ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl) ต่อตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

EFFECTIVENESS OF LONG PEPPER (*PIPER RETROFRACTUM* VAHL) EXTRACTS AGAINST ADULT OF STORED PRODUCT INSECT PESTS

ดวงกมล นามี

DUANGKAMON NAMEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2566
KMITL-2023-AG-M-065-380

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTIVENESS OF LONG PEPPER (*PIPER RETROFRACTUM* VAHL) EXTRACTS AGAINST ADULT OF STORED PRODUCT INSECT PESTS

DUANGKAMON NAMEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2023
KMITL-2023-AG-M-065-380

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl) ต่อตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูในโรงเก็บ
นักศึกษา	นางสาวดวงกมล นามี
รหัสประจำตัว	61604011
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.คำรณวิทย์ ทิพย์มณี

บทคัดย่อ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl) ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูในโรงเก็บ 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) และด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) เมื่อทำการทดสอบในรูปแบบของสารฆ่าโดยวิธีการสัมผัส (contact method) ต่อด้วงงวงข้าวโพด ที่ความเข้มข้น 0.00, 31.45, 62.89, 94.34, 125.78 และ 157.23 μg/cm^2 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (157.23 μg/cm^2 ของ Tween-20 ในน้ำ) ที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ให้ผลในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ดีที่สุด โดยในการทดสอบที่เวลา 24 ชั่วโมง ความเข้มข้น 157.23 μg/cm^2 สามารถฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ถึง 97.40% ซึ่งสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ยังมีความเป็นพิษมากที่สุด โดยมีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 0.319 และ 0.594 μg/cm^2 ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบในรูปแบบของสารฆ่าโดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงถั่วเขียว ที่ความเข้มข้น 0, 3.14, 6.29, 9.43, 12.58 และ 15.72 μg/cm^2 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (15.72 μg/cm^2 ของ Tween-20 ในน้ำ) พบว่า ที่เวลา 48 ชั่วโมง ความเข้มข้น 15.72 μg/cm^2 สามารถฆ่าด้วงถั่วเขียวได้มากถึง 100% มีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเขียว โดยมีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 4.781 และ 8.731 μg/cm^2 ตามลำดับ และเมื่อทำการทดสอบในรูปแบบของสารฆ่าโดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงถั่วเหลือง ที่ความเข้มข้น 0, 3.93, 7.86, 11.79, 15.72 และ 19.65 μg/cm^2 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (19.65 μg/cm^2 ของ Tween-20 ในน้ำ) เมื่อทดสอบที่เวลา 48 ชั่วโมง ความเข้มข้น 19.65 μg/cm^2 พบว่า สามารถฆ่าด้วงถั่วเหลืองได้มากถึง 98.33% มีค่าความเป็นพิษ LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 7.963 และ 14.045 μg/cm^2 ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane มาทดสอบกับแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ในรูปแบบของสารไล่ พบว่า มีประสิทธิภาพในการการไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้ไม่ดีนัก โดยมีค่าดัชนีการไล่ (%RI) น้อยกว่า 10% และมีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองได้เล็กน้อย ที่เวลา 5 และ 3 ชั่วโมง โดยมีค่าดัชนีการไล่ (%RI) อยู่ที่ 44 และ 40% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด ทำการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างสารเคลือบชนิดต่าง ๆ กัน 6 ชนิด ได้แก่ สารเคลือบ+ดีปลี 1%, สารเคลือบ+ดีปลี 3%, สารเคลือบ+ดีปลี 5%, สารเคลือบ+สารเคมี rec. rate และสารเคมี+สารเคมี double rate เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม คือสารเคลือบที่ไม่มีการผสมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 เดือน ที่เคลือบด้วยสารเคลือบ+ดีปลี 5% และสารเคลือบ+สารเคมี double rate มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพดได้ดีที่สุด โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 87.99 และ 97.18% ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับเมล็ดถั่วเขียวที่ทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 เดือน ที่เคลือบด้วยสารเคลือบ+ดีปลี 3%, สารเคลือบ+ดีปลี 5% และสารเคลือบ+สารเคมี double rate มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองได้ดีที่สุด โดยมีอัตราการตายของด้วงถั่วเขียวเท่ากับ 99.05, 100 และ 99.00% ตามลำดับซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีอัตราการตายของด้วงถั่วเหลืองเท่ากับ 98.05, 100 และ 95.00% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และสารเคลือบเมล็ดจากสารสกัดดีปลีที่ความเข้มข้น 1, 3 และ 5% สามารถยับยั้งการวางไข่ของแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ได้มากถึง 100% ในทุก ๆ ช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษา

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน และเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบจากสารสกัดดีปลี พบว่าในเมล็ดข้าวโพดที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบจากดีปลีที่ความเข้มข้น 1% เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 6 เดือน นั้นมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 64.50% ในส่วนของเมล็ดถั่วเขียวที่เคลือบด้วยสารเคลือบจากสารสกัดดีปลีที่ความเข้มข้น 1% เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 4 และ 6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 98.75 และ 97.50% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effectiveness of Long pepper (*Piper retrofractum* vahl) Extracts against Adult of Stored Product Insect Pests
Student	Miss Duangkamon Namee
Student ID.	61604011
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2023
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kumronwit Tipmanee

ABSTRACT

Efficacy test of long pepper (*Piper retrofractum* Vahl) extract with hexane, acetone and ethanol against adults of 3 species of storage insect pests; maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky), cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* Fabricius) and southern cowpea weevil (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus) was performed by using contact method, Those extracts at the concentrations of 0.00, 31.45, 62.89, 94.34, 125.78 and 157.23 µg/cm^2 were applied to maize weevil and compared to the control group (157.23 µg/cm^2 of Tween-20 in water) Then, the observation was made at 12 and 24 hour. It was found that the hexane extracted of Long pepper extract gave the best result in killing the maize weevil. With in 24 hour test at the concentration of 157.23 µg/cm^2 killed 97.40% of the maize weevil with LC_{50} and LC_{90} values of 0.319 and 0.594 µg/cm^2 respectively. When the teste to cowpea weevil with the concentrations of 0, 3.14, 6.29, 9.43, 12.58 and 15.72 µg/cm^2 and compared with the control group (15.72 µg/cm^2 of Tween-20 in water). It could control this insect up to 100% with LC_{50} and LC_{90} values of 4.781 and 8.731 µg/cm^2 respectively. When the toxicity test to the southern cowpea weevil by applying this extract at the concentrations of 0, 3.93, 7.86, 11.79, 15.72 and 19.65 µg/cm^2 and compared to the control group (19.65 µg/cm^2 of Tween-20 in water) The mortality of the southern cowpea weevil was up to 98.33% with toxicity values of LC_{50} and LC_{90} at 7.963 and 14.045 µg/cm^2 respectively. When this hexane extract of long pepper was tested against all 3 species of storage insect pests in the form of repellents. It was found that it was not effective in repelling the maize weevil with a repelling index (%RI) of less than 10% and slightly effective in repelling cowpea weevil and southern

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cowpea weevil, when repelling index (%RI) of 44 and 40% was observed at 5 and 3 hours of study period, respectively.

The toxicity test of long pepper extract against those 3 species insect by using seed coating method were performed different coating treatments, 1% long pepper extract, 3% long pepper extract, 5% long pepper extract, chemical at recommendation rate and chemical coatings at double rate and the control group, which was the coating agent. The coated seeds were stored for 0, 2, 4 and 6 months in order to perform the bioassay. It was found that coated 5% long pepper sweet corn seeds stored for 4 months and chemical coatings at double rate had the best protection against maize weevils. The mortality rates were 87.99 and 97.18%, respectively, which were not statistically different. As for mung bean seeds coated 3% extract of long pepper, that were stored for 4 months as well as mung bean seed coated 5% extract of long pepper and chemical coatings at double rate were extremely effective in preventing cowpea weevil and southern cowpea weevil. The cowpea weevil mortality rates were 99.05, 100 and 99.00%, respectively, which were not statistically different. The southern cowpea weevil mortality rates were 98.05, 100 and 95.00%, respectively, which were not statistically different. The seed coated extract of long pepper at concentrations of 1, 3 and 5% was able to inhibit the spawning of those 3 species insect up to 100% at every storage period.

When the germination of coated sweet corn and mung bean seeds were evaluated. The result showed that the germination percentage of sweet corn seed coated 1% extract of long pepper and stored for 6 months was 64.50%. Beside, this coated sweet corn seed stored at 4 and 6 months, demonstrated the germination percentages of 98.75 and 97.50%, respectively, which were not statistically different compared to untreated seeds.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณา และคำแนะนำที่ดีจาก รศ.ดร. คำรณ วิทย์ ทิพย์มณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ดร.จรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์เชี่ยวชาญประจำห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยา ที่คอยดูแลและชี้แนะแนวทางการทำวิจัยที่ถูกต้อง รวมถึงให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ เครื่องมือ สารเคมี และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีมาตลอด

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่สาว ที่เลี้ยงดูอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำและการสนับสนุน รวมถึงคอยให้กำลังใจในการเรียนและการทำวิจัยเรื่องนี้เป็นอย่างดีเสมอมา

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ ประจำสาขากีฏวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคน ที่คอยให้คำแนะนำและการช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งคอยให้กำลังใจแก่กันเสมอมา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้คุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพ ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพและผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน

ดวงกมล นามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....3

1.3 ขอบเขตการวิจัย.....3

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ชนิดของแมลงศัตรูในโรงเก็บ.....5

2.2 แมลงศัตรูในโรงเก็บและการป้องกันกำจัด.....8

2.3 พืชสมุนไพร.....15

2.4 สารสกัดจากพืชสมุนไพร.....16

2.5 การเคลือบเมล็ด.....24

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....27

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย.....27

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย.....31

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....42

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีสัมผัส.....42

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์.....48

4.3 การทดสอบคุณภาพและการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากดีปลี เมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....59
5.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีสัมผัส.....59
5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์.....60
5.3 การทดสอบคุณภาพและการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากดีปลี เมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน.....61
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....62
6.1 สรุปผลการวิจัย.....62
6.2 ข้อเสนอแนะ.....63
บรรณานุกรม.....64
ภาคผนวก.....75
ประวัติผู้เขียน.....80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตัวอย่างของสารสำคัญในพืชสมุนไพร.....18
2.2 ชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียว.....26
2.3 ชนิดของสารออกฤทธิ์ที่ใช้ร่วมในการเคลือบเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียว.....26
4.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีในรูปของสารฆ่าต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีสัมผัส.....43
4.2 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50} และ LC_{90}) ในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีสัมผัส.....43
4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีในรูปของสารฆ่าต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยวิธีสัมผัส.....44
4.4 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50} และ LC_{90}) ในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยวิธีสัมผัส.....45
4.5 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีในรูปของสารฆ่าต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีสัมผัส.....46
4.6 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50} และ LC_{90}) ในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีสัมผัส.....46
4.7 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีการเคลือบเมล็ด.....50
4.8 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยวิธีการเคลือบเมล็ด.....51
4.9 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีการเคลือบเมล็ด.....52
4.10 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น.....55
4.11 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น.....56
4.12 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์การงอก.....56
4.13 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์การงอก.....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.14 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก.....57
4.15 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky).....5
2.2 ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* Fabricius).....6
2.3 ด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus).....7
2.4 ผลดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl).....15
2.5 วิธีการสกัดด้วย Soxhlet extraction.....21
3.1 แผนภาพแสดงแผนการดำเนินงานในงานวิจัย.....31
3.2 ก. แช่สกัดด้วยตัวทำละลาย ข. เครื่องลดปริมาตรสาร หรือ เครื่อง Rotary evaporator.....32
3.3 การเพาะเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*).....33
3.4 การเพาะเลี้ยง ; ก : ด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*), ข : ด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) 33
3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการสัมผัส (contact method) ในรูปของสารฆ่า.....34
3.6 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการสัมผัส (contact method) ในรูปของสารไล่.....36
3.7 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพด 37
3.8 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ทดสอบกับด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลือง 38
3.9 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด ; ก : การเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด , ข : การเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว.....39
3.10 การเพาะเมล็ดพันธุ์เพื่อทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก.....40
4.1 เปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (repellent index : %RI) ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีการสัมผัส.....47
4.2 เปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (repellent index : %RI) ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยวิธีการสัมผัส.....47
4.3 เปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (repellent index : %RI) ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus Chinensis*) โดยวิธีการสัมผัส.....48
4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ในรูปของการยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด.....53
4.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) ในรูปของการยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด.....53
4.6 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ในรูปของการยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลผลิตทางการเกษตรประเภทธัญพืชถือเป็นผลผลิตที่ได้จากพืชเศรษฐกิจที่สำคัญหลัก ๆ ของประเทศไทย โดยเมล็ดธัญพืชนั้นมีด้วยกันหลายชนิด เช่น เมล็ดข้าว เมล็ดข้าวโพด เมล็ดข้าวฟ่าง เมล็ดข้าวสาลี เมล็ดถั่วเขียว และเมล็ดถั่วเหลือง เป็นต้น ซึ่งเมล็ดธัญพืชที่เป็นผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้ถือเป็นอาหารหลักของประชากรทั่วโลก และมีแหล่งปลูกอยู่ทั่วประเทศ การเกษตรกรรมของธัญพืชเหล่านี้จึงมีความสำคัญอย่างมาก ซึ่งเมล็ดพันธุ์ของธัญพืชเหล่านี้มักเกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษาจึงควรได้รับการดูแลและเก็บรักษาที่เหมาะสม (Murphy, 2017; Yang and Wen, 2017) เนื่องจากมีปัจจัยหลายด้านที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดพันธุ์ของธัญพืชเหล่านี้ได้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และแสง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัจจัยหลักที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสียหายจากการเข้าทำลายของโรค และแมลง (Taylor *et al*. 1998) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของธัญพืชเหล่านี้ จึงเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญในการดูแลผลผลิตไม่ให้เกิดความเสียหายก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร, 2543) ในยุ้งฉาง โกดัง หรือในโรงสีมักประสบปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บก่อให้เกิดความเสียหายทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ เนื่องจากแมลงศัตรูในโรงเก็บเหล่านี้นั้นมักมีขนาดเล็ก สังเกตยาก ขยายพันธุ์เร็ว วงจรชีวิตสั้น ยากแก่การป้องกันไม่ให้แมลงเข้าทำลาย (Hansuri and Siri, 2018; Rees, 2004) ซึ่งสร้างความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตรเป็นอย่างมาก ซึ่งแมลงศัตรูในโรงเก็บจะเข้าทำลายโดยการกัดกินเมล็ด ทำให้เมล็ดเป็นรูพรุน เป็นผุยผง เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ สูญเสียคุณภาพการงอก และน้ำหนัก ส่งผลทำให้เมล็ดไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ โดยแมลงที่เป็นศัตรูที่สำคัญ และสร้างความเสียหายให้ผลผลิตมากที่สุดของเมล็ดธัญพืชทั้งที่ใช้ทำเมล็ดพันธุ์ และเพื่อการบริโภค ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* Fabricius) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus) เป็นต้น

ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อนำมาใช้เป็นเมล็ดพันธุ์เพื่อทำการขยายพันธุ์ต่อไป จึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ ซึ่งเป็นวิธีการที่สำคัญอย่างมาก เพื่อหลีกเลี่ยงผลเสียที่จะเกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์โดยจะต้องคำนึงถึงวิธีการที่เหมาะสม และปลอดภัยต่อเมล็ดพันธุ์พืช ในปัจจุบันมีหลากหลายวิธีในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ แต่วิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วไปโดยส่วนใหญ่ คือ วิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ เป็นวิธีการที่ลดความเสียหายของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะใช้สารเคมีร่วมกับการเคลือบเมล็ดพันธุ์ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ เนื่องจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูในโรงเก็บเป็นวิธีที่รวดเร็ว สะดวก แต่ส่งผลให้เกิดสารพิษตกค้างในเมล็ดธัญพืช เมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่งทำให้แมลงสร้างความต้านทาน และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา

ปัจจุบันมีรายงานว่า แมลงศัตรูในโรงเก็บหลายชนิดสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์การ์โนฟอสเฟต (orgainophosphates) บางชนิด (พรทิพย์, 2541) การศึกษาของสุเทพ และคณะ (2556) ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่สำคัญในถั่วเขียวโดยใช้วิธีคลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก ได้แก่ การคลุกเมล็ดด้วยสารอิมิดาคลอพริด (Provado 60%FS) อิมิดาคลอพริด (Gaucho 70%WS) และ ไธอะมีโทแซม (Cruiser 35%FS) อัตรา 10 มิลลิลิตร/เมล็ด 1 กิโลกรัม อัตรา 5 กรัม/เมล็ด 1 กิโลกรัม และอัตรา 10 มิลลิลิตร/เมล็ด 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าการคลุกเมล็ดด้วยสารฆ่าแมลง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวทั้ง 3 ชนิด จากการศึกษาของถมยา และคณะ (2544) ในการใช้สารคลุกเมล็ด และสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเพื่อรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว สุวรรณ 3504 โดยคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยสารป้องกันกำจัดแมลง พิริมิฟอสเมทิล 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ โพลีเอทธิลีนไกลคอล (PEG) และสารป้องกันกำจัดเชื้อราแคปแทน 50 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารเคมีคลุกเมล็ด ทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ พบว่าการใช้สารเคมีคลุกเมล็ด และสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ไม่ได้ทำลายคุณภาพเมล็ดพันธุ์ แต่ช่วยรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยสูง

ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปของสารธรรมชาติมีด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น การใช้น้ำมันจากพืช พืชในครัวเรือน วัสดุพื้นบ้าน และหนึ่งในทางเลือกที่น่าสนใจอย่างยิ่งคือการใช้สารสกัดจากพืชทั้งในรูปแบบของน้ำมันหอมระเหย (essential oils) และสารสกัดหยาบ (crude extracts) ที่สามารถนำไปใช้ควบคุมป้องกันกำจัดแมลงได้ เนื่องจากมีสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น และพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ เมล็ด ผล และเปลือก เป็นต้น (Bakkali *et al*. 2008) ในปัจจุบันมีรายงานหลายฉบับที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย และสารสกัดหยาบจากพืช ที่นำมาใช้ในการควบคุมแมลงในโรงเก็บ เช่น น้ำมันหอมระเหยจากกระทือ และผกากรอง (สุภาณี และคณะ, 2545) เมล็ดผักชี ตะไคร้ มะกรูด พริกไทยดำ โหระพา พลู ทองหลาง ช้าพลู ขิ้นฉ่าย และกระเทียม (กันยารัตน์ และคณะ, 2556) พบว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และสารสกัดจากเสนียด คีนวา และดีปลี พบว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเหลือง และด้วงถั่วเขียว เป็นต้น จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้โดยนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรข้างต้นมาใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ ซึ่งเป็นวิธีการที่น่าสนใจ เพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีในภาคอุตสาหกรรมการเกษตรต่อไป

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากดีปลี (*P. retrofractum*) ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด Corn weevil (*S. zeamais*) ด้วงถั่วเหลือง Southern cowpea weevil (*C. chinensis*) และด้วงถั่วเขียว Cowpea weevil (*C. maculatus*) ในรูปแบบการฆ่าโดยการวิธีสัมผัสตาย และการเคลือบเมล็ดพันธุ์ รวมทั้งการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบของสารสกัดจากพืชทั้งนี้เพื่อเป็นการลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีในการเคลือบเมล็ดต่อไปในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากดีปลี (*P. retrofractum*) ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด Corn weevil (*S. zeamais*) ด้วงถั่วเขียว Cowpea weevil (*C. maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง Southern cowpea weevil (*C. chinensis*) ในรูปแบบการไล่ และการฆ่า โดยวิธีการสัมผัสตาย

1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากดีปลี (*P. retrofractum*) ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ รวมทั้งการทดสอบประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบของสารสกัดจากดีปลี

1.2.3 เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้สารสกัดจากดีปลีทดแทนการใช้สารเคมีเคลือบเมล็ดต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตการวิจัย

จากการศึกษาการวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่ทำการแช่สกัดด้วยตัวทำละลายจาก hexane acetone และ ethanol เพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ในรูปแบบของสารไล่และสารฆ่า โดยวิธีการสัมผัส ในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งศึกษาผลของสารสกัดจากดีปลีที่ใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด และเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว เพื่อทดสอบการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปแบบของสารฆ่า และสารยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน รวมทั้งศึกษาการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ และการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในช่วงระยะเวลาที่ต่างกัน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบว่าสารสกัดจากดีปลีที่แช่ด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด มีประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในรูปแบบของสารฆ่า สารไล่ และสารยับยั้งการวางไข่

1.4.2 ได้ทราบถึงระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากดีปลีในการควบคุมแมลงในโรงเก็บ ในรูปแบบของสารฆ่า สารไล่ และสารยับยั้งการวางไข่

1.4.3 ได้ทราบผลของสารสกัดจากดีปลีที่ใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่มีผลต่อการตายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน

1.4.4 ได้ทราบผลของสารสกัดจากดีปลีที่ใช้เป็นสารเคลือบเมล็ดที่มีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยมีการผลิตสินค้าเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารทั่วประเทศ ทั้งบริโภคภายในประเทศและส่งออกสินค้าไปยังต่างประเทศ ข้อมูลการส่งออกข้าวโพด ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ประจำเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายนในปี 2561 รวมมูลค่ามากกว่า 948, 32 และ 80 ล้านบาท ตามลำดับ (กรมการค้าต่างประเทศ, 2561; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ปัญหาสำคัญของเมล็ดพันธุ์ที่อยู่ในระหว่างการเก็บรักษา คือ การเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ ซึ่งการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ทางการเกษตรมักจะประสบกับปัญหาการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูในโรงเก็บ เนื่องจากแมลงสามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้ง่าย ทำให้มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยจะเข้าทำลาย และก่อให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดพันธุ์ในโรงเก็บ ซึ่งความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ที่เกิดจากแมลงศัตรูในโรงเก็บมีประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ แมลงศัตรูในโรงเก็บที่สำคัญ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดแป้ง ด้วงงวงข้าว และด้วงถั่วเขียว เป็นต้น โดยทั่วไปแมลงเหล่านี้จะมีขนาดเล็ก แพร่ขยายพันธุ์ได้ง่าย ทำให้มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตรอย่างรวดเร็ว จะเห็นได้ว่าแมลงนับเป็นศัตรูที่สำคัญมากของผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งหากไม่มีการดูแลรักษา และป้องกันกำจัดหรือควบคุมแมลงที่เหมาะสมแล้วจะก่อให้เกิดปัญหาเพิ่มขึ้น (Khngseri *et al.* 2004) แมลงจะเข้าทำลายผลผลิตทางการเกษตรโดยการกัดกินทำให้เมล็ดแตกหัก และแมลงมักจะกัดกินตรงจุดงอกทำให้เมล็ดพันธุ์สูญเสียความงอก เมล็ดพันธุ์พืชที่เก็บไว้มักมีรูหรือมีฝุ่นผงอันเกิดจากการทำลายของแมลง นอกจากนี้ยังมีชิ้นส่วนของแมลงหรือตัวแมลงปะปนอยู่ในเมล็ดพืชหรืออาหาร ทำให้อาหารหรือผลผลิตทางการเกษตรสกปรกและคุณภาพของผลผลิตเกษตรนั้นเสื่อมคุณภาพไปและยังทำให้สูญเสียน้ำหนัก แล้วยังเป็นตัวการทำให้เกิดเชื้อราขึ้นได้อีกด้วย ทำให้ไม่เหมาะแก่การบริโภค รวมไปถึงส่งผลให้ภาพลักษณ์ของอุตสาหกรรมผลิตอาหารในสายตาผู้บริโภคไม่ดี และอาจจะสูญเสียยอดขายให้กับคู่แข่ง (Wisanathanon *et al*. 2005) การป้องกันกำจัดส่วนใหญ่มักใช้การรมด้วยสารเคมีเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และมีประสิทธิภาพในการควบคุมกำจัดแมลงได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีเป็นเวลานานเกินไปอาจทำให้เกิดสารเคมีตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ผลิตผู้บริโภคอีกด้วยและทำให้เป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้เน้นศึกษาแมลงศัตรูในโรงเก็บ 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ชนิดของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

2.1.1 ด้วงงวงข้าวโพด (Maize weevil) (ภาพที่ 2.1)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sitophilus zeamais* Motschulsky

อันดับ Coleoptera

วงศ์ Curculionidae

ชื่ออื่น ๆ Corn weevil

ภาพที่ 2.1 ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

รูปร่างลักษณะ

ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลถึงดำ มีความยาวประมาณ 3.0-3.8 มิลลิเมตร ส่วนหัวยื่นออกมาเป็นงวง โดยตัวเมียจะเจาะรูที่เมล็ดพืชแล้ววางไข่รูละ 1 ฟอง จากนั้นปิดปากรูที่วางไข่ไว้ด้วยไข (wexy secretion) ตัวเมียวางไข่ประมาณ 300-400 ฟอง ไข่จะฟักใน 3-6 วัน เป็นตัวหนอนสีขาวลำตัวสั้นป้อม อาศัยกัดกินอยู่ภายในเมล็ด ระยะตัวอ่อน 20-30 วัน โดยลอกคราบ 4 ครั้ง แล้วจึงเข้าดักแด้เป็นเวลา 3-7 วัน เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะผิวเมล็ดออกมาสู่ภายนอก วงจรชีวิตใช้เวลา 30-45 วัน และตัวเต็มวัยสามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน 1-8 เดือน

