

ศักยภาพการควบคุมด้วงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)  
ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ

POTENTIAL OF ESSENTIAL OILS FROM POMELO PEEL FOR  
CONTROLLING MAIZE WEEVIL, *Sitophilus zeamais* Motschulsky



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีเกษตรและสิ่งแวดล้อม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AG-M-062-008

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ศักยภาพการควบคุมด้วงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)  
ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ

POTENTIAL OF ESSENTIAL OILS FROM POMELO PEEL FOR  
CONTROLLING MAIZE WEEVIL, *Sitophilus zeamais* Motschulsky



ลักขมณั์ เพชรไวฑูณฐ์  
LAK PHETWAIKUN

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....

95668

27

พ.ศ. 2552

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชากีฏวิทยาและสิ่งแวดล้อม  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2009-AG-M-062-008

**POTENTIAL OF ESSENTIAL OILS FROM POMELO PEEL FOR  
CONTROLLING MAIZE WEEVIL, *Sitophilus zeamais* Motschulsky**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN ENTOMOLOGY AND ENVIRONMENT  
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

**KMITL-2009-AG-M-062-008**



**COPYRIGHT 2009**

เอกสารนี้ **FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY** อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณี **KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG** นำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ศัทยภาพการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด ( <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky) ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ
นักศึกษา	นายลักษมณ์ เพชรไวคุณธุ์
รหัสประจำตัว	47062606
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	กีฏวิทยาและสิ่งแวดล้อม
พ.ศ.	2552
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ลักขณา อมรสิน
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.จรรุญ เล้าสินวัฒนา ดร. เตือนจิตต์ สัตยวิรุทธ์

### บทคัดย่อ

ศัทยภาพการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ในลักษณะเป็นสารรมต่อการตาย การวางไข่ และการฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด โดยใช้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 8 ระดับ คือ 11, 33, 55, 77, 99, 121, 143 และ 165 ไมโครลิตร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0 ไมโครลิตร) กรรมวิธี ละ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอปริมาณ 121 ไมโครลิตร กับข้าวกล้อง 25 กรัม ในขวดปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร รมนาน 48 ชั่วโมง สามารถควบคุมตัวเต็มวัยทั้งเพศผู้และเพศเมีย ยับยั้งการวางไข่และการฟักเป็นตัวเต็มวัยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ หากจะใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอควบคุมด้วงงวงข้าวโพดในข้าวกล้องบรรจุถุงพลาสติกต้องใช้ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือไนลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Thesis** Potential of Essential Oils from Pomelo Peel for Controlling Maize Weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky

**Student** Mr. Lak Phetwaikun

**Student ID** 47062606

**Degree** Master of Science

**Programme** Entomology and Environment

**Year** 2008

**Thesis Advisor** Assoc. Prof. Luckana Amonsin

**Thesis Co Advisor** Assoc. Prof. Dr. Chamroon Laosinwattana  
Dr. Turnjit Satayavirut

## ABSTRACT

The potential of essential oils from pomelo peel for controlling maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky was investigated as fumigant in efficacy of adult maize weevil mortality, oviposition and their eclosion inhibitor. The experiments were conducted as completely randomized design. The treatment consisted of eight levels as 11, 33, 55, 77, 99, 121, 143 and 165  $\mu\text{l}$  of essential oils compared with control (0  $\mu\text{l}$ ) and was replicated three times. It was found that the essential oils from pomelo peel at the concentration of 121  $\mu\text{l}$  had complete inhibition on adult maize weevil survival, oviposition and eclosion after 48 hour exposure in bottle size of 250  $\text{cm}^3$  with 25 g. brown rice. Brown rice in plastic bag can use essential oils from pomelo peel for controlling maize weevil if the plastic bag was low density polyethylene laminated with polyamide or nylon.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ลักขณา อมรสิน อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.จรรุญ เล้าสินวัฒนา และ ดร. เตือนจิตต์ สัตยาวิรุทธิ์ ขอขอบพระคุณที่ให้คำปรึกษา คำเสนอแนะ และการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ เล่มนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร คุุณจรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการกีฏวิทยา และบุคลากรทุกท่านที่ได้อนุเคราะห์อุปกรณ์ต่างๆ เกี่ยวกับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณบริษัทห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารจำกัด ประเทศไทย ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ

ขอขอบคุณ คุณสุภาพร จันทร์หอม และครอบครัว สำหรับส้มโอที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณพิมเนศ รongพล คุณนนท์สวัสดิ์ สิริเวชพันธุ์ คุณทิพวรรณ จันทร์มณี และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแด่ บิดา มารดา และผู้มีอุปการคุณทุกท่าน

ลักขมณั์ เพชรไวภูณัฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	7
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	7
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 ดัชนีชี้วัดชีวพิษ.....	9
2.2 สารรมฟอสฟีน.....	11
2.3 การศึกษาองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้ม.....	14
2.4 การศึกษาการใช้น้ำมันหอมระเหยควบคุมแมลงศัตรูพืช.....	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....	23
3.2 การเลี้ยงขยายเพิ่มจำนวนด้วงงวงข้าวโพด.....	24
3.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ.....	25
3.4 การเตรียมสารรมฟอสฟีน.....	25
3.5 การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ต่อด้วงงวงข้าวโพด.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	38
4.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอ.....	38
4.2 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้ม โอต่อด้วงวงงข้าวโพด.....	38
บทที่ 5 วิจัยผลการทดลอง.....	58
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	62
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก.....	71
ประวัติผู้เขียน.....	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดที่รมด้วย น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ นาน 48 ชั่วโมง (n=20).....	40
4.2 ค่า $LC_{50}$ และ $LC_{90}$ ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ต่อตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพด.....	40
4.3 เปอร์เซ็นต์การฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพดที่รม ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ นาน 48 ชั่วโมง (n=20).....	44
4.4 ค่า $LC_{50}$ และ $LC_{90}$ ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ต่อการฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพด.....	45
4.5 เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดในข้าวกล้องที่รมด้วย น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็ดปุ๋ยมูลปลาสเตอร์นาน 48 ชั่วโมง (n=21).....	49
4.6 การวางไข่และการฟักเป็นตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดในข้าวกล้องรม ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็ดปุ๋ยมูลปลาสเตอร์นาน 7 วัน.....	53
4.7 เปอร์เซ็นต์การฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพดที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย จากเปลือกส้มโอในเม็ดปุ๋ยมูลปลาสเตอร์นาน 7 วัน.....	54
4.8 เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดในถุงพลาสติกที่บรรจุข้าวกล้อง และรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็ดปุ๋ยมูลปลาสเตอร์ นาน 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง.....	56

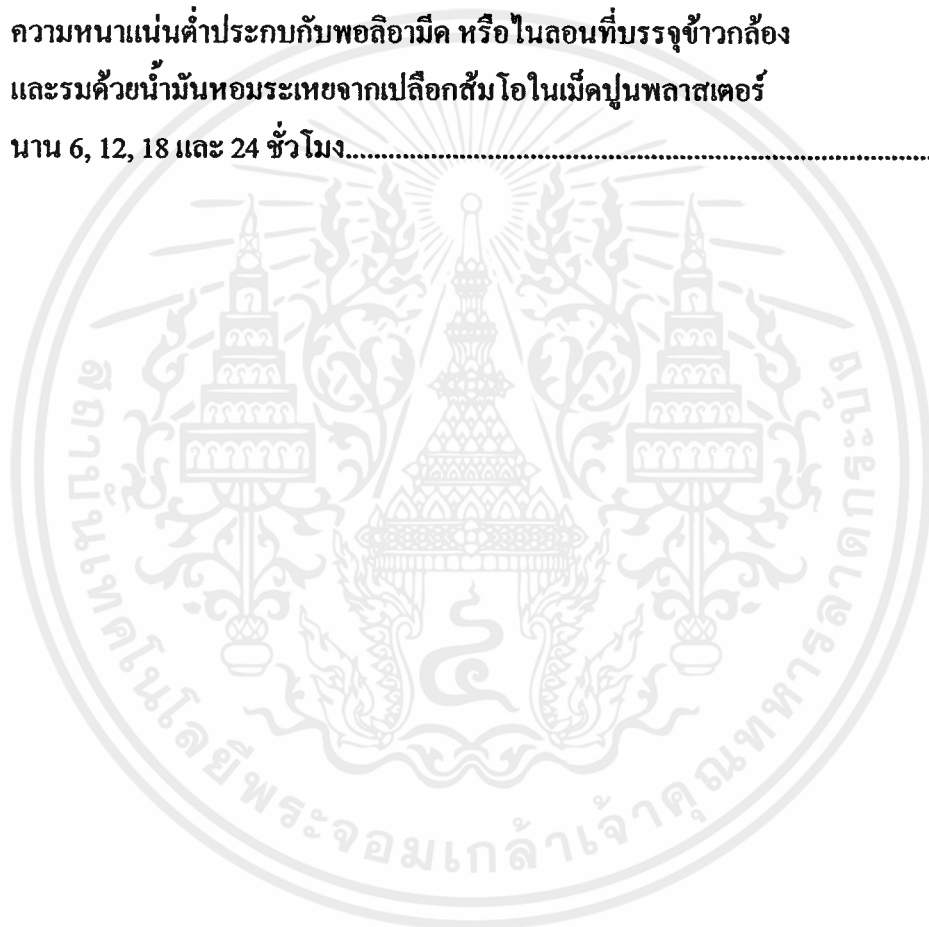
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 สูตร โครงสร้างทางเคมีของลิโมนีน.....	5
3.1 กล้องเลี้ยงด้วงวงงข้าว โทค.....	26
3.2 งวง (rostrum) ของด้วงวงงข้าว โทค.....	26
3.3 อวัยวะเพศผู้ของด้วงวงงข้าว โทค.....	27
3.4 อวัยวะเพศเมียของด้วงวงงข้าว โทค.....	27
3.5 เครื่องกลั่นด้วยน้ำร้อน.....	28
3.6 เปลือกส้มโอ.....	29
3.7 อุปกรณ์เตรียมก๊าซฟอสฟีน.....	29
3.8 การทดลองกับตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าว โทค.....	35
3.9 เมล็ดข้าวที่ข้อมด้วยสี่แอซิดฟุคซิกและลักษณะเมล็ดข้าวที่มีไข่ด้วงวงงข้าว โทค.....	35
3.10 การทดลองกับเมล็ดข้าวที่มีไข่ด้วงวงงข้าว โทค.....	36
3.11 การทดลองกับตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าว โทคในข้าวกล้อง 25 กรัม.....	36
3.12 การทดลองกับตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าว โทคในข้าวกล้องบรรจุถุงพลาสติก.....	37
4.1 เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าว โทคเพศผู้ที่รม ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอนาน 48 ชั่วโมง.....	41
4.2 เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าว โทคเพศเมียที่รม ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอนาน 48 ชั่วโมง.....	41
4.3 เปอร์เซ็นต์การฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าว โทคที่รม ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอนาน 48 ชั่วโมง.....	45
4.4 เมล็ดข้าวที่ถูกทำลายโดยด้วงวงงข้าว โทค.....	46
4.5 ตัวหนอนด้วงวงงข้าว โทคจากเมล็ดข้าวในกลุ่มควบคุม (ไม่ได้รมสารเคมี).....	46
4.6 ดักแด้ด้วงวงงข้าว โทคจากเมล็ดข้าวในกลุ่มควบคุม (ไม่ได้รมสารเคมี).....	47
4.7 ไข่ด้วงวงงข้าว โทคจากเมล็ดข้าว (ก) ในกลุ่มที่ใช้สารรมฟอสฟีน และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ (ข) ไข่ที่ไม่ได้รับสาร.....	47
4.8 ตัวหนอนด้วงวงงข้าว โทคจากเมล็ดข้าวที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ.....	48
4.9 เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าว โทคในข้าวกล้องที่รมด้วย น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็ดปุ๋ยพลาสติกโอรัน 48 ชั่วโมง.....	50

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.10 เฟอร์เซนต์การฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าว โทคที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติกอร์นาน 48 ชั่วโมง.....	55
4.11 การวางไข่ และการฟักเป็นตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าว โทคในข้าวกล้องรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติกอร์นาน 7 วัน.....	55
4.12 เฟอร์เซนต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าว โทคในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิอามีค หรือ โนลอนที่บรรจุข้าวกล้อง และรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติกอร์นาน 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง.....	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่ง จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2550 พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 70.18 ล้านไร่ ผลิตข้าวได้ 32.09 ล้านตัน ส่งออกประมาณ 9.19 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 119,215.40 ล้านบาท ปัญหาสำคัญของการผลิตข้าวประการหนึ่งคือ การถูกทำลายโดยแมลงศัตรูในโรงเก็บ ทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตผล เช่น สูญเสียน้ำหนัก สูญเสียคุณค่าทางอาหาร เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง มีการปนเปื้อนของคราบมูล และเศษซากต่างๆ ของแมลง ทำให้ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค (ชุมพล กันทะ. 2533) ในรายงานของสำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเพชรบูรณ์ (2549) อ้างถึงองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations : FAO) ที่ได้ประเมินค่าเฉลี่ยความเสียหายของผลิตผลที่เกิดจากการทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บทั่วโลกว่ามีประมาณ 8-14 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 14,683 ล้านบาท ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมาก

รายงานของชุมพล กันทะ (2533); กุสุมา นวลวัฒน์ (2544) และสำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเพชรบูรณ์ (2549) พบว่าแมลงศัตรูในโรงเก็บในประเทศไทยมีประมาณ 73 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นแมลงในอันดับ Coleoptera และ Lepidoptera แต่มีประมาณ 16 ชนิด ที่จัดเป็นแมลงศัตรูสำคัญ โดยหนึ่งในจำนวนนี้คือ ค้างคั่งงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) ในอันดับ Coleoptera วงศ์ Curculionidae ซึ่งตัวเต็มวัย มีขนาดลำตัวยาว 3.0-3.8 มิลลิเมตร สีน้ำตาลดำ ส่วนหัวยื่นยาวออกมาเป็นงวง (rostrum) มีความแข็งแรง สามารถบิน ไปทำลายเมล็ดพืชได้ตั้งแต่ระยะเพาะปลูกในไร่นา และสามารถบินได้ไกล จึงทำให้มีการระบาดไปในที่ต่างๆ ได้รวดเร็ว โดยเพศเมียจะเจาะรูที่เมล็ดพืชด้วย ovipositor ซึ่งอยู่ที่ปลายส่วนท้องแล้ววางไข่แล้วขับเมือก (wax) ออกมาปิดปากรูไว้ เพื่อป้องกันไข่จากอันตรายจากสิ่งแวดล้อม ตัวเมีย 1 ตัวจะวางไข่ได้ประมาณ 300-400 ฟอง ไข่จะฟักเป็นตัวหนอนสีขาวลำตัวสั้นป้อมในระยะ 3-6 วัน และตัวหนอนจะกัดกินภายในเมล็ด ทำให้ข้าวสารซึ่งมีสีขาวใสกลายเป็นสีขาวขุ่น ระหว่างการเจริญเติบโตในเมล็ด หนอนจะกินแป้งในเมล็ดและแป้งนั้นจะเปลี่ยนเป็นไขมันสะสมอยู่ทั่วตัว ระยะเวลาการเป็นหนอน 20-30 วัน ลอกคราบ 4 ครั้ง แล้วเข้าคักแต่เป็นระยะเวลา 3-7 วัน เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะผิวเมล็ดออกมาสู่ภายนอก ทำให้เมล็ดที่ถูกค้างคั่งงวงข้าวโพดอาศัยเป็นรูพรุน และเมื่อออกจากเมล็ดแล้วจะกินอาหาร ผสมพันธุ์ และวางไข่ ตลอดวงจรชีวิตของค้างคั่งงวงข้าวโพดใช้เวลา 30-45 วัน ตัวเต็มวัยมีชีวิตรอดอยู่ได้นาน 1-8 เดือน โดยจะวางไข่ได้น้อยมากเมื่ออายุเพียง 1 สัปดาห์ แต่จะวางไข่จำนวนมากตั้งแต่อายุ 10-15 วัน

ด้วงวงที่เป็นศัตรูข้าวเปลือก ข้าวสาร ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ ในประเทศไทยคือด้วงวงข้าวโพด และเป็นแมลงศัตรูสำคัญที่สุดของเมล็ดธัญพืชทั้งที่ใช้ทำพันธุ์ และเพื่อการบริโภค โดยเมล็ดพืชที่ถูกด้วงวงข้าวโพดทำลายจะเป็นรุกรานทำให้นำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ และสามารถทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้นาน 6 เดือน ได้สูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์ (กุสุมา นวลวัฒน์. 2544; พรทิพย์ วิจารณ์านนท์ และคณะ. 2548) การให้ความสำคัญในการป้องกันกำจัดด้วงวงข้าวโพดเพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงมีความจำเป็น

การป้องกันกำจัดแมลงที่เป็นศัตรูผลิตผลเกษตร โดยการใช้สารรมเป็นวิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลก เนื่องจากสามารถทำลายแมลงศัตรูได้ทุกชนิด และทุกระยะการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดศัตรูชนิดอื่นๆ เช่น นก หงู ไร และเชื้อราได้ ประเทศไทยใช้วิธีป้องกันกำจัดแมลงโดยการรมผลิตผลเกษตร และรมสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกเป็นระยะเวลาประมาณ 50 ปีมาแล้ว สารรมที่นำมาใช้มีอยู่หลายชนิด แต่ชนิดที่นิยมมาก คือ สารรมเมทิลโบรไมด์ (methyl bromide) และสารรมฟอสฟีน (phosphine) หรืออลูมิเนียมฟอสไฟด์ (aluminium phosphide) การรมด้วยสารทั้งสองชนิดเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในกลุ่มพ่อค้าส่งออก และบริษัทผู้ผลิต โดยเฉพาะสารรมเมทิลโบรไมด์เป็นที่นิยมใช้กันเป็นอย่างมาก เพราะมีประสิทธิภาพดีและใช้เวลาในการรมสั้น (สมาคมกสิกรรมและสัตววิทยาแห่งประเทศไทย. 2545; ใจทิพย์ อุไรชื่น. 2548; พรทิพย์ วิจารณ์านนท์. 2548; พรทิพย์ วิจารณ์านนท์ และคณะ. 2548)

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการป้องกันกำจัดแมลง โดยใช้สารฆ่าแมลง คือแมลงศัตรูพืชสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง เนื่องจากการใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน ใช้บ่อยครั้ง ใช้ในอัตราที่ไม่เหมาะสม ตลอดจนใช้ไม่ถูกต้อง การใช้สารรมก็พบปัญหาเช่นเดียวกัน โดยการต้านทานสารรมฟอสฟีนเริ่มพบครั้งแรกในด้วงวง [*Sitophilus granarius* (L.)] สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมเมทิลโบรไมด์ ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการเมื่อ พ.ศ. 2504 ต่อมาใน พ.ศ. 2519 องค์การอาหารโลก (FAO) ได้สำรวจและเก็บตัวอย่างแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรจากประเทศต่างๆ ทั่วโลก 33 ประเทศ จากตัวอย่างทั้งหมด 849 ตัวอย่าง พบแมลงที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 82 ตัวอย่าง คิดเป็น 9.66 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่พบต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนทั่วโลกในขณะนี้ คือ มอดข้าวเปลือก มอดแป้ง 2 ชนิด *Tribolium castaneum* (Herbst) และ *T. confusum* Jacquelin du Val ด้วงอิฐ (*Trogoderma granarium* Evert) ผีเสื้อข้าวโพด (*Ephesia cautella* W.) ผีเสื้ออินเดียยมิล [*Plodia interpunctella* (Hubner)] มอดพินเลื้อย [*Oryzaephilus surrinamensis* (L.)] ด้วงหนวดยาว (*Cryptolestes* spp.) ด้วงวง [*Sitophilus granarius* (L.)] ด้วงวงข้าวโพด ด้วงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.) ซึ่งแม้แมลงแต่ละชนิดจะพบในแหล่งเดียวกัน แต่จะมีระดับความต้านทานต่อสารแตกต่างกัน แมลงที่มีความต้านทานต่อฟอสฟีนสูงกว่าชนิดอื่นได้แก่ ด้วงวง (*Sitophilus* spp.) ทุกชนิด ด้วงอิฐ มอดข้าวเปลือก ผีเสื้อข้าวโพด และไร โดยเฉพาะอย่างยิ่งมอดข้าวเปลือกเป็นแมลงที่

พบว่าด้านทานสารรมฟอสฟีนในบางแห่งสูงถึง 100 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ที่ไม่ด้านทาน (susceptible strain) (พรทิพย์ วิสารทานนท์. 2541; บุญรา จันทร์แก้วมณี. 2544)

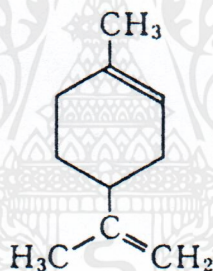
การรมผลิตผลเกษตร โดยใช้สารรมฟอสฟีนมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรมคือ ความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีน และระยะเวลาในการรม การใช้สารรมฟอสฟีนในระดับความเข้มข้นสูง และใช้เวลารวมสั้น จะเสี่ยงต่อการเกิดการด้านทานสารรมฟอสฟีนของแมลงสูงกว่าการใช้ระดับความเข้มข้นต่ำ แต่ใช้ระยะเวลาในการรมนานขึ้น ทั้งนี้เพราะการใช้สารรมฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นสูง ระยะเวลาการรมสั้นจะทำให้แมลงสลบแต่ไม่ตาย และช่วงที่สลบแมลงมีการหายใจช้าและน้อย พิษจากฟอสฟีนจึงเข้ร่างกายอย่างช้าๆ เมื่อใช้เวลาในการรมนานจึงทำให้มีปริมาณสารรมฟอสฟีนในร่างกายสูงมีผลทำให้แมลงตายได้ นอกจากนี้การรมนานขึ้นยังช่วยทำลายไข่ ดักแด้ และแมลงในระยะพักตัวซึ่งเป็นวัยที่ด้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่หรือตัวเต็มวัยที่ฟักออกจากดักแด้จะถูกทำลายโดยสารรมฟอสฟีนได้อย่างง่ายดาย ด้วยเหตุนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการรมจึงเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญในการด้านทานสารรมของแมลง (พรทิพย์ วิสารทานนท์. 2541)

ปัจจุบันพบว่าโมเลกุลของสารรมเมทิลโบรไมด์จะถูกสลายโดยรังสี UV-B เกิดเป็นอะตอมอิสระของโบรมีน ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโอโซน (O<sub>3</sub>) ทำให้ปริมาณโอโซนในชั้นบรรยากาศสตราโทสเฟียร์ (stratosphere) ลดลง ทำให้บรรยากาศบริเวณผิวโลกได้รับรังสี UV-B มากขึ้นเกิดผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยมนุษย์มีโอกาสเป็นมะเร็งผิวหนังและเกิดต่อกระดูกที่ตามมาขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย จากผลกระทบดังกล่าวสารรมเมทิลโบรไมด์จึงเป็นส่วนหนึ่งของพิธีสารมอนทรีออล (Montreal protocol) ว่าด้วยการเลิกใช้สารทำลายชั้นบรรยากาศ ที่องค์กรเพื่อสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Program : UNEP) ได้จัดประชุมและจัดทำขึ้นเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2530 โดยกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วต้องยกเลิกการใช้ภายในปี พ.ศ. 2548 และประเทศไทยได้ลงนามในพิธีสารฉบับนี้ด้วย แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาและมีการใช้สารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซนน้อยกว่า 0.3 กิโลกรัมต่อคนต่อปี ประเทศไทยจึงอยู่ในกลุ่มที่ได้รับการผ่อนผันออกไปอีก 10 ปี ซึ่งก็คือ ในปี พ.ศ. 2558 จะต้องยกเลิกการใช้ทั้งหมดตามที่กำหนดในพิธีสารฯ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการใช้สารรมฟอสฟีนเพิ่มขึ้นมาก แต่สารรมฟอสฟีนก็มีข้อจำกัดคือ ต้องใช้ระยะเวลาในการรมแต่ละครั้งนานประมาณ 7-10 วัน มีความเป็นพิษสูงต่อมนุษย์ และสามารถกัดกร่อนโลหะหลายชนิด เช่น ทองแดง ทอง และเงิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตผลปนเปื้อนด้วยเศษผงของสารเคมี และแมลงบางชนิดสร้างความด้านทานต่อสารรมฟอสฟีน รวมทั้งสารรมฟอสฟีนที่ความเข้มข้นมากกว่า 1.8 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรสามารถถูกไหม้ได้ (ใจทิพย์ อุไรชื่น. 2548; พรทิพย์ วิสารทานนท์. 2548; พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ. 2548) จึงได้มีการศึกษาหาวิธีการต่างๆ ในการลดการใช้

สารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บหลายรูปแบบ เพื่อหาแนวทางที่จะนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บทดแทนการใช้สารเคมี

