าแมลง 25
2.8.1.1 สารออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท 25
2.8.1.2 สารที่ออกฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อของแมลง 26
2.8.1.3 สารที่ออกฤทธิ์ต่อระบบหายใจของแมลง 26
2.8.1.4 สารฆ่าแมลงที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง 26
2.8.1.5 สารที่ออกฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหารของแมลง 26
2.8.2 เป็นสารไล่แมลง (Repellent) 26

2.8.3 ยับยั้งการกินหรือการเข้าทำลายของแมลง (Antifeedant) 27
2.9 สารทำละลายอินทรีย์ (Organic solvents) 27
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 49
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการปฏิบัติการ 49
3.1.1 สิ่งมีชีวิตในการทดลอง 49
3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 49
3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50
3.1.4 น้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในการวิจัย 50
3.1.5 สารเคมี 50
3.2 การเตรียมน้ำมันหอมระเหย 50
3.3 การเตรียมด้วงถั่วเขียว 50
3.4 วิธีการศึกษา 51
1) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย 51
2) ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยต่อด้วงถั่วเขียว 52
3) ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยกำจัดด้วงถั่วเขียว 52
4) ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว 53
5) ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 53
6) ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 54
7) ผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว 54
3.5 การบันทึกข้อมูล 55
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 55

3.7 สถานที่ทำการวิจัย 56
3.8 ระยะเวลาทำการวิจัย 56
3.9 ตารางการปฏิบัติงาน 57
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย 58
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืช 58
4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ 58
4.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย 60
4.2 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชต่อด้วงถั่วเขียว 62
4.2.1 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือต่อด้วงถั่วเขียว 62
4.2.2 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยต่อด้วงถั่วเขียว 63
4.3 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชกำจัดด้วงถั่วเขียว 64
4.3.1 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยหูเสือกำจัดด้วงถั่วเขียว 64
4.3.2 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยกำจัดด้วงถั่วเขียว . 69
4.4 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว 75
4.4.1 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยหูเสือป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว 75
4.4.2 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว 80
4.5 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 84
4.5.1 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว . 84
4.5.2 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 86
4.6 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 88
4.6.1 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 88

4.6.2 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 90

4.7 ผลของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว 91

4.7.1 ผลของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียว 91

4.7.2 ผลของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียว 92

4.7.3 ผลของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว 93

4.7.4 ผลของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว 95

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 97

5.1 สรุป 97

5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืช 97

5.1.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ 97

5.1.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย 97

5.1.2 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชต่อด้วงถั่วเขียว 97

5.1.2.1 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือต่อด้วงถั่วเขียว 97

5.1.2.2 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยต่อด้วงถั่วเขียว 97

5.1.3 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชกำจัดด้วงถั่วเขียว 98

5.1.3.1 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยหูเสือกำจัดด้วงถั่วเขียว 98

5.1.3.2 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยกำจัดด้วงถั่วเขียว 98

5.1.4 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว 98

5.1.4.1 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยหูเสือป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว 98

5.1.4.2 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว 98
5.1.5 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 98
5.1.5.1 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 98
5.1.5.2 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 99
5.1.6 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 99
5.1.6.1 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 99
5.1.6.2 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 99
5.1.7 ผลของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว 99
5.1.7.1 ผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียว 99
5.1.7.2 ผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่ว 99
5.2 ข้อเสนอแนะ 100
บรรณานุกรม 101
ประวัติผู้เขียน 161

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer 59

ตาราง 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer 61

ตาราง 3 ความเป็นพิษทางการรม (LC_{50}) ของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือที่มีต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยที่เวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง 63

ตาราง 4 ความเป็นพิษทางการรม (LC_{50}) ของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยที่เวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง 64

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตาย (%) ของด้วงถั่วเขียว หลังการทดสอบฤทธิ์การรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ 6 ระดับความเข้มข้น ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง 68

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตาย (%) ของด้วงถั่วเขียว หลังการทดสอบฤทธิ์การรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 6 ระดับความเข้มข้น ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง 74

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ (%) ด้วงถั่วเขียว หลังการทดสอบฤทธิ์การรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ ที่ 6 ระดับความเข้มข้น ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง 79

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ (%) ด้วงถั่วเขียว หลังการทดสอบฤทธิ์การรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ 6 ระดับความเข้มข้น ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง 83

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ (ฟอง) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ (%) ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ 86

ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ (ฟอง) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ (%) ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 88

ตาราง 11 ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 (ตัว) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 (%) ของด้วงถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ 89

ตาราง 12 ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 (ตัว) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 (%) ของด้วงถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 91

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ด (กรัม) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ 92

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ด (กรัม) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 93

ตาราง 15 ค่าเฉลี่ยการงอก (เมล็ด) และเปอร์เซ็นต์การงอก (%) ของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ 94

ตาราง 16 ค่าเฉลี่ยการงอก (เมล็ด) และเปอร์เซ็นต์การงอก (%) ของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 95

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ถั่วเขียว 7
ภาพประกอบ 2 ลักษณะการทำลายเมล็ดถั่วเขียวของด้วงถั่วเขียว 14
ภาพประกอบ 3 หูเสือ 21
ภาพประกอบ 4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหูเสือ 22
ภาพประกอบ 5 กระดุมทองเลื้อย 23
ภาพประกอบ 6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระดุมทองเลื้อย 24

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ถั่วเขียว *Vigna radiata* L. R. Wilczek จัดเป็นพืชไร่ ที่มีอายุสั้นประมาณ 65-70 วัน สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีในทุกสภาพดินทั่วทุกภาคของประเทศไทย ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกถั่วเขียวในประเทศ 845,915 ไร่ มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 98,972 ตันต่อปี ส่งออกปริมาณ 17,200 ตัน มีมูลค่า 699.19 ล้านบาท ซึ่งมีความต้องการใช้ถั่วเขียวในประเทศเพิ่มขึ้น เนื่องจากภาครัฐมีมาตรการช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง โดยสนับสนุนให้ปลูกถั่วเขียวเป็นพืชทดแทน รวมทั้งความต้องการในภาคอุตสาหกรรมอาหารมีเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) นอกจากนี้ถั่วเขียวยังจัดอยู่ในกลุ่มของอาหารเพื่อสุขภาพ โดยพบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระและเป็นแหล่งของโปรตีน รวมทั้งคาร์โบไฮเดรตชั้นดี ทุกส่วนของถั่วเขียวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะเมล็ดซึ่งใช้ประโยชน์ได้โดยตรงและยังใช้แปรรูปในภาคอุตสาหกรรม การใช้ประโยชน์โดยตรงมักใช้ในครัวเรือนและชุมชน เช่น การเพาะถั่วงอก ทำถั่วซีก และทำขนมพื้นบ้านต่างๆ ส่วนการแปรรูปในภาคอุตสาหกรรม เช่น ทำวุ้นเส้น แป้งถั่วเขียว โปรตีนเกษตร รวมถึงการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่มีคุณภาพ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), 2559) อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักที่สำคัญในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคือ การเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวที่เกิดขึ้นในช่วงเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์และในยุ้งฉางเก็บเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกร จึงก่อให้เกิดความเสียหายของเมล็ดพันธุ์และคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดถั่วเขียวลดลง อีกทั้งยังส่งผลเสียต่อผลผลิตของเกษตรกรเป็นอย่างมากส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมีราคาต่ำกว่าปกติ

ด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* Fabricius. เป็นแมลงในวงศ์ Bruchidae อันดับ Coleoptera เป็นศัตรูที่สำคัญที่สุดของเมล็ดพืชวงศ์ถั่วหลายชนิด โดยเฉพาะถั่วเขียว โดยมีการแพร่ระบาดทั่วโลก ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ด้วงถั่วเขียวเป็นด้วงปีกแข็งขนาดเล็ก รูปร่างลักษณะตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาล ปีกสั้นไม่คลุมสุดลำตัว มีแถบหรือจุดสีน้ำตาลแก่บนปีกทั้งสองข้าง ปลายปีกมีสีดำ ลำตัวเรียวแคบไปทางส่วนหัว หัวเล็กและงุ้มเข้าหาส่วนอก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ตัวเมียจะวางไข่บนผิวของเมล็ดถั่ว เช่น ถั่วเขียว ถั่วตาดำ หรือถั่วอะซูกิ เป็นต้น หลังจากฟักเป็นตัวหนอนจะเจาะที่ผิวของเมล็ดลงไปอาศัยกัดกินในเมล็ด และจะเข้าดักแด้อยู่ภายในโพรงที่อาศัยจนเป็นตัวเต็มวัย จากนั้นจะเจาะผิวเมล็ดออกมา สามารถแพร่กระจายได้ทั่วโลก และพบในแถบอบอุ่นและแถบร้อนมากกว่าแถบหนาว จะเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่ยังเป็นฝักอยู่ในไร่ ซึ่งจะเจริญเติบโตและ

ขยายพันธุ์ต่อในโรงเก็บ โดยพืชอาหารของด้วงถั่วเขียว ได้แก่ เมล็ดถั่วแทบทุกชนิด เช่น ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วพุ่ม ถั่วฝักยาว ยกเว้นถั่วเหลือง (ศูนย์รวมฐานข้อมูลสิ่งมีชีวิตในประเทศไทย, 2553)

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลผลิตในประเทศไทยมักใช้วิธีการรมผลผลิตเกษตรเพื่อการส่งออก และการบริโภคในประเทศนานกว่า 40 ปี สารรมที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ สารรมเมทิลโบรไมด์ (Methyl bromide) และฟอสฟีน (Phosphine) โดยสารรมเมทิลโบรไมด์เป็นสารรมที่มีประสิทธิภาพดีสามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บได้ทุกชนิดและทุกระยะการเจริญเติบโต รวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เป็นศัตรู ใช้เวลาในการรมสั้น ได้ผลดีและรวดเร็ว แต่เนื่องจากเมทิลโบรไมด์ถูกระบุว่าเป็นสารที่ทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ ทำให้เกิดมลพิษในสภาพแวดล้อม และยังเกิดการตกค้างของสารเคมีในผลผลิตเกษตร ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคโดยตรง (สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2555) ในปัจจุบันยังไม่มีสารชนิดใหม่ๆ ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนสารรมเมทิลโบรไมด์ได้ จึงเหลือเฉพาะสารรมฟอสฟีนที่ยังสามารถใช้ได้ทำให้การใช้สารรมฟอสฟีนในผลผลิตทางการเกษตรมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น โดยสารฟอสฟีนสามารถแทรกซึมเข้าไปในสิ่งที่นำมารมหรือสินค้าได้ดี แต่การดูดซับสารฟอสฟีนของวัตถุดิบที่นำมารมค่อนข้างน้อย จึงมีการตกค้างหลังการรมน้อยและค่อยสลายไปในที่สุด สารฟอสฟีนสามารถฆ่าแมลงได้อย่างรวดเร็วทั้งในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงได้เกือบทุกชนิดในความเข้มข้นไม่สูงมาก แต่สำหรับแมลงในระยะไข่และระยะดักแด้ ซึ่งมีอัตราการหายใจต่ำทำให้ได้รับพิษของสารฟอสฟีนช้า จึงต้องใช้เวลารมนานกว่าปกติ และต้องใช้ความเข้มข้นสูงขึ้น ซึ่งแมลงแต่ละชนิดจะมีความอ่อนแอต่อสารฟอสฟีนแตกต่างกัน การใช้ความเข้มข้นและระยะที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้แมลงต้านทานสารฟอสฟีน (อังคณา สุวรรณกูฏ, 2556) เห็นได้จากรายงานของ รังสิมา เก่งการพานิช (2558) พบแมลงศัตรูผลผลิตเกษตร 2 ชนิด คือ มอดแป้งและมอดหนวดยาวสร้างความต้านทานต่อสารฟอสฟีน โดยมอดแป้งสามารถสร้างความต้านทานต่อสารฟอสฟีนได้ 3.20% ส่วนมอดหนวดยาวสามารถสร้างความต้านทานได้ถึง 70%

ปัจจุบันการใช้สารสกัดจากพืชทดแทนสารรมฆ่าในโรงเก็บมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารเหล่านี้ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งมีชีวิตอื่นในสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง อีกทั้งสารสกัดจากพืชยังช่วยลดปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร ทั้งนี้นักวิชาการเกษตรได้สนใจศึกษาและวิจัยนำพืชสมุนไพรหรือพืชพื้นเมืองของไทยที่มีมากมายหลายชนิดในแต่ละท้องถิ่น ที่มีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลงศัตรูพืชมาพัฒนารูปแบบให้เหมาะต่อการใช้ โดยพบว่าน้ำมันหอมระเหยของส่วนต่างๆ ของพืชหลายชนิดมีศักยภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บได้ น้ำมันหอมระเหยจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บที่สำคัญ ซึ่งนอกจากจะปลอดภัยต่อเกษตรกรผู้ใช้แล้ว ยังปลอดภัยต่อผู้บริโภคด้วย โดยน้ำมันหอมระเหยจากพืชมีคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บหลายรูปแบบ ได้แก่ การเป็นสารกำจัดแมลง

(Insecticidal activity) สารไล่แมลง (Repellent activity) สารกำจัดตัวเต็มวัยของแมลง (Adulticity activity) สารยับยั้งการกินและการเจริญเติบโตของแมลง (Antifeedants) และสารรมฆ่า (Fumigants) ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีหน้าที่และคุณสมบัติดังกล่าวในการเป็นสารฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บ เช่น น้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์ Zingiberaceae มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky. และมอดแป้ง *Tribolium castaneum* Herbst. (ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, P.G.Fields และอังศุมาลย์ จันทราปัตย์, 2554) น้ำมันหอมระเหยจากสน (*Pinus longifolia* L. ยูคาลิปตัส *Eucalyptus obliqua* L'Her. และผักชี *Coriandrum sativum* L. มีประสิทธิภาพในการเป็นสารสัมผัสฆ่าด้วงงวงข้าวและด้วงถั่วเหลือง *Callosobruchus chinensis* L. (Rani PU, 2012) และน้ำมันหอมระเหยมะตูมแขก *Schinus terebinthifolius* R. พริกไทย *Piper aduncum* กานพลู *Syzygium aromaticum* ดีปลี *Piper hispidinervum* ตะไคร้ *Cymbopogon citratus* อบเชยเทศ *Cinnamomum zeylanicum* สบู่ดำ *Jatropha curcas* และละหุ่ง *Ricinus communis* มีประสิทธิภาพในการรมฆ่าและไล่ด้วงถั่วเขียว (Oliveira *et al*., 2017) เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีรายงานของวัชพืชหลายชนิดที่ต่างประเทศใช้เป็นสารรมฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บ จากรายงานของ Boudaa *et al*., (2001) น้ำมันหอมระเหยจากสาบแร้งสาบกา *Ageratum conyzoides* L. สาบเสือ *Chromolaena odorata* L. และผกากรอง *Lantana camara* L. มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด นอกจากนี้ ยังมีรายงานของ Jaya *et al*., (2014) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสาบแร้งสาบกา หูเสือ *Coleus aromaticus* Benth. และแมงลักคา *Hyptis suaveolens* L. มีประสิทธิภาพในการรมฆ่ามอดแป้งได้ การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากวัชพืชในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว ด้านองค์ประกอบทางเคมี ความเป็นพิษทางการรม และประสิทธิภาพทางการรมในด้านคุณสมบัติการเป็นสารรมฆ่า รมไล่ รมยับยั้งการวางไข่และรมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F1) ของด้วงถั่วเขียว

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากวัชพืชหูเสือและกระดุมทองเลื้อย

1.2.2 เพื่อศึกษาความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากวัชพืชที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว

1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากวัชพืชในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

1.2.4 เพื่อศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากวัชพืชต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบของวัชพืช 2 ชนิด ได้แก่ หูเสือ *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng และกระดุมทองเลื้อย *Wedelia trilobata* L. Hitchc. ศึกษาความเป็นพิษทางการรม ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากวัชพืชทั้ง 2 ชนิด ในการเป็นสารฆ่าแมลงเกี่ยวกับการรมฆ่า รมไล่ รมยับยั้งการวางไข่ และรมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F1) ของตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* Fabricius. รวมถึงผลกระทบของน้ำมันหอมระเหยจากวัชพืชทั้ง 2 ชนิด ที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิทยาเขตขามเรียง จังหวัดมหาสารคาม

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition) หมายถึง สารประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหย ที่ผ่านขบวนการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปคโทรมิเตอร์ (Gas chromatograph-mass spectrometer, GC-MS)

ความเป็นพิษ (Toxicity) หมายถึง สารที่เป็นพิษในรูปของไอระเหย มีลักษณะเป็นน้ำมันหอมระเหย สารพิษจะออกฤทธิ์ในรูปก๊าซ

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) หมายถึง สารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น และเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบผล ลำต้น ตลอดจนเมล็ดซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติเด่นชัด คือมีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2548)

สารรม (Fumigant) หมายถึง สารที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในรูปของก๊าซ ไอ หรือควัน (Vapor) ซึ่งเมื่ออยู่ในอุณหภูมิ และความดันที่เหมาะสมจะอยู่ในสถานะที่เป็นก๊าซและสามารถคงสภาพเป็นก๊าซอยู่ได้ หากความเข้มข้น และเวลาเหมาะสมจะสามารถฆ่าสิ่งมีชีวิตได้ (สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2555)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ทราบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญบางชนิดของน้ำมันหอมระเหยจากใบของหูเสือและกระดุมทองเลื้อย

1.5.2 ทำให้ทราบความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือและกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย

1.5.3 ทำให้ทราบประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือและกระดุมทองเลื้อยในการเป็นสารฆ่าแมลง ด้านการรมฆ่า รมไล่ รมยับยั้งการวางไข่ และรมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F1) ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย

1.5.4 ทำให้ทราบผลกระทบของน้ำมันหอมระเหยหูเสือและกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว

1.5.5 เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาเป็นสารฆ่าแมลงที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อมต่อไป

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 2
ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของถั่วเขียว

ถั่วเขียว *Vigna radiata* (L.) เป็นพืชอาหารโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์สามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ แปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายชนิด ถั่วต่างๆ ในโลกมีมากมายหลากหลายชนิด ชนิดถั่วที่ประเทศไทยมีการผลิตเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ถั่วเขียว ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่ใช้เพื่อการบริโภคโดยตรง และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด อาทิ ถั่วงอก วุ้นเส้น แป้งถั่วเขียว วุ้นเส้นกึ่งสำเร็จรูป ถั่วซีก และขนมชนิดต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการผลิตถั่วเขียวของไทยยังไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ในประเทศ ผลผลิตถั่วเขียวของไทยเพิ่มขึ้นจาก 99,775 ตัน ในปี 2551 เป็น 103,180 ตันในปี 2555 หรือเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 1.09 ต่อปี ขณะที่ความต้องการใช้ใน ประเทศเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 5.74 ต่อปี ส่งผลให้การส่งออกถั่วเขียวลดลงในอัตราร้อยละ 3.75 ต่อปี แต่การ นำเข้าเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 16.36 ต่อปีเพื่อรองรับความต้องการใช้ถั่วเขียวในประเทศ โดยเป็นการนำเข้า ถั่วเขียวจากผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก เช่น สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ ออสเตรเลีย เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

เนื้อที่เพาะปลูกถั่วเขียวของไทยมีแนวโน้มลดลง โดยในปี 2557/58 มีเนื้อที่เพาะปลูก 855,304 ไร่ แต่ในปี 2559/60 มีเนื้อที่เพาะปลูกลดลงเหลือเพียง 845,915 ไร่ และผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจาก 115 กิโลกรัมในปี 2559/60 เป็น 117 กิโลกรัม เนื้อที่เพาะปลูกถั่วเขียวลดลงจากปี 2558 เนื่องจากในปี 2559 ปริมาณน้ำเพียงพอเกษตรกรจึงปรับเปลี่ยนกลับไปปลูกข้าวเหมือนเดิม สำหรับผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากน้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโตส่งผลให้ภาพรวมผลผลิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความต้องการใช้ถั่วเขียวในประเทศเพิ่มขึ้นเนื่องจากภาครัฐมีมาตรการช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง โดยสนับสนุนให้ปลูกถั่วเขียวเป็นพืชทดแทน รวมทั้งความต้องการในภาคอุตสาหกรรมอาหารมีเพิ่มมากขึ้น ขณะที่การผลิตในประเทศไม่เพียงพอทำให้ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ เมียนมาร์ และออสเตรเลีย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559)

2.2 ถั่วเขียว

ชื่อสามัญ: mung bean

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek

ชื่อวงศ์: Fabaceae

ภาพประกอบ 1 ถั่วเขียว

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2560)

จัดอยู่ในกลุ่มพืชที่ผลิตไว้ใช้ในประเทศถั่วเขียวเป็นพืชที่มีโปรตีนสูง นิยมใช้ทั้งการบริโภคและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆหลายรูปแบบ ได้แก่ ถั่วงอก วุ้นเส้น ขนมหวาน แป้งถั่วเขียว สบู่และครีมทาผิว เป็นต้น รวมถึงการใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรในการปรับปรุงบำรุงดิน เนื่องจากถั่วเขียวเป็นพืชอายุสั้นมีประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนในอากาศ 10-56 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และต้นถั่วเขียวยังสามารถเป็นพืชสดได้ดี โดยทั่วไปจะให้ปริมาณไนโตรเจนสูงถึง 5-6 กิโลกรัมต่อไร่

2.2.1 พันธุ์ถั่วเขียวที่นิยมปลูกในประเทศไทย

2.2.1.1 ถั่วเขียวผิวมัน

1) พันธุ์กำแพงแสน1

อายุประมาณ 65-75 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 208 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะเด่นคือ ฝักใหญ่อยู่เหนือทรงพุ่ม น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 69 กรัม ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาลและโรคราแป้งในระดับปานกลาง เหมาะสำหรับการปลูกในฤดูฝนหรือในเขตชลประทาน ข้อด้อยคือ ค่อนข้างอ่อนแอต่อดินด่าง

2) พันธุ์กำแพงแสน 2

อายุประมาณ 65-75 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 193 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 66 กรัม ลักษณะเด่นคือ ฝักอยู่เหนือทรงพุ่ม ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาลและโรคราแป้งในระดับปานกลาง เหมาะสำหรับปลูกในฤดูแล้งนอกเขตชลประทาน ข้อด้อยคือ อ่อนแอมากต่อดินด่าง

3) พันธุ์ชัยนาท 60

อายุเก็บเกี่ยว 55-60 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 175 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 62 กรัม ลักษณะเด่นคือ ทรงพุ่มเล็ก ต้นเตี้ย ฝักอยู่เหนือทรงพุ่มเด่นชัด อายุเก็บเกี่ยวสั้น เหมาะสำหรับการปลูกต้นฤดูฝน ทนดินด่าง ข้อด้อยคือ ฝักแก่ค่อนข้างแตกง่าย อ่อนแอต่อโรคใบจุดสีน้ำตาล

4) พันธุ์ชัยนาท 36

อายุเก็บเกี่ยว 67 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 216 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 72 กรัม ลักษณะเด่นคือ ขนาดเมล็ดใหญ่ ทนดินด่าง ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาลปานกลาง เหมาะสำหรับการปลูกปลายฝนและฤดูแล้ง เป็นพันธุ์ที่มีการสุกแก่ของฝักชุดแรกและชุดสุดท้ายใกล้เคียงกันมากที่สุด คือฝักแรกแก่ห่างฝักสุดท้ายประมาณ 12 วัน ข้อด้อยคือ ไม่ต้านทานต่อโรคราแป้ง

5) พันธุ์ชัยนาท 72

มีอายุเก็บเกี่ยว 63 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 224-230 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ดประมาณ 66 กรัม ลักษณะเด่นคือ ปลูกได้ในทุกฤดูและทุกภาค ต้านทานหนอนแมลงวันเจาะลำต้นปานกลาง

6) พันธุ์ มอ.1

ปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อายุประมาณ 65-75 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 208 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะเด่นคือ เป็นพันธุ์ที่ทนต่อสภาพน้ำขัง เหมาะสำหรับการปลูกในภาคใต้ เช่น ปลูกแซมในสวนยาง มีความต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาลปานกลาง ข้อด้อยคือ ค่อนข้างอ่อนแอต่อดินด่าง

7) พันธุ์ มทส.1

อายุประมาณ 65-70 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 221 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะเด่นคือ ฝักมีลักษณะเป็นหวีอยู่เหนือทรงพุ่ม เก็บเกี่ยวง่าย ฝักไม่มีขน ฝักเหนียวไม่แตกง่าย เวลาถูกฝนน้ำไม่ซึมผ่านฝักเข้าไปหาเมล็ด ดังนั้นจึงสามารถรอเก็บเกี่ยวฝักรุ่น 1 และรุ่น 2 พร้อมกันได้ ทนทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลและราแป้งปานกลาง ข้อด้อยคือ ยังมีลักษณะเมล็ดตันหลงเหลืออยู่

2.2.1.2 ถั่วเขียวผิวดำ

1) พันธุ์อู่ทอง 2

อายุประมาณ 90 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 180 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 44 กรัม เมล็ดสีน้ำตาลหรือสีแดง ขนาดเมล็ดเล็กสม่ำเสมอ

2) พันธุ์พิษณุโลก 2

มีทรงพุ่มเตี้ยแคบและโปร่งกว่าพันธุ์อู่ทอง 2 อายุประมาณ 77 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 190 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 50 กรัม ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อู่ทอง 2 โดยเฉพาะเมื่อปลูกในฤดูแล้ง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560)

2.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1) ราก (Root) ถั่วเขียวมีรากแบบระบบรากแก้ว (Tap root system) รากอันแรกจะเจริญออกมาจาก Radicle ซึ่งอยู่ภายในเมล็ดเรียกว่า รากแก้ว (Primaryroot หรือ Tap root) รากที่แตกแยกออกมาจากรากแก้วเรียกว่ารากแขนง (Secondary root) ตามรากแขนงจะมีขนราก (Root hair หรือ Adventitious root) เจริญออกมามากมายทำหน้าทีดูดซึมธาตุอาหารบนรากของถั่วเขียวมีปม (Nodule)เกิดขึ้นซึ่งเกิดจากแบคทีเรียพวกไรโซเบียม (*Rhizobium* sp.) เข้าไปอาศัยอยู่ในรากทำให้รากถั่วเขียวสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ถั่วเขียวนำมาใช้ประโยชน์ได้ การอยู่ร่วมกันระหว่างถั่วเขียวกับแบคทีเรียพวกนี้เรียกว่า Symbiosis

2) ลำต้น (Stem) ถั่วเขียวเป็นพืชล้มลูกมีลักษณะลำต้นตั้งตรงเป็นพุ่ม ความสูงประมาณ 40-130 เซนติเมตร ลำต้นมีการแตกกิ่งแขนงมาก บางพันธุ์มีลำต้นกึ่งเลื้อย การเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวมีทั้งแบบ Determinate growth และ Indeterminate growth ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ บนส่วนต่างๆ ของลำต้นมีขนอ่อนปกคลุมอยู่ทั่วไป

3) ใบ (Leaf) ใบถั่วเขียวเป็นแบบในประกอบ (Compound leave) มีใบย่อย (Leaflet) 3 ใบ (trifoliate leaves) เมื่อถั่วเขียวเริ่มงอกบนข้อแรกของลำต้นเป็นที่เกิดของใบเลี้ยง (Cotyledon) มี 2ใบข้อถัดไปเกิดใบจริงคู่แรก (Unifoliate leaves) มี 2 ใบ อยู่ตรงกันข้ามกัน ใบจริงคู่แรกนี้ปรากฏอยู่ภายในเมล็ดที่แก่อยู่ก่อนแล้ว เมื่อเมล็ดงอกใบนี้จะแผ่ขยายออกข้อถัดๆ ไปจากใบจริงคู่แรกเป็นใบประกอบมีใบย่อย 3 ใบ เกิดสลับบนลำต้น (Altemate leaves) แต่ละใบย่อยมีความกว้าง 1.5-12 เซนติเมตร ยาว 2-20 เซนติเมตร มีขนปกคลุมอยู่ทั่วไป รูปร่างของใบมีหลายแบบขึ้นอยู่กับพันธุ์และเรียกลักษณะของใบเหล่านั้นต่างๆ กัน ใบประกอบของถั่วเขียวประกอบด้วยก้านใบรวม (Petiole) ยาว ที่โคนก้านใบรวมมีหูใบ (Stipule) 2 อัน ใบย่อยปลาย (Petiolule) ยาว และมีหูใบย่อย (Stipule) ที่โคน 2 อัน ส่วนใบย่อยด้านข้าง (Terminal leaflet) มีก้านใบย่อยสั้นมากและมีหูใบที่โคนข้างละ 1 อัน บริเวณโคนก้านใบรวมและก้านใบย่อยแต่ละใบมีข้อที่เรียกว่า Pulvinus ทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ขึ้นลงของใบในเวลากลางวันและกลางคืน

4) ดอก (Flower) ถั่วเขียวมีดอกเป็นช่อ (Inflorescent) การเรียงของดอกเป็นแบบ Raceme แต่ละช่อดอกมีดอกย่อยประมาณ 10-20 ดอก ดอกแตกออกจากตาระหว่างมุมใบ (Axillary bud)และตาที่ปลายยอด (Terminal bud) ดอกจะทยอยบานจากส่วนล่างของลำต้นขึ้นไปข้างบนและดอกที่อยู่โคนช่อดอกจะบานก่อน ส่วนบนดอกถั่วเขียวเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect flower) คือเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน มักจะผสมตัวเองก่อนดอกบาน (Cleistogamy) มีเปอร์เซ็นต์การผสมข้ามต่ำมาก การผสมเกสรของดอกที่เกิดในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 21.00-03.00 น. เป็นระยะที่อับเกสรตัวผู้ (Anther) แตกกระจายละอองเกสร (Pollen) ดอกที่ผสมแล้วจะบานตอนเช้าเวลาประมาณ 06.00-07.00 นาที และบานจนถึงประมาณเที่ยงก็จะหุบและเริ่มเหี่ยว

5) ฝัก (Pod) ถั่วเขียวมีฝักรูปร่าง เรียวยาว ส่วนปลายโค้งงอเล็กน้อย มีขนปกคลุมทั่วไป เปลือกของฝักเรียกว่า Pericarp ฝักแก่มีตั้งแต่สีดำ สีเทา และสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลแก่ ความยาวฝักประมาณ 5-10 เซนติเมตร แต่ละฝักมีเมล็ดประมาณ 10-15 เมล็ด

6) การขยายพันธุ์ของถั่วเขียว ขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

2.3 ปัญหาการเก็บรักษาผลผลิตในโรงเก็บ

แมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัญหาสำคัญที่พบอยู่ทั่วโลก แม้ว่าในแต่ละแห่งจะพบแมลงศัตรูที่สำคัญเฉพาะพืชเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้น เนื่องจากแมลงจำพวกนี้สามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วโลก ซึ่งเป็นลักษณะที่พิเศษกว่าแมลงชนิดอื่นๆ คือ สามารถอาศัยและมีชีวิตได้ในทุกสภาพอากาศและภูมิภาคต่างๆเนื่องจากแมลงเหล่านี้มีการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายไปได้อย่างกว้างขวางโดยติดไปกับผลิตผลที่เป็นสิ่งบริโภคที่มีการซื้อขายแลกเปลี่ยนกันทั่วโลก และยังเป็นไปได้อย่างรวดเร็วตามระบบค้าและการขนส่งที่ทันสมัยในปัจจุบัน จึงพบว่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีการแพร่ระบาดไปทั่วโลก และระบาดได้ตลอดปีข้าวที่เก็บรักษาไว้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ได้แก่ บริโภค เพื่อเป็นเมล็ดพันธุ์ ปรับปรุงพันธุ์ และรวบรวมพันธุ์ รอแปรรูปผลผลิต หรืออาจเก็บไว้รอจำหน่าย ซึ่งรวมทั้งการกักตุนเพื่อหวังกำไรมักจะได้รับความเสียหายระหว่างการเก็บรักษาไว้ (งามชื่น คงเสรี และคณะ, 2547) ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจากปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือปัจจัยทางกายภาพ (Physical factor) ได้แก่อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ปัจจัยที่สำคัญอีกประการ คือปัจจัยทางชีวภาพ (Biological factor) ได้แก่ แมลง ไร เชื้อรา นก และหนู ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่า แมลงเป็นศัตรูที่สำคัญและทำความเสียหายให้แก่ผลิตผลเกษตรมากที่สุด (พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ, 2548)

ความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากแมลง จะอยู่ในระหว่าง 5-10เปอร์เซ็นต์ (กองส่งเสริมการอารักขาพืชและการจัดการดินปุ๋ย, 2558) ซึ่งเป็นการประมาณ ความเสียหายโดยเฉลี่ยของ FAO จากการสำรวจทั่วโลกความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากแมลงในบางประเทศสูงถึง 50

เปอร์เซ็นต์ และจากรายงานของกลุ่มประเทศอาเซียน ในปี พ.ศ. 2513 ความเสียหายของข้าวเปลือกหลังเก็บเกี่ยวมีปริมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นน้ำหนัก 10.5 ล้านตัน หรือเป็นเงินปริมาณ 42,000 ล้านบาท สำหรับประเทศไทยหากข้าวเปลือกได้รับความเสียหาย 5 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี เมื่อได้ผลผลิตประมาณ 19 ล้านตัน จะคิดเป็นน้ำหนักที่เสียหายประมาณ 950,000 ตัน และถ้าราคาข้าวเปลือกเฉลี่ยต้นละ 5,000 บาท คิดเป็นเงินสูญเสียไปในฤดูข้าวนาฤดูเดียวเป็นเงินถึง 4,750 ล้าน บาท ซึ่งเป็นเงินจำนวนมากนอกจากข้าวแล้วผลิตผลเกษตรอื่นๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง และอื่นๆ อีกหลายชนิดก็ได้รับความเสียหายมากเช่นกัน (งามชื่น คงเสรี และคณะ, 2547)

2.3.1 ลักษณะการเข้าทำลายของแมลงต่อผลผลิตเกษตร

2.3.1.1 กัดกินหรือแทะเล็มภายนอก (External feeder)

ทำความเสียหายเฉพาะภายนอกโดยทำให้เกิดขุย ผิวของเมล็ดถูกทำลาย ถักใยเกาะติดกันเป็นก้อน แมลงประเภทนี้ได้แก่ ปีเสื้อข้าวสาร มอดแป้ง มอดสยาม มอดฟันเลื่อย มอดหนวดยาว ไร และเหาหนังสือ

2.3.1.2 กัดกินภายในเมล็ด (Internal feeder)

แมลงจะอาศัยและทำลายอยู่ภายในเมล็ด เพศเมียมักวางไข่อยู่ที่ผิวนอกเมล็ดเมื่อไข่ฟักเป็นหนอนจะเจาะเข้าสู่ภายในกัดกินและเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิต ตัวเต็มวัยจะเจาะเมล็ดออกมาทำให้เป็นรูและภายในเป็นโพรง แมลงประเภทนี้ได้แก่ ด้วงงวงข้าว ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดข้าวเปลือก

2.3.2 ระยะเวลาการเข้าทำลายแมลงศัตรูผลผลิตเกษตร

2.3.2.1 ระยะการก่อนการเก็บเกี่ยว (Pre-harvest)

แมลงบางชนิดสามารถบินออกจากโรงเก็บเมล็ดไปวางไข่ที่เมล็ดในแปลง เช่น ผีเสื้อข้าวเปลือก สามารถวางไข่ก่อนการเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 สัปดาห์

2.3.2.2 ขณะเก็บเกี่ยว (During-harvest)

เมื่อเก็บเกี่ยวแล้ว มักมีการนวด ตากเมล็ดเพื่อลดความชื้นซึ่งมีแมลงบางชนิดที่บินเข้าไปวางไข่ จึงเป็นการเปิดโอกาสให้แมลงเข้าไปทำลายหรือวางไข่ได้มากขึ้น

2.3.2.3 หลังการเก็บเกี่ยว (Post-harvest)

1) การปฏิบัติเกี่ยวกับเมล็ด (Grain and seed processing) หลังการเก็บเกี่ยวมีการนำเมล็ดไปกะเทาะเปลือก ขัดสี คัดแยก ช่วงเวลาปฏิบัติงานนี้มักใช้สถานที่ใกล้กับโรงเก็บ ทำให้แมลงจากโรงเก็บเข้ามาทำลายได้

2) ขณะทำการขนส่ง (Transportation) ในการขนส่งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่ง อาจมีแมลงตกค้างอยู่ในพาหนะขนส่งนั้น ทำให้แมลงเข้าทำลายในช่วงระยะเวลานี้ได้

3) ขณะเก็บรักษา (Storage) ในระหว่างการเก็บรักษา เมล็ดข้าว สภาพแวดล้อม และปัจจัยต่างๆมีผลทำให้เมล็ดข้าวเสื่อคุณภาพ โดยเฉพาะแมลงเมื่อเข้าทำลายแล้วจะแพร่ระบาดทำความเสียหายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.3.3 ลักษณะความเสียหาย (Types of losses)

การที่แมลงเข้าทำลายผลิตผลเกษตรก่อให้เกิดความเสียหายได้หลายประการ ซึ่งอาจเป็นความเสียหายโดยทางตรง เช่น การกัดทำลายเมล็ดข้าวเปลือกให้เป็นรู เป็นผง การที่แมลงบางชนิดทำลายโครงสร้าง และปนเปื้อนชิ้นส่วนมูลของแมลงในผลิตผลเกษตร อาจแบ่งความเสียหายได้ดังนี้

2.3.3.1 สูญเสียน้ำหนัก (Weight loss) แมลงส่วนใหญ่เมื่อเข้าทำลายเมล็ดจะกัดกินและทำความเสียหายให้กับเมล็ด ผีเสื้อข้าวเปลือกเมื่อทำลายเมล็ดข้าวเปลือกจะกัดกินเมล็ดไปประมาณ 3/4 ของเมล็ด โดยจะเหลือปลายข้าวอยู่ในเมล็ด มอดหัวป้อมมีอุปนิสัยกัดกินเมล็ดเพื่อเป็นอาหารแล้วยังกัดกินเล่นอีกด้วย

2.3.3.2 สูญเสียคุณค่าทางอาหาร (Nutrition loss) ส่วนประกอบของเมล็ด คือ Endosperm ซึ่งประกอบด้วยแป้ง ไขมัน โปรตีน และ Germ ซึ่งอุดมไปด้วยวิตามิน Thiamine (B1) และ Riboflavin (B6) เมื่อแมลงเข้าทำลายก็จะทำให้เมล็ดเสียคุณค่าทางอาหารไป โดยแมลงชอบทำลาย Germ มากกว่า เนื่องจากในสภาพความชื้นต่ำส่วนที่เป็น Endosperm จะแข็งในขณะที่ Germ จะนุ่มกว่า เช่น มอดฟันเลื่อยจะชอบกัดกินส่วนที่เป็น Germ ของเมล็ดและจะไม่กินเมล็ดเพียงเมล็ดเดียวแต่จะแทะเล็มไปเรื่อย ๆ

2.3.3.3 สูญเสียความงอก (Germination loss) แมลงที่กัดกินและอาศัยภายในเมล็ด เช่น ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดหัวป้อม และด้วงงวง จะกินเมล็ดภายในจนทำให้เมล็ดที่นำไปเพาะไม่งอก หรือบางเมล็ดที่ถูกทำลายน้อย แม้จะงอกแต่สภาพของเมล็ดที่งอกจะไม่สมบูรณ์และไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ หรืออาจไม่ให้ผลผลิตเลย

2.3.3.4 สูญเสียคุณภาพ (Quality loss) ผลิตผลเกษตรที่ถูกแมลงเข้าทำลายจะมีฝุ่นผงเกิดขึ้นซึ่งเป็นแป้งของเสีย มูล และชิ้นส่วนต่างๆของแมลง แมลงประเภทกัดกินอาหารภายนอกจะลอกคราบและเข้าดักแด้ทำให้มีเศษลอกคราบและปลอกหุ้มดักแด้ปนเปื้อนอยู่ในผลิตผล แมลงประเภทนี้ได้แก่ มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย ผีเสื้อข้าวสาร หนอนหนังสือ เป็นต้น สำหรับมอดแป้งนอกจากจะมีคราบของหนอนและดักแด้แล้ว ยังปล่อยสารที่มีกลิ่นเหม็นทำให้คุณภาพของผลิตผลเสียหายได้ ส่วนแมลงที่กัดกินภายในเมล็ด เช่น ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดหัวป้อม และด้วงงวง มีการเจริญเติบโตภายในเมล็ด ดั้งนั้นคราบหนอน คราบดักแด้ และมูลของแมลงจะติดอยู่ในเมล็ดทำให้เกิดการปนเปื้อนและทำให้คุณภาพของเมล็ดเสียหายไป แมลงบางชนิด เช่น ด้วงงวง เมื่อเข้าทำลายจะทำ

ให้ความชื้นในกองเมล็ดพืชเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดเชื้อราได้ ด้วงงวงข้าวโพดยังเป็นพาหนะนำเชื้อราที่สำคัญบางชนิด

2.3.3.5 สูญเสียเงิน (Money loss) เมื่อแมลงเข้าทำลายผลิตผลเกษตร การกินอาหารของแมลงจะทำให้น้ำหนักของผลิตผลลดลง น้ำหนักที่ลดลงขึ้นกับจำนวน และชนิดของแมลงที่แพร่ระบาดอยู่ หากมีแมลงมากน้ำหนักจะลดลงมาก ทำให้สูญเสียรายได้ และคุณภาพที่เสียไปยังทำให้ราคาของผลิตผลเกษตรลดต่ำลงด้วย