ลักษณะการเข้าทำลาย

ด้วงงวงข้าวโพดมักทำลายร่วมกับด้วงงวงข้าว โดยเมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือนจะเกิดความเสียหายสูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ สามารถเข้าทำลายเมล็ดพืชได้ตั้งแต่อยู่ในไร่นา

ฤดูการเข้าทำลายและพื้นที่การแพร่ระบาด

พบด้วงงวงข้าวโพด ระบาดได้ทุกฤดูในพื้นที่การเพาะปลูกข้าวโพดทั่วทุกภาคของประเทศไทย (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

พืชอาหาร

เมล็ดของพืชประเภทธัญพืชทุกชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวสาลี เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

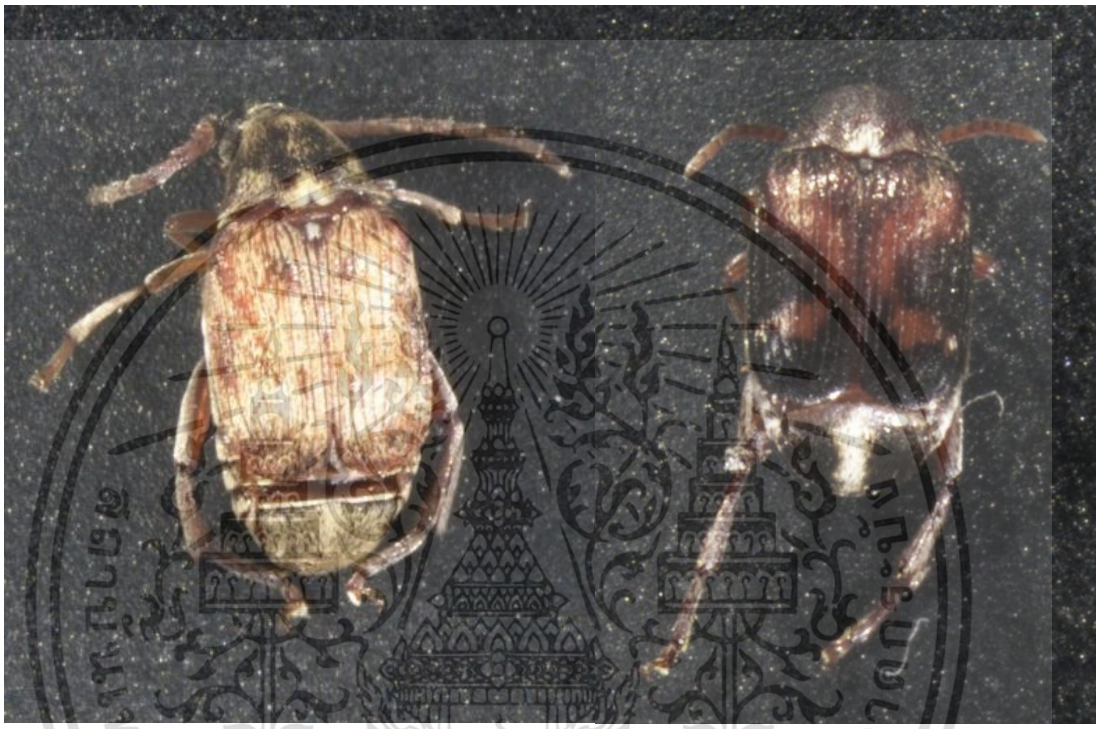
2.1.2 ด้วงถั่วเขียว (Cowpea weevil) (ภาพที่ 2.2)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosobruchus maculatus* Fabricius

อันดับ Coleoptera

วงศ์ Curculionidae

ชื่ออื่น ๆ Cowpea bruchus, Bean bruchus, Pulse beetle และ Spotted cowpea bruchid



ภาพที่ 2.2 ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* Fabricius)

รูปร่างลักษณะ

ตัวเต็มวัยจะมองเห็นท้องปล้องสุดท้ายชัดเจนเนื่องจากปีกสั้นหุ้มส่วนท้องไม่มิด ลำตัวเรียวแคบไปทางส่วนหน้า ทำให้หัวเล็กงุ้มเข้าหาอก ตาประกอบใหญ่ หนวดสัมผัสเป็นแบบกึ่งฟันเลื่อย ขนาดตัวเต็มวัยยาวประมาณ 3-4.5 มิลลิเมตร ไข่สีเหลือง ตัวเต็มวัยสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเทา พื้นผิวไข่มียางเหนียวเชื่อมติดกับวัตถุที่วาง ตัวเต็มวัยบนปีกทั้ง 2 ข้างจะมีแถบหรือจุดสีน้ำตาลแก่ ปลายปีกสีดำ ตัวเมียวางไข่บนผิวเมล็ด ตลอดชีวิตวางไข่ได้ 40-100 ฟอง ระยะไข่ 5-7 วัน ระยะหนอนประมาณ 10-13 วัน มีการลอกคราบ 3 ครั้ง ระยะดักแด้ประมาณ 3-5 วัน ระยะตัวเต็มวัยประมาณ 6-8 วัน

ลักษณะการเข้าทำลาย

ตัวหนอนของด้วงถั่วเขียวจะเจาะผิวเมล็ดลงไปกัดกินในเมล็ดและเข้าดักแด้อยู่ภายในโพรงที่อาศัยจนเป็นตัวเต็มวัย จากนั้นจะเจาะผิวเมล็ดออกมาสืบพันธุ์ เมล็ดที่ถูกทำลายจะเห็นมีไข่สีขาวติดอยู่ที่ผิวและมีรูกลม ๆ อย่างน้อย 1 รู ที่เมล็ด ซึ่งเกิดจากการที่ตัวเต็มวัยเจาะออกมา ภายในเมล็ดจะถูกกัดกินจนเหลือแต่เปลือกไม่สามารถใช้ทำประโยชน์ต่อไปได้ ซึ่งจะเข้าทำลายตั้งแต่ยังเป็นฝักอยู่ในไร่และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อในโรงเก็บ สามารถทำลายเมล็ดถั่วทุกชนิด โดยเฉพาะถั่วเขียว แต่ยกเว้นถั่วเหลือง (พรทิพย์ และคณะ, 2548)

ฤดูการเข้าทำลายและพื้นที่การแพร่ระบาด

ทำความเสียหายให้กับเมล็ดถั่วที่ปลูกในพื้นที่แถบอบอุ่นและแถบร้อนมากกว่าพื้นที่แถบหนาว ตัวเต็มวัยสามารถมีชีวิตอยู่ได้ตั้งแต่ 2-3 วัน จนถึงมากกว่าหนึ่งเดือนขึ้นไปขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสถานที่ที่อาศัยอยู่

พืชอาหาร

เมล็ดของพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วฝักยาว ถั่วพุ่ม ยกเว้นเมล็ดถั่วเหลือง

2.1.3 ด้วงถั่วเหลือง (Southern cowpea weevil) (ภาพที่ 2.3)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosobruchus chinensis* Linnaeus

อันดับ Coleoptera

วงศ์ Bruchidae

ชื่ออื่น ๆ Pea weevil, Southern weevil, Cowpea beetle weevil และ Oriental cowpea bruchid

ภาพที่ 2.3 ด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างลักษณะ

ด้วงถั่วเหลืองมีรูปร่างลักษณะคล้ายด้วงถั่วเขียว แต่มีขนาดเล็กกว่า ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนคือ scutellum มีสีขาว หนวดของเพศผู้เป็นแบบฟันหวีสั้นๆ (pectinate) ส่วนของเพศเมียเป็นแบบกึ่งฟันเลื่อย (subserrate) บนปีกทั้งสองข้างมีแถบสีน้ำตาลอ่อน ปลายสุดลำตัวจะมีขีดสีขาว สามารถวางไข่ได้ 40-100 ฟอง ไข่ที่วางใหม่ ๆ จะมีผิวเรียบเป็นมันสีขาวใสรูปโคม ไข่จะฟักเป็นตัวอ่อนใน 5-6 วัน แล้วจะเข้าระยะดักแด้ใช้เวลา 3-7 วัน เมื่อดักแด้เป็นตัวเต็มวัยจะเจาะเมล็ดออกสู่ภายนอกเมล็ดและสามารถผสมพันธุ์ได้ตั้งแต่วันแรกที่เจาะออกมาจากเมล็ดและวางไข่ต่อไป ตัวเต็มวัยบินได้ดีและเร็ว มีชีวิต 3-12 วันก็จะตาย มีวงจรชีวิตใช้เวลา 9-33 วัน เพศเมียจะมีขนาดใหญ่และสีจางกว่าเพศผู้ สามารถวางไข่ได้ติดต่อกันถึง 5 วัน

ลักษณะการเข้าทำลาย

ตัวเต็มวัยจะวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ ติดอยู่ที่ผิวเมล็ดหรือวางติดอยู่กับฝักที่ใกล้จะแก่ เมื่อตัวหนอนฟักออกจากไข่ก็จะสามารถเจาะเข้าไปอาศัยกัดกินอยู่ภายในเมล็ดได้ทันที มักจะเข้าทำลายร่วมกับด้วงถั่วเขียว

ฤดูการเข้าทำลายและพื้นที่การแพร่ระบาด

ทำความเสียหายให้กับเมล็ดถั่วที่ปลูกในพื้นที่แถบร้อนและกึ่งร้อนได้มากกว่าพื้นที่แถบอบอุ่นและแถบหนาว สามารถเจริญเติบโตและแพร่กระจายในโรงเก็บได้ตลอดทั้งปีในภูมิกาศที่เหมาะสม

พืชอาหาร

เมล็ดของพืชตระกูลถั่วทุกชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วฝักยาว และถั่วพุ่ม เป็นต้น

2.2 แมลงศัตรูในโรงเก็บและการป้องกันกำจัด

แมลงศัตรูในโรงเก็บมักเป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากสามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้ง่าย ทำให้มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยจะเข้าทำลายก่อความเสียหายให้กับผลผลิตในโรงเก็บ ความเสียหายของผลิตผลที่เกิดจากแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บประมาณ 5-10% ซึ่งแบ่งประเภทของแมลงศัตรูในโรงเก็บได้ (กุสุมา, 2548) ดังนี้

2.2.1 ประเภทของแมลงศัตรูในโรงเก็บ แบ่งตามลักษณะการทำลาย

2.2.1.1. กัดกิน หรือแทะเล็มภายนอก (External feeder) ทำความเสียหายเฉพาะภายนอก โดยทำให้เกิดขุย ผิวของเมล็ดถูกทำลาย ถักใยเกาะติดกันเป็นก้อน ได้แก่ ผีเสื้อข้าวสาร มอดแป้ง มอดสยาม มอดฟันเลื่อย มอดหนวดยาว ไร และเหาหนังสือ เป็นต้น

2.2.1.2 กัดกินภายในเมล็ด (Internal feeder) แมลงจะอาศัยและทำลายอยู่ภายในเมล็ด เพศเมียมักวางไข่อยู่ที่ผิวนอกเมล็ด เมื่อไข่ฟักเป็นหนอน จะเจาะเข้าสู่ภายใน กัดกินและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิต ตัวเต็มวัยจะเจาะเมล็ดออกมาทำให้เป็นรู และภายในเป็นโพรง แมลงประเภทนี้ได้แก่ ด้วงงวงข้าว ผีเสื้อข้าวเปลือก และมอดข้าวเปลือก เป็นต้น

2.2.2 ประเภทของแมลงศัตรูในโรงเก็บ แบ่งตามระยะเวลาการเข้าทำลาย

2.2.2.1 ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (Pre-harvest) แมลงบางชนิดสามารถบินออกจากโรงเก็บเมล็ดไปวางไข่ที่เมล็ดในแปลง เช่น ผีเสื้อข้าวเปลือก สามารถวางไข่ก่อนการเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 สัปดาห์

2.2.2.2 ขณะเก็บเกี่ยว (During harvest) เมื่อเก็บเกี่ยวแล้ว มักมีการนวด ตากเมล็ดเพื่อลดความชื้น ซึ่งมีแมลงบางชนิดที่บินเข้าไปวางไข่ จึงเป็นการเปิดโอกาสให้แมลงเข้าทำลาย

2.2.2.3 หลังการเก็บเกี่ยว (Post-harvest)

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

2. ขณะทำการขนส่ง (Transportation) ในการขนส่งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งอาจมีแมลงตกค้างอยู่ในพาหนะขนส่งนั้น ทำให้แมลงเข้าทำลายในช่วงระยะเวลานี้ได้

3. ขณะเก็บรักษา (Storage) ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดข้าว สภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดข้าวเสื่อมคุณภาพ โดยเฉพาะแมลงเมื่อเข้าทำลายแล้วจะแพร่ระบาดทำความเสียหายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.2.3 ประเภทของความเสียหาย (Types of Loss)