ส้มโอ [*Citrus maxima* (J. Burm.) Merr.] เป็นไม้ผลกิ่งร้อนมีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย และส้มโอที่ผลิตได้ในประเทศไทยนับว่าเป็นส้มโอที่มีคุณภาพดีที่สุดของโลก ส้มโอเป็นไม้ยืนต้นที่สูงได้ถึง 8 เมตร มีหนามเล็กๆ ใบยาวกลม ความยาว 10-12 เซนติเมตร กว้าง 2-5 เซนติเมตร ขอบใบมีรอยหยักตื้นๆ หลังใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ก้านใบมีส่วนที่แผ่ออกเป็นปีกรูปคล้ายหัวใจ ดอกมักเป็นดอกเดี่ยวผลิจากง่ามใบ กลีบเลี้ยงส่วนปลายมีรอยเว้าเข้าตื้นๆ กลีบดอกสีขาว ปลายมน มี 4 กลีบ มีเกสรตัวผู้ 20-25 อัน เกสรเพศเมีย 1 อัน มีลักษณะเป็นเส้น ปลายเป็นคู้ม ผลมีลักษณะกลม บางพันธุ์มีส่วนขั้วผลนูนขึ้นเป็นจุก ผลมีขนาดใหญ่ เปลือกนอกสีเขียวมีต่อมน้ำมันมาก เมื่อแก่จัดมีสีเหลือง คล้ายหนังสัตว์ เปลือกชั้นกลางหนา สีขาว เนื้อภายในผลมี 12-18 กลีบ สีเหลืองอ่อนหรือสีชมพู มีทั้งรสหวานและเปรี้ยว ส้มโอชนิดเดียวกันหรือพันธุ์เดียวกัน เมื่อถูกนำไปปลูกในแต่ละท้องถิ่นที่มีสภาพแวดล้อมต่างกันอาจได้ลักษณะที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีอาจมีการตั้งชื่อขึ้นเป็นพันธุ์ใหม่ขึ้นมา จากพันธุ์ดั้งเดิมมาจนถึงปัจจุบัน พันธุ์ที่มีลักษณะดีและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ได้แก่ พันธุ์ขาวพวง พันธุ์ขาวทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวใหญ่ พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์ทับทิม และพันธุ์ปัดดาเวีย ส่วนต่างๆของส้มโอมีสรรพคุณทางยา ดังนี้ เนื้อที่มีรสขมเปรี้ยวจัด ทำให้เจริญอาหาร เหมาะสำหรับสตรีมีครรภ์ที่มีอาการเบื่ออาหาร ปากไม่รื้อร้ออาหาร ขับลมในกระเพาะอาหารและลำไส้ แก้กามาศูรา เปลือกผลมีรสขม ขม ช่วยขับเสมหะ ขับลม แน่นหน้าอก จุกแน่น ไอ ปวดท้องน้อย และไส้เลื่อน ใช้เป็นยาภายนอกโดยตำพอกฝี ดมน้ำอาบแก้คัน ส่วนเมล็ดใช้แก้ปวดท้อง เนื่องจากลำไส้เล็กหดตัวผิดปกติ และไส้เลื่อน ดอกใช้ขับลม ขับเสมหะ แก้ปวดกระบังลม และกระเพาะอาหาร ส่วนใบมีรสขม แก้ปวดหัว ปวดข้อ ท้องอืดแน่นท้อง และแผลที่ถูกความเย็นจัด รากให้รสขม แก้ปวด หัวใจ ไอ ปวดกระเพาะอาหาร ปวดท้องน้อย และไส้เลื่อน ส่วนต่างๆ ของส้มโอพบสารต่างๆ ดังนี้ ผลมีสารนารินจิน (naringin) โปนซิริน (poncirin) นีโอเฮสเปอร์ริดีน (neohesperidin) นารินจิน-4-กลูโคไซด์-7-นีโอเฮสเปอร์ริโดไซด์ (naringin-4-glucoside-7-neohesperidoside) และยังมีพวกแคโรทีนอยด์ (carotenoid) วิตามินบี1 บี2 วิตามินซี แคลเซียม คลอไรด์ เหล็ก น้ำตาล และน้ำมันหอมระเหย ส่วนเปลือกผลพบน้ำมันระเหย 0.3-0.9 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยลิโมนีน (limonene) ซิทรัล (citral) เกรรานีโอล (geraniol) ลินาลูล (linalool) และเมทิลแอนทรานิลเลต (methylanthranilate) เป็นส่วนใหญ่ เมล็ดมีโอบาคูโนน (obacunone) โอบาคูแลคโตน (obaculactone) ดีอะซีทิลโนมิลิน (deacetylnomilin) น้ำมัน 40.74 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 2.85 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 23.87 เปอร์เซ็นต์ สารที่ไม่มีไนโตรเจน 11.51 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 3.09 เปอร์เซ็นต์ และดอกมีน้ำมันหอมระเหย 0.2-0.25 เปอร์เซ็นต์ (ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ และคณะ, 2524; เกียรติเกษกร กาญจนพิสุทธ์ และคณะ, 2530)

น้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้มประกอบด้วยลิโมนีน ซึ่งเป็นคำที่มาจากคำว่าเลมอน (lemon) เป็นองค์ประกอบหลัก ลิโมนีนเป็นสารในกลุ่มไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) ประกอบด้วยคาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H) มีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ที่อุณหภูมิปกติมีกลิ่นฉุนของส้ม ซึ่งลิโมนีนมีกลไกการออกฤทธิ์ต่อเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory nerve) ในระบบปลายประสาท (peripheral nervous system) ทำให้ลิโมนีนมีศักยภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น มอดข้าวเปลือก ค้างคาวงวงข้าว มอดแป้ง ไรแมงมุม เพลี้ยแป้ง และเพลี้ยหอยสีเขียว (อรัญ งามผ่องใส และสุนทร พิพิธแสงจันทร์ 2547; Buss and Park-Brown. 2006; Ware and Whitacre. 2006; Tripathi *et al.* 2003 ; Cook. 1992 ; Hollingsworth. 2005) มีการนำลิโมนีนมาใช้เป็นทางเลือกในการควบคุมแมลงศัตรูพืชแทนน้ำมันที่สกัดได้จากแร่ (mineral oil) อย่างกว้างขวาง เนื่องจากลิโมนีนเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพราะการย่อยสลายทางชีวภาพง่ายกว่าน้ำมันที่สกัดได้จากแร่ นอกจากนี้ยังพบว่าลินาลูลซึ่งเป็นสารในกลุ่มไอโซพรีน เทอร์ปีน แอลกอฮอล์ (acyclic terpene alcohols) ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) เช่นกัน (Elisabetsky *et al.* 1995)



ภาพที่ 1.1 สูตร โครงสร้างทางเคมีของลิโมนีน

ในปัจจุบันการใช้พืชที่มีน้ำมันหอมระเหยควบคุมแมลงศัตรูพืชเป็นที่นิยมมากขึ้น เบญจมาภรณ์ ฤทธิ์ไธสง (2545) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากผลการอง กระเทียม และน้ำมันสะเดา ต่อค้างคาวงวงข้าวโพด พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีผลทำให้การรอดชีวิตต่ำกว่าแมลงที่ไม่ได้รับสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการพัฒนาจากระยะไข่เป็นระยะตัวหนอน และยังสามารถยับยั้งการวางไข่ และการฟักไข่ได้อีกด้วย Tripathi *et al.* (2003) ศึกษาการใช้ดี-ลิโมนีน (d-limonene) ต่อมอดข้าวเปลือก ค้างคาวงวงข้าว และมอดแป้ง พบว่าดี-ลิโมนีนสามารถควบคุมหนอนและตัวเต็มวัยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ลดการวางวางไข่และการฟักไข่ และสามารถยับยั้งการกินอาหาร รวมทั้งมีผลต่อการเจริญเติบโตของมอดข้าวเปลือก ค้างคาวงวงข้าว และมอดแป้ง Harwood *et al.* (1990) เติงหนอน กระทุ้ (*Peridroma saucia* Hubner) ด้วยอาหารเทียมที่ผสมลิโมนีน เมนทอล (menthol) พูลิโจน (pulegone) และเมนโทน (menthone) พบว่าเมนโทน และพูลิโจนยับยั้งการกินของหนอน เมนทอล

ทำให้เกิดความผิดปกติในการลอกคราบ และสามารถยับยั้งการเข้าดักแด้ ขณะที่ลิโมนีน เมนโทน และฟูลิโจนยับยั้งการเข้าดักแด้ Don-Pedro (1996) ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะนาว ส้มจีน และเกรฟฟรุต กับเมื่อดักแด้เห็บและปลาแห้ง ทดสอบกับด้วงถั่วเขียว [*Callosobruchus maculatus* (F.)] และด้วงหนังสัตว์ (*Dermestes maculatus* De Geer) พบว่าสามารถลดอัตราการวางไข่ การฟักเป็นตัวหนอน อัตราการตายของตัวเต็มวัย แต่ไม่มีผลต่อการวางไข่ของตัวเต็มวัยที่รอดชีวิต และการพัฒนาเป็นตัวหนอนของไข่ อีกทั้งยังทำให้ด้วงถั่วเขียวและด้วงหนังสัตว์มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 1 ชั่วโมง Sinchung (1999) พบว่าน้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลส้มซึ่งประกอบด้วย ลี-ลิโมนีน แอลฟา-ไพนีน ( $\alpha$ -pinene) เมอซีน (myrcene) และเอทิล บิวไทเรต (ethyl butyrate) ทำให้แมลงวันบ้าน (*Musca domestica* L.) และ แมลงสาบเยอรมัน (*Blattella germanica* L.) สลบอย่างรวดเร็ว (knockdown) และตาย นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการพัฒนาจากดักแด้เป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันบ้านนานขึ้น Bouda et al. (2001) เติงด้วงวงงข้าวโพดด้วยเมล็ดข้าวโพดที่คลุกน้ำมันหอมระเหยจากสาบแรังสาบกา (*Ageratum conyzoides* L.) สาบเสือ (*Chromolaena odorata* L.) และผกากรอง (*Lantana camara* L.) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกสาบแรังสาบกา ผกากรอง และสาบเสือนี้อาจมีผลต่อการตายของด้วงวงงข้าวโพด Keita et al. (2001) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา (*Ocimum basilicum* L.) และโหระพาช้าง (*O. gratissimum* L.) ต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว พบว่ามีผลต่อการตายของด้วงถั่วเขียว และการฟักไข่ Lee et al. (2001) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่จีน (*Mentha arvensis* L var *piperascens*) ซึ่งประกอบด้วยเมนทอล เมนโทน ลิโมนีน เบตา-ไพนีน ( $\beta$ -pinene) แอลฟา-ไพนีน ลินาลูลต่อด้วงวงงข้าวโพด พบว่าเมนทอล ลินาลูล และแอลฟา-ไพนีนมีผลต่อการตายของด้วงวงงข้าวโพด และเมนทอลยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (acetylcholinesterase enzyme) ได้ Macchioni et al. (2002) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากกิ่งต้นสน *Pinea pinea* L., *P. halepensis* Mill., *P. pinaster* Soil in Ait., and *P. nigra* Arnold ต่อไรในโรงเก็บ [Tyrophagus putrescentiae (L.)] โดยการรม พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกิ่งต้นสน *P. pinea* L. ที่มี 1,8-ซินีโอล (1, 8 cineole) และลิโมนีนเป็นองค์ประกอบสามารถควบคุมไรในโรงเก็บได้ 100 เปอร์เซ็นต์ Lee et al. (2003) ศึกษาสารในกลุ่มโมโนเทอร์พีนอยด์ (monoterpenoids) ต่อด้วงวงงข้าว มอดแป้ง มอดพื้นเลื้อย แมลงวันบ้าน และแมลงสาบเยอรมัน พบว่าซินีโอล แอล-เฟนโคน (*l*-fenchone) และฟูลิโจนมีผลต่อการตายของด้วงวงงข้าว มอดแป้ง มอดพื้นเลื้อย แมลงวันบ้าน และแมลงสาบเยอรมัน 100 เปอร์เซ็นต์ Paranagama et al. (2003) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ [*Cymbopogon citratus* (DC.) Staph.] ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Rendle) อบเชยเทศ (*Cinnamomum zeylanicum* Nees) ชิง [*Alpinia calcarata* (Rosc.)] และหอมแขก (*Murraya koenigii* Spreng.) พบว่าน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิดมีผลในการยับยั้งการวางไข่และการเจริญเติบโตเป็นตัว

เต็มวัยด้วงถั่ว Papachristos and Stamopoulos (2004) ศึกษาศักยภาพในการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากลาเวนเดอร์ (*Lavandula hybrida*) โรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis* L.) และยูคาลิปตัส (*Eucalyptus globulus* Labill.) ต่อไข่ของด้วงเจาะฝักโสน [*Acanthoscelides obtectus* (Say)] พบว่าสามารถยับยั้งการฟักไข่ และไข่ที่ผ่านการรมจะทำให้หนอนที่เกิดใหม่มีอัตราการตายเพิ่มขึ้น Ketoh *et al.* (2005b) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจาก camel grass [*Cymbopogon schoenanthus* (Linn.) Spreng.] ร่วมกับแดนเบียน [*Dinarmus basalis* (Rond.)] ต่อการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียว พบว่าน้ำมันหอมระเหยสามารถควบคุมตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และสามารถยับยั้งการวางไข่และการฟักของไข่ ขณะที่ไม่มีผลต่อแดนเบียน Kouninki *et al.* (2007) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากผลและเส้นใย (fiber) ของ ethiopian pepper (*Xylopia aethiopica* Dunal) ต่อตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพด พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากผลและเส้นใยของ ethiopian pepper สามารถควบคุมด้วงวงข้าวโพดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ Hink *et al.* (1988) ศึกษาผลของลินาลูลต่อเห็บแมว [*Ctenocephalides felis* (Bouche)] พบว่าลินาลูลสามารถกำจัดไข่ ตัวหนอน และดักแด้ของเห็บได้ นอกจากนี้ยังมีผลกระทบน้อยต่อสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังอีกด้วย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพในการควบคุมด้วงวงข้าวโพดของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในรูปแบบสารรม เพื่อหาแนวทางป้องกันกำจัดด้วงวงข้าวโพดทำลายข้าวกล้องบรรจุถุงเพื่อการค้า รวมทั้งเป็นแนวทางในการลดการใช้สารเมทิลโบรไมด์ และสารรมฟอสฟีนซึ่งเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในการป้องกันกำจัดด้วงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัย

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในการยับยั้งการวางไข่ และการฟักไข่ของด้วงวงข้าวโพด

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในสารดูดซับต่อด้วงวงข้าวโพดในข้าวกล้องบรรจุถุงพลาสติก

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีต่อการตาย การวางไข่ และการฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะฉีดยาทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบศักยภาพในการควบคุมด้วงวงข้าวโพคตัวเต็มวัยทั้งเพศผู้ และเพศเมีย ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ
- 1.4.2 ทราบศักยภาพในการควบคุมการวางไข่และการฟักไข่ของด้วงวงข้าวโพคของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ
- 1.4.3 ได้แนวทางการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอควบคุมด้วงวงข้าวโพคในข้าวกล้องบรรจุถุงพลาสติก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ค้างวงงข้าวโพด

ค้างวงงข้าวโพด (maize weevil) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sitophilus zeamais* Motschulsky อยู่ในอันดับ Coleoptera วงศ์ Curculionidae เป็นแมลงศัตรูสำคัญของเมล็ดธัญพืชที่ใช้ทำพันธุ์หรือเพื่อการบริโภค ทั้งตัวเต็มวัยและตัวหนอนสามารถทำลายเมล็ดธัญพืชได้ โดยหนอนจะอาศัยและกัดกินภายในเมล็ดเพียงเมล็ดเดียวจนกว่าจะเป็นตัวเต็มวัย และเมื่อเป็นตัวเต็มวัยแล้วยังสามารถกัดกินเมล็ดได้อีก เมล็ดธัญพืชที่ถูกทำลายโดยค้างวงงข้าวโพดจะกลวง พรุณ และเป็นรู เมื่อแกะเมล็ดออกจะพบว่า ภายในเมล็ดถูกกัดกินจนเหลือแต่เยื่อบางๆ หรือถูกกัดกินจนหมดทั้งเมล็ด ผลจากการกัดทำลายของแมลงทำให้เกิดฝุ่นผงในภาชนะบรรจุจำนวนมากซึ่งประกอบด้วยของเสียจากแมลงและผงแป้งที่เกิดจากการกัดกิน และอาจทำให้เกิดเชื้อราได้ เนื่องจากการทำลายของแมลงจะเพิ่มความชื้นในกองเมล็ดพืชได้ 5-6 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้นาน 6 เดือน จะได้รับความเสียหายสูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปไม่ได้ ค้างวงงที่พบในข้าวเปลือก ข้าวสาร ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ ในประเทศไทยคือค้างวงงข้าวโพด (กุสุมา นวลวิวัฒน์. 2544; พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ. 2548)

ตัวเต็มวัยค้างวงงข้าวโพดมีลำตัวยาว 3.0-3.8 มิลลิเมตร สีน้ำตาลดำ ส่วนหัวจะยื่นออกมาเป็นงวง ค้างวงงข้าวโพดมีลักษณะคล้ายกับค้างวงงข้าวมาก ซึ่งจำแนกด้วยตาเปล่าได้ยาก ค้างวงงข้าวโพดสามารถบินได้ดีกว่าค้างวงงข้าว แต่ค้างวงงข้าวโพดมีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย ปัจจุบันนิยมแยกค้างวงงข้าวและค้างวงงข้าวโพดด้วยการจำแนก aedeagus ที่ genitalia ของตัวเต็มวัย ซึ่งในเพศผู้ aedeagus ของค้างวงงข้าวจะมีปลายที่ทู่และไม่มีย่อง ส่วน aedeagus ของค้างวงงข้าวโพด จะมีปลายที่โค้งแหลมและมีร่อง อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของค้างวงงข้าว จะมีลักษณะเป็นง่ามตรง ส่วนกลางแหลม ส่วนในค้างวงงข้าวโพด จะมีลักษณะเป็นง่ามเหมือนกันแต่ตรงส่วนกลางโค้งมน การจำแนกโดยสังเกตลักษณะภายนอกจะแยกความแตกต่างของงวง โดยที่เพศผู้จะมีลักษณะสั้น ทู่ และขรุขระ ส่วนเพศเมียจะมีลักษณะยาวเรียว เรียบมันขรุขระน้อยกว่า (ASEAN Food Handling Bureau and Australian Centre for International Agricultural Research. 1989; Subramanyam and Hagstrum. 1996; บุญรา จันทร์แก้วมณี. 2543) ตัวเต็มวัยค้างวงงข้าวโพดสามารถบินออกไปทำลายเมล็ดพืชตั้งแต่ยังอยู่ในไร่นาโดยเพศเมียจะเจาะรูที่เมล็ดพืชด้วย ovipositor ซึ่งอยู่ที่ปลายส่วนท้องแล้ววางไข่ออกมา 1 ฟอง แล้วขับเมือกออกมาปิดปากรูไว้ เพื่อป้องกันไข่จากสิ่งแวดล้อม ตัวเมีย 1 ตัวจะวางไข่ได้ประมาณ 300-400 ฟอง ไข่จะฟักเป็นตัวหนอนสีขาวลำตัวสั้นป้อมในระยะ 3-6 วัน

ตัวหนอนจะกัดกินภายในเมล็ดทำให้ข้าวสารซึ่งมีสีขาวใสกลายเป็นสีขาวขุ่น ระหว่างการเจริญเติบโตในเมล็ดหนอนจะกินแป้งในเมล็ดและแป้งนั้นจะเปลี่ยนเป็นไขมันสะสมอยู่ที่ตัวระยะเวลาการเป็นหนอน 20-30 วัน ลอกคราบ 4 ครั้ง แล้วเข้าดักแด้ใช้ระยะเวลา 3-7 วัน เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะผิวเมล็ดออกมาสู่ภายนอก ทำให้เมล็ดที่ถูกด้วงวงข้าวโพดอาศัยเป็นรูพรุน เมื่อออกจากเมล็ดแล้วจะกินอาหาร ผสมพันธุ์ และวางไข่ ตลอดวงจรชีวิตใช้เวลา 30-45 วัน ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้นาน 1-8 เดือน โดยจะวางไข่ได้น้อยมากเมื่ออายุเพียง 1 สัปดาห์ แต่จะวางไข่จำนวนมากตั้งแต่อายุ 10-15 วัน (กุสุมา นวลวัฒน์. 2544; พรทิพย์ วิจารณ์วิสารทนานนท์ และคณะ. 2548)

ด้วงวงข้าวโพดมักเข้าทำลายข้าวโพดตั้งแต่อยู่ในไร่ การให้ความสำคัญในการป้องกันกำจัดเพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงมีความจำเป็น และการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยการใช้สารเคมีเป็นวิธีการหนึ่งที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก เนื่องจากสามารถทำลายแมลงศัตรูได้ทุกชนิด และทุกระยะการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดศัตรูชนิดอื่นๆ เช่น นก หนู ไร และเชื้อรา ประเทศไทยใช้วิธีการรมผลิตผลเกษตรเพื่อป้องกันกำจัดแมลง และรมเพื่อการส่งออกเป็นระยะเวลา ประมาณ 50 ปีมาแล้ว สารเคมีที่นำมาใช้มีอยู่หลายชนิด แต่ชนิดที่นิยมมาก คือ สารเคมีเมทิลโบรไมด์ และสารเคมีฟอสฟีน หรือออลูมิเนียมฟอสไฟด์ การรมด้วยสารทั้งสองชนิดเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในกลุ่มพ่อค้าส่งออก และบริษัทผู้ผลิต โดยเฉพาะสารเคมีเมทิลโบรไมด์เป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะมีประสิทธิภาพดีและใช้เวลาในการรมสั้น (สมาคมกสิกรรมและสัตววิทยาแห่งประเทศไทย. 2545; โจทิพย์ อุไรชื่น. 2548; พรทิพย์ วิจารณ์วิสารทนานนท์. 2548; พรทิพย์ วิจารณ์วิสารทนานนท์ และคณะ. 2548)

ปัจจุบันพบว่าโมเลกุลของสารเคมีเมทิลโบรไมด์จะถูกสลายโดยรังสี UV-B เกิดเป็นอะตอมอิสระของโบรมีน ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโอโซนทำให้ปริมาณโอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง ทำให้บรรยากาศบริเวณผิวโลกได้รับรังสี UV-B มากขึ้น เกิดผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยมนุษย์มีโอกาสเป็นมะเร็งผิวหนังและเกิดต่อกระดูกที่ตามมาเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย จากผลกระทบดังกล่าวสารเคมีเมทิลโบรไมด์จึงเป็นส่วนหนึ่งของพิธีสารมอนทรีออลว่าด้วยการเลิกใช้สารทำลายชั้นบรรยากาศ ที่องค์กรเพื่อสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติได้จัดประชุมและจัดทำขึ้นเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2530 โดยกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วต้องยกเลิกการใช้ภายในปี พ.ศ. 2548 และประเทศไทยได้ลงนามในพิธีสารฉบับนี้ด้วย แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาและมีการใช้สารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซนน้อยกว่า 0.3 กิโลกรัมต่อคนต่อปี ประเทศไทยจึงอยู่ในกลุ่มที่ได้รับการผ่อนผันออกไปอีก 10 ปี ซึ่งก็คือ ในปี พ.ศ. 2558 จะต้องยกเลิกการใช้ทั้งหมดตามที่กำหนดในพิธีสารฯ ทำให้มีการใช้สารเคมีฟอสฟีนเพิ่มขึ้นมากในปัจจุบัน แต่สารเคมีฟอสฟีนก็มีข้อจำกัดคือ ต้องใช้ระยะเวลาในการรมนาน แต่ครั้งละครั้งประมาณ 7-10 วัน มีความเป็นพิษสูงต่อมนุษย์ และสามารถกัดกร่อนโลหะหลายชนิด เช่น ทองแดง

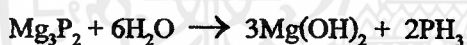
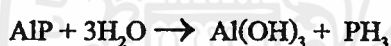
ทอง และเงิน เป็นต้น นอกจากนี้การใช้สารรมฟอสฟีนยังทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีคุณภาพดีขึ้นได้ด้วยเศษผงของสารเคมี และแมลงบางชนิดสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน สารรมฟอสฟีนที่ความเข้มข้นมากกว่า 1.8 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรสามารถถูกไหม้ได้ (ใจทิพย์ อุไรชื่น. 2548; พรทิพย์ วิจารณ์ วิสารทานนท์. 2548; พรทิพย์ วิจารณ์ วิสารทานนท์ และคณะ. 2548)

## 2.2 สารรมฟอสฟีน

### 2.2.1 การใช้สารรมฟอสฟีน

สารรมฟอสฟีนที่นำมาใช้สำหรับรมเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรนั้น ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดย Dr. Werner Freyberg ในปี ค.ศ. 1930 ซึ่งมีอลูมิเนียมฟอสไฟด์ 57 เปอร์เซ็นต์ และมีสารอื่นๆ 43 เปอร์เซ็นต์ โดยบรรจุอยู่ในถุง สหรัฐอเมริกาได้เริ่มนำเอาสารรมฟอสฟีนมาใช้ในปี ค.ศ. 1958 เพื่อกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ภายใต้การรับรองจากองค์การอาหารและยาว่ามีความปลอดภัย ไม่มีพิษตกค้าง ทำให้สารรมฟอสฟีนเป็นที่นิยมกันมากขึ้น โดยเฉพาะการรมใบยาสูบ

ก๊าซฟอสฟีนอาจได้มาจากปฏิกิริยาของอลูมิเนียมฟอสไฟด์หรือแมกนีเซียมฟอสไฟด์ (magnesium phosphide) กับไอน้ำในอากาศดังนี้



การทำปฏิกิริยาของอลูมิเนียมฟอสไฟด์และแมกนีเซียมฟอสไฟด์กับไอน้ำในอากาศนั้น แมกนีเซียมฟอสไฟด์จะทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วกว่าอลูมิเนียมฟอสไฟด์มาก ดังนั้นหากเลือกใช้แมกนีเซียมฟอสไฟด์ต้องระมัดระวังมากขึ้น และต้องปฏิบัติอย่างรวดเร็วเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

### 2.2.2 คุณสมบัติของสารรมฟอสฟีน

ก๊าซฟอสฟีนเป็นสารไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และอาจมีก๊าซชนิดอื่นๆที่เกิดขึ้นปะปนพร้อมก๊าซฟอสฟีนซึ่งจะมีกลิ่นคล้ายกระเทียม สูตรเคมีคือ  $\text{PH}_3$  หนักกว่าอากาศ 1.18 เท่า น้ำหนักโมเลกุล 34.1 จุดเดือดที่ 87.4 องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้ประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ที่ 17 องศาเซลเซียส ฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นของการรมจะกระจายตัวสู่อากาศอย่างรวดเร็ว และมีคุณสมบัติในการกระจายตัวดีมาก ที่ระดับการใช้ปกติฟอสฟีนจะไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดที่ระดับความชื้นเหมาะสม แต่อาจมีผลทำให้ความสามารถในการงอกลดลงถ้าใช้กับเมล็ดที่มีความชื้นสูง ฟอสฟีนละลายน้ำได้เล็กน้อย และละลายได้ในตัวทำละลายอื่นๆ นอกจากนี้ฟอส

ฟอสฟีนจะกัดกร่อนทองแดงและโลหะผสมทองแดง เช่น ทองเหลือง ในสภาวะที่มีความชื้นและเกลือมีความเค็ม เช่น น้ำทะเล ก๊าซฟอสฟีนอาจจะทำลายเครื่องมือที่ทำด้วยทองแดงหรือโลหะผสมทองแดง รวมทั้งฟิล์มถ่ายรูป ดังนั้นก่อนใช้สารฟอสฟีนรมจำเป็นต้องมีการคลุมหรือเคลือบเครื่องมือต่างๆ ก่อน ฟอสฟีนเป็นพิษต่อแมลงและสัตว์เลือดอุ่นสูงมาก แต่ไม่มีพิษตกค้าง

ฟอสฟีนอาจถูกไหม้ได้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันต่ำและอากาศแห้ง ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่มากกว่า 1.8 เปอร์เซ็นต์ ในอากาศที่ความดันปกติอาจเกิดระเบิดได้ ดังนั้นในการปฏิบัติการจะต้องมีความระมัดระวังสูง โดยเฉพาะการทำกรรมผลิตผลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งต้องใช้ฟอสฟีนปริมาณมากจะต้องมีการแบ่งปริมาณการใช้ให้เหมาะสม และควรมีการเตรียมพร้อมในกรณีที่อาจเกิดการลุกไหม้ขึ้น

ฟอสฟีนที่ผลิตเป็นการค้าอยู่ในรูปของสารประกอบฟอสไฟด์ 2 ชนิดคือ อลูมิเนียมฟอสไฟด์และแมกนีเซียมฟอสไฟด์ ซึ่งมีเนื้อสารบริสุทธิ์ 56-60 เปอร์เซ็นต์ และผลิตออกมาหลายรูปแบบได้แก่ แบบเม็ดแบน (tablet) และเม็ดกลม (pellet) แบบถุง แบบแผ่น (sachets) และแบบแผ่นพับต่อกันเป็นสาย ซึ่งจะลดอันตรายขณะเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซฟอสฟีน สารรมฟอสฟีนแบบเม็ดแบน และเม็ดกลม จะมีน้ำหนัก 1 และ 0.2 กรัม ตามลำดับ สารรมฟอสฟีนที่ผลิตเป็นเม็ดจะสามารถใช้ได้กับการผลิตผลเกษตรที่บรรจุกระสอบ หรือถุง หรือรมโรงเก็บ แต่สำหรับแบบถุงจะเหมาะสมกับผลิตผลประเภทแป้ง ใบยาสูบ และผลิตผลที่ไม่ต้องการให้มีเศษผงเหลือของสารรมฟอสฟีนเข้าไปปนเปื้อนกับผลิตผล