2.3.3.6 สูญเสียชื่อเสียง (Loss of goodwill) ผลิตผลเกษตรที่มีแมลงเข้าทำลายมากจะดูสกปรก แมลงบางชนิด เช่น มอดหัวป้อม ด้วงงวงข้าวโพด เมื่อทำลายข้าวจะเกิดฝุ่นผงขึ้นที่ก้นกอง และเมื่อมีการขนย้ายจะทำให้ฝุ่นผงเกิดฟุ้งกระจาย ผีเสื้อข้าวเปลือกเมื่อวางไข่แล้วจะตายภายในกองเมล็ดข้าวเปลือกทำให้เกิดฝุ่นผงสีเทาเป็นจำนวนมากในกองเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งผลผลิตที่ถูกทำลายในด้านคุณภาพเหล่านี้ ทำให้ผู้ซื้อและผู้บริโภคหมดความไว้วางใจในสินค้า เมื่อขายสินค้าคุณภาพไม่ดีตามสัญญาการซื้อขาย ความเชื่อถือในด้านการค้าลดลง ทำให้เสียชื่อเสียงอาจจำหน่ายไม่ได้หรือลดน้อยลงและอาจส่งผลถึงสินค้าชนิดอื่น ๆ ด้วย (พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ, 2548)

2.4 ด้วงถั่วเขียว

ด้วงถั่วเขียว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Callosobruchus maculatus* ชื่อสามัญ Cowpea weevil เป็นศัตรูที่สำคัญที่สุดของเมล็ดพืชตระกูลถั่วหลายชนิด แพร่ระบาดทั่วโลกทั้งในเขตร้อนและอบอุ่นตัวเต็มวัยบินได้ดี บางครั้งพบเข้าทำลายตั้งแต่ในไร่ ตัวเต็มวัยจะมองเห็นท้องปล้องสุดท้ายชัดเจนเนื่องจากปีกสั้นหุ้มส่วนท้องไม่มิด ลำตัวเรียวแคบไปทางส่วนหน้า ทำให้หัวเล็กและงุ้มเข้าหาอก ตาประกอบใหญ่ หนวดสัมผัสเป็นแบบกึ่งฟันเลื่อย ขนาดตัวเต็มวัยยาวประมาณ 3-4.5 มิลลิเมตร ไข่สีเหลือง ตัวเต็มวัยสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเทา ไข่มียางเหนียวเชื่อมติดกับวัตถุที่วาง ตัวเต็มวัยบนปีกทั้ง 2 ข้างจะมีแถบหรือจุดสีน้ำตาลแก่ ปลายปีกสีดำ ตัวหนอนจะเจาะผิวเมล็ดลงไปอาศัยกัดกินในเมล็ด และจะเข้าดักแด้อยู่ภายในโพรงที่อาศัยจนเป็นตัวเต็มวัย แล้วจะเจาะผิวเมล็ดออกมา การให้ลูกตัวเมียวางไข่บนผิวเมล็ด 2-3 ฟองต่อเมล็ด ตลอดชีวิตวางไข่ได้ 40-100 ฟอง ความยืนยาวของชีวิตระยะไข่ 5-7 วัน ระยะหนอนประมาณ 10-13 วัน มีการลอกคราบ 3 ครั้ง ระยะดักแด้ประมาณ 3-5 วัน ระยะตัวเต็มวัยประมาณ 6-8 วัน (ศูนย์รวมฐานข้อมูลสิ่งมีชีวิตในประเทศไทย, 2553)

2.4.1 การเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว

ด้วงถั่วเขียวจะเข้าทำลายฝักถั่วในระยะที่ถั่วเริ่มโตเต็มที่ โดยจะวางไข่มีสีขาวติดอยู่ที่ผิวเมล็ด เมื่อฟักเป็นตัวหนอนแล้วจะเข้าไปกัดกินภายในเมล็ดจนเป็นโพรง จากนั้นเมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะออกมาจากเมล็ดและเจาะเมล็ดถั่วหลังเก็บเกี่ยว (Post-harvest) ในโรงเก็บ (Howe and Currie , 1964; พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ, 2548)

ภาพประกอบ 2 ลักษณะการทำลายเมล็ดถั่วเขียวของด้วงถั่วเขียว
ที่มา: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2557)

2.4.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียว คือ ที่อุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 90% (Howe and Currie, 1964)

2.4.3 พืชอาหาร

เมล็ดถั่วทุกชนิด เช่น ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วพุ่ม ถั่วฝักยาว ถั่วแดง ถั่วนิ้วนางแดง ยกเว้นถั่วเหลือง (พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ, 2548)

2.4.4 ศัตรูธรรมชาติ

แตนเบียน ได้แก่ *Dinamus basalis*, *Lariophagus distiguendus*, *Uscana* sp., *Theocolax elegans* และ *Anisoptermalus calandrae* (พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ, 2548)

2.5 วิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร เป็นสิ่งที่สำคัญส่วนหนึ่งของระบบการเก็บรักษา วิธีการป้องกันกำจัดนั้นได้มีการวิจัยพัฒนาให้เหมาะสมกับชนิดของผลิตผลเกษตร รูปแบบการเก็บรักษา ลักษณะของภาชนะบรรจุ และลักษณะของโรงเก็บ หลักการโดยทั่วไปในการป้องกันและกำจัดมี 2 วิธี คือ การป้องกันกำจัดโดยไม่ใช้สารเคมี และการป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี

2.5.1 การป้องกันและกำจัดโดยใช้สารเคมี (กองส่งเสริมการอารักขาพืชและการจัดการดินปุ๋ย, 2558) เป็นวิธีที่นิยมปฏิบัติ เพราะเป็นการป้องกันและกำจัดที่ได้ผลรวดเร็ว หากนำสารเคมีหรือสารฆ่าแมลงมาใช้ ควรทราบถึง ชนิดของสารฆ่าแมลง วิธีการนำมาใช้ ปฏิกิริยาของสารฆ่าแมลง ค่าความเป็นพิษของสาร เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อจะได้ใช้สารฆ่าแมลงได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ถ้าใช้เป็น

เมล็ดพันธุ์ก็อาจใช้สารเคมีที่ออกฤทธิ์นาน และอัตราสูงได้ แต่ถ้าใช้เมล็ดเพื่อการบริโภค ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยใช้สารที่สลายตัวได้ในเวลา ที่กำหนด และควรใช้ตามคาแนะนำ

สารฆ่าแมลง (Insecticides) คือสารพิษที่สามารถฆ่าแมลงได้ แมลงได้รับสารพิษโดยการสัมผัส การกินอาหาร หรือโดยการหายใจเอาสารพิษเข้าไปในตัวแมลง พิษมีผลต่อระบบประสาทมีผลเป็นอัมพาตหรือตายได้ สารฆ่าแมลงแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.5.1.1 สารฆ่าแมลงชนิดถูกตัวตาย (Contact insecticides) สารฆ่าแมลงถูกตัวตายเป็นสารฆ่าแมลงที่ทำให้แมลงตายเมื่อสัมผัสกับสารฆ่าแมลง แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

- กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine)
- กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส (Organophosphorous)
- กลุ่มไพรีทรอยด์ และไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (Pyerthoid)
- กลุ่มคาร์บาเมท (Carbamate)
- กลุ่มอื่นๆ (Miacellaneous Compound)

2.5.1.2 สารฆ่าแมลงชนิดรม (Fumigant) คือ สารเคมีที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตทุกในรูปของไอ หรือควัน เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถทำลายแมลงศัตรูได้ทุกชนิด และทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่มีพิษตกค้างเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใช้สารฆ่าแมลง สารรมที่นำมาใช้มีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมมากคือ เมทิลโบรไมด์ (Methyl bromide) และฟอสฟีน (Phosphine) สารเมทิลโบรไมด์ เป็นตัวทำลายชั้นโอโซนในชั้นบรรยากาศทาให้โลกร้อนขึ้น และแสงอุนตราไวโอเลตมากกว่าปกติ (กองส่งเสริมการอารักขาพืชและการจัดการดินปุ๋ย, 2558)

2.5.2 การป้องกันและกาจัดแมลงในโรงเก็บโดยไม่ใช้สารเคมี

หมายถึง การนำเอาวิธีการต่างๆ โดยที่ไม่ใช้สารเคมี มาใช้ในการป้องกันและกาจัดแมลง หรือเพื่อลดการทำลายของแมลง มีข้อควรปฏิบัติ ดังนี้

2.5.2.1 วิธีกล (Mechanical control) เป็นการรักษาความสะอาดและการจัดการโรงเก็บ ควรเตรียมความพร้อมของสภาพโรงเก็บ ทำความสะอาดพื้นและส่วนต่างๆ ของโรงเก็บ ทั้งภายในและภายนอก ก่อนที่จะนำข้าวเข้าเก็บรักษา และต้องดูแลทาความสะอาดอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทาให้การแพร่ระบาดทำลายของแมลงน้อยลง

1) การใช้วิธีทางอ้อมกับแมลง เป็นการใช้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับแมลง เช่น การเก็บข้าวเปลือกแทนการเก็บข้าวสาร การแยกเมล็ดแตกหักออกจากเมล็ดดี สามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงได้

2) การใช้วิธีทางตรงกับแมลง การแยกแมลงออกจากผลิตผล เป็นวิธีที่ใช้ได้ดีกับแมลงระยะตัวเต็มวัย เช่น การร่อนแยกแมลง การพลิกกลับกองข้าวบ่อยๆ การใช้เครื่องดูดเมล็ดโดยวิธีสุญญากาศ

2.5.2.2 วิธีทางกายภาพ (Physical control)

1) การลดความชื้นในเมล็ด ก่อนนำเข้าเก็บรักษาเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากช่วยป้องกันการเข้าทำลาย ของแมลงแล้ว ยังทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น การลดความชื้นเมล็ดลงเหลือ 10% จะพบแมลงทำลายน้อย หากลดความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 8% มักไม่พบแมลงทำลาย

2) การควบคุมโดยใช้อุณหภูมิ

2.1) ความร้อน การใช้อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ติดต่อกันจะทำให้แมลงบางชนิดหยุดการเจริญเติบโตและตายได้ และหากใช้อุณหภูมิระหว่าง 55-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือ อุณหภูมิระหว่าง 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้แมลงทุกชนิดตายหมด

2.2) ความเย็น การเก็บเมล็ดข้าวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส จะทำให้แมลงหยุดการเจริญเติบโตและ ขยายพันธุ์ได้ และแมลงจะตายหมดที่อุณหภูมิ -2 ถึง -5 องศาเซลเซียส

2.3) การใช้พลังงาน มีการใช้พลังงานต่างๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า และพลังงานจากรังสี เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถกาจัดแมลง โดยแมลงจะดูดพลังงานได้เร็วกว่าเมล็ดพืช แมลงจึงตายได้อย่างรวดเร็ว โดยเมล็ดยังไม่ถูกทำลาย

2.4) การใช้ภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ปัจจุบันได้มีถุงพลาสติกถักที่หนาและสามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงได้

2.5) การเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ หรือภาชนะที่ปิดผนึกแน่น แมลงต้องการออกซิเจนเพื่อการหายใจเมื่ออยู่ในที่ไม่มี อากาศ ผ่านก็ทาให้แมลงตายได้ ในกรณีที่ต้องการให้แมลงตายเร็วขึ้นอาจเพิ่มก๊าซที่เป็นพิษ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซไนโตรเจน เป็นต้น

2.6) การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มาใช้รมเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาพิษตกค้าง และการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารรม

2.5.2.3 วิธีทางชีวภาพ (Biological control) หมายถึงการใช้ตัวห้า ตัวเบียน หรือเชื้อจุลินทรีย์ ในการลดปริมาณแมลงศัตรูในโรงเก็บ

1) แมลงศัตรูธรรมชาติ โดยนำแมลงศัตรูธรรมชาติมาเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ และปล่อยสู่แมลงเป้าหมาย อุปสรรคของวิธีนี้คือ การค้นหาแมลงศัตรูธรรมชาติ วิธีการเลี้ยง และการขยายพันธุ์ที่ง่ายและประหยัด เช่น แตนเบียน ตัวห้ำ

2) โรคของแมลง (Insect pathogen) การนำจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคชนิดต่างๆ มาใช้ในการควบคุม เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา โปรโตซัว ไวรัส

2.6 น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) คือ น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ ผล ลำต้น ตลอดจนเมล็ดซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติที่เด่นชัด คือ มีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ และเป็นของเหลวใสที่ไม่มีสี หรือมีสีอ่อนๆ มีกลิ่นเฉพาะ เมื่อได้รับความร้อนน้ำมันเหล่านี้จะระเหยได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งกลิ่นเหล่านี้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ปรกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชแต่ละชนิด (เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และคณะ, 2545) Aromatherapy คือ การนำสารหอมธรรมชาติที่สกัดได้จากพืช หรือสัตว์มาใช้ในการบำบัด หรือการดูแลรักษาสุขภาพคำว่า Aromatherapy ชาวต่างชาติเป็นผู้บัญญัติขึ้นมา เมื่อย้อนไปสมัยโบราณจะเห็นว่าคนไทยรู้จักมานานก่อนที่ศาสตร์นี้จะโด่งดังไป ทั่วโลก เช่น คนไทยนำลูกประคบมาประคบซึ่งเป็นวิธีหนึ่ง ที่เป็นการนำสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหยมาใช้ร่วมกับ การนวด และการใช้ความร้อน ก่อให้เกิดการดูแลสุขภาพให้ดีขึ้น เป็นการผสมผสานนำหลายๆ วิธีมารวมกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนั้นยังมีการนวดเท้าโดยนำน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการนวด โดยใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยในการแก้ปวด คลายกล้ามเนื้อน้ำมันหอมระเหยยังสามารถใช้ในวงการเกษตรได้ ทางการเกษตรใช้เคมีมากมาย เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าโรคพืช สารเคมีเหล่านี้จึงมีผลกระทบหรือผลเสียต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ถ้าใช้น้ำมันหอมระเหยก็จะสามารถลดปัญหาเหล่านี้ลงได้บ้าง เช่น นำมาเป็นยาไล่แมลง หรือกำจัดศัตรูพืช แทนสารเคมี ใช้ข่า กระเทียม กระชายผสมในอาหารไก่ เพื่อลดโรคที่เกิดจากสัตว์แทนการใช้สารเคมี หรือนำไปทำความสะอาดโรงเรือนของสัตว์ โดยใช้น้ำมันหอมระเหยฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น ส่วนการประมงก็สามารถเป็นยาในการฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ ในกุ้งได้ดี ใช้น้ำมันหอมระเหยในการถนอมปลาไม่ให้เน่าแทนการแช่ในฟอร์มาลิน (Formalin) เป็นต้น (จงกชพร พินิจอักษร, 2548)

พืชแต่ละชนิดมีการสะสมน้ำมันหอมระเหยไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช การนำพืชมาสกัดน้ำมันหอมระเหยจึงต้องรู้ว่าควรใช้ส่วนใดของพืชมาสกัด เช่น ตะไคร้หอมจะสะสมน้ำมันหอมระเหยไว้ที่ใบ และขมิ้นชันสะสมไว้ที่เหง้า การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่ใช้ในการเกษตรมีวิธีหลักๆ คือ การใช้ตัวทำละลายและการกลั่น ซึ่งวิธีที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยคือ การกลั่นด้วยไอน้ำและการกลั่น ด้วยน้ำซึ่งใช้เวลาในการสกัดประมาณ 2-5 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดดังนี้ (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

2.6.1 การสกัดน้ำมันหรือน้ำมันหอมระเหยนั้นมีอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะเหมาะสำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิด วิธีการสกัดต่างๆ มีดังนี้

2.6.1.1 การบีบเย็น (Cold pressed)

การบีบเย็นเป็นกระบวนการสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพดี เพราะไม่ถูกความร้อน เช่น ในกรณีของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้ม จะทำได้โดยผ่านเอาผิวส้มมาบีบ จากนั้น

จึงกรอหรืออาจจะเข้าเครื่องเหวี่ยง เพื่อแยกเอาน้ำมันซึ่งอยู่ส่วนบนออกมา ต้องระวังในการเลือกวัตถุดิบเนื่องจากปัจจุบันมีการฉีดยาฆ่าแมลงที่ผลส้ม อาจจะติดอยู่ได้ดังนั้นต้องหลีกเลี่ยงวัตถุดิบแบบนี้ ควรหันมาใช้ส้มที่ไม่มีการใช้ยาฆ่าแมลง (Lawless J, 1992)

2.6.1.2 แอ็บโซลุท (Absolutes)

การสกัดแบบนี้จะสกัดด้วยนำละลายอินทรีย์ เหมาะกับดอกไม้ที่บอบบางและไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง ยกตัวอย่างเช่น มะลิ และกุหลาบ โดยการนำดอกไม้ใส่ลงในตัวสารละลายอินทรีย์ เช่น เฮ็กเซน และทิ้งไว้ระยะหนึ่งจากนั้นจึงนำมากรองแยกเอาชั้นเฮ็กเซนออกมาและระเหยทิ้ง ไป จากนั้น นำส่วนที่เหลือมาละลายด้วยแอลกอฮอล์ เพื่อแยกส่วนของไข (Wax) ออกไป นำส่วนแอลกอฮอล์ที่ได้ระเหยแอลกอฮอล์ออกไปก็จะได้น้ำมันหอมระเหย ซึ่งอาจจะมีแอลกอฮอล์ปนอยู่เล็กน้อย (Battaglia, 1995)

2.6.1.3 การกลั่น

1) การกลั่นด้วยน้ำร้อน (Water Distillation and hydro-distillation) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นโดยวิธีนี้พืชที่ใช้กลั่นต้องจุ่มอยู่ในน้ำเดือดทั้งหมด อาจพบพืชบางชนิดเบา อาจจะลอยได้แล้วแต่ความถ่วงจำเพาะของพืชนั้น การให้ความร้อนกับน้ำ อาจให้ไปโดยรอบหรือให้ท่อไอน้ำผ่านการกลั่น น้ำมันหอมระเหยนี้ใช้กับของที่ติดกันง่ายๆ เช่น ใบไม้บางๆ กลีบดอกไม้อ่อนๆ ข้อควรระวังในการกลั่นโดยวิธีนี้คือ โดยมากพืชจะได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ ตรงกลางมักจะได้มากกว่าด้านข้าง จะทำให้เกิดการไหม้ของพืช ซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นไหม้ปนมากับน้ำมันหอมระเหยและมีสารไม่พึงประสงค์ติดมาในน้ำมันหอมได้ ก็คือใช้ไอน้ำร้อนหรืออาจใช้ Closed steam coil จุ่มในหม้อต้ม แต่การใช้ coil นี้ไม่เหมาะกับดอกไม้บางชนิดเช่น กุหลาบ หากกลั่นโดยใช้ Steam coil ไม่ได้ เพราะเมื่อกลีบกุหลาบถูก Steam coil จะหดกลายเป็น Glutinous mass จึงต้องใช้วิธีใส่ลงไปในน้ำ กลีบกุหลาบสามารถจะหมุนเวียนไปอย่างอิสระในการกลั่น เปลือกไม้ก็เช่นกัน ถ้าใช้วิธีกลั่นด้วยน้ำ น้ำจะซึมเข้าไปและนำกลิ่นออกมา หรือกลิ่นจะแพร่กระจายออกจากเปลือกไม้ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้ วิธีการกลั่นจึงขึ้นกับชนิดของพืชที่นำมากลั่นด้วย

2) การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and steam distillation) การกลั่นโดยวิธีนี้ใช้ตะแกรงรองของที่จะกลั่นให้เหนือระดับน้ำในหม้อกลั่น ต้มให้เดือด ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปผ่านพืชหรือตัวอย่างที่จะกลั่น ส่วนน้ำจะไม่ถูกกับตัวอย่างเลย ไอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อิ่มตัว หรือเรียกว่า ไอเปียก ไม่ร้อนจัด เป็นการกลั่นที่สะดวกที่สุด คุณภาพของน้ำมันออกมาดีกว่าวิธีแรก การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า

3) การกลั่นด้วยไอน้ำ (Direct steam distillation) วิธีนี้วางของอยู่บนตะแกรงในหม้อกลั่น ซึ่งไม่มีน้ำอยู่เลย ไอน้ำภายนอกที่อาจจะเป็นไอน้ำเปียก หรือไอร้อนจัดแต่ความดันสูงกว่า

บรรยากาศ ส่งไปตามท่อใต้ตะแกรง ให้ไอผ่านขึ้นไปถูกกับของบนตะแกรง ไอน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะช่วยให้น้ำมันแพร่ระเหยออกมาจากตัวอย่าง ตัวอย่างบางชนิดอาจใช้ไอร้อนได้ แต่บางชนิดก็ใช้ไอเปียก น้ำมันจึงจะถูกปล่อยออกมา

4) การสกัดด้วยน้ำมันสัตว์ (Extraction by animal fat) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่ระเหยได้ง่ายเมื่อใช้วิธีกลั่นด้วยไอน้ำ วิธีนี้จะใช้เวลานานเพราะต้องแช่พืชไว้ในน้ำมันหลายวัน ซึ่งน้ำมันจะช่วยดูดเอากลิ่นหอมของน้ำมันหอมระเหยออกมา วิธีนี้ใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกมะลิ ดอกกุหลาบ เป็นต้น

5) การสกัดด้วยสารเคมี (Solvent extraction) วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีความเข้มข้นสูง แต่คุณภาพไม่ดีเท่าการกลั่นเพราะหลังจากการสกัดจะได้สารอื่นปนออกมาด้วย การสกัดแบบนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่เรียกว่า Absolute oil วิธีนี้ใช้กับพืชใช้กับพืชทนความร้อนสูงไม่ได้ เช่น มะลิ และที่สำคัญคือ หลังจากการสกัดต้องทำการระเหยสารเคมีที่ใช้เป็นตัวสกัดออกให้หมด สารเคมีที่นิยมใช้เป็นตัวสกัดคือ แอลกอฮอล์

6) การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว โดยปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกทำให้เป็นของเหลวที่ความดันสูงเป็นวิธีที่ปัจจุบันนิยมใช้มากเพราะจะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นดี มีความบริสุทธิ์สูง แต่วิธีนี้จะมีต้นทุนการผลิตที่สูง (เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และคณะ, 2545)

2.6.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย อาจแบ่งเป็นกลุ่มต่างๆ (จารีย์ บันสิทธิ์ และคณะ, 2548) ได้ดังนี้

1) น้ำมันหอมระเหยชนิดไฮโดรคาร์บอน จะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มี hydrocarbon เป็นองค์ประกอบหลัก อาจเป็น monocyclic terpene เช่น limonene, p-cymene หรือ dicyclic monoterpene เช่น pinene ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันยูคาลิปตัส น้ำมันกระวาน น้ำมันส้ม น้ำมันอบเชย

2) น้ำมันหอมระเหยชนิดแอลกอฮอล์ จะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบหลัก อาจเป็น acyclic alcohol เช่น geraniol, citronellol หรือ monocylic alcohol เช่น menthol, terpineol ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันสน น้ำมันดอกกุหลาบ น้ำมันดอกส้ม น้ำมันมิ้นต์

3) น้ำมันหอมระเหยชนิดอัลดีไฮด์ จะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีอัลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น geranial, neral, citronellal, t-cinnamaldehyde ตัวอย่าง น้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันจากส้ม มะนาว ตะไคร้หอม เปลือกอบเชยจีน

4) น้ำมันหอมระเหยประเภทคีโตน จะเป็นน้ำมันหอมระเหยประเภทที่มีคีโตนเป็นองค์ประกอบหลัก อาจเป็น monocyclic terpene ketone เช่น menthone, carvone,

piperitone, pulegone หรือเป็น dicyclic ketone เช่น camphor, fenchone, thujone ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันมิ้นต์ น้ำมันการบูร

5) น้ำมันหอมระเหยชนิดฟีนอล จะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีฟีนอลเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น eugenol, thymol, carvacrol ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันก้านพลู น้ำมันไทม์

6) น้ำมันหอมระเหยประเภทฟีโนลิกเอสเทอร์ จะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีฟีโนลิกเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น anethole, safrole ตัวอย่างของน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันจันทน์เทศ

7) น้ำมันหอมระเหยชนิดออกไซด์ จะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น cineol (eucalyptol) ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันยูคาลิปตัส

8) น้ำมันหอมระเหยชนิดเอสเทอร์ จะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น allyl isothiocyanate, methyl salicylate ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันมัสตาด น้ำมัน Wintergreen

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารประกอบที่มีส่วนผสมซับซ้อน ในน้ำมันหอมระเหยชนิดหนึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีจำนวนมากตั้งแต่ 50-500 ชนิดองค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบจำพวกเทอร์พีนส์ (terpenes) ที่มีสูตรโครงสร้างทั่วไปคือ $(C_5H_8)_n$ สารเทอร์พีนส์ที่พบมากในน้ำมันหอมระเหย เป็นพวกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ได้แก่

1) โมโนเทอร์พันส์ (monoterpenes) มีอะตอมของคาร์บอนเป็นโครงสร้างหลัก 10 อะตอม เช่น สาร limonene พบมากในน้ำมันมะนาวและน้ำมันผิวส้ม

2) เสสควิเทอร์พีนส์ (sesquiterpenes) มีอะตอมของคาร์บอนเป็นโครงสร้างหลัก 15 อะตอม เช่น สาร β-caryophyllene พบมากในน้ำมันใบฝรั่ง สาร Zingiberene พบมากในน้ำมันที่สกัดจากพืชตระกูลขิง เป็นต้น

3) เทอร์พีนส์ (terpenes) ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ในรูปของแอลกอฮอร์ อัลดีไฮด์ เอสเทอร์ และคีโตน เช่น สาร citral A (geranial) และสาร citral B (neral) พบมากในน้ำมันตระไคร้ สาร Menthol พบมากในน้ำมันมินต์และเป็ปเปอร์มินต์ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังพบสารประกอบจำพวกฟีนิลโพลพีน (phenylpropenes) ที่มีโครงสร้างหลักเป็นวงศ์อะโรมาติก (aromatic ring) ต่อกับอะตอมของคาร์บอน 3 อะตอม เช่น สาร eugenol ที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันกานพลู สาร anethole พบมากในน้ำมันโป๊กกั๊ก เป็นต้น (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2548)

2.7 วัชพืชที่ใช้ในการวิจัย

2.7.1 หูเสือ

ชื่อสามัญ: Indian borage, Country borage, Oreille, Oregano

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.

ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์: *Coleus amboinicus* Lour., *Coleus aromaticus* Benth.

วงศ์: กะเพรา (Lamiaceae หรือ Labiatae)

ภาพประกอบ 3 หูเสือ

หูเสือ เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี นิยมปลูกตามบ้านมาแต่โบราณเพื่อเก็บเอาใบสดกินเป็นผักจิ้มน้ำพริกชนิดต่าง ๆ และลาบ ก้อย ชาวบ้านทางภาคอีสานและภาคเหนือนิยมรับประทานกันมาก ขยายพันธุ์ง่าย ๆ ปักชำต้นก็ขึ้นแล้ว มีชื่อเรียกอีกคือผักหูเสือ หูเสือไทย อีไหล หลึง หูเสือจีน โฮหิเช้า (จีน) หอมด่วนหลวง หอมด่วนหูเสือ (ภาคเหนือ) และ หูเสือ (ภาคอีสาน) ประโยชน์ทางสมุนไพร ใบคั้นเอาน้ำหยอดแก้ปวดหู แก้พิษฝีในหู แก้หูเป็นนำหนวกดีมาก สวนหม่อนไม้

2.7.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 0.3-1 เมตร ลำต้นอวบน้ำ มีขนหนาแน่น ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้ามสลับตั้งฉาก รูปไข่ค่อนข้างกลม กว้าง 4-6 เซนติเมตร ยาว 5-7 เซนติเมตร โคนใบมนตัดมีครีบยาว ปลายใบมน ขอบใบจักมน แผ่นใบสีเขียว มีขนหนาแน่นทั้งสองด้าน เนื้อใบหนา มีกลิ่นเฉพาะ ก้านใบยาว 2-4.5 เซนติเมตร ดอก ออกเป็นช่อที่ปลายยอด ช่อดอกยาว 10-20 เซนติเมตร มีใบประดับรูปไข่ ดอกสีฟ้า กลีบเลี้ยงโคนเชื่อติดกันเป็นรูประฆัง ด้านนอกมีขน ปลายแยกเป็น 5 แฉก กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอดปลายแยกเป็น 2 ปาก ปากบนตั้งตรง กลีบล่างยาวเว้า ออกดอกยาก ผล รูปทรงกลมแป้น กว้าง 0.5 มิลลิเมตร ยาว 0.7 มิลลิเมตร ผิวเรียบ สีน้ำตาลอ่อน

ภาพประกอบ 4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหูเสือ
ที่มา :http://www.plantillustrations.org

2.7.1.2 สรรพคุณหูเสือ

ตำรายาไทย ใบ และต้น มีกลิ่นหอมฉุน รสเผ็ดร้อน นำมาคั้นเอาน้ำหยอดแก้ฝีในหู แก้ปวดหู พิษฝีในหู หูน้ำหนวก ปิดห้ามเลือด ขยี้ทาท้องเด็กแก้ท้องอืด ช่วยเจริญอาหาร แก้ไข้หวัดในเด็ก และแก้โรคหืด ใบ บำรุงร่างกาย แก้ไอเรื้อรัง หืดหอบ แก้ลมชักบางประเภท ต้มน้ำกินแก้ทางเดินปัสสาวะอักเสบ กินหลังคลอดขับน้ำคาวปลา ยางจากใบ ผสมกับน้ำตาลกินขับลม แก้ปวดท้อง อาหารไม่ย่อย ใช้ภายนอกเป็นยาพอกศีรษะแก้ปวด ลดไข้ แก้แมงป่องต่อย ตะขาบกัด แก้หิด รักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก รักษาอาการบวม ตำพอกแก้ปวดข้อ ขยี้ทาห้ามเลือด คั้นน้ำทาแผลเรื้อรัง หรือนำไปทำยานัตถุ์เพราะมีกลิ่นหอม ใส่ยุ้งข้าวเพื่อไล่แมลง และอมดับกลิ่นคาวอาหาร ยอดอ่อนและใบอ่อน รับประทานเป็นผักจิ้มน้ำพริก ลาบ หรือใส่แกง (ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553) นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยการศึกษาฤทธิ์คุณสมบัติทางพฤกษศาสตร์ พบว่ามีกลิ่นหอมและความสามารถในการผลิตน้ำมันหอมระเหย ใช้เป็นยาพื้นบ้านในการรักษาสภาพเช่น หวัดหอบหืด อาการปวดหัว ไอ แก้ไข้ และโรคผิวหนัง และมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาหลายอย่างเช่นยาต้านจุลชีพ ต้านการอักเสบ ต้านมะเร็ง การรักษาบาดแผล การป้องกันโรคลมชัก ฤทธิ์แก้หืด สารต้านอนุมูลอิสระ และยาแก้ปวด นอกจากนี้ยังพบว่ามีประสิทธิภาพในทางเดินหายใจโรคหัวใจและหลอดเลือดช่องปากช่องปากทางเดินอาหารและทางเดินปัสสาวะ Arumugam *et al*., (2016) และยังมีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลงอีกด้วย

2.7.1.3 สาระสำคัญที่พบ

carvacrol thymol α-humulene undecanal ρ-cymene caryophyllene oxide α-terpineol β-selinene Myrcene γ-Terpinene

2.7.2 กระดุมทองเลื้อย

ชื่อสามัญ: Climbing wedelia, Creeping daisy, Singapore daisy

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.

ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์: *Silphium trilobatum* L., *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.

วงศ์: ทานตะวัน (Asteraceae หรือ Compositae)

ภาพประกอบ 5 กระดุมทองเลื้อย

2.7.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไม้ล้มลุกทอดนอน มีขนสั้นแข็งกระจาย ใบเรียงตรงข้าม รูปรีหรือรูปไข่กลับ ยาว 3-10.5 เซนติเมตร ส่วนมากจัก 3 พู ขอบจัก เส้นแขนงใบเส้นล่างยาวและนูนชัด ก้านใบสั้น ช่อดอกแบบช่อกระจุกแน่นออกเดี่ยว ๆ ตามซอกใบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-2.5 เซนติเมตร ก้านช่อยาวได้ถึง 14 เซนติเมตร วงใบประดับสีเขียว 12-15 ใบ เรียง 2 ชั้น ดอกวงนอกเพศเมีย รูปลิ้น ยาว 1-1.5 เซนติเมตร ปลายจัก 3 พูตื้น ๆ วงในสมบูรณ์เพศ กลีบเชื่อมติด ยาว 4.5-5.5 มิลลิเมตร ปลายจัก 5 พู เกสรเพศผู้ 5 อัน รังไข่ใต้วงกลีบ ยอดเกสรเพศเมียแยก 2 แฉก ผลแห้งเมล็ดล่อน สีดำ ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร ผิวมีตุ่ม แพปพัสคล้ายเกล็ด มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลางและเม็กซิโก เป็นไม้ประดับคลุมดิน (สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2559)

กระดุมทองเลื้อย หรือ เบญจมาศเครือ มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกา พบมากในแถบประเทศอบอุ่น และเขตร้อนชื้น รวมถึงประเทศไทยด้วย เป็นพืชที่เติบโตเร็ว และเติบโตได้ดีบริเวณดินชื้นแฉะ

สามารถแตกกิ่งก้าน และเหง้าใหม่ขยายคลุมหน้าดินได้เป็นบริเวณกว้างภายในไม่กี่เดือนจนมีศักยภาพเป็นพืชรุกรานชนิดหนึ่ง

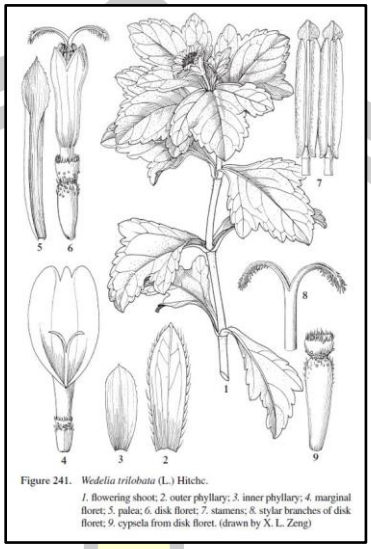


Figure 241. *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.
1, flowering shoot; *2*, outer phyllary; *3*, inner phyllary; *4*, marginal floret; *5*, palea; *6*, disk floret; *7*, stamens; *8*, stylar branches of disk floret; *9*, cypsela from disk floret. (drawn by X. L. Zeng)

ภาพประกอบ 6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระดุมทองเลื้อย

ที่มา : https://www.pinterest.com/pin/542191242619109267/

2.7.2.2 สรรพคุณกระดุมทองเลื้อย

1) สารคลอโรฟิลล์ในลำต้น และใบมีฤทธิ์ป้องกันตับจากสารพิษ ช่วยรักษาโรคตับอักเสบ กระตุ้นการทำงานของตับ

2) สารคลอโรฟิลล์มีผลทำให้ตับทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผลิตน้ำย่อยอาหารได้ปกติ ป้องกันอาหารไม่ย่อย และต้านโรคติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร

3) ใบ และลำต้นสดนำมาบดให้ละเอียดใช้เป็นยาพอกแผล แก้ฟกช้ำ

4) ดอก รวมถึงลำต้น และใบ นำมาต้มน้ำรับประทาน ช่วยลดไข้ ช่วยย่อยอาหาร ใช้เป็นยาชา ช่วยบรรเทาอาการปวดเหงือก และฟัน

5) ดอกมีสารแคโรทีน (Carotene) และแซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) ช่วยบำรุงสายตา ป้องกันสายตาเสื่อม

6) ดอก ช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทาน ลดอาการภูมิแพ้

7) ดอก ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ช่วยบำรุงผิวพรรณ ป้องกันผิวจากรังสีดวงอาทิตย์ ป้องกันการเกิดฝ้า กระ และริ้วรอย

8) ดอก ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง ป้องกันโรคเบาหวาน ลดไขมันในเส้นเลือด ป้องกันโรคหัวใจ และหลอดเลือดตีบตัน (Puechkaset, 2018)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Khater and Samah (2015) ได้ศึกษาฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลงจากน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยในการป้องกันกำจัดมอดแป้ง

2.7.2.3 สาระสำคัญที่พบ

α-pinene, Limonene, phellandrene, ocimene z,1 e, unknwon, epoxycarbophyllene, transcaryophyllene, α caryophyllene, germacrene D (Khater and Samah, 2015)

2.8 การใช้ประโยชน์สารสกัดน้ำมันหอมระเหยกำจัดแมลง

สารธรรมชาติที่พัฒนาขึ้นมาทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ในการเป็นสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ (pesticides) มีความปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม สามารถสกัดได้จากส่วนต่างๆ ของพืช ตัวอย่างเช่น สารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจาก *Mentha piperita, Acorus calamus*, *Anethum sowa*, *Piper nigrum*, *Pongamia glabra* และ *Azadirachta indica* มีคุณสมบัติในการควบคุมศัตรูพืชในยุ้งฉางซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากพืชมีหน้าที่และคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ที่หลากหลาย ได้แก่ หน้าที่และคุณสมบัติในการเป็นสารกำจัดแมลง (Insecticidal activity) สารไล่แมลง (Repellent activity) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactivity) สารกำจัดตัวเต็มวัยของแมลง (Adulticityactivity) สารยับยั้งการกินและการเจริญเติบโตของแมลง (Antifeedants) และสารรมฆ่า (fumigants) ตัวอย่างของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีหน้าที่และคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ สามารถยับยั้งการพัฒนาตัวอ่อนของ *Dysdercus koenigii* น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส มินต์ สน ตะไคร้หอม มีคุณสมบัติในการไล่แมลงและล่อแมลงต่อด้วงงวงข้าว *Sitophilus oryzae* มอด *Stegobium paniceum* และแมลงวันบ้าน *Musca domestica* ความเป็นพิษที่มีต่อแมลงศัตรูพืชของน้ำมันหอมระเหยจากพืชนั้นขึ้นอยู่กับสารออกฤทธิ์ซึ่งเป็นสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหย (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

2.8.1 เป็นสารฆ่าแมลง ซึ่งในองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหย ซึ่งสามารถฆ่าแมลงได้มีกลไกการออกฤทธิ์แบ่งออกเป็น 5 แบบดังนี้

2.8.1.1 สารออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท

มีผลต่อโครงสร้างแมลงที่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังแต่มีระบบประสาท มีกลไกลการออกฤทธิ์ยับยั้ง แบบ Reversible competitive inhibitor ต่อเอนไซม์อะซิติลโคลรินเอสเตอเรส (Acetylcholinestereasa) ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทของแมลงที่บริเวณ Synapse ซึ่งปกติเป็นช่องว่างในการส่งกระแสประสาท โดยใช้สารอะซิติลโคลิน และมีเอนไซม์อะซิติลโคลรินเอสเตอเรสรับและย่อย Acetylcholine เมื่อส่งประสาทผ่านไปแล้ว แต่สารฆ่าแมลงเข้าไปแย่งจับที่บริเวณ

Hydrophobic site ส่วน Active center ของเอนไซม์อะซิติลโคลรินเอสเตอเรส ทำให้เกิดการสะสมของ Acetylcholine เกิดการกระตุ้นกระแสประสาทอย่างรุนแรงตลอดเวลาแมลงชักกระตุกและตายในที่สุด (Meyer, 1983)

2.8.1.2 สารที่ออกฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อของแมลง

สารทำให้แมลงเกิดอัมพาต โดยทำให้กล้ามเนื้อเกร็งเป็นเวลานาน เป็นผลมาจากมีการสะสมของแคลเซียมอิออนเป็นจำนวนมากในกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวและเกร็ง และอัมพาตในที่สุด

2.8.1.3 สารที่ออกฤทธิ์ต่อระบบหายใจของแมลง

สารที่ยับยั้งเมตาบอลีซึมในกระบวนการหายใจตำแหน่งการออกฤทธิ์ของสารกลุ่มนี้ในไมโตคอนเดรีย โดยมีผลยับยั้งการส่งผ่านอิเลคตรอน หรือยับยั้งการสร้าง ATP ในกระบวนการส่งผ่านอิเลคตรอน ATP ไม่สามารถถูกสร้างขึ้นได้ทำให้ไมโตคอนเดรียใช้ออกซิเจนต่ำลง ส่วนสารที่ยับยั้งการสร้าง ATP โดยการส่งผ่านอิเล็กตรอนเกิดขึ้นปกติแต่ ATP ไม่ถูกปลดปล่อยออกมาในกระบวนการนี้ ไมโตคอนเดรียมีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ผลที่เกิดขึ้นจากการสูญเสีย ATP ทำให้เมตาโบลิซึมถูกยับยั้งทำให้แมลงหมดแรง เฉื่อยชา อัมพาต และตายในที่สุด (Bloomqusit , 1999)

2.8.1.4 สารฆ่าแมลงที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง

การออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้สามรถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ยับยั้งสร้างสารไคติน และสารคล้ายฮอร์โมนจูวีไนล์ (Juvenile hormone mimics) สารที่ยับยั้งการสร้างไคตินทำให้การสร้างผนังลำตัวแมลงมีองค์ประกอบของสารไคตินประมาณร้อยละ 50 ผลที่ได้รับจากการได้รับสารกลุ่มนี้เข้าไปทำให้ผนังลำตัวแมลงเปราะบาง ดังนั้นสารกลุ่มนี้จึงมีประสิทธิภาพดีเมื่อฉีดพ้นก่อนแมลงลอกคราบ (Karmer and Muthukrishnan, 1997)

2.8.1.5 สารที่ออกฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหารของแมลง

สารพิษถูกหุ้มด้วยผนึกโปรตีน เมื่อแมลงกินเข้าไปผลึกโปรตีน ดังกล่าวถูกย่อยสลายในลำไส้ส่วนกลาง (Midgut) ของแมลงสารพิษถูกปลดปล่อยออกมา ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ Proteases ที่อยู่ในลำไส้ของแมลง สารพิษที่เกิดขึ้นไปทำเซลล์ผนังลำไส้ที่เรียกว่า Epithelian cells ถูกทำลาย ทำให้มีรูและเกิดรอยรั่วผลที่ตามมาคือ pH และโพแทสเซียมอิออนเสียสมดุลไปทำให้แมลงเกิดอัมพาตและตายในที่สุด (Weinzierl and jones, 2006)