2.2.3.1 สูญเสียน้ำหนัก (Weight Loss) แมลงสามารถกินอาหารได้มากกว่าน้ำหนักตัวหลายเท่า เมื่อแพร่ระบาดมากจะทำให้สูญเสียน้ำหนักมาก

2.2.3.2 สูญเสียคุณค่าทางอาหาร (Food loss) เมื่อแมลงเข้าทำลายจะทำให้เมล็ดสูญเสียคุณค่าทางอาหารไป โดยแมลงชอบทำลายส่วนคัพภะ (embryo) มากกว่าส่วน endosperm เนื่องจากส่วนคัพภะจะนุ่มกว่าส่วน endosperm

2.2.3.3 สูญเสียความงอก (Seed germination loss) เนื่องจากแมลงชอบทำลายส่วนคัพภะ เป็นผลทำให้เมล็ดสูญเสียความงอก หรือบางเมล็ดถูกทำลายน้อย แม้จะงอกแต่สภาพของเมล็ดที่งอกจะไม่สมบูรณ์ และไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้

2.2.3.4 สูญเสียคุณภาพ (Quality loss) ทำให้ความสม่ำเสมอของเมล็ดเสียไป การเข้าไปปะปนของแมลง และของเสียจากแมลง ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น คุณภาพเปลี่ยนไป นอกจากนี้ซากหรือชิ้นส่วนของแมลงที่ติดอยู่กับอาหารทำให้เกิดการปนเปื้อน และคุณภาพเมล็ดเสียหาย เมื่อแมลงเข้าทำลายในปริมาณมากทำให้ความชื้นในกองเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น มีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโต

2.2.3.5 สูญเสียเงิน (Money loss) เมื่อแมลงเข้าทำลาย ทำให้น้ำหนักของผลผลิตลดลง จึงมีผลทำให้สูญเสียรายได้ นอกจากนี้คุณภาพที่เสียไปยังทำให้ราคาลดต่ำลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.6 สูญเสียชื่อเสียง (Loss of goodwill) ผลิตผลที่แมลงเข้าทำลายจะดูสกปรกและเสื่อมคุณภาพ ทำให้ผู้ซื้อและผู้บริโภคเสื่อมความเชื่อถือและไว้ใจในสินค้า

การเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บมักจะประสบปัญหาพบการเข้าทำลายในระหว่างการเก็บรักษาในโรงเก็บหรือโกดัง ซึ่งแมลงศัตรูในโรงเก็บนั้นโดยส่วนมากจะเข้าทำลายภายในเมล็ดซึ่งทำให้ยากต่อการป้องกันกำจัด ทั้งยังสามารถขยายพันธุ์ง่าย เพิ่มจำนวนประชากรได้อย่างรวดเร็ว สร้างความเสียหายแก่ผลผลิตทางการเกษตรเป็นอย่างมาก (เพ็ญสุข, 2527)

2.2.4 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยการใช้สารเคมี

เป็นวิธีที่นิยมปฏิบัติ เพราะเป็นการป้องกันและกำจัดที่ได้ผลรวดเร็ว หากนำสารเคมีหรือสารฆ่าแมลงมาใช้ควรทราบถึงชนิดของสารฆ่าแมลง วิธีการนำมาใช้ปฏิกิริยาของสารฆ่าแมลง ค่าความเป็นพิษของสาร เป็นต้น ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีการลดการใช้สารเคมีในการรมคือเมทธิลโบรไมด์ (methyl bromide) และบางประเทศได้มีการยกเลิกใช้แล้ว เนื่องจากเกิดการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (WMO, 1995) แต่ยังคงมีการใช้สารรมฟอสฟีน (phosphine) และสารเคมีคลุกเมล็ด ในการควบคุมป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ ซึ่งหากมีการใช้ปริมาณสูงและใช้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะส่งผลให้แมลงเกิดความต้านทานทำให้ยากต่อการป้องกันกำจัด นอกจากสารเคมีที่ใช้ทั้งในการรมหรือการคลุกเมล็ด ยังส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกโดยตรง และมีสารตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรถึงผู้บริโภค (บุญมี และคณะ, 2553)

2.2.5 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยใช้วิธีกล (Mechanical control)

2.2.5.1 การรักษาความสะอาดและการจัดการโรงเก็บ ควรเตรียมความพร้อมของสภาพโรงเก็บทำความสะอาดพื้น และส่วนต่าง ๆ ของโรงเก็บทั้งภายใน และภายนอก ก่อนที่จะนำข้าวเข้าเก็บรักษา และต้องดูแลทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทำให้การแพร่ระบาดทำลายของแมลงน้อยลง

2.2.5.2 การใช้วิธีทางอ้อมกับแมลง เป็นการใช้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับแมลง เช่น การเก็บข้าวเปลือกแทนการเก็บข้าวสาร การแยกเมล็ดแตกหักออกจากเมล็ดดี สามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงได้

2.2.5.3 การใช้วิธีทางตรงกับแมลง การแยกแมลงออกจากผลิตผล เป็นวิธีที่ใช้ได้ดีกับแมลงระยะตัวเต็มวัย เช่น การร่อนแยกแมลง การพลิกกลับกองข้าวบ่อยๆ การใช้เครื่องดูดเมล็ดโดยวิธีสุญญากาศ

2.2.6 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยใช้วิธีทางกายภาพ (Physical control)

2.2.6.1 การลดความชื้นในเมล็ด ก่อนนำเข้าเก็บรักษาเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากช่วยป้องกันการเข้าทำลายของแมลงแล้ว ยังทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น การลดความชื้นเมล็ดลงเหลือ 10% จะพบแมลงทำลายน้อย หากลดความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 8% มักไม่พบแมลงทำลาย

2.2.6.2 การควบคุมโดยใช้อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2. ความเย็น การเก็บเมล็ดข้าวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส จะทำให้แมลงหยุดการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ และแมลงจะตายหมดที่อุณหภูมิ –2 ถึง –5 องศาเซลเซียส

3. การใช้พลังงาน มีการใช้พลังงานต่างๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า และพลังงานจากรังสีเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถกำจัดแมลง โดยแมลงจะดูดพลังงานได้เร็วกว่าเมล็ดพืช แมลงจึงตายได้อย่างรวดเร็ว โดยเมล็ดยังไม่ถูกทำลาย

4. การใช้ภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ปัจจุบันได้มีถุงพลาสติกถักที่หนาและสามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงได้

5. การเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ หรือภาชนะที่ปิดผนึกแน่น แมลงต้องการออกซิเจนเพื่อการหายใจเมื่ออยู่ในที่ไม่มีอากาศผ่านก็ทำให้แมลงตายได้ ในกรณีที่ต้องการให้แมลงตายเร็วขึ้นอาจเพิ่มก๊าซที่เป็นพิษ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซไนโตรเจน เป็นต้น

6. การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide) มีการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มาใช้รมเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาพิษตกค้าง และการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารรม

2.2.7 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยใช้วิธีทางชีวภาพ (Biological control) หมายถึง การใช้ตัวห้ำ ตัวเบียน หรือเชื้อจุลินทรีย์ ในการลดปริมาณแมลงศัตรูในโรงเก็บ

2.2.7.1 แมลงศัตรูธรรมชาติ โดยนำแมลงศัตรูธรรมชาติมาเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ และปล่อยสู่แมลงเป้าหมาย อุปสรรคของวิธีนี้ คือ การค้นหาแมลงศัตรูธรรมชาติ วิธีการเลี้ยง และการขยายพันธุ์ที่ง่ายและประหยัด เช่น แตนเบียน และตัวห้ำ เป็นต้น

2.2.7.2 โรคของแมลง (Insect pathogen) การนำจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคชนิดต่างๆ มาใช้ในการควบคุม เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา โปรโตซัว และไวรัส เป็นต้น

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บทางการเกษตรส่วนใหญ่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ การใช้สารรมฟอสฟีนและเมธิลโบรไมด์ (Ukeh *et al.* 2012) แต่ได้มีการต่อต้านไม่ให้ใช้สารรมเมธิลโบรไมด์ เนื่องจากเป็นสารที่ทำลายชั้นบรรยากาศ (Lu and Ya, 2010) อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีเป็นจำนวนมาก และต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ทำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารเคมี ส่งผลให้การป้องกันกำจัดยากขึ้น โดยในปัจจุบันพบว่า แมลงสามารถต้านทานสารรมฟอสฟีนได้ นอกจากนี้ยังเกิดการปนเปื้อนของสารเคมีในผลผลิตทางการเกษตรและสภาพแวดล้อม ซึ่งส่งผลกระทบทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อผู้ใช้และผู้บริโภคอีกด้วย (Emekci, 2010) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการเป็นสารฆ่าแมลงเนื่องจากสลายตัวได้ง่ายและปลอดภัย เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ซึ่งส่วนใหญ่มีอันตรายและตกค้างในผลผลิตมีบทบาทมากขึ้น เห็นได้จากรายงานของ Germinara *et al.* (2017) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากลาเวนเดอร์ *Lavandula angustifolia* L. มีประสิทธิภาพในการเป็นสารรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสัมผัสฆ่าด้วงงวงข้าวสาลี *Sitophilus granaries* L. และน้ำมันหอมระเหยจากใบมิ้นต์ *Mentha longifolia* L. มีประสิทธิภาพในการเป็นสารรม สารไล่ และสารสัมผัสป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais* (Odeyemi *et al.* 2008)

2.2.8 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยการใช้พืชสมุนไพร

ปัจจุบันมีการใช้สารทางเลือกใหม่ในทางการเกษตร ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมเป็นมิตรกับธรรมชาติ รวมทั้งเกษตรกรผู้ปลูกและผู้บริโภค เช่น การใช้น้ำมันจากพืช วัสดุพื้นบ้าน การใช้น้ำมันหอมระเหยหรือการใช้สารสกัดจากพืชในการควบคุมแมลงศัตรู ซึ่งน้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นหนึ่งในสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ที่พืชผลิตขึ้น โดยพืชแต่ละชนิดจะผลิตน้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนประกอบของสารประกอบเชิงซ้อนที่แตกต่างกันไป สารทุติยภูมิบางชนิดที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสามารถนำมาใช้กำจัดศัตรูพืชได้ โดยสารสกัดจากพืชประกอบด้วยสารที่มีคุณสมบัติไล่ ยับยั้งการวางไข่ ยับยั้งการกิน การทำให้เป็นหมัน และเป็นพิษต่อแมลง ซึ่งมีรายงานที่ชี้ให้เห็นว่าชนิดของสารประกอบในกลุ่มเทอร์ปีนที่พบมากในน้ำมันหอมระเหย ทำให้แมลงตายด้วยการไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase (Oka *et al.* 2000) โดยเป็นสารธรรมชาติจากพืชที่พัฒนาขึ้นมาทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ในการเป็นสารฆ่าศัตรูพืช (pesticides) มีความปลอดภัย ต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น พืชในวงศ์กะเพรา น้ำมันหอมระเหยโหระพา *Ocimum basilicum* L. และกะเพราควาย *Ocimum gratissimum* L. มีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมฆ่า และยับยั้งการวางไข่และการเกิดเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว (Keitaa *et al.* 2001) น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ *Melissa officinalis* L. น้ำมันหอมระเหยโหระพา *O. basilicum* มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ สารรม สารสัมผัส และสารยับยั้งการกินอาหารต่อด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais* (Youngrum *et al.* 2014) และน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีฤทธิ์ในการเป็นสารรม สารฆ่าและสารไล่ต่อมอดแป้ง *T. castaneum* (SoonIl *et al.* 2010) พืชวงศ์กะเพราจึงเป็นพืชอีกวงศ์หนึ่งที่น่าใจเนื่องจากหาง่ายตามท้องถิ่นต่างๆ พืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) เป็นเครื่องเทศที่ใช้ประกอบอาหาร ใช้ในการแต่งกลิ่น รส และ เพิ่มสีสันของอาหารมีสรรพคุณทางยาโดยใช้เป็นส่วนประกอบในยารักษาโรค รวมถึงใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น น้ำมันหอมระเหยจากไธม์ *Thymus daenensis* Celak มีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมฆ่าด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* และด้วงงวงข้าวสาลี *S. granaries* (Jarrahi *et al.* 2016) น้ำมันหอมระเหยจากโรสแมรี่ *Rosmarinus officinalis* L. มีประสิทธิภาพความเป็นพิษโดยวิธีการสัมผัส สามารถฆ่าด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* และมอดแป้ง *T. castaneum* ได้ดี (Singh, 2016) และยังมีรายงานของ Souza *et al.* (2016) พบว่าน้ำมันหอมระเหยโหระพา *O. basilicum* และสเปียร์มิ้นต์ *Mentha spicata* L. มีประสิทธิภาพความเป็นพิษทางการรมต่อมอดข้าวเปลือก *R. dominica*