ฟอสฟีนเป็นสารที่มีอันตรายสูงสามารถทำให้เสียชีวิตได้ถ้ากลืนเข้าไป การหายใจเอาก๊าซฟอสฟีนเข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ปวดศีรษะ และเจ็บหน้าอก ระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่ปลอดภัยคือ 0.3 พีพีเอ็ม ติดต่อกัน 8 ชั่วโมงต่อวันนาน 5 วัน หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (บุษรา จันทร์แก้วฉวี. 2544; พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ. 2548)

### 2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารฟอสฟีน

Bond *et al.* (1969) ศึกษาการออกฤทธิ์ของฟอสฟีนในการดูดซึมและอาการในแมลง พบว่าออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นในการดูดซึมสารรมฟอสฟีนของแมลง ภายใต้สภาพที่มีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอสารรมฟอสฟีนจะไม่แสดงความเป็นพิษ เนื่องจากแมลงได้รับสารรมฟอสฟีนในปริมาณที่ไม่เป็นอันตราย แมลงที่ได้รับไซยาไนด์ (cyanide) จะหยุดหายใจหรือหายใจน้อยลงอย่างมาก ทำให้แมลงไม่ได้รับสารรมฟอสฟีนในปริมาณที่มากพอ แมลงสาบที่ได้รับไนโตรเจน (nitrogen) หรือคาร์บอน ไดออกไซด์ (carbon dioxide) จะไม่แสดงอาการแม้ได้รับสารรมฟอสฟีนที่มีความเข้มข้นสูง การเปิดหรือปิดของรูหายใจพบว่ามีผลเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีผลต่อการดูดซึมหรือความเป็นพิษของสารรมฟอสฟีน หลังการรมด้วยฟอสฟีนระบบกล้ำมเนื้อของแมลงสาบจะกระตุก

อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งกล้ำเนื้อ ใช้พลังงานจนหมด โดยความเป็นพิษของสารรมฟอสฟีนในแมลงสาบมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของฟอสฟีน และความเป็นพิษที่เกิดขึ้นจะคงอยู่หลังสิ้นสุดการรม ปริมาณการดูดซึมสารรมฟอสฟีนของแมลงแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยแมลงบางชนิดการดูดซึมอิมด้วภายใน 5 ชั่วโมง หลังการรม และไม่สามารถดูดซึมเพิ่มได้อีก ขณะที่แมลงบางชนิดอาจใช้เวลาการดูดซึมนานถึง 24 ชั่วโมง หรือมากกว่า หลังจากแมลงดูดซึมสารรมฟอสฟีนเข้าไปแล้วจะไม่สามารถขับออกมาได้

Nakakita *et al.* (1974) ศึกษาผลของสารรมฟอสฟีนต่อการหายใจของด้วงงวงข้าวโพด โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายและปริมาณออกซิเจนที่ด้วงงวงข้าวโพดตัวเต็มวัยได้รับในขณะที่รมด้วยสารรมฟอสฟีนเพื่อดูกลไกการออกฤทธิ์ของสารรมฟอสฟีน ที่ความเข้มข้น 2-20,000 พีพีเอ็ม อัตราการตายของแมลงไม่ได้เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น การใช้สารรมฟอสฟีนความเข้มข้นสูงทำให้เป็นเป็นอัมพาต ซึ่งคล้ายคลึงกับผลของยาเสพติด (narcotic) และทำให้อัตราการหายใจลดลง ปริมาณออกซิเจนที่ได้รับขณะรมมีอิทธิพลต่อการตาย อย่างไรก็ตามปริมาณสารรมฟอสฟีนที่แมลงได้รับ ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการตาย

Chefurka *et al.* (1976) ศึกษาผลของสารรมฟอสฟีนต่อการถ่ายทอโคอิเล็กตรอนในไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ในคืบหนู และกล้ำเนื้อควบคุมการบินของแมลงวันบ้าน และด้วงงวง granary weevils พบว่าสารรมฟอสฟีนมีผลต่อการถ่ายทอโคอิเล็กตรอน นอกจากนี้สารรมฟอสฟีนยังยับยั้งการหายใจของไมโทคอนเดรีย

Price (1980) ศึกษาผลของสารรมฟอสฟีนต่ออัตราการหายใจ และการสร้างพลังงานจากกระบวนการออกซิเดชันในไมโทคอนเดรีย (mitochondrial oxidation) ของมอดข้าวเปลือก [*Rhyzopertha dominica* (Fabricius)] พบว่าสารรมฟอสฟีนทำให้อัตราการหายใจของมอดข้าวเปลือกตัวเต็มวัยสายพันธุ์อ่อนแอตกลง ขณะที่สายพันธุ์ต้านทานมีผลเพียงเล็กน้อย แต่การยับยั้งการออกซิเดชันของไมโทคอนเดรียของ 2 สายพันธุ์ โดยสารรมฟอสฟีนมีผลใกล้เคียงกัน

Nakakita and Winks (1981) ศึกษาการตอบสนองของหนอนและดักแด้ของมอดแป้งต่อสารรมฟอสฟีน โดยเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ต้านทานกับสายพันธุ์อ่อนแอ พบว่าระยะหนอนอายุ 15 และ 20 วัน ระยะก่อนเข้าดักแด้ (pre-pupae) และดักแด้ ระยะแรก ระยะกลาง และระยะสุดท้าย มีความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน โดยดักแด้ระยะแรกและระยะกลางมีความต้านทานสูงสุด ทั้งนี้การใช้ออกซิเจนเมื่อได้รับสารรมฟอสฟีนของมอดแป้งสายพันธุ์ต้านทานลดลงน้อยกว่าสายพันธุ์อ่อนแอ

Rajendran (2000) ศึกษาผลของสารรมฟอสฟีนต่อมอดแป้ง พบว่ามอดแป้งสายพันธุ์อ่อนแอที่รมด้วยสารรมฟอสฟีนเข้มข้น 30-50 พีพีเอ็ม นาน 72-100 ชั่วโมง มีอัตราการตาย 70 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า ขณะที่สายพันธุ์ต้านทานรมที่ความเข้มข้น 100-300 พีพีเอ็ม นาน 72

ชั่วโมง มีอัตราการตาย 30 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า การใช้สารรมฟอสฟีนความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม รมนาน 120 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการฟักไข่ของมอดแป้งสายพันธุ์อ่อนแอได้ ขณะที่สายพันธุ์ ด้านทานต้องใช้เวลาความเข้มข้น 300 พีพีเอ็ม รมนาน 72 ชั่วโมง

Chaudhry *et al.* (2004) ศึกษาผลของอุณหภูมิค่าต่ออัตราการหายใจของตัวหนอนและตัวเต็มวัยของด้วงยาสูบ [*Lasioderma serricorne* (F.)] สายพันธุ์อ่อนแอที่ได้รับสารรมฟอสฟีน พบว่าอัตราการหายใจของด้วงยาสูบลดลงเมื่อลดอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส เหลือ 5 องศาเซลเซียส การได้รับสารรมฟอสฟีนของด้วงยาสูบสายพันธุ์ด้านทานในแต่ละช่วงอายุจะลดลงเมื่อลดอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 5 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับด้วงยาสูบสายพันธุ์อ่อนแอเมื่อลดอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 10 องศาเซลเซียส

บุษรา พรหมสถิต และคณะ (2537, 2541) และ บุษรา จันทร์แก้วมณี (2544) ศึกษาความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในประเทศไทย 3 ชนิด คือ มอดข้าวเปลือก มอดแป้ง และด้วงวงข้าวโพด โดยรวบรวมแมลงจากแหล่งที่มีการใช้สารรมฟอสฟีนจำนวนมาก และนำมาทดสอบในช่วง พ.ศ. 2534-2537 พบว่ามอดข้าวเปลือกจากจังหวัดเชียงราย สกลนคร และสุพรรณบุรี มีความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน โดยมอดข้าวเปลือกจากจังหวัดเชียงรายด้านทานสารรมฟอสฟีนสูงถึง 3 เท่า (0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร) ของอัตราที่ใช้ทดสอบ (0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่ด้วงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ไม่มีความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน และในปัจจุบันพบว่ามอดข้าวเปลือกแทบทุกแห่งมีความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน และด้วงวงข้าวโพดมีเฉพาะบางแห่งที่มีความต้านทาน สาเหตุที่ทำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนค่อนข้างสูงและรวดเร็วคือ การใช้สารรมฟอสฟีนในอัตราต่ำกว่ากำหนดและสภาวะการรมที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น มีการรั่วไหลของสารรมฟอสฟีน จากรอยรั่วรอยฉีกขาดของผ้าพลาสติกจากการทำลายของหนู ไม่ทับชายผ้าพลาสติกให้ปิดสนิท ไม่ใช้ผ้าพลาสติกปูรองพื้น ห้องหรือไซโลมียอรั่ว สภาวะต่างๆ ดังกล่าวทำให้สารรมฟอสฟีนรั่วไหลจนความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนไม่เพียงพอที่จะทำให้แมลงตาย ทำให้แมลงสร้างความต้านทานเร็วขึ้น

### 2.3 การศึกษาองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้ม

น้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้มประกอบด้วยลิโมนีน เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งลิโมนีนมีกลไกการออกฤทธิ์ต่อเซลล์ประสาทรับความรู้สึกในระบบปลายประสาท ทำให้ลิโมนีนมีศักยภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น มอดข้าวเปลือก ด้วงวงข้าวโพด มอดแป้ง ไรแมงมุม เพลี้ยแป้ง และเพลี้ยหอยสีเขียว (อรัญ งามพ่องใส และสุนทร พิพิธแสงจันทร์ 2547; Buss and Park-Brown. 2006; Ware and Whitacre. 2006; Tripathi *et al.* 2003; Cook. 1992; Hollingsworth. 2005) Elisabetsky *et al.* (1995) ศึกษาลินาตุลซึ่งเป็นสารในกลุ่มอไซคลิก เทอร์พีน

แอลกอฮอล์ พบว่าเป็นสารที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์ และเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลกะเพรา จิง ข่า และพืชชนิดอื่นๆ

Kekelidze and Fishman (1973) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากผิวเปลือกส้ม *Citrus wilsonii* มะนาวหลายชนิด ส้มเกลี้ยง เกรฟฟรุท (grapefruit) ส้มโอ และส้มจีน (mandarin) พบว่าประกอบด้วย ลิโมนีน ลินาลูล เมอร์ซีน แอลฟา-ไพเนน และเบตา-ไพเนน แคมฟิน (camphene) ซาบินีน (sabinene) แกมมา-เทอร์พีนีน (gamma-terpinene) ไซมีน (cymene) เทอร์พีนโนโลน (terpenolone) แอลฟา-เทอร์พีนีออล (alpha-terpineol) ซิโตรเนลลอล (citronellol) นีรอล (nerol) เจอราเนียม (geraniol) เนแรล (neral) และเจอราเนียม (geranial) โดยมีลิโมนีนเป็นองค์ประกอบหลัก 82-94 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นส้ม *Citrus wilsonii* และมะนาวลูกผสม (Genoa X *C. ichangensis*) มีลิโมนีน 60.4 และ 41.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชเหล่านี้ยังมีแกมมา-เทอร์พีนีนในปริมาณสูงอีกด้วย

Dung *et al.* (1991) ได้ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากดอกส้มโอ พบว่าประกอบด้วยลิโมนีน ลินาลูล เนโรลิดอล และฟาร์เนซอล 18.2, 16.4, 29.3 และ 15.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Wang *et al.* (1994) ศึกษาตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกพืชตระกูลส้ม และตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC (gas chromatography) พบว่ามีลิโมนีนเป็นองค์ประกอบมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมทานอล (methanol) และเอทานอล (ethanol) เป็นตัวทำละลายที่ให้น้ำมันหอมระเหยมากที่สุดคือ 3.9 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเฮกเซน (hexane) อะซิโตน (acetone) และเอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) ให้น้ำมันหอมระเหย 3.66, 3.51 และ 3.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Ayedoun *et al.* (1996) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกและใบของมะนาว [*Citrus limon* (L.) Burm.] ด้วยเครื่อง GC พบองค์ประกอบของสาร 42 ชนิด และ GC-MS (gas chromatography / mass spectrometry) พบองค์ประกอบของสาร 27 ชนิด องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกคือ ลิโมนีน แกมมา-เทอร์พีนีน และเบตา-ไพเนน 70.4, 11.8 และ 4.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่ได้จากใบคือ ลิโมนีน เบตา-ไพเนน และซิโตรเนลลอล 40.8, 18.5 และ 16.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Omer *et al.* (1997) ศึกษาผลทางชีวเคมีของ Balady orange และส้มจีน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกของ Balady orange และส้มจีน เมื่อวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง GLC (Gas-liquid chromatography) ประกอบด้วย ลิโมนีน 78.38 และ 70.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านการแพทย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Njoroge *et al.* (2005) ได้ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ โดยใช้เครื่อง GC และ GC-MS พบลิโมนีนสูงถึง 94.8 เปอร์เซ็นต์ และแอลฟา-เทอร์พีนิออล 1.8 เปอร์เซ็นต์

## 2.4 การศึกษาการใช้น้ำมันหอมระเหยควบคุมแมลงศัตรูพืช

Harwood *et al.* (1990) ศึกษาความเป็นพิษของโมโนเทอร์ปีน 5 ชนิด คือ ลิโมนีน เมนทอล พูลิโจน เมนโทน และ แอลฟา-ไพเนน ความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ต่อหนอนกระชู่ พบว่าหนอนวัย 5 ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมที่ผสมพูลิโจน 0.05 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ เมนทอล 0.1 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และเมนโทน 0.2 เปอร์เซ็นต์ นาน 6 วัน หนอนมีน้ำหนักน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยเมนโทน และพูลิโจน มีผลในการยับยั้งการกินของหนอน ส่วนเมนทอลทำให้เกิดความผิดปกติในการลอกคราบ และสามารถยับยั้งการเข้าคักแค้ได้ ลิโมนีน 0.2 เปอร์เซ็นต์ เมนโทน 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ และพูลิโจน 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเข้าคักแค้ได้ หนอนที่ได้รับลิโมนีน 0.05-0.1 เปอร์เซ็นต์ และแอลฟา-ไพเนน 0.05-0.2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต การกินอาหาร และการเข้าคักแค้ หนอนที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมผสมเมนทอล 0.05 เปอร์เซ็นต์ เมนโทน 0.05 เปอร์เซ็นต์ ลิโมนีน 0.05 เปอร์เซ็นต์ แอลฟา-ไพเนน 0.05 เปอร์เซ็นต์ หรือพูลิโจน 0.025 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโต และน้ำหนักสูงสุดของหนอน รวมทั้งน้ำหนักคักแค้ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ค่า  $LD_{50}$  ของพูลิโจน เมนโทน และแอลฟา-ไพเนน เท่ากับ 1,077, 2,478 และ 7,925 มิลลิกรัมต่อกรัม

Cook (1992) ศึกษาผลของลิโมนีน เบตา-ไพเนน แอลฟา-ไพเนน และเดลตา-แครีน (*δ-carene*) ที่ได้จากต้นสนต่อไรแมงมุม (spider mite, *Oligonychus ununguis* Jacobi) โดยการรม พบว่าสารทั้ง 4 ชนิดเป็นพิษต่อไร และสามารถลดการวางไข่ของไร ทั้งนี้สารลิโมนีน เบตา-ไพเนน และแอลฟา-ไพเนนมีผลต่อการเคลื่อนที่ของไรด้วย

Don-Pedro (1996) ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกพืชตระกูลส้มในการเป็นสารกำจัดแมลงในรูปสารรม พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะนาว ส้มจีน และเกรฟฟรุท อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อมิลลิกรัม กับด้วงถั่วเขียว และด้วงวงจ้าว โทค และอัตรา 20 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม กับด้วงหน้กัศว์ ลอดอัตราการวางไข่ การฟักเป็นด้วงหนอน และอัตราการตายของด้วงเต็มวัย แต่ไม่มีผลต่อการวางไข่ของด้วงเต็มวัยที่รอดชีวิต และการพัฒนาเป็นด้วงหนอนของไข่ นอกจากนี้พบว่าการทดสอบกับด้วงถั่วเขียวโดยคลุกน้ำมันหอมระเหยกับถั่วเขียวในอัตรา 7 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม และทดสอบกับด้วงหน้กัศว์โดยคลุกกับปลาแห้งในอัตรา 28 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม พบว่าด้วงถั่วเขียว และด้วงหน้กัศว์มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 1 ชั่วโมง การทดสอบความเป็นพิษโดยการหยดน้ำมันหอมระเหยบนอกปล้องแรก (topical method) กับด้วงหน้กัศว์แสดงให้เห็นว่า

น้ำมันหอมระเหยไม้ค้อยมีความสำคัญในด้านการออกฤทธิ์แบบสัมผัสตาย เหมือนกับการทดสอบโดยวิธีกรรม

Ellis and Baxendale (1997) ศึกษาผลของโมโนเทอร์ปีนอยด์ (monoterpenoids) 7 ชนิด คือ ซิทรอล ไทมอล (thymol) คาร์วาครอล (carvacrol) แอลฟา-เทอร์ปีนีออล พูลิโจน ดี-ลิโมนีน และ เมนทอล คอไร (*Acarapis woodi* Rennie) ที่รับกวนผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.) ด้วยการรวม พบว่า ไทมอล และเมนทอล เป็นพิษสูงต่อผึ้งพันธุ์ ส่วนแอลฟา-เทอร์ปีนีออลเป็นพิษเล็กน้อย ส่วน เมนทอล ซิทรอล ไทมอล และคาร์วาครอล มีความเป็นพิษต่อไรสูงกว่าผึ้งพันธุ์ พูลิโจน ดี-ลิโมนีน และแอลฟา-เทอร์ปีนีออล มีความเป็นพิษต่อผึ้งพันธุ์มากกว่าไร ทั้งนี้เมนทอลมีค่าความเป็นพิษ  $LC_{50}$  คอไรและผึ้งเท่ากับ 0.3 และ 5.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ เมนทอลพบว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการตายของผึ้งมากกว่าไร

Omer *et al.* (1997) ศึกษาผลทางชีวเคมีของ Balady orange และส้มจีน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกของ Balady orange และส้มจีนมีผลต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของหนอนเจาะสมอฝ้ายอียิปต์ [*Spodoptera littoralis* (Boisduval)] โดยค่า  $LD_{50}$  เท่ากับ 0.26 และ 0.547 มิลลิลิตร ค่อน้ำ 100 มิลลิลิตร (น้ำ) ตามลำดับ

Hink *et al.* (1998) ศึกษาผลของลินาลูลค่อไข่ ตัวหนอน คักแค้ และตัวเต็มวัย ของเห็บแมว พบว่าลินาลูลสามารถกำจัดไข่ ตัวหนอน และคักแค้ของเห็บแมวที่อยู่ในพรมได้โดยใช้ลินาลูลอิมัลชัน 1.0 เปอร์เซ็นต์ กับไข่ ส่วนตัวหนอนหรือคักแค้ใช้ลินาลูลอิมัลชัน 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถป้องกันกาพัฒนาการเป็นตัวเต็มวัยได้ อีกทั้งการใช้ลินาลูลอิมัลชัน 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมด้วยสารเสริมฤทธิ์ MGK-264 หยคบนตัวแมว สามารถกำจัดเห็บแมวได้ นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยดังกล่าวยังมีผลกระทบน้อยต่อสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังอีกด้วย

Sinchung (1999) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้มซึ่งประกอบด้วย ดี-ลิโมนีน แอลฟา-ไพเนน เมอซิน และเอธิล บิวไทเรต พบว่าสามารถทำให้แมลงวันบ้าน และแมลงสาบเยอรมัน สลบอย่างรวดเร็ว และตาย โดยน้ำมันหอมระเหยปริมาณ 0.5 กรัม ทำให้แมลงวันบ้านสลับอย่างรวดเร็วภายใน 10-20 วินาที และตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 24 ชั่วโมง และยี่ระยะเวลาในการพัฒนาจากคักแค้เป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันบ้านนานขึ้น ขณะที่ในแมลงสาบเยอรมันใช้ปริมาณ 1 กรัม จะสลับอย่างรวดเร็วภายในเวลา 3-4 นาที และตาย 80-90 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 24 ชั่วโมง

Bouda *et al.* (2001) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากสาบแรังสาบกา สาบเสือ และ ผกากรอง คอด้วงวงข้าวโพด โดยนำเมล็ดข้าวโพดคลุกกับน้ำมันหอมระเหยจากสาบแรังสาบกาที่ระดับความเข้มข้น 0.013, 0.025, 0.25 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาณค่อน้ำหนัก) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากสาบเสือ และผกากรอง ใช้ความเข้มข้น 0.063, 0.125, 0.25 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาณค่อน้ำหนัก) แล้วนำไปเลี้ยงด้วงวงข้าวโพดตัวเต็มวัยที่มีอายุ 27 วัน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก

เปลือกสาบแห้งสาบงามีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยจากผลกากรอง และ สาบเสือ โดยมีค่า  $LD_{50}$  เท่ากับ 0.09, 0.16 และ 6.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Khattak *et al.* (2001) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันสะเดา (neem oil) ที่เจือจางในอะซี โทน ต่อการสืบพันธุ์ของด้วงวงงข้าว โทค และแตนเบียนมอด [*Anisopteromalus calandrae* (Howard)] พบว่าน้ำมันสะเดาที่ความเข้มข้น 100, 1,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม ไม่มีผลต่อการอยู่รอด ของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าว โทค อย่างไรก็ตามความเข้มข้น 1,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม ทำให้การ วางไข่ลดลงเป็นอย่างมาก ขณะที่ในรุ่น  $F_1$  พบว่ามีการสืบพันธุ์ตามปกติ น้ำมันสะเดาที่ความ เข้มข้น 100-10,000 พีพีเอ็ม ไม่มีผลต่อแตนเบียนมอด แต่น้ำมันสะเดาความเข้มข้น 10,000 พีพีเอ็ม มีผลต่อการสืบพันธุ์ของแตนเบียนมอด

Keita *et al.* (2001) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา และ โหระพาช้าง ต่อตัว เต็มวัยของด้วงถั่วเขียว ในปริมาณ 25 ไมโครลิตร นาน 12 ชั่วโมง พบว่าด้วงถั่วเขียวในน้ำมันหอม ระเหยจากโหระพา โหระพาช้าง และกลุ่มควบคุม มีอัตราการตายที่ 80, 70 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าเพศผู้มีอัตราการตายสูงกว่าเพศเมีย การใช้น้ำมันหอมระเหยในรูปผงกับ ตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบค่า  $LD_{50}$  ของโหระพา และ โหระพาช้างเท่ากับ 65 และ 116 ไมโครลิตรต่อกรัม ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากโหระพา และ โหระพาช้างที่ความ เข้มข้น 30 ไมโครลิตร ทำให้มีอัตราการฟักไข่ 3 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมมี อัตราการฟัก 95 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำเมล็ดพืชที่ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยที่เก็บรักษานาน 3 เดือน มาทดสอบการงอกของเมล็ดพืชพบว่าอัตราการงอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Lee *et al.* (2001) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่จีน ต่อด้วงวงง ข้าว พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่จีน ซึ่งประกอบด้วยเมนทอล 63.2 เปอร์เซ็นต์ เมนโทล 13.1 เปอร์เซ็นต์ ลิโมนีน 1.5 เปอร์เซ็นต์ เบตา-ไพเนน 0.7 เปอร์เซ็นต์ แอลฟา-ไพเนน 0.6 เปอร์เซ็นต์ ลินาลูล 0.2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่จีนมีผลต่อด้วงวงงข้าว และพบว่า เมนทอลมีประสิทธิภาพสูงสุดมีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 12.7 ไมโครลิตรต่อลิตร (อากาศ) รองลงมาคือลิ นาลูลมีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 39.2 ไมโครลิตรต่อลิตร (อากาศ) และแอลฟา-ไพเนนมีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 54.9 ไมโครลิตรต่อลิตร (อากาศ) ผลการศึกษาการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิล โคลินเอสเทอเรส ในด้วงวงงข้าว พบว่าเมนโทลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ของอะเซทิล โคลินเอสเทอเรสน้อย กว่าเมนทอล 9 เท่า แต่ทำให้อัตราการตายของด้วงวงงข้าวสูงกว่าเมนทอล 8.1 เท่า

Isichaikul *et al.* (2002) ศึกษาความเป็นพิษในรูปสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคา ลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) ต่อแมลงศัตรูโรงเก็บ 3 ชนิด คือ มอดแป้ง ด้วงวงง ข้าว โทค และด้วงถั่วเขียว พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสมีความเป็นพิษต่อมอดแป้ง มากกว่าด้วงวงงข้าว โทค และด้วงถั่วเขียว ผลการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสด้วย

เครื่อง GC พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในฤดูฝนและหนาวมีองค์ประกอบหลักแตกต่างกัน โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในฤดูหนาวมี 1,8 ซินีโอด หรือยูคาลิปทอล (eucalyptol) และแกมมา-เทอร์พีนีน 188.83 และ 86.54 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในฤดูฝนมีแกมมา-เทอร์พีนีน ลิโมนีน และพารา-ไซมีน (p-cymene) 208.21, 160.47 และ 160.47 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ผลจากการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในฤดูฝนมีความเป็นพิษสูงกว่าน้ำมันที่ได้จากใบยูคาลิปตัสในฤดูหนาว ค่า  $LC_{50}$  ของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในฤดูฝนของมอดแป้ง ค้างคาวเขียว และค้างคาวงวงข้าวโพดเท่ากับ 2.28, 5.95 และ 14.83 และน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในฤดูหนาวเท่ากับ 8.69, 10.93 และ 16.9 ไมโครลิตรต่อลิตร (อากาศ) ตามลำดับ ขณะที่ค่า  $LC_{95}$  เท่ากับ 7.89, 19.68 และ 28.36 และฤดูหนาวเท่ากับ 23.00, 18.93 และ 34.78 ไมโครลิตรต่อลิตร (อากาศ) ตามลำดับ ความเป็นพิษที่เกิดจากน้ำมันระเหยจากใบยูคาลิปตัสในฤดูฝนเป็นการออกฤทธิ์ร่วมกันของแกมมา-เทอร์พีนีน ลิโมนีนและพารา-ไซมีน ขณะที่น้ำมันระเหยจากใบยูคาลิปตัสในฤดูหนาวเกิดจากการออกฤทธิ์ของ 1,8 ซินีโอด (ยูคาลิปทอล) เพียงชนิดเดียว

Macchioni *et al.* (2002) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากกิ่งต้นสน 4 ชนิด *Pinea pinea* L., *P. halepensis* Mill., *P. pinaster* Soil in Ait., and *P. nigra* Arnold ต่อไรในโรงเก็บ โดยการรมควัน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *P. pinea* L. ที่มี 1,8-ซินีโอด และลิโมนีนเป็นองค์ประกอบสามารถควบคุมไรในโรงเก็บได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ลิโมนีนในปริมาณ 8 ไมโครลิตร ขณะที่ 1,8-ซินีโอดใช้เพียง 6 ไมโครลิตร