2.8.2 เป็นสารไล่แมลง (Repellent)

ให้แมลงไม่มาว่างไข่ ส่วนมากเป็นสารที่มีกลิ่น เช่น น้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด ซึ่งสารที่สามารถไล่แมลงได้เพียงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีโมเลกุลขนาดเล็ก จึงสามารถระเหยได้ง่าย และรวดเร็ว (Obeng-Ofori *et al*., 1997)

การใช้พืชสมุนไพรไล่แมลง เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ไม่แพ้การใช้สารเคมี ซึ่งการใช้สารเคมีมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แมลงที่มีประโยชน์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ได้รับผลกระทบด้วย รวมทั้งส่งผลกระทบต่อมนุษย์โดยตรง ข้อดีของการใช้พืชสมุนไพรไล่แมลงคือ มีราคาถูก ปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้ใช้ แต่ทั้งนี้ควรใช้วิธีการอื่นๆ เพิ่มด้วยเช่น การพรวนดิน การปลูกพืชผสมผสาน สมุนไพรไล่แมลง พืชที่มีส่วนต่างๆ เช่น ใบ ดอก ผล ราก เปลือก มีฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดแมลงการออกฤทธิ์ของสมุนไพรมีทั้งทางตรงและทางอ้อมทางตรงคือมีผลต่อระบบประสาทและระบบหายใจของแมลงทางอ้อม เช่น ยับยั้งการกินอาหารของแมลง ยับยั้งการลอกคราบ การนำสารสกัดจากพืชมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชเพื่อทดแทนการใช้สารเคมี สังเคราะห์นอกจากจะช่วยลดการนำเข้าสารเคมีจากต่างประเทศแล้ว สารสกัดจากพืชยังสลายตัวได้เร็ว ทำให้ไม่เกิด พิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม และมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำอีกด้วยด้วย (Shaaya *et al*., 1997) Grainge and Ahmed (1988) รายงานว่า มีพืชมากว่า 2,400 ชนิด ที่มีพิษต่อแมลง พืช สมุนไพรหลายชนิดมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก เช่น น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู

2.8.3 ยับยั้งการกินหรือการเข้าทำลายของแมลง (Antifeedant)

สารประเภทนี้มีมักมีรสขมหรือมีรสฝาด หรือสารที่มีส่วนประกอบของ alkaloids ตัวอย่างเช่น สารในกลุ่มของ Sesqui-terpenes สารเหล่านี้ไปจับกับ Binding site ที่ตุ่มรับรสของแมลงทำให้แมลงไม่อยากอาหาร (Omar *et al*., 2005)

2.9 สารทำละลายอินทรีย์ (Organic solvents)

สารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ มีลักษณะ เป็นของเหลว สามารถละลายสารอื่นได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถละลายสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบคุณสมบัติระเหยได้ง่าย มีกลิ่นเฉพาะตัว ละลายไขมันและสารเคมีอื่นได้ดี มักนิยม ใช้ในกิจกรรมหลายชนิด ทั้งในภาคเกษตรกรรม โดยใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยและสารเคมี กำจัดศัตรูพืชบางชนิด ในภาคอุตสาหกรรม เช่น ใช้เป็นสารชะล้าง และสกัดสาร ทั้งในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมผลิตสี การพิมพ์ ซ่อมรถยนต์ ผลิตรถยนต์ ผลิตยารักษาโรค ผลิตสมุนไพร ผลิตน้ำหอมสเปรย์ ผลิตเฟอร์นิเจอร์ ผลิตเครื่องหนัง และรองเท้า เป็นต้น ในภาคบริการ เช่น การชะล้างในห้องปฏิบัติการ ในโรงพยาบาล และเป็นส่วนผสมของน้ำมัน ในสถานีบริการน้ำ (สุทัศน์ มังคละคีรี, 2557)

อะซิโตน (Acetone) เป็นสารตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายที่ไม่มีกลุ่มฮาโลจีเนตเต็ต ใช้มากในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมสำหรับใช้เป็นตัวทำละลายสารต่างๆ สามารถผลิต และสกัดได้จากธรรมชาติ และการสังเคราะห์ทางเคมีจากปิโตรเลียมประโยชน์ทางด้านห้องปฏิบัติการ มักใช้อะซิโตนสำหรับทำละลายในการเตรียมสารเคมีหรือใช้เป็นสารทำละลายสำหรับการสกัดสารอินทรีย์จากพืชหรือสัตว์ อะซิโตน (Acetone) ไม่ถูกจัดอยู่ในจำพวกสารพิษเพราะอะซิโตน (Acetone) เป็นสารที่

ร่างกายมนุษย์สร้างขึ้นได้ตามธรรมชาติจากกระบวนการเผาพลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงาน (Metabolism) (อังกูร นพคุณภูษิต, 2555)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Regnault-Roger and Hamraoui (1994) ได้ทดสอบการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพรา Labiatae, ผักชี Umbelliferae และ อบเชย Lauraceae ต่อด้วงถั่ว *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae) ซึ่งเป็นศัตรูพืชทั่วโลกที่สร้างความเสียหายให้กับพืชตระกูลถั่ว (*Phaseolus vulgaris* L.) ในแปลงเกษตรและระยะการเก็บรักษา นอกจากผลความเป็นพิษทางการรมต่อแมลงตัวเต็มวัยแล้วยังพบว่ามีการยับยั้งการสืบพันธุ์ทั้งการวางไข่และการฆ่าตัวอ่อนด้วย พบว่าน้ำมันหอมระเหยโรสแมรี *Rosmarinus officinalis*, ไทม์ *Thymus vulgaris*, ไทม์ป่า *T. serpyllum,* กะเพรา *Ocimum basilicum* และ อบเชยลังกา *Cinnamomum verum* มีประสิทธิภาพในการจัดการวงจรชีวิต และควบคุมการพัฒนาทางชีววิทยาของด้วงถั่ว *A. obtectus* ได้อย่างสมบูรณ์

Regnault-Roger and Hamraoui (1995) ทดสอบความเป็นพิษของสารกลุ่ม monoterpenoids ได้แก่สาร p-cymene, α-pinene, camphor, linalool, terpineol, cuminaldehyde, cinnamaldehyde, anethole, carvacrol, thymol, estragole และ eugenol ต่อด้วงถั่ว *Acanthoscelides obtectus* (Say) ซึ่งเป็นศัตรูพืชของถั่วแขก (*Phaseolus vulgaris* L.) โดยพบว่ามีความเป็นพิษทางการรม (LC_{50}) ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมงต่อตัวเต็มวัย นอกจากนี้ยังพบการยับยั้งการสืบพันธุ์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวางไข่ของตัวเมียและการพัฒนาของตัวอ่อน โดยพบว่าสารกลุ่ม monoterpenes มีผลต่อการวางไข่ การเจาะของตัวอ่อนภายในเมล็ด และการออกเป็นตัวเต็มวัย สารกลุ่ม monoterpenes ทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความเป็นพิษทางการรมที่เด่นชัดมากขึ้นหรือน้อยลง และยับยั้งการสืบพันธุ์ของด้วงอย่างมีนัยสำคัญ และสารกลุ่ม monoterpenoids oxygenated ได้แก่ carvacrol, thymol, eugenol, linalool และ terpineol เป็นสารประกอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

Tripathi *et al.* (2000) น้ำมันหอมระเหยจากโกฐจุฬาลัมพา *Artemisia annua* L. ถูกทดสอบความเป็นพิษขับไล่และยับยั้งกาการเจริญเติบโตในการป้องกันกำจัดต่อ 2 แมลงศัตรูที่สำคัญในโรงเก็บผลผลิตทางเศรษฐกิจ มอดแป้ง *Tribolium castaneum* Herbst. และด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* ตัวเต็มวัยของมอดแป้ง *T. castaneum* ถูกขับไล่จากน้ำมันหอมระเหยของโกฐจุฬาลัมพา *A. annua* อย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้น 1% (vol: vol) และสูงกว่าในการทดสอบกระดาษกรอง ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำมันหอมระเหยจากโกฐจุฬาลัมพา *A. annua* พบความสัมพันธ์เชิงลบที่มีนัยสำคัญระหว่างการรอดตายของตัวอ่อน การรอดตายของดักแด้ และการเกิด

เป็นตัวเต็มวัยของมอดแป้ง *T. castaneum* (เช่น ปริมาณการเพิ่มขึ้นของปริมาณที่ทำให้เกิดการรอดตายและการเกิดออกเป็นตัวเต็มวัย) ความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพ (EC_{50}) เพื่อลดลูกหลาน F1 โดย 50 เปอร์เซ็นต์ คำนวณเป็น 2.6 และ 4.1 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร ตัวทำละลายต่อแมลงทั้งด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* และมอดแป้ง *T. castaneum* ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากโกฐจุฬาลัมพา *A. annua* และการตอบสนองของมอดแป้ง *T. castaneum* และด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากโกฐจุฬาลัมพา *A. annua* ส่วนใหญ่เชื่อถือได้สำหรับพฤติกรรมการขับไล่ (พฤติกรรม) และความเป็นพิษ (ทางสรีรวิทยา) ในการทดสอบแมลง 2 ชนิด

Oka *et al*. (2000) ทดสอบฤทธิ์การเป็นสารฆ่าไส้เดือนฝอยของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเครื่องเทศและพืชหอม 27 ชนิด โดยทดสอบในหลอดทดลองและกระถาง พบว่าน้ำมันหอมระเหย 12 ชนิดจาก 27 ชนิด ทำให้ตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne javanica* เคลื่อนที่ไม่ได้มากกว่า 80% ที่ความเข้มข้น 1,000 mul/liter โดยน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ที่ความเข้มข้นนี้มีฤทธิ์ยังยับยั้งการฟักไข่ของไส้เดือนฝอย และยังพบน้ำมันหอมระเหยจากเทียนตากบ *Carum carvi*, ผักชีล้อม *Foeniculum vulgare*, *Mentha rotundifolia* และสเปียร์มินต์ *Mentha spicata* มีฤทธิ์ฆ่าไส้เดือนฝอยสูงที่สุดของน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดในหลอดทดลอง และน้ำมันหอมระเหยออริกาโน *Origanum vulgare*, *O. syriacum* และ *Coridothymus capitatus* เมื่อผสมในดินทรายที่ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วยลดความเสียหายของรากของต้นกล้าแตงกวาในการทดสอบในกระถาง และยังพบว่าสารประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยที่นำมาทดสอบเพื่อหาฤทธิ์การเป็นสารฆ่าไส้เดือนฝอย ได้แก่ สาร carvacrol, t-anethole, thymol และ (+)-carvone ทำให้ตัวอ่อนไม่เคลื่อนที่ และยับยั้งการฟักไข่ที่มากกว่า 125 mul/liter ในหลอดทดลอง สารประกอบหลักที่ผสมในดินทรายที่ความเข้มข้น 75 และ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วยลดความเสียหายของรากของต้นกล้าแตงกวาในการทดลองในกระถางขนาด 3 ลิตร นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยและสารประกอบหลักมีฤทธิ์ฆ่าไส้เดือนฝอย ที่ความเข้มข้น 200 และ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยและสารประกอบหลักมีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าไส้เดือนฝอย

เบญจมาภรณ์ ฤทธิ์ไธสง (2544) รายงานผลของน้ำมันหอมระเหยจาก ผกากรอง และกะทือที่มีต่อด้วงถั่วเขียว และด้วงงวงข้าวโพด จากการประเมินความเป็นพิษด้วยวิธี residual film test ที่เวลา 72 ชั่วโมง พบว่าจำนวนแมลงตายเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับความเข้มข้นของสาร ที่ระดับความเข้มข้น 1,250 และ 5,000 ppm พบว่าน้ำมันหอมระเหยผกากรองทำให้ด้วงถั่วเขียวตายร้อยละ 39 และ 46 ตามลำดับ และทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตายร้อยละ 29 และ 70 ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยกะทือทำให้ด้วงถั่วเขียวตายร้อยละ 34 และ 96 ตามลำดับ และด้วงข้าวโพดตายร้อยละ 53 และ 85

ตามลำดับ ส่วนน้ำมันสะเดาทั้งสองระดับความเข้มข้นพบการตายของแมลงทดลองต่ำที่สุด การประเมินความเป็นพิษเฉียบพลันโดยการวิเคราะห์ค่า median lethal concentration (LC_{50}) การทดลองกับด้วงถั่วเขียวพบว่าน้ำมันหอมระเหยผกากรอง กะทือ และน้ำมันสะเดา มีค่า LC_{50} เท่ากับ 8,109 927 และ 10,593 ppm ตามลำดับ และด้วงงวงข้าวโพดมีค่า LC_{50} เท่ากับ 3,384 992 และ 5,441 ppm ตามลำดับ การศึกษาความเป็นพิษระยะยาวโดยการสร้างตารางชีวิต เปรียบเทียบระหว่างประชากรแมลงที่ได้รับและไม่ได้รับสาร ที่ระดับความเข้มข้น LC_{25} และ LC_{50} พบว่าประชากรแมลงที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยมีแนวโน้มการรอดชีวิตต่ำกว่าแมลงที่ไม่ได้รับน้ำมันหอมระเหย ผลของคุณสมบัติในการไล่แมลงทดลองทั้งสองชนิด พบว่าหลังจากคลุกเมล็ด 1 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 40,000 ppm น้ำมันหอมระเหยกะทือมีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยผกากรอง และน้ำมันสะเดาให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด การศึกษาการยับยั้งการวางไข่ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 40,000 ppm น้ำมันสะเดามีประสิทธิภาพสูงสุด ในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงทั้งสองชนิด รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยกะทือและผกากรอง ตามลำดับ ผลของการยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัย ที่ระดับความเข้มข้น 40,000 ppm พบว่าน้ำมันสะเดามีผลการยับยั้งการเป็นตัวเต็มวัยของแมลงทดลองสองชนิดได้ดี รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยกะทือและผกากรอง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยกะทือมีความเป็นพิษสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยจากผกากรองและน้ำมันสะเดา

Keita *et al*. (2001) น้ำมันหอมระเหยจากโหระพา *Ocimum basilicum* และกระเพราควาย *Ocimum gratissimum* (Labiatae) ที่ปลูกในประเทศกินีได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำ หลังจากตัวเต็มด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* ที่ฟักออกมาได้สัมผัส ถึง 12 ชั่วโมง ของการรมโดยใช้น้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ปริมาณ 25 ไมโครลิตรต่อขวด พบว่าโหระพา *O. basilicum* มีอัตราการตาย 80% กระเพราควาย *O. gratissimum* 70% และ 0% ในตัวควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญพบว่า ระหว่างการตอบสนองของเพศผู้และเพศเมีย โดยเพศผู้แสดงความไวมากขึ้น เมื่อนำผง aromatized ปริมาณ 1 กรัม ไปใช้กับตัวเต็มวัยที่มีความเข้มข้นตายที่ 50% ใน 48 ชั่วโมง ที่ 65 มิลลิลิตรต่อกรัม สำหรับโหระพา *O. basilicum* และ 116 มิลลิลิตรต่อกรัม ของกระเพราควาย *O. gratissimum* น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสองชนิดมีผลต่ออัตราการฟักไข่และการฟักออกเป็นตัวเต็มวัย อัตราการฟักไข่ลดลงเหลือ 3% ของน้ำมันหอมระเหยโหระพา *O. basilicum* และ กระเพราควาย *O. gratissimum* 15% ที่ความเข้มข้น 30 ไมโครลิตร ในขณะที่อัตราการฟักของไข่ของตัวควบคุมเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับตัวควบคุม 97% การฟักออกเป็นตัวเต็มวัยได้ลดลง 0% เมื่อใช้โหระพา *O. basilicum* และ ถึง 4% ด้วยกระเพราควาย *O. gratissimum* การวิเคราะห์ทางชีวภาพในห้องเก็บข้อมูลได้ดำเนินการเพื่อประเมินผลกระทบระยะยาวของผง aromatized กับน้ำมันหอมระเหยของ *Ocimum* เมื่อทดสอบครบพบว่าเกินกว่า 3 เดือน เริ่มต้นที่ปริมาณ 400 ไมโครลิตร ในกรณีของน้ำมันทั้งสองชนิด จากการทดสอบการงอกสรุปได้ว่าผง aromatized ไม่มีผลกระทบอย่าง

มีนัยสำคัญต่ออัตราการงอกของเมล็ด หลังจาก 5 วัน อัตราการงอก 88% ในเมล็ดที่ผ่านการทดสอบด้วยผง aromatized

Negahbana *et al*. (2007) ได้ศึกษาพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจาก *Artemisia sieberi* Besser. ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลในโรงเก็บ 3 ชนิด *Artemisia sieberi* เป็นพืชกระจายอยู่ทั่วไปในอิหร่าน เนื่องจากบางชนิดของ *Artemisia* เป็นยาฆ่าแมลงการทดลองจึงดำเนินการ เพื่อตรวจสอบความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยใบแห้งมีการตกตะกอน โดยวิธีการต้มกลั่นกลั่นโดยใช้ อุปกรณ์ Clevenger-type ชนิดที่ปรับเปลี่ยนแล้ว และน้ำมันที่มีผลต่อการบูร (54.7 %), camphene (11.7%), 1,8-cineol (9.9%), b-thujone (5.6%) และ a-pinene (2.5%) นับอายุการตาย 7 วัน ของด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* ด้วงงวงข้าว *Sitophilus oryzae* และมอดแป้ง *Tribolium castaneum* เพิ่มขึ้นด้วยความเข้มข้นจาก 37 ถึง 926 มิลลิลิตรต่อลิตร และมีเวลาในการสัมผัสตั้งแต่ 3 ถึง 24 ชั่วโมง ความเข้มข้นปริมาณ37 ไมมิลลิลิตรต่อลิตร และเวลาในการ สัมผัส 24 ชั่วโมง เพียงพอที่จะทำให้ฆ่าแมลงได้ 100% ด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* มีความอ่อนแอมากกว่า ด้วงงวงข้าว *S. oryzae* และมอดแป้ง *T. Castaneum* เป็นครั้งที่ 2 ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพประเมินจากค่า LD_{50} ของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* as 1.45 มิลลิลิตรต่อลิตร ด้วงงวงข้าว *S. oryzae* 3.86 มิลลิลิตรต่อลิตร และมอดแป้ง *T. castaneum* 16.76 มิลลิลิตรต่อลิตร การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าน้ำมัน *A. sieberi* มีศักยภาพเป็นตัวควบคุมป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* ด้วงงวงข้าว *S. oryzae* และมอดแป้ง *T. castaneum*

Ilboudo *et al*. (2010) ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพและความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในน้ำมันหอมระเหยที่ถูกทดสอบ 4 ชนิด ต่อด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* ซึ่งเป็นแมลงศัตรูหลักหลังเก็บเกี่ยวของเมล็ดถั่ว พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากแมงลัก *Ocimum americanum* มีค่าความเป็นพิษต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* สูงโดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.23 ไมโครลิตรต่อลิตร ในขณะที่น้ำมันจากแมงลักคา *Hyptis suaveolens, Hyptis spicigera* และ *Lippia multiflora* มีค่าความเป็นพิษ LC_{50} สูงกว่าเท่ากับ 1.30, 5.53 และ 6.44 ไมโครลิตรต่อลิตร ตามลำดับ ฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันทั้งสี่ชนิดไม่คงที่ โดยฤทธิ์ทางชีวภาพน้ำมันหอมระเหยจากแมงลัก *O. americanum* สามารถคงอยู่ได้นานที่สุด หลังการประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นเวลา 14 วัน ยังคงส่งผลเหมือนเดิมต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* อย่างไรก็ตามฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด ต่อด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* ที่ทดสอบในอุณหภูมิสูงใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาในประเทศบูร์กินาฟาโซในช่วงฤดูแล้งส่งผลให้ประสิทธิภาพของน้ำมันลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเน้นย้ำให้เห็นถึงความสำคัญต่อปัจจัยด้าน

สิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิเพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำมันหอมระเหยในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บของแอฟริกาตะวันตก

Kellouche *et al*. (2010) ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหย 10 ชนิด ในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในโรงเก็บ ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ ในการทดสอบฤทธิ์ทางการสัมผัสของเมล็ด ที่ความเข้มข้น 20 ไมโครลิตรต่อ 50 กรัม พบว่าน้ำมันที่ผ่านการทดสอบทั้งหมดมีผลต่อฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกันของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* อย่างมีนัยสำคัญ เช่น ช่วงอายุที่ยาวนานขึ้น ความอุดมสมบูรณ์ และการออกเป็นตัวเต็มวัย และการทดสอบทางการรมของน้ำมันหอมระเหยเปปเปอร์มินต์ *Mentha piperita* L. และเสจ *Salvia officinalis* L. มีความเป็นพิษสูงสุดที่ 10 และ 15 ไมโครลิตรต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากสัมผัสที่ 24 ชั่วโมง โดยมีอัตราการตายของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* สูงถึง 100% นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยอบเชยลังกา *Cinnamomum zeylanicum* Presel และยูคาลิปตัสเลมอน *Eucalyptus citriodora* De La Billardière มีฤทธิ์ในการไล่ด้วง ถั่วเขียว *C. maculatus* ได้ถึง 86%

Senthilkumar and Venkatesalu (2010) การศึกษาเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีและศักยภาพน้ำมันหอมระเหยของหูเสือ *Plectranthus amboinicus* ในการป้องกันกำจัดยุงลาย *Anopheles stephensi* พบสารประกอบทั้งหมด 26 ชนิดโดย GC และ GC/MS สารเคมีหลัก ได้แก่ carvacrol (28.65%) รองลงมา ได้แก่ thymol (21.66%), α-humulene (9.67%), undecanal (8.29%), α-terpinene (7.76%), ρ-cymene (6.46%), caryophyllene oxide (5.85%), α-terpineol (3.28%) และ β-selinene (2.01%) ทำการทดสอบด้วยตัวอ่อนเพื่อตรวจวัดค่า LC_{50} และ LC_{90} และพบการตายของตัวอ่อนหลังจากระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ค่า LC_{50} ของน้ำมันอยู่ที่ 33.54 (หลัง 12 ชั่วโมง) และ 28.37 ppm (หลัง 24 ชั่วโมง) ค่า LC_{90} ของน้ำมันอยู่ที่ 70.27 (หลัง 12 ชั่วโมง) และ 59.38 ppm (หลัง 24 ชั่วโมง) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากหูเสือ *P. amboinicus* เป็นหนึ่งในตัวเลือกที่ราคาไม่แพงและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมธรรมชาติในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย / ลดจำนวนประชากรของยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย

Raala *et al.* (2011) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยของพืชวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) 5 ชนิดจากเอสโตเนีย โดยใช้เทคนิค GC-FID และ GC-MS พบว่า มีสารประกอบทั้งหมด 115 ชนิด และพบความแตกต่างเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณที่มีนัยสำคัญระหว่างสายพันธุ์ที่ศึกษา โดยพบองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยของพืชวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) ที่ศึกษามีดังนี้ พืช *Chamomilla recutita* ประกอบด้วยสารประกอบ bisabolol oxide A (39.4%), bisabolone oxide A (13.9%), (Z)-en-yne-dicycloether (11.5%), bisabolol oxide B (9.9%), α-bisabolol (5.6%) และ chamazulene (4.7%) พืช *Chamomilla suaveolens* ประกอบด้วย

สารประกอบ (Z)-en-yne-dicycloether (37.2%), geranyl isovalerate (22.9%), (E)-β-farnesene (15.6%) พืช *Anthemis tinctoria* ประกอบด้วยสารประกอบ α-eudesmol (10.2%), γ-cadinol (8.7%), γ-cadinene (4.0%) พืช *Matricaria perforate* ประกอบด้วยสารประกอบ (Z,Z)-matricaria ester (77.9%), (E)-β-farnesene (3.5%), matricaria ester isomer (3.5%) และ matricaria lactone (3.0%) และ พืช *Leucanthemum vulgare* ประกอบด้วยสารประกอบ (E)-β-farnesene (7.3%), hexadecahydro-cyclobuta (1,2:3,4) dicyclooctene (5.3%), decanoic acid (4.9%), และ α-eudesmol (4.5%)

Khani and Asghari (2012) ทดสอบความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากใบของสะระแหน่ *Mentha longifolia* (L.) (Lamiales: Lamiaceae) และ *Pulicaria gnaphalodes* Ventenat (Asterales: Asteraceae) และดอกของ *Achillea wilhelmsii* C. Koch (Asterales: Asteraceae) ต่อแมลงศัตรูในเก็บ 2 ชนิด คือ มอดแป้ง *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) และด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/MS พบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบสะระแหน่ *M. longifolia* ได้แก่ piperitenon (43.9%), tripal (14.3%), oxathiane (9.3%), piperiton oxide (5.9%) และ D-limonene (4.3%) น้ำมันหอมระเหยจากใบ *P. gnaphalodes* ได้แก่ chrysanthenyl acetate (22.38%), 2L-4L-dihydroxy eicosane (18.5%), verbenol (16.59%), dehydroaromadendrene (12.54%), β-pinen (6.43%) และ 1,8 cineol (5.6%) และน้ำมันหอมระเหยจากดอก *A. wilhelmsii* ได้แก่ 1,8 cineole (13.03%), caranol (8.26%), alpha pinene (6%), farnesyl acetate (6%) และ p-cymene (6%) เมื่อทดสอบน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด พบว่า ด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* อ่อนแอมากกว่ามอดแป้ง *T. castaneum* น้ำมันหอมระเหยของพืชทั้งสามชนิดมีฤทธิ์ในการฆ่าด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* โดยมีค่า LC_{50} ระหว่าง 1.54 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ (*P. gnaphalodes*) ถึง 2.65 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ (*A. wilhelmsii*) ในขณะที่น้ำมันของ *A. wilhelmsii* และ *M. longifolia* มีฤทธิ์ฆ่าแมลงที่รุนแรงต่อมอดแป้ง *T. castaneum* โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 10.02 และ 13.05 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ และพบว่าน้ำมันของ *P. gnaphalodes* มีฤทธิ์ต่ำสุดต่อแมลงโดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 297.9 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ จากผลการทดลองที่พบแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ผ่านการทดสอบมีศักยภาพใช้เป็นสารควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บได้

Khani and Rahdari (2012) ได้ศึกษาน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเมล็ดผักชี *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae) ในการป้องกันกำจัดตัวเต็มวัยมอดแป้ง *T. confusum* Duval. และด้วงถั่วเขียว *C. maculates* Fabricius. ถูกตรวจสอบในชุดการทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการ ความเป็น

พิษของสารรมได้ถูกประเมินที่อุณหภูมิ 27±1 องศาเซลเซียส และ 65±5% RH ในสภาพมืด เมล็ดแห้งของพืชที่ถูกกลั่นโดยใช้อุปกรณ์ Clevenger- type apparatus การตายของตัวเต็มวัยอายุ 1-7 วัน ของแมลงศัตรูเพิ่มขึ้นด้วยความเข้มข้นที่ 43-357 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และแสดงออกที่เวลา 3-24 ชั่วโมง ในการวิเคราะห์ Probit analysis ค่า LC_{50} (ความเข้มข้นที่ทำให้เกิดการตาย 50%) พบว่าด้วงถั่วเขียว *C. maculates* (LC_{50} = 1.34 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) อ่อนแอมากกว่ามอดแป้ง *T. confusum* (LC_{50} = 318.02 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ)

Esmaili *et al*. (2013) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ญวน *Mentha pulegium* ต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus*, มอดแป้ง *Tribolium castaneum*, มอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* และด้วงงวงข้าว *Sitophilus oryzae* ทำทดสอบที่อุณหภูมิ 28±2°C และความชื้นสัมพัทธ์ 65±5% R.H. ที่ความเข้มข้น 5 ระดับ ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ ที่เวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้สภาพมืด พบว่าอัตราการตายเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าความเป็นพิษ LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus*, มอดแป้ง *T. castaneum*, มอดยาสูบ *L. serricorne* และด้วงงวงข้าว *S. oryzae* ที่ความเข้มข้น 97.3, 165.5, 419.2 และ 12.7 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ โดยพบว่า ด้วงงวงข้าว *S. oryzae* อ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ญวน *M. pulegium* มากกว่าแมลงศัตรูพืชชนิดอื่น และยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ญวน *M. pulegium* มีศักยภาพสูงในการควบคุมศัตรูพืชที่แตกต่างกัน

Saglam and Ozder (2013) ทดสอบความเป็นพิษทางการรมของสารประกอบ monoterpenoid ได้แก่ α-pinene, pcymene, eugenol, cuminaldehyde, linalyl acetate, linalool, α-terpinene, γ-terpinene, limonene, β-pinene, allyl isothiocyanate และ diallyl disulphide ต่อวงจรชีวิตของมอดแป้ง *Tribolium confusum* Jacquelin du Val ที่อุณหภูมิ 25°C และความชื้นสัมพัทธ์ 65% RH ทำการทดสอบทางชีววิทยาเพื่อทดสอบฤทธิ์ทางการรมของสารประกอบ monoterpenoid ต่อวงจรชีวิตของมอดแป้ง *T. confusum* ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตร ที่เวลา 24 ชั่วโมง จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสาร allyl isothiocyanate และ diallyl disulphide มีฤทธิ์ทางการรมสูงต่อวงจรชีวิตของมอดแป้ง *T. confusum* โดยมีอัตราการตายตั้งแต่ 92 ถึง 100% ในขณะที่สาร cuminaldehyde มีความเป็นพิษสูงต่อระยะไข่ และสารประกอบ monoterpenoid อื่น ๆ นอกเหนือจากสาร cuminaldehyde, allyl isothiocyanate และ diallyl disulphide พบว่ามีความเป็นพิษทางการรมต่ำในทุกช่วงระยะของแมลง โดยมีอัตราการตายตั้งแต่ 0 ถึง 27.3% นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบallyl isothiocyanate และ diallyl disulfide มีฤทธิ์ในการฆ่ามอดแป้ง *T. confusum* ของทุกช่วงระยะ ในการทดสอบความเข้มข้นของ

ความเป็นพิษพบว่าสาร allyl isothiocyanate มีความเป็นพิษสูงต่อตัวอ่อน ดักแด้ และตัวเต็มวัยของมอดแป้ง *T. confusum* โดยมีค่า LC_{90} เท่ากับ 5.99, 2.69 และ 3.50 ไมโครลิตรต่อลิตร ตามลำดับ มากกว่าสาร diallyl disulphide ที่มีค่า LC_{90} เท่ากับ 98.06, 42.26 และ 47.57 ไมโครลิตรต่อลิตร ตามลำดับ อัตราการตายของมอดแป้ง *T. confusum* ในทุกช่วงระยะ จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ Ct (ความเข้มข้น xเวลา) ที่ 254 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ของสาร allyl isothiocyanate จากข้อมูลความเป็นพิษพบว่าสาร allyl isothiocyanate มีศักยภาพในการเป็นสารรมในการควบคุมแมลงในเมล็ดพืช

Yildirim *et al.* (2013) ทดสอบสารออกฤทธิ์กลุ่มสาร monoterpenes 28 ชนิด รวมถึงสารกลุ่ม monoterpene hydrocarbons และ monoterpenes oxygenated ได้แก่ สาร borneol, borynl acetate, camphene, camphor, 3 -carene, carvone, 1,8 -cineole, citronellal, β-citronellene, β-citronellol, dihydrocarvone, fenchol, fenchone, geranyl acetate, isomenthol, limonene, limonene oxide, linalool, linalyl acetate, menthol, menthone, myrcene, nerol, neryl acetate, α-pinene, β-pinene, terpinen-4-ol และ α-terpineol ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดต่างๆ ต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยทดสอบสารกลุ่ม monoterpenes สำหรับสารที่เป็นของเหลว ที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 30 ไมโครลิตร และสารประกอบที่เป็นของแข็ง ที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 30 ไมโครกรัม ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสารกลุ่ม monoterpenes ส่วนใหญ่มีฤทธิ์ฆ่าแมลงอย่างมีนัยสำคัญต่อด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais* และพบว่าสารกลุ่ม monoterpene hydrocarbons มีฤทธิ์การฆ่าแมลงต่ำกว่าสารกลุ่ม monoterpenes oxygenated นอกจากนี้ยังพบว่าอนุพันธ์ของ ketone, aldehyde และ epoxide ของ monoterpenes oxygenated นั้นมีความเป็นพิษมากกว่าเมื่อเทียบกับอนุพันธ์อื่นๆ นอกจากนี้พบอัตราการตายของตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais* ถึง 100% หลังจากสัมผัสที่เวลา 96 ชั่วโมงในปริมาณสูงสุด (30 ไมโครลิตรต่อไมโครกรัม) ในสารกลุ่ม monoterpenes oxygenated ได้แก่ กลุ่ม alcohols คือสาร borneol, fenchol, linalool, menthol, terpinen-4-ol และ α-terpineol กลุ่ม epoxides คือสาร 1,8-cineole และ limonene oxide กลุ่ม ketones และ aldehydes คือสาร camphor, carvone, citronellal, dihydrocarvone, fenchone และ menthone และกลุ่ม esters คือสาร neryl acetate ในขณะเดียวกันสาร 3-carene จากสารกลุ่ม monoterpene hydrocarbons มีอัตราการตาย 100% หลังจากสัมผัสที่ 96 ชั่วโมงในปริมาณสูงสุด (30 ไมโครลิตร) และสารประกอบ carvone, dihydrocarvone, fenchone, limonene oxide, menthone และ terpinen-4-ol มีอัตราการตาย 100% หลังจากสัมผัสที่ 48 ชั่วโมง ในกลุ่มสาร

monoterpenes ที่ทดสอบสาร carvone, dihydrocarvone, menthone และ terpinen-4-ol มีฤทธิ์ฆ่าแมลงมากที่สุด โดยมีอัตราการตาย 100% ของทุกความเข้มข้น (ที่ 96 ชั่วโมงหลังการทดสอบ) และสาร 1,8-cineole, fenchone, linalool และ limonene oxide พบว่ามีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงมากขึ้นเมื่อเทียบกับสารกลุ่ม monoterpenes อื่นๆ โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 1.989, 2.445, 2.445 และ 3.235 ไมโครลิตร (ที่ 96 ชั่วโมงหลังการทดสอบกับแมลงทดสอบ) ตามลำดับ อัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) จากระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการสัมผัสที่ยาวนานขึ้น จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าสารกลุ่ม monoterpenes oxygenated มีศักยภาพในการควบคุมตัวเต็มวัยของด้วงข้าวโพด *S. zeamais*

Zandi-Sohani *et al*. (2013) ได้ศึกษาการเป็นสารไล่ของน้ำมันหอมระเหยจากใบ *Callistemon citrinus* (Curtis) สกัดด้วยการกลั่นด้วยไอน้ำและถูกทดสอบตัวเต็มวัยเพศเมียและเพศผู้ของด้วงถั่วเขียว *C. maculates* Fabricius. สำหรับการเป็นสารฆ่าและผลของการไล่ การวิเคราะห์ GC-MS ถูกใช้ในการจำแนก และระบุปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย ผลการศึกษาพบ 1,8 cineole (34.2%) และ α-pinene (29.0%) เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยของ *C. citrinus* มีความเป็นพิษต่อตัวเต็มวัยของแมลงเมื่อนำมาใช้โดยการรม การตอบสนองมีความแตกต่างกันไปตามเพศของแมลงและระยะเวลาที่ได้รับค่า LC_{50} เท่ากับ 12.88 และ 84.4 ไมโครลิตรต่อลิตร สำหรับเพศผู้และเพศเมีย ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาที่ได้รับจาก 3 ถึง 24 ชั่วโมง ทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นจาก 50% เป็น 100% ในเพศผู้ และจาก 15.5% เป็น 85.2% ในเพศเมีย ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด (500 ไมโครลิตรต่อลิตร) น้ำมันหอมระเหยยังมีผลต่อการไล่ด้วงถั่วเขียว *C. maculates* ในการทดสอบด้วย filter paper arena หลังจากระยะเวลา 2 และ 4 ชั่วโมง ผลการไล่ที่ความเข้มข้นสูงสุด 0.4 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร เป็น 86% และ 94% ตามลำดับ สังเกตได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืช *C. citrinus* อาจเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บได้

Ajayi *et al.* (2014) ทดสอบความเป็นพิษทางการรมของสารประกอบ 8 ชนิดที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ 1-8-cineole, carvacrol, eugenol, (-)-menthone, (-)-linalool, S-(-)-limonene, (-)-β-pinene และ (+)-α-pinene ทดสอบกับด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae) ที่ปริมาณ 0.25-60 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยพบว่า สารประกอบ 1-8-Cineole, carvacrol และ eugenol ที่ความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวที่ 24 ชั่วโมงหลังการทดสอบ ซึ่งสารประกอบ 1-8-Cineole และ carvacrol มีความเป็นพิษมากที่สุด โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 0.24 และ 0.6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ สารประกอบ (-)-β-Pinene และ (+)-α-pinene มีความเป็นพิษน้อยที่สุดโดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 31 และ 31.4

ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าความเป็นพิษมีความสัมพันธ์ทางลบต่อความดันไอของน้ำมันหอมระเหย นอกจากนี้สารประกอบ 1-8-Cineole และ carvacrol มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ 100% ในทุกปริมาณที่ทดสอบ และสารประกอบ Eugenol และ (-)-menthone มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย และยังพบว่าสารประกอบ S-(-)-Limonene, (-)-β-pinene และ (+)-α-pinene ไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการวางไข่และการออกเป็นตัวเต็มวัย ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยที่สามารถควบคุมวงจรชีวิตและทำให้เกิดการตายของด้วงถั่วเขียว *C . maculatus* จำเป็นต้องมีสารประกอบ 1-8-Cineole, carvacrol และ eugenol ทั้งสามชนิด

Cheng *et al.* (2014) ศึกษาฤทธิ์การเป็นสารฆ่าแมลงและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากพืชรุกรานต่างถิ่น 2 ชนิด ได้แก่ ดอกสร้อยทอง *Solidago canadensis* และกระดุมทองเลื้อย *Wedelia trilobata* ผลการวิจัยพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสองชนิดมีฤทธิ์ในการรม และการสัมผัสต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยน้ำมันหอมระเหยดอกสร้อยทอง *S. canadensis* มีค่าความเป็นพิษทางการรม LC_{50} ต่อมอดแป้ง *Tribolium castaneum*, ด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* และด้วงถั่วเหลือง *Callosobruchus chinensis* เท่ากับ 7.72, 237.05 และ 43.28 ไมโครลิตรต่อลิตร ตามลำดับ และค่าความเป็นพิษทางการสัมผัส LD_{50} เท่ากับ $2.71x10^{-4}$, $1.40x10^{-5}$ และ $2.35x10^{-5}$ ไมโครลิตรต่อตัวเต็มวัย ตามลำดับ และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* มีค่าความเป็นพิษทางการรม LC_{50} ต่อมอดแป้ง *T. castaneum*, ด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais* และด้วงถั่วเหลือง *C. chinensis* เท่ากับ 187.06, 156.73 และ 0.93 ไมโครลิตรต่อลิตร ตามลำดับ และค่าความเป็นพิษทางการสัมผัส LD_{50} เท่ากับ $7.52x10^{-5}$, $2.84x10^{-5}$ และ $1.18x10^{-5}$ ไมโครลิตรต่อตัวเต็มวัย ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสองชนิดสามารถยังยับยั้งประชากรของด้วงถั่วเหลือง *C. chinensis* ได้ โดยน้ำมันหอมระเหยดอกสร้อยทอง *S. canadensis* มีอัตราการยับยั้ง เท่ากับ 57.30-82.12% และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ความเข้มข้น 1-3 ไมโครลิตรต่อกรัม มีอัตราการยับยั้ง เท่ากับ 37.63-67.86% นอกจากนี้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/MS พบสารประกอบของน้ำมันหอมระเหยดอกสร้อยทอง *S. canadensis* มี 58 ชนิด และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* มี 52 ชนิด ซึ่งพบสารประกอบหลักของน้ำมันดอกสร้อยทอง *S. canadensis* คือ Germacrene D (49.43%) และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* คือ 1 R-α-pinene (28.79%), D-limonene (23.70%) และ α-phellandrene (10.80%)

Douiri *et al.* (2014) วัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีอื่นๆในการใช้ยาฆ่าแมลงสังเคราะห์ป้องกันกำจัดกับศัตรูพืชที่ทำลายเมล็ดถั่วที่เก็บไว้ น้ำมันหอมระเหยของดอกโรสแมรี่ *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) ได้รับการทดสอบกับด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchinae) ที่เลี้ยงในเมล็ดถั่วลูกไก่ *Cicer arietinum* L. เมล็ดถั่วเขียวถูกทำลายด้วยด้วงถั่วเขียวจำนวน 10 คู่ ที่เพิ่งฟักออก แล้วรมยาด้วยความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ 0 4 6 8 หรือ10 ไมโครลิตร ของน้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่น้ำมันหอมระเหยถูกนำมาวิเคราะห์ด้วย GC/MS กลุ่มสารประกอบส่วนใหญ่เป็น monoterpenes (93.06%) ซึ่งมีออกซิเจน 74.93% และ Hydrocarbonated 18.13% องค์ประกอบที่เหลือเป็นเพียง 6.94% ของน้ำมันหอมระเหย น้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่ส่งผลกระทบต่อช่วงอายุ (จำนวนชุดทดสอบ: 1-7 วัน ชุดควบคุม 2-12 วัน) ของไข่ (10-48 ฟอง/ตัวเมีย 10 ตัว เทียบกับ 437-491 ฟอง/ตัวเมีย 10 ตัว) และวัยเจริญพันธุ์ (66.67-85.00% เทียบกับ 93.75-95.44%) อัตราความสำเร็จของด้วงถั่วเขียวในกลุ่มที่ได้รับการทดสอบมีค่า 0-60.42% เมื่อเทียบกับ 86.35-92.33% ในจำนวนการควบคุม ความเข้มข้นสูงสุดที่ 50% (LC_{50}) และ 99% (CL_{99}) สำหรับการเปิดรับระหว่าง 24 ถึง 120 ชั่วโมง ตั้งแต่ 5.51-2.42 ไมโครลิตรต่อลิตร ถึง 11.24-6.33 ไมโครลิตรต่อลิตร ตามลำดับสำหรับเพศผู้และจาก 6.80-3.04 ไมโครลิตรต่อลิตร ถึง 15.74-7.44 ไมโครลิตรต่อลิตรของเพศเมีย วงจรของจำนวนประชากรได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ค่าเฉลี่ยของช่วงอายุอยู่ที่ 33.83 วัน สำหรับจำนวนชุดควบคุม 36.57 วัน สำหรับจำนวนที่ได้รับการทดสอบ ในขณะที่วงจรอื่น ๆ ทั้งหมดสั้นลง น้ำมันหอมระเหยของโรสแมรี่สามารถใช้ในการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (IPM) ของพืชตระกูลถั่วที่เก็บรักษาไว้โดยไม่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