งานวิจัยของมลนิภา และคณะ (2545) พบว่า น้ำมันรำข้าว น้ำมันงา น้ำมันมะกอก และน้ำมันถั่วเหลือง มีผลในการป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว โดยเฉพาะการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียวเพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ และการใช้กระเทียมแห้ง หอมแดง และถ่านบด อัตรา 5 กรัม บรรจุซองกระดาษสานำไปวางในขวดแก้วที่บรรจุเมล็ดถั่วเขียวมีประสิทธิภาพในการลดการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ และจากการศึกษาของ Pumnuan *et al.* (2012) พบว่า การเคลือบเมล็ดข้าวโพดหวานด้วยสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ (*Illicium verum*) และกานพลู (*Syzygium aromaticum*) ที่สกัดด้วย hexane นั้น ที่ความเข้มข้น 1% สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดได้โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 36.6 และ 29.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังสามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพดได้ดีที่สุดโดยมีอัตราการยับยั้งการฟักไข่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Neupane *et al.* (2016) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าและยับยั้งการวางไข่ของผงแป้งจากดีปลีต่อด้วงถั่วเหลือง พบว่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยได้ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 67.90 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง และยังสามารถยับยั้งการฟักไข่ของด้วงถั่วเหลืองได้อย่างมีประสิทธิภาพมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองชุดควบคุม การศึกษาสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ได้แก่ เมล็ดผักชี ตะไคร้ มะกรูด และพริกไทยดำ สกัดด้วยวิธีการต้มกลั่น (hydrodistillation; HD) โหรพา พลู ทองหลาง ช้าพลู ขึ้นฉ่ายและกระเทียม สกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction; SDE) ต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพด พบว่าสารสกัดจากพืชทั้ง 10 ชนิด มีค่า refractive index ระหว่าง 1.367-1.517 ซึ่งสารสกัดขึ้นฉ่ายมี %yield สูงสุด เท่ากับร้อยละ 2.68 รองลงมา คือ สารสกัดพลู และตะไคร้มี %yield เท่ากับร้อยละ 2.48 และ 2.40 ตามลำดับ สำหรับการไล่ด้วงงวงข้าวโพดใช้ความเข้มข้น 8 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร พบว่าสารสกัดจากตะไคร้ มะกรูด พริกไทยดำ และพลู มีประสิทธิภาพในการไล่ได้ 80-100 เปอร์เซ็นต์ (กันยารัตน์ และคณะ 2556) และการศึกษาการใช้น้ำมันหอมระเหยจากกระทือ (*Zingiber zerumbet*) น้ำมันหอมระเหยจากผกากรอง (*Lantana camara*) สกัดด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ (stream distillation) และน้ำมันสะเดา (*Azadirachta indica*) ที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*) โดยวิธีการสัมผัสด้วยวิธี residual film test พบว่ามีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.099, 0.338 และ 1.059 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถยับยั้งการวางไข่โดยการใช้สารคลุกเมล็ด พบว่าน้ำมันสะเดามีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 3.149 เปอร์เซ็นต์ (สุภาณี และคณะ, 2545) มีรายงานอีกว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชี (*Coriandrum sativum*) ใบมะกรูด (*Citrus hystrix*) ใบสะระแหน่ (*Mentha cordifolia*) ต้นขึ้นฉ่าย (*Apium graveolens*) และใบกะเพรา (*Ocimum sanctum*) ในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว ทำการทดสอบโดยวิธีการรมและยับยั้งการวางไข่ ด้วยวิธี vapor-phase test พบว่าน้ำมันหอมระเหยขึ้นฉ่ายที่ 100,000 ppm มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวดีที่สุด 97.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง และน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ที่ 100,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ดีที่สุด สามารถยับยั้งได้ 28.75 เปอร์เซ็นต์ (ฤชุอร และทศพร, 2560) และการศึกษาของวริยา และคณะ (2556) ได้รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทร์แปดกลีบ (*Illicium verum*) กานพลู (*Syzygium aromaticum*) เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) มอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) มอดหัวป้อม (*Rhyzopertha dominica*) และมอดฟันเลื่อย (*Oryzaephilus surinamensis*) โดยวิธีการรมสามารถฆ่าแมลงในโรงเก็บได้มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ งานวิจัยของกนกอร และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันจากพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำ (*Piper nigrum*) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) กานพลู (*Syzygium aromaticum*) ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nadus*) สะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa*) และผักเสี้ยนผี (*Cleome viscose*) ต่อด้วงงวงข้าวโพด พบว่าน้ำมันกานพลูสามารถฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ดีที่สุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 10.1 ไมโครลิตร/ลิตร และยังมีการศึกษาของ Jairoce *et al.* (2016) ที่รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (*Syzygium aromaticum*) ที่สกัดด้วยวิธี hydrodistillation ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเขียว พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีประสิทธิภาพฆ่าด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเขียว 100% ที่เวลา 48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 17.9 และ 35.0 ไมโครลิตร/กรัม ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวและด้วงงวงข้าวโพดได้ดี โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 9.45 และ 10.15 ไมโครลิตร/กรัม ตามลำดับ

ในส่วนของการใช้สารสกัดจากพืชนั้นมีการศึกษาสารสกัดจากใบแปรงล้างขวด (*Callistemon rigidus*) ที่สกัดด้วย hexane, chloroform, ethyl acetate และ methanol พบว่าสารสกัดจากใบแปรงล้างขวดที่สกัดด้วย hexane ความเข้มข้น 0.5, 1, 2 และ 4 กรัม/กิโลกรัม มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 4 กรัม/กิโลกรัม มีค่า LC_{50} เท่ากับ 1.02 กรัม/กิโลกรัม (Danga *et al.* 2015) และยังมีศึกษาสารสกัดจากจากพืช 30 ชนิด ที่สกัดด้วยเมทานอล (methanol) และน้ำมันหอมระเหย 5 ชนิด ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวและด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีการสัมผัสและการรม พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย มะรุม และมัสตาร์ด สามารถฆ่าแมลงได้ 90 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ และเทียนข้าวเปลือก สามารถฆ่าแมลงได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 2 วันหลังจากทำการทดสอบ (Kim *et al.* 2003) ดังนั้นสารสกัดจากพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ ส่งผลดีในเรื่องของความปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

โดยทั่วไปการเคลือบเมล็ดพันธุ์ในปัจจุบันมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยการเพิ่มฮอร์โมนหรือธาตุอาหาร เพื่อการมองเห็นง่ายเมื่ออยู่ในแปลงปลูก เพื่อจำแนกชนิด หรือแหล่งที่มาของเมล็ด โดยการเคลือบด้วยสีที่มีลักษณะเด่นชัด เคลือบเพื่อการใช้สารเคมีในปริมาณที่น้อยลง ไม่ทำให้หลุดร่วงในระหว่างการปลูก เพื่อลดการฟุ้งกระจายของสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อเกษตรกรผู้ปลูกเมล็ดพันธุ์ ลดขั้นตอนการเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยการคลุกสารก่อนปลูก รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ โดยการเคลือบด้วยฮอร์โมนพืชบางชนิดที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ (พจนา, 2559) สุปราณี และคณะ (2558) ได้ศึกษาผลของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษา ระยะเวลาเก็บรักษาและสารเคลือบเมล็ดพันธุ์มีผลต่อความชื้น และเปอร์เซ็นต์ความงอก เพราะฉะนั้นการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยการเคลือบเมล็ดพันธุ์จะเป็นวิธีการที่น่าสนใจในภาคอุตสาหกรรมการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 พืชสมุนไพร

ชื่อ	ดีปลี (ภาพที่ 2.4)
ชื่อวิทยาศาสตร์	*Piper retrofractum* Vahl
ชื่อพ้อง	*Piper chaba* Hunter., *Piper officinarum*
ชื่ออื่น	ดีปลีเชือก ประดงข้อ ปานนุ พิษพญาไฟ ปีกผัวะ
วงศ์	Piperaceae

ภาพที่ 2.4 ผลดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl)

ลักษณะภายนอก :

ผลแห้งสีน้ำตาลแดง ผลอัดกันแน่นเป็นช่อรูปทรงกระบอก โคนโต ปลายเล็กมน ขนาดยาวประมาณ 2.5-7.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.0-8.0 มิลลิเมตร ผิวค่อนข้างหยาบ และมีเกสรตัวเมียติดอยู่ ผลย่อยมีเมล็ดเดียว เมล็ดมีขนาดเล็กมาก กลมและแข็ง ผงผลสีน้ำตาล กลิ่นหอมเฉพาะ รสเผ็ดร้อน ขม ปร่า ขับน้ำลาย ทำให้ลิ้นชา

ตำรายาไทย :

ใช้ผล ขับลม ลดอาการไอ ระคายคอจากเสมหะ ลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อแน่นจุกเสียด บำรุงธาตุไฟ แก้ปวดท้อง แก้คลื่นไส้ อาเจียน แก้ตับพิการ แก้ท้องร่วง แก้ไอ บีบมดลูก บำรุงธาตุ ใช้เป็นยาแก้โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ เช่น ขับเสมหะ แก้หืด แก้หลอดลมอักเสบ แก้ลมวิงเวียน เป็นยาระงับแก้อาการนอนไม่หลับ โรคลมบ้าหมู เป็นยาขับน้ำดี เมื่อมีการอุดตันของท่อน้ำดี ยาขับระดูและทำให้แท้งลูก เป็นยาขับพยาธิในท้อง แก้ริดสีดวงทวารหนัก ใช้ปรุงเป็นยาทาภายนอกสำหรับบรรเทาอาการปวดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้ามเนื้อ ทำให้ร้อนแดงและมีเลือดมาเลี้ยงที่บริเวณนั้นมากขึ้น แก้อักเสบ ฝนเอาน้ำทาแก้ฟกบวม แก้ปวดฟัน

องค์ประกอบทางเคมี :

สารกลุ่ม alkaloids ได้แก่ piperine 4-5%, piperanine, pipernonaline, piperrolein B, piperlonguminine, dehydropipernonaline สารกลุ่ม phenolic amides เช่น retrofractamide น้ำมันหอมระเหย 1% ประกอบด้วย terpinolene, caryophyllene, p-cymene, thujene และ dihydrocarveol (สุดารัตน์ และคณะ, 2564) จากการศึกษาของ Degu *et al.* (2020) แสดงให้เห็นว่าพืชแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากพืชที่แตกต่างกัน และสามารถนำสารเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบสารฆ่าแมลงและสารฆ่าตัวอ่อนของแมลงได้ ซึ่งสารสำคัญที่พบจะอยู่ในกลุ่ม alkaloids, rotenoids, phenolic compounds, pyrethrins, oils และ saponins เป็นต้น สารสำคัญบางชนิดจะถูกใช้อย่างกว้างขวางในการป้องกันกำจัดแมลง (Spochacz *et al.* 2018) ซึ่งสารประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ที่พบในผลของดีปลี ได้แก่ alkaloids, terpenoids, lignans, flavones, propenylphenols, kawapyrones และ dihydrochalcones (Kubo *et al.* 2013) จากการจำแนกส่วนประกอบทางชิววิทยาของสารออกฤทธิ์สามารถจำแนกสารบริสุทธิ์ออกได้เป็น 74 ชนิด ซึ่งสารประกอบหลักที่พบ ได้แก่ heptadecane, 1 – heptadecene, 8 – heptadecene, 1–tetradecanol, 1–tridecene, และ tridecane เป็นต้น ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เมื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย hexane จะพบอยู่ในปริมาณ 21.639 มิลลิกรัม/กรัม หรือ 71.87% ซึ่งผลแห้งของดีปลี เมื่อนำมาจำแนกองค์ประกอบทางเคมีจะพบสารประกอบ methyl piperate เป็นสารประกอบหลักจำแนกออกได้เป็น piperine, piperanine alkaloids (2E,4E,14Z)-N-isobutylicosa-2,4,14-trienamide, guineensine, retrofractamide D, pipernonaline, (Ratwatthananon *et al.* 2020; Musthapa *et al.* 2018)

2.4 สารสกัดจากพืชสมุนไพร

2.4.1 ความหมายของพืชสมุนไพร

นิจศิริ และพยอม (2534) ให้ความหมายของพืชสมุนไพร หมายถึง พันธุ์ไม้ต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ปรุงหรือประกอบเป็นยารักษาโรคต่างๆ ใช้ในการส่งเสริมสุขภาพร่างกายได้

สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน (2537) กล่าวว่าตามพระราชบัญญัติยา พืชสมุนไพร หมายถึง ยาที่ได้จากพืชซึ่งยังไม่ได้ผสมปรุงหรือเปลี่ยนสภาพ เช่น พืชก็ยังเป็นส่วนของ ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล ฯลฯ ซึ่งยังไม่ได้ผ่านขั้นตอนการแปรรูปใดๆ กล่าวโดยสรุป สมุนไพรคือสิ่งที่ได้มาจากธรรมชาติทั้ง พืช สัตว์ และแร่ อื่นๆ ที่นิยมนำมาใช้ คือสมุนไพรจากพืช และการใช้สารสกดัพืชสมุนไพรในการป้องกันและกำจัด ศัตรูพืชจึงหมายถึง พืชทั้งสดและแห้งที่มีคุณสมบัติใช้ในการป้องกันกำจัด หรือควบคุมศัตรูพืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธิดารัตน์ (2556) พืชสมุนไพรกำจัดแมลงศัตรูพืช คือ พืชที่มีคุณสมบัติพิเศษที่มีสารออกฤทธิ์ต่อแมลงทั้งทางตรง และทางอ้อม

ในพืชสมุนไพรมีสารสำคัญหลากหลายชนิดที่บ่งชี้ความเฉพาะตัวของพืชสมุนไพรชนิดนั้น ๆ ซึ่งสารเหล่านั้นเป็นสารออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพต่างกัน การที่จะนำสารออกฤทธิ์เหล่านั้นมาใช้โดยให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงต้องใช้วิธีการสกัดที่เหมาะสมต่อชนิดและสารออกฤทธิ์ที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ของพืชสมุนไพรดังกล่าว โดยต้องอาศัยหลักการสกัดสาระสำคัญจากพืชสมุนไพรเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสกัด ดังนี้

2.4.2 ชนิดของสารสำคัญในพืชสมุนไพร

เนื่องจากในพืชสมุนไพรแต่ละชนิดมีสารสำคัญหรือสารประกอบที่หลากหลาย โดยแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น สารบางชนิดสามารถละลายน้ำได้ดี ได้แก่ สารจำพวกคาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ หรือสารบางชนิดเป็นสารกึ่งมีขั้วที่สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ เช่น สารแทนนิน และสารบางชนิดเป็นสารไม่มีขั้วที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ต้องอาศัยการลายในสารละลายจำพวกสารละลายสารอินทรีย์ เช่น น้ำมันหอมระเหย เป็นต้น รวมทั้งคุณสมบัติในการทนความร้อนของสารสำคัญนั้น ๆ เนื่องจากสารบางชนิดอาจเกิดการเสื่อมสภาพ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงควรที่จะทราบคุณสมบัติของสาระสำคัญที่สนใจเพื่อที่จะได้เลือกใช้วิธีการสกัด และตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งสารประกอบทางเคมีที่สำคัญในพืชสมุนไพรสามารถจำแนกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ (สุนทรี, 2536) คือ

2.4.2.1 สารปฐมภูมิ (primary metabolite) เป็นสารที่มีอยู่ในพืชชั้นสูงทั่วไป พบในพืชทุกชนิด เป็นผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เช่น คาร์โบไฮเดรท ไขมัน โปรตีน เม็ดสี (pigment) และเกลืออนินทรีย (inorganic salt) เป็นต้น

2.4.2.2 สารทุติยภูมิ (secondary metabolite) เป็นสารประกอบที่มีลักษณะค่อนข้างพิเศษ พบต่างกันในพืชแต่ละชนิด คาดว่าเกิดจากกระบวนการชีวะสังเคราะห์ (biosynthesis) ที่มีเอนไซม์ (enzyme) เข้าร่วมสารประกอบประเภทนี้มีอัลคาลอยด์ (alkaloid) แอนทราควิโนน (anthraquinone) น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นต้น ส่วนใหญ่สารพวก สารทุติยภูมิ (secondary metabolite) จะมีสรรพคุณทางยา แต่ไม่แน่นอนตายตัวเสมอไป จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า สารพวก สารปฐมภูมิ (primary metabolite) บางตัวก็ออกฤทธิ์ในการรักษาโรคได้เช่นกัน และยังมีข้อสังเกตอีกว่าสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางยาในพืช สมุนไพรชนิดหนึ่ง อาจมิใช่ตัวเดียว อาจมีหลายตัวก็ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจ และรู้จักสาระสำคัญแต่ละชนิดในพืชที่จะทำการสกัดสารมาใช้ควรมีการศึกษาให้ละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางยาการออกฤทธิ์ และประสิทธิภาพของการนำไปใช้และความคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก (ตารางที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของสารสำคัญในพืชสมุนไพร

สารมีขั้ว (ละลายน้ำ)	สารกึ่งมีขั้ว (ละลายแอลกอฮอล์)	สารไม่มีขั้ว (ไม่ละลายน้ำ)
- ไกลโคไซด์ (glycosides)	- ไกลโคไซด์ (glycosides)	- น้ำมันหอมระเหย
- กรดอินทรีย์ (organic acids)	- แอลคาลอยด์ (alkaloids)	(volatile oils)
- กรดทาร์ทาริก (tartaric acid)	- ฟีโนลิก (phenolic)	- เรซิน (resins)
- ฟีนอลิก (phenolic)	- เทอร์ปีนอยด์ (terpenoids)	- ไขมัน (lipids)

ที่มา : รัตนา (2547)

การใช้สารสกัดจากพืช (plant extract) ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชเป็นหนึ่งที่น่าสนใจ โดยที่พืชจะผลิตสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) ขึ้นมาเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช ได้แก่ phenolics, terpenes, steroids, alkaloids, flavanoids, coumarins และ stilbenes (Tiwari and Rana, 2015; Naboulsi *et al.* 2018) จากการวิจัยของ Hikal *et al.* (2017) รายงานว่าสารทุติยภูมิมีคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่า (insecticidal) สารรม (fumigant) สารพิษ (toxicity) สารไล่ (repellent) สารยับยั้งการกิน (antifeedant) สารยับยั้งการวางไข่ (oviposition deterrent) สารยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition) และสารยับยั้งการออกลูกหลาน (progeny deterrent) ของแมลงศัตรูพืช ผกากรอง (hedge flower) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lantana camara* Linn. อยู่ในวงศ์ Verbenaceae เป็นวัชพืชไม้พุ่มขนาดเล็ก สูง 1-2 เมตร มีกิ่งก้านสาขารอบ ๆ ลำต้น และกิ่งก้านมีขนปกคลุมใบและดอกของผกากรองเมื่อนำมาขยี้จะมีกลิ่นเหม็นฉุน สามารถนำมาเป็นสารไล่แมลงศัตรูพืชได้ (Kalita *et al.* 2012; Priyanka and Joshi, 2013) จากรายงานการวิจัยของ Rajashekar *et al*. (2012) พบว่าผลของสารสกัดจากใบผกากรองมีฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าด้วงงวงข้าว, *Sitophilus oryzae* (L.) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) และมอดแป้งที่ทำลายรำข้าว (*Tribolium castaneum*) โดยมีค่าความเป็นพิษ (median lethal concentration, LC_{50}) เท่ากับ 128, 130.3 และ 178.7 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ

2.4.3 หลักการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร

สารสำคัญในพืชสมุนไพร เป็นสารประกอบที่บ่งบอกความเฉพาะตัวของสมุนไพร เป็นสารที่ก่อให้เกิดฤทธิ์ยกตัวอย่างเช่น แอนโดรกราโฟไลด์ (andrographolide) นีโอแอนโดรกราโฟไลด์ (neoandrographolide) 14-ดีอ๊อกซี่แอนโดรกราโฟไลด์ (14-deoxy-andrographolide) และสารเคอร์คิวมินอยด์ (curcuminoids) ซึ่งเป็นสารสำคัญที่พบในขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นน้ำมันหอมระเหยมีกลิ่นเฉพาะ มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย เชื้อรา และสามารถนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิดได้อีกด้วย ดังนั้นการสกัดสารสำคัญจึงเป็นการนำเอาสารที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรนั้นควรศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสกัด ดังนี้คือ

2.4.3.1 ศึกษาชนิดของสารสำคัญที่อยู่ในสมุนไพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชสมุนไพรนั้นมีความหลากหลายในขณะเดียวกันสารสำคัญหรือสารประกอบในพืชสมุนไพรก็มีมากมายหลายชนิด ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันมากมาย เช่น สารบางชนิดเป็นสารมีขั้วสามารถละลายน้ำได้ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ เป็นต้น หรือสารบางชนิดเป็นสารกึ่งมีขั้วที่สามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ เช่น แทนนิน ซาโปนิน รวมถึงสารบางชนิดเป็นสารไม่มีขั้วที่ไม่สามารถละลายน้ำได้แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายสารอินทรีย์ เช่น น้ำมันหอมระเหยและไขมัน เป็นต้น ดังนั้นในการสกัดสารเราจะต้องทราบว่าสารที่สนใจนั้นมีคุณสมบัติอย่างไรเพื่อที่จะได้เลือกวิธีการในการสกัดสาร และตัวทำละลายให้เหมาะสมเพื่อใช้ในการสกัดต่อไป

2.4.3.2 คุณสมบัติของสารในการทนความร้อน

เนื่องจากสารในพืชสมุนไพรบางชนิดไม่ทนความร้อน ดังนั้นหากเลือกวิธีการสกัดที่ต้องใช้ความร้อนแล้วจะทำให้สารนั้นเสื่อมสภาพทำให้ไม่ได้สารที่ต้องการ ดังนั้นคุณสมบัติการทนความร้อนของสารจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงด้วย

2.4.3.3 วิธีการสกัดพืชสมุนไพร

การสกัดพืชสมุนไพรทำได้หลายวิธี เช่น การสกัดแบบซอกห์เลต (soxhlet extraction) การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (sonication) การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) และการสกัดของแข็งด้วยของเหลว (solid–liquid extraction) เป็นต้น วิธีเหล่านี้มีความสามารถในการทำซ้ำ (reproducibility) ค่อนข้างต่ำใช้ระยะเวลาในการสกัดนานรวมถึงต้องใช้พืชสมุนไพรตัวดูดซับ (sorbent) และตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ในปริมาณมากด้วยจึงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการสกัดสูงขึ้นและก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัดตัวทำละลายอินทรีย์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในปริมาณมากยังเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์อีกด้วย (ชุติมา และสนทยา, 2555) วิธีการสกัดที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการสกัดสารที่มีประโยชน์ที่มีฤทธิ์ของการต้านอนุมูลอิสระโดยจะแบ่งวิธีที่ใช้ในการสกัดออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้ (ดวงกมล, 2557)

1. วิธีการสกัดสารแบบดั้งเดิม (conventional extraction methods) จะประกอบไปด้วย

- การฝน (sanding) คือเทคนิคการเอาสมุนไพรมาฝนด้วยหินบดยา แล้วชะด้วยน้ำธรรมดาแล้วกรองเอาน้ำที่ได้ไปใช้

- วิธีการชง (infusion) วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับการสกัดสารที่มีคุณสมบัติในการละลายในน้ำได้ดีตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด คือน้ำ การสกัดจะใช้วิธีการแช่สมุนไพรในน้ำเดือด และแช่ทิ้งไว้ประมาณ 15-30 นาที จากนั้นกรองกากที่เหลืออยู่ด้วยกระดาษกรอง หรือผ้าขาวบาง แล้วนำสารละลายที่ได้จากการสกัดไปศึกษาต่อไป ตัวอย่างการสกัดด้วยวิธีนี้ที่เราเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การชงชาที่จะแช่ใบชาแห้งในน้ำเดือดทิ้งไว้จากนั้นก็ดื่มเฉพาะส่วนน้ำที่ได้ละลายสารที่อยู่ในใบชาออกมา เป็นต้น

- วิธีการต้มในน้ำเดือด (decoction) คือเทคนิคการสกัดสารที่ละลายได้ดีในน้ำ และสามารถทนความร้อนได้ดี โดยการต้มสมุนไพรในน้ำจนเดือดแล้วต้มต่อไปอีกประมาณ 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ซึ่งจะใช้เวลาที่สั้นกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ข้อควรระวังของการสกัดวิธีนี้คือ ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจทำลายสารที่เราสนใจในสารสกัดจากสมุนไพรการสกัดสารด้วยการต้มในน้ำเดือดใช้ได้ดีกับส่วนราก ใบ ดอก ก้าน แต่หลังจากการสกัดโดยต้มในน้ำเดือด จะต้องกรองกากเพื่อที่จะนำส่วนสารละลายไปศึกษาต่อ