Lee *et al.* (2003) ศึกษาสารในกลุ่มโมโนเทอร์ปีนอยด์ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการใช้เป็นสารรมควัน โดยทดสอบกับค้างคาวงวงข้าว มอดแป้ง มอดพื้นเลื้อย แมลงวันบ้าน และแมลงสาบเยอรมัน พบว่า ซินีโอด แอล-เฟนโคอน (*I-fenchone*) และฟูลิโจนที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (อากาศ) สามารถทำให้แมลงทั้ง 5 ชนิดตาย 100 เปอร์เซ็นต์

Paranagama *et al.* (2003) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 5 ชนิด คือ ตะไคร้ [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf] ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Rendle) อบเชยเทศ (*Cinnamomum zeylanicum* Nees) จิง [*Alpinia calcarata* (Rosc.)] และหอมแขก (*Murraya koinigii* spreng.) ต่อการวางไข่และการแพร่พันธุ์ของค้างคาวเขียว ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิดมีผลในการยับยั้งการวางไข่และการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย โดยตะไคร้และตะไคร้หอมมีผลต่อการวางไข่ และการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยมากกว่าจิง อบเชยเทศ และหอมแขก ค้างคาวเขียวที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ ตะไคร้หอม จิง และอบเชยเทศที่ความเข้มข้น 10-160 มิลลิกรัม มีอัตราการวางไข่น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ทั้งนี้ค้างคาวเขียวจะไม่มีวางไข่เมื่อได้รับน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้หอม จิง ตะไคร้ และอบเชยที่ความเข้มข้น 40, 40, 80 และ 160 มิลลิกรัม ตามลำดับ

ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากหอมแขกมีผลต่อการวางไข่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นๆ

Tripathi *et al.* (2003) ศึกษาผลของดี-ลิโมนีนต่อแมลงศัตรูโรงเก็บ 3 ชนิด คือ มอดข้าวเปลือก ค้างคาว และมอดแป้ง โดยศึกษาแบบสัมผัสตาย และการเป็นสารรม ต่อการยับยั้งการวางไข่ การเจริญเติบโต และการกินของแมลงทั้ง 3 ชนิด พบว่าความเป็นพิษแบบสัมผัสตายของดี-ลิโมนีนมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ในแมลงทั้ง 3 ชนิด แต่มอดข้าวเปลือกมีความไวต่อการเป็นพิษจากการรมมากกว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของดี-ลิโมนีนพบว่าทำให้การวางไข่ของมอดแป้งลดลง โดยที่ความเข้มข้น 2.14 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถลดการวางไข่ได้สูงถึง 92.3 เปอร์เซ็นต์ และลดอัตราการฟักไข่ถึง 94.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังทำให้หนอนและตัวเต็มวัยตายทั้งหมด และที่ระดับความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อกรัม (อาหาร) มีผลในการยับยั้งการกินอาหารของแมลงทั้ง 3 ชนิด ได้ 87.7-96.8 เปอร์เซ็นต์

Papachristos and Stamopoulos (2004) ศึกษาศักยภาพในการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากลาเวนเดอร์ โรสแมรี่ และยูคาลิปตัส ต่อไข่ของด้วงเจาะฝักโกสน พบว่ามีค่า LD<sub>50</sub> อยู่ในช่วง 1.3-35.1 ไมโครลิตรต่อลิตร (อากาศ) ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุของไข่ และชนิดของน้ำมันหอมระเหย โดยไข่ที่อายุไม่เกิน 3 วัน มีความทนทานดีกว่าไข่ที่อายุ 4 วันขึ้นไป นอกจากนี้ยังยับยั้งการฟักไข่ และไข่ที่ผ่านการรมจะทำให้หนอนที่เกิดใหม่มีอัตราการตายเพิ่มขึ้น

Hollingsworth (2005) ศึกษาผลของลิโมนีนจากพืชตระกูลส้มต่อเพลี้ยแป้ง และเพลี้ยหอยสีเขียว โดยใช้ APSA-80 (all purpose spray adjuvant-80) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) พบว่าสารละลายลิโมนีน 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ผสมด้วย 0.75 เปอร์เซ็นต์ APSA-80 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ Silwet L-77 สามารถควบคุมเพลี้ยแป้งได้ดี และมีความปลอดภัยต่อพืช การใช้สารละลายลิโมนีนที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมแมลงหวี่ขาว (whiteflies) ได้มากกว่า 93 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์สามารถควบคุมเพลี้ยแป้งได้ 69 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเป็น 93 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้กับตัวอ่อนของเพลี้ยแป้ง นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมเพลี้ยหอยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาในเรื่องทดลอง พบว่าเมื่อนิคมเพลี้ยหอยสีเขียวด้วยสารละลายลิโมนีน สารละลายน้ำสมุนไพร 2 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายน้ำมันปิโตรเลียม 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอัตราการตายของเพลี้ยหอยสีเขียวเท่ากับ 95, 89 และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของตัวอ่อนวัย 3-4 ของเพลี้ยแป้งได้ 44.1, 22.7 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จึงมีความเป็นไปได้ในการนำลิโมนีนมาใช้เป็นสารกำจัดศัตรูพืช และมีความปลอดภัยในการนำมาใช้ควบคุมแมลง อย่างไรก็ตาม สารละลายลิโมนีน 1 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อเฟิร์นบางชนิด ชิง และดอกไม้มักมีกลิ่นอ่อนนุ่ม แต่ไม่มีผลต่อดอกไม้ที่มีกลิ่นหอม ใบมิใช่ เช่น ปาล์ม กระบองเพชร และกล้วยไม้

Ketoh *et al.* (2005a) ศึกษาผลการตกค้างของน้ำมันหอมระเหยต่ออัตราการรอด การแพร่พันธุ์ของด้วงถั่วเขียว รวมทั้งความสามารถการงอกของเมล็ดถั่วเขียว โดยใช้ น้ำมันหอมระเหยจาก ตะไคร้หอม โหระพา และ camel grass พบว่าเมล็ดถั่วเขียว จะดูดซับน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดได้แตกต่างกันขณะที่การรม หลังการรมทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดแห้ง แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 50 องศาเซลเซียส หลังการรม 72 ชั่วโมง ด้วงถั่วเขียวมีอัตราการตายของน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งในกลุ่มที่เมล็ดถั่วเขียวผ่านการรม และกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังไม่มียอดการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว และการงอกของเมล็ดถั่วเขียว

Ketoh *et al.* (2005b) ศึกษาการผลของน้ำมันหอมระเหยจาก camel grass ร่วมกับแคนเบียน ต่อการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียว โดยทดสอบกับการเจริญเติบโตทุกระยะของด้วงถั่วเขียว และตัวเต็มวัยของแคนเบียน พบว่าที่ความเข้มข้น 33.3 ไมโครลิตรต่อลิตร ทำให้ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวตายหมดภายใน 24 ชั่วโมง และสามารถยับยั้งการวางไข่และการฟักของไข่ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อตัวหนอนด้วงถั่วเขียวจะแปรผันตามวัยของหนอนที่เจริญเติบโตอยู่ในเมล็ด หนอนด้วงถั่วเขียวอายุ 5 วัน ที่เจริญเติบโตอยู่ในเมล็ดมีความอ่อนแอ ขณะที่แมลงที่มีอายุ 15 วัน (ดักแค้ 84 เปอร์เซ็นต์ และตัวหนอน 16 เปอร์เซ็นต์) จะมีความทนทาน ส่วนตัวเต็มวัยแคนเบียนมีความอ่อนแอสูงต่อน้ำมันหอมระเหย เมื่อนำตัวเต็มวัยแคนเบียนจำนวน 10 คู่ ใส่เข้าไปในกล่องที่มีด้วงถั่วเขียวอายุ 10 วัน จำนวน 100 ตัว นาน 3 และ 6 วัน ก่อนการได้รับสาร พบว่ามีจำนวนตัวเต็มวัยของแคนเบียนออกมา 26 และ 18 ตัว ตามลำดับ โดยในกลุ่มควบคุมมีตัวเต็มวัยของแคนเบียนออกมา 28 ตัว และด้วงถั่วเขียวไม่ฟักเป็นตัวเต็มวัย แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยไม่มีผลต่อแคนเบียน และอาจมีความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำมันหอมระเหย และแมลงศัตรูธรรมชาติร่วมกันในการควบคุมด้วงถั่วเขียว

Asawalan and Hassanali (2006) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบของ bitter leaf (*Vernonia amygdalina* Del.) ต่อด้วงงวงข้าวโพด เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC, GC-MS และ GC-Co injection พบว่ามีองค์ประกอบหลักคือ 1, 8 ซินีโอลหรือยูคาลิปทอล 25.1 เปอร์เซ็นต์ การใช้น้ำมันหอมระเหยจากใบของ bitter leaf ปริมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดมีอัตราการตายสูงหลังการรมนาน 7 วัน เมล็ดข้าวโพดที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบของ bitter leaf ทำให้จำนวนตัวหนอนที่เกิดใหม่มีจำนวนลดลง และมีผลในการขับไล่ตัวเต็มวัย นอกจากนี้เมล็ดข้าวโพดยังไม่พบความเสียหายจากการกักกินด้วย น้ำมันหอมระเหยจากใบของ bitter leaf จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช

Kouninki *et al.* (2007) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยของผล และเส้นใยของ ethiopian pepper ซึ่งเป็นพืชพื้นเมืองของทวีปแอฟริกา ใช้เป็นเครื่องเทศและยา ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด โดยใช้น้ำมันหอมระเหย 1 มิลลิตรต่อเมล็ดข้าวโพด 100 กรัม พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากผล

และเส้นใยของ ethiopian pepper ทำให้ด้วงวงข้าวโพดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับสารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด พบว่ามี แอลฟา-ไพเนน เบตา-ไพเนน เดลตา-3-แครีน (delta -3-carene) และ เทอพิเนน-4-อล (terpinen-4-ol) เป็นองค์ประกอบหลัก

เบญจมาภรณ์ ฤทธิโรสง (2545) ได้ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากผกากรอง กระเทียม [*Zingiber zerumbet* (L.) Smith] และน้ำมันสะเดาคือด้วงวงข้าวโพดในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยนำเมล็ดข้าวโพดที่มีไข่ด้วงวงข้าวโพดมาคลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นต่ำ แล้วปล่อยให้ด้วงวงข้าวโพดพัฒนาจนเป็นตัวเต็มวัย ผลการศึกษาดารงชีวิต (life table) พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีผลทำให้อัตราการรอดชีวิตของตัวอ่อนด้วงวงข้าวโพดต่ำกว่าตัวอ่อนด้วงวงข้าวโพดที่ไม่ได้รับสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะการพัฒนาจากไข่เป็นตัวหนอน ผลระยะยาวต่อการพัฒนาการของด้วงวงข้าวโพดพบว่า น้ำมันสะเดาให้ผลในการยับยั้งการวางไข่ และการฟักไข่ คิดว่าน้ำมันหอมระเหยจากผกากรองและน้ำมันหอมระเหยจากกระเทียม โดยมีอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (net reproductive rate) เท่ากับ 11.76, 22.05 และ 29.14 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี
2. ตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพด
3. ข้าวกล้องหอมมะลิที่ผ่านการแช่แข็งในตู้เย็นนาน 7 วัน (เพื่อนำแมลงที่อาจติดมากับข้าว)
4. เครื่องกลั่นด้วยน้ำร้อน
5. ถังเลี้ยงแมลง ขนาด 19x28x10 เซนติเมตร
6. ฟู่กันสำหรับเขี่ยแมลง
7. ขวดสีชา (amber vial)
8. ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร
9. ออโตปิเปต (autopipette)
  - ออโตปิเปต รุ่น tranferpette (made in germany) ขนาด 2-20 ไมโครลิตร
  - ออโตปิเปต รุ่น tranferpette (made in germany) ขนาด 20-200 ไมโครลิตร
10. สารรมฟอสฟีน (phostoxin; อลูมิเนียมฟอสไฟด์ 56 เปอร์เซ็นต์)
11. กล้องจุลทรรศน์ (stereomicroscope)
12. สารย้อมสีเอซิกฟุคซิน (acid fuchsin)
13. กระดาษกรอง (filter paper) No. 1
14. สารดูดซับ (เม็ดปูนพลาสติก)
  - ปูนพลาสติกผสมน้ำแล้วอัดเป็นเม็ด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หน้า 5 มิลลิเมตร
15. ถุงพลาสติก
  - ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene ; LDPE) ขนาด 9x5 เซนติเมตร
  - ถุงพลาสติกสำหรับบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ (vacuum bag) ; พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอไมด์ หรือ ไนลอน (polyamide หรือ nylon) ขนาด 8x6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 16. เครื่องแก้ว

- บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- หลอดหยด (dropper)

## 17. กล้องถ่ายภาพดิจิทัล

- กล้องถ่ายภาพดิจิทัล nikon รุ่น coolpix 5000 สำหรับถ่ายภาพได้กล้องจุลทรรศน์
- กล้องถ่ายภาพดิจิทัล canon รุ่น powershot s3 is สำหรับถ่ายอุปกรณ์ต่างๆ

## 18. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น สมุด, คินสอ, ปากกา, เข็มเขี่ย เป็นต้น

### 3.2 การเลี้ยงขยายเพิ่มจำนวนด้วงวงงข้าวโพด

นำตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดเพศผู้และเพศเมียจำนวนประมาณ 2,000 ตัว ใส่ในกล่องพลาสติกซึ่งบรรจุข้าวกล้องหอมมะลิ 1,500 กรัม นำไปเลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน แล้วใช้ฟู่กันเขี่ยแยกตัวเต็มวัยออกจากกล่องเลี้ยงแมลง (ภาพที่ 3.1) ไข่ที่ตัวเต็มวัยวางไว้ในเมล็ดข้าวในกล่องเลี้ยงจะเริ่มฟักและพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยภายใน 28 วัน นำด้วงวงงข้าวโพดตัวเต็มวัยที่ได้ ( $F_1$ ) ประมาณ 5,000 ตัว ใส่กล่องพลาสติกที่บรรจุข้าวกล้องหอมมะลิกล่องใหม่ เพื่อเลี้ยงเพิ่มจำนวนให้ได้จำนวนตัวเต็มวัย ( $F_2$ ) ที่เพียงพอในการทดลอง

ทั้งนี้การนำตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดมาเลี้ยงอาจมีตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวติดมาด้วย เนื่องจากรูปร่างลักษณะภายนอกด้วงวงงข้าวโพดและด้วงวงงข้าวเหมือนกันทุกประการ ต่างกันเพียงแต่ด้วงวงงข้าวมีสีอ่อนกว่า และขนาดเล็กกว่าด้วงวงงข้าวโพดเล็กน้อยซึ่งอาจจำแนกโดยสังเกตลักษณะภายนอกจะแยกความแตกต่างของวงง โดยที่เพศผู้จะมีลักษณะสั้น ทุ่และขรุขระ ส่วนเพศเมียจะมีลักษณะยาวเรียว เรียบมันขรุขระน้อยกว่า (ภาพที่ 3.2) ทั้งนี้จากลักษณะภายนอกไม่สามารถจะจำแนกความแตกต่างของด้วงวงงทั้ง 2 ชนิดได้อย่างชัดเจน นอกจากจะผ่าดูอวัยวะสืบพันธุ์ทั้ง 2 เพศ โดยสังเกตจาก aedeagus ที่ genitalia ของตัวเต็มวัย ซึ่งในเพศผู้ aedeagus ของด้วงวงงข้าวจะมีปลายที่ทุ่และไม่มีย่อง ส่วน aedeagus ของด้วงวงงข้าวโพด จะมีปลายที่โค้งแหลมและมีร่อง (ภาพที่ 3.3) อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของด้วงวงงข้าว จะมีลักษณะเป็นง่ามตรงส่วนกลางแหลม ส่วนในด้วงวงงข้าวโพด จะมีลักษณะเป็นง่ามเหมือนกันแต่ตรงส่วนกลางโค้งมน (ภาพที่ 3.4) ซึ่งวิธีดังกล่าวไม่สามารถใช้ในการทดลองนี้ได้ เพราะตัวเต็มวัยจะตายไม่สามารถนำมาใช้ทดลองได้ (ASEAN Food Handling Bureau and Australian Centre for International Agricultural Research. 1989; Subramanyam and Hagstrum. 1996; บุญรา จันทร์แก้วมณี. 2543) อย่างไรก็ตามพบว่าในประเทศไทยมีการระบาดของด้วงวงงข้าวโพดจะสูงกว่าด้วงวงงข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ มิอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ

สกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอด้วยเครื่องกลั่นด้วยน้ำร้อน (ภาพที่ 3.5) โดยดัดแปลงจากวิธีการของอุทัย โสทรนะพันธุ์ (2547) ดังนี้ นำเปลือกส้มโอส่วนที่เป็นสีเขียวมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ (ภาพที่ 3.6) ชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 500-700 กรัม บันทึคน้ำหนักเปลือกส้มโอ แล้วใส่ในขวดแก้วก้นกลม (round bottom flask) ขนาด 5,000 มิลลิลิตร (ภาพที่ 3.5 ค) เติมน้ำพอท่วมชิ้นเปลือกส้มโอ เปิดเครื่องกลั่นต้มจนน้ำเดือด เมื่อน้ำมันหอมระเหยที่ระเหยออกมาผ่านเข้าเครื่องควบแน่น (condenser) จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำมันลงในส่วนรองรับน้ำมันหอมระเหย (receiver) (ภาพที่ 3.5 ข) ต้มทิ้งไว้จนไม่มีหยดน้ำมันหยดลงภาชนะบรรจุแล้ว ปิดเครื่องกลั่น ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้อุปกรณ์ทั้งหมดเย็นตัว บันทึกรปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ เก็บน้ำมันหอมระเหยไว้ในขวดสีชา กำหนดหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (yield) โดยใช้สูตร

$$y = \frac{v \times 100}{m}$$

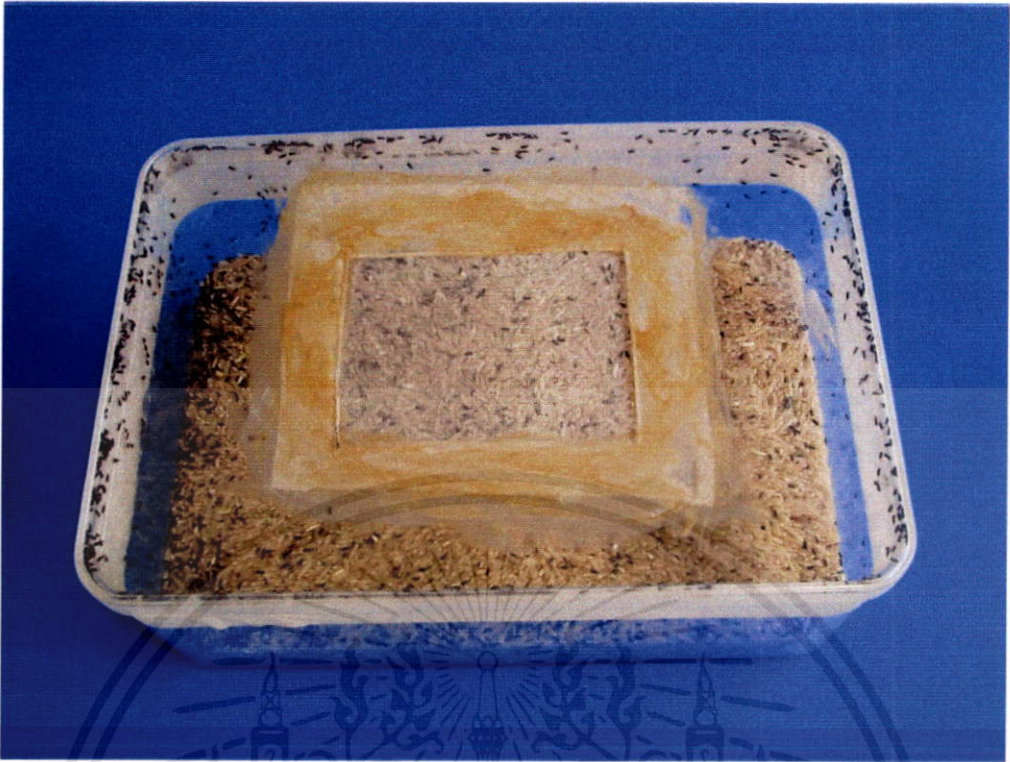
y = เปอร์เซ็นต์ผลผลิต

v = ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

m = น้ำหนักเปลือกส้มโอที่นำมาสกัด

### 3.4 การเตรียมสารรมฟอสฟีน

เตรียมกรดซัลฟิวริกเจือจาง 5 เปอร์เซ็นต์ ใส่ในกระบอแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ก้นกระบอแก้วมีกรวยแก้วครอบ ก้านกรวยต่อกับหลอดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร เมื่อต้องการใช้ก๊าซฟอสฟีนใส่อลูมิเนียมฟอสไฟด์ 1 เม็ด ลงในกรวยแก้ว ปิดปลายหลอดแก้วด้วยฝาพลาสติกที่มีเกลียวและรองด้วยแผ่นยาง เพื่อป้องกันก๊าซฟอสฟีนรั่ว อลูมิเนียมฟอสไฟด์จะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกให้ก๊าซฟอสฟีนเต็มหลอดแก้วภายในเวลา 2 ชั่วโมง ดูดก๊าซฟอสฟีนมาใช้โดยใช้เข็มฉีดยาดูดก๊าซจากปลายหลอดแก้ว (ภาพที่ 3.7) (บุษราพรหมสถิต และคณะ. 2537)



ภาพที่ 3.1 กล่องเลี้ยงด้วงวงข้าวโพด

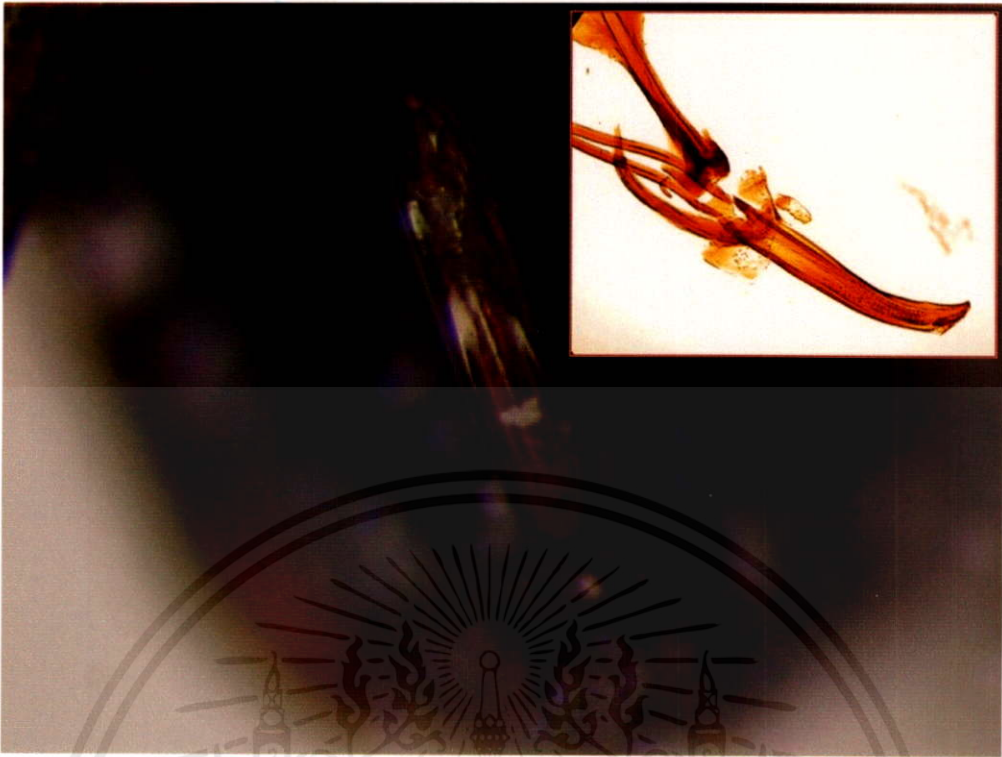


ภาพที่ 3.2 งวง (rostrum) ของด้วงวงข้าวโพด

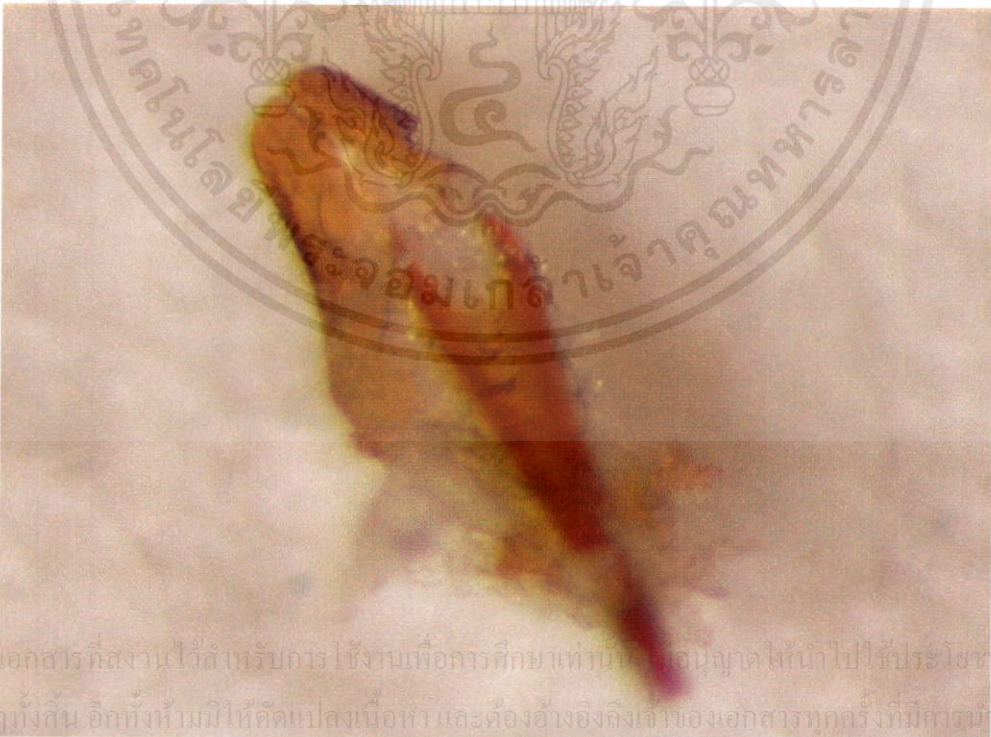
ก. เพศผู้

ข. เพศเมีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

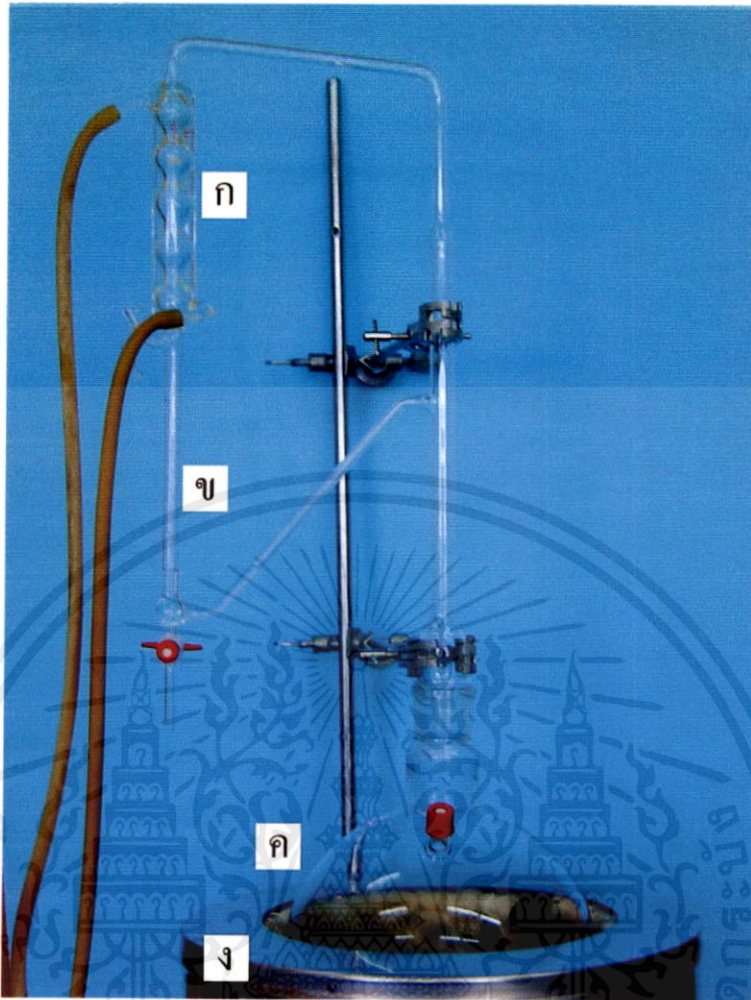


ภาพที่ 3.3 อวัยวะเพศผู้ของด้วงวงข้าวโพด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหานี้และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.4 อวัยวะเพศเมียของด้วงวงข้าวโพด