Jaya *et al*. (2014) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจาก สาบแร้งสาบกา *Ageratum conyzoides* L., หูเสือ *Coleus aromaus* Benth และแมงลักคา *Hyptis suaveolens* (L.) Poit ในการทดสอบกับมอดแป้ง *Tribolium castaneum* Herbst ซึ่งเป็นแมลงในโรงเก็บเมล็ด พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีผลต่อมอดแป้ง *T. castaneum* ในการทดสอบทางการรม โดยน้ำมันหอมระเหยของแมงลักคา *H. suaveolens* และสาบแร้งสาบกา *A. conyzoides* แสดงให้เห็นการตายของแมลงทดสอบสูงสุด 100% ที่ความเข้มข้น 250 ppm ในขณะที่หูเสือ *C. aromaticus* แสดงให้เห็นการตายของแมลงทดสอบสูงสุด 100% ที่ความเข้มข้น 350 ppm และในการทดสอบทางการรมของตัวอย่างข้าวสาลีกับมอดแป้ง *T. castaneum* พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยสาบแร้งสาบกา *A. conyzoides* และหูเสือ *C. aromaticus* มีความเสียหายที่เกิดขึ้นจากมอดแป้ง *T. castaneum* สูงที่สุดที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยแมงลักคา *H. suaveolens* พบความเสียหายของเมล็ดข้าวที่เกิดขึ้นจากมอดแป้ง *T. castaneum* ที่ความเข้มข้น 500 ppm แต่ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าของเมล็ดที่

ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหย ซึ่งแสดงถึงลักษณะที่ไม่เป็นพิษต่อพืช ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้น้ำมันหอมระเหยเหล่านี้เป็นสารฆ่าแมลงศัตรูพืชเพื่อป้องกันการบุกรุกของแมลงในโรงเก็บซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้

Sarar *et al.* (2014) ทดสอบองค์ประกอบทางเคมีและทดสอบความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ *Mentha longifolia* (L.) และลาเวนเดอร์ *Lavandula dentata* (L) (Lamiaceae) ต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) ที่มีอายุ 3-5 วัน โดยพบสารประกอบหลักในน้ำมันสะระแหน่ M. longifolia ได้แก่ สารประกอบ pulegone (74.95%), 1,8-cineole (7.35%), l-menthone (6.62%) และ eucarvone (2.68%) และสารประกอบหลักในน้ำมันลาเวนเดอร์ *L. dentata* ได้แก่ สารประกอบ camphor (61.43%), fenchone (24.3%), d-fenchol (2.15%) และ linalool (1.52%) โดยน้ำมันทั้งสองชนิดมีความเป็นพิษทางการรม มีค่า LC_{50} เท่ากับ 4.43 และ 7.92 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และออกฤทธิ์ต่อ antiacetylcholinesterase ที่ IC_{50} เท่ากับ 1.01 และ 9.74 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้สารจากธรรมชาติเหล่านี้เป็นทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสำหรับเป็นสารกำจัดศัตรูพืช

Pandey *et al.* (2014) ศึกษาฤทธิ์ในการไล่ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีกลิ่นหอมและสมุนไพร 35 ชนิดของ Gorakhpur Division (U. P., India) ต่อด้วงถั่วเหลือง *Callosobruchus chinensis* L. และด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* F. ในโรงเก็บเมล็ดถั่ว ซึ่งพบว่าน้ำมันหอมระเหยเสนียด *Adhatoda vasica* Ness และ เอปาโซเต้ *Chenopodium ambrosioides* L. ที่ความเข้มข้น 0.36 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร มีคุณสมบัติในการไล่แมลงดีที่สุดถึง (100%) น้ำมันเอปาโซเต้ *Chenopodium* ที่ความเข้มข้น 10 ไมโครลิตร มีอัตราการตายสูงสุดที่ 100% สำหรับแมลงทดสอบทั้งสองชนิด โดยอัตราการตายของด้วงถั่วเหลือง *C. chinensis* มีค่า LD_{50} เท่ากับ 2.8 ไมโครลิตร และอัตราการตายของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* มีค่า LD_{50} เท่ากับ 2.5 ไมโครลิตร ซึ่งมีพิษมากกว่าน้ำมันเสนียด *Adhatoda* ต่อด้วงถั่วเหลือง *C. chinensis* ที่มีค่า LD_{50} เท่ากับ 6.8 ไมโครลิตร และต่อด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* ที่มีค่า LD_{50} เท่ากับ 8.4 ไมโครลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันเอปาโซเต้ *Chenopodium* ที่ความเข้มข้น 0.29 และ 0.58 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของแมลงได้อย่างมีนัยสำคัญ ลดความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ รวมทั้ง ลดการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วที่ผ่านการรมได้นานถึง 6 เดือน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้น น้ำมันเอปาโซเต้ *Chenopodium* จึงสามารถใช้เป็นตัวเลือกที่มีประสิทธิภาพของสารรมในเชิงพาณิชย์สำหรับการจัดเก็บเมล็ดถั่วเพื่อป้องกันด้วงถั่วได้

Olajuyigbe and Ashafa (2014) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS การทดสอบ micro broth dilution และฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากใบคอ

สมอส *Cosmos bipinnatus* พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารกลุ่ม monoterpenes (69.62%) และ sesquiterpenes (22.73%) การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียพบน้ำมันมีผลต่อการยับยั้งอย่างมีนัยสำคัญต่อแบคทีเรียทั้งแกรมลบและแกรมบวกที่แยกได้ นอกจากนี้ MIC ของสายพันธุ์ Gram-positive อยู่ในระหว่าง 0.16 ถึง 0.31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่แบคทีเรีย Gramnegative อยู่ในระหว่าง 0.31 ถึง 0.63 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียแกรมบวกมีความอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ สารประกอบหลักส่วนใหญ่ของน้ำมันจากพืชชนิดอื่นมีรายงานว่ามีฤทธิ์ต้านจุลชีพ ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย โดยสามารถนำสารประกอบของน้ำมันต่างๆ มาใช้ร่วมกันได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า คอสมอส *C. bipinnatus* สายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในรัฐอิสระตะวันออกของแอฟริกาใต้ สามารถนำมาใช้เป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรียตามธรรมชาติ และมีการประยุกต์ใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อหลายชนิดที่เกิดจากแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์ และคณะ (2558) ศึกษาฤทธิ์ชีวภาพของผงเมล็ดพริกไทยดำต่อการควบคุมด้วงถั่วเขียว การทดสอบผลของผงเมล็ดพริกไทยดำอัตราความเข้มข้น 0.25 0.5 1 2 และ 4% (w/w) ต่อการควบคุม ด้วงถั่วเขียว โดยประเมินผลจากอัตราการตาย การวางไข่ และการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่ของแมลง รวมทั้งประเมิน ผลกระทบของผงเมล็ดพริกไทยดำต่อความงอกและความเสียหายของเมล็ด หลังการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียวนาน 3 เดือน การทดสอบใช้วิธี grain treatment test ผลการทดสอบพบว่า ผงเมล็ดพริกไทยดำทุกความเข้มข้นมีความเป็นพิษต่อแมลงสูงมาก ทำให้แมลงตาย 95.00-100.00% ในเวลา 4 วัน โดยความเข้มข้น 1 2 และ 4% (w/w) ทำให้แมลงตาย 100.00% ในเวลาเพียง 2 วัน ผงเมล็ดพริกไทยดำยังมีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ และยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่อีกด้วย โดย ความเข้มข้น 4% (w/w) พบการวางไข่ของแมลงน้อยที่สุดเพียง 6.75 ฟอง/เมล็ด 20 กรัม ส่วนชุดควบคุมพบการวางไข่ของ แมลงสูงถึง 116.25 ฟอง/เมล็ด 20 กรัม ผงเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 1 2 และ 4% (w/w) ยังยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ ของแมลง 100.00% นอกจากนี้ยังพบว่า ผงเมล็ดพริกไทยดำทุกความเข้มข้นไม่มีผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดถั่วเขียว และสามารถป้องกันความเสียหายของเมล็ดถั่วเขียวจากการทำลายของแมลงได้นาน 3 เดือน ดังนั้นพริกไทยดำจึงเป็นพืช ที่มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้ควบคุมด้วงถั่วเขียว

Alves *et al.* (2015) ทดสอบน้ำมันหอมระเหยของ กะเพราควาย *Ocimum gratissimum*, โหระพา *O. basilicum*, ตะไคร้หอม *Cymbopogon nardus*, ตะไคร้ *C. citratus*, *Lippia alba*, มินต์ป่า *Mentha arvensis*, มะตูมซาอุ *Schinus terebinthifolius* และ *Cordia verbenacea* ต่อฤทธิ์ทางการรมที่มีศักยภาพในการควบคุมวงจรชีวิตด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC/MS ทดสอบการตาย การวางไข่ และการเกิดเป็นตัวเต็มวัย ของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหย

โหระพา *O. basilicum* พบสารประกอบ linalool (32.8%) และ eugenol (48.1%) ในกะเพรา ควาย *O. gratissimum* พบสารประกอบ eucalyptol (14.8%) และ eugenol (74.5%) ในมิ้นต์ป่า *M. arvensis* พบสารประกอบ menthyl acetate (10%) และ menthol (73.3%) ในตะไคร้หอม *C. nardus* พบสารประกอบ citronellal (50.3%) และ ในตะไคร้ *C. citratus* พบสารประกอบ nerol (10.8%) ใน *L. alba* พบสารประกอบ nerol (75.8%) และ citral (87.1%) ในพืช *C. verbenacea* พบสารประกอบ α-santalene (35.8%) และ β-sinensal (17.7%) และในมะตูมชาอุ *S. terebinthifolius* พบสารประกอบ α-pinene (23,1%), ω-3-carene (32.1%) และ limonene (16.9%) ในการทดสอบทางชีววิทยาพบว่าน้ำมันหอมระเหยมีพิษต่อวงจรชีวิตของด้วงถั่วเขียวในการยับยั้งการวางไข่และการเกิดเป็นตัวเต็มวัยได้มากกว่า 80 และ 98% ตามลำดับ ยกเว้นน้ำมันหอมระเหย *C. verbenacea*

Khater and Samah (2015) การทดสอบการเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยสกัดจากกระดุมทองเลื้อย *Wedelia trilobata* (Fam.: Astracae) และสาระแหน่ *Melissa officinalis* (Fam.: Lamiacae)ในการป้องกันกำจัดมอดแป้งแมลงศัตรูในโรงเก็บ การศึกษาผลกระทบของน้ำมันเหล่านี้ต่อการตายในระยะตัวอ่อน โปรตีนทั้งหมด Aspartate aminotransferase (AST) Alanine aminotransferase (ALT) และการทดสอบของ α amylase โดยใช้ตัวอ่อนระยะสุดท้าย การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันทั้งสองชนิดโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธี GC/MS α-pinene, limonene, α-phellandrene และ β-phellandrene คือสารประกอบสำคัญที่ระบุในน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ในขณะที่ eucalybtol, citronellol, caryophyllene oxide และ carveol trans เป็นสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยสาระแหน่ อัตราการตายของระยะตัวอ่อนมอดแป้ง *T. castaneum* ถูกบันทึกหลัง 24 ชั่วโมง น้ำมันหอมระเหยของกระดุมทองเลื้อย (LC_{50}=6.2%) มีประสิทธิภาพมากกว่าน้ำมันหอมระเหยสาระแหน่ (LC_{50}=16.4%) การทดสอบด้วยความเข้มข้นของสารสกัดจากน้ำมันทั้งสองชนิดมีปริมาณโปรตีนทั้งหมดลดลงและลดความต้านทาน AST ALT และ α amylase ในระยะตัวอ่อน

Forouzan *et al.* (2016) พืชหลายชนิดมีสารที่มีคุณสมบัติฆ่าแมลงและเนื่องจากศัตรูพืชที่สร้างความเสียหายสูงและผลกระทบของสารกำจัดศัตรูพืชโดยใช้ของสารเหล่านี้และน้ำมันหอมระเหยเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการควบคุมศัตรูพืช การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยโกฐจุฬาลัมพา *Artemisia annua* L. ต่อตัวเต็มวัย 3 ชนิดของศัตรูพืชในโรงเก็บที่สำคัญที่สุด คือมอดแป้ง *Tribolium castaneum* (Herbst) ด้วงงวงข้าว *Sitophilus granarius* L. และด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* F. แผนการทดลองแบบ CRD (Completely randomized design) ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ภายใต้ 27±1 องศาเซลเซียส 60±5 R.H. ภายใต้สภาพมืด ผลการทดลองหลังจาก

24 และ 48 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าว่าความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยต่อแมลงศัตรูเหล่านี้ ค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยโกฐจุฬาลัมพา *A. annua* ต่อมอดแป้ง *T. castaneum* ด้วงงวงข้าว *S. granaries* และด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* เท่ากับ 75.528 59.356 และ 56.916 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และสำหรับอะซิโตน 161.564 138.733 และ 123. 119 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ และค่า LC_{25} ของน้ำมันหอมระเหยโกฐจุฬาลัมพา *A. annua* และ Acetone ต่อ มอดแป้ง *T. castaneum* ด้วงงวงข้าว *S. granarius* และ ด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* เท่ากับ 45.808 37.282 และ 32.903 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และ 113.614 91.806 และ 80.862 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ ผลที่เกิดจากการเสริมฤทธิ์ Acetone ในน้ำมันหอมระเหยโกฐจุฬาลัมพา *A. annua* ในการทดสอบการตาย ด้วยเหตุนี้ค่า LC_{25} ของอะซิโตนที่มีการรวมกันของค่า LC_{25} ของน้ำมันหอมระเหยโกฐจุฬาลัมพา *A. annua* ถูกทดสอบกับตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูพืช 3 ชนิด และพบว่า Acetone มีผลต่อความเป็นพิษทางการรมในน้ำมันหอมระเหยโกฐจุฬาลัมพา *A. annua*

ฤชุอร วรรณะ และทศพร โชติศรี (2560) การใช้น้ำมันหอมระเหยพืชสมุนไพรป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย จากพืชสมุนไพร 5 ชนิด คือ เมล็ดผักชี *Coriandrum sativum* Linn., ใบมะกรูด *Citrus hystrix* DC., ใบสะระแหน่ *Mentha cordifolia* Opiz. ต้นขึ้นฉ่าย *Apium graveolens* Linn. และใบกะเพรา *Ocimum sanctum* Linn. ที่มีผลในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว โดยทดสอบการรมฆ่าและยับยั้งการวางไข่ ด้วยวิธี Vapor-Phase Test ที่ความเข้มข้น 6 ระดับ คือ 0 20,000 40,000 60,000 80,000 และ 100,000 ppm บันทึกผลจำนวนการตายที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมงและจำนวนการวางไข่ ของด้วงถั่วเขียวหลังทดสอบที่ 7 วัน พบว่าน้ำมันหอมระเหยขึ้นฉ่ายที่ 100,000 ppm มีประสิทธิภาพในการรมฆ่าด้วง ถั่วเขียวดีที่สุดที่ 72 ชั่วโมง (97.50±5.00% adult mortality) และน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ที่ 100,000 ppm มีประสิทธิภาพ ยับยั้งการวางไข่ดีที่สุดที่ 7 วัน (28.75±1.71% laid eggs)

Baisaenga *et al.* (2017) ศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Propionibacterium granulosum* ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc ที่สกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (hydro-distilled) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* ที่ความเข้มข้น 0.21 ± 0.01% (v/w) ถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/MS พบองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด 112 ชนิด ซึ่งคิดเป็น 62% โดยพบองค์ประกอบหลักที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ monoterpenes, α-pinene (19.5%), α-phellandrene (7.4%), limonene (3.6%), oxazine (3.3%) และ β-pinene (3.1%) พบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ที่ระดับปานกลาง เมื่อเทียบกับสาร Trolox และ gallic acid น้ำมันหอม

ระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* มีฤทธิ์การยับยั้งเชื้อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *P. granulosum* โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (MIC) เท่ากับ 595±206 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อ (MBC) เท่ากับ 1191±413 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่สารในเชิงการค้า 2 ชนิด ได้แก่ clindamycin gel มีค่า MIC เท่ากับ 1.30±0.37 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และค่า MBC เท่ากับ 2.61±0.91 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ benzoyl peroxide gel มีค่า MIC เท่ากับ 52±18 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และค่า MBC เท่ากับ 104±36 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงข้อมูลใหม่เกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำจากใบกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* ซึ่งอาจเป็นทางเลือกใหม่ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ป้องกันสิว

Brari and Thakur (2017) ทดสอบทางชีวภาพในห้องปฏิบัติการของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืช *Zanthoxylum armatum* DC, *Rabdosia rugosa* Wall ex Benth, Artemisia maritima Linn และ *Colebrookea oppositifolia* Sm. โดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) ต่อด้วงถั่ว *Callosobruchus analis* (F.) เพื่อทดสอบการยับยั้งการวางไข่ และการเกิดรุ่นลูก โดยพบว่าจำนวนไข่ที่ได้รับการทดสอบในชุดควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในจำนวนการทดสอบที่แตกต่างของน้ำมันหอมระเหยจากพืช *Z. armatum* ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่สูงสุด เท่ากับ 76.74% (19.15 ± 3.6 ฟอง) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (82.35 ± 4.5 ฟอง) ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากพืช *R. rugosa* และ *A. maritima* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่อยู่ที่ 48.00 ± 3.2 และ 49.52 ± 2.2% ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพการเกิดเป็นตัวเต็มวัย พบว่า น้ำมันจากพืช *R. rugosa* ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร พบว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเกิดเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกที่ 85.48% ตามด้วยน้ำมันจากพืช *A. maritima* มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกที่ 81.67% แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยที่ผ่านการทดสอบทั้งหมดมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายต่อแมลงศัตรูพืช

Oliveira *et al.* (2017) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางการรม และการไล่ของน้ำมันหอมระเหยต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* และเพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบ โดยทดสอบฤทธิ์ทางการรมของน้ำมันจากพืช *Schinus terebinthifolius*, *Piper aduncum, Syzygium aromaum, Piper hispidinervum, Cymbopogon citratus, Cinnamomum zeylanicum* และสารประกอบ eugenol ที่ความเข้มข้นต่างกัน และทดสอบฤทธิ์ทางการไล่ของน้ำมันจากพืช *S. terebinthifolius, P. aduncum, P. hispidinervum, S. aromaum, Jatropha curcas* และ *Ricinus communis* โดยในการทดสอบฤทธิ์ทางการรม พบว่าน้ำมันจากพืช *P. aduncum* มีค่า LC_{50}s สูงสุดและต่ำสุด ที่ 169.50

ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และสารประกอบ eugenol มีค่า LC_{50}s ที่ 0.28 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ในการทดสอบฤทธิ์ทางการไล่ของน้ำมันจากพืช *S. aromaticum* และ *P. hispidinervum* มีประสิทธิภาพการไล่ด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* ได้ และพบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS ทั้งหมด 42 ชนิด ซึ่งพบสารประกอบ safrole เป็นองค์ประกอบหลักของพืช *P. hispidinervum* และสารประกอบ eugenol เป็นองค์ประกอบหลักของพืช *S. aromaum* นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืช *S. aromaum*, *C. zeylanicum* และสารประกอบ eugenol มีแนวโน้มในการควบคุมด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* โดยการรมมากที่สุด

Saeidi and Mirfakhraie (2017) ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการกินของด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* ด้วยสารสกัดจากมิ้นต์ *Mentha piperita* โดยนำพืชแห้งมากลั่นด้วยวิธี การกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) ซึ่งน้ำมันที่ได้มีสารประกอบหลัก ได้แก่ menthone (28.9%), menthol (28.5%) และ pulegone (6.9%) และฤทธิ์ยับยั้งการกินของด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* มีค่า LC_{50} เท่ากับ 25.70 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และพบอัตราการตายเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้น มีค่า LT_{50} เท่ากับ 3.29, 2.74 และ 1.89 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 100 200 และ 500 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ ผลการทดสอบความคงอยู่ของน้ำมันพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากมิ้นต์ *M. piperita* ต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* ที่เวลา 5.44 วันมีคุณสมบัติในการไล่สูงสุด ที่ความเข้มข้น 90 180 และ 360 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยผลการวิจัยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากมิ้นต์ *M. piperita* ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการเจริญเติบโตและดัชนีการยับยั้งการกินของตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* นอกจากนี้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากมิ้นต์ *M. piperita* ทำให้ประสิทธิภาพในการกินอาหารของด้วงถั่วเขียวลดลง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 5% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

Nyamador *et al.* (2017) เป็นศัตรูในโรงเก็บ ถั่วพุ่ม และถั่ว *Bambara groundnuts* วิธีการควบคุมประชากรของพวกเขายังคงใช้สารเคมียาฆ่าแมลงที่มีผลต่อระบบนิเวศน์ทางนิเวศวิทยา จุดมุ่งหมายของงานนี้คือการหาวิธีการอื่นใช้น้ำมันหอมระเหยสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิดที่มีกลิ่นหอม (*Bidens borianiana Chromolaena odorata Cymbopogon giganteus* และ *Cymbopogon nardus*) เพื่อควบคุมศัตรูพืชเหล่านี้ การวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี GC/MS พบความแตกต่างในองค์ประกอบของพวกเขา ส่วนประกอบสำคัญของน้ำมันหอมระเหยจากสองสายพันธุ์ *Poaceae Congeneric*, *C. giganteus* และ *C. nardus* ต่างกันโดยสิ้นเชิง limonene (23.03%), cis-p-mentha-2, 8-dien-1-ol (14.26%) and p-mentha-1(7), 8-dien-2-ol isomer (14.06%)เป็นสารประกอบหลัก *C. Giganteus* น้ำมันในขณะที่ citronellal (30.58%) และ geraniol (23.93%)

ถูกระบุในน้ำมันหอมระเหยของ *C. nardus* ในน้ำมันหอมระเหยของพืชอีกสองชนิดส่วนประกอบสำคัญ ๆ ตามลำดับ geyrene (19.44%), α-pinene (15.96%) และ germacrene D (14.03%) สำหรับน้ำมันหอมระเหย *Chromolaena odorata* และ trans-β-ocimene (31.58%) สำหรับน้ำมันหอมระเหย *Bidens borianiana* การทดสอบความเป็นพิษทำได้โดยการรมเพื่อการอยู่รอดของตัวเต็มวัยและการวางไข่ของด้วงเพศเมีย *C. maculatus* และ *C. subinnotatus* โดยการประเมิน LD_{10} LD_{50} และLD_{90} ของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด การทดสอบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าน้ำมันสกัดเท่านั้นที่สกัดได้จากสายพันธุ์ Cymbopogon มีประสิทธิภาพ น้ำมันหอมระเหยของ *C. giganteus* เป็นพิษมากที่สุดสำหรับตัวเต็มวัยของด้วงทั้งสองชนิดในวงศ์ bruchid ค่า LD_{50} เท่ากับ 20.06 และ 34.62 µL/L ตามลำดับ *C. maculatus* และ *C. subinnotatus* ในขณะที่น้ำมันหอมระเหย *C. nardus* แสดงให้เห็นถึงการรอดชีวิตของไข่ที่ดีที่สุดของด้วงทั้งสองชนิดในวงศ์ bruchid มากกว่า 80% ที่ความเข้มข้นต่ำ (10 ไมโครลิตรต่อลิตร) น้ำมันหอมระเหย ของ *C. giganteus* และ *C. nardus* จึงสามารถใช้น้ำมันหอมระเหยในการควบคุมตัวเต็มวัยและป้องกันการวางไข่ของด้วงเพศเมียทั้งสองชนิด ในถั่วพุ่ม และถั่ว *Bambara groundnuts* ได้

Norazsida *et al*. (2017) ทดสอบปริมาณสารเคมีและคุณสมบัติต้านเชื้อมาลาเรียของน้ำมันที่สกัดจากใบหูเสือ *Plectranthus amboinicus* ในหนูที่ติดเชื้อมาลาเรีย *Plasmodium berghei* โดยสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยการกลั่นด้วยไอน้ำและวิเคราะห์องค์ทางเคมีโดยใช้เทคนิค GC/MS พบสารประกอบทางเคมีที่สำคัญ 5 ชนิด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ทั้งหมด 88.34% ของน้ำมัน ได้แก่ carvacrol (85.14%), thymoquinone (1.65%), terpinen-4-ol (0.70%), octenol (0.62%) และ thymol (0.23%) การทดสอบฤทธิ์ต้านมาลาเรียทำการทดสอบในหนู ICR ที่ติดเชื้อมาลาเรีย *P. berghei* (PZZ1/100) ในระหว่างการติดเชื้อในระยะเริ่มต้นและการติดเชื้อที่ตกค้าง แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยนี้เป็นสารป้องกันโรคที่มีศักยภาพโดยมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมทางเคมี 45.23%, 18.28%, 45.38% และ 58.26% ในขณะที่ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 50, 200, 400 และ 1,000 ไมโครลิตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และเชื้อโรคที่ทำการทดสอบมีเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งที่ 54.10%, 47.35%, 56.75% และ 65.38% ตามลำดับ ซึ่งในการทดสอบนี้ไม่มีการทดสอบการยับยั้งปรสิตในเลือด จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า น้ำมันที่สกัดจากใบหูเสือ *P. amboinicus* มีผลในการป้องกันและรักษาโรคมาลาเรีย *P.berghei* ในหนูได้

Sousa *et al*. (2018) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์ต้านการอักเสบและต้านเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากใบ และช่อดอก ของบัวตอง *Tithonia diversifolia* ผลของน้ำมันหอมระเหยจากการวิเคราะห์โดยเทคนิค GC- FID และ GC-MS พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบและช่อดอก ของบัวตอง *T. diversifolia* (EOL และ EOI ตามลำดับ) มีสารประกอบหลักคือ α-

pinene และ β-pinene โดยทั้ง EOL และ EOI แสดงคุณสมบัติต่อต้านการก่อมะเร็งที่มีศักยภาพที่ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 0.5 และ 2.5% โดยปริมาตร ตามลำดับ คล้ายกับยาต้านการอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ น้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดสามารถยับยั้งอาการบวมน้ำ แต่ไม่ยับยั้งการสร้างเซลล์ใหม่ นอกจากนี้ EOI แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพที่มีศักยภาพต่อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคมากกว่า EOLและ น้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดยังสามารถยับยั้งการผลิต *Streptococcus mutans* ได้อย่างมีนัยสำคัญ ในความเข้มข้นที่ไม่เป็นพิษต่อไฟโบรบลาสต์เหงือกของมนุษย์ (EOL พบความเข้มข้นตั้งแต่ 25 ถึง 125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ EOI พบความเข้มข้นจาก 25 ถึง 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

Wahba *et al*. (2018) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นพิษทางการรม และการเสริมฤทธิ์ความเป็นพิษของสารประกอบโมโนเทอร์พีนอยด์ 4 ชนิด ได้แก่ eugenol, isoeugenol, carvacrol และ thymol ต่อด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* (F) โดยทำการศึกษาลักษณะทางชีวภาพหลังการทดสอบด้วยสารประกอบโมโนเทอร์พีนอยด์ ได้แก่ จำนวนการวางไข่ การออกเป็นตัวเต็มวัย เปอร์เซ็นต์การวางไข่ที่ฟักออกมาเป็นตัวเต็มวัย และเปอร์เซ็นต์การเกิดเป็นตัวเต็มวัย และศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเมล็ดหลังจากการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นแรก พบความเป็นพิษทางการรมสารประกอบ eugenol และ carvacrol หลังจากเวลาสัมผัส 72 ชั่วโมง มีค่าความเป็นพิษสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 34.58 และ 37.34 มิลลิกรัมต่อลิตรในอากาศ ตามลำดับ ในขณะที่ thymol มีความเป็นพิษปานกลางโดยมีค่า LC_{50} 45.32 มิลลิกรัมต่อลิตรในอากาศ สำหรับการเสริมฤทธิ์ด้วยการทดสอบในเมล็ดถั่วที่รมด้วยสารประกอบโมโนเทอร์พีนอยด์เป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์พบว่า สารประกอบ thymol และ carvacrol มีค่าความเป็นพิษสูงสุด โดยมี LC_{50} เท่ากับ 0.46 และ 0.53 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ตามด้วยสารประกอบ eugenol (1.75 มิลลิกรัมต่อกรัม) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารประกอบ isoeugenol เป็นสารที่มีประสิทธิภาพต่ำสุด นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบ thymol มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเสริมฤทธิ์กับเมล็ดมากกว่าการทดสอบความเป็นพิษทางการรม ในทางตรงกันข้ามสารประกอบ eugenol มีฤทธิ์ทางการรมมากกว่าวิธีการเสริมฤทธิ์ และพบว่าสารประกอบ isoeugenol มีฤทธิ์ฆ่าแมลงต่ำที่สุดเมื่อทดสอบโดยวิธีการทดสอบทั้งสองวิธี จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารประกอบโมโนเทอร์พีนอยด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้ จำนวนการวางไข่ การออกเป็นตัวเต็มวัย เปอร์เซ็นต์การวางไข่ที่ฟักออกมาเป็นตัวเต็มวัย และเปอร์เซ็นต์การเกิดเป็นตัวเต็มวัยลดลง นั่นหมายถึงสารประกอบโมโนเทอร์พีนอยด์มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* ซึ่งอาจดีกว่าสารฆ่าแมลงอื่นๆ ในการควบคุมแมลงในโรงเก็บ

Hsu and Ho (2019) ศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันโรคราน้ำค้างบนกระดาษของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ *Plectranthus amboinicus* (Lour.) ที่กลั่นด้วยน้ำ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-FID และ GC-MS ผลการวิเคราะห์พบสารประกอบทั้งหมด 43

ชนิด คิดเป็น 99.5% โดยมีสารประกอบหลัก ได้แก่สาร carvacrol (50.0%), γ-terpinene (13.1%) และ β-caryophyllene (11.3%) โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ *P. amboinicus* มีฤทธิ์ต้านโรครานำ้ค้างได้ดีที่สุด มีค่า MIC เทียบกับ *Aspergillus clavatus*, *A. niger*, *Cladosporium cladosporioides*, *Chaetomium globosum*, *Myrothecium verrucaria*, *Penicillium citrinum* และ *Trichoderma viride* เท่ากับ 100, 200, 75, 75, 100, 150 และ 150 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ *P. amboinicus* ออกเป็น 6 อนุพันธ์ (PO1-PO6) พบว่าอนุพันธ์ PO2 มีผลต้านโรครานำ้ค้างข้างต้นได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสามารถยับยั้งได้ถึง 100% ยกเว้น *A. niger* ซึ่งสามารถยับยั้งได้เพียง 75.8% และพบว่าสาร Carvacrol เป็นสารประกอบหลักของ PO2 ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราดีที่สุด จากการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ *P. amboinicus* และสาร carvacrol แสดงให้เห็นว่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อราบนกระดาษได้ดีที่สุดจึงควรศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป

Wanna and Kwang-Ngoen (2019) ทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากหูเสือ *Plectranthus amboinicus* และประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* ด้วยวิธี impregnated filter paper และทดสอบแบบ vapor-phase โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 4 ซ้ำ โดยทดสอบฤทธิ์ในการสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 6 ระดับ 0 300 600 900 1,200 และ 1,500 ppm และทดสอบฤทธิ์ทางการรมที่ความเข้มข้น 6 ระดับ 0 3 6 9 12 และ 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ทำการทดลองทั้งหมดในสภาพห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิ 30±2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% และช่วงแสง 16L:8D บันทึกผลการตายด้วงถั่วเขียวหลังการทดสอบที่ 24 ถึง 168 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือ *P. amboinicus* ที่ความเข้มข้น 1,200 ppm มีประสิทธิภาพความเป็นพิษทางการสัมผัสดีที่สุดต่อด้วงถั่วเขียว ที่ 168 ชั่วโมง และฤทธิ์ทางการรมพบว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือ *P. amboinicus* ที่ความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีประสิทธิภาพความเป็นพิษทางการรมต่อด้วงถั่วเขียวดีที่สุด ที่ 72 ชั่วโมง (100% adult mortality) ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือ *P. amboinicus* มีศักยภาพสูงในการฆ่าแมลงและในการควบคุมด้วงถั่วเขียว ดังนั้นจึงอาจใช้น้ำมันหอมระเหยของหูเสือ *P.* amboinicus เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการป้องกันเมล็ดพืชจากแมลงศัตรูในโรงเก็บ

Wanna and Krasaetep (2019) ศึกษองค์ประกอบทางเคมีและความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ *Plectranthus amboinicu* (Lour.) ต่อด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky โดยวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยโดยเทคนิค Gas Chromatograph-Mass Spectrometer (GC-MS) และประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด

S. zeamais ด้วยวิธี impregnated filter paper และทดสอบแบบ vapor-phase tests วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 4 ซ้ำ โดยทดสอบความเป็นพิษทางการสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais* ที่ 6 ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ 0 5,000 10,000 15,000 20,000 และ 25,000 ppm และทดสอบความเป็นพิษทางการรมที่ความเข้มข้น 6 ระดับ ได้แก่ 0 50100150200 และ 250 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศบันทึกผลจำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่ 24 ถึง 168 ชั่วโมง พบสารประกอบหลักในน้ำมัน ได้แก่ carvacrol (40.49%), caryophyllene (16.76%), Ç-terpinene (11.61%), o-Cymene (8.50%), humulene (5.88%), caryophyllene oxide (2.75), p-mentha -1,4 (8) -diene (2.17%) และ terpinen-4-ol (1.19%) และน้ำมันหอมระเหยของใบหูเสือ *P. amboinicu* ที่ความเข้มข้น 25,000 ppm และ 250 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศตามลำดับ มีความเป็นพิษทางการสัมผัสสูงสุดที่เวลา 120 ชั่วโมง และความเป็นพิษทางการรมที่เวลา 72 ชั่วโมง ต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais* โดยมีอัตราการตายของตัวเต็มวัย 100% ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยของใบหูเสือ *P. amboinicu* มีศักยภาพในการจัดการประชากรด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais*

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการปฏิบัติการ

3.1.1 สิ่งมีชีวิตในการทดลอง

1) ด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus*

2) เมล็ดถั่วเขียว *Vigna radiata*

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1) ถังพลาสติกทรงกระบอกพร้อมฝาปิด (เส้นผ่าศูนย์กลาง 8.5 เซนติเมตร × สูง 17.5 เซนติเมตร)

2) ขวดแก้วขนาดใหญ่พร้อมฝาปิด (เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร× สูง 10.5 เซนติเมตร)

3) ขวดแก้วขนาดเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร × สูง 5 เซนติเมตร)

4) ขวดพลาสติกพร้อมฝาปิด (เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร × สูง 17 เซนติเมตร)

5) จานเพาะเลี้ยงเชื้อ (Petri dish) (เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร)

6) ไมโครปิเปต (Micropipette) 20 100 และ 1,000 ไมโครลิตร

7) ไมโครปิเปตทิป (Micropipette tip) ขนาด 200 และ 1,000 ไมโครลิตร

8) กระดาษกรอง เบอร์ 4 (Whatman No.4) (เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร)

9) บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร

10) กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo microscopes) พร้อมชุดถ่ายภาพ

11) ขวดแก้วสีชาพร้อมฝาปิด (Amber glass bottle)

12) หลอดหยดสาร (Dropper)

13) หลอดทดลองขนาดเล็ก (Test tube) ขนาด 12 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร

14) คีมปากคีบปลายตรง (Forceps) ขนาด 4.5 นิ้ว

15) ท่อพลาสติกขนาดเล็ก plastic tube (เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร × ยาว 15 เซนติเมตร)

16) ตะแกรงร่อน (Sieve) เบอร์ 23 (ขนาดความกว้างช่อง 2.57 มิลลิเมตร)

17) กระดาษเพาะเมล็ด (Germinet paper กว้าง 25 เซนติเมตร x ยาว 30 เซนติเมตร)

18) อุปกรณ์เครื่องเขียนสำหรับบันทึกข้อมูล เช่น ปากกา สมุดบันทึก เป็นต้น

19) อุปกรณ์สำหรับตัดและหั่นพืช ได้แก่ มีด กรรไกร เขียง

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องมือ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer (GC-MS)

2) เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบละเอียด (Analytical Balance) ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3) เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil distillation) ระบบต้มกลั่น

3.1.4 น้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในการวิจัย

1) น้ำมันหอมระเหยหูเสือ *Plectranthus amboinicus* บริสุทธิ์ 100%

2) น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย *Wedelia trilobata* บริสุทธิ์ 100%

3.1.5 สารเคมี

1) ตัวทำละลายอะซิโตน (acetone) ความเข้มข้น 100%

3.2 การเตรียมน้ำมันหอมระเหย

การรวบรวมพืชทดลองใบหูเสือและกระดุมทองเลื้อย โดยเก็บใบสดคู่ที่ 4 5 และ 6 ในช่วงเวลาเช้าจากสวนบ้านยางสาว ตำบลศรีมงคล อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ในเดือนกันยายน-ตุลาคม 2561 พิกัดพื้นที่ ละติจูดที่ 15 องศา 50 ลิปดา 11.1 ฟิลิปดา เหนือ ลองกิจูดที่ 100 องศา 49 ลิปดา 19.8 ฟิลิปดา ตะวันออก ((DMS):15° 50’11.1”N 100° 49’19.8”E) โดยมีวิธีสกัดดังนี้

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจะใช้วิธีสกัดแบบการกลั่นด้วยน้ำ (Water Distillation) โดยใช้ใบสดของหูเสือและกระดุมทองเลื้อยคู่ที่ 4 5 และ 6 ชนิดละ 3 กิโลกรัม หั่นย่อยเป็นชิ้นขนาดเล็กใส่ขวดแก้วทรงกลม โดยใช้ใบสดหูเสือจำนวน 200 กรัม เติมน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร และใบสดกระดุมทองเลื้อยจำนวน 150 กรัม เติมน้ำกลั่น 1500 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้ากระบวนการกลั่นด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งการกลั่นด้วยวิธีนี้ พืชที่ใช้กลั่นต้องจุ่มอยู่ในน้ำ ความร้อนจะทำให้น้ำกลายเป็นไอแล้วพาน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในใบพืชไปควบแน่นที่คอนเดนเซอร์ แล้วตกลงมารวมกันที่กระเปาะแก้วรองรับน้ำมันหอมระเหย หลังจากกระบวนการกลั่นด้วยน้ำร้อนจะได้น้ำมันหอมระเหยลอยตัวอยู่เหนือน้ำ นำส่วนของน้ำมันหอมระเหยไปทำให้บริสุทธิ์โดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แยกน้ำมันหอมระเหยที่ได้ใส่ไว้ในขวดสีชาแล้วนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.3 การเตรียมด้วงถั่วเขียว

นำตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวที่ได้รับความอนุเคราะห์จากนางสาวรุ่งทิวา พันธมูล จากโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ตำบลโคกเพชรพัฒนา อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง 30±5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เมล็ดถั่วเขียวปริมาณ 1 กิโลกรัม เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงแมลง เลือกตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย จำนวน

15 คู่ นำมาปล่อยเลี้ยงในถังพลาสติกทรงกระบอก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร × สูง 30 เซนติเมตร) เป็นเวลา 7 วัน แล้วใช้ตะแกรงร่อนเอาตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวออกให้หมด เก็บเมล็ดถั่วเขียวที่มีไข่ของด้วงถั่วเขียวในภาชนะเดิม แบ่งแยกใส่กระปุกพลาสติกทรงกระบอก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร × สูง 11 เซนติเมตร) จนกระทั่งไข่ฟักและพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย นำตัวเต็มวัยของรุ่นลูกที่มีอายุ 5 วัน มาใช้ในการทดสอบต่อไป

3.4 วิธีการศึกษา

แบ่งการทดลองออกเป็น 7 การทดลอง คือ 1) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย 2) ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยต่อด้วงถั่วเขียว 3) ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยกำจัดด้วงถั่วเขียว 4) ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว 5) ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 6) ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 7) ผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

นำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากส่วนใบของหูเสือและกระดุมทองเลื้อยความเข้มข้น 100% ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer รุน Clarus 680 (PerkinElmer USA) คอลัมน์เป็นชนิด Rtx-5MS capillary ยาว 30 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร หนา 1 ไมโครเมตร โดยฉีดน้ำมันหอมระเหยแบบ Split mode (split ratio, 1:100 v/v) ความเข้มข้น 100,000 ppm ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นก๊าซตัวพาที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของ injector 280 องศาเซลเซียส ที่สภาวะคอลัมน์ ใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 45 องศาเซลเซียส คงที่เป็นเวลา 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียส ต่อนาที จนถึง 200 องศาเซลเซียส คงที่เป็นเวลา 5 นาที ที่สภาวะของแมสสเปกโทรเมตรี electron impact mode เท่ากับ 70 eV ใช้ mass analyzer เป็น quadrupole อุณหภูมิ detector เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส สัดส่วนมวลต่อประจุ (m/z) เท่ากับ 40-1000 amu. บ่งชี้คุณลักษณะของสารโดยการเปรียบเทียบสเปกตรัมกับ National Institute of Standard and Technology (NIST) Mass Spectral Search Program และ Chemstation Wiley Spectral Library โดยเทียบเคียงกับสารที่มี mass spectra ของสารที่มี quality match มากกว่า 80%

2) ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยต่อด้วงถั่วเขียว

การศึกษาความเป็นพิษ LC_{50} ทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากวัชพืชหูเสือและกระดุมทองเลื้อยต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว ทดสอบโดยวิธี vapor-phase test ดำเนินการในขวดทดสอบทางการรมที่ปิดสนิท (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร × สูง 10.5 เซนติเมตร) จำนวน 4 ซ้ำ เตรียมสารละลายน้ำมันหอมระเหยหูเสือ 6 ระดับความเข้มข้น คือ 0 (acetone) 3 6 9 12 และ 15 µL/L air และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 6 ระดับความเข้มข้น คือ 0 (acetone) 600 1,200 1,800 2,400 และ 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยใช้ตัวทำละลายอะซิโตน (acetone) ความเข้มข้น 100% ในการเจือจาง จากนั้นหยดสารละลายน้ำมันหอมระเหย จำนวน 100 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรองเบอร์ 4 ขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร × ยาว 5 เซนติเมตร สำหรับ 0 (acetone) หยดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนความเข้มข้น 100% ปล่อยให้กระดาษกรองแห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที นำแผ่นกระดาษกรองดังกล่าวใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร × สูง 5 เซนติเมตร) ซึ่งห้อยอยู่ที่กลางฝาของขวดทดสอบทางการรม พร้อมปิดฝาขวดทดสอบทางการรมให้สนิท ภายในขวดทดสอบทางการรมจะเกิดไอระเหยของน้ำมันหอมระเหย จากนั้นทำการปล่อยตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว (อายุ 5 วัน) จำนวน 10 คู่/ซ้ำ

3) ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยกำจัดด้วงถั่วเขียว

ฤทธิ์การเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากหูเสือและกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อด้วงถั่วเขียว ด้วยวิธี vapor-phase test ในขวดทดสอบทางการรมที่ปิดสนิท (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร× สูง 10.5 เซนติเมตร) วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 4 ซ้ำ โดยเตรียมสารละลายน้ำมันหอมระเหยหูเสือ 6 ระดับความเข้มข้น คือ 0 (acetone) 3 6 9 12 และ 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 6 ระดับความเข้มข้น คือ 0 (acetone) 600 1,200 1,800 2,400 และ 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยใช้ตัวทำละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 100% ในการเจือจาง จากนั้นหยดสารละลายน้ำมันหอมระเหยจำนวน 100 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรองเบอร์ 4 (ขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร× ยาว 5 เซนติเมตร) สำหรับ 0 (acetone) หยดด้วยตัวทำละลาย อะซิโตน ความเข้มข้น 100% ปล่อยให้กระดาษกรองแห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที นำแผ่นกระดาษกรองดังกล่าวใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร × สูง 5 เซนติเมตร) ซึ่งห้อยอยู่ที่กลางฝาของขวดทดสอบทางการรม พร้อมปิดฝาขวดให้สนิท จากนั้นทำการปล่อยตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว (อายุ 5 วัน) จำนวน 10 คู่/ซ้ำ

4) ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

ฤทธิ์การเป็นสารรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยจากหูเสือและกระดุมทองเลื้อยต่อด้วงถั่วเขียว ทดสอบด้วยวิธี vapor-phase test แบบมีทางเลือก (choice test) ในชุดขวดทดสอบการรมไล่ ประกอบด้วยขวดพลาสติก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร × สูง 17 เซนติเมตร) จำนวน 2 ขวด คือ ขวดทดสอบและขวดทางเลือก ที่มีการเจาะรูด้านล่างของขวดสำหรับใส่ท่อพลาสติกขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร × ยาว 15 เซนติเมตร) เพื่อใช้เป็นทางเชื่อมระหว่างขวดทดสอบและขวดทางเลือก ทำการเจาะช่องเปิดตรงกลางท่อทางเชื่อมไว้สำหรับปล่อยตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว โดยมีท่อเลื่อนสำหรับเปิดปิดป้องกันด้วงถั่วเขียวหลบหนี วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 4 ซ้ำ โดยเตรียมสารละลายน้ำมันหอมระเหยหูเสือ 6 ระดับความเข้มข้น คือ 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 6 ระดับความเข้มข้น คือ 100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยใช้ตัวทำละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 100% ในการเจือจาง ทำการเตรียมชุดขวดทดสอบการรมไล่ โดยหยดสารละลายน้ำมันหอมระเหยจำนวน 100 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรองเบอร์ 4 (ขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร × ยาว 5 เซนติเมตร) ปล่อยให้กระดาษกรองแห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที นำแผ่นกระดาษกรองดังกล่าวใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร × สูง 5 เซนติเมตร) ซึ่งห้อยอยู่ที่กลางฝาของขวดทดสอบ พร้อมปิดฝาขวดทดสอบให้สนิท สำหรับขวดทางเลือก กระดาษกรองถูกหยดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนความเข้มข้น 100% จากนั้นทำการปล่อยด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย (อายุ 5 วัน) จำนวน 10 คู่/ซ้ำ ลงในช่องเปิดตรงกลางของท่อทางเชื่อมระหว่างขวดทดสอบและขวดทางเลือกพร้อมเลื่อนปิดช่องเปิดดังกล่าวให้สนิท

5) ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

ฤทธิ์การเป็นสารยับยั้งการวางไข่ของน้ำมันหอมระเหยจากหูเสือและกระดุมทองเลื้อยต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยเพศเมีย ทดสอบด้วยวิธี Vapor-phase test ในขวดทดสอบที่ปิดสนิท (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร× สูง 10.5 cm) วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ เตรียมสารละลายน้ำมันหอมระเหยหูเสือ 8 ระดับความเข้มข้น คือ control 0(acetone) 0.2 0.4 0.6 0.8 1 และ 1.2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 7 ระดับความเข้มข้น คือ control 0(acetone) 200 400 600 800 และ 1000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยใช้ตัวทำละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 100% เจือจาง จากนั้นหยดสารละลายน้ำมันหอมระเหยจำนวน 100 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรองเบอร์ 4 (ขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร × ยาว 5 เซนติเมตร) ปล่อยให้กระดาษกรองแห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที นำแผ่นกระดาษกรองดังกล่าว

ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็กที่ห้อยอยู่กลางฝาของขวดแก้วทดสอบ ปล่อยตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวเพศเมียอายุ 5 วัน 240 ตัว พร้อมปิดฝาขวดแก้วทดสอบให้สนิท ทำการรมด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยเพศเมียนาน 7 วัน จากนั้นนำด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยเพศเมียที่ผ่านการรมมาจับคู่กับด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยเพศผู้ที่ไม่ได้ผ่านการรมสารละลายน้ำมันหอมระเหย 1 คู่/ซ้ำ ปล่อยลงเลี้ยงในขวดแก้วที่มีเมล็ดถั่วเขียวใหม่บรรจุ 10 กรัม/ขวด สำหรับชุดควบคุม (control) ใช้กระดาษกรองเปล่าใส่ขวดแก้วขนาดเล็กและจับคู่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยโดยใช้ทั้งเพศเมียและเพศผู้ที่ไม่ผ่านการรมด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหย หลังการผสมพันธุ์และวางไข่ครบ 3 วัน ทำการแยกตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวออกจากขวดแก้ว

6) ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว

ดำเนินการทดสอบต่อเนื่องจากการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว หลังด้วงถั่วเขียวเพศเมียผสมพันธุ์และวางไข่เป็นเวลา 3 วันแล้ว ให้ทำการแยกตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวออกจากขวดทดสอบ คัดเลือกเมล็ดถั่วเขียวที่มีไข่ติดที่ผิวเมล็ดและนำเฉพาะเมล็ดดังกล่าวใส่ลงในภาชนะเดิม และนำมาเก็บรักษาไว้ที่สภาพห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 วัน

7) ผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว

นำเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านการรมด้วยกรรมวิธีของน้ำมันหอมระเหยหูเสือมี 9 ระดับความเข้มข้น คือ control 0(acetone) 1 3 5 7 9 12 และ 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับกรรมวิธีของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยมี 8 ระดับความเข้มข้น คือ control 0(acetone) 600 1,200 1,800 2,400 3,000 และ 3,600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ เจือจางด้วยตัวทำละลายอะซิโตน โดยกรรมวิธี acetone เป็นชุดควบคุม (control) วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยชั่งน้ำหนักของเมล็ดก่อนและหลังการทดสอบด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง เพื่อตรวจสอบการสูญเสียน้ำหนักของการทดสอบในแต่ละกรรมวิธี และสำหรับการทดสอบความงอกของเมล็ดถั่วเขียวโดยใช้กระดาษเพาะเมล็ด (Germinet paper กว้าง 25 เซนติเมตร x ยาว 30 เซนติเมตร) ใช้เมล็ดถั่วเขียว จำนวน 50 เมล็ด/ซ้ำ แบ่งกระดาษเป็น 3 ส่วน พับส่วนที่ 1 และ 2 เข้าหากัน แล้วนำไปชุบด้วยน้ำกลั่นให้เปียกทั่วทั้งแผ่น นำเมล็ดวางไว้บนกระดาษเพาะส่วนที่พับเข้าหากัน แล้วปิดทับด้วยกระดาษเพาะส่วนที่เหลือ หลังจากนั้นม้วนกระดาษเพาะตามแนวกว้างอย่างหลวมๆ ใส่ในถุงพลาสติกขนาดกว้าง 6 นิ้ว x 12 นิ้ว มัดปิดปากถุงด้วยหนังยางหลวม ๆ วางในแนวตั้งใน

ตะกร้า ในสภาพอุณหภูมิห้องที่ 30±5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน

3.5 การบันทึกข้อมูล

3.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ และกระดุมทองเลื้อย ที่อ่านค่าได้และประมวลผลบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบกราฟและตารางบันทึกข้อมูลชนิดองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

3.5.2 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยต่อด้วงถั่วเขียว โดยการบันทึกจำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบที่ 24 48 และ72 ชั่วโมง

3.5.3 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหย โดยการนับจำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบที่เวลาทุก 6 ชั่วโมง และต่อเนื่องเป็นเวลา 168 ชั่วโมง

3.5.4 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหย โดยการนับจำนวนด้วงถั่วเขียวที่พบในแต่ละด้านของขวดทดสอบและขวดทางเลือก (ตัว) หลังการทดสอบที่เวลาทุก 6 ชั่วโมง และต่อเนื่องเป็นเวลา 168 ชั่วโมง

3.5.5 ประสิทธิภาพทางการรมยับยั้งการวางไข่ของน้ำมันหอมระเหย โดยนับจำนวนไข่ของด้วงถั่วเขียวที่ติดอยู่บนผิวของเมล็ดถั่วเขียวที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย หลังการรมทดสอบเป็นเวลา 3 วัน

3.5.6 ประสิทธิภาพทางการรมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยของน้ำมันหอมระเหย โดยนับจำนวนของด้วงถั่วเขียวที่ออกมา หลังการทดสอบยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย เป็นเวลา 20 วัน

3.5.7 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนักและความงอกของเมล็ดถั่ว ประเมินการสูญเสียน้ำหนักและการงอกของเมล็ด หลังการรมทดสอบเป็นเวลา 7 วัน

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 วิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ และกระดุมทองเลื้อย ที่ได้จากการอ่าน Retention time และ ค่า %Area จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

3.6.2 วิเคราะห์ความเป็นพิษทางการรม LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อด้วงถั่วเขียว และหาค่า CL (Confidence Limit) ด้วยวิธี Probit analysis และวิเคราะห์อัตราการตาย โดยปรับค่า Abbott's formula สูตรคำนวณ: [(Nc/Nt)]x100 เมื่อ Nc คือ จำนวนด้วงถั่วเขียวที่ตาย Nt คือ จำนวนด้วงถั่วเขียวที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด

3.6.3 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจำนวนการตายและเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียว โดยใช้สูตร [(Nc/Nt)]x100 เมื่อ Nc คือ จำนวนด้วงถั่วเขียวที่ตาย Nt คือ จำนวนด้วงถั่วเขียวที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด หากปรากฏอัตราการตายของด้วงถั่วเขียวในกรรมวิธีควบคุมอยู่ในช่วง 5-20% จะต้องนำ

อัตราการตายของด้วงถั่วเขียวในแต่ละกรรมวิธีมาปรับค่าด้วย Abbott's formula และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ F-test โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.6.4 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงที่พบและเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียว โดยใช้สูตร PR (%repellency) = [(Nc-Nt)/(Nc+Nt)] x 100 เมื่อ Nc คือ จำนวนด้วงถั่วเขียวที่พบในฝั่งของขวดทางเลือก (ตัว) และ Nt คือ จำนวนด้วงถั่วเขียวที่พบในฝั่งของขวดทดสอบ (ตัว) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ F-test โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.6.5 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่และเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่ที่พบบนเมล็ดถั่วเขียว โดยใช้สูตร % egg inhibition= [(Nc-Nt)/Nc]x100 เมื่อ Nc คือ จำนวนไข่ที่พบในชุดควบคุม (ฟอง) และ Nt คือ จำนวนไข่ที่พบในชุดทดสอบ (ฟอง) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.6.6 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัยที่ออกมาและเปอร์เซ็นต์การออกเป็นตัวเต็มวัย โดยใช้สูตร % emerge adult inhibition = [(Nc-Nt)/Nc]x100 เมื่อ Nc คือ จำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกทั้งหมดที่พบในชุดควบคุม (ตัว) และ Nt คือ จำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกทั้งหมดที่พบในชุดทดสอบ (ตัว) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.6.7 วิเคราะห์หาร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) และร้อยละการงอก (% germination) ของเมล็ดถั่วเขียว โดยใช้สูตร % WL (weight loss) = [(Iw-Fw)/Iw]x100 เมื่อ Iw = น้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวก่อนทดสอบ (กรัม) และ Fw = น้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวหลังการทดสอบ (กรัม) และสูตร % germination= (จน. เมล็ดถั่วเขียวที่งอก(เมล็ด)/(จน. เมล็ดถั่วเขียวทั้งหมด(เมล็ด))x100

3.7 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

3.8 ระยะเวลาทำการวิจัย

ระหว่างเดือน มิถุนายน 2561 ถึง เดือน กันยายน 2563

3.9 ตารางการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2561				พ.ศ. 2562				พ.ศ. 2563			
	มีค.	มิย.	กย.	ธค.	มีค.	มิย.	กย.	ธค.	มีค.	มิย.	กย.	ธค.
1.จัดทำเค้าโครงวิทยานิพนธ์												
2.เตรียมด้วงถั่วเขียว												
3.จัดทำน้ำมันหอมระเหย												
4.ดำเนินการทดลอง												
5.วิเคราะห์ข้อมูล												
6.เขียนวิทยานิพนธ์												
7.นำเสนอวิทยานิพนธ์												

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปราย

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืช

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยใบหูเสือ และกระดุมทองเลื้อยที่สกัดได้จากส่วนของใบคู่ที่ 4 5 และ 6 ด้วยวิธีสกัดแบบการกลั่นด้วยน้ำ (Water Distillation) ความเข้มข้น 100% ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer ซึ่งบ่งชี้คุณลักษณะของสารโดยการเปรียบเทียบสเปกตรัมกับ National institute of standard and technology (NIST) Mass spectral search program และ Chemstation wiley spectral library โดยเทียบกับสารที่มี Mass spectra ของสารที่มี % quality match มากกว่า 80%

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ *P. amboinicus* ในห้องปฏิบัติการ พบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญทั้งหมด 30 ชนิด (ตาราง 1) ซึ่งพิจารณาจากจุดที่ได้ค่า peak สูงสุด เมื่อจำแนกโดยใช้ระบบ IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) พบกลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือมากที่สุด คือสารในกลุ่ม Hydrocarbon และ Alcohol โดยมี 14 และ 13 ชนิด ตามลำดับ รองลงมาคือสารในกลุ่ม Oxide จำนวน 2 ชนิด และสารในกลุ่ม Ester จำนวน 1 ชนิด จากการวิเคราะห์พบสาร carvacrol (71.41%) เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญและมีปริมาณสูงสุด รองลงมา คือ สาร caryophyllene (7.19%), p-cymene (4.46%), caryophyllene oxide (3.52%), trans-alpha-bergamotene (2.53%), humulene (2.26%) และ terpinolene (2.16%) ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบสารองค์ประกอบอื่น ๆ ของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือที่ให้ค่า %area น้อยกว่า 1% จำนวน 23 ชนิด ได้แก่ 3-hexenol (0.20%), 3-octenol (0.33%), alpha-myrcene (0.19%), alpha-terpinene (0.35%), D-limonene (0.07%), linalool (0.06%), 2-p-menthen-1-ol (0.14%), trans-sabinene hydrate (0.19%), dihydrocarveol (0.09%), terpinen-4-ol (0.32%), (5-isopropyl-2-methyl-1-cyclopenten-1-yl) methanol (0.09%), alpha-famesene (0.07%), alpha-muurolene (0.18%), alpha-bisabolene (0.14%), isolongifolol (0.65%) caryophylladienol ll (0.11%), (1R,7S,E)-7-isopropyl-4,10-dimethylenecyclodec-5-enol (0.53%), ledene oxide-(ii) (0.34%), naphthalene,

1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydro-4a-methyl- (0.12%), neophytadiene (0.07%) phytol (0.14%), ethyltetramethylcyclopentadiene (0.06%), pregnenolone acetate (0.08%) ตามลำดับ

ตาราง 1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer

ลำดับที่	ชื่อสารประกอบที่พบ	กลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมี	สูตรเคมี	RI	%Area
1	3-hexen	Alcohol	$C_6H_{12}O$	3.485	0.20
2	3-octenol	Alcohol	$C_8H_{16}O$	6.252	0.33
3	alpha-myrcene	Hydrocarbon	$C_{10}H_16$	6.432	0.19
4	alpha-terpinene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	7.303	0.35
5	p-cymene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{14}$	7.731	4.46
6	D-limonene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	7.781	0.07
7	terpinolene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	8.832	2.16
8	linalool	Alcohol	$C_{10}H_{18}O$	10.173	0.06
9	2-p-menthen-l-ol	Alcohol	$C_{10}H_{18}O$	13.330	0.14
10	trans-sabinene hydrate	Alcohol	$C_{10}H_{18}O$	13.986	0.19
11	dihydrocarveol	Alcohol	$C_{10}H_{18}O$	14.289	0.09
12	terpinen-4-ol	Alcohol	$C_{10}H_{18}O$	14.526	0.32
13	(5-isopropyl-2-methyl-1-cyclopenten-1-yl)methanol	Alcohol	$C_{10}H_{18}$	15.239	0.09
14	carvacrol	Alcohol	$C_{10}H_{14}O$	20.656	71.41
15	caryophyllene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	23.801	7.19
16	trans-bergamotene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	24.214	2.53
17	humulene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	25.025	2.26
18	alpha-famesene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	25.951	0.07
19	alpha-muurolene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.518	0.18
20	alpha-bisabolene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.894	0.14
21	caryophyllene oxide	Oxide	$C1_5H_{24}O$	29.951	3.52
22	isolongifolol	Alcohol	$C_{15}H_{26}O$	30.772	0.65
23	caryophylladienol ll	Alcohol	$C_{15}H_{24}O$	31.685	0.11
24	(1R,7S,E)-7-isopropyl-4,10-dimethylenecyclodec-5-enol	Alcohol	$C_{15}H_{24}O$	32.834	0.53
25	ledene oxide	Oxide	$C_{15}H_{24}O$	33.009	0.34
26	naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydro-4a-methyl-	Hydrocarbon	C_{23H26}	41.395	0.12
27	ethyltetramethylcyclopentadiene	Hydrocarbon	$C_{11}H_{18}$	45.704	0.06
28	phytol	Alcohol	$C_{20}H_{40}O$	47.500	0.14
29	pregnenolone acetate	Ester	$C_{23}H_{34}O_3$	48.609	0.08
30	neophytadiene	Hydrocarbon	$C_{20}H_{38}$	50.538	0.07
	Unknown				1.95
	Total				100.00

หมายเหตุ : RT (Retention Time)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ *P. amboinicus* พบว่ามีสาร carvacrol เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ของ Wanna and Krasaetep (2019) ที่พบสาร carvacrol (40.49%) เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบของหูเสือ *P. amboinicus* ที่ได้จากกระบวนการกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) และยังสอดคล้องกับ Norazsida *et al.* (2017) ที่พบสาร carvacrol (85.14%) เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบของหูเสือที่ได้จากกระบวนการกลั่นไอน้ำ (steam distillation) เช่นเดียวกับรายงานของ Senthilkumar and Venkatesalu (2010) ที่พบสาร carvacrol (28.65%) เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบของหูเสือได้มาจากกระบวนการกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) การศึกษาครั้งนี้ยังพบองค์ประกอบทางเคมีบางชนิดที่มักจะวิเคราะห์ได้จากสะระแหน่ *Melissa officinalis*, โหระพา *Ocimum basilicum* และ โหระพา *Ocimum kilimandscharicum* ที่เป็นพืชวงศ์เดียวกับหูเสือ *P. amboinicus* คือ วงศ์กะเพรา (Lamiaceae) ได้แก่ p-cymene, terpinolene, linalool และ caryophyllene (Maurya and Sangwan, 2020; Wierdaka *et al.*, 2014) ซึ่งมวลชีวภาพ ปริมาณและผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ *P. amboinicus* ตลอดจนองค์ประกอบหลักและรองที่ได้แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากได้รับอิทธิพลของช่วงเวลาการให้น้ำ ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว (Sabra *et al.*, 2018) สภาพแวดล้อมในการปลูก วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย พันธุกรรมของพืช ชิ้นส่วนพืชที่นำมาสกัด (Gil *et al*., 2002; Ortega *et al*., 2011; Ozcan and Chalchat, 2006)

4.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* ในห้องปฏิบัติการ พบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญทั้งหมด 30 ชนิด (ตาราง 2) ซึ่งพิจารณาจากจุดที่ได้ค่า peak สูงสุด เมื่อจำแนกโดยใช้ระบบ IUPAC พบกลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมีมากที่สุดในกลุ่ม Hydrocarbon จำนวน 20 ชนิด รองลงมาคือสารในกลุ่ม Alcohol จำนวน 6 ชนิด สารในกลุ่ม Ester จำนวน 2 ชนิด สารในกลุ่ม Oxide และสารในกลุ่ม Ketone โดยมีกลุ่มละ 1 ชนิด โดยพบสาร alpha-pinene (34.96%) เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญและมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมา คือสาร alpha-phellandrene (12.73%), germacrene D (12.12%), D-limonene (4.48%), alpha-myrcene (4.41%), bicyclogermacrene (4.28%), caryophyllene (3.15%), cedrene (2.91%), humulene (2.39%), junenol (1.96%), spathulenol (1.82%), beta-pinene (1.54%), p-cymene (1.41%) และ isoledene (1.16%) ตามลำดับ

ตาราง 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer

ลำดับที่	ชื่อสารประกอบที่พบ	กลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมี	สูตรเคมี	RT	%Area
1	alpha-pinene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	5.457	34.96
2	camphene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	5.627	0.68
3	beta-terpinene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	6.105	0.79
4	alpha-myrcene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	6.375	4.41
5	beta-pinene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	6.588	1.54
6	alpha-phellandrene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	7.348	12.73
7	p-cymene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{14}$	7.711	1.41
8	D-Limonene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	7.986	4.48
9	alpha-ocimene	Hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	8.349	0.28
10	alpha-ylangene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	21.383	0.13
11	beta-elemene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	22.011	0.25
12	caryophyllene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	23.424	3.15
13	humulene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	24.840	2.39
14	germacrene D	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.232	12.12
15	beta-selinene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.324	0.27
16	bicyclogermacrene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.704	4.28
17	isoledene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	27.368	1.16
18	isocaryophyllene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	29.174	0.42
19	spathulenol	Alcohol	$C_{15}H_{24}O$	29.687	1.82
20	guaiol	Alcohol	$C_{15}H_{26}O$	30.383	0.17
21	caryophyllene oxide	Oxide	$C_{15}H_{24}O$	30.708	0.12
22	junenol	Alcohol	$C_{15}H_{26}O$	31.333	1.96
23	cubenol	Alcohol	$C_{15}H_{26}O$	31.413	0.91
24	beta-eudesmol	Alcohol	$C_{15}H_{26}O$	32.374	0.12
25	alpha-cadinol	Alcohol	$C_{15}H_{26}O$	32.554	0.61
26	cedrene	Hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	34.111	2.91
27	methyl4,7,10,13,16,19docosahexaenoate	Ester	$C_{23}H_{34}O_2$	43.631	0.80
28	neophytadiene	Hydrocarbon	$C_{20}H_{38}$	47.674	0.80
29	isopimaradiene	Ketone	$C_{20}H_{30}O$	51.688	0.44
30	nandrolone phenylpropionate	Ester	$C_{27}H_{34}O_3$	56.199	0.12
	Unknown				3.77
	Total				100.00

หมายเหตุ : RT (Retention Time)

พบองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ให้ค่า % area น้อยกว่า 1% จำนวน 16 ชนิด ได้แก่ cubenol (0.91%), neophytadiene (0.80%), methyl 4,7,10,13,16, 19-docosahexaenoate (0.80%), beta-terpinene (0.79%), camphene (0.68%), alpha-cadinol (0.61%), isopimaradiene (0.44%), isocaryophyllene (0.42%), alpha-ocimene (0.28%), beta-selinene (0.27%), beta-elemene (0.25%), guaiol (0.17%), alpha-ylangene (0.13%), caryophyllene oxide (0.12%), beta-eudesmol (0.12%) และ nandrolone phenylpropionate ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* โดยพบสาร alpha-pinene เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ของ Baisaenga *et al*. (2017) ที่พบสาร alpha-pinene (19.46%) เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* ที่ได้จากกระบวนการกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) เช่นเดียวกับรายงานของ Khater and Samah (2015) ที่พบสาร alpha-pinene (18.20%) เป็นองค์ประกอบหลัก โดยน้ำมันหอมระเหยได้มาจากส่วนใบและลำต้นของกระดุมทองเลื้อยด้วยกระบวนการกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) นอกจากนี้รายงานของ Cheng *et al.* (2014) พบสาร alpha-pinene เป็นองค์ประกอบหลักส่วนใหญ่ของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* โดยมีปริมาณถึง 28.79% การศึกษาครั้งนี้ยังพบองค์ประกอบทางเคมีบางชนิดที่มักจะวิเคราะห์ได้จากบัวตอง *Tithonia diversifolia*, คาโมมายล์ *Chamomilla recutita* และดาวกระจาย *Cosmos bipinnatus* ซึ่งจัดเป็นพืชวงศ์เดียวกับกระดุมทองเลื้อย *W. trilobata* คือ วงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) ได้แก่ germacrene-D, camphene, beta-pinene, caryophyllene oxide, p-cymene (Olajuyigbe and Ashafa, 2014; Raala *et al*., 2011; Sousa *et al.*, 2018)

4.2 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชต่อด้วงถั่วเขียว

4.2.1 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือต่อด้วงถั่วเขียว

จากการกำหนดความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือที่ทำให้เกิดการตายของตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว พบว่าความเป็นพิษ LC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.18 (6.47-7.78) ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5.78 (4.49-5.85) ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และที่เวลา 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5.11 (3.83-5.16) ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ (ตาราง 3) จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อระยะเวลาการรมยาวนานขึ้นค่าความเป็นพิษ LC_{50} ที่ได้จะมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือมีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการรมยาวขึ้น เห็นได้จากอัตราการตายของด้วงถั่วเขียวที่เพิ่มสูงขึ้น

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือแสดงความเป็นพิษสูงต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย เนื่องจากให้ค่า LC_{50} ต่ำ (น้อยกว่า 8 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) ซึ่ง

สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Sarar *et al*. (2014) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยของพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) บางชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยมินต์ *Mentha longifolia* และ ลาเวนเดอร์ *Lavandula dentata* แสดงความเป็นพิษสูงต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว โดยให้ค่า LC_{50} เท่ากับ 4.43 และ 7.92 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Mahmoudvand *et al.* (2011) รายงานความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยเปปเปอร์มินต์ *Mentha piperit* มีค่า LC_{50} ต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย เท่ากับ 7.86 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ

ตาราง 3 ความเป็นพิษทางการรม (LC_{50}) ของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือที่มีต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยที่เวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง

เวลา	n	LC_{50}	95% Confidence Limit		สมการเชิงเส้น	ค่า
(ชั่วโมง)	(ตัว)	(µL/L air)	Lower	upper	Y = ax + b	r^2
24	480	7.18	6.47	7.78	y = 7.8571x - 6.4286	0.91
48	480	5.78	4.49	5.85	y = 7.6548x + 5.7143	0.83
72	480	5.11	3.83	5.16	y = 7.0833x + 13.75	0.84

หมายเหตุ : n คือจำนวนด้วงถั่วเขียวทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ r^2 (Correlation Coefficient) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ขค่าประมาณการตัวนั้น ๆ LC_{50} (50% Lethal Concentration) คือ ค่าความเข้มข้นของสารพิษที่เป็นเหตุทำให้ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยร้อยละ 50 ตาย ลง หน่วยเป็น µL/L air

4.2.2 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยต่อด้วงถั่วเขียว

จากการกำหนดความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยที่ทำให้เกิดการตายของตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว พบว่าความเป็นพิษ LC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5304.61 (2514.03-5768.80) ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 2813.59 (1301.01-3225.04) ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และที่เวลา 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 2123.76 (1098.10- 2353.25) ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ (ตาราง 4) จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อระยะเวลาการรมยาวนานขึ้นค่าความเป็นพิษ LC_{50} ที่ได้จะมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยมีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการรมยาวขึ้น เห็นได้จากอัตราการตายของด้วงถั่วเขียวที่เพิ่มสูงขึ้น

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยมีความเป็นพิษทางการรมต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Forouzan *et al.* (2016) และ Khani and Asghari (2012) ที่กล่าวไว้ว่าน้ำมันหอมระเหยของพืชวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) เช่น น้ำมันหอมระเหย *Pulicaria gnaphalodes*, *Achillea wilhelmsii*, *Artemisia annua* มีความเป็นพิษทางการรมกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บได้หลายชนิด เช่น ด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* มอดแป้ง *T. castaneum* และด้วงงวงข้าวสาลี *Sitophilus granaries*

ตาราง 4 ความเป็นพิษทางการรม (LC_{50}) ของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยที่เวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง

เวลา (ชั่วโมง)	n (ตัว)	LC_{50} (µL/L air)	95% Confidence Limit		สมการเชิงเส้น Y = ax + b	ค่า r^2
			Lower	upper		
24	480	5304.61	2514.03	5768.80	y = 0.0102x - 4.1071	0.79
48	480	2813.59	1301.01	3225.04	y = 0.0205x - 7.6786	0.81
72	480	2123.76	1098.10	2353.25	y = 0.0287x - 10.952	0.89

หมายเหตุ: n คือจำนวนด้วงถั่วเขียวทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ r^2 (Correlation Coefficient) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าประมาณการตัวนั้น ๆ LC_{50} (50% Lethal Concentration) คือ ค่าความเข้มข้นของสารพิษที่เป็นเหตุทำให้ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยร้อยละ 50 ตายลง หน่วยเป็น µL/L air

4.3 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชกำจัดด้วงถั่วเขียว

4.3.1 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยหูเสือกำจัดด้วงถั่วเขียว

จากการทดสอบฤทธิ์ในการเป็นสารรมฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ ผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ 6 ระดับความเข้มข้น (0 3 6 9 12 และ 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยในทุกช่วงเวลาการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่านั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อน้ำมันหอมระเหยหูเสือมีระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นและมีระยะเวลาการรมฆ่ายาวนานขึ้น จะก่อให้เกิดการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยเพิ่มสูงขึ้นด้วย (ตาราง 5)

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการรมที่ใช้ทดสอบ พบว่า ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 100.00±0.00% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 93.75±4.8% แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 9 6 3 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 2.50±2.89, 33.75±10.31, 85.00±10.80 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ และยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 3 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เช่นเดียวกับที่ระดับความเข้มข้น 9 และ 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 48 ชั่วโมง พบว่า

เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยพบเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 100.00.±0.00% ของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 9 12 และ 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นที่ 0 3 และ 6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0.00±0.00, 8.75±4.79 และ 70.00±22.73% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับที่เวลา 72 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้น 15 12 และ 9 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีค่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 100.00±0.00% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นที่ 0 3 และ 6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0.00±0.00, 27.50±11.90 และ 73.75±23.94% ตามลำดับ สำหรับที่เวลา 96 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยพบเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 100.00±0.00% ของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 9 12 และ 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นที่ 0 3 และ 6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0.00±0.00, 61.25±8.54 และ 76.25±17.97% ตามลำดับ สำหรับที่เวลา 120 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้น 15 12 และ 9 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีค่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 100.00±0.00% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นที่ 0 3 และ 6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0.00±0.00, 82.50±2.89 และ 88.75±10.31% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเข้มข้น 3 และ 6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 144 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยพบเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 100.00±0.00% ของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 9 12 และ 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นที่ 0 3 และ 6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0.00±0.00, 91.25±2.50 และ 96.25±2.50% ตามลำดับ และที่เวลา 168 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

(P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้น 15 12 และ 9 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีค่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 100.00±0.00% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นที่ 0 3 และ 6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0.00±0.00, 96.25±2.50 และ 96.25±2.50% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเข้มข้น 3 และ 6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการรมฆ่าร่วมกับระยะเวลาที่ใช้ในการรม จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการรม 48 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารรมฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ดีที่น้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 9 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยให้อัตราการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยไม่แตกต่างทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาการรมสูงสุด (168 ชั่วโมง) ที่ใช้ในการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพการรมฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยถึง 100%

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ หรือการรมด้วย acetone เพียงอย่างเดียว พบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยทางการรมฆ่า ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติได้ เนื่องจากไม่พบการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ช่วงเวลา 168 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 96.25±2.50% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 144 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 91.25±2.50% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 2.50±2.89, 8.75±4.79, 27.50±11.90, 61.25±8.54 และ 82.50±2.89% ตามลำดับ และยังพบว่าที่ช่วงเวลา 144 และ 120 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เช่นเดียวกับที่ช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าที่ช่วงเวลา 72 และ 96 ชั่วโมง ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ช่วงเวลา 144 และ 168 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 96.25±2.50% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 72 96 และ 120 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 73.75±23.94, 76.25±17.97 และ 88.75±10.31% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 33.75±10.31 และ 70.00±22.73% ตามลำดับ และยังพบว่าที่ช่วงเวลา

72 96 และ 120 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 48 ชั่วโมง แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 9 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ช่วงเวลา 168 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 100.00±0.00% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 48 72 96 120 และ 144 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100.00±0.00% ของทุกช่วงเวลา และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 85.00±10.80% สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ช่วงเวลา 168 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 100.00±0.00% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 48 72 96 120 และ 144 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100.00±0.00% ของทุกช่วงเวลา และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 93.75±4.79% และที่ระดับความเข้มข้น 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยทางการรมฆ่า ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติได้ เนื่องจากไม่พบการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย 100% ในทุกช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการรมฆ่าร่วมกับระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการรม จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารรมฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ดีและให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดตกค้างได้ยาวนานถึง 168 ชั่วโมง โดยให้อัตราการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยไม่แตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด (15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) ที่ใช้ในการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพการรมฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยถึง 100%

ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมด้านการเป็นสารฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ภายในเวลา 24-168 ชั่วโมง โดยก่อให้เกิดอัตราการตายของด้วงถั่วเขียวไม่แตกต่างกับที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด (93.75-100%) ซึ่งสอดคล้องกับ Wanna and Kwang-Ngoen (2019) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมด้านการเป็นสารฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ภายในเวลา 24-168 ชั่วโมง โดยก่อให้เกิดอัตราการตายของด้วงถั่วเขียวไม่แตกต่างกับที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตาย (%) ของด้วงถั่วเขียว หลังการทดสอบฤทธิ์การรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ 6 ระดับความเข้มข้น ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายด้วงถั่วเขียว (%)							F-test
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	96 ชม.	120 ชม.	144 ชม.	168 ชม.	
0	0.00±0.00d	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00c	ND
3	2.50±1.44dE	8.75±2.39cE	27.50±5.95cD	61.25±4.27cC	82.50±1.44bB	91.25±1.25cAB	96.25±1.25bA	**
6	33.75±5.15cC	70.00±11.37bB	73.75±11.97bAB	76.25±8.98bAB	88.75±5.15bAB	96.25±1.25bA	96.25±1.25bA	**
9	85.00±5.40bB	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	100.0±0.00aA	100.00±0.00aA	**
12	93.75±2.39abB	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	**
15	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	ND
F-test	**	**	**	**	**	**	**	

หมายเหตุ : ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรตัวเล็กที่ต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรตัวใหญ่ที่ต่างภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ND (Not Detected) หมายถึง ไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้

ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยหูเสืออาจเนื่องมาจากการมีสาร carvacrol (71.41%) เป็นองค์ประกอบหลักส่วนใหญ่ในน้ำมันหอมระเหย ซึ่งสารประกอบนี้มีคุณสมบัติในการฆ่าและยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย (Wahba *et al*., 2018) เช่นเดียวกับ Ajayi *et al.* (2014) รายงานว่าสาร carvacrol มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว ซึ่งสาร carvacrol เป็นสารประกอบที่จัดอยู่ในกลุ่ม monoterpene มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงที่หลากหลายในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูทางการเกษตร แมลงศัตรูผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา และแมลงศัตรูพืชสมุนไพรทางยา และยังมีฤทธิ์ทางการรม (Ahn *et al*., 1998) ซึ่งกลไกลการออกฤทธิ์ทำให้แมลงตายได้อาจเนื่องมาจากการออกฤทธิ์ของสาร carvacrol นี้ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase (Oka *et al*., 2000) ทำให้มีผลต่อโครงสร้างแมลงที่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีระบบประสาทและระบบทางเดินหายใจแบบกระจายอยู่ทั่วตัว (Ryan and Byme, 1988)

4.3.2 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยกำจัดด้วงถั่วเขียว

จากการทดสอบฤทธิ์ในการเป็นสารรมฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ 6 ระดับความเข้มข้น (0 600 1,200 1,800 2,400 และ 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยในทุกช่วงเวลาการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่านั้น จะเห็นได้ว่าเมื่อน้ำมันหอมระเหยหูเสือมีระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นและมีระยะเวลาการรมฆ่ายาวนานขึ้น จะก่อให้เกิดการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยเพิ่มสูงขึ้นด้วย (ตาราง 6)

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการรมที่ใช้ทดสอบ พบว่า ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างยิ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 2,400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 28.75±11.06% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,800 และ 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 16.25±4.27 และ 22.50±3.23% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0.00±0.00% และยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่พบความแตกต่างอย่างยิ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับที่เวลา 48 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างยิ่ง

มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 2,400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 51.25±15.05% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,800 และ 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 40.00±6.45 และ 47.50±5.20% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0.00±0.00% และยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่พบความแตกต่างอย่างยิ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับที่เวลา 72 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างยิ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 72.50±5.20 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 2,400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 68.75±15.33% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,800 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 45.00±4.08, 3.75±2.39, 2.50±1.44 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ และยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 1,800 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 96 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างยิ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 80.00±2.89 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 2,400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 72.50±13.15% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,800 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 50.00±2.89, 5.00±2.04, 2.50±1.44 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ และยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 1,800 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 120 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างยิ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 87.50±3.23 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ

ระดับความเข้มข้น 2,400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 76.25±13.75% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,800 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 57.50±1.44, 13.75±3.75, 13.75±4.27 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ และยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 1800 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 144 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างยิ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 91.25±2.39% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,800 และ 2,400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 76.25±2.39และ 81.25±10.87% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 30.00±2.04, 32.50±6.29 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ และที่เวลา 168 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างยิ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 96.25±1.25% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,800 และ 2,400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 88.75±4.27 และ 86.25±8.00% และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1,200 600 และ 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 42.5±5.95, 51.25±6.25 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการรมฆ่าร่วมกับระยะเวลาที่ใช้ในการรม จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการรม 120 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารรมฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ดีที่น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยให้อัตราการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยไม่แตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาการรมสูงสุด (168 ชั่วโมง) ที่ใช้ในการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพการรมฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย (96.25%)

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยทางการรมฆ่า ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติได้ เนื่องจากไม่พบการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 600 ไมโครลิตรต่อลิตร

ของอากาศ พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ช่วงเวลา 168 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 51.25±6.25% ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 144 120 96 72 48 และ 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ32.50±6.29, 13.75±4.27, 2.50±1.44, 2.50±1.44, 0.00±0.00 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ และยังพบว่าที่ช่วงเวลา 144 ชั่วโมง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงเวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับ 72 และ 96 ชั่วโมง แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 1,200 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ช่วงเวลา 168 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 42.5±5.95% ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 144 120 96 72 48 และ 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 30.00±2.04, 13.75±3.75, 5.00±2.04, 3.75±2.39, 0.00±0.00 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ และยังพบว่าที่ช่วงเวลา 144 ชั่วโมง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงเวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับ 96 ชั่วโมง แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงเวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 1,800 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ช่วงเวลา 168 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 88.75±4.27% ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 144 120 96 72 48 และ 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ76.25±2.39, 57.50±1.44, 50.00±2.89, 45.00±4.08, 40.00±6.45 และ16.25±4.27% ตามลำดับ และยังพบว่าที่ช่วงเวลา 144 ชั่วโมง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงเวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับ 96 ชั่วโมง แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงเวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 2,400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยทางการรมฆ่า ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากตัวอักษรตัวใหญ่ที่กำกับเหมือนกันภายในแถวเดียวกัน และที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ช่วงเวลา 168 ชั่วโมง มี

เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 96.25±1.25% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 144 และ 120 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 91.25±2.39 และ 87.50±3.23% ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 96 72 48 และ 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 80.00±2.89, 72.50±5.20, 47.50±5.20 และ 22.50±3.23% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงเวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับ 96 ชั่วโมง แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงเวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการรมฆ่าร่วมกับระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการรม จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารรมฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ดีที่เวลา 120 ชั่วโมง และให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดตกค้างได้ยาวนานถึง 168 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งก่อให้เกิดการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยมากกว่า 85%

ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมด้านการเป็นสารฆ่าด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ภายในเวลา 120-168 ชั่วโมง โดยก่อให้เกิดอัตราการตายของด้วงถั่วเขียวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (87.50-96.25%) จากรายงานก่อนหน้านี้ Cheng *et al*. (2014) พบว่าน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยมีประสิทธิภาพของในการรมฆ่าด้วงถั่วเหลือง *C. chinensis* รวมถึงแมลงศัตรูในโรงเก็บชนิดอื่นด้วย ได้แก่ มอดแป้ง และด้วงงวงข้าวโพด สอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าพืชที่อยู่ในวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บได้ (Boudaa *et al*., 2001) ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย อาจเนื่องมาจากการมีองค์ประกอบของสาร alpha-pinene, alpha-phellandrene, D-limonene, alpha-myrcene ในน้ำมันหอมระเหย โดยสารประกอบเหล่านี้แสดงความเป็นพิษทางการรมชนิดรุนแรงกับแมลงชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับแมลงศัตรูผลิตผลในโรงเก็บ (Bett *et al*., 2016; Zhang *et al*., 2016; อรพิน เกิดชูชื่น, 2554) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่จัดอยู่ในกลุ่ม monoterpene ที่มีกลไกลการออกฤทธิ์ทำให้แมลงตายได้ อันเนื่องมาจากการออกฤทธิ์ของสาร carvacrol นี้ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase (Oka *et al*., 2000) ทำให้มีผลต่อโครงสร้างแมลงที่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีระบบประสาทและระบบทางเดินหายใจแบบกระจายอยู่ทั่วตัว (Ryan and Byme, 1988)

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตาย (%) ของด้วงถั่วเขียว หลังการทดสอบฤทธิ์การรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย 6 ระดับความเข้มข้น ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายด้วงถั่วเขียว (%)							F-test
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	96 ชม.	120 ชม.	144 ชม.	168 ชม.	
0	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	ND
600 µL/L	0.00±0.00bD	0.00±0.00bD	2.50±1.44cCD	2.50±1.44cCD	13.75±4.27cC	32.50±6.29bB	51.25±6.25bA	**
1,200 µL/L	0.00±0.00bD	0.00±0.00bD	3.75±2.39cD	5.00±2.04cCD	13.75±3.75cC	30.00±2.04bB	42.5±5.95bA	**
1,800 µL/L	16.25±4.27aE	40.00±6.45aD	45.00±4.08bD	50.00±2.89bCD	57.50±1.44bC	76.25±2.39aB	88.75±4.27aA	**
2,400 µL/L	28.75±11.06a	51.25±15.05a	68.75±15.33a	72.50±13.15a	76.25±13.75a	81.25±10.87a	86.25±8.00a	ns
3,000 µL/L	22.50±3.23aE	47.50±5.20aD	72.50±5.20aC	80.00±2.89aBC	87.50±3.23aAB	91.25±2.39aA	96.25±1.25aA	**
F-test	**	**	**	**	**	**	**	

หมายเหตุ : ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตัวอักษรตัวเล็กที่ต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรตัวใหญ่ที่ต่างภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ND (Not Detected) หมายถึง ไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้

4.4 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

4.4.1 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยหูเสือป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารรมไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ ผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ 6 ระดับความเข้มข้น 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี vapor-phase test แบบมีทางเลือก (choice test) จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (ตาราง 7)

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการรมที่ใช้ทดสอบ พบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 60.00±21.21, 62.50±9.46, 40.00±10.00, 22.50±11.09, 27.50±8.54 และ 42.50±13.15% ตามลำดับ ซึ่งที่ 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่เวลา 48 ชั่วโมง พบเปอร์เซ็นต์การไล่ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 87.50±2.50% ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 0.5 1.5 2 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 45.00±9.57, 45.00±2.89, 57.50±11.09, 12.50±7.50 และ 25.00±9.75% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1.5 และ 0.5 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ เช่นเดียวกับระดับความเข้มข้น 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 72 ชั่วโมง พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 80.00±5.77% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 0.5 และ 2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 52.50±19.31 และ 72.50±8.54% แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1.5 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 2.50±2.50, 17.50±10.31 และ 12.50±.79% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเข้มข้น 1.5 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 96 ชั่วโมง พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ที่ระดับ

ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 60.00±12.25% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 57.50±6.29% แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 0.5 1.5 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 17.50±16.52, 16.70±15.46, 7.50±11.09 และ 2.50±6.29% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเข้มข้น 0.5 1.5 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ สำหรับที่เวลา 120 ชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 25.00±22.17, 52.50±8.54, 30.00±18.26, 40.00±15.81, 15.00±22.17 และ 20.00±10.80 % ตามลำดับ ซึ่งที่ 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 2.5 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่เวลา 144 ชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 35.00±18.93, 57.50±9.46, 15.00±8.66, 42.50±14.93, 17.50±14.36 และ 22.50±6.29% ตามลำดับ ซึ่งที่ 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 1.5 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด และที่เวลา 168 ชั่วโมง พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.5$) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 55.00±8.66% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 0.5 และ 2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 37.50±13.15 และ 45.00±12.58% แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 1.5 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 10.00±12.25, 15.00±17.08 และ 12.50±2.50% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเข้มข้น 1.5, 2.5 และ 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการรมไล่ร่วมกับระยะเวลาที่ใช้ในการรม จะเห็นได้ว่าไม่พบความแตกต่างทางสถิติของระยะเวลาในการรมไล่ในแต่ละระดับความเข้มข้น โดยระยะเวลาการรม 48 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารรมไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ดีที่น้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยสูงที่สุด ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาการรมสูงสุด (168 ชั่วโมง) ที่ใช้ในการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพการรมไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.5 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ช่วงเวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 60.00±21.21, 45.00±9.57, 52.50±19.31, 17.50±16.52, 25.00±22.17, 35.00±18.93 และ 37.50±13.15 ตามลำดับ ซึ่งที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด รองลงมาที่ช่วงเวลา 72 ชั่วโมงและที่ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.5$) ที่ช่วงเวลา 48 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 87.50±2.50% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 24 และ 72 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 62.50±9.46 และ 80.00±5.77% แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 60.00±12.25, 52.50±8.54, 57.50±9.46 และ 55.00±8.66% ตามลำดับ สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 1.5 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.5$) ที่ช่วงเวลา 48 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 45.00±2.89% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 24 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 40.00±10.00, 16.70±15.46, 30.00±18.26, 15.00±8.66 และ 10.00±12.25% แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 72 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 2.50±2.50% สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.5$) โดยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ช่วงเวลา 72 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 72.50±8.54% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 48 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 57.50±11.09, 57.50±6.29, 40.00±15.81, 42.50±14.93 และ 45.00±12.58% แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 22.50±11.09% สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 2.5 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่า ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ช่วงเวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 27.50±8.54, 12.50±7.50, 17.50±10.31, 7.50±11.09, 15.00±22.17, 17.50±14.36 และ 15.00±17.08% ตามลำดับ ซึ่งที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด และที่ระดับความเข้มข้น 3 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.5$) ที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

มีเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 42.50±13.15% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 48 120 และ 144 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 25.00±9.75, 20.00±10.80 และ22.50±6.29 % แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 72 96 และ 168 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 12.50±4.79, 2.50±6.29 และ 12.50±2.50%

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการรมไล่ร่วมกับระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการรม จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารรมไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ดีที่เวลา 48 ชั่วโมง และให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดตกค้างได้ยาวนานถึง 96 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งก่อให้เกิดเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยอยู่ระหว่าง 60-87.5%

ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมด้านการเป็นสารไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ภายในเวลา 48-96 ชั่วโมง โดยก่อให้เกิดเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียว 60-87.5% ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานก่อนหน้านี้ที่ประเมินประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหย *Mentha piperita* ที่จัดเป็นพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) เหมือนกับหูเสือ โดยน้ำมันหอมระเหย *M. piperita* ที่ความเข้มข้น 360 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยที่เวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 87.76% (Saeidi and Mirfakhraie, 2017) โดยสอดคล้องกับรายงาน Odeyemia *et al.* (2008) พบว่าน้ำมันหอมระเหย *M. longifolia* และ *Rosmarinus officinalis* สามารถขับไล่ด้วงงวงข้าวโพดตัวเต็มวัยที่เป็นแมลงศัตรูในโรงเก็บเช่นเดียวกับด้วงถั่วเขียวได้ 99.8% และ 51% ตามลำดับ นอกจากนี้ Pandey *et al*. (2014) รายงานว่าการใช้น้ำมันหอมระเหย *Anisomeles indica* ที่เป็นพืชวงศ์กะเพราเช่นเดียวกับหูเสือ ให้ประสิทธิภาพการรมไล่ต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลืองและด้วงถั่วเขียว 83.3% และ 78.1% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีน้ำมันหอมระเหยของพืชวงศ์กะเพราอีก 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหย *Pogostemon heyneanus* และ *Leucas cephalotes* ให้ประสิทธิภาพการไล่ด้วงถั่วเหลืองและด้วงถั่วเขียว 47.4-75% และ 45.8-52.2% ตามลำดับ โดยก่อนหน้านี้ของ Wanna and Krasaetep (2019) รายงานว่าสารจำพวก monoterpene ได้แก่ carvacrol, alpha-terpinene, linalool, alpha-myrcene, D-limonene, caryophyllene, pcymene, terpinen-4-ol และ humulene ที่วิเคราะห์พบในน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือมีการตอบสนองต่อด้วงงวงข้าวโพด โดยการออกฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลงและไล่แมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ (%) ด้วงถั่วเขียว หลังการทดสอบฤทธิ์การรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ ที่ 6 ระดับความเข้มข้น ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียว (%)							F-test
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	96 ชม.	120 ชม.	144 ชม.	168 ชม.	
0.5	60.00±21.21	45.00±9.57bc	52.50±19.31a	17.50±16.52b	25.00±22.17	35.00±18.93	37.50±13.15	ns
1	62.50±9.46	87.50±2.50a	80.00±5.77a	60.00±12.25a	52.50±8.54	57.50±9.46	55.00±8.66	ns
1.5	40.00±10.00	45.00±2.89bc	2.50±2.50b	16.70±15.46b	30.00±18.26	15.00±8.66	10.00±12.25	ns
2	22.50±11.09	57.50±11.09b	72.50±8.54a	57.50±6.29a	40.00±15.81	42.50±14.93	45.00±12.58	ns
2.5	27.50±8.54	12.50±7.50d	17.50±10.31b	7.50±11.09b	15.00±22.17	17.50±14.36	15.00±17.08	ns
3	42.50±13.15	25.00±9.75cd	12.50±4.79b	2.50±6.29b	20.00±10.80	22.50±6.29	12.50±2.50	ns
F-test	ns	**	**	**	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรตัวเล็กที่ต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรตัวใหญ่ที่ต่างภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิต

4.4.2 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารรมไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ 6 ระดับความเข้มข้น (100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี vapor-phase test แบบมีทางเลือก (choice test) จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (ตาราง 8)

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการรมที่ใช้ทดสอบ พบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 15.00±10.31, 27.50±16.35, 15.00±8.29, 10.00±6.12, 7.50±6.50 และ 12.50±6.50% ตามลำดับ ซึ่งที่ 200 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 500 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่เวลา 48 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 32.50±10.83, 30.00±11.18, 45.00±12.99, 17.50±15.16, 12.50±6.50 และ 5.00±4.33% ตามลำดับ ซึ่งที่ 300 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่เวลา 72 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 50.00±14.58, 10.00±5.00, 40.00±10.61, 27.50±15.56, 17.50±8.93 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ ซึ่งที่ 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่เวลา 96 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ37.50±15.16, 17.50±7.40, 7.50±6.50, 20.00±9.35, 17.50±15.16 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ ซึ่งที่ 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่เวลา 120

ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 0.00±0.00, 17.50±15.16, 12.50±8.20, 37.50±17.81, 5.00±2.50 และ 5.00±4.33% ตามลำดับ ซึ่งที่ 400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่เวลา 144 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 50.00±8.66, 37.50±14.31, 40.00±17.68, 32.50±4.15, 20.00±7.91 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ ซึ่งที่ 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด และที่เวลา 168 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ10.00±6.12, 22.50±14.31, 25.00±11.46, 10.00±8.66, 0.00±0.00 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ ซึ่งที่ 300 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ 500 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการรมไล่ร่วมกับระยะเวลาที่ใช้ในการรม จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการรม 72 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารรมไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ดีที่น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยสูงที่สุด ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาการรมสูงสุด (168 ชั่วโมง) ที่ใช้ในการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพการรมไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.5$) ที่ช่วงเวลา 72 และ 144 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียวเท่ากับ 50.00±14.58 และ50.00±8.66% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 24 48 96 และ 168 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 15.00±10.31, 32.50±10.83, 37.50±15.16 และ 10.00±6.12% แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ช่วงเวลา 120 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่ เท่ากับ 0.00±0.00% สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 200 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ช่วงเวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 27.50±16.35, 30.00±11.18, 10.00±5.00, 17.50±7.40,17.50±15.16, 37.50±14.31 และ 22.50±14.31% ตามลำดับ ซึ่งที่ช่วงเวลา 144

ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ช่วงเวลา 72 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 300 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ช่วงเวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 15.00±8.29, 45.00±12.99, 40.00±10.61, 7.50±6.50, 12.50±8.20, 40.00±17.68 และ 25.00±11.46% ตามลำดับ ซึ่งที่ช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ช่วงเวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 10.00±6.12, 17.50±15.16, 27.50±15.56, 20.00±9.35, 37.50±17.81,32.50±4.15 และ 10.00±8.66% ตามลำดับ ซึ่งที่ช่วงเวลา 120 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ช่วงเวลา 24 และ 168 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 500 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ช่วงเวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 7.50±6.50, 12.50±6.50, 17.50±8.93, 17.50±15.16, 5.00±2.50, 20.00±7.91 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ ซึ่งที่ช่วงเวลา 72 และ 96 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ช่วงเวลา 168 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด และที่ระดับความเข้มข้น 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ช่วงเวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 12.50±6.50, 5.00±4.33, 0.00±0.00, 0.00±0.00, 5.00±4.33, 0.00±0.00 และ 0.00±0.00% ตามลำดับ ซึ่งที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการรมไล่ด้วงถั่วเขียวดีที่สุด และที่ช่วงเวลา 72 96 144 และ 168 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการรมไล่ร่วมกับระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการรม จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารรมไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ดีที่เวลา 72 ชั่วโมง และให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดตกค้างได้ยาวนานถึง 144 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งก่อให้เกิดเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยอยู่ระหว่าง 37.5-50%

ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมด้านการเป็นสารไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ภายในเวลา 72-144 ชั่วโมง โดยก่อให้เกิดเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียว 37.5-50% ซึ่งมีความใกล้เคียงกับ Pandey *et al.* (2014) ที่รายงานว่าน้ำมันหอมระเหย *Chrysanthemum indicum, Cotula anthemoides* และ *Erigeron bonariensis* จัดเป็นพืชในวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) เหมือนกับกระดุมทองเลื้อย

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ (%) ด้วงถั่วเขียว หลังการทดสอบฤทธิ์การรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ 6 ระดับความเข้มข้น ที่เวลา 24 48 72 96 120 144 และ 168 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ของด้วงถั่วเขียว (%)							F-test
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	96 ชม.	120 ชม.	144 ชม.	168 ชม.	
100	15.00±10.31AB	32.50±10.83AB	50.00±14.58A	37.50±15.16AB	0.00±0.00B	50.00±8.66A	10.00±6.12AB	*
200	27.50±16.35	30.00±11.18	10.00±5.00	17.50±7.40	17.50±15.16	37.50±14.31	22.50±14.31	ns
300	15.00±8.29	45.00±12.99	40.00±10.61	7.50±6.50	12.50±8.20	40.00±17.68	25.00±11.46	ns
400	10.00±6.12	17.50±15.16	27.50±15.56	20.00±9.35	37.50±17.81	32.50±4.15	10.00±8.66	ns
500	7.50±6.50	12.50±6.50	17.50±8.93	17.50±15.16	5.00±2.50	20.00±7.91	0.00±0.00	ns
600	12.50±6.50	5.00±4.33	0.00±0.00	0.00±0.00	5.00±4.33	0.00±0.00	0.00±0.00	ns
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรตัวเล็กที่ต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรตัวใหญ่ที่ต่างภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ซึ่งให้ประสิทธิภาพการรมไล่ด้วงถั่วเหลืองและด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย 30-50% และ 40-64% ตามลำดับ ในทำนองเดียวกับรายงานของ (Odeyemia *et al.* (2008) พบว่าน้ำมันหอมระเหย *Helichrysum odoratissimum* สามารถขับไล่ด้วงงวงข้าวโพดที่เป็นแมลงศัตรูในโรงเก็บเช่นเดียวกับด้วงถั่วเขียวได้ 51.7% ตามลำดับ เช่นเดียวกับ ณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์ (2561) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากดาวเรือง *Tagetes erecta* มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก *Rhyzopertha dominica* ได้ 92-100% ภายในเวลา 12-24 ชั่วโมง โดยก่อนหน้านี้ของ Wanna and Krasaetep (2019) รายงานว่าสารจำพวก monoterpene ได้แก่ carvacrol, alpha-terpinene, linalool, alpha-myrcene, D-limonene, caryophyllene, pcymene, terpinen-4-ol และ humulene ที่วิเคราะห์พบในน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือมีการตอบสนองต่อด้วงงวงข้าวโพด โดยการออกฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลงและไล่แมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยในพืชเป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้นและพบได้ที่ส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ เมล็ด ผล ดอก และเปลือก เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิดจะมีสารประกอบเชิงซ้อนที่แตกต่างกันไป สารทุติยภูมิบางชนิดที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสามารถนำมาใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้หลายแบบ เช่น ใช้เป็นสารพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) สารไล่แมลง (repellency) สารม (fumigant) สารยับยั้งการกิน (antifeedant) เป็นต้น (ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ และคณะ, 2554)

4.5 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

4.5.1 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

จากการทดสอบฤทธิ์ในการเป็นสารยับยั้งการวางไข่ของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ ผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการวางไข่ที่ 3 วัน หลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือที่ 8 ระดับความเข้มข้น (control 0 (acetone) 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 และ 1.2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (ตาราง 9)

ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวหลังรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือในทุกระดับความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 0.6 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวมากที่สุด 10.34 ฟอง รองลงมาคือ ที่ระดับความเข้มข้น 1.2 control 0.2 0.8 0 (acetone) และ 0.4 ไมโครลิตรต่อลิตรอากาศ โดยให้ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 7.72, 7.50, 6.62, 5.74, 4.85 และ 4.63 ฟอง ตามลำดับ สำหรับน้ำมันหอมระเหยหูเสือระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อ

ลิตรของอากาศ ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวน้อยที่สุด 2.21 ฟอง เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวในทุกกรรมวิธีเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (control) พบว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 70.53% รองลงมาคือ ที่ระดับความเข้มข้น 0.4 0(acetone) 0.8 และ 0.2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 38.27, 35.33, 23.47 และ 11.73% ตามลำดับ สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 0.6 และ 1.2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าไม่สามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวได้ แต่ในทางตรงกันข้ามน้ำมันหอมระเหยไปมีผลทำให้ด้วงถั่วเขียวมีการวางไข่มากกว่ากรรมวิธีควบคุม (control) ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว อาจจะเนื่องมาจากการมีสาร carvacrol (71.41%) เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยหูเสือ ซึ่งสารประกอบนี้มีคุณสมบัติในการฆ่าและยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ (Wahba *et al.,* 2018) โดยมีรายงานก่อนหน้านี้ของ ฤชุอร วรรณะ และทศพร โชติศรี (2560) ถึงการทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ *M. cordifolia* และกะเพรา *O. sanctum* ในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยของพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) ทั้ง 2 ชนิดนี้ มีผลต่อพฤติกรรมการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว โดยทำให้ด้วงถั่วเขียวมีจำนวนการวางไข่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยทดสอบที่มีจำนวนการวางไข่มาก เช่นเดียวกับ Alves *et al*. (2015) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) 4 ชนิด ได้แก่ *O. basilicum, O. gratissimum, Mentha arvensis* และ *Lippia alba* มีประสิทธิภาพรมยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวได้ 83-85% และยังสอดคล้องกับรายงานของ Keita *et al.* (2001) กล่าวไว้ว่าพืชสกุล *Ocimum* spp. ที่จัดอยู่ในวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) สามารถนำมาใช้เป็นทางเลือกแทนการใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ในการป้องกันกำจัดตัวเต็มวัยและยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวได้ มีรายงานก่อนหน้านี้ของ Brari and Thakur (2017) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืช *Rabdosia rugosa* ซึ่งจัดเป็นพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) ให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่ว *C. analis* ที่มีสกุล *Callosobruchus* spp. เดียวกับด้วงถั่วเขียวได้ถึง 70.57% และ 75.68% โดยการคลุกเมล็ดถั่วลูกไก่ (chickpea) ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ (ฟอง) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ (%) ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ (ฟอง)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ (%)
control	7.50	-
0 (acetone)	4.85	35.33
0.2	6.62	11.73
0.4	4.63	38.27
0.6	10.34	-37.87
0.8	5.74	23.47
1	2.21	70.53
1.2	7.72	-2.93
F-test	ns	

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่งเขียวติดลบ หมายถึง กรรมวิธีดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวได้ แต่ในทางตรงกันข้ามทำให้ด้วงถั่วเขียวมีการวางไข่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (control)

4.5.2 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

จากการทดสอบฤทธิ์ในการเป็นสารยับยั้งการวางไข่ของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการวางไข่ที่ 3 วัน หลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยที่ 7 ระดับความเข้มข้น (control 0(acetone) 200 400 600 800 และ 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (ตาราง 10)

พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยในทุกระดับความเข้มข้นของค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว โดยที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่น้อยที่สุด 5.25 ฟอง และยังไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความเข้มข้น 800 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่มีค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 9.75 และ 15.25 ฟอง ตามลำดับ แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 400 200

0(acetone) และ control ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 19.75, 21.75, 27.25 และ 19.50 ฟอง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว พบว่าที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 73.08% รองลงมาคือ ที่ระดับความเข้มข้น 800 และ 600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว 50.00 และ 21.79% ตามลำดับ นอกจากนี้ที่ระดับความเข้มข้น 400 200 และ 0 (acetone) ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ พบว่าไม่สามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวได้ แต่ในทางตรงกันข้ามทำให้มีการวางไข่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (control) ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว ให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวดีที่สุด 73.08% จำนวนการวางไข่ที่วางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอาจเนื่องมาจากความสามารถของสารประกอบ monoterpene ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ไปมีผลทำให้ความสมบูรณ์พันธุ์ (fecundity) ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยเพศเมียที่ได้รับการรมน้ำมันหอมระเหย สอดคล้องกับรายงานของ Regnault-Roger and Hamraoui (1994; 1995) พบว่าจำนวนการวางไข่ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยและกรรมวิธีควบคุม อาจเนื่องมาจากความสามารถของน้ำมันหอมระเหยและสารประกอบ monoterpene ในการลดความสมบูรณ์พันธุ์ของด้วง *Acanthoscelides obtectus* เมื่อด้วงได้รับน้ำมันหอมระเหย การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Brari and Thakur (2017) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืช *Artemisia maritima* ซึ่งจัดเป็นพืชวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) ให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่ว *Callosobruchus analis* ที่มีสกุล *Callosobruchus* spp. เดียวกับด้วงถั่วเขียวได้ถึง 73.18% ที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ (ฟอง) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ (%) ของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ (ฟอง)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ (%)
control	19.50ab	-
0 (acetone)	27.25a	-39.74
200	21.75ab	-11.54
400	19.75ab	-1.28
600	15.25abc	21.79
800	9.75bc	50.00
1,000	5.25c	73.08
F-test	*	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันภายในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่งเขียวติดลบ หมายถึง กรรมวิธีดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวได้ แต่ในทางตรงกันข้ามทำให้ด้วงถั่วเขียวมีการวางไข่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (control)

4.6 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว

4.6.1 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว

ประสิทธิภาพทางการรมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว หลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ 8 ระดับความเข้มข้น (control 0 (acetone) 0.2 0.4 0.6 0.8 1 และ 1.2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือในทุกระดับความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ (ตาราง 11) โดยที่น้ำมันหอมระเหยหูเสือระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว น้อยที่สุด 2.00 ตัว ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.6 ไมโครลิตรต่อลิตรอากาศ ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 สูงที่สุด 8.25 ตัว รองลงมาคือ ที่ระดับความเข้มข้น

control 1.2 0.8 0.4 0.2 และ 0(acetone) ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 7.50, 6.50, 5.25, 3.75, 3.50 และ 2.50 ตัว ตามลำดับ

ตาราง 11 ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 (ตัว) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 (%) ของด้วงถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 (ตัว)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 (%)
control	7.50	-
0 (acetone)	2.50	66.67
0.2	3.50	53.33
0.4	3.75	50.00
0.6	8.25	-10.00
0.8	5.25	30.00
1	2.00	73.30
1.2	6.50	13.33
F-test	ns	

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวในทุกกรรมวิธีจากค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 พบว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 73.30% รองลงมาคือ ที่ระดับความเข้มข้น 0 (acetone) 0.2 0.4 0.8 และ 1.2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 66.67, 53.33, 50.00, 30.00 และ 13.33% ตามลำดับ สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 1.2 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวน้อยที่สุด 13.33% สอดคล้องกับรายงานของ Alves *et al.* (2015) กล่าวถึงประสิทธิภาพการรมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) 4 ชนิด ได้แก่ *Ocimum basilicum, Ocimum gratissimum, Mentha arvensis* และ *Lippia alba* สามารถยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวได้ถึง 100% และจากรายงานก่อนหน้านี้ของ Brari and Thakur (2017) พบว่าการคลุกเมล็ดถั่วลูกไก่ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพืช *Rabdosia rugosa* ซึ่งจัดเป็นพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) ให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่ว

C. analis ที่มีสกุล *Callosobruchus* spp. เดียวกับด้วงถั่วเขียวได้ถึง 85.48% ที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร

4.6.2 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว

ประสิทธิภาพทางการรมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว หลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ 7 ระดับความเข้มข้น (control 0(acetone) 200 400 600 800 และ 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวหลังรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยในทุกระดับความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ (ตาราง 12) พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยในทุกระดับความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 น้อยที่สุด 1.25 ตัว และยังไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความเข้มข้น 400 600 และ 800 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 10.50, 6.25 และ 4.50 ตัว ตามลำดับ สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 0 (acetone) ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 สูงที่สุด 17.50 ตัว และยังไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้น control 200 และ 400 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวในทุกกรรมวิธีจากค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่กับค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว พบว่าน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 76.19% รองลงมาคือ ที่ระดับความเข้มข้น 600 800 400 200 และ control ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ โดยให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว 59.02, 53.85, 46.84, 41.38 และ 38.46% ตามลำดับ สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 0 (acetone) ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 น้อยที่สุด 35.78% จากรายงานก่อนหน้านี้ของ Brari and Thakur (2017) พบว่าการคลุกเมล็ดถั่วลูกไก่ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพืช *Artemisia maritima* ซึ่งจัดเป็นพืชวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) ให้

ประสิทธิภาพในการยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่ว *C. analis* ที่มีสกุล *Callosobruchus* spp. เดียวกับด้วงถั่วเขียวได้ถึง 81.67% ที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร

ตาราง 12 ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 (ตัว) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 (%) ของด้วงถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัย F1 (ตัว)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 (%)
control	12.00ab	38.46
0 (acetone)	17.50a	35.78
200	12.75ab	41.38
400	10.50abc	46.84
600	6.25bc	59.02
800	4.50bc	53.85
1,000	1.25c	76.19
F-test	*	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันภายในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.7 ผลของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว

4.7.1 ผลของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียว

ผลของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่มีต่อน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ 9 ระดับความเข้มข้น (control 0(acetone) 1 3 5 7 9 12 และ 15 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) เป็นเวลา 7 วัน ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design)

พบว่าเมล็ดถั่วเขียวหลังผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือทุกระดับความเข้มข้นเป็นเวลา 7 วัน ยกเว้นที่ระดับความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ น้ำมันหอมระเหยหูเสือไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักเมล็ด แต่ในทางตรงกันข้ามพบว่าน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมทดสอบมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเมล็ดก่อนการรมทดสอบ โดยเฉลี่ยจะมีน้ำหนัก

เพิ่มขึ้น 0.01 กรัม ยกเว้นที่ระดับความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดลดลง 0.0159 กรัม อีกทั้งกรรมวิธีนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียวคิดเป็น 0.45% (ตาราง 13)

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ด (กรัม) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดก่อนทดสอบ (กรัม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดหลังทดสอบ (กรัม)	ส่วนต่างน้ำหนักเมล็ด (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเมล็ด (%)
control	3.5614cd	3.5721cd	+0.0107	0
0 (acetone)	3.7692a	3.7810a	+0.0117	0
1	3.6191abcd	3.6290abcd	+0.0099	0
3	3.6900abc	3.7029abc	+0.0129	0
5	3.7276ab	3.7385ab	+0.0110	0
7	3.5728bcd	3.5841bcd	+0.0113	0
9	3.5737bcd	3.5863bcd	+0.0126	0
12	3.5224cd	3.5065c	-0.0159	0.45
15	3.5978bcd	3.6084bcd	+0.0106	0
F-test	*	*	ns	

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันภายในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.7.2 ผลของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียว

ผลของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ 8 ระดับความเข้มข้น (control 0(acetone) 600 1,200 1,800 2,400 3,000 และ 3,600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) เป็นเวลา 7 วัน ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design)

พบว่าเมล็ดถั่วเขียวหลังผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยทุกระดับความเข้มข้นเป็นเวลา 7 วัน น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักเมล็ด แต่ในทางตรงกันข้ามพบว่าน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมทดสอบมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเมื่อ

เปรียบเทียบกับน้ำหนักเมล็ดก่อนการรมทดสอบ โดยเฉลี่ยจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 0.01 กรัม และยังไม่พบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียวในทุกกรรมวิธี (ตาราง 14) การที่เมล็ดถั่วเขียวมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอาจเกิดจากการนำเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบรมร้อนเป็นเวลา 10 นาที ซึ่งทำให้ความชื้นในเมล็ดลดลง และเมื่อนำเมล็ดมาทดสอบการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยในภาชนะปิด เมล็ดจะเกิดการถ่ายเทน้ำระหว่างอากาศภายในภาชนะเพื่อให้ระดับความชื้นสมดุล ทำให้น้ำหนักของเมล็ดเพิ่มขึ้น

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ด (กรัม) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย

ความเข้มข้น (µL/L air)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดก่อนทดสอบ (กรัม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดหลังทดสอบ (กรัม)	ส่วนต่างน้ำหนักเมล็ด (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเมล็ด (%)
control	3.2656	3.2756	+0.0100	0
0 (acetone)	3.3043	3.3145	+0.0102	0
600	3.2594	3.2710	+0.0116	0
1200	3.3221	3.3331	+0.0111	0
1800	3.2321	3.2431	+0.0110	0
2400	3.3513	3.3635	+0.0122	0
3000	3.3364	3.3482	+0.0118	0
3600	3.2922	3.3041	+0.0119	0
F-test	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การที่เมล็ดถั่วเขียวมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอาจเกิดจากการนำเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบรมร้อนเป็นเวลา 10 นาที ซึ่งทำให้ความชื้นในเมล็ดลดลง และเมื่อนำเมล็ดมาทดสอบการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยในภาชนะปิด เมล็ดจะเกิดการถ่ายเทน้ำระหว่างอากาศภายในภาชนะเพื่อให้ระดับความชื้นสมดุล ทำให้น้ำหนักของเมล็ดเพิ่มขึ้น

4.7.3 ผลของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว

ผลของน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่มีต่อความงอกของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ 9 ระดับความเข้มข้น (control 0(acetone) 1 3 5 7 9 12 และ 15 ไมโครลิตร

ต่อลิตรของอากาศ) เป็นเวลา 7 วัน ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design)

ตาราง 15 ค่าเฉลี่ยการงอก (เมล็ด) และเปอร์เซ็นต์การงอก (%) ของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ

ความเข้มข้น (µL/L air)	n (เมล็ด)	ค่าเฉลี่ยการงอกของเมล็ด (เมล็ด)	เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด (%)
control	200	50.00	100.00
0 (acetone)	200	50.00	100.00
1	200	50.00	100.00
3	200	50.00	100.00
5	200	50.00	100.00
7	200	50.00	100.00
9	200	50.00	100.00
12	200	50.00	100.00
15	200	50.00	100.00
F-test		ND	

หมายเหตุ: n คือจำนวนของเมล็ดถั่วเขียวทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ

ND (Not Detected) หมายถึง ไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้

พบว่าน้ำมันหอมระเหยหูเสือไม่ส่งผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดถั่วเขียว โดยทุกกรรมวิธีของการทดสอบให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียวสูงสุดถึง 100% (ตาราง 15) ซึ่งที่ระยะเวลา 168 ชั่วโมงของการบันทึกผลการทดสอบความงอก พบว่า เมล็ดถั่วเขียวที่ได้รับการรมด้วย 0 (acetone) และน้ำมันหอมระเหยหูเสือทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีความผิดปกติของการงอกของเมล็ดพืชเมื่อประเมินทางสายตาด้านลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืช ซึ่งต้นอ่อนพืชมีสุขภาพดีเหมือนกับกรรมวิธีควบคุม แสดงให้เห็นว่า 0 (acetone) และน้ำมันหอมระเหยหูเสือไม่มีความเป็นพิษต่อพืช การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าไม่พบผลกระทบที่เป็นอันตรายอย่างมีนัยสำคัญแม้ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น Raja *et al.* (2001), Keita *et al.* (2001) และ Sathyaseelan *et al*. (2008) รายงานว่าแม้ว่าผลิตภัณฑ์จากพืชต่าง ๆ จะมีประสิทธิภาพในการลดการวางไข่และลดความเสียหายของด้วงถั่วเขียวที่มีต่อคุณภาพของเมล็ด แต่กลับไม่พบผลกระทบที่มีต่อการงอกของเมล็ดพืช ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jaya *et al*. (2014) ที่พบว่าน้ำมันหอม

ระเหยของพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) 2 ชนิด คือ *Coleus aromaticus* และ *Hyptis suaveolens* มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดมอดแป้ง และยังไม่ส่งผลกระทบต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าของเมล็ดข้าวสาลีด้วย เช่นเดียวกับ Onu and Aliyu (1995) และ Keita *et al.* (2001) พบว่าเมล็ดพืชที่ได้รับสารสกัดจากพืชหรือน้ำมันจากพืชนั้น เมล็ดพืชไม่เกิดการสูญเสียความมีชีวิต

4.7.4 ผลของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว

ผลของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อความงอกของเมล็ดถั่วเขียวหลังผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ 8 ระดับความเข้มข้น (control 0(acetone) 600 1,200 1,800 2,400 3,000 และ 3,600 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ) เป็นเวลา 7 วัน ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Vapor-phase test จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย F-test ตามแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design)

ตาราง 16 ค่าเฉลี่ยการงอก (เมล็ด) และเปอร์เซ็นต์การงอก (%) ของเมล็ดถั่วเขียวหลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย

ความเข้มข้น (µL/L air)	n (เมล็ด)	ค่าเฉลี่ยการงอกของเมล็ด (เมล็ด)	เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด (%)
control	200	50.00	100.00
0 (acetone)	200	50.00	100.00
600	200	50.00	100.00
1,200	200	50.00	100.00
1,800	200	50.00	100.00
2,400	200	50.00	100.00
3,000	200	50.00	100.00
3,600	200	50.00	100.00
F-test		ND	

หมายเหตุ: n คือจำนวนของเมล็ดถั่วเขียวทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ
ND (Not Detected) หมายถึง ไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์

พบว่าน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยไม่ส่งผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดถั่วเขียว โดยทุกกรรมวิธีของการทดสอบให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียวสูงสุดถึง 100% (ตาราง 16) ซึ่งที่ระยะเวลา 168 ชั่วโมงของการบันทึกผลการทดสอบความงอก พบว่าเมล็ดถั่วเขียวที่ได้รับการรมด้วย 0 (acetone) และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีความ

ผิดปกติของการงอกของเมล็ดพืชเมื่อประเมินทางสายตาด้านลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืช ซึ่งต้นอ่อนพืชมีสุขภาพดีเหมือนกับกรรมวิธีควบคุม แสดงให้เห็นว่า 0 (acetone) และน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยไม่มีความเป็นพิษต่อพืช การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าไม่พบผลกระทบที่เป็นอันตรายอย่างมีนัยสำคัญแม้ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น Raja *et al.* (2001), Keita *et al.* (2001) และ Sathyaseelan *et al.* (2008) รายงานว่าแม้ว่าผลิตภัณฑ์จากพืชต่าง ๆ จะมีประสิทธิภาพในการลดการวางไข่และลดความเสียหายของด้วงถั่วเขียวที่มีต่อคุณภาพของเมล็ด แต่กลับไม่พบผลกระทบที่มีต่อการงอกของเมล็ดพืช ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ของ Jaya *et al.* (2014) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยของพืชวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) คือ *Ageratum conyzoides* มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดมอดแป้ง และยังไม่ส่งผลกระทบต่อ

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืช

5.1.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ

น้ำมันหอมระเหยหูเสือมีองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด 30 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 98.05 จำแนกเป็นสารในกลุ่ม Hydrocarbon 14 ชนิด Alcohol 13 ชนิด Oxide 2 ชนิด และ Ester 1 ชนิด โดยมีสาร carvacrol (71.41%) เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมา คือ สาร caryophyllene (7.19%), p-cymene (4.46%), caryophyllene oxide (3.52%), trans-alpha-bergamotene (2.53%), humulene (2.26%) และ terpinolene (2.16%) ตามลำดับ และพบองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ 23 ชนิด ที่ให้ค่า %area น้อยกว่า 1%

5.1.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อย

น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยมีองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด 30 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 96.23 จำแนกเป็นสารในกลุ่ม Hydrocarbon ชนิด Alcohol 6 ชนิด Ester 2 ชนิด Oxide 1 ชนิด และ Ketone 1 ชนิด โดยมีสาร alpha-pinene (34.96) เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมา คือสาร alpha-phellandrene (12.73%), germacrene D (12.12%), D-limonene (4.48%), alpha-myrcene (4.41%), bicyclogermacrene (4.28%), caryophyllene (3.15%), cedrene (2.91%), humulene (2.39%), junenol (1.96%), spathulenol (1.82%), beta-pinene (1.54%), p-cymene (1.41%) และ isoledene (1.16%) ตามลำดับ และพบองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ 16 ชนิด ที่ให้ค่า %area น้อยกว่า 1%

5.1.2 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชต่อด้วงถั่วเขียว

5.1.2.1 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือต่อด้วงถั่วเขียว

ความเป็นพิษทางการรม (LC50) ของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือที่มีต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยที่เวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 7.18, 5.78 และ 5.11 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ

5.1.2.2 ความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยต่อด้วงถั่วเขียว

ความเป็นพิษทางการรม (LC50) ของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยที่มีต่อด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยที่เวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 5304.61, 2813.59 และ 2123.76 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ตามลำดับ

5.1.3 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชกำจัดด้วงถั่วเขียว

5.1.3.1 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยหูเสือกำจัดด้วงถั่วเขียว

น้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 12 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมฆ่ากำจัดด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยดีที่สุด ภายในเวลา 24-168 ชั่วโมง โดยก่อให้เกิดอัตราการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย 93-100%

5.1.3.2 ประสิทธิภาพทางการรมฆ่าของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยกำจัดด้วงถั่วเขียว

น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมฆ่ากำจัดด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยดีที่สุด ภายในเวลา 120-168 ชั่วโมง โดยก่อให้เกิดอัตราการตายของด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย 87-96%

5.1.4 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

5.1.4.1 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยหูเสือป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

น้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมไล่ป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ ภายในเวลา 48-96 ชั่วโมง โดยก่อให้เกิดเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย 60-87%

5.1.4.2 ประสิทธิภาพทางการรมไล่ของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมไล่ป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัยได้ ภายในเวลา 72-144 ชั่วโมง โดยก่อให้เกิดเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย 37-50%

5.1.5 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

5.1.5.1 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

น้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 70.53%

5.1.5.2 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 73.08%

5.1.6 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว

5.1.6.1 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยหูเสือยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว

น้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 73.30%

5.1.6.2 ประสิทธิภาพทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว

น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ให้ประสิทธิภาพทางการรมยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียว โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัย F1 ของด้วงถั่วเขียวสูงที่สุด 76.19%

5.1.7 ผลของน้ำมันหอมระเหยของวัชพืชที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว

5.1.7.1 ผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียว

น้ำมันหอมระเหยหูเสือและกระดุมทองเลื้อยไม่ส่งผลกระทบที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักเมล็ดของถั่วเขียวในทุกระดับความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ แต่ในทางตรงกันข้ามน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด มีผลทำให้น้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียวเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนทำการทดสอบ

5.1.7.2 ผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่ว

น้ำมันหอมระเหยหูเสือ และกระดุมทองเลื้อยไม่ส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียวในทุกระดับความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ โดยให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียวสูงสุดถึง 100%

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการตกค้างของสารพิษของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ และกระดุมทองเลื้อยในเมล็ดถั่วเขียว ตลอดจนผลที่อาจมีต่อคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเขียวด้วย

5.2.2 ควรศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ และกระดุมทองเลื้อยการกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บผลผลิตจริงด้วย

5.2.3 ควรศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ และกระดุมทองเลื้อยต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บที่สำคัญชนิดอื่น ๆ ต่อไป

5.2.4 ควรศึกษาประสิทธิภาพทางการสัมผัสในการเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยหูเสือและกระดุมทองเลื้อยต่อด้วงถั่วเขียว

5.2.5 ควรศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการกินของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ และกระดุมทองเลื้อยต่อด้วงถั่วเขียว

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2551). *ถั่วเขียว*. กรุงเทพฯ, สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2560). *การปลูกถั่วเขียวในฤดูแล้ง*. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, บริษัท นิวธรรมดาการพิมพ์ (ประเทศไทย) จำกัด.