- วิธีการย่อย (digestion) คือวิธีเดียวกับการสกัดสารด้วยการแช่ในตัวทำละลาย แต่ระหว่างขั้นตอนการแช่สมุนไพรในตัวทำละลายนั้น จะใช้อุณหภูมิประมาณ 30-50 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยในการสกัดสารให้ละลายออกมาได้ดีขึ้น วิธีนี้จะใช้สกัดสารจากพืชส่วนที่มีความแข็ง และมีองค์ประกอบของพวกโพลิเมอร์ เช่น แทนนิน (tannins) ลิกนิน (lignin) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ (water-insoluble) ได้แก่ ส่วนเปลือก (bark) และราก (root) ของพืช ในการสกัดด้วยวิธีการย่อยจะใช้เวลาสั้นกว่าการแช่ในตัวทำละลายโดยใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 1 ชั่วโมงจนถึงหนึ่งวัน ขึ้นกับส่วนของพืชที่นำมาสกัด ข้อควรระวังของการสกัดสารด้วยวิธีนี้คือ อุณหภูมิอาจมีผลต่อการสลายของสารบางอย่างในสมุนไพรเมื่อได้รับความร้อน

- วิธีการหมักหรือการแช่ในตัวทำละลาย (marceration) เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการสกัดสารจากพืชสมุนไพร และยังเป็นวิธีที่ใช้ได้กับการสกัดสารจากทุกส่วนของพืช เช่น กิ่ง ก้าน เปลือก ใบ และราก ข้อได้เปรียบของวิธีนี้คือ เครื่องมือที่ใช้ และขั้นตอนในการสกัดไม่ซับซ้อน อีกทั้งสารเคมีที่ใช้มีในห้องปฏิบัติการเคมีทั่วไป แต่ข้อเสียที่ต้องคำนึงถึงคือ ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดวิธีนี้ค่อนข้างนานเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น การสกัดสารจะเริ่มต้นด้วยการเตรียมส่วนต่าง ๆ ของพืชที่จะสกัดให้แห้งโดยใช้วิธีตากแดดหรืออบ ในตู้บ่ม (incubator) ใช้อุณหภูมิในช่วง 30-60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของชิ้นส่วนพืชที่เรานำมาสกัด จากนั้นนำส่วนที่แห้งไปปั่นหรือบดให้ละเอียดเพื่อเพิ่มพื้นผิวสัมผัสกับตัวทำละลาย ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งที่นิยมใช้ในการสกัด ได้แก่ เฮกเซน (hexane) เอทิลอะซิเตท (ethylacetate) เมทานอล (methanol) และเอทานอล (ethanol) ซึ่งทำให้สารที่ถูกสกัดออกมาในชั้นของตัวทำละลายแต่ละชนิด มีความเป็นขั้วมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ ใช้ในการสกัดเวลาที่ใช้ในการสกัดก็จะแตกต่างกันไป อาจใช้เวลาในการสกัดประมาณ 3-7 วัน ร่วมกับการสกัดซ้ำด้วยตัวทำละลายเดิม หรืออาจใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วแตกต่างกันในการสกัดเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และให้ได้ปริมาณของสารสกัดที่จะนำมาศึกษามากขึ้นวิธีการแช่ในตัวทำละลายจะแช่สมุนไพรในตัวทำละลายที่อุณหภูมิห้องในการสกัดด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลาย โดยทั่วไปแล้วจะใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของสมุนไพรต่อปริมาตรของตัวทำละลายตั้งแต่ 1:4 ไปจนถึง 1:20

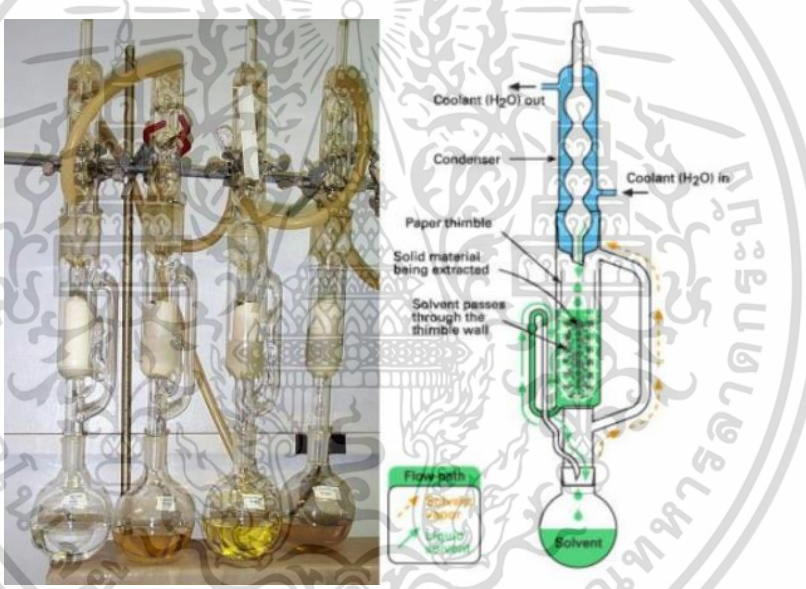
- วิธีการหมักแบบต่อเนื่อง (Percolation) หลักการเหมือนกับการสกัดด้วยการแช่ในตัวทำละลายต้องมีการเตรียมตัวอย่างที่จะสกัดให้แห้งนำไปปั่นหรือบดให้ละเอียดและใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้ว (polarity) แตกต่างกันร่วมในการสกัดสารแต่ขั้นตอนที่มีความแตกต่างคือ จะใช้วิธีการสกัดโดยแช่สมุนไพรในตัวทำละลายทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นจะเติมตัวทำละลายอินทรีย์ลงไปเพิ่ม แล้วปล่อยให้มีการไหลของตัวทำละลายผ่านสมุนไพรช้า ๆ ด้วยอัตราเร็วเหมาะสมกับการเติมตัวทำละลายเข้าไปแทนที่ แต่ข้อด้อยของการสกัดด้วยวิธีนี้คือต้องใช้ปริมาณตัวทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายในการสกัดมากกว่าวิธีการสกัดด้วยการแช่ในตัวทำละลาย ดังนั้นในการสกัดสารจากสมุนไพรอาจประยุกต์ใช้ทั้งสองวิธีคือ การแช่ในตัวทำละลาย และการให้ตัวทำละลายไหลผ่านร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารก็ได้

- วิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ความร้อน (continuous extraction) การสกัดวิธีนี้คล้ายกับวิธี percolation โดยวิธีนี้ต้องใช้ความร้อนที่มีจุดเดือดต่ำในเครื่อง soxhlet extractor ซึ่งวิธีนี้จะเหมาะกับการสกัดสารสำคัญที่ทนความร้อนและประหยัดตัวทำละลาย

- วิธีการสกัดด้วย soxhlet (ภาพที่ 2.5) เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายซึ่งมีจุดเดือดต่ำ ใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายใน flask ระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมา จนถึงจุดหนึ่งก็จะไหลกลับลงไปใน flask ใหม่ โดยใช้วิธีกาลักน้ำ แล้วกลั่นตัวขึ้นไปใหม่จนสกัดได้หมดโดยสามารถสังเกตจากสีของตัวทำละลายใน thimble ที่ใสขึ้น การสกัดด้วยวิธีนี้ใช้ความร้อน จึงอาจทำให้สารสำคัญบางชนิดสลายตัวได้



ภาพที่ 2.5 วิธีการสกัดด้วย soxhlet extraction
ที่มา : อาลักษณ์ (2561)

2. วิธีการสกัดสารแบบสมัยใหม่ (non-conventional extraction methods) วิธีการสกัดสารแบบสมัยใหม่จะมีการคำนึงถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสีเขียวเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยมีการลดปริมาณการใช้ตัวทำละลาย สารสังเคราะห์ หรือสารเคมีอินทรีย์ อีกทั้งยังมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสามารถคัดเลือกชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชสมุนไพรได้ อีกทั้งยังสามารถลดระยะเวลาในการสกัด ปริมาณสารสกัดสูง (ผลผลิต) รวมถึงคุณภาพของสารสกัดที่มีความสม่ำเสมอกว่าเทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิม (Azmir *et al.* 2013) วิธีการสกัดสารแบบสมัยใหม่ ได้แก่ ultrasound, pulsed electric field, enzyme digestion, extrusion, microwave heating, ohmic heating, supercritical fluids และ accelerated solvents เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.4 ชนิดของตัวทำละลาย

ในการสกัดสารการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมถือเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากสารสำคัญในพืชมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การเลือกตัวทำละลายที่จะสามารถสกัดสารสำคัญได้ทุกกลุ่มจึงเป็นไปได้ยาก ซึ่งคุณสมบัติของตัวทำละลายที่ดีนอกจากจะสามารถดึงสารสำคัญของพืชสมุนไพรออกมาได้ดีแล้ว จะต้องไม่ระเหยยากหรือง่ายจนเกินไปและไม่ทำปฏิกิริยากับสารสำคัญที่ต้องการสกัด ไม่มีความเป็นพิษ รวมถึงราคาต้องไม่แพงจนเกินไป

จากการศึกษาของชุติมา และสนทยา (2555) พบว่าการสกัดสารในกลุ่ม gingerol-related compounds ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจากขิง (*Zingiber officinale*) โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัดเป็นระยะเวลานาน 20 นาที พบว่าให้ปริมาณสารสกัด และองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดใกล้เคียงกับ การใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ต้องใช้ระยะเวลาในการสกัดนานถึง 8 ชั่วโมง และการศึกษาของBadalyan *et al.* (1998) ทำการศึกษาวิธีการสกัดขิงด้วยการใช้ CO_2 และ CO_2 ร่วมกับ Ethanol โดยการใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม คือการสกัดด้วยไอน้ำ พบว่าการใช้ CO_2 ร่วมกับ Ethanol ในการสกัด มีปริมาณสารที่สูงกว่าการใช้ CO_2 เพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมจะได้ปริมาณสารที่เพิ่มมากขึ้น และมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นตามไปด้วย

แนวทางในการใช้สารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช จะแบ่งออกเป็นหัวข้อที่สำคัญ ดังนี้

2.4.4 ความสำคัญการใช้สารสกัดพืชสมุนไพรในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดชลบุรี (2562) ได้อธิบาย ความสำคัญการใช้พืชสมุนไพรในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ไว้ดังนี้

2.4.4.1 ทำให้ศัตรูพืชสามารถต้านทาน หรือดื้อสมุนไพรได้น้อยกว่าสารเคมี เนื่องจากสารในพืชสมุนไพรเป็นสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งจะทำให้ศัตรูพืชต้านทานหรือดื้อได้น้อยกว่าสารเคมีซึ่งเป็นสารที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น

2.4.4.2 มีความเป็นพิษต่อศัตรูธรรมชาติน้อย โดยสมุนไพรส่วนใหญ่จะมีความเฉพาะเจาะจงในการกำจัดศัตรูพืช ดังนั้นจะเป็นพิษต่อศัตรูพืชน้อย และระบบสรีระของศัตรูพืช และศัตรูธรรมชาติมีความแตกต่างกัน ดังนั้นสมุนไพรที่มีพิษต่อศัตรูพืช อาจจะไม่เป็นพิษต่อศัตรูธรรมชาติ

2.4.4.3 ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และสารพิษตกค้างในผลผลิตที่ได้ เนื่องจากสารในพืชสมุนไพรเป็นสารที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และสามารถสลายตัวได้ง่าย จึงไม่ก่อให้เกิดมลพิษในสภาพแวดล้อม และถึงจะตกค้างอยู่ในผลผลิตบ้างแต่จะไม่ก่อให้เกิดอันตราย

2.4.4.4 พืชสมุนไพรที่ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงส่วนใหญ่มีพิษต่อคน และสัตว์เลี้ยงน้อยแต่มีพิษต่อศัตรูพืช เช่น สะเดา หรือสมุนไพรบางชนิดมีผลต่อสัตว์บ้างแต่ไม่ทำให้ตาย เช่น หางไหลจะทำให้ปลาเกิดอาการมึนเมาแต่จะไม่ทำให้ปลาตาย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.5 สามารถหาได้ง่าย ประหยัด ราคาถูก และสามารถเตรียมได้ด้วยตนเอง โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีอยู่ทั่วไป ซึ่งหาได้ง่าย และวิธีใช้ไม่ยุ่งยาก

2.4.5 ประเภทการใช้พืชสมุนไพรในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

การใช้สมุนไพรในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช แบ่งตามประเภทที่ออกฤทธิ์ต่อศัตรูพืช ดังนี้ (ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดชลบุรี, 2562)

2.4.5.1 มีพิษฆ่าศัตรูพืชโดยตรง สมุนไพรในกลุ่มนี้เมื่อศัตรูพืชกิน หรือได้รับสมุนไพรเข้าสู่ร่างกายจะทำให้ศัตรูพืชตาย ซึ่งสาเหตุการตายจะมี 2 ลักษณะ คือ มีผลต่อระบบประสาทของศัตรูพืช เมื่อศัตรูพืชกิน หรือได้รับสมุนไพรเข้าสู่ร่างกายจะทำให้ระบบประสาทผิดปกติ ทำให้ศัตรูพืชเป็นอัมพาตและตาย เช่น สารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดา เป็นต้น มีผลต่อระบบหายใจของศัตรูพืช เมื่อศัตรูพืชกินหรือได้รับสมุนไพรเข้าสู่ร่างกายจะทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในระบบหายใจ ทำให้ศัตรูพืชหัวใจวายตาย เช่น สารไพริทรินในดอกไพริทรัม (ดอกเบญจมาศ) เป็นต้น (แสงเดือน, 2561)

2.4.5.2 มีผลทำให้พฤติกรรมของศัตรูพืชเปลี่ยนไป เมื่อศัตรูพืชกินหรือได้รับสมุนไพรเข้าสู่ร่างกายจะทำให้พฤติกรรมของศัตรูพืชเปลี่ยนไปได้หลายรูปแบบ คือ

1. ยับยั้งการกินอาหาร เมื่อศัตรูพืชกิน หรือได้รับสมุนไพรเข้าสู่ร่างกายจะทำให้ศัตรูพืช เกิดอาการเบื่ออาหาร กินอาหารได้น้อยลง

2. ยับยั้งการเจริญเติบโต เมื่อศัตรูพืชกินหรือได้รับสมุนไพรเข้าสู่ร่างกายจะทำให้การเจริญเติบโตของศัตรูพืชเปลี่ยนไป เช่น ในแมลงทำให้ไม่สามารถลอกคราบได้ ในเชื้อราโรคพืชจะยับยั้งการสร้างเส้นใยและสปอร์ เป็นต้น

3. ยับยั้งการสร้างฮอร์โมน เมื่อศัตรูพืชกิน หรือได้รับสมุนไพรเข้าสู่ร่างกายจะทำให้ศัตรูพืชมีการฮอร์โมนน้อยลง ทำให้การเจริญเติบโตที่ผิดปกติ หรือทำให้เป็นหมัน

4. ยับยั้งการวางไข่ และการฟักของไข่ เมื่อศัตรูพืชกิน หรือได้รับสมุนไพรเข้าสู่ร่างกายจะทำให้แมลงไข่น้อยลง และเปอร์เซ็นต์การฟักต่ำ (Schillaci *et al.* 2019)

2.4.5.3 การขับไล่ศัตรูพืช สมุนไพรบางชนิดมีคุณสมบัติ หรือกลิ่นที่ศัตรูพืชไม่ชอบ ทำให้ศัตรูพืชไม่เข้ามาในบริเวณที่มีการใช้ หรือไล่ศัตรูพืชให้ออกไป แต่จะไม่มีพิษในการฆ่าศัตรูพืช เช่น ตะไคร้หอม สามารถไล่แมลงได้หลายชนิด เป็นต้น

2.4.5.4 การดึงดูดศัตรูพืช สมุนไพรบางชนิดมีคุณสมบัติ หรือกลิ่นที่ศัตรูพืชชอบ หรือมีกลิ่นคล้ายฟีโรโมนของศัตรูพืช ทำให้สามารถดึงดูดศัตรูพืชเข้ามาในบริเวณที่มีการใช้ แต่จะไม่มีพิษในการฆ่าศัตรูพืช เช่น กระเพรา เดหลีใบกล้วย สามารถดึงดูดแมลงวันผลไม้ ได้ เป็นต้น

2.4.6 วิธีการใช้พืชสมุนไพรในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

วิธีการใช้พืชสมุนไพรในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชให้ได้ผลดี และมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้ต้องทราบวัตถุประสงค์ในการใช้ และมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องต่อไปนี้ (ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดชลบุรี, 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6.1 ศัตรูพืชที่เราจะทำการควบคุม ต้องรู้จักศัตรูพืชว่าเป็นชนิดไหน มีวงจรชีวิตและลักษณะการทำลายอย่างไร เพื่อจะได้ใช้สมุนไพรได้อย่างถูกต้อง

2.4.6.2 ชนิดของสมุนไพร ต้องรู้จักว่าสมุนไพรแต่ละชนิดสามารถใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืชชนิดใดได้บ้าง ใช้ส่วนใดของสมุนไพร และประสิทธิภาพการใช้สมุนไพรแต่ละชนิดเป็นอย่างไร

2.4.6.3 วิธีการใช้สมุนไพร ต้องรู้ว่าสมุนไพรแต่ละชนิดมีขั้นตอน และวิธีการใช้อย่างไร เช่น ต้องทุบก่อนหรือบดก่อนหรือไม่รวมทั้งต้องรู้อัตราการใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของสมุนไพรการฉีดพ่นในตอนเย็น ก่อนการฉีดพ่นต้องมีการสำรวจศัตรูพืชและใช้ทันทีที่พบศัตรูพืช การใส่สารจับใบ การฉีดพ่นบ่อยๆ เมื่อพบศัตรูพืชระบาด และสมุนไพรบางชนิด ต้องเพิ่มความระวังในการใช้ เช่น หางไหลไม่ควรใช้ใกล้บ่อปลาเนื่องจากเป็นพิษต่อปลา เป็นต้น (สายรุ้ง, 2551)

2.5 การเคลือบเมล็ด

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ คือการนำสารสะสมที่มีลักษณะบางเบามาฉาบยึดเกาะให้สม่ำเสมอไปบนผิวของเมล็ดพันธุ์ (film coating) โดยเมล็ดจะถูกห่อหุ้มเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ จำพวกพอลิเมอร์ (polymer) มายึดเกาะรอบ ๆ ผิวของเมล็ดพันธุ์ (Pedrini *et al.* 2017) อีกทั้งสารละลายเหล่านี้สามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติในการยกระดับเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงสุดก่อนนำไปใช้เพาะปลูกได้ เช่น ธาตุอาหารพืช ฮอร์โมนพืชและสารเร่งการเจริญเติบโต เป็นต้น นอกจากนี้ยังพัฒนาวิธีการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคมีสำหรับการป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ประเภทกำจัดโรคและแมลงชนิดต่าง ๆ ได้ เช่น โรคโคนเน่า (dumping-off) และการเข้าทำลายของหนอนเจาะรากข้าวโพด เป็นต้น (Ramsey, 1975; Scott, 1975; Taylor *et al.* 1998) จากปัจจัยดังกล่าวจึงทำให้การเคลือบเมล็ดพันธุ์เป็นที่นิยมในเชิงการค้า และเกษตรกรผู้ปลูกพืช เนื่องจากวิธีการเคลือบ เมล็ดพันธุ์สามารถรับประกันคุณภาพความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้ดังนั้นวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์จึงได้รับความนิยมและความสนใจ ทั้งบริษัทผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์และเกษตรกรผู้เพาะปลูกพืช ทำให้เมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยวจากแปลงปลูกมาอยู่ในสภาพที่พร้อมและพร้อมเก็บรักษาโดยที่ยังคงรักษาคุณภาพความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ไว้ในระยะเวลายาวนาน

วิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์จำเป็นต้องมีวัสดุอุปกรณ์หลัก 4 ชนิด ดังนี้

2.5.1 เมล็ดพันธุ์

ชนิดของเมล็ดพันธุ์มีความสำคัญต่อการเลือกชนิดของสารเคลือบเนื่องจากเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ดที่แตกต่างกันเช่นผิวเรียบผิวมันหรือผิวขรุขระไม่สม่ำเสมอเป็นต้นจึงทำให้การคัดเลือกชนิดของสารเคลือบมีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของเมล็ดเพื่อทำให้การเคลือบเมล็ดพันธุ์ประสบผลสำเร็จสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 เครื่องเคลือบหรืออุปกรณ์สำหรับใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์

เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์นับเป็นอุปกรณ์หลักสำหรับใช้เป็นส่วนคลุกเคล้าเมล็ดพันธุ์ และสารเคลือบ ในปัจจุบันเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ แบบ fluidized bed แบบ rotary coater และแบบ rotating pan เป็นต้น (Sikhao *et al.* 2014)

2.5.3 สารเคลือบหรือพอลิเมอร์

สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิดทั้งในส่วนที่เป็นโพลิเมอร์และส่วนที่เป็นสารเคลือบสำเร็จรูปในเชิงการค้าอย่างไรก็ตามสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ดีต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ด การเคลือบเมล็ดพันธุ์ควรเลือกใช้เป็นสารชีวภาพหรือสารเคมีที่ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ดีที่สุดทำให้การเลือกใช้สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ให้เหมาะสมตามชนิดของเมล็ดมีความสำคัญมากดังนั้นการรู้จักคุณสมบัติของสารเคลือบจึงมีความสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกใช้สารเคลือบซึ่งจะทำให้การเคลือบเมล็ดพันธุ์ประสบผลสำเร็จได้มากที่สุดโดยปกติมักจะจำแนกพอลิเมอร์หรือสารเคลือบตามความสามารถในการละลายคือ

1. พอลิเมอร์สังเคราะห์ที่สามารถละลายน้ำได้ (water-soluble binder) โดยพอลิเมอร์เหล่านี้นิยมนำมาใช้สำหรับเคลือบพันธุ์มากที่สุด (Kadajji and Betageri, 2011; Zoubari, 2015) ยกตัวอย่าง เช่น polyethylene glycol (PEG), polyvinyl alcohol (PVA) และ polyvinylpyrolidone (PVP) เป็นต้น

2. พอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble binder) พอลิเมอร์กลุ่มนี้นิยมนำมาใช้ผสมร่วมกับกลุ่มที่สามารถละลายน้ำได้ ได้แก่ lactide-co-glycolide polymers เป็นต้น (Kadajji and Betageri, 2011)

3. พอลิเมอร์ที่มีการละลายขึ้นอยู่กับค่าพีเอช (pH-dependent binder) ได้แก่ cellulose acetate phthalate (CAP) เป็นต้น

จากคุณสมบัติและชนิดของพอลิเมอร์ที่หลากหลาย ส่งผลให้พอลิเมอร์มีบทบาทและหน้าที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการเลือกใช้พอลิเมอร์ให้เหมาะสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเคลือบเมล็ดพันธุ์ โดยพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด และเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ได้ศึกษาดังในตารางที่ 2.2 และ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียว

ชนิดเมล็ดพันธุ์	พอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบ	อ้างอิง
ข้าวโพด	polyethylene glycol	Khunkeaw *et al.* (2012)
	bio-polymer solution	Paulín *et al.* (2013)
	ethyl alcohol and crude	Adhikari *et al.* (2016)
ถั่วเขียว	methylcellulose	Pilar-izquierdo *et al.* (2012)
	chitosan	Zeng *et al.* (2012)
	polyethylene glycol	Khunkeaw *et al.* (2012)

2.5.4 สารออกฤทธิ์

สารออกฤทธิ์ คือ กลุ่มของสารเคมี หรือชีวเคมีที่มีความจำเป็นต่อความงอกของพืช และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยการใช้สารเคลือบเป็นตัวกลางนำพาสารออกฤทธิ์ยกตัวอย่างเช่น ธาตุอาหารของพืช ฮอร์โมนพืชสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงสารป้องกันกำจัดโรค และแมลง สารป้องกันกำจัดวัชพืช สารจุลินทรีย์ชีวภาพ และการป้องกันการปลอมแปลงเมล็ดพืช เป็นต้น (ตารางที่ 2.4) ซึ่งสารออกฤทธิ์ชนิดต่างๆนี้คือส่วนเติมเต็มเพื่อยกระดับการใช้เมล็ดพันธุ์หลังการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.5.5 ประโยชน์ของการเคลือบ

เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพเมล็ดพันธุ์หลังการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งสารออกฤทธิ์ที่นำมาใช้ในเคลือบจะมีส่วนช่วยในการชะลอการเสื่อมสภาพ ส่วนการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังจากการเคลือบส่งผลให้สามารถปลูกพืชได้ง่ายขึ้น สามารถเก็บรักษาได้ในระยะเวลานานขึ้น (จักรพงศ์, 2563)

ตารางที่ 2.3 ชนิดของสารออกฤทธิ์ที่ใช้ร่วมในการเคลือบเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียว

ชนิดเมล็ดพันธุ์	สารออกฤทธิ์	อ้างอิง
ข้าวโพด	*Bacillus subtilis*	Junges *et al.* (2013)
	ZnO nano-particles	Adhikari *et al.* (2016)
	Urea-formaldehyde	Khunkeaw *et al.* (2012)
	flowable thiram, vitavax 200	Rettinassababady *et al.* (2012)
ถั่วเขียว	imidacloprid	Adak *et al.* (2016)
	copper, manganese, zinc	Wiatrak (2013)
	thiram	Kaushik *et al.* (2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 การเตรียมสารสกัดจากดีปลี

1. ผลแห้งของดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl)
2. เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง (analytical balance)
3. เครื่องปั่นละเอียด
4. สารละลายที่ใช้ในการสกัดชนิดต่าง ๆ ได้แก่
   - hexane
   - acetone
   - ethanol
5. ขวดโหลแก้วสำหรับแช่สกัด ขนาด 4 ลิตร
6. ผ้าขาวบาง
7. กระดาษกรอง ยี่ห้อ Whatman® เบอร์ 