ภาพที่ 3.5 เครื่องกลั่นด้วยน้ำร้อน

- ก. เครื่องควบแน่น
- ข. ส่วนรองรับน้ำมันหอมระเหย
- ค. ขวดแก้วกันกลม สำหรับใส่เปลือกส้มโอ
- ง. เต้าหุต้ม (heating mantle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 เปลือกส้มโอ



ภาพที่ 3.7 อุปกรณ์เตรียมก๊าซฟอสฟิน

เอกสารนี้เป็น

ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่อด้วงวงข้าวโพด

#### 3.5.1 การทดลองกับตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design ; CRD) ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง มี 10 กรรมวิธี (treatments) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ (replications) ดังนี้

กลุ่มควบคุม 2 กรรมวิธี

1. ไม่มีสารเคมี
2. รมด้วยสารรมฟอสฟีนอัตรา 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร [อัตราแนะนำสำหรับด้วงวงข้าวโพด (บุษรา พรหมสถิต และคณะ. 2541)]

กลุ่มทดลอง 8 กรรมวิธี

1. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 5.5 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 6.5 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 7.5 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 8.5 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 9.5 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 10.5 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
7. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 11.5 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
8. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 12.5 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ทำการทดลองกับตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดอายุ 5-7 วัน โดยแยกทดลองเพศผู้และเพศเมีย เพศละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว หยดน้ำมันหอมระเหยลงบนกระดาษกรองที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2x2.5 เซนติเมตร ซึ่งติดแน่นที่ด้านในของฝาขวดแต่ละขวดที่มีปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยมีตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดอยู่ในขวด (ภาพที่ 3.8) ปิดฝาขวด รมนาน 48 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำกระดาษกรองที่ฝาชวดออก บันทึกอัตราการตายที่ 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยเทด้วงวงข้าวโพด

นอกจากขบวนการที่ก อัตรการตายของด้วงวงข้าวโพดด้วยการสังเกตการเคลื่อนไหวของด้วงวงข้าวโพด หากด้วงวงข้าวโพดไม่มีการเคลื่อนไหว ขาไม่ขยับ หรือขาไม่เหยียดออกเมื่อถูกกระตุ้น โดยการใช้เข็มเย็บ แสดงว่าด้วงวงข้าวโพดตาย (Lyon. 2007; Obeng-Ofori and Amiteye. 2005; Ribeiro *et al.* 2003) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี analysis of variance (ANOVA) และ duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (statistical analysis system) และหาค่า  $LC_{50}$  และ  $LC_{90}$  โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบโพรบิท (probit analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS

### 3.5.2 การทดลองกับไข่ของด้วงวงข้าวโพด

ข้อมสเต็มักข้าวกลิ้งจากกลิ้งข้าวกลิ้งที่ใส่ด้วงวงข้าวโพดเพศผู้และเพศเมีย 3 วัน ด้วยสารข้อมสเต็มักฟุกซิม ตามวิธีการของ Pfadt (1985) (ภาพที่ 3.9) นำเมลักข้าวกลิ้งที่ผ่านการข้อมสเต็มักมาแล้วใส่ใส่กล่องจุลทรรศน์ เพื่อคัดเลือกเมลักข้าวที่มีไข่ด้วงวงข้าวโพดซึ่งจะติดสีเข้มกว่าบริเวณพื้นผิวเมลักข้าว (ภาพที่ 3.9 ก) มาทำการทดสอบ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง การทดลองมี 10 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กลุ่มควบคุม 2 กรรมวิธี

1. ไม่มีสารเคมี
2. รมด้วยสารรมฟอสฟีนอัตรา 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร [อัตราแนะนำสำหรับ ด้วงวงข้าวโพด (บุษรา พรหมสถิต และคณะ. 2541)]

กลุ่มทดลอง 8 กรรมวิธี

1. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 5 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 7 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 9 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 11 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 13 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 15 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7. ร่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 17 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
8. ร่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ปริมาณ 19 ไมโครลิตรต่อปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ทำการทดสอบกับเมล็ดข้าวที่มีไข่ของด้วงวงข้าวโพด 20 เมล็ดต่อกรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยหยคน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นตามแต่ละกรรมวิธีลงบนกระดาษกรองที่ตัดเป็นรูปเหลี่ยม ผืนผ้าขนาด 2x2.5 เซนติเมตร ที่ติดแน่นอยู่ด้านในของฝาขวดแก้วปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยมีเมล็ดข้าวกล้องที่มีไข่ของด้วงวงข้าวโพด ขวดละ 20 เมล็ด (ภาพที่ 3.10) ปิดฝาขวด รมนาน 48 ชั่วโมง บันทึกการฟักไข่ เมื่อไข่ในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีเริ่มฟักเป็นตัวเต็มวัย เริ่มนับเป็นวันที่ 1 แล้วบันทึกผลทุกวันจนครบ 20 วัน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี ANOVA และ DMRT ด้วยโปรแกรม SAS และหาค่า  $LC_{50}$  และ  $LC_{90}$  โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไปรบทด้วยโปรแกรม SPSS

### 3.5.3 การทดลองกับด้วงวงข้าวโพดในข้าวกล้อง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง การทดลองมี 10 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยเริ่มที่ความเข้มข้นเท่ากับ ค่า  $LC_{90}$  ของตัวเต็มวัยเพศเมีย ที่เวลา 48 ชั่วโมง (11 ไมโครลิตร) ดังนี้

กลุ่มควบคุม 2 กรรมวิธี

1. ใส่เม็ดปุณพลาสติก
2. ใส่เม็ดปุณพลาสติกที่ไม่มีสารเคมี จำนวน 2 เม็ด

กลุ่มทดลอง 8 กรรมวิธี

1. ใส่เม็ดปุณพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 11 ไมโครลิตร
2. ใส่เม็ดปุณพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 33 ไมโครลิตร (3 เท่า ของค่า  $LC_{90}$ )
3. ใส่เม็ดปุณพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 55 ไมโครลิตร (5 เท่า ของค่า  $LC_{90}$ )
4. ใส่เม็ดปุณพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 77 ไมโครลิตร (7 เท่า ของค่า  $LC_{90}$ )
5. ใส่เม็ดปุณพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 99 ไมโครลิตร (9 เท่า ของค่า  $LC_{90}$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 121 ไมโครลิตร (11 เท่า ของค่า LC<sub>90</sub>)
7. ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 143 ไมโครลิตร (13 เท่า ของค่า LC<sub>90</sub>)
8. ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 165 ไมโครลิตร (15 เท่า ของค่า LC<sub>90</sub>)

กรรมวิธีที่ 1-6 ใช้เม็ดปุ๋ยพลาสติก 1 เม็ด กรรมวิธีที่ 7 และ 8 ใช้เม็ดปุ๋ยพลาสติก 2 เม็ด (เม็ดปุ๋ยพลาสติก 1 เม็ด สามารถดูดซับหยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอได้ 120 ไมโครลิตร)

ทำการทดลองโดยใช้ข้าวกล้องจำนวน 25 กรัมต่อขวด ค้างวงงข้าวโพดตัวเต็มวัย เพศผู้ 7 ตัว และเพศเมีย 14 ตัว (สัดส่วน 1 ต่อ 2) ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติกที่มีน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอตามกรรมวิธีต่างๆ ลงในแต่ละขวด (ภาพที่ 3.11) เริ่มบันทึกอัตราการตายของค้างวงงข้าวโพดที่ 48 ชั่วโมง จนครบ 7 วัน แล้วนำเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการรมมาข้อมสี เพื่อบันทึกการวางไข่ของค้างวงงข้าวโพด แล้วนำเมล็ดข้าวกล้องที่มีไข่ค้างวงงข้าวโพด ไปใส่ในขวดแก้วขนาด 250 ลูกบาศก์ เซนติเมตร บันทึกอัตราการฟักไข่ โดยเมื่อไข่ในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีเริ่มฟักเป็นตัวเต็มวัย ให้นับเป็นวันที่ 1 แล้วบันทึกผลทุกวันจนครบ 20 วัน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี ANOVA และ DMRT ด้วยโปรแกรม SAS

#### 3.5.4 การทดลองในข้าวกล้องบรรจุถุงพลาสติก

ใช้ถุงพลาสติก 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือไนลอน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง การทดลองมี 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กลุ่มควบคุม 2 กรรมวิธี

1. ไม่ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติก
2. ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติกที่ไม่มีสารเคมี จำนวน 5 เม็ด

กลุ่มทดลอง 3 กรรมวิธี

1. ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 120 ไมโครลิตร
2. ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 360 ไมโครลิตร
3. ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติกที่หยคน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 600 ไมโครลิตร

กรรมวิธีที่ 1 ใช้เม็ดปูนพลาสติก 1 เม็ด กรรมวิธีที่ 2 ใช้เม็ดปูนพลาสติก 3 เม็ด และกรรมวิธีที่ 3 ใช้เม็ดปูนพลาสติก 5 เม็ด (เม็ดปูนพลาสติก 1 เม็ด สามารถดูดซับหยดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ได้ 120 ไมโครลิตร)

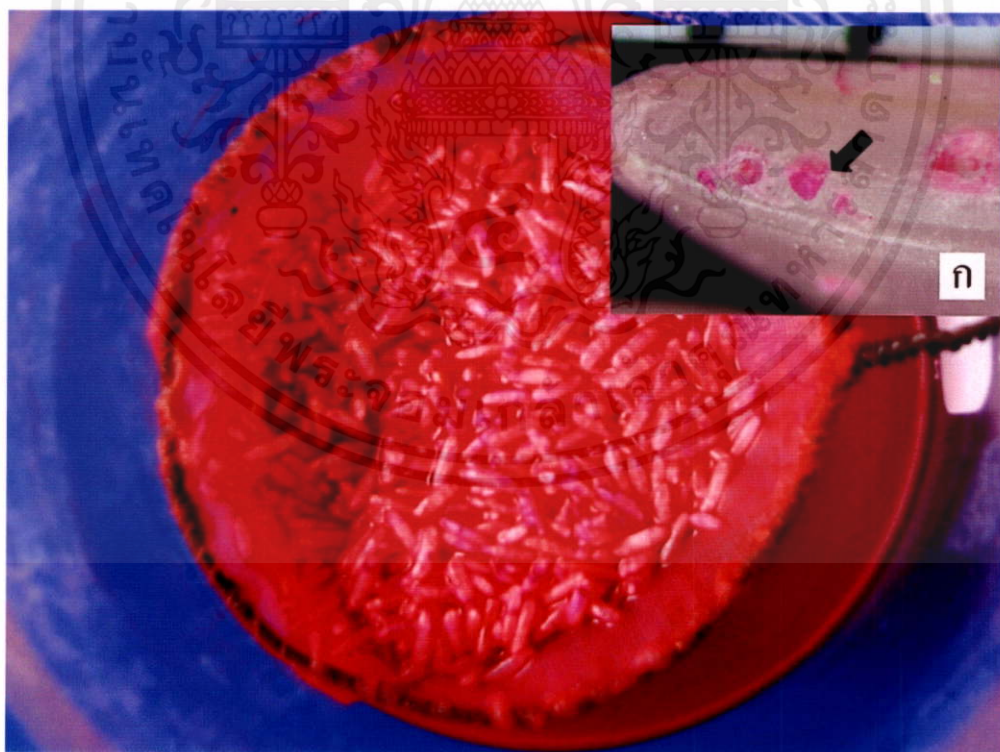
ทำการทดลองโดยบรรจุถุงข้าวกล้องในถุงพลาสติก 2 ชนิด คือถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือไนลอน จำนวน 25 กรัมต่อถุง พร้อมทั้งใส่ด้วงวงตัวเต็มวัยเพศผู้ 7 ตัว และเพศเมีย 14 ตัว ใส่เม็ดปูนพลาสติกที่มีน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอตามกรรมวิธีต่างๆ ลงในแต่ละถุง (ภาพที่ 3.12) ปิดปากถุงพลาสติกโดยเครื่องซีลปากถุง (plastic sealer) กรรมวิธีละ 3 ชั่วโมง นาน 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง บันทึกอัตราการตายของด้วงวงข้าวโพดที่ 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 การทดลองกับตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**ภาพที่ 3.9 เมล็ดข้าวที่ข้อมด้วยสีแอซิคฟูคซัน**  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลดแหล่งที่มา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 ก. ลักษณะเมล็ดข้าวที่มีไขด้วงงวงข้าวโพด (ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์)



ภาพที่ 3.10 การทดลองกับเมล็ดข้าวที่มีไขด้วงวงข้าวโพด



ภาพที่ 3.11 การทดลองกับตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดในข้าวกล้อง 25 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.12 การทดลองกับตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดในข้าวกล้องบรรจุถุงพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 4.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอ

เปลือกส้มโอ น้ำหนักเฉลี่ย 8 ครั้ง เท่ากับ 541.25 กรัม สกัดได้น้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย 6.14 มิลลิกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (yield) เท่ากับ 1.13 เปอร์เซ็นต์ ผลการตรวจวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าประกอบด้วย ลิโมนีน เบตา-เมอซิน เฟลแลนดริน เบตา-ไพนีน แกมมา-เทอร์พินีน ลินาลูล เทอร์พีนีออล นิรอล คาร์วีออล ซิทรัล เจอรานีออล เบตา-เอลมีน (beta-elemene) เบตา-คาร์โยฟิลลิน (beta-caryophyllene) เบตา-คิวบีปีน (beta-cubebene) แอลฟา-เซลินีน (alpha-selinene) เจอมาครีน (germacrene) และนูดคาโทน (nootkatone) โดยมีลิโมนีนเป็นองค์ประกอบหลัก 65.58 เปอร์เซ็นต์

#### 4.2 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่อด้วงวงข้าวโพด

##### 4.2.1 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่อด้วงตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพด

ผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพด ภายใน 48, 72 และ 96 ชั่วโมง กลุ่มที่ไม่มีสารเคมี (กลุ่มควบคุม) ตาย 0, 0 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ทั้งเพศผู้และเพศเมีย กลุ่มที่ใช้สารรมฟอสฟีน(กลุ่มควบคุม) ตาย 100, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งเพศผู้และเพศเมีย ด้วงตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดในกลุ่มที่ใช้ น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอที่ 5.5 ไมโครลิตร เพศผู้ตาย 1.67, 8.33 และ 11.67 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียตาย 1.67, 3.33 และ 11.67 เปอร์เซ็นต์ ที่ 6.5 ไมโครลิตร เพศผู้ตาย 18.33, 20.00 และ 25.00 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียตาย 15.00, 18.33 และ 20.00 เปอร์เซ็นต์ ที่ 7.5 ไมโครลิตร เพศผู้ตาย 41.67, 41.67 และ 48.33 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียตาย 35.00, 41.67 และ 45.00 เปอร์เซ็นต์ ที่ 8.5 ไมโครลิตร เพศผู้ตาย 50.00, 53.33 และ 55.00 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียตาย 43.33, 46.67 และ 51.67 เปอร์เซ็นต์ ที่ 9.5 ไมโครลิตร เพศผู้ตาย 71.67, 73.33 และ 73.33 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียตาย 68.33, 68.33 และ 68.33 เปอร์เซ็นต์ ที่ 10.5 ไมโครลิตร เพศผู้ตาย 86.67, 90.00 และ 91.67 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียตาย 85.00, 85.00 และ 85.00 เปอร์เซ็นต์ ที่ 11.5 ไมโครลิตร เพศผู้ตาย 91.67, 91.67 และ 91.67 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียตาย 85.00, 88.33 และ 88.33 เปอร์เซ็นต์ ที่ 12.5 ไมโครลิตร ทั้งเพศผู้และเพศเมียตาย 100, 100 และ 100 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1, ภาพที่ 4.1 และ 4.2) ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมงของเพศผู้เท่ากับ 8.37 เพศเมียเท่ากับ 8.66 ไมโครลิตร ที่ 72 ชั่วโมงของเพศผู้เท่ากับ 8.18 เพศเมียเท่ากับ 8.46 ไมโครลิตร และที่ 96 ชั่วโมงของเพศผู้เท่ากับ 7.96 เพศเมียเท่ากับ 8.23 ไมโครลิตร ขณะที่ค่า  $LC_{90}$  ที่ 48 ชั่วโมงของเพศผู้เท่ากับ 10.81 เพศเมียเท่ากับ 11.20 ไมโครลิตร

ที่ 72 ชั่วโมงของเพศผู้เท่ากับ 10.76 เพศเมียเท่ากับ 11.09 ไมโครลิตร และที่ 96 ชั่วโมงของเพศผู้เท่ากับ 10.72 เพศเมียเท่ากับ 11.16 ไมโครลิตร (ตารางที่ 4.2) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าที่เวลา 48 ชั่วโมง การใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอปริมาณ 10.5 ไมโครลิตร ตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดเพศผู้มีอัตราการตายความแตกต่างกับการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอปริมาณ 11.5 และ 12.5 ไมโครลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เวลา 72 และ 96 ชั่วโมง การใช้สารรมฟอสฟีน และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอปริมาณ 10.5, 11.5 และ 12.5 ไมโครลิตร สามารถควบคุมตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดเพศผู้ได้ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การใช้สารรมฟอสฟีน และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 10.5, 11.5 และ 12.5 ไมโครลิตร ที่เวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง สามารถควบคุมตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดเพศเมียได้ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ อัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดทั้งเพศผู้และเพศเมีย ในกลุ่มที่ใช้ น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ และสารรมฟอสฟีน ที่เวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ของแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1** เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอนาน 48 ชั่วโมง (n=20)

สารเคมี	เวลา (ชั่วโมง)					
	48		72		96	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
กลุ่มควบคุม						
- ไม่มีสารเคมี	0 aF	0 aD	0 aF	0 aE	0 aF	0 aF
- สารรวมฟอสฟีน (0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร) น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ (ไมโครลิตร)	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
5.5	1.67aF	1.67aD	8.33aF	3.33aED	11.67aE	11.67aEF
6.5	18.33aE	15.00aD	20.00aE	18.33aD	25.00aD	20.00aE
7.5	41.67aD	35.00aC	41.67aD	41.67aC	48.33aC	45.00aD
8.5	50.00aD	43.33aC	53.33aC	46.67aC	55.00aC	51.67aDC
9.5	71.67aC	68.33aB	73.33aB	68.33aB	73.33aB	68.33aBC
10.5	86.67aB	85.00aAB	90.00aA	85.00aA	91.67aA	85.00aAB
11.5	91.67aAB	85.00aAB	91.67aA	88.33aA	91.67aA	88.33aA
12.5	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA

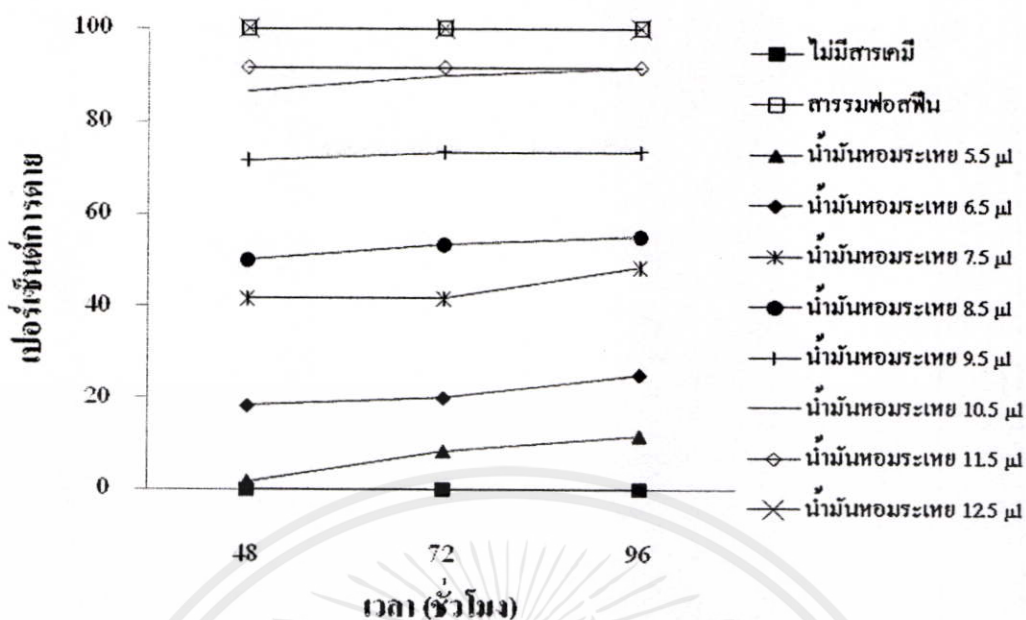
ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรพิมพ์เล็กในแนวนอนที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

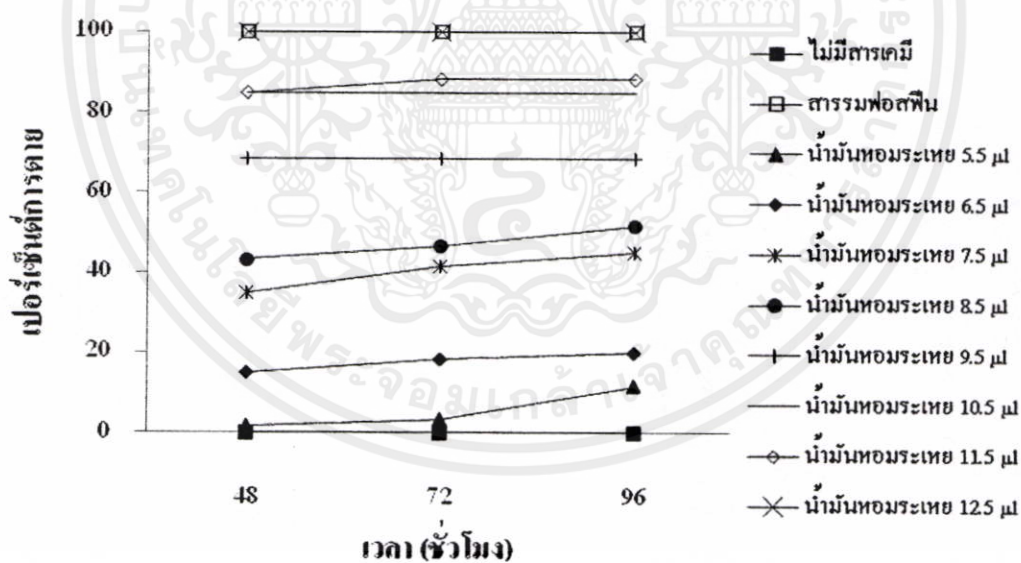
**ตารางที่ 4.2** ค่า  $LC_{50}$  และ  $LC_{90}$  ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่อตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพด

เวลา (ชั่วโมง)	$LC_{50}$ (ไมโครลิตร)		$LC_{90}$ (ไมโครลิตร)	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
48	8.37	8.66	10.81	11.20
72	8.18	8.46	10.76	11.09
96	7.96	8.23	10.72	11.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมิให้คัดลอกเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงใด ๆ ของเอกสารฉบับนี้ไปใช้



ภาพที่ 4.1 เปอร์เซนต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงขาวโพดเพศผู้ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอนาน 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.2 เปอร์เซนต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงขาวโพดเพศเมียที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอนาน 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่อไขของด้วงวงงข้าวโพด

ผลการทดลอง พบว่าไขในกลุ่มที่ไม่มีสารเคมีมีอัตราการฟักเป็นตัวเต็มวัยเท่ากับ 86.67 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ใช้สารรมฟอสฟีน (กลุ่มควบคุม) มีอัตราการฟักเป็นตัวเต็มวัยเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอปริมาณ 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 และ 19 ไมโครลิตร มีอัตราการฟักเป็นตัวเต็มวัยเท่ากับ 61.67, 35.00, 21.67, 15.00, 11.67, 6.67, 3.33 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ที่ระดับ 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 และ 19 ไมโครลิตร ยังทำให้ระยะเวลาในการฟักเป็นตัวเต็มวัยเพิ่มขึ้นจากจาก 28 วัน (จำนวนวันที่ไขในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีเริ่มฟักเป็นตัวเต็มวัย) เป็น 30, 30, 31, 33, 33, 33, 34 วัน และไม่มีการฟักเป็นตัวเต็มวัย ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3, ภาพที่ 4.3) นอกจากนี้ยังพบว่าความเสียหายของเมล็ดข้าวที่ถูกทำลายโดยด้วงวงงข้าวโพด ในกลุ่มที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอถูกทำลายน้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมี รวมทั้งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยปริมาณการถูกทำลายจะลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.4) ทั้งนี้เมื่อแกะเมล็ดข้าวที่มีการวางไข แต่ไม่ฟักเป็นตัวเต็มวัย โดยการใช้มือและเข็มเขี่ยภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหนอน คักแค้ และไขในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีมีลักษณะสมบูรณ์ (ภาพที่ 4.5, 4.6 และ 4.7) ขณะที่ไขในกลุ่มที่ใช้สารรมฟอสฟีน และกลุ่มที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ไขจะฟ่อ และลักษณะตัวหนอนไม่สมบูรณ์ (ภาพที่ 4.7 และ 4.8) ค่า  $LC_{50}$  และ  $LC_{90}$  ในการยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยเท่ากับ 5.74 และ 12.77 ไมโครลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าการใช้สารรมฟอสฟีน และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 13, 15, 17 และ 19 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยได้ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

#### 4.2.3 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่อด้วงวงงข้าวโพดในข้าวกล้อง

##### 4.2.3.1 อัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพด

ผลการทดลองพบว่าอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพด หลังการรม 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 วัน กลุ่มที่ไม่ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติก (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ใส่เม็ดปุ๋ยพลาสติกที่ไม่มีสารเคมี (กลุ่มควบคุม) มีอัตราการตายเท่ากับ 0, 0, 0, 0, 0 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดในกลุ่มที่ใส่น้ำมันหอมระเหยในเม็ดปุ๋ยพลาสติกปริมาณ 11 ไมโครลิตร ตาย 4.76, 7.94, 7.94, 7.94, 11.11 และ 11.11 เปอร์เซ็นต์ ที่ 33 ไมโครลิตร ตาย 9.52, 20.63, 25.40, 30.16, 34.92 และ 34.92 เปอร์เซ็นต์ ที่ 55 ไมโครลิตร ตาย 19.05, 33.33, 39.68, 41.27, 47.62 และ 47.62 เปอร์เซ็นต์ ที่ 77 ไมโครลิตร ตาย 41.27, 60.32, 65.08, 68.25, 69.84 และ 69.84 เปอร์เซ็นต์ ที่ 99 ไมโครลิตร ตาย 63.49, 77.78, 79.37, 80.95, 82.54 และ 82.54 เปอร์เซ็นต์ ที่ 121 ไมโครลิตร ตาย 82.54, 87.30, 96.83, 96.83, 96.83 และ 96.83 เปอร์เซ็นต์ ที่ 143 ไมโครลิตร ตาย 88.89, 95.24,

98.41, 100, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 165 ไมโครลิตร ตาย 100, 100, 100, 100, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5, ภาพที่ 4.9) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสติกปริมาณ 121, 143 และ 165 ไมโครลิตร รมนาน 3 วัน สามารถควบคุมตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพคได้ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสติกปริมาณ 121 และ 165 ไมโครลิตร นาน 2-7 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสติกที่ 143 ไมโครลิตร นาน 2 วัน มีความแตกต่างทางสถิติกับการรมนาน 3 วัน ขณะที่การรมนาน 3-7 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



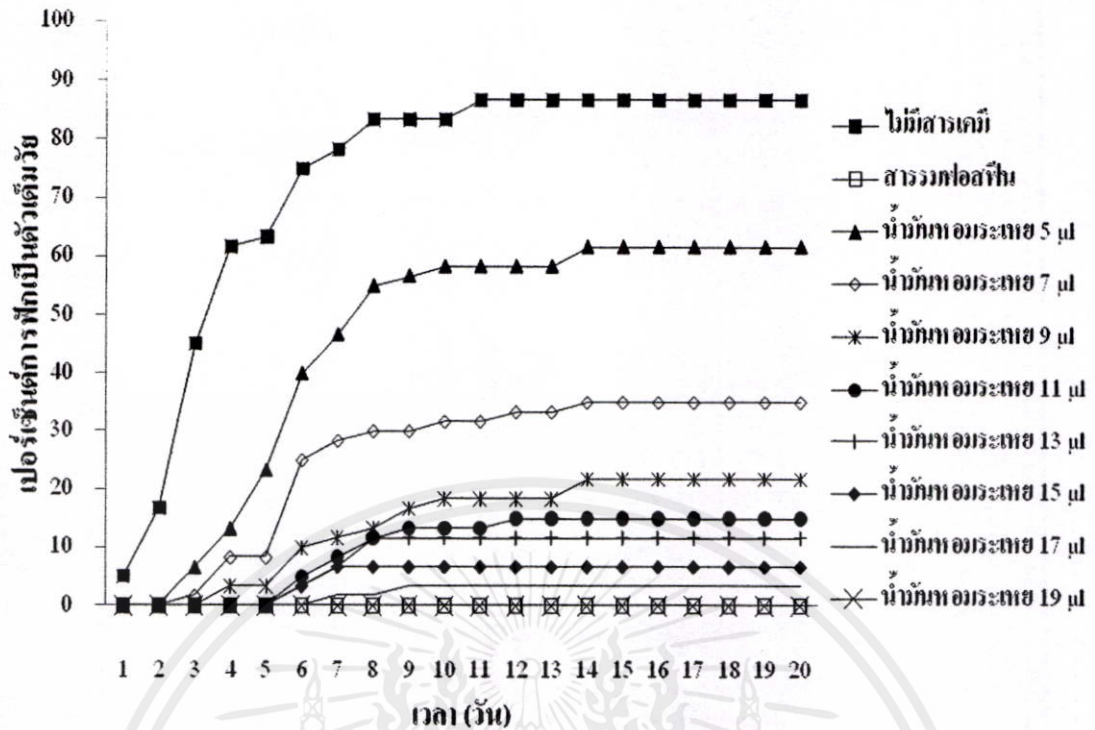
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นตการที่กเป็นต้วเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพคที่รศมด้วยน้ำนหอมระเหยจากเปลือกส้มโอมนาน 48 ชั่วโมง (n=20)

สาร	จำนวนวัน																				
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
กลุ่มควบคุม																					
- ไม่มีสารเคมี	5.00	16.67	45.00	61.67	63.33	75.00	78.33	83.33	83.33	83.33	86.67	86.67	86.67	86.67	86.67	86.67	86.67	86.67	86.67	86.67	86.67A
- สารมฟอสฟีน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 F
(0.04 มิตลกรัมตอลิตร)																					
น้ำนหอมระเหยจากผิวเปลือกส้มโอ (ไม่โครลิตร)																					
5	0	0	6.67	13.33	23.33	40.00	46.67	55.00	56.67	58.33	58.33	58.33	58.33	61.67	61.67	61.67	61.67	61.67	61.67	61.67	61.67B
7	0	0	1.67	8.33	8.33	25.00	28.33	30.00	30.00	31.67	31.67	33.33	33.33	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00C
9	0	0	0	3.33	3.33	10.00	11.67	13.33	16.67	18.33	18.33	18.33	18.33	21.67	21.67	21.67	21.67	21.67	21.67	21.67	21.67D
11	0	0	0	0	0	5.00	8.33	11.67	13.33	13.33	13.33	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00DE
13	0	0	0	0	0	3.33	6.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67DEF
15	0	0	0	0	0	3.33	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67EF
17	0	0	0	0	0	0	1.67	1.67	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33EF
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 F

\* วันแรกที่ด้วงวงงข้าวโพคในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีที่กเป็นต้วเต็มวัย (28 วัน) หลังจการมนาน 48 ชั่วโมง

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

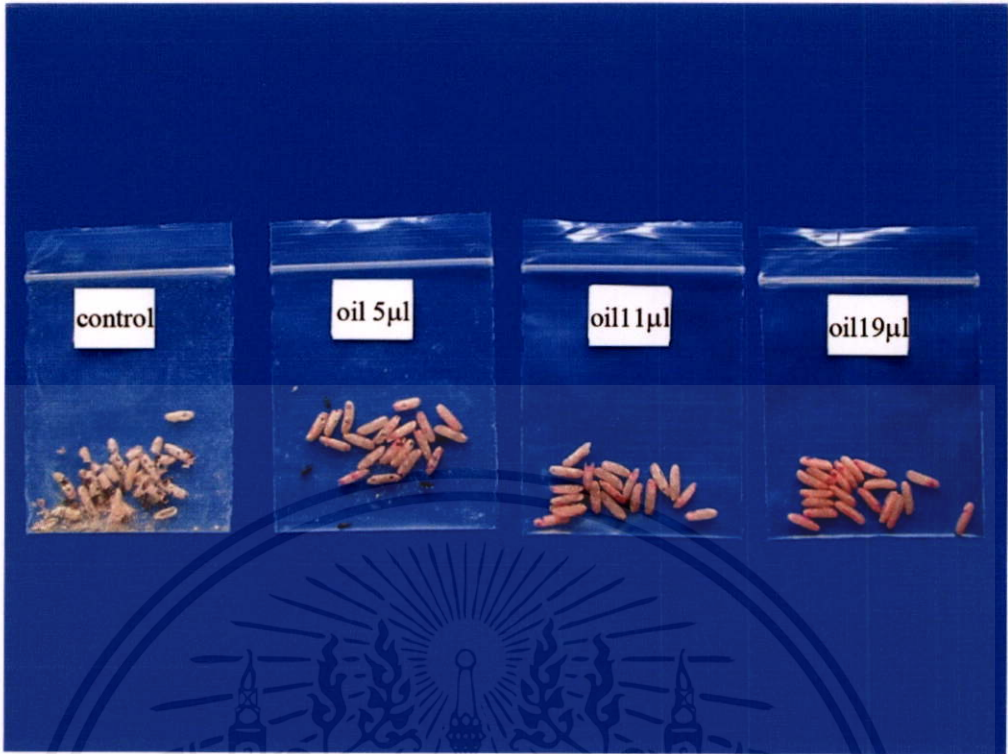


ภาพที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพดที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอขนาด 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 ค่า  $LC_{50}$  และ  $LC_{90}$  ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่อการฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพด

เวลา (ชั่วโมง)	$LC_{50}$ (ไมโครลิตร)	$LC_{90}$ (ไมโครลิตร)
48	5.74	12.77

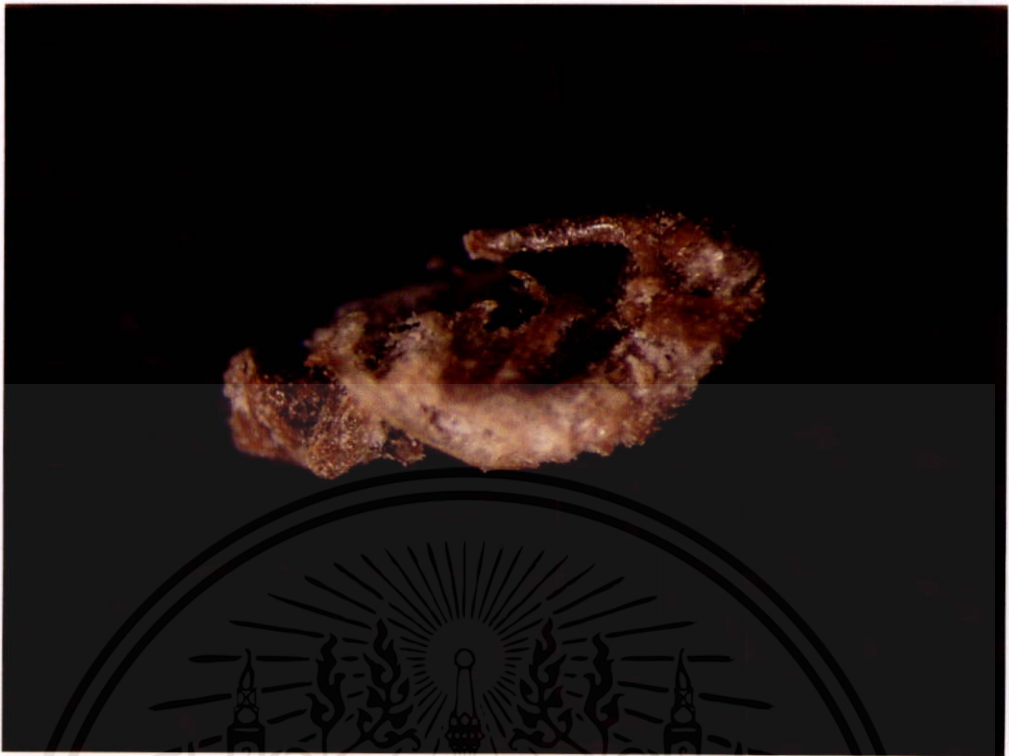
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



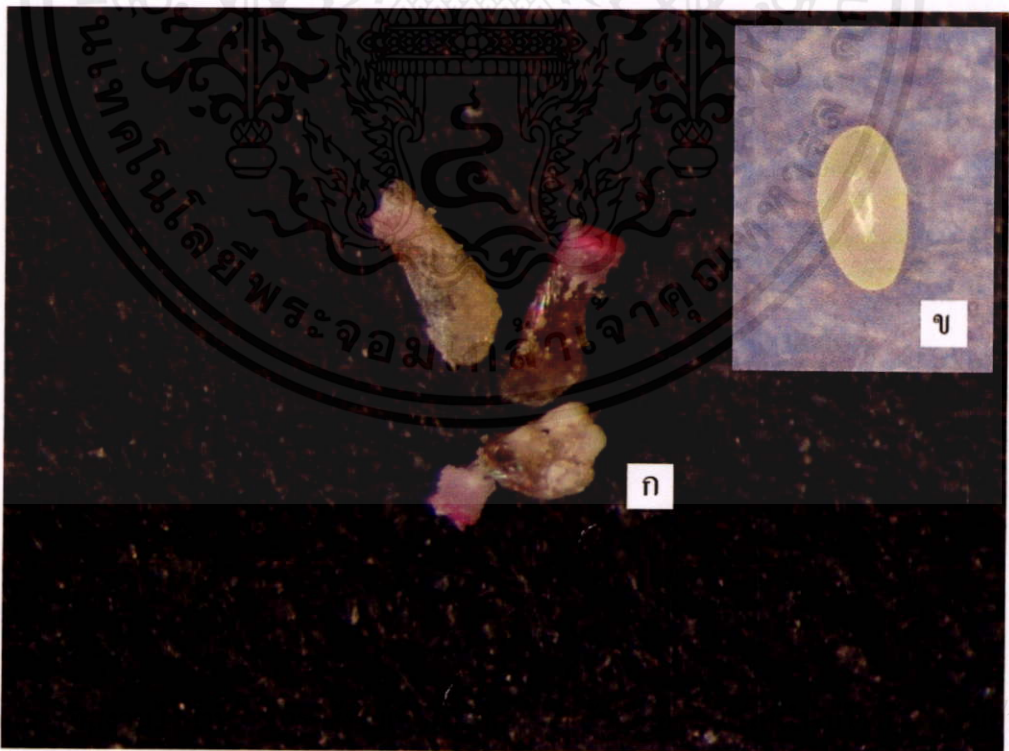
ภาพที่ 4.4 เมล็ดข้าวที่ถูกทำลายโดยด้วงงวงข้าวโพด



ภาพที่ 4.5 ตัวหนอนด้วงงวงข้าวโพดจากเมล็ดข้าวในกลุ่มควบคุม (ไม่ได้รมสารเคมี)



ภาพที่ 4.6 ดักแด้ด้วงงวงข้าวโพดจากเมล็ดในกลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับสารเคมี)



ภาพที่ 4.7 ไข่ด้วงงวงข้าวโพดจากเมล็ดข้าว (ก) ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ

(ข) กลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับสารเคมี)



ภาพที่ 4.8 ตัวหนอนดั่งวงข้าวโพดจากเมล็ดข้าวที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพคในข้าวกล้องที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติกอร์นาน 48 ชั่วโมง (n=21)

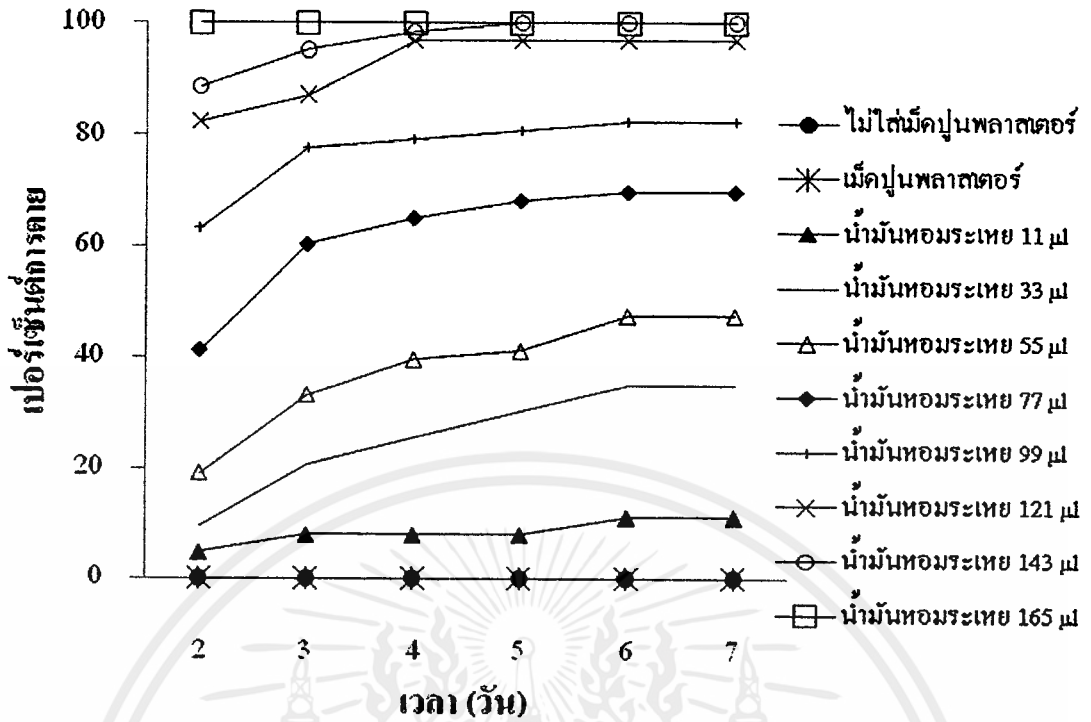
สารเคมี	เวลา (วัน)					
	2	3	4	5	6	7
กลุ่มควบคุม						
- ไม่ใส่เม็คปูนพลาสติกอร์	0 aF	0 aF	0 aD	0 aD	0 aE	0 aE
- เม็คปูนพลาสติกอร์ที่ไม่มีสารเคมี <sup>2L</sup>	0 aF	0 aF	0 aD	0 aD	0 aE	0 aE
น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ (ไมโครลิตร)						
11 <sup>L</sup>	4.76aF	7.94aEF	7.94aD	7.94aD	11.11aE	11.11aE
33 <sup>L</sup>	9.52bEF	20.63bDEb	25.40abC	30.16aC	34.92aD	34.92aD
55 <sup>L</sup>	19.05cE	33.33bD	39.68bCa	41.27bCa	47.62aD	47.62aD
77 <sup>L</sup>	41.27aD	60.32aC	65.08aB	68.25aB	69.84aC	69.84aC
99 <sup>L</sup>	63.49aC	77.78aB	79.37aB	80.95aB	82.54aBC	82.54aBC
121 <sup>2L</sup>	82.54aB	87.30aAB	96.83aA	96.83aA	96.83aAB	96.83aAB
143 <sup>2L</sup>	88.89bB	95.24abA	98.41aA	100 aA	100 aA	100 aA
165 <sup>2L</sup>	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA

<sup>L</sup> หยอดในเม็คปูนพลาสติกอร์ 1 เม็ด

<sup>2L</sup> หยอดในเม็คปูนพลาสติกอร์ 2 เม็ด

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์  
ตัวอักษรพิมพ์เล็กในแนวอนที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 เปอร์เซนต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดในข้าวกล้องที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในมีคูปูนพลาสติกโอรานาน 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3.2 ผลต่อการวางไข่และการฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงงั่วโพค

ผลการทดลองพบว่าเมื่อนำข้าวกล้องจากการทดลองที่ 4.2.3.1 หลังสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 7 ไปย้อมสี พบว่าจำนวนเฉลี่ยของเมล็ดข้าวที่มีการวางไข่ในกลุ่มที่ไม่ใส่เมล็ดปุณพลาสเตอร์ (กลุ่มควบคุม) เท่ากับ 140.33 ฟอง กลุ่มที่ใส่เมล็ดปุณพลาสเตอร์ที่ไม่มีสารเคมี (กลุ่มควบคุม) เท่ากับ 137.67 ฟอง ในกลุ่มที่มีน้ำมันหอมระเหยในเมล็ดปุณพลาสเตอร์ปริมาณ 11, 33, 55, 77, 99, 121, 143 และ 165 ไมโครลิตร จำนวนการวางไข่เท่ากับ 132.33, 118.33, 41.33, 7.67, 4.00, 0, 0 และ 0 ฟอง ตามลำดับ คิดเป็น 98.10, 94.29, 84.32, 29.45, 5.46, 2.85, 0, 0 และ 0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีสารเคมี (ตารางที่ 4.6) ไข่ในกลุ่มที่ไม่ใส่เมล็ดปุณพลาสเตอร์มีจำนวนการฟักเป็นตัวเต็มวัยเท่ากับ 116.33 ตัว คิดเป็น 82.90 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ใส่เมล็ดปุณพลาสเตอร์ที่ไม่มีสารเคมี เท่ากับ 113.33 ตัว คิดเป็น 82.32 เปอร์เซ็นต์ และในกลุ่มที่มีน้ำมันหอมระเหยในเมล็ดปุณพลาสเตอร์ ปริมาณ 11, 33, 55, 77, 99, 121, 143 และ 165 ไมโครลิตร เท่ากับ 106.67, 91.33, 29.33, 4.67, 2.00, 0, 0 และ 0 ตัว คิดเป็น 80.60, 77.19, 70.97, 60.84, 50.00, 0, 0 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) นอกจากนี้การใช้น้ำมันหอมระเหยในเมล็ดปุณพลาสเตอร์ปริมาณ 33, 55, 77 และ 99 ไมโครลิตร ทำให้ระยะเวลาในการฟักเป็นตัวเต็มวัยเพิ่มขึ้นจาก 28 วัน (จำนวนวันที่ไข่ในกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่เมล็ดปุณพลาสเตอร์เริ่มฟักเป็นตัวเต็มวัย) เป็น 30, 32, 32 และ 34 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7, ภาพที่ 4.10 และ 4.11) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุณพลาสเตอร์ 77, 99, 121, 143 และ 165 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการวางไข่และการฟักเป็นตัวเต็มวัยได้ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

#### 4.2.4 ผลกับด้วงวงงั่วโพคในข้าวกล้องบรรจุถุงพลาสติก

ผลการทดลองพบว่าอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงงั่วโพคในข้าวกล้อง 25 กรัม บรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำไม่มีการตายในทุกกรรมวิธี ขณะที่การใช้ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือไนลอน กลุ่มที่ไม่ใส่เมล็ดปุณพลาสเตอร์ (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ใส่เมล็ดปุณพลาสเตอร์ที่ไม่มีสารเคมี (กลุ่มควบคุม) ที่ 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ตัวเต็มวัยด้วงวงงั่วโพคตาย 0, 0, 0 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในกลุ่มที่มีน้ำมันหอมระเหยในเมล็ดปุณพลาสเตอร์ปริมาณ 120 ไมโครลิตร ตาย 0, 0, 14.29 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 360 ไมโครลิตร ตาย 0, 0, 39.68 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 600 ไมโครลิตร ตาย 0, 6.35, 84.13 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8, ภาพที่ 4.12) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าการรมที่ 12 และ 18 ชั่วโมง การใช้ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือไนลอน ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุณพลาสเตอร์ทั้ง 3

ระดับ ทำให้อัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าว โปกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ขณะที่การรมที่ 24 ชั่วโมง การใช้ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือไนลอน อัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าว โปกไม่มีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่เม็ดปุ๋ยมูลสัตว์ และกลุ่มที่ใส่เม็ดปุ๋ยมูลสัตว์ที่ไม่มีสารเคมี รวมทั้งกลุ่มที่ใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็ดปุ๋ยมูลสัตว์ทั้ง 3 ระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ส่วนระยะเวลาในการรมนาน 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ทำให้อัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าว โปกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การวางไข่ และการฟักเป็นตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดในข้าวกล้องที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติกนาน 7 วัน

สารเคมี	เม็คข้าว ที่มีการวางไข่	จำนวนที่ฟัก
กลุ่มควบคุม		
- ไม้ใส่เม็คปูนพลาสติก	140.33A	116.33A
- เม็คปูนพลาสติกที่ไม่มีสารเคมี <sup>2</sup>	137.67AB	113.33A
น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ (ไมโครลิตร)		
11 <sup>1</sup>	132.33B	106.67B
33 <sup>1</sup>	118.33C	91.33C
55 <sup>1</sup>	41.33D	29.33D
77 <sup>1</sup>	7.67E	4.67E
99 <sup>1</sup>	4.00E	2.00E
121 <sup>2</sup>	0 E	0 E
143 <sup>2</sup>	0 E	0 E
165 <sup>2</sup>	0 E	0 E

<sup>1</sup> หยดในเม็คปูนพลาสติก 1 เม็ด

<sup>2</sup> หยดในเม็คปูนพลาสติก 2 เม็ด

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

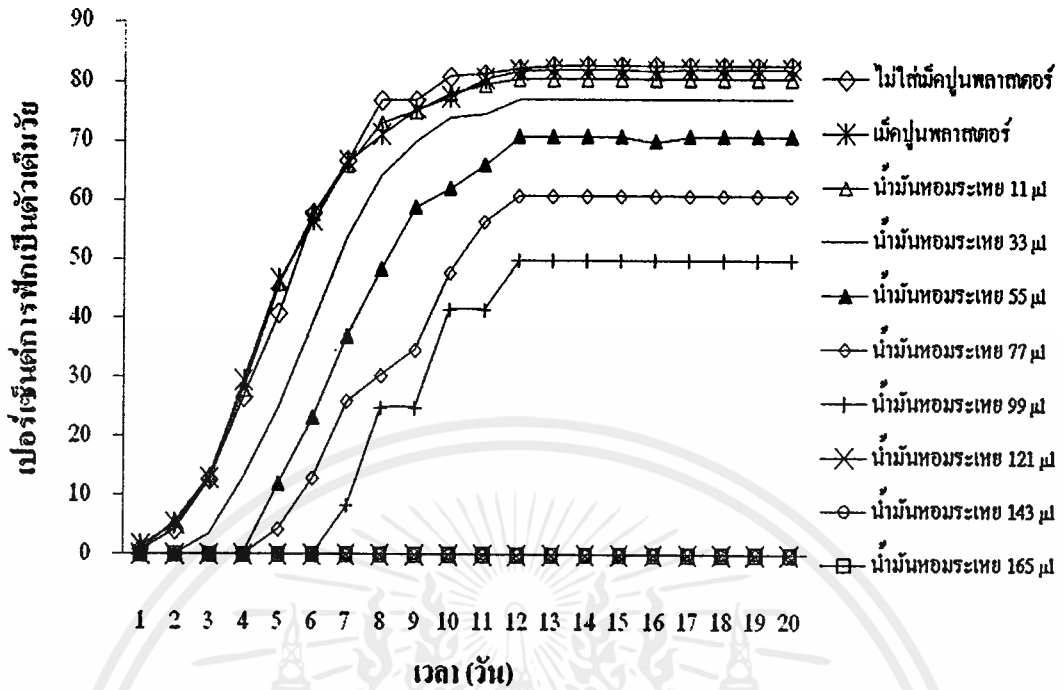
ตารางที่ 4.7 เบอร์เซ็นค่าการฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพดที่รวมด้วยน้ำหมักจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสเตอร์นาน 7 วัน

สาร	จำนวนวัน																					
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
กลุ่มควบคุม																						
- ไม่ใส่เมล็ดปุนพลาสเตอร์	0.71	4.04	12.59	26.60	40.86	57.72	66.75	76.96	76.96	81.00	81.47	82.42	82.90	82.90	82.90	82.90	82.90	82.90	82.90	82.90	82.90	
- ใส่วุ้นเมล็ดปุนพลาสเตอร์ที่ไม่มีสารเคมี <sup>2</sup>	1.45	5.08	12.83	29.54	46.49	56.42	66.58	71.18	75.54	77.48	80.63	82.08	82.32	82.32	82.32	82.08	82.32	82.32	82.32	82.32	82.32	
น้ำหมักหอมมะหยงจากเปลือกส้มโอ (ไม่โครติตร)																						
11 <sup>1</sup>	0.76	5.54	13.35	27.96	45.84	57.68	66.00	73.05	75.06	78.09	79.60	80.61	80.61	80.61	80.61	80.61	80.61	80.61	80.61	80.61	80.61	80.61
33 <sup>1</sup>	0	0	3.38	12.96	25.07	39.44	53.80	64.23	69.86	74.09	74.65	77.19	77.19	77.19	77.19	77.19	77.19	77.19	77.19	77.19	77.19	77.19
55 <sup>1</sup>	0	0	0	0	12.10	23.39	37.10	48.39	58.88	62.10	66.13	70.97	70.97	70.97	70.97	70.17	70.97	70.97	70.97	70.97	70.97	70.97
77 <sup>1</sup>	0	0	0	0	4.35	13.04	26.08	30.42	34.77	47.81	56.50	60.84	60.84	60.84	60.84	60.84	60.84	60.84	60.84	60.84	60.84	60.84
99 <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	0	8.33	25.00	25.00	41.67	41.67	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
121 <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143 <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165 <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

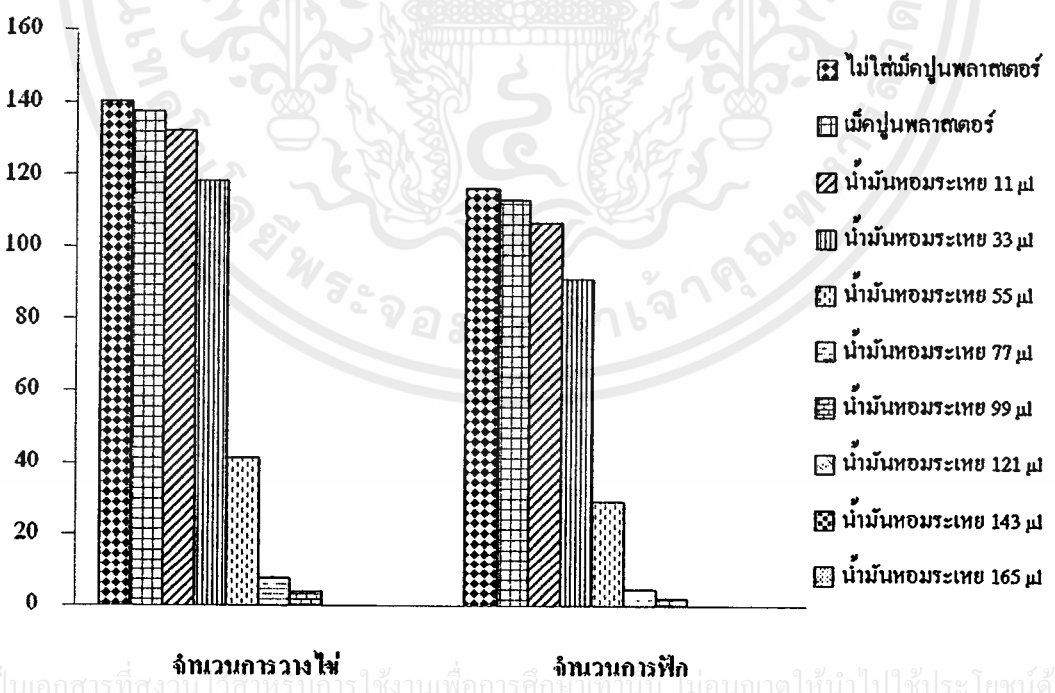
\* วันแรกที่ด้วงวงข้าวโพดในกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่เมล็ดปุนพลาสเตอร์ที่ปกคลุมตัวด้วย (28 วัน หลังจกการรรมนาน 48 ชั่วโมง)

<sup>1</sup> หยอดในเมล็ดปุนพลาสเตอร์ 1 เม็ด

<sup>2</sup> หยอดในเมล็ดปุนพลาสเตอร์ 2 เม็ด



ภาพที่ 4.10 เปอร์เซนต์การฟักเป็นตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในมีคูปูนพลาสติกอร์นาน 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.11 การวางไข่ และการฟักเป็นตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดในข้าวกล้องรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในมีคูปูนพลาสติกอร์นาน 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าการ

ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดในถุงพลาสติกที่บรรจุข้าวกล้อง และ  
รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็ดปุ๋ยมูลสัตว์ 6, 12, 18 และ 24  
ชั่วโมง

สารเคมี	เวลา (ชั่วโมง)							
	6		12		18		24	
	LDPE	vacuum	LDPE	vacuum	LDPE	vacuum	LDPE	vacuum
กลุ่มควบคุม								
- ไม้ใส่เม็ดปุ๋ยมูลสัตว์	0	0 bB	0	0 bB	0	0 bD	0	100 aA
- เม็ดปุ๋ยมูลสัตว์ที่ไม่มีสารเคมี <sup>3L</sup>	0	0 bB	0	0 bB	0	0 bD	0	100 aA
น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ (ไมโครลิตร)								
120 <sup>1L</sup>	0	0 cA	0	0 cB	0	14.29bC	0	100 aA
360 <sup>2L</sup>	0	0 cA	0	0 cB	0	39.68bB	0	100 aA
600 <sup>3L</sup>	0	0 cA	0	6.35cA	0	84.13bA	0	100 aA

<sup>1L</sup> หยอดในเม็ดปุ๋ยมูลสัตว์ 1 เม็ด

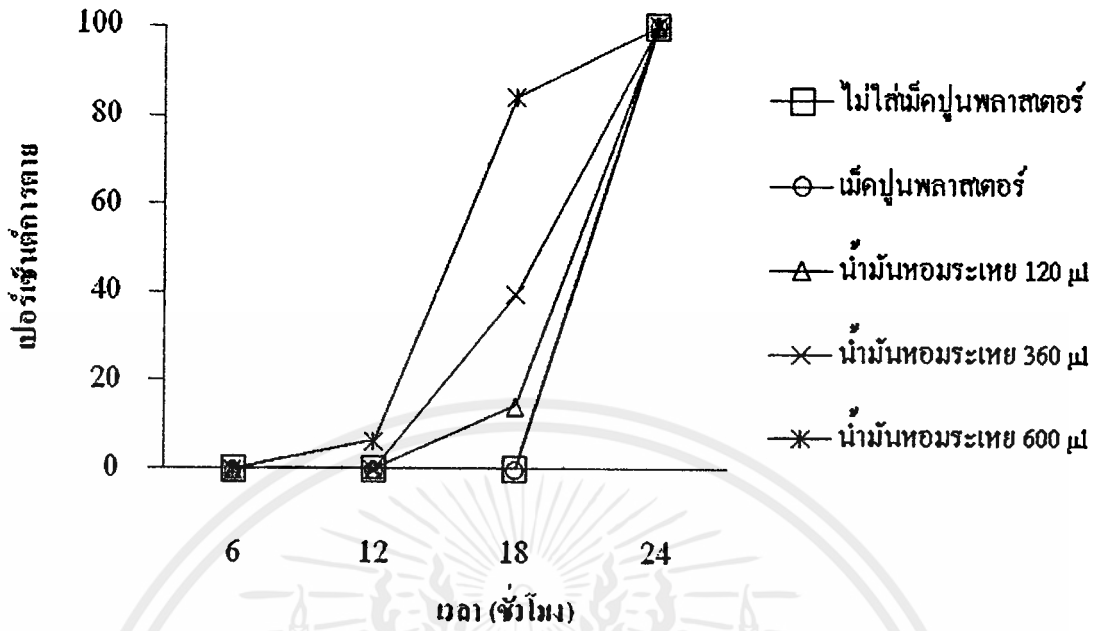
<sup>2L</sup> หยอดในเม็ดปุ๋ยมูลสัตว์ 3 เม็ด

<sup>3L</sup> หยอดในเม็ดปุ๋ยมูลสัตว์ 5 เม็ด

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95  
เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรพิมพ์เล็กในแนวนอนที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95  
เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 เปอร์เซนต์การตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือ โนลอนที่บรรจุข้าวกล้อง และรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็ดพลาสติกอร์นาน 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าประกอบด้วย ลิโมนีน เบตา-เมอซีน เฟลแลนดรีน เบตา-ไพนีน แคมมา-เทอร์พีนีน ลินาลูล เทอร์พีนีออล นีรอล คาร์วีออล ซิทรัล เจอรานีออล เบตา-เฮลมีน เบตา-คาร์โยฟิลลีน เบตา-คิวบิปีน แอลฟา-เซลิเนน เจอมากรีน และนุทกาโทน โดยมีลิโมนีนเป็นองค์ประกอบหลัก 65.58 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kekelidze and Fishman (1973) ซึ่งศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะนาว ส้มเกลี้ยง ส้มโอ และส้มจีน พบว่าประกอบด้วย ลิโมนีน ลินาลูล เมอร์ซีน เจอรานีออล แอลฟา-ไพนีน เบตา-ไพนีน แคมฟิน ซาบีนีน แคมมา-เทอร์พีนีออล ไชมิน เทอร์พีโนโลน แอลฟา-เทอร์พีนีน ซิโทรเนลลอล นีรอล เนเรด และเจอราเนียล โดยลิโมนีนเป็นองค์ประกอบหลัก 41.5-94 เปอร์เซ็นต์ Dung *et al.* (1991) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากดอกส้มโอ พบว่าประกอบด้วยลิโมนีน ลินาลูล เนโรลิคอล และฟาร์เนซอล 18.2, 16.4, 29.3 และ 15.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Wang *et al.* (1994) ศึกษาตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกพืชตระกูลส้ม และตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC พบว่ามีลิโมนีนเป็นองค์ประกอบมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ โดยเมทานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลายที่ให้น้ำมันหอมระเหยมากที่สุดคือ 3.9 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเฮกเซน อะซิโตน และเอทิลอะซิเตต ให้น้ำมันหอมระเหย 3.66, 3.51 และ 3.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Ayedoun *et al.* (1996) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกและใบของมะนาวด้วยเครื่อง GC และ GC-MS พบว่ามีสารที่เป็นองค์ประกอบ 42 และ 27 ชนิดตามลำดับ องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกคือ ลิโมนีน แคมมา-เทอร์พีนีน และเบตา-ไพนีน 70.4, 11.8 และ 4.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่ได้จากใบคือ ลิโมนีน เบตา-ไพนีน และซิโทรเนลลอล 40.8, 18.5 และ 16.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Omer *et al.* (1997) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GLC พบว่าประกอบด้วย ลิโมนีน 70.09-78.38 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ Njoroge *et al.* (2005) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอโดยใช้เครื่อง GC และ GC-MS พบลิโมนีนสูงถึง 94.8 เปอร์เซ็นต์ และแอลฟา-เทอร์ปีนีออล 1.8 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่อตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพด พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในปริมาณ 10.5, 11.5 และ 12.5 ไมโครลิตร สามารถควบคุมตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดทั้งเพศผู้ และเพศเมียได้ ภายใน 72 ชั่วโมง โดยไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  $LC_{50}$  ของเพศผู้เท่ากับ 8.37 ไมโครลิตร เพศเมียเท่ากับ 8.66 ไมโครลิตร และ  $LC_{90}$  ของเพศผู้เท่ากับ 10.81 ไมโครลิตร เพศเมีย

เท่ากับและ 11.20 ไมโครลิตร โดยที่น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอปริมาณ 13, 15, 17 และ 19 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยโดยไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ อีกทั้งการใช้ในปริมาณ 5, 7, 9, 11, 13, 15 และ 17 ไมโครลิตร ยังทำให้ระยะเวลาการฟักเป็นตัวเต็มวัยเพิ่มขึ้นจาก 28 วัน (จำนวนวันที่ไข่ในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีเริ่มฟักเป็นตัวเต็มวัย) เป็น 30, 30, 31, 33, 33, 33, 34 วัน ตามลำดับ ผลของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่อด้วงวงข้าวโพคในข้าวกล้อง 25 กรัม พบว่า การใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสติก 121, 143 และ 165 ไมโครลิตร สามารถควบคุมตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพค ยับยั้งการวางไข่ และการฟักเป็นตัวเต็มวัยได้ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้การใช้ในปริมาณ 33, 55, 77 และ 99 ไมโครลิตร ยังทำให้ระยะเวลาการฟักเป็นตัวเต็มวัยเพิ่มขึ้นจาก 28 วัน (จำนวนวันที่ไข่ในกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่เมล็ดปุนพลาสติกเริ่มฟักเป็นตัวเต็มวัย) เป็น 30, 32, 32 และ 34 วัน ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาของ Harwood *et al.* (1990) เกี่ยวกับความเป็นพิษของโมโนเทอร์ปีน 5 ชนิด คือ ลิโมนีน เมนทอล พูลิโจน เมนโทน และ แอลฟา-ไพเนน ความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.2 เปอร์เซนต์ ต่อหนอนกระชู่ พบว่าหนอนวัย 5 ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมที่ผสมพูลิโจน 0.05 และ 0.1 เปอร์เซนต์ เมนทอล 0.1 และ 0.2 เปอร์เซนต์ และเมนโทน 0.2 เปอร์เซนต์ นาน 6 วัน หนอนมีน้ำหนักน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยเมนโทน และพูลิโจน มีผลในการยับยั้งการกินของหนอน ส่วนเมนทอลทำให้เกิดความผิดปกติในการลอกคราบ และสามารถยับยั้งการเข้าดักแด้ได้ ลิโมนีน 0.2 เปอร์เซนต์ เมนโทน 0.1-0.2 เปอร์เซนต์ และพูลิโจน 0.1 เปอร์เซนต์ สามารถยับยั้งการเข้าดักแด้ได้ หนอนที่ได้รับลิโมนีน 0.05-0.1 เปอร์เซนต์ และแอลฟา-ไพเนน 0.05-0.2 เปอร์เซนต์ พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต การกินอาหาร และการเข้าดักแด้ หนอนที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมผสมเมนทอล 0.05 เปอร์เซนต์ เมนโทน 0.05 เปอร์เซนต์ ลิโมนีน 0.05 เปอร์เซนต์ แอลฟา-ไพเนน 0.05 เปอร์เซนต์ หรือพูลิโจน 0.025 เปอร์เซนต์ มีการเจริญเติบโต และน้ำหนักสูงสุดของหนอน รวมทั้งน้ำหนักดักแด้ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ค่า LD<sub>50</sub> ของพูลิโจน เมนโทนและแอลฟา-ไพเนน เท่ากับ 1,077, 2,478 และ 7,925 มิลลิกรัมต่อกรัม Cook (1992) ศึกษาผลของลิโมนีน เบตา-ไพเนน แอลฟา-ไพเนน และเซลดา-แครีน ที่ได้จากต้นสนต่อไรแมงมุม โดยการรม พบว่าสารทั้ง 4 ชนิดเป็นพิษต่อไร และสามารถลดการวางไข่ของไร ทั้งนี้สารลิโมนีน เบตา-ไพเนน และแอลฟา-ไพเนนมีผลต่อการเคลื่อนที่ของไรด้วย การศึกษาของ Don-Pedro (1996) เกี่ยวกับการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกพืชตระกูลส้มในการเป็นสารกำจัดแมลงในรูปแบบสารรม พบว่า การใช้ น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะนาว ส้มจีน และเกรฟฟรุท อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อ มิลลิกรัม กับด้วงถั่วเขียว และด้วงวงข้าวโพค และอัตรา 20 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม กับด้วงหนั่งสัตว์ลดอัตราการวางไข่ การฟักเป็นตัวหนอน และอัตราการตายของตัวเต็มวัย แต่ไม่มีผลต่อการวางไข่ของตัวเต็มวัยที่รอดชีวิต และการพัฒนาเป็นตัวหนอนของไข่ นอกจากนี้พบว่า การทดสอบกับด้วงถั่วเขียว โดยคลุกน้ำมันหอมระเหยกับถั่วเขียวในอัตรา 7 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม และทดสอบกับด้วง

หนังสือตัวโดยคลุกกับปลาแห้งในอัตรา 28 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม พบว่าคิ่งถั่วเขียวและคิ่งหนังสือตัว มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 1 ชั่วโมง การทดสอบความเป็นพิษโดยการหยดน้ำมันหอมระเหยบนอกปลีองแรกกับคิ่งหนังสือตัวแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยไม่ค่อยมีความสำคัญ ในด้านการออกฤทธิ์แบบสัมผัสตาย เหมือนกันการทดสอบโดยวิธีการของ Omer *et al.* (1997) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกของ Balady orange และส้มจีน โดยวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง GLC พบว่าประกอบด้วย ลิโมนีน 78.38 และ 70.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาทดสอบกับหนอนเจาะสมอฝ้ายอียิปต์ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกของ Balady orange และส้มจีนมีผลต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของหนอน โดยมีค่า LD<sub>50</sub> เท่ากับ 0.26 และ 0.547 มิลลิลิตร ต่อ น้ำ 100 มิลลิลิตร (น้ำ) ตามลำดับ การศึกษาของ Hink *et al.* (1998) เกี่ยวกับผลของลินาตุลต่อไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ของเห็บแมว พบว่าลินาตุลสามารถกำจัดไข่ ตัวหนอน และดักแด้ดักแด้ของเห็บแมวที่อยู่ในพรมได้โดยใช้ลินาตุลอิมัลชัน 1.0 เปอร์เซ็นต์ กับไข่ ส่วนตัวหนอนหรือดักแด้ใช้ลินาตุลอิมัลชัน 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถป้องกันการพัฒนาการเป็นตัวเต็มวัยได้ อีกทั้งการใช้ลินาตุลอิมัลชัน 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมด้วยสารเสริมฤทธิ์ MGK-264 หยคบนตัวแมว สามารถกำจัดเห็บแมวได้ นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยดังกล่าวยังมีผลกระทบน้อยต่อสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังอีกด้วย การศึกษาของ Sinchung (1999) เกี่ยวกับผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้มซึ่งประกอบด้วย คี-ลิโมนีน แอลฟา-ไพเนน เมอซิน และเอธิลบีวาไทรเทต พบว่าสามารถทำให้แมลงวันบ้าน และแมลงสาบเยอรมัน สลบอย่างรวดเร็ว (knockdown) และตาย โดยน้ำมันหอมระเหยปริมาณ 0.5 กรัม ทำให้แมลงวันบ้านสลบอย่างรวดเร็วภายใน 10-20 วินาที และตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 24 ชั่วโมง และยี่ดระยะเวลาในการพัฒนาจากดักแด้เป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันบ้านนานขึ้น ขณะที่ในแมลงสาบเยอรมันใช้ปริมาณ 1 กรัม จะสลบอย่างรวดเร็วภายในเวลา 3-4 นาที และตาย 80-90 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 24 ชั่วโมง Keita *et al.* (2001) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา และโหระพาช้าง ต่อตัวเต็มวัยของคิ่งถั่วเขียว ในปริมาณ 25 ไมโครลิตร นาน 12 ชั่วโมง พบว่าคิ่งถั่วเขียวในน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา โหระพาช้าง และกลุ่มควบคุม มีอัตราการตายที่ 80, 70 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าเพศผู้มีอัตราการตายสูงกว่าเพศเมีย การใช้น้ำมันหอมระเหยในรูปผงกับตัวเต็มวัยของคิ่งถั่วเขียวเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบค่า LD<sub>50</sub> ของโหระพา และโหระพาช้างเท่ากับ 65 และ 116 ไมโครลิตรต่อกรัม ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากโหระพา และโหระพาช้างที่ความเข้มข้น 30 ไมโครลิตร ทำให้มีอัตราการฟักไข่ 3 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมมีอัตราการฟัก 95 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำเมล็ดพืชที่ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยที่เก็บรักษานาน 3 เดือน มาทดสอบการงอกของเมล็ดพืชพบว่าอัตราการงอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ Tripathi *et al.* (2003) ศึกษาผลของคี-ลิโมนีนต่อแมลงศัตรูโรงเก็บ 3 ชนิด คือ มอดข้าวเปลือก คิ่งวงงข้าว และมอดแป้ง โดยศึกษาแบบสัมผัสตาย และการเป็นสารรม ต่อการยับยั้งการวางไข่ การเจริญเติบโต และการกินของ

แมลงทั้ง 3 ชนิด พบว่าความเป็นพิษแบบสัมผัสตายของดี-ลิโมนีนมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันในแมลงทั้ง 3 ชนิด แต่มอดข้าวเปลือกมีความไวต่อการเป็นพิษจากการรมมากกว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของดี-ลิโมนีน พบว่าทำให้การวางไข่ของมอดแป้งลดลง โดยที่ความเข้มข้น 2.14 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถลดการวางไข่ได้สูงถึง 92.3 เปอร์เซ็นต์ และลดอัตราการฟักไข่ถึง 94.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังทำให้หนอนและตัวเต็มวัยตายทั้งหมด และที่ระดับความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อกรัม (อาหาร) มีผลในการยับยั้งการกินอาหารของแมลงทั้ง 3 ชนิด ได้ 87.7-96.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hollingsworth (2005) ที่ศึกษาผลของดี-ลิโมนีนจากพืชตระกูลส้มต่อเพลี้ยแป้ง และเพลี้ยหอยสีเขียว โดยใช้ APSA-80 เป็นอิมัลซิไฟเออร์ พบว่าสารละลายดี-ลิโมนีน 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ผสมด้วย 0.75 เปอร์เซ็นต์ APSA-80 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ Silwet L-77 สามารถควบคุมเพลี้ยแป้งได้ดี และมีความปลอดภัยต่อพืช การใช้สารละลายดี-ลิโมนีนที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมแมลงหวี่ขาวได้มากกว่า 93 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมเพลี้ยแป้งได้ 69 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเป็น 93 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้กับตัวอ่อนของเพลี้ยแป้ง นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมเพลี้ยหอยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาในเรือนทดลองพบว่าเมื่อฉีดพ่นเพลี้ยหอยสีเขียวด้วยสารละลายดี-ลิโมนีน สารละลายน้ำสบู่ 2 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายน้ำมันปิโตรเลียม 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอัตราการตายของเพลี้ยหอยสีเขียวเท่ากับ 95, 89 และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของตัวอ่อนวัย 3-4 ของเพลี้ยแป้งได้ 44.1, 22.7 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดี-ลิโมนีนจึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นสารกำจัดศัตรูพืช และมีความปลอดภัยในการนำมาใช้ควบคุมแมลง อย่างไรก็ตาม สารละลายดี-ลิโมนีน 1 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อเฟิร์นบางชนิด จึง และดอกไม้ที่มีกลีบอ่อนนุ่ม แต่ไม่มีผลต่อดอกไม้ที่มีกลีบหนา ใบมีไข เช่น ปาล์ม กระบองเพชร และกล้วยไม้ ซึ่งจากรายงานการศึกษาจากโลกการออกฤทธิ์ของดี-ลิโมนีน พบว่าดี-ลิโมนีนมีผลต่อเซลล์ประสาทรับความรู้สึกในระบบปลายประสาทของสัตว์ (อริญ งามห้องใส และสุนทร พิพิชแสงจันทร์ 2547; Buss and Park-Brown. 2006; Ware and Whitacre. 2006) ลินาลูลซึ่งเป็นสารในกลุ่มไอโซคลิก เทอร์พีน แอลกอฮอล์ พบว่าเป็นสารที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์ (Elisabetsky *et al.* 1995) ซึ่งในน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอมีดี-ลิโมนีน และลินาลูลเป็นองค์ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอมีประสิทธิภาพในการควบคุมตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพดทั้งเพศผู้และเพศเมีย โดยเมื่อตัวเต็มวัยของด้วงวงงข้าวโพดได้รับน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในปริมาณเท่ากับเพศผู้มีอัตราการตายสูงกว่าเพศเมีย อาจเนื่องจากเพศผู้มีขนาดเล็กกว่าเพศเมีย อัตราการตายของทั้งเพศผู้และเพศเมียเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการรมให้นานขึ้น ทั้งนี้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอปริมาณ 10.5, 11.5 และ 12.5 ไมโครลิตรสามารถควบคุมตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดทั้งเพศผู้และเพศเมียได้ ภายใน 72 ชั่วโมง โดยไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ค่า  $LC_{50}$  และ  $LC_{90}$  ของเพศผู้ต่ำกว่าเพศเมีย โดยค่า  $LC_{50}$  ของเพศผู้และเพศเมีย ที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 8.37 และ 8.66 ไมโครลิตร ค่า  $LC_{90}$  ของเพศผู้และเพศเมีย ที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 10.81 และ 11.20 ไมโครลิตร อัตราการตายของด้วงวงงข้าวโพดในข้าวกล้องบรรจุในขวดที่มีน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็ดปุ๋ยมูลพลาสติก พบว่าต้องใช้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้นถึง 11 เท่า (121 ไมโครลิตร) จากค่า  $LC_{90}$  ของเพศเมีย จึงสามารถควบคุมตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอที่ 121, 143 และ 165 ไมโครลิตร สามารถควบคุมตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดได้โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอต่ออัตราการฟักเป็นตัวเต็มวัย พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอปริมาณ 13, 15, 17 และ 19 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัย โดยไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่อัตราการฟักเป็นตัวเต็มวัยของกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีเท่ากับ 86.67 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในปริมาณ 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 และ 19 ไมโครลิตร ยังทำให้ระยะเวลาฟักเป็นตัวเต็มวัยเพิ่มขึ้นจาก 28 (จำนวนวันที่ไข่ในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีเริ่มฟักเป็นตัวเต็มวัย) เป็น 30, 30, 31, 33, 33, 34 วัน และไม่มีฟักเป็นตัวเต็มวัย ตามลำดับ การศึกษาในเมล็ดข้าวที่ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็ดปุ๋ยมูลพลาสติก พบว่าการวางไข่ และฟักเป็นตัวเต็มวัยเท่ากับ 0 เมื่อรมด้วยเม็ดปุ๋ยมูลพลาสติกที่มีน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 121 ไมโครลิตร ในเม็ดปุ๋ยมูลพลาสติก 1 เม็ด นอกจากนี้ยังทำให้ระยะเวลาฟักเป็นตัวเต็มวัยเพิ่มขึ้นจาก 28 วัน (จำนวนวันที่ไข่ในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีเริ่มฟักเป็นตัวเต็มวัย) เป็น 30, 32, 32 และ 34 วัน เมื่อรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอปริมาณ 33, 55, 77 และ 99 ไมโครลิตร ตามลำดับ ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในการควบคุมตัวเต็มวัยด้วงวงงข้าวโพดในข้าวกล้องบรรจุถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือ ไนลอน พบว่าการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก

เปลือกส้มโอ 120 ไมโครลิตร ในเม็คน้ำมันพลาสติก 1 เม็ด ทำให้ด้วงวงข้าวโพคตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 24 ชั่วโมง นอกจากนี้พบว่าการใช้ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำไม่ประคบด้วยพอลิเอทิลีน หรือไนลอน ไม่สามารถนำมาใช้ควบคุมด้วงวงข้าวโพค

ทั้งนี้การศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการเพิ่มปริมาณราชนะที่บรรจุ หรือปริมาณข้าว หรือเมล็ดธัญพืช จะต้องใช้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้น และผลการทดลองครั้งนี้ยังเป็นการทดลองในขนาดเล็ก ต้องมีศึกษาในสภาพแวดล้อมตามแต่ละสภาวะของชนิดผลิตภัณฑ์ และวิธีการรمتต่อไปอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการศึกษาในด้านการนำน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ไปใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆ ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บ เพื่อสร้างองค์ความรู้ให้เพียงพอ ที่จะนำผลไปใช้ในเชิงพาณิชย์อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

กุสุมา นวลวัฒน์. 2544. “แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร.” หน้า 9-11. ใน เอกสารประกอบการอบรม  
แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. กรุงเทพฯ : กองกัญและสัตววิทยา  
กรมวิชาการเกษตร.

เกียรติเกษร กาญจนพิสุทธิ์, มโนธรรม สัจจถาวร, อดุลย์ พงศ์สุวรรณ, บรรณ บุรณะ และลิขิต  
เอียดแก้ว. 2530. สัมโอ. กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซต.

ใจทิพย์ อุไรชื่น. 2548. ทางเลือกทดแทนสารเมทิลโบรไมด์. [Online]. Available :

[http://www.doa.go.th/public/plibai/plibai\\_46/november%2046/metil.html](http://www.doa.go.th/public/plibai/plibai_46/november%2046/metil.html), 04/02/2549.

ชัยโย ชัยชาญพิพุกุช, มยุรี หาญตระกูล, เกียรติศักดิ์ พูนสุข, โสภณ เรืองสำราญ, สมใจ เฟิง-  
ปรีชา และอมร เพชรสม. 2524. สมุนไพร การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ  
งานวิจัย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุมพล กันทะ. 2533. หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ. ขอนแก่น : ภาควิชากีฏวิทยา  
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุษรา จันทร์แก้วมณี. 2543. “แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร.” หน้า 11-12. ใน เอกสารวิชาการ  
ประกอบการอบรมหลักสูตรการจัดการศัตรูในโรงเก็บ. กรุงเทพฯ : กองกัญและสัตว  
วิทยา กรมวิชาการเกษตร.

บุษรา จันทร์แก้วมณี. 2544. “เทคนิคการใช้สารรมในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร.”  
หน้า 99-105. ใน เอกสารประกอบการอบรมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกัน  
กำจัด. กรุงเทพฯ : กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

บุษรา พรหมสถิต, ชูวิทย์ สุขปรากฏ และพรทิพย์ วิสารทานนท์. 2537. “ความต้านทานของมอด  
ข้าวเปลือก *Rhizopertha dominica* (Fabricius) แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอส  
ฟีน.” วารสารกัญและสัตววิทยา. 16(3) : 165-173.

บุษรา พรหมสถิต, ชูวิทย์ สุขปรากฏ และพรทิพย์ วิสารทานนท์. 2541. “การศึกษาความต้านทาน  
ของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอสฟีน.” วารสารกัญและสัตววิทยา. 20(3) :  
176-183.

เบญจมาภรณ์ ฤทธิ์ไธสง. 2545. ผลของน้ำมันหอมระเหยผลากรอง กระเทียม และน้ำมันสะเดาต่อ  
ด้วงงวงข้าวโพด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา บัณฑิต  
วิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรทิพย์ วิจารณ์านนท์. 2541. “การสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารรมฟอสฟีน.” วารสารกีฏ และสัตววิทยา. 20(2) : 121-124.

พรทิพย์ วิจารณ์านนท์. 2548. การควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. [Online]. Available : <http://www.nrru.ac.th/knowledge/agr003.asp>, 02/04/2006.

พรทิพย์ วิจารณ์านนท์, กุสุมา นวลวัฒน์, บุษรา จันทร์แก้วมณี, ใจทิพย์ อุไรชื่น, รังสิมา เก่งการพานิช, กรรณิการ์ เฟื่องคุ้ม, จิราภรณ์ ทองพันธ์, ดวงสมร สุทธิสุทธิ, ลักขณา ร่มเย็น และภาวินี หนูชนะภัย. 2548. แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, กรมวิชาการเกษตร.

สมาคมกีฏและสัตววิทยาแห่งประเทศไทย. 2545. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูศัตรูพืช ปี 2545. กรุงเทพฯ : สมาคมกีฏและสัตววิทยาแห่งประเทศไทย.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเพชรบูรณ์. 2549. แมลงศัตรู อุอินทรีย์ต่างๆ และศัตรูศัตรูในโรงเก็บ. [Online]. Available : [http://www.peaic.com/RICE\\_DATA/rice\\_008.htm](http://www.peaic.com/RICE_DATA/rice_008.htm), 11/09/2006.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2550.

กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. [Online]. Available : <http://www.oae.go.th>

อรัญ งามผ่องใส และสุนทร พิพิธแสงจันทร์. 2547. สารพิษในการควบคุมศัตรูพืช. [Online]. Available : <http://classroom.psu.ac.th/users/naran/536-412/index.htm>, 06/18/2549.

อุทัย โสธนะพันธ์. 2547. เทคนิคการสกัดแยกและการตรวจสอบเบื้องต้นทางพฤกษเคมี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเภสัชเวท คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Asawalam, E.F. and A.Hassanali. 2006. “Contituents of the Essential Oil of *Vernonia amygdalina* as Maize Weevil Protectants”. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 6 : 95-102.

ASEAN Food Handing Bureau and Australian Centre for International Agricultural Research. 1989. **FAO Plant Protection Bulletin in Suggested Recommendations for the Fumigation of Grain in the ASEAN Region.** Kuala Lumpur : ASEAN Food Handing Bureau.

Ayedoun, A.M., P.V. Sossou, M. Mardarowicz and P.A. Leclercq. 1996. “Volatile Constituents of the Peel and Leaf Oils of *Citrus limon* L. Burm. f. from Benin.” *Journal of Essential Oil Research*. 8(4) : 441-444.

เอกสารนี้เป็นเอกสาร  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

อนึ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bond, E.J., J.R. Robinson and C.T. Buckland. 1969. "The Toxic Action of Phosphine Absorption and Symptoms of Poisoning in Insects." **Journal of Stored Products Research**. 5(4) : 289-292.
- Bouda, H., L.A. Tapondjou, D.A. Fontem and M.Y.D. Gumedzoe. 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(2) : 103-109.
- Buss, E.A. and S.G. Park-Brown. 2006. **Natural Products for Insect Pest Management**. [Online]. Available : <http://edis.ifas.ufl.edu/IN197>, 23/04/2006.
- Chaudhry, M.Q., H.A. Bell, N. Savvidou and A.D. MacNicoll. 2004. "Effect of Low Temperatures on the Rate of Respiration and Uptake of Phosphine in Different Life Stages of the cigarette beetle *Lasioderma serricorne* (F.)." **Journal of Stored Products Research**. 40 : 125-134.
- Chefurka, W., K.P. Kashi and E.J. Bond. 1976. "The Effect of Phosphine on Electron Transport in Mitochondria." **Pesticide Biochemistry and Physiology**. 6(1) : 65-84.
- Cook, S.P. 1992. "Influence of Monoterpene Vapors on Spruce Spider Mite, *Oligonychus ununguis*, Adult Females." **Journal of Chemical Ecology**. 18(9) : 1497-1504.
- Don-Pedro, K.N. 1996. "Fumigant Toxicity is the Major Route of Insecticidal Activity of Citrus Peel Essential Oils." **Pesticide Science**. 46(1) : 71-78.
- Dung, N.X., Pha, N.M., Lo, V.N., An, N.T.K. and P.A. Leclercq. 1991. "The Essential Oil from the Flowers of *Citrus maxima* (J. Burman) Merrill from Vietnam." **Journal of Essential Oil Research**. 3(5) : 359-360.
- Elisabetsky, E., G.P.C. de Souza, M.A.C. dos Santos, I.R. Siqueira, T.A. Amador and D.S. Nunes. 1995. "Sedative Properties of Linalool." **Fitoterapia**. 66(5) : 407-414.
- Ellis, M.D. and F.P. Baxendale. 1997. "Toxicity of Seven Monoterpenoids to Tracheal Mites (Acari: Tarsonemidae) and their Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Hosts When Applied as Fumigants." **Journal of Economic Entomology**. 90(5) : 1087-1091.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Harwood, S.H., A.F. Moldenke and R.E. Berry. 1990. "Toxicity of Peppermint Monoterpenes to the Variegated Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae)." **Journal of Economic Entomology** . 83 : 1761-1767.
- Hink, W.F., T.A. Liberati and M.G. Collart. 1988. "Toxicity of Linalool to Life Stages of the Cat Flea, *Ctenocephalides felis* (Siphonaptera: Pulicidae), and its Efficacy in Carpet and on Animals." **Journal of Medical Entomology**. 25(1) : 1-4.
- Hollingsworth, R.G. 2005. **Limonene, a Citrus Extract, for Control of Mealybugs and Scale Insects**. [Online]. Available : <http://www.bioone.org/bioone/?request=get-document&issn=0022-0493&volume=098&issue=03&page=0772>, 02/03/2006.
- Isichaikul, S., S. Jiwajinda, S. Tantakom and C. Channoo. 2002. "Fumigation Toxicity of Eucalyptus Oil Against Three Stored-Product Beetles." **Thai Journal of Agricultural Science**. 35(3) : 265-272.
- Kekelidze, N.A. and G.M. Fishman. 1973. "Studies on the Essential Oils of some Citrus Fruits." **Subtropicheskie Kul'tury**. 6 : 50-54.
- Keita, S. M., C. Vincent, J.P. Schmit, J.T. Arnason and A. Belanger. 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.
- Ketoh, G.K., H.K. Koumaglo, I.A. Glitho, J. Auger and J. Huignard. 2005a. **Essential Oils Residual Effects on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) survival and Female Reproduction and Cowpea Seed Germination**. [Online]. Available : <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=765412>, 11/07/2006.
- Ketoh, G.K., H.K. Koumaglo and I.A. Glitho. 2005b. "Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) Development with Essential Oil Extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the Wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae)." **Journal of Stored Products Research**. 41 : 363-371.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิพนธ์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Khattak, M.K., A.B. Broce and B. Dover. 2001. "Comparative Effects of Neem or Mineral Oil on Maize Weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch. And its Parasitoid, *Anisopteromalus calandrae* (Howard)." **Journal of Biological Sciences.** 1(5) : 378-381.
- Kouninki, H., T. Hance, F.A. Noudjou, G. Lognay, F. Malaisse, M.B. Ngassoum, P.M. Mapongmetsem, L.S.T. Ngamo and E. Haubruge. 2007. "Toxicity of Some Terpenoids of Essential Oils of *Xylopi aethiopica* from Cameroon Against *Sitophilus zeamais* Motschulsky." **Journal of Applied Entomology.** 131(4) : 269-274.
- Lee, S.E., B.H. Lee, W.S. Choi, B.S. Park, J.G. Kim and B.C. Campbell. 2001. "Fumigant Toxicity of Volatile Natural Products from Korean Spices and Medicinal Plants Towards the Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L)." **Pest Management Science.** 57(6) : 548 -- 553.
- Lee, S., C.J. Peterson and J.R. Coats. 2003. "Fumigation Toxicity of Monoterpenoids to Several Stored Product Insects." **Journal of Stored Products Research.** 39 : 77-85.
- Lyon, W.F. 2007. **Granary and Rice Weevils.** [Online]. Available : <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/2000/2088.html>, 31/03/2007.
- Macchioni, F., P.L. Cioni, G. Flamini, I. Morelli, S. Perrucci, A. Franceschi, G. Macchioni, and L. Ceccarini. 2002. "Acaricidal Activity of Pine Essential Oils and Their Main Components Against *Tyrophagus putrescentiae*, a Stored Food Mite." **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 50(16) : 4586-4588.
- Nakakita, H., T. Saito and K. Iyatomi. 1974. "Effect of Phosphine on the Respiration of Adult *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae)." **Journal of Stored Products Research.** 10(2) : 87-92.
- Nakakita, H. and R.G. Winks. 1981. "Phosphine Resistance in Immature Stages of a Laboratory Selected Strain of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)." **Journal of Stored Products Research.** 17(2) : 43-52.
- Njoroge, SM., H. Koaze, PN. Karanja and M. Sawamura. 2005. **Volatile Constituents of Redblush Grapefruit (*Citrus paradisi*) and Pummelo (*Citrus grandis*) Peel Essential Oils from Kenya.** [Online]. Available : [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list\\_uids=16332132&dopt=Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=16332132&dopt=Abstract), 15/06/2006.

- Obeng-Ofori, D. and S. Amiteye. 2005. "Efficacy of Mixing Vegetable Oils with Pirimiphos-Methyl Against the Maize Weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky in Stored Maize." **Journal of Stored Products Research**. 41 : 57-66.
- Omer, E.A., A.A. Youssef, E.N. Abo-Zeid and A.M. Sharaby. 1997. "Biochemical Studies on the Essential Oils of Balady Orange and Mandarin." **Egyptian Journal of Horticulture**. 24(2) : 207-218.
- Papachristos D.P. and D.C. Stamopoulos. 2004. "Fumigant Toxicity of Three Essential Oils on the Eggs of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae)." **Journal of Stored Products Research**. 40(5) : 517-525.
- Paranagama, P., C. Adhikari, K. Abeywickrama and P. Bandara. 2003. "Deterrent Effects of some Sri Lankan Essential Oils on Oviposition and Progeny Production of the Cowpea Bruchid; *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera; Bruchidae)." **Food, Agriculture & Environment**. 1(2) : 254-257.
- Pfadt, R.E., editor. 1985. **Fundamentals of Applied Entomology**. Macmillan : United States of America.
- Price, N. R. 1980. "The Effect of Phosphine on Respiration and Mitochondrial Oxidation in Susceptible and Resistant Strains of *Rhyzopertha dominica*." **Insect Biochemistry**. 10(1) : 65-71.
- Rajendran S. 2000. "Inhibition of Hatching of *Tribolium castaneum* by Phosphine." **Journal of Stored Products Research**. 36 : 101-106.
- Ribeiro, B.M., Guedes, R.N.C., Oliveira, E.E. , and J.P. Santos. 2005. "Insecticide Resistance and Synergism in Brazilian Populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)." **Journal of Stored Products Research**. 39 : 21-31.
- Sinchung, L. 1999. "Mortality and Repellency Effects of Essential Oils from Citrus Against the Housefly and German Cockroach." **Chinese Journal of Entomology**. 19(2) : 153-160.
- Subramanyam, B. and D.W. Hagstrum. 1996. **Integrated Management of Insects in Stored Products**. New York : Marcel Dekker.
- Tripathi, A.K., V. Prajapati, S.P.S. Khanuja and S. Kumar. 2003. "Effect of d-Limonene on Three Stored-Product Beetles." **Journal of Economic Entomology**. 96(3) : 990-995.

Wang, M.L., Y.M. Choong and M.H. Lee. 1994. "The Effects of Extraction Method on the Determination of Essential Oils in Citrus Peels." **Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society.** 32(2) : 141-148.

Ware, G.W. and D.M. Whitacre. 2006. **An Introduction to Insecticides.** [Online]. Available : <http://ipmworld.umn.edu/chapters/ware.htm>, 23/04/2006.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยจากผิวเปลือกส้มโอ**

ครั้งที่	น้ำหนักเปลือกส้มโอ (กรัม)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (มิลลิลิตร)	เปอร์เซ็นต์ผลผลิต
1	480	6.7	1.40
2	670	7.0	1.04
3	640	7.4	1.16
4	640	8.5	1.32
5	500	5.6	1.12
6	300	3.3	1.10
7	600	5.8	0.97
8	500	4.8	0.96
เฉลี่ย	541.25	6.14	1.13

**ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
งวงข้าวโพดเพศผู้หลังการรม 48 ชั่วโมง**

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	42234.17	4692.69	98.79**
Error	20	950	47.50	
Total	29	43184.17		

C.V. = 12.27%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
งวงข้าวโพดเพศผู้หลังการรวม 72 ชั่วโมง**

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	40450.83	4494.53	101.76**
Error	20	883.33	44.17	
Total	29	41334.17		

C.V. = 11.49%

**\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง**

**ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
งวงข้าวโพดเพศผู้หลังการรวม 72 ชั่วโมง**

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	38113.33	4234.81	95.88**
Error	20	883.33	44.17	
Total	29	38996.67		

C.V. = 11.13%

**\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง**

**ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
งวงข้าวโพดเพศเมียหลังการรวม 48 ชั่วโมง**

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	42016.67	4668.52	47.68**
Error	20	1950.00	97.50	
Total	29	43966.67		

C.V. = 18.51%

เอกสารนี้ **\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง** หมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบกันนั้น ไม่นับว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
วงข้าวโพดเทศเมียหลังการรม 72 ชั่วโมง**

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	40574.17	4508.24	51.52**
Error	20	1750.00	87.50	
Total	29	42324.17		

C.V. = 16.96%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
วงข้าวโพดเทศเมียหลังการรม 96 ชั่วโมง**

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	37313.33	4145.93	42.16**
Error	20	1966.67	98.33	
Total	29	39280.00		

C.V. = 17.40%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีต่อ  
อัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงหลังการรม 48 72 และ 96 ชั่วโมง**

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	0	0	
Error	6	0	0	
Total	8	0		

C.V. = %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 9** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของสารรมฟอสฟีนต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงงวงหลังการรม 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	0	0	
Error	6	0	0	
Total	8	0		

C.V. = %

**ตารางภาคผนวกที่ 10** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 5.5 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงงวงหลังการรม 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	155.56	77.78	1.87 <sup>ns</sup>
Error	6	250.00	41.67	
Total	8	405.56		

C.V. = 89.38%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

**ตารางภาคผนวกที่ 11** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 6.5 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงงวงหลังการรม 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	72.22	36.11	1.86 <sup>ns</sup>
Error	6	116.67	19.44	
Total	8	188.89		

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ <sup>ns</sup> อย่างไรก็ตามเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 12** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 7.5 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงหลังการรวม 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	88.89	44.44	1.07 <sup>ns</sup>
Error	6	250.00	41.67	
Total	8	338.89		

C.V. = 14.71%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

**ตารางภาคผนวกที่ 13** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 8.5 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงหลังการรวม 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	38.89	19.44	0.32 <sup>ns</sup>
Error	6	366.67	61.11	
Total	8	405.56		

C.V. = 14.81%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

**ตารางภาคผนวกที่ 14** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 9.5 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงหลังการรวม 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	5.56	2.78	0.02 <sup>ns</sup>
Error	6	700.00	116.67	
Total	8	705.56		

C.V. = 14.84%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 10.5 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงงวงหลังการรวม 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	38.89	19.44	0.17 <sup>ns</sup>
Error	6	683.33	113.89	
Total	8	722.22		

C.V. = 11.93%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 11.5 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงงวงหลังการรวม 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	0.00	0.00	0.00 <sup>ns</sup>
Error	6	350.00	58.33	
Total	8	350.00		

C.V. = 8.33%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 12.5 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงงวงหลังการรวม 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	2	0	0	
Error	6	0	0	
Total	8	0		

C.V. = %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการฟักเป็นตัวเต็มวัยด้วง  
วงข้าวโพดหลังการรม 48 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	22754.17	2528.24	48.16**
Error	20	1050.00	52.50	
Total	29	23804.17		

C.V. = 29.98%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
วงข้าวโพดในข้าวกล้อง 25 กรัม ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้ม  
โอในเม็ดปุ๋ยพลาสติก นาน 48 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	42460.37	4717.82	127.35**
Error	20	740.94	37.05	
Total	29	43201.31		

C.V. = 14.86%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
วงข้าวโพดในข้าวกล้อง 25 กรัม ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้ม  
โอในเม็ดปุ๋ยพลาสติก นาน 72 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	44101.75	4900.19	55.89**
Error	20	1753.45	87.67	
Total	29	45855.20		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณี C.V. = 19.40% ึ่งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**ตารางภาคผนวกที่ 21** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
งวงข้าวโพคในข้าวกล้อง 25 กรัม ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้ม  
โอในเมล็ดปุนพลาสติก นาน 96 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	46773.74	5197.08	64.87**
Error	20	1602.22	80.11	
Total	29	48375.96		

C.V. = 17.46%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**ตารางภาคผนวกที่ 22** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
งวงข้าวโพคในข้าวกล้อง 25 กรัม ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้ม  
โอในเมล็ดปุนพลาสติก นาน 120 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	46975.49	5219.50	77.59**
Error	20	1345.37	67.27	
Total	29	48320.86		

C.V. = 15.61%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**ตารางภาคผนวกที่ 23** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
งวงข้าวโพคในข้าวกล้อง 25 กรัม ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้ม  
โอในเมล็ดปุนพลาสติก นาน 144 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	45620.44	5068.94	70.59**
Error	20	1436.12	71.81	
Total	29	47056.58		

C.V. = 15.61%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพคในข้าวกล้อง 25 กรัม ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติก นาน 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	45620.44	5068.94	70.59**
Error	20	1436.12	71.81	
Total	29	47056.58		

C.V. = 15.61%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางภาคผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพคหลังการรม 48, 72 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	0	0	
Error	12	0	0	
Total	17	0		

C.V. = %

ตารางภาคผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของกลุ่มควบคุมที่มีเม็คปูนพลาสติกที่ไม่มีสารเคมีต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพคหลังการรม 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	0	0	
Error	12	0	0	
Total	17	0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ 17 ไร่ ใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณี C.V. = % อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติก 11 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพด หลังการรม 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	45.38	9.08	0.15 <sup>ns</sup>
Error	12	725.81	60.48	
Total	17	771.18		

C.V. = 97.99%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางภาคผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติก 33 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดหลังการรม 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	1431.08	286.22	2.84 <sup>ns</sup>
Error	12	1209.39	100.78	
Total	17	2640.47		

C.V. = 38.72%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางภาคผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติก 55 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดหลังการรม 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	1738.76	347.75	10.61 <sup>**</sup>
Error	12	393.24	32.77	
Total	17	2132.00		

C.V. = 15.03 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดก็ตามมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 30** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสติก 77 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดหลังการรม 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	1807.99	361.60	1.71 <sup>ns</sup>
Error	12	2539.46	211.62	
Total	17	4347.46		

C.V. = 23.30%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

**ตารางภาคผนวกที่ 31** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสติก 99 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดหลังการรม 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	786.32	157.26	0.56 <sup>ns</sup>
Error	12	3340.41	278.37	
Total	17	4126.73		

C.V. = 21.45%

<sup>ns</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

**ตารางภาคผนวกที่ 32** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสติก 121 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดหลังการรม 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	422.63	84.53	4.59*
Error	12	220.83	18.40	
Total	17	643.46		

C.V. = 4.59%

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นงานวิจัยสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 33** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสติก 143 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดหลังการรม 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	293.45	58.69	4.23*
Error	12	166.31	13.86	
Total	17	459.77		

C.V. = 3.83%

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**ตารางภาคผนวกที่ 34** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเมล็ดปุนพลาสติก 165 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดหลังการรม 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	5	0	0	
Error	12	0	0	
Total	17	0		

C.V. = %

**ตารางภาคผนวกที่ 35** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดข้าวที่มีการวางไข่หลังการรม 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	114330.17	12703.35	1000.26**
Error	20	254.00	12.70	
Total	29	114584.17		

C.V. = 6.13%

เอกสารนี้\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 36** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนการฟักเป็นตัวเต็มวัย  
ด้วงวงข้าวโพดหลังการรม 168 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	9	76454.97	8495.00	690.65**
Error	20	246.00	12.30	
Total	29	76700.97		

C.V. = 7.56%

**\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง**

**ตารางภาคผนวกที่ 37** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วง  
วงข้าวโพดในข้าวกล้อง 25 กรัม บรรจุถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน  
ความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือ โนลอนหลังการรม 6 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	4	0	0	
Error	10	0	0	
Total	14	0		

C.V. = %

**ตารางภาคผนวกที่ 38** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวง  
ข้าวโพดในข้าวกล้อง 25 กรัม บรรจุถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความ  
หนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือ โนลอนหลังการรม 12 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	4	96.67	24.17	16.00**
Error	10	15.11	1.51	
Total	14	111.78		

C.V. = 96.82%

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
**\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง** หมายความว่า... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 39** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติอัตราการตายของตัวเต็มวัยคั้งวงง  
ข้าวโพดเทศผู้ในข้าวกล้อง 25 กรัม บรรจุงพลาสติกชนิดสูญญากาศ หลัง  
การรม 18 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	4	15126.10	3781.53	78.15**
Error	10	483.90	48.39	
Total	14	15610.00		

C.V. = 25.19%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**ตารางภาคผนวกที่ 40** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติอัตราการตายของตัวเต็มวัยคั้งวงง  
ข้าวโพดในข้าวกล้อง 25 กรัม บรรจุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความ  
หนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีนหรือไนลอนหลังการรม 24 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	4	0	0	
Error	10	0	0	
Total	14	0		

C.V. = %

**ตารางภาคผนวกที่ 41** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของกลุ่มควบคุมที่ไม่มีสารเคมีต่อ  
อัตราการตายของตัวเต็มวัยคั้งวงงข้าวโพดในข้าวกล้อง 25 กรัม  
บรรจุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน  
หรือไนลอน หลังการรม 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	3	22500.00	7500.00	∞**
Error	8	0	0	
Total	11	22500.00		

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับ 11 โรงงานเพื่อ 22500.00 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณี C.V. = 0% อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**ตารางภาคผนวกที่ 42** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของกลุ่มควบคุมที่มีเม็ดปูนพลาสติก  
 เคอร์ที่ไม่มีสารเคมีต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดในข้าว  
 กล้อง 25 กรัม บรรจุถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบ  
 กับพอลิเอทิลีน หรือไนลอน หลังการรม 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	3	22500.00	7500.00	$\infty^{**}$
Error	8	0	0	
Total	11	22500.00		

C.V. = 0%

**\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง**

**ตารางภาคผนวกที่ 43** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือก  
 ส้มโอในเม็ดปูนพลาสติกเคอร์ 120 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัย  
 ด้วงวงวงข้าวโพดเพศผู้ในข้าวกล้อง 25 กรัม บรรจุถุงพลาสติกชนิดพอลิเอ  
 ทิลีนความหนาแน่นต่ำประกบกับพอลิเอทิลีน หรือไนลอนหลังการรม 6, 12,  
 18 และ 24 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	3	20816.24	6938.74	1222.41**
Error	8	45.41	5.68	
Total	11	20861.66		

C.V. = 8.34%

**\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 44** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติก 360 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดในข้าวกล้อง 25 กรัม บรรจุงูงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ความหนาแน่นค่าประกบกับพอลิเอทิลีน หรือ โนลอนหลังการรม 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	3	20090.73	6696.91	884.85**
Error	8	60.55	7.57	
Total	11	20151.27		

C.V. = 7.88%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**ตารางภาคผนวกที่ 45** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในเม็คปูนพลาสติก 600 ไมโครลิตร ต่ออัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดในข้าวกล้อง 25 กรัม บรรจุงูงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ความหนาแน่นค่าประกบกับพอลิเอทิลีน หรือ โนลอนหลังการรม 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง

Sources	DF	SS	MS	F
Treatment	3	24142.66	8047.55	163.80**
Error	8	393.05	49.13	
Total	11	24535.71		

C.V. = 14.72%

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายลักขมณั พชรไวภูณฐ์
วัน เดือน ปีเกิด	31 กรกฎาคม 2523
ที่อยู่	25/507 ซ.รามคำแหง 174 เขตมีนบุรี แขวงมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510
ประวัติการศึกษา	2546 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้