กองส่งเสริมการอารักขาพืชและการจัดการดินปุ๋ย. (2558). *การจัดการศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บของข้าวและการป้องกันกำจัด.* [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.ppsf.doae.go.th/web_km/index_km.html, [สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561].

งามชื่น คงเสรี, จารุวรรณ บางแวก, กัญญา เชื้อพันธุ์, สุนันทา วงศ์ปิยชน, วัชรี สุขวิวัฒน์, พลู ศรีสว่างจิตร และศิริวรรณ ตั้งวิสุทธิจิต. (2547). *คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://brrd.ricethailand.go.th/library/document/E-book/brrd4706001.pdf [สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561].

จงกชพร พินิจอักษร. (2548). *Natural Flavour จากพืชสมุนไพรไทย.* [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.thaicam.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=135:-natural-flavour-&catid=71:2009-09-20-11-54-09&Itemid=120 [สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561].

จารีย์ บันสิทธิ์, ธิดารัตน์ บุญรอด, ประไพ วงศ์สินคงมั่น และปราณี ชวลิตธำรง. (2548). *สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงทางการแพทย์ 2 น้ำมันหอมระเหย*.

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา, ภาวนา อัศวะประภา และวรพจน์ สุวจิตตานนท์. (2545). *พืชสมุนไพรน้ำมันหอมระเหย (Essential oil): คู่มือพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ชุดที่ 3*.

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2553). *หูเสือ.* [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=173 [สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561].

ณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์. (2561). ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากดาวเรืองการควบคุมมอดข้าวเปลือก *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae). *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 36(2)*, 135-141.

ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, P.G.Fields และอังศุมาลย์ จันทราปัตย์. (2554). ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลขิงในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)). *แก่นเกษตร, 39*, 345-358.

เบญจมาภรณ์ ฤทธิ์ไธสง. (2544). *ผลของน้ำมันหอมระเหยผกากรอง (Lantana camara Linn.) และกระทือ (Zingiber zerumbet (Linn.) Smith) ที่มีต่อด้วงถั่วเขียว (Callosobruchus maculatus Fabricius) และด้วงงวงข้าวโพด (Sitophilus zeamais Motschulsky).*

พรทิพย์ วิสารทานนท์, กุสุมา นวลวัฒน์, บุษรา จันทร์แก้วมณี, ใจทิพย์ อุไรชื่น, รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม, จิราภรณ์ ทองพันธ์, ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, ลักขณา ร่มเย็น และภาวิณี หนูชนะชัย. (2548). *แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด*. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์, อัชรอวี บิลหมัน, อนิรุฒม์ โอชุม และพัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์. (2558). ฤทธิ์ชีวภาพของผงเมล็ดพริกไทยดำต่อการควบคุมด้วงถั่วเขียว. *แก่นเกษตร*, *43*(ฉบับพิเศษ 1), 138–144.

รังสิมา เก่งการพานิช. (2558). *การใช้สารรมฟอสฟีนในการกาจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร.* [ออนไลน์]. ได้จาก: www.doa.go.th/pprdo/images/doc/phos2015.pdf. [สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2561].

ฤชุอร วรรณะ และทศพร โชติศรี. (2560). การใช้น้ำมันหอมระเหยพืชสมุนไพรป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว. *แก่นเกษตร*, *45*(ฉบับพิเศษ 1), 1348–1354.

ศูนย์รวมฐานข้อมูลสิ่งมีชีวิตในประเทศไทย. (2553). *ด้วงถั่วเขียว.* [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.thaibiodiversity.org/Life/LifeDetail.aspx?LifeID=43468 [สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2561].

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2557). *ถั่วเขียว: การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ถั่วเขียวในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=4003 [สืบค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2561].

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2548). *น้ำมันหอมระเหยไทย*. บริษัทเซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ป จำกัด.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). (2559). *เรื่องยุทธศาสตร์ของประเทศไทยด้านความมั่นคงและความปลอดภัยทางอาหารในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วลิสงกับการเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2017/20170042/files/assets/basic-html/page-1.html [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). *การศึกษาเศรษฐกิจสินค้าเกษตรเพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC)*. [ออนไลน์]. ได้จาก:

http://www.oae.go.th/download/research/2557/Greenbean_Myanmar56.pdf [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). *สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรานสินค้า*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/ebook/commodity59.pdf [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. (2559). *กระดุมทองเลื้อย*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.dnp.go.th/botany/detail.aspx?words=กระดุมทองเลื้อย&typeword=group [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. (2555). *เรื่องหลักปฏิบัติที่ดีของการใช้สารรมฟอสฟีน* (p. 67). [ออนไลน์]. ได้จาก: http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2011/2011-004-0022/index.html#p=2 [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *สารฆ่าศัตรูพืชและธรรมชาติจากน้ำมันหอมระเหยของพืช*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR9.pdf [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

สุทัศน์ มังคละคีรี. (2557). *พิษของสารทำละลายอินทรีย์ในโรงงานอุตสาหกรรม*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://php.diw.go.th/safety/wpcontent/uploads/2014/02/2.4.pdf [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

อรพิน เกิดชูชื่น. (2554). *Plant Essential*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data 2011/News/Plant Essential Oil.pdf] [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

อังกูร นพคุณภูษิต. (2555). *Acetone*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.summacheeva.org/index_thaitox_acetone.htm, [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

อังคณา สุวรรณกูฏ. (2556). สารรมที่ใช้กับผลผลิตพืช. *กสิกร, 8*(4): 13-14.

Ahn, Y.J., Lee, S.B., Lee, H.S. and Kim, G.H. (1998). Insecticidal and acaricidal activity of carvacrol and thujaplicine derived from *Thujopsis dolabrata* var. hondai sawdust. *Journal of Chemical Ecology*, *24*, 81-90.

Ajayi, O.E., Appel, A.G. and Fadamiro, H.Y. (2014). Fumigation Toxicity of Essential Oil Monoterpenes to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Journal of Insects*, 1-4.

Alves, M.S., Santos, D.P., Silva, L.C.P., Pontes, E.G. and Souza, M.A.A. (2015). Essential Oils Composition and Toxicity Tested by Fumigation Against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) Pest of Stored Cowpea. *Revista Virtual de Quimica*, *7*(6), 2387-2399.

Arumugam, G., Swamy, M.K. and Sinniah, U.R. (2016). *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance. *Journal Molecules*, *26*, 1-26.

Baisaenga, N., Kawareeb, R., Boonmaa, A., Sadnena, J., Khamkaewa, S. and Klayraungb, S. (2017). Antibacterial activity of essential oil from *Wedelia trilobata* leaves against Propionibacterium granulosum. *ScienceAsia*, *43*(5), 275-280.

Battaglia, S. (1995). *The Complete Guide to Aromatherapy*. Perfect Potion (Aust) Pty Limited. pp 476.

Bett, P.K., Deng, A.L., Ogendo, J.O., Kariuki, S.T., Kamatenesi-Mugisha, M. and Mihale, J. M. (2016). Chemical composition of *Cupressus lusitanica* and *Eucaluptus saligna* leaf essential oils and bioactivity against major insectpests of stored food grains. *Industrial Crops and Products*, *82*, 51-62.

Bloomqusit, J.R. (1999). *Insecticides chemistries and characteristics*. Retrieved from http://www.ipmworld.umn.edu/chapters/bloomq.htm

Boudaa, H., Tapondjoua, L.A., Fontemb, D.A. and Gumedzoe, M.Y.D. (2001). Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, *37*, 103-109.

Brari, J. and Thakur, D.R. (2017). Bioefficacy of four essential oils against *Callosobruchus analis* (F.) (Coleoptera: Bruchidae), A seed pest of stored legumes world wide. *International Journal of Entomology Research*, *2*(6), 71-75.

Cheng, D.Y., Yu, L.R., Lin, Y.L., Hui, Z., Yan, Z.Q. and Zhen, Q. (2014). Insecticidal activities and chemical constituents of essential oils from alien invasive plants Solidago canadensis and *Wedelia trilobata*. *Journal of Guangxi Normal University (Natural Science Edition)*, *32(2)*, 122-129.

Douiri, L.F., Boughdad, A., Alaoui, M.H. and Moumni, M. (2014). Biological Activity of *Rosmarinus officinalis* Essential Oils against *Callosobruchus maculatus*, (Coleoptera, Bruchinae). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, *4(2)* 2224-3208.

Esmaili, M. Vojoudi, S. and Parsaeyan, E. (2013). Fumigant toxicity of essential oils of *Mentha pulegium* L. on adults of *Callosobruchus maculatus*, *Tribolium castaneum*, *Lasioderma serricorne* and *Sitophilus oryzae* in laboratory conditions. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, *3*, 732-735.

Fatiha, R.A., Kada, R., AnouarKhelil, M. and Villar, J.P. (2014). Biological control against the cowpea weevil (*Callosobruchus chinensis* L., Coleoptera: Bruchidae) using essential oils of some medicinal plants. *Journal of Plant Protection Research*, *54(3)*, 211-217.

Forouzan, M., Hosseinzadeh, A., Aramideh, S., Kahrizeh, A.G., Mirfakhraie, S. and Mahinfar, S. (2016). Fumigant toxicity of essential oils from *Artemisia annua* L. and the synergistic effect of acetone against three most important stored pests. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *4(6)*, 117-120.

Gil, A., de La Fuente, E.B., Lenardis, A.E., Pereira, M.L., Suarez, S.A., Bandoni, A., Baren, C.V., Di Leo Lira, P. and Ghersa, C.M. (2002). Coriander essential oil composition from two genotypes grown in different environmental conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50(10)*, 2870-2877.

Grainge, M. and Ahmed, S. (1988). *Handbook of Plants with Pest Control Properties.* Wiley-Interscience Publication. New York. pp. 470.

Howe, R.W. and Currie, J.E. (1964). Some laboratory observations on the rates of development, mortality and oviposition of several species of *Bruchidae breeding* in stored pulses. *Bulletin of Entomological Research*, *55(3)*, 437-477.

Hsu, K. P. and Ho, C. L. (2019). Antimildew effects of *Plectranthus amboinicus* leaf essential oil on paper. *Natural Product Communications*, 1-6.

Ilboudo, Z., Dabire, L. C. B., Nebie, R. C. H., Dicko, I. O., Dugravot, S., Cortesero, A. M. and, & Sanon, A. (2010). Biological activity and persistence of four essential oils

towards the main pest of stored cowpeas, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, *46*, 124-128.

Jaya, Singh, P., Prakash, B. and Dubey, N.K. (2014). Insecticidal activity of *Ageratum conyzoides* L., *Coleus aromaticus* Benth. and *Hyptis suaveolens* (L.) Poit essential oils as fumigant against storage grain insect *Tribolium castaneum* Herbst. *Journal of Food Science and Technology*, *51(9)*, 2210–2215.

Karmer, K.J. and Muthukrishnan, S. (1997). Insect chitinases molecular biology and potential use as biopesticides. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, *27*, 887-900.

Keita, S.M., Vincent, C., Schmit, J.P., Arnason, J.T. and Belanger, A. (2001). Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) [Coleoptera: Bruchidae]. *Journal of Stored Products Research*, *37*, 339-349.

Kellouche, A., Ait-Aider, F., Labdaoui, K., Moula, D., Ouendi, K., Hamadi, N., Ouramdane, A., & Frerot, B. and Mellouk, M. (2010). Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Integrative Biology*, *10*, :86-89.

Khani, A. and Asghari, J. (2012). Insecticide activity of essential oils of *Mentha longifolia, Pulicaria gnaphalodes* and *Achillea wilhelmsii* against two stored product pests, the flour beetle, *Tribolium castaneum*, and the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Insect Science*, *12(73)*, 1-10.

Khani, A. and Rahdari, T. (2012). Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Coriandrum savivum* seeds against *Tribolium confusum* and *Callosobruchus maculates*. *International Scholarly Research Network Pharmaceutics*, 1-5.

Khater, K.S. and Samah, N.S.E.l. (2015). Insecticidal Effect of Essential Oils from Two Aromatic Plants Against *Tribolium castaneum* (Herbst), (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Biological Pest Control*, *25(1)*, 129-134.

Lawless, J. (1992). *The Encyclopedia of Essential Oils*. HarperCollins Publishers: London, United Kingdom.

Mahmoudvand, M., Abbasipour, H., Hosseinpour, M.H., Rastegar, F. and Basij, M. (2011). Using some plant essential oils as natural fumigants against adults of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Munis Entomology & Zoology*, *6(1)*, 150-154.

Maurya, S. and Sangwan, N.S. (2020). Profiling of Essential Oil Constituents in *Ocimum* Species. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences*, *90(3)*, 577-583.

Meyer, J. R. (1983). Resistance to the fumigant hydrogen phosphide in adequate treatment. *Mitteilung Deutsche Gesselschaft Fuer Allgemine Angewandte Entomologic*, *4*, 98-101.

Negahbana, M., Moharramipour, S. and Sefidkon, F. (2007). Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, *43*, 123-128.

Norazsida, R., Pakeer, O. and Taher, M. (2017). The Antimalarial Properties of Essential Oils of The Leaves of Malaysian *Plectranthus Amboinicus* (Lour) Spreng In Mice Infected with *Plasmodium Berghei*. *International Medical Journal Malaysia*, *16(1)*, 67-74.

Nyamador, S.W., Mondedji, A.D., Kasseney, B.D., Ketoh, G.K., Koumaglo, H.K. and Glitho, I. (2017). Insecticidal activity of four essential oils on the survival and oviposition of two sympatric bruchid species: *Callosobruchus maculatus* F. and *Callosobruchus subinnotatus* PIC. (Coleoptera: Chrysomelidea: Bruchinae). *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, *8(10)*, 103-112.

Obeng-Ofori, D., Reichmuth, C.H., Bekele, J. and Hassanali, A. (1997). Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. *Journal of Applied Entomology*, *121*, 237-243.

Odeyemia, O.O., Masikab, P. and Afolayan, A.J. (2008). Evaluation of the Activities of Five Essential Oils against the Stored Maize Weevil. *Natural Product Communications*, *3(7)*, 1097-1102.

Oka, Y., Nacar, S., Putievsky, E., Ravid, U., Yaniv, Z. and Spiegel, Y. (2000). Nematicidal Activity of Essential Oils and Their Components Against the Root-Knot Nematode. *Phytopathology*, *90(7)*, 710-715.

Olajuyigbe, O. and Ashafa, A. (2014). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oil of *Cosmos bipinnatus* Cav. Leaves from South Africa. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, *13(4)*, 1417-1423.

Oliveira, J.V. de., França, S.M. de., Barbosa, D.R.E.S., Dutra, K.D.A., Araujo, A.M.N. de. and Navarro, D.M.A.F. de. (2017). Fumigation and repellency of essential oils against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in cowpea. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *52(1)*, 10-17.

Omar, S., Marcotte, M., Fields, P., Sanchez, P.E., Poveda, L., Mata, R., Jimenez, A., Durst, T., Zhang, J., MacKinnon, S., Leaman, D., Arnason, J.T. and Philogène, B. J. R. (2005). Antifeedant activities of terpenoids isolated from tropical Rutales. *Journal of Stored Products*, *43*, 92-96.

Onu, I. and Aliyu, M. (1995). Evaluation of powdered fruits of four peppers (Capsicum spp.) for the control of *Callosobruchus maculatus* on stored cowpea seed. *International Journal of Pest Management*, *41(3)*, 143-145.

Ortega, N.M.M., Robles, B.R.M., Acedo, F.E., Gonzalez, L.A., Morales, E.A. and Vazquez, M. L. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of oregano (*Lippia palmeri* S. Wats) essential oil. *Revista Fitotecnia Mexicana Publ. Por La Sociedad Mexicana de Fitogenética*, *34(1)*, 11-17.

Ozcan, M.M. and Chalchat, J.C. (2006). Effect of collection time on chemical composition of the essential oil of *Foeniculum vulgare* subsp. piperitum growing wild in Turkey. *European Food Research and Technology*, *224*, 279-281.

Pandey, A.K., Palni, U.T. and Tripathi, N.N. (2014). Repellent activity of some essential oils against two stored product beetles *Callosobruchus chinensis* L. and *C. maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) with reference to *Chenopodium ambrosioides* L. oil for the safety of pigeon pea seeds. *Journal of Food Science and Technology*, *51(2)*, 4066-4071.

Puechkaset. (2018). *กระดุมทองเลื้อย และเบญจมาศเครือ*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://puechkaset.com/กระดุมทองเลื้อย/ [สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2561].

Raala, A., Kaura, H., Oravb, A., Araka, E., Kailasb, T. and Muuriseppb, M. (2011). Content and composition of essential oils in some Asteraceae species. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, *60(1)*, 55-63.

Raja, N., Babu, A., Dorn, S. and Ignacimuthu, S. (2001). Potential of plants for protecting stored pulses from *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) infestation. *Biological Agriculture and Horticulture*, *19*, 19-27.

Rani, P. U. (2012). Fumigant and contact toxic potential of essential oils from plant extracts against stored product pests. *Journal of Biopesticides*, *5(2)*, 120-128.

Regnault-Roger, C. and Hamraoui, A. (1994). Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), a kidneybean (*Phaseolus vulgaris*) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection*, *13*, 624-628.

Regnault-Roger, C. and Hamraoui, A. (1995). Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research*, *31*, 291-299.

Ryan, M.F. and Byrne, O. (1988). Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. *Journal of Chemical Ecology Volume*, *14*, 1965-1975.

Sabra, A.S., Astatkie, T., Alataway, A., Mahmoud, A.A., Gendy, A.S.H., Said-Al Ahl, H.A.H. and Tkachenko, K. G. (2018). Response of Biomass Development, Essential Oil, and Composition of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. to Irrigation Frequency and Harvest Time. *Chemistry & Biodiversity*, *15*(3), 1-17.

Saeidi, K. and Mirfakhraie, S. (2017). Chemical composition and insecticidal activity Mentha piperita L. essential oil against the cowpea seed beetle *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Entomological and Acarological Research*, *49(6769)*, 127-134.

Saglam, O. and Ozder, N. (2013). Fumigant toxicity of monoterpenoid compounds against the confused flour beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Turkish Journal of Entomology-DergiPark*, *37*, 457-466.

Sarar, A.S.A.L., Hussein, H.I., Abobakr, Y., Bayoumi, A.E. and Otaibi, M.T.A.L. (2014). Fumigant toxicity and antiacetylcholinesterase activity of Saudi *Mentha*

longifolia and *Lavandula dentata* Species against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Turkish Journal of Entomology – DergiPark*, *38(1)*, 11-18.

Sathyaseelan, V., Baskaran, V. and Mohan, S. (2008). Efficacy of some indigenous pesticidal plants against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.) on green gram. *Journal of Entomology*, *5(2)*, 128-132.

Senthilkumar, A. and Venkatesalu, V. (2010). Chemical composition and larvicidal activity of the essential oil of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng against *Anopheles stephens*: a malarial vector mosquito. *Parasitol Res*, *107*, 1275-1278.

Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J. and Sukprakarn, C. (1997). Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insect. *Journal of Stored Products Research*, *33*, 7-15.

Sousa, I.P., Paula, D.A.C., Tiossi, R.F.J., Silva, E.D.O., Miranda, M.A., Oliveira, R.B.D., Spadaro, A.C.C., Bastos, J.K., Furtado, N.A.J.C. and Costa, F.B.D. (2018). Essential oils from *Tithonia diversifolia* display potent anti-oedematogenic effects and inhibit acid production by cariogenic bacteria. *Journal of Essential Oil Research*, 1-10.

Tripathi, A.K., Prajapati, V., Aggarwal, K.K., Khanuja, S.P.S. and Kumar, S. (2000). Repellency and Toxicity of Oil from *Artemisia annua* to Certain Stored-Product Beetles. *Journal of Economic Entomology*, *93(1)*, 43-47.

Wahba, T.F., Mackled, M.I., Selim, S. and Zemity, S. R. E. l. (2018). Toxicity and reproduction inhibitory effects of some monoterpenes against the cowpea weevil *Callobsobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Middle East Journalb of Applied Sciences*, *8(4)*, 1061-1070.

Wanna, R. and Krasaetep, J. (2019). Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from Indian borage against maize weevil. *International Journal of GEOMATE*, *16*, 59-64.

Wanna, R. and Kwang-Ngoen, P. (2019). Efficiency of Indian borage essential oil against cowpea bruchids. *International Journal of GEOMATE*, *16(56)*, 129-134.

Weinzierl, R. and Jones, M. (2006). *Introdution to Applied Entomlogy Lecture 3 Internal Morphology, University of Illinois*. [Online]. Available from:

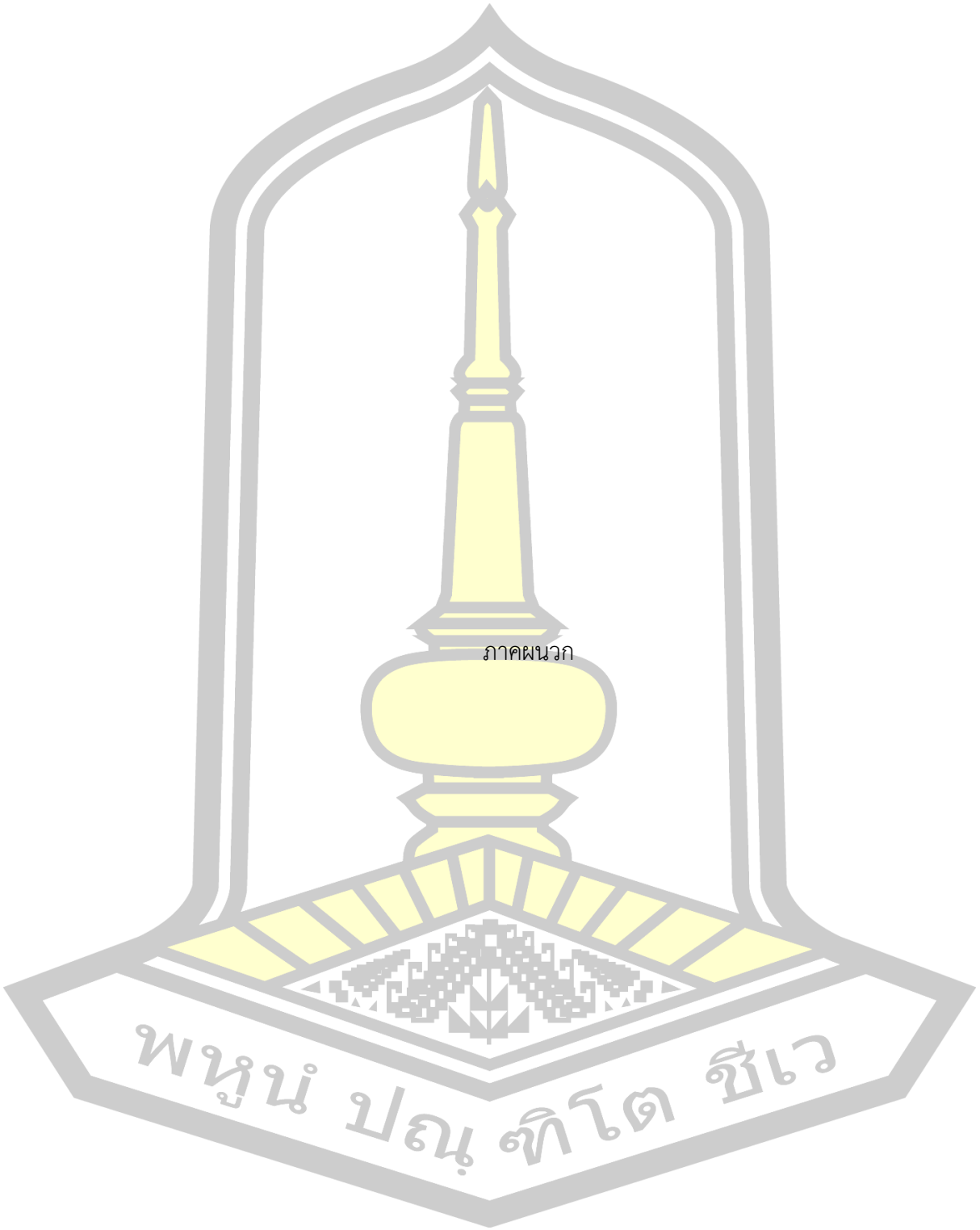
http://www.ipm.uiuc.edu/cropsci270/syllabus/lecture0203.pdf [accessed Date of Access 26 March 2019].

Wierdaka, R.N., Kockab, A.B. and Szymczakc, G. (2014). Volatile Constituents of *Melissa officinalis* Leaves Determined by Plant Age. *Natural Product Communications*, *9(5)*, 703-706.

Yildirim, E., Emsen, B. and Kordali, S. (2013). Insecticidal effects of monoterpenes on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, *86*, 198-204.

Zandi-Sohani, N., Hojjati, M. and Carbonell-Barrachina, A.A. (2013). Insecticidal and repellent activities of the essential oil of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae. *Neotropical Entomology*, *42*, 89-94.

Zhang, Z., Yang, T., Zhang, Y., Wang, L. and Xie, Y. (2016). Fumigant toxicity of monoterpenes against fruitfly, *Drosophila melanogaster*. *Industrial Crops and Products*, *81*, 147-151.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกข้อมูลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และจำนวนการตาย การไล่ การยับยั้งการวางไข่การออกเป็นตัวเต็มวัย และผลของน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนัก และความงอกของเมล็ดถั่วเขียว

ตารางภาคผนวก 1 ก องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือคู่ที่ 4 ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer

ลำดับที่	ชื่อสารประกอบที่พบ	กลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมี	สูตรเคมี	RT	%area
1	3-hexenol	alcohol	$C_6H_{12}O$	3.620	0.74
2	3-octenol	alcohol	$C_8H_{16}O$	6.465	0.57
3	alpha-pinene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	6.545	0.80
4	cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	7.421	1.26
5	p-mentha-1,5,8-triene	hydrocarbon	$C_{10}H_{14}$	7.784	2.99
6	3-octen-5-yne, 2,7-dimethyl-, (e)-	ester	$C_{10}H_{16}$	8.967	4.19
7	terpinen-4-ol	alcohol	$C_{10}H_{18}O$	13.648	1.92
8	2-propen-1-ol, 3-phenyl-	alcohol	$C_9H_{10}O$	20.444	48.98
9	alpha-humulene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	23.839	11.75
10	trans- alpha -bergamotene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	24.272	2.47
11	germacrene b	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	25.195	4.14
12	alpha-muurolene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.719	0.46
13	aromadendrene oxide 2	oxide	$C_{15}H_{24}O$	30.121	3.89
14	cyclooctene, 1,2-dimethyl-	alcohol	$C_{10}H_{18}$	31.017	0.57
15	caryophyllene oxide	oxide	$C_{15}H_{24}O$	33.312	2.44
16	andrographolide	hydrocarbon	$C_{20}H_{30}O_5$	35.06	0.60
17	phytol	alcohol	$C_{20}H_{40}O$	48.111	0.57
18	(2e,4e,10e)-n-isobutylhexadeca-2,4,10-trienamide	aldehyde	$C_{20}H_{35}NO$	54.293	0.90
19	ethanol, 2-(9,12-octadecadienyloxy)-, (z,z)-	alcohol	$C_{20}H_{38}O_2$	55.654	1.07
20	(2e,4e)-n-isobutyloctadeca-2,4-dienamide	aldehyde	$C_{22}H_{41}NO$	56.318	0.72
	unknown				8.97
	total				100.00

หมายเหตุ: RT (Retention Time)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 2 ก องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือคู่ที่ 5 ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer

ลำดับที่	ชื่อสารประกอบที่พบ	กลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมี	สูตรเคมี	RT	%area
1	4-hexen-1-ol, trifluoroacetate	ester	$C_8H_{11}F_3O_2$	3.618	0.41
2	1-octen-3-ol	alcohol	$C_8H_{16}O$	6.450	0.50
3	alpha-pinene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	6.547	0.58
4	terpinolene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	7.426	1.02
5	2,4-dimethylbenzenemethanamine	hydrocarbon	$C_9H_{13}N$	7.778	3.40
6	2,4,6-octatriene, 3,4-dimethyl-	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	8.982	4.19
7	terpinen-4-ol	alcohol	$C_{10}H_{18}O$	13.693	2.02
8	2,7-dimethyloctadiyne-3,5-diol-2,7	alcohol	$C_{10}H_{14}O_2$	20.451	50.26
9	caryophyllene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	23.956	12.91
10	trans-alpha-bergamotene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	24.357	2.56
11	germacrene b	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	25.243	3.93
12	alpha-muurolene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.779	0.43
13	caryophyllene oxide	oxide	$C_{15}H_{24}O$	30.232	4.61
14	cis-chrysanthenol	alcohol	$C_{10}H_{16}O$	31.137	0.75
15	ledene oxide-(ii)	oxide	$C_{15}H_{24}O$	33.412	2.49
16	santalol,cis,a-	alcohol	$C_{15}H_{24}O$	35.211	0.63
17	ethyltetramethylcyclopentadiene	hydrocarbon	$C_{11}H_{18}$	41.793	0.29
18	n-hexadecanoic acid	alcohol	$C_{16}H_{32}O_2$	43.835	0.57
19	phytol	alcohol	$C_{20}H_{40}O$	48.341	0.71
20	nonadecane, 2-methyl-	hydrocarbon	$C_{20}H_{42}$	58.782	0.40
	unknown				7.34
	total				100.00

หมายเหตุ: RT (Retention Time)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 3 ก องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือคู่ที่ 6 ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer

ลำดับที่	ชื่อสารประกอบที่พบ	กลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมี	สูตรเคมี	RT	%area
1	3-hexen-1-ol, (z)-	alcohol	$c_6h_{12}o$	3.605	0.40
2	alpha-pinene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	6.552	0.61
3	terpinolene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	7.436	1.16
4	p-mentha-1,5,8-triene	hydrocarbon	$c_{10}h_{14}$	7.798	3.49
5	2,4,6-octatriene, 2,6-dimethyl-, (e,e)-	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	8.979	4.37
6	terpinen-4-ol	alcohol	$c_{10}h_{18}o$	13.696	2.12
7	phenol, 4-(2-propenyl)-	alcohol	$c_9h_{10}o$	20.336	46.53
8	caryophyllene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	23.906	12.79
9	1,3,6,10-dodecatetraene, 3,7,11-trimethyl-, (z,e)-	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	24.359	2.83
10	germacrene b	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	25.235	3.85
11	alpha-muurolene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	26.776	0.43
12	caryophyllene oxide	oxides	$c_{15}h2_4o$	30.241	5.08
13	cis-chrysanthenol	alcohol	$c_{10}h_{16}o$	31.132	0.89
14	ledene oxide-(ii)	oxide	$c_{15}h_{24}o$	33.429	2.75
15	alpha-longipinene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	35.238	0.57
16	3-methyl-2-(2-methyl-2-butenyl)-furan	ester	$c_{10}h_{14}o$	41.798	0.38
17	n-hexadecanoic acid	hydrocarbon	$c_{16}h_{32}o_2$	43.85	0.56
18	phytol	alcohol	$c_{20}h_{40}o$	48.306	0.92
19	bisphenol c	alcohol	$(ch_3)_2c[c_6h_3(ch_3)oh]_2$	49.119	0.57
20	nonadecane, 2-methyl-	ester	$c_{20}h_{42}$	58.774	0.43
	unknown				9.27
	total				100.00

หมายเหตุ: RT (Retention Time)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 4 ก องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยคู่ที่ 4 ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer

ลำดับที่	ชื่อสารประกอบที่พบ	กลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมี	สูตรเคมี	RT	%area
1	4-methylheptan-3-ol	alcohol	$c_8\ h_{18}\ o$	3.227	0.01
2	3-hexen-1-ol	alcohol	$c_6\ h_{12}\ o$	3.45	0.02
3	alpha-pinene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	5.439	58.02
4	camphene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	5.622	1.05
5	sabinene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	6.105	1.29
6	(-)-beta-pinene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	6.365	6.81
7	beta-terpinene	hydrocarbon	$c_{10}\ h_{16}$	6.585	2.20
8	alpha-phellandrene	hydrocarbon	$c_{10}\ h_{16}$	7.346	21.16
9	alloocimene	hydrocarbon	$c_{10}\ h_{16}$	7.448	0.02
10	p-cymene	hydrocarbon	$c_{10}\ h_{14}$	7.713	2.09
11	limonene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	7.986	6.48
12	alpha-ocimene	hydrocarbon	$c_{10}\ h_{16}$	8.346	0.30
13	methyl 6-methyl heptanoate	ester	$c_9\ h_{17}\ o_2$	8.422	0.01
14	gamma-terpinene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	8.714	0.02
15	isoterpinolene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	9.657	0.03
16	linalool	alcohol	$c_{10}\ h_{18}\ o$	10.195	0.01
17	perillene	hydrocarbon	$c_{10}\ h_{14}\ o$	10.688	0.07
18	alpha-campholenal	aldehyde	$c_{10}h_{16}o$	11.189	0.03
19	pinocarveol	alcohol	$c_{10}\ h_{16}\ o$	11.754	0.01
20	trans-verbenol	alcohol	$c_{10}h_{16}o$	11.814	0.01
21	carveol	alcohol	$c_{10}\ h_{16}\ o$	11.992	0.14
22	pinocarvone	ketone	$c_{10}\ h_{14}\ o$	12.572	0.01
23	isoborneol	alcohol	$c_{10}h_{18}o$	12.995	0.01
24	terpinen-4-ol	alcohol	$c_{10}h_{18}o$	13.335	0.01
25	terpineol	alcohol	$c_{10}h_{18}o$	13.961	0.02
26	1,3-cyclooctadiene	hydrocarbon	c_8h_{12}	13.993	0.01
27	sabinyl acetate	ester	$c_{12}\ h_{18}\ o_2$	14.289	0.01
28	chrysanthenone	ketone	$c_{10}\ h_{14}\ o$	14.434	0.01
29	is-3-hexenyl 2-methylbutanoate	ester	$c_{11}h_{20}o_2$	15.425	0.01
30	4-ethyl-1,4-dimethyl-2-cyclohexen-1-ol	alcohol	$c_{10}h_{18}o$	16.138	0.04
	unknown				0.09
	total				100.00

หมายเหตุ: RT (Retention Time)

ตารางภาคผนวก 5 ก องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยคู่ที่ 5 ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer

ลำดับที่	ชื่อสารประกอบที่พบ	กลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมี	สูตรเคมี	RT	%area
1	alpha-pinene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	5.467	34.30
2	camphene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	5.632	0.69
3	sabinene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	6.112	0.84
4	alpha-myrcene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	6.382	4.70
5	(-)-beta-pinene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	6.600	1.60
6	gamma-terpinene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	7.366	13.99
7	p-cymene	hydrocarbon	$c_{10}h_{14}$	7.711	1.35
8	limonene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	8.004	4.60
9	alpha-ocimene	hydrocarbon	$c_{10}h_{16}$	8.357	0.28
10	germacrene d	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	21.385	0.10
11	beta-elemene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	22.001	0.21
12	caryophyllene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	23.409	2.99
13	humulene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	24.815	2.31
14	beta-copaene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	26.197	12.52
15	beta-selinene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	26.304	0.30
16	bicyclogermacrene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	26.680	4.40
17	alpha-farnesene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	26.855	0.11
18	isoledene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	27.363	1.18
19	isocaryophyllene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	29.162	0.40
20	(-)-spathulenol	alcohol	$c_{15}h_{24}o$	29.682	1.91
21	guaiol	alcohol	$c_{15}h_{26}o$	30.363	0.17
22	caryophyllene oxide	oxide	$c_{15}h_{24}o$	30.690	0.10
23	junenol	alcohol	$c_{15}h_{26}o$	31.318	2.32
24	isoledene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	31.388	1.05
25	alpha-serinene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	31.604	0.13
26	beta-eudesmol	alcohol	$c_{15}h_{26}o$	32.362	0.12
27	alpha-cadinol	alcohol	$c_{15}h_{26}o$	32.532	0.59
28	cedrene	hydrocarbon	$c_{15}h_{24}$	34.098	3.02
29	methyl-palustrate	ester	$c_{21}h_{32}o_2$	43.601	0.69
30	neophytadiene	hydrocarbon	$c_{20}h_{38}$	47.655	0.77
	unknown				2.26
	total				100.00

หมายเหตุ: RT (Retention Time)

ตารางภาคผนวก 6 ก องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบกระดุมทองเลื้อยคู่ที่ 6 ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatograph-Mass Spectrometer

ลำดับที่	ชื่อสารประกอบที่พบ	กลุ่มสารตามโครงสร้างทางเคมี	สูตรเคมี	RT	%area
1	alpha-pinene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	5.439	31.45
2	camphene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	5.602	0.59
3	sabinene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	6.085	0.77
4	alpha-myrcene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	6.347	4.10
5	(-)-beta-pinene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	6.573	1.42
6	gamma-terpinene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	7.321	12.04
7	p-cymene	hydrocarbon	$C_{10}H_{14}$	7.691	1.29
8	limonene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	7.966	4.06
9	alpha-ocimene	hydrocarbon	$C_{10}H_{16}$	8.337	0.25
10	germacrene d	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	21.372	0.14
11	beta-elemene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	22.005	0.27
12	caryophyllene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	23.446	3.61
13	humulene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	24.855	2.73
14	beta-copaene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.304	13.98
15	beta-selinene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.379	0.29
16	bicyclogermacrene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	26.747	5.47
17	(−)-isoledene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	27.41	1.35
18	guaiene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	28.701	0.12
19	cedrene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	29.166	0.43
20	(-)-spathulenol	alcohol	$C_{15}H_{24}O$	29.709	1.88
21	guaiol	alcohol	$C_{15}H_{26}O$	30.397	0.18
22	junenol	alcohol	$C_{15}H_{26}O$	31.360	2.21
23	isoledene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	31.433	0.91
24	alpha-bulnesene	hydrocarbon	$C_{15}H_{24}$	32.391	0.14
25	alpha-cadinol	alcohol	$C_{15}H_{26}O$	32.574	0.66
26	cubenol	alcohol	$C_{15}H_{26}O$	34.128	3.02
27	4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid, methyl ester	ester	$C_{23}H_{34}O_2$	43.651	1.03
28	neophytadiene	hydrocarbon	$C_{20}H_{38}$	47.686	0.84
29	isopimara-7,15-dien-3-one	ketone	$C_{20}H_{30}O$	51.707	0.54
30	adrenosterone	ketone	$C_{19}H_{24}O_3$	56.226	0.16
	unknown				4.07
	total				100.00

หมายเหตุ: RT (Retention Time)

ตารางภาคผนวก 7 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
6 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	0	1	0	0	0.25
	6	2	2	2	3	2.25
	9	1	2	6	4	3.25
	12	1	6	6	4	4.25
	15	2	7	6	10	6.25
12 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	0	0	0	0	0.00
	6	5	4	2	4	3.75
	9	3	3	7	4	4.25
	12	1	12	7	4	6.00
	15	4	7	7	10	7.00
18 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	0	0	0	0	0.00
	6	5	4	5	4	4.50
	9	6	8	10	7	7.75
	12	9	14	15	8	11.50
	15	18	20	17	20	18.75
24 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	0	1	0	1	0.50
	6	7	4	7	9	6.75
	9	14	18	17	19	17.00
	12	18	18	20	19	18.75
	15	20	20	20	20	20.00

ตารางภาคผนวก 7 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
30 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	0	1	0	1	0.50
	6	10	3	10	13	9.00
	9	17	18	20	20	18.75
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
36 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	0	2	0	2	1.00
	6	14	7	12	15	12.00
	9	19	20	20	20	19.75
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
42 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	1	1	1	2	1.25
	6	16	8	13	14	12.75
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
48 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	2	1	1	3	1.75
	6	18	8	13	17	14.00
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00

ตารางภาคผนวก 7 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
54 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	3	1	2	3	2.25
	6	18	8	13	16	13.75
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
60 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	3	2	1	4	2.50
	6	18	6	13	17	13.50
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
66 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	7	1	4	5	4.25
	6	19	9	14	17	14.75
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
72 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	8	4	3	7	5.50
	6	19	8	15	17	14.75
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00

ตารางภาคผนวก 7 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
78 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	10	5	4	5	6.00
	6	17	10	14	17	14.50
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
84 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	11	6	5	8	7.50
	6	17	12	14	17	15.00
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
90 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	11	7	7	10	8.75
	6 L	18	10	15	17	15.00
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
96 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	13	10	12	14	12.25
	6	18	10	16	17	15.25
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 7 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
102 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	13	10	12	14	12.25
	6	18	12	16	18	16.00
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
108 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	15	12	12	16	13.75
	6	19	13	17	18	16.75
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
114 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	16	14	14	16	15.00
	6	20	13	17	18	17.00
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
120 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	17	16	16	17	16.50
	6	20	15	18	18	17.75
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00

ตารางภาคผนวก 7 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
126 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	17	17	16	17	16.75
	6	20	17	19	19	18.75
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
132 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	17	17	16	17	16.75
	6	20	17	19	19	18.75
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
138 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	17	18	18	18	17.75
	6	20	17	19	19	18.75
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
144 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	18	18	18	19	18.25
	6	20	19	19	19	19.25
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00

ตารางภาคผนวก 7 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
150 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	18	18	19	19	18.50
	6	20	19	19	19	19.25
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
156 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	19	19	20	19	19.25
	6	20	19	19	19	19.25
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
162 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	19	19	20	19	19.25
	6	20	19	19	19	19.25
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00
168 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	3	19	19	20	19	19.25
	6	20	19	19	19	19.25
	9	20	20	20	20	20.00
	12	20	20	20	20	20.00
	15	20	20	20	20	20.00

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 8 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
6 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	0	0.00
	1200	0	0	0	0	0.00
	1800	0	0	0	0	0.00
	2400	0	0	0	0	0.00
	3000	0	0	0	0	0.00
12 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	0	0.00
	1200	0	0	0	0	0.00
	1800	0	1	0	2	0.75
	2400	4	3	2	1	2.50
	3000	1	1	2	0	1.00
18 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	0	0.00
	1200	0	0	0	0	0.00
	1800	0	2	2	3	1.75
	2400	9	8	3	1	5.25
	3000	4	4	3	3	3.50
24 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	0	0.00
	1200	0	0	0	0	0.00
	1800	1	3	4	5	3.25
	2400	9	10	3	1	5.75
	3000	6	4	5	3	4.50

ตารางภาคผนวก 8 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
30 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	0	0.00
	1200	0	0	0	0	0.00
	1800	3	6	3	6	4.50
	2400	10	13	5	1	7.25
	3000	7	7	8	3	6.25
36 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	0	0.00
	1200	0	0	0	0	0.00
	1800	4	8	5	6	5.75
	2400	11	16	6	2	8.75
	3000	9	9	10	6	8.50
42 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	0	0.00
	1200	0	0	0	0	0.00
	1800	5	10	7	6	7.00
	2400	12	18	6	3	9.75
	3000	9	10	12	7	9.50
48 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	0	0.00
	1200	0	0	0	0	0.00
	1800	5	11	7	9	8.00
	2400	12	18	6	5	10.25
	3000	9	10	12	7	9.50

ตารางภาคผนวก 8 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
54 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	0	0.00
	1200	0	0	0	0	0.00
	1800	5	11	7	9	8.00
	2400	17	18	7	7	12.25
	3000	9	11	14	8	10.50
60 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	1	0.25
	1200	0	1	0	1	0.50
	1800	6	11	8	9	8.50
	2400	17	19	8	7	12.75
	3000	11	14	14	9	12.00
66 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	0	1	0.25
	1200	0	1	0	1	0.50
	1800	7	11	8	9	8.75
	2400	17	19	8	7	12.75
	3000	12	14	14	10	12.50
72 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	1	1	0.50
	1200	0	2	0	1	0.75
	1800	7	11	9	9	9.00
	2400	18	20	8	9	13.75
	3000	14	15	17	12	14.50

ตารางภาคผนวก 8 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
78 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	1	1	0.50
	1200	0	2	0	1	0.75
	1800	7	11	9	9	9.00
	2400	18	20	8	9	13.75
	3000	14	15	17	12	14.50
84 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	1	1	0.50
	1200	1	2	0	1	1.00
	1800	9	11	11	10	10.25
	2400	18	20	10	9	14.25
	3000	15	16	17	14	15.50
90 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	1	1	0.50
	1200	1	2	0	1	1.00
	1800	9	11	11	10	10.25
	2400	18	20	10	9	14.25
	3000	15	16	17	14	15.50
96 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	0	0	1	1	0.50
	1200	1	2	0	1	1.00
	1800	9	11	11	9	10.00
	2400	18	20	10	10	14.50
	3000	15	17	17	15	16.00

ตารางภาคผนวก 8 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
102 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	1	0	3	4	2.00
	1200	1	2	4	2	2.25
	1800	9	11	12	10	10.50
	2400	20	20	11	10	15.25
	3000	16	17	17	18	17.00
108 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	1	0	3	4	2.00
	1200	1	2	4	2	2.25
	1800	9	11	12	12	11.00
	2400	20	20	11	10	15.25
	3000	16	17	18	18	17.25
114 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	1	0	3	4	2.00
	1200	1	2	4	2	2.25
	1800	9	11	12	12	11.00
	2400	20	20	11	10	15.25
	3000	16	17	18	18	17.25
120 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	2	1	3	5	2.75
	1200	2	2	5	2	2.75
	1800	11	11	12	12	11.50
	2400	20	20	11	10	15.25
	3000	16	17	19	18	17.50

ตารางภาคผนวก 8 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย(ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
126 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	4	2	5	6	4.25
	1200	5	4	5	3	4.25
	1800	13	12	13	14	13.00
	2400	20	20	11	11	15.50
	3000	17	18	19	19	18.25
132 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	7	3	7	7	6.00
	1200	6	6	5	5	5.50
	1800	14	15	15	15	14.75
	2400	20	20	12	11	15.75
	3000	17	18	19	19	18.25
138 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	9	3	7	7	6.50
	1200	7	6	5	6	6.00
	1800	14	16	16	15	15.25
	2400	20	20	12	13	16.25
	3000	17	18	19	19	18.25
144 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	9	3	7	7	6.50
	1200	7	6	5	6	6.00
	1800	14	16	16	15	15.25
	2400	20	20	12	13	16.25
	3000	17	18	19	19	18.25

ตารางภาคผนวก 8 ก จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมฆ่าด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ความเข้มข้น µL/L air	จำนวนการตายของด้วงถั่วเขียว (ตัว)				ค่าเฉลี่ย (ตัว)
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
150 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	11	4	7	11	8.25
	1200	8	7	6	7	7.00
	1800	15	16	17	17	16.25
	2400	20	20	13	14	16.75
	3000	20	19	19	20	19.50
156 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	13	5	10	11	9.75
	1200	10	7	8	7	8.00
	1800	15	18	17	19	17.25
	2400	20	20	15	14	17.25
	3000	20	19	19	20	19.50
162 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	13	7	10	11	10.25
	1200	12	7	8	7	8.50
	1800	16	18	17	20	17.75
	2400	20	20	15	14	17.25
	3000	20	19	19	20	19.50
168 ชม.	0 (acetone)	0	0	0	0	0.00
	600	13	7	10	11	10.25
	1200	12	7	8	7	8.50
	1800	16	18	17	20	17.75
	2400	20	20	15	14	17.25
	3000	19	19	19	20	19.25

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
6 ชม.	0.5	9	11	11	9	9	11	6	14	9	11
	1	3	17	8	12	4	16	5	15	5	15
	1.5	4	16	3	17	7	13	6	14	5	15
	2	6	14	4	16	5	15	4	16	5	15
	2.5	4	16	9	11	7	13	8	12	7	13
	3	5	15	6	14	6	14	4	16	5	15
12 ชม.	0.5	5	15	7	13	6	14	4	16	6	15
	1	1	19	3	17	3	17	3	17	3	18
	1.5	5	15	5	15	6	14	6	14	6	15
	2	4	16	5	15	5	15	3	17	4	16
	2.5	4	16	9	11	7	13	6	14	7	14
	3	3	17	6	14	7	13	6	14	6	15
18 ชม.	0.5	5	15	7	13	5	15	7	13	6	14
	1	2	18	5	15	3	17	1	19	3	17
	1.5	3	17	5	15	7	13	7	13	6	15
	2	5	15	4	16	2	18	3	17	4	17
	2.5	6	14	9	11	9	11	5	15	7	13
	3	5	15	7	13	9	11	5	15	7	14
24 ชม.	0.5	7	13	5	15	6	14	10	10	7	13
	1	0	20	3	17	3	17	1	19	2	18
	1.5	5	15	4	16	5	15	7	13	5	15
	2	7	13	7	13	3	17	5	15	6	15
	2.5	7	13	9	11	10	10	7	13	8	12
	3	5	15	9	11	8	12	8	12	8	13

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
30 ชม.	0.5	9	11	6	14	2	18	7	13	6	14
	1	0	20	4	16	3	17	0	20	2	18
	1.5	2	18	4	16	5	15	5	15	4	16
	2	4	16	6	14	2	18	5	15	4	16
	2.5	8	12	10	10	9	11	6	14	8	12
	3	5	15	7	13	7	13	9	11	7	13
36 ชม.	0.5	9	11	5	15	1	19	3	17	5	16
	1	1	19	5	15	3	17	0	20	2	18
	1.5	3	17	4	16	2	18	3	17	3	17
	2	3	17	8	12	3	17	3	17	4	16
	2.5	7	13	9	11	8	12	6	14	8	13
	3	6	14	7	13	8	12	10	10	8	12
42 ชม.	0.5	6	14	9	11	3	17	5	15	6	14
	1	0	20	1	19	3	17	1	19	1	19
	1.5	5	15	6	14	4	16	6	14	5	15
	2	4	16	6	14	1	19	6	14	4	16
	2.5	7	13	8	12	9	11	4	16	7	13
	3	7	13	7	13	8	12	11	9	8	12
48 ชม.	0.5	7	13	5	15	3	17	7	13	6	15
	1	1	19	2	18	1	19	1	19	1	19
	1.5	6	14	6	14	5	15	5	15	6	15
	2	5	15	6	14	1	19	5	15	4	16
	2.5	10	10	10	10	8	12	7	13	9	11
	3	6	14	8	12	6	14	10	10	8	13

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
78 ชม.	0.5	13	7	6	14	3	17	3	17	6	14
	1	2	18	6	14	4	16	3	17	4	16
	1.5	10	10	7	13	5	15	3	17	6	14
	2	6	14	9	11	3	17	3	17	5	15
	2.5	10	10	9	11	9	11	4	16	8	12
	3	10	10	8	12	9	11	11	9	10	11
84 ชม.	0.5	9	11	6	14	5	15	3	17	6	14
	1	2	18	6	14	5	15	3	17	4	16
	1.5	9	11	6	14	3	17	4	12	6	14
	2	6	14	7	13	6	14	3	17	6	15
	2.5	11	9	9	11	10	10	4	16	9	12
	3	9	11	9	11	7	13	10	10	9	11
90 ชม.	0.5	8	12	6	14	3	17	2	18	5	15
	1	4	16	5	15	5	15	4	16	5	16
	1.5	5	15	6	14	6	14	5	15	6	15
	2	7	13	9	11	7	13	5	15	7	13
	2.5	9	11	8	12	5	15	6	14	7	13
	3	8	12	8	12	7	13	10	10	8	12
96 ชม.	0.5	13	7	6	14	8	12	6	14	8	12
	1	2	18	5	15	7	13	2	18	4	16
	1.5	10	10	11	9	4	16	5	7	8	11
	2	6	14	4	16	3	17	4	16	4	16
	2.5	10	10	11	9	10	10	6	14	9	11
	3	11	9	8	12	10	10	10	10	10	10

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
102 ชม.	0.5	11	9	8	12	5	15	4	16	7	13
	1	2	18	6	14	5	15	3	17	4	16
	1.5	10	10	9	11	4	16	4	16	7	13
	2	7	13	8	12	6	14	5	15	7	14
	2.5	10	10	11	9	9	11	2	18	8	12
	3	8	12	8	12	6	14	8	12	8	13
108 ชม.	0.5	11	9	9	11	9	11	5	15	9	12
	1	4	16	4	16	7	13	5	15	5	15
	1.5	10	10	12	8	5	15	9	11	9	11
	2	8	13	8	12	5	15	3	17	6	14
	2.5	9	12	12	8	10	10	3	17	9	12
	3	10	10	7	13	8	12	7	13	8	12
114 ชม.	0.5	8	12	5	15	8	12	5	15	7	14
	1	7	13	7	13	8	12	5	15	7	13
	1.5	8	13	9	11	6	14	5	15	7	13
	2	6	14	6	14	5	15	7	13	6	14
	2.5	7	13	9	11	5	15	7	13	7	13
	3	9	11	9	11	11	9	8	12	9	11
120 ชม.	0.5	14	6	6	14	6	14	4	16	8	13
	1	5	15	4	16	7	13	3	17	5	15
	1.5	9	11	11	9	5	15	3	17	7	13
	2	9	11	8	12	5	15	2	18	6	14
	2.5	10	10	12	8	10	10	2	18	9	12
	3	10	10	8	12	5	15	9	11	8	12

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
126 ชม.	0.5	11	9	6	14	5	15	5	15	7	13
	1	2	18	3	17	6	14	3	17	4	17
	1.5	12	8	10	10	4	16	6	14	8	12
	2	8	12	10	10	7	13	4	16	7	13
	2.5	9	11	10	10	10	10	4	16	8	12
	3	9	11	8	12	10	10	8	12	9	11
132 ชม.	0.5	10	10	4	16	5	15	3	17	6	15
	1	4	16	4	16	5	15	3	17	4	16
	1.5	10	10	7	13	4	16	4	16	6	14
	2	7	13	9	11	8	12	5	15	7	13
	2.5	8	12	6	14	9	11	4	16	7	13
	3	6	14	8	12	9	11	7	13	8	13
138 ชม.	0.5	13	7	8	12	3	17	5	15	7	13
	1	4	16	3	17	5	15	3	17	4	16
	1.5	12	8	10	10	7	13	6	14	9	11
	2	8	12	7	13	6	14	2	18	6	14
	2.5	11	9	13	7	10	10	5	15	10	10
	3	11	9	7	13	8	12	9	11	9	11
144 ชม.	0.5	12	8	6	14	4	16	4	16	7	14
	1	4	16	3	17	7	13	3	17	4	16
	1.5	10	10	10	10	7	13	7	13	9	12
	2	7	13	9	11	5	15	2	18	6	14
	2.5	9	11	10	10	10	10	4	16	8	12
	3	9	11	6	14	8	12	8	12	8	12

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
150 ชม.	0.5	10	10	7	13	3	17	4	16	6	14
	1	3	17	3	17	6	14	4	16	4	16
	1.5	12	8	11	9	6	14	8	12	9	11
	2	8	12	8	12	7	13	2	18	6	14
	2.5	8	12	11	9	11	9	4	16	9	12
	3	9	11	9	11	9	11	10	10	9	11
156 ชม.	0.5	7	13	6	14	5	15	4	16	6	15
	1	6	14	5	15	4	16	6	14	5	15
	1.5	8	12	9	11	5	15	6	14	7	13
	2	8	12	8	12	7	13	5	15	7	13
	2.5	6	14	9	11	9	11	6	14	8	13
	3	10	10	10	10	8	12	8	12	9	11
162 ชม.	0.5	10	10	8	12	6	14	6	14	8	13
	1	3	17	4	16	7	13	4	16	5	16
	1.5	12	8	11	9	6	14	8	12	9	11
	2	6	14	7	13	6	14	2	18	5	15
	2.5	8	12	10	10	11	9	4	16	8	12
	3	9	11	7	13	8	12	10	10	9	12
168 ชม.	0.5	10	10	6	14	5	15	4	16	6	14
	1	4	16	4	16	7	13	3	17	5	16
	1.5	11	9	11	9	6	14	8	12	9	11
	2	6	14	8	12	6	14	2	18	6	15
	2.5	8	12	12	8	10	10	4	16	9	12
	3	8	12	9	11	9	11	9	11	9	11

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
6 ชม.	100	13	7	13	7	10	10	5	15	10.25	9.75
	200	15	5	8	12	16	4	2	18	10.25	9.75
	300	14	6	8	12	10	10	1	19	8.25	11.75
	400	14	6	10	10	3	17	11	9	9.50	10.50
	500	14	6	13	7	14	6	7	13	12.00	8.00
	600	5	15	10	10	16	4	8	12	9.75	10.25
12 ชม.	100	14	6	12	8	14	10	5	15	11.25	9.75
	200	8	12	4	16	9	8	4	16	6.25	13.00
	300	15	5	8	12	16	10	8	12	11.75	9.75
	400	13	7	9	11	9	13	4	16	8.75	11.75
	500	11	9	12	8	9	7	4	16	9.00	10.00
	600	5	15	6	14	14	4	6	14	7.75	11.75
18 ชม.	100	12	8	14	6	14	13	4	16	11.00	10.75
	200	11	9	8	12	9	6	3	17	7.75	11.00
	300	9	11	8	12	16	11	2	18	8.75	13.00
	400	15	5	7	13	6	17	13	7	10.25	10.50
	500	11	9	12	8	9	6	5	15	9.25	9.50
	600	7	13	11	9	18	4	7	13	10.75	9.75
24 ชม.	100	9	11	12	8	11	9	5	15	9.25	10.75
	200	14	6	7	13	14	6	2	18	9.25	10.75
	300	11	9	8	12	14	6	6	14	9.75	10.25
	400	14	6	9	11	7	13	15	5	11.25	8.75
	500	15	5	18	2	15	5	7	13	13.75	6.25
	600	10	10	8	12	17	3	7	13	10.50	9.50

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
30 ชม.	100	8	12	14	6	4	16	3	17	7.25	12.75
	200	16	4	6	14	18	2	1	19	10.25	9.75
	300	11	9	7	13	9	11	5	15	8.00	12.00
	400	16	4	14	6	1	19	17	3	12.00	8.00
	500	15	5	12	8	13	7	11	9	12.75	7.25
	600	11	9	10	10	13	7	10	10	11.00	9.00
36 ชม.	100	11	9	17	3	6	14	5	15	9.75	10.25
	200	12	8	4	16	8	12	7	13	7.75	12.25
	300	3	17	4	16	12	8	5	15	6.00	14.00
	400	7	13	11	9	0	20	12	8	7.50	12.50
	500	11	9	9	11	11	9	8	12	9.75	10.25
	600	11	9	10	10	13	7	7	13	10.25	9.75
42 ชม.	100	5	15	13	7	6	14	3	17	6.75	13.25
	200	12	8	2	18	6	14	6	14	6.50	13.50
	300	5	15	2	18	13	7	5	15	6.25	13.75
	400	12	8	10	10	3	17	12	8	9.25	10.75
	500	15	5	7	13	6	14	9	11	9.25	10.75
	600	7	13	12	8	15	5	10	10	11.00	9.00
48 ชม.	100	6	14	15	5	7	13	4	16	8.00	12.00
	200	10	10	4	16	8	12	6	14	7.00	13.00
	300	4	16	4	16	13	7	4	16	6.25	13.75
	400	13	7	10	10	3	17	14	6	10.00	10.00
	500	15	5	8	12	13	7	7	13	10.75	9.25
	600	13	7	14	6	13	7	8	12	12.00	8.00

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
54 ชม.	100	3	17	12	8	4	16	7	13	6.50	13.50
	200	9	11	7	13	5	15	6	14	6.75	13.25
	300	3	17	5	15	12	8	5	15	6.25	13.75
	400	10	10	12	8	0	20	15	5	9.25	10.75
	500	14	6	11	9	14	6	6	14	11.25	8.75
	600	9	11	18	2	15	5	10	10	13.00	7.00
60 ชม.	100	7	13	10	10	6	14	2	18	6.25	13.75
	200	8	12	5	15	3	17	3	17	4.75	15.25
	300	1	19	8	12	9	11	7	13	6.25	13.75
	400	10	10	11	9	1	19	11	9	8.25	11.75
	500	17	3	9	11	14	6	11	9	12.75	7.25
	600	6	14	10	10	11	9	14	6	10.25	9.75
66 ชม.	100	1	19	16	4	7	13	3	17	6.75	13.25
	200	10	10	5	15	5	15	11	9	7.75	12.25
	300	5	15	5	15	12	8	3	17	6.25	13.75
	400	11	9	11	9	1	19	13	7	9.00	11.00
	500	19	1	11	9	10	10	8	12	12.00	8.00
	600	8	12	15	5	12	8	12	8	11.75	8.25
72 ชม.	100	3	17	10	10	4	16	3	17	5.00	15.00
	200	11	9	8	12	10	10	8	12	9.25	10.75
	300	7	13	4	16	9	11	4	16	6.00	14.00
	400	8	12	14	6	2	18	9	11	8.25	11.75
	500	18	2	7	13	15	5	6	14	11.50	8.50
	600	10	10	13	7	16	4	13	7	13.00	7.00

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
78 ชม.	100	5	15	15	5	2	18	2	18	6.00	14.00
	200	9	11	6	14	6	14	7	13	7.00	13.00
	300	4	16	4	16	10	10	4	16	5.50	14.50
	400	8	12	14	6	2	18	6	14	7.50	12.50
	500	17	3	8	12	12	8	1	19	9.50	10.50
	600	17	3	17	3	10	10	14	6	14.50	5.50
84 ชม.	100	3	17	11	9	2	18	5	15	5.25	14.75
	200	15	5	6	14	12	8	8	12	10.25	9.75
	300	8	12	6	14	14	6	6	14	8.50	11.50
	400	11	9	12	8	1	19	11	9	8.75	11.25
	500	17	3	6	14	10	10	11	9	11.00	9.00
	600	15	5	9	11	11	9	14	6	12.25	7.75
90 ชม.	100	5	15	13	7	6	14	5	15	7.25	12.75
	200	10	10	3	17	5	15	6	14	6.00	14.00
	300	5	15	2	18	11	9	3	17	5.25	14.75
	400	5	15	10	10	2	18	15	5	8.00	12.00
	500	17	3	8	12	12	8	7	13	11.00	9.00
	600	11	9	15	5	14	6	12	8	13.00	7.00
96 ชม.	100	5	15	13	7	2	18	8	12	7.00	13.00
	200	10	10	6	14	8	12	9	11	8.25	11.75
	300	15	5	7	13	14	6	11	9	11.75	8.25
	400	9	11	12	8	5	15	8	12	8.50	11.50
	500	16	4	10	10	11	9	3	17	10.00	10.00
	600	14	6	13	7	11	9	13	7	12.75	7.25

พหุน ปณฺ ฑิโต ชิเว

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
102 ชม.	100	4	16	13	7	8	12	12	8	9.25	10.75
	200	8	12	8	12	12	8	8	12	9.00	11.00
	300	7	13	10	10	12	8	6	14	8.75	11.25
	400	6	14	12	8	6	14	7	13	7.75	12.25
	500	17	3	11	9	10	10	13	7	12.75	7.25
	600	13	7	16	4	15	5	13	7	14.25	5.75
108 ชม.	100	7	13	8	12	10	10	5	15	7.50	12.50
	200	7	13	5	15	12	8	6	14	7.50	12.50
	300	13	7	6	14	8	12	6	14	8.25	11.75
	400	5	15	8	12	0	20	8	12	5.25	14.75
	500	19	1	10	10	11	9	13	7	13.25	6.75
	600	13	7	18	2	13	7	13	7	14.25	5.75
114 ชม.	100	10	10	11	9	9	11	6	14	9.00	11.00
	200	11	9	4	16	12	8	10	10	9.25	10.75
	300	11	9	5	15	11	9	10	10	9.25	10.75
	400	4	16	13	7	2	18	5	15	6.00	14.00
	500	18	2	8	12	11	9	14	6	12.75	7.25
	600	10	10	13	7	9	11	13	7	11.25	8.75
120 ชม.	100	11	9	12	8	13	7	10	10	11.50	8.50
	200	13	7	3	17	11	9	10	10	9.25	10.75
	300	14	6	6	14	13	7	9	11	10.50	9.50
	400	9	11	10	10	1	19	5	15	6.25	13.75
	500	17	3	9	11	14	6	9	11	12.25	7.75
	600	8	12	15	5	13	7	16	4	13.00	7.00

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
126 ชม.	100	3	17	8	12	11	9	12	8	8.50	11.50
	200	17	3	3	17	14	6	11	9	11.25	8.75
	300	12	8	10	10	15	5	10	10	11.75	8.25
	400	12	8	12	8	2	18	12	8	9.50	10.50
	500	17	3	9	11	11	9	12	8	12.25	7.75
	600	10	10	16	4	12	8	13	7	12.75	7.25
132 ชม.	100	8	12	11	9	11	9	9	11	9.75	10.25
	200	13	7	3	17	10	10	7	13	8.25	11.75
	300	5	15	7	13	12	8	10	10	8.50	11.50
	400	8	12	9	11	5	15	9	11	7.75	12.25
	500	19	1	13	7	12	8	11	9	13.75	6.25
	600	9	11	17	3	13	7	18	2	14.25	5.75
138 ชม.	100	7	13	8	12	8	12	10	10	8.25	11.75
	200	13	7	7	13	12	8	11	9	10.75	9.25
	300	10	10	12	8	14	6	11	9	11.75	8.25
	400	9	11	11	9	8	12	11	9	9.75	10.25
	500	19	1	10	10	12	8	13	7	13.50	6.50
	600	9	11	13	7	9	11	18	2	12.25	7.75
144 ชม.	100	4	16	4	16	4	16	8	12	5.00	15.00
	200	8	12	3	17	10	10	4	16	6.25	13.75
	300	3	17	2	18	12	8	9	11	6.50	13.50
	400	6	14	8	12	6	14	7	13	6.75	13.25
	500	18	2	7	13	9	11	6	14	10.00	10.00
	600	10	10	14	6	11	9	11	9	11.50	8.50

ตารางภาคผนวก 9 ก จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบฤทธิ์ในการรมไล่ด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น (µL/L air) แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120 126 132 138 144 150 156 162 และ 168 ชั่วโมง (ต่อ)

ระยะเวลา	ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	จำนวนการไล่ด้วงถั่วเขียว (ตัว)									
		ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3		ซ้ำที่ 4		ค่าเฉลี่ย (ตัว)	
		EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO	EO	NO
150 ชม.	100	5	15	9	11	12	8	6	14	8.00	12.00
	200	15	5	4	16	15	5	8	12	10.50	9.50
	300	11	9	8	12	13	7	10	10	10.50	9.50
	400	10	10	10	10	11	9	13	7	11.00	9.00
	500	19	1	16	4	12	8	13	7	15.00	5.00
	600	11	9	16	4	15	5	18	2	15.00	5.00
156 ชม.	100	6	14	10	10	12	8	8	12	9.00	11.00
	200	12	8	5	15	13	7	9	11	9.75	10.25
	300	12	8	9	11	10	10	10	10	10.25	9.75
	400	10	10	12	8	9	11	8	12	9.75	10.25
	500	19	1	15	5	11	9	11	9	14.00	6.00
	600	8	12	17	3	11	9	19	1	13.75	6.25
162 ชม.	100	10	10	12	8	11	9	9	11	10.50	9.50
	200	10	10	0	20	12	8	5	15	6.75	13.25
	300	6	14	3	17	10	10	8	12	6.75	13.25
	400	6	14	9	11	6	14	5	15	6.50	13.50
	500	17	3	14	6	9	11	11	9	12.75	7.25
	600	15	5	16	4	13	7	15	5	14.75	5.25
168 ชม.	100	7	13	12	8	9	11	11	9	9.75	10.25
	200	13	7	3	17	13	7	8	12	9.25	10.75
	300	9	11	4	16	15	5	7	13	8.75	11.25
	400	11	9	11	9	6	14	13	7	10.25	9.75
	500	17	3	14	6	16	4	11	9	14.50	5.50
	600	15	5	15	5	14	6	17	3	15.25	4.75

ตารางภาคผนวก 10 ก จำนวนการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว (ฟอง) หลังการทดสอบการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ ที่ระดับความเข้มข้น ไม่ผ่านการรม, 0 (acetone), 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 และ 1.2 µL/L air เป็นเวลา 7 วัน

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	3	9	6	16	7.50
0 (acetone)	4	14	3	1	4.85
0.2	0	6	8	16	6.62
0.4	1	1	2	17	4.63
0.6	1	4	20	22	10.34
0.8	2	0	7	17	5.74
1	3	7	0	0	2.21
1.2	0	19	16	0	7.72

ตารางภาคผนวก 10 ก จำนวนการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว (ฟอง) หลังการทดสอบการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น ไม่ผ่านการรม, 0 (acetone), 200, 400, 600, 800 และ 1000 เป็นเวลา 7 วัน

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	20	15	29	14	19.50
0 (acetone)	28	33	22	26	27.25
200	19	38	24	6	21.75
400	28	26	8	17	19.75
600	4	24	9	24	15.25
800	3	13	14	9	9.75
1000	1	9	7	4	5.25

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 11 ก จำนวนการออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ ที่ระดับความเข้มข้น ไม่ผ่านการรม, 0 (acetone), 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 และ 1.2 µL/L air

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	0	8	6	16	7.50
0 (acetone)	0	10	0	0	2.50
0.2	0	3	0	11	3.50
0.4	0	0	0	15	3.75
0.6	0	0	16	17	8.25
0.8	0	0	6	15	5.25
1	1	7	0	0	2.00
1.2	0	12	14	0	6.50

ตารางภาคผนวก 11 ก จำนวนการออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว (ตัว) หลังการทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย ที่ระดับความเข้มข้น ไม่ผ่านการรม, 0 (acetone), 200, 400, 600, 800 และ 1000 µL/L air

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	12	11	18	7	12.00
0 (acetone)	21	16	12	21	17.50
200	9	28	11	3	12.75
400	15	15	3	9	10.50
600	3	1	4	17	6.25
800	1	4	11	2	4.50
1000	1	0	1	3	1.25

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 12 ก น้ำหนักของถั่วเขียวจำนวน 50 เมล็ด ก่อนการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	3.5567	3.5264	3.5802	3.5823	3.5614
0 (acetone)	3.7173	3.7404	3.8143	3.8049	3.7692
1	3.4350	3.6257	3.7608	3.6549	3.6191
3	3.5817	3.6322	3.8104	3.7355	3.6900
5	3.6046	3.8561	3.8391	3.6104	3.7276
7	3.5760	3.7508	3.5454	3.4191	3.5728
9	3.6745	3.5823	3.5523	3.4857	3.5737
12	3.6111	3.5274	3.4582	3.4928	3.5224
15	3.5924	3.5580	3.5825	3.6583	3.5978

ตารางภาคผนวก 13 ก น้ำหนักของถั่วเขียวจำนวน 50 เมล็ด หลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	3.5633	3.5363	3.5936	3.5950	3.5721
0 (acetone)	3.7258	3.7527	3.8278	3.8175	3.7810
1	3.4450	3.6352	3.7695	3.6664	3.6290
3	3.5930	3.6404	3.8255	3.7525	3.7029
5	3.6165	3.8617	3.8525	3.6234	3.7385
7	3.5861	3.7630	3.5591	3.4283	3.5841
9	3.6865	3.5977	3.5641	3.4967	3.5863
12	3.6234	3.5382	3.3618	3.5024	3.5065
15	3.5983	3.5719	3.5935	3.6700	3.6084

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 15 ก น้ำหนักของถั่วเขียวจำนวน 50 เมล็ด ก่อนการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	3.2062	3.3458	3.2053	3.3052	3.2656
0 (acetone)	3.3314	3.289	3.2448	3.3521	3.3043
600	3.2227	3.4065	3.1923	3.2159	3.2594
1,200	3.3216	3.3055	3.3258	3.3353	3.3221
1,800	3.2371	3.2122	3.2193	3.2598	3.2321
2,400	3.3756	3.3631	3.3801	3.2862	3.3513
3,000	3.2679	3.3924	3.2137	3.4716	3.3364
3,600	3.3047	3.4119	3.2605	3.1917	3.2922

ตารางภาคผนวก 16 ก น้ำหนักของถั่วเขียวจำนวน 50 เมล็ด หลังการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	3.2145	3.3551	3.2166	3.3162	3.2756
0 (acetone)	3.3423	3.3007	3.2552	3.3598	3.3145
600	3.2335	3.4211	3.2018	3.2275	3.2710
1,200	3.3332	3.3167	3.3368	3.3457	3.3331
1,800	3.2468	3.2232	3.2314	3.2711	3.2431
2,400	3.3865	3.3738	3.3934	3.3002	3.3635
3,000	3.2783	3.4080	3.2248	3.4815	3.3482
3,600	3.3190	3.4245	3.2714	3.2015	3.3041

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางภาคผนวก 17 ก จำนวนเมล็ดที่งอกหลังจากผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยหูเสือ

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	50	50	50	50	50.00
0 (acetone)	50	50	50	50	50.00
1	50	50	50	50	50.00
3	50	50	50	50	50.00
5	50	50	50	50	50.00
7	50	50	50	50	50.00
9	50	50	50	50	50.00
12	50	50	50	50	50.00
15	50	50	50	50	50.00

ตารางภาคผนวก 17 ก จำนวนเมล็ดที่งอกหลังจากผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย

ระดับความเข้มข้น (µL/L air)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	50	50	50	50	50.00
0 (acetone)	50	50	50	50	50.00
600	50	50	50	50	50.00
1,200	50	50	50	50	50.00
1,800	50	50	50	50	50.00
2,400	50	50	50	50	50.00
3,000	50	50	50	50	50.00
3,600	50	50	50	50	50.00

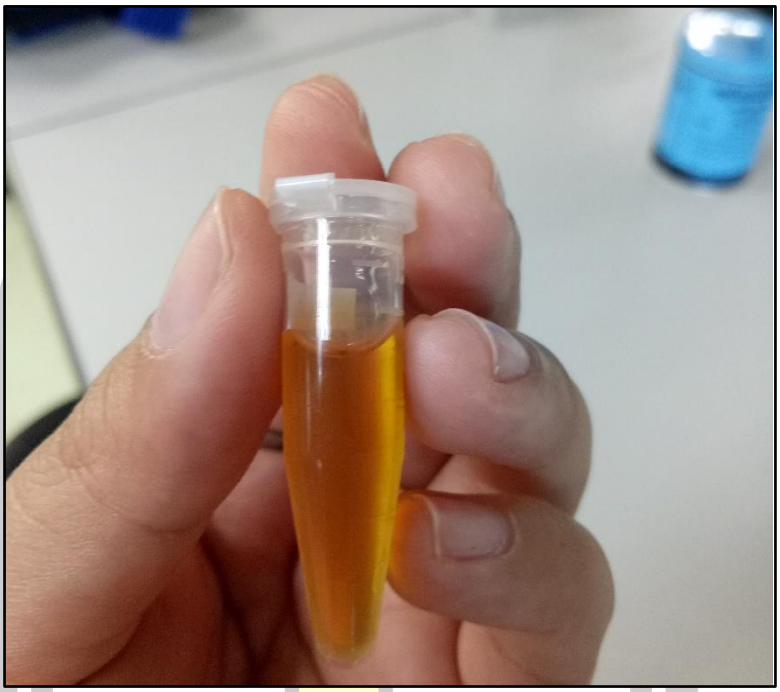
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาคผนวก ข

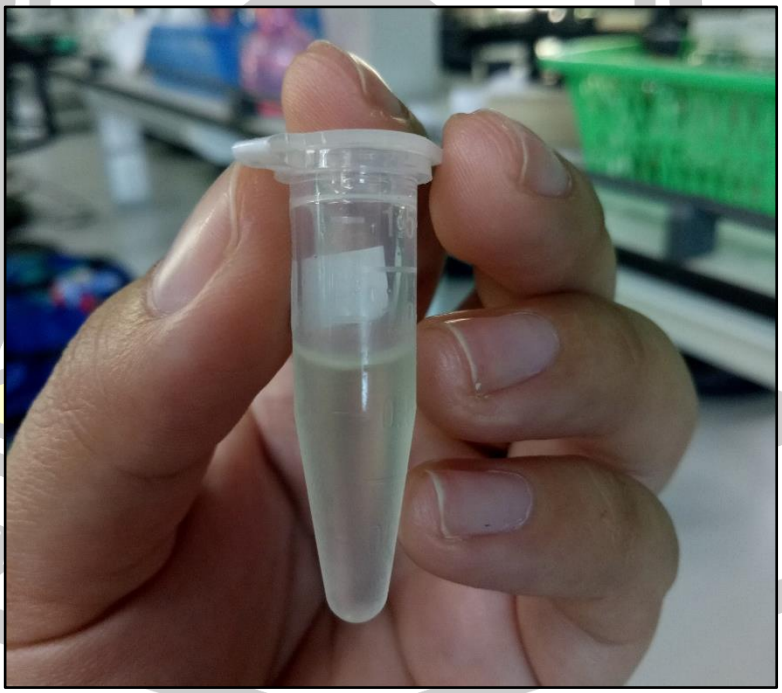
ภาพประกอบการดำเนินการวิจัย

ภาพภาคผนวก 1 ข ลักษณะของต้นหูเสือ

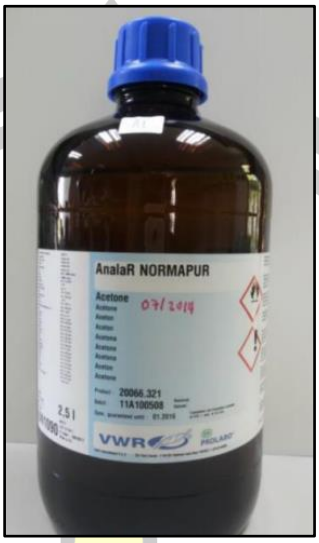
ภาพภาคผนวก 2 ข ลักษณะของต้นกระดุมทองเลื้อย



ภาพภาคผนวก 3 ข ลักษณะของน้ำมันหอมระเหยหูเสือ



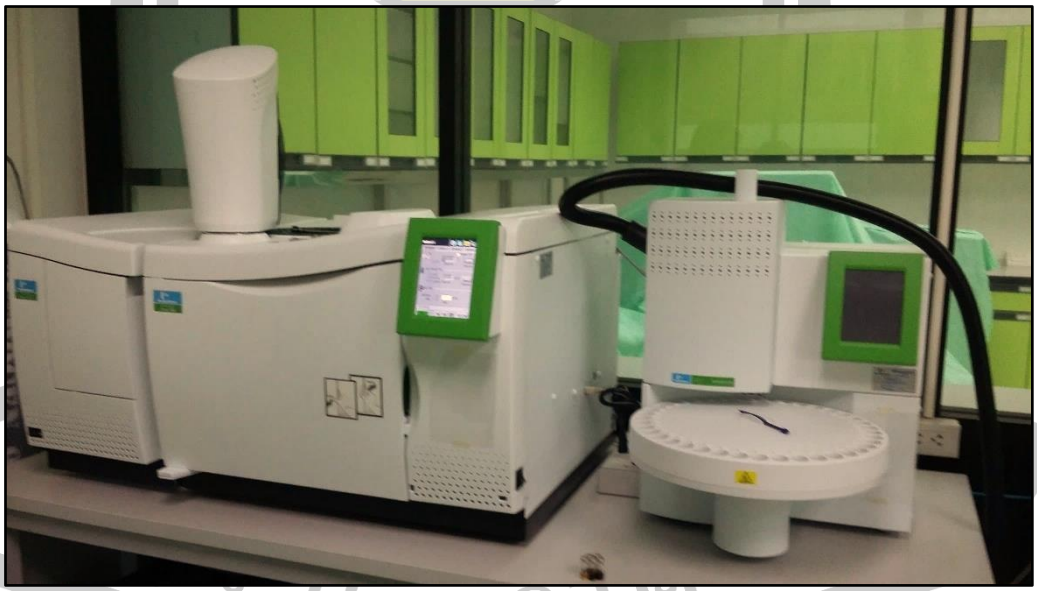
ภาพภาคผนวก 2 ข ลักษณะของต้นกระดุมทองเลื้อย



ภาพภาคผนวก 5 ข อะซิโตน (ตัวทำละลาย) ความเข้มข้น 100%

ภาพภาคผนวก 6 ข วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

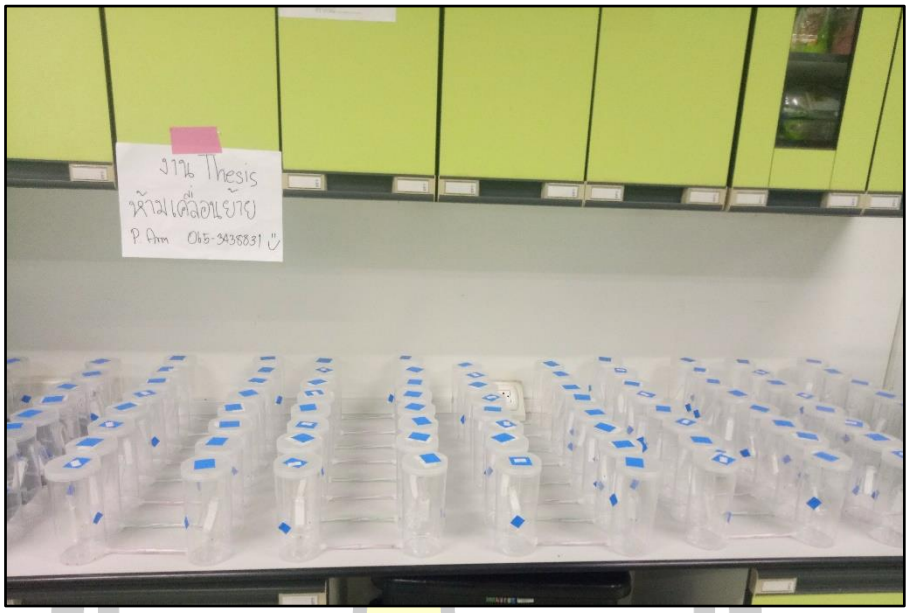
ภาพภาคผนวก 7 ข เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย



ภาพภาคผนวก 8 ข เครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer
สำหรับทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมหูเสือ และกระดุมทองเลื้อย

ภาพภาคผนวก 9 ข การเตรียมหยดสารสำหรับการทดสอบ

ภาพภาคผนวก 10 ข ผังการวางขวดการทดสอบประสิทธิภาพทางการรมฆ่าด้วงถั่วเขียว



ภาพภาคผนวก 11 ข ผังการวางขวดการทดสอบประสิทธิภาพทางการรมไล่ด้วงถั่วเขียว

ภาพภาคผนวก 12 ข ผังการวางขวดการทดสอบประสิทธิภาพทางการรมยับยั้งการวางไข่และการยับยั้งออกเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว

ภาพภาคผนวก 13 ข การทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียว

ภาพภาคผนวก 14 ข การวางขวดการทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่ว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาว บุญยาพร สะทองรอด
วันเกิด	วันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	อำเภอ วิเชียรบุรี จังหวัด เพชรบูรณ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 38 หมู่ 3 ตำบล ศรีมงคล อำเภอ บึงสามพัน จังหวัด เพชรบูรณ์ 67160
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	บัณฑิตศึกษา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กำลังศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา สาขาเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ลพบุรี จังหวัดลพบุรี พ.ศ. 2560 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาเทคโนโลยีการเกษตร (เอกพืชสวน) ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2564 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	ทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรจาก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2563

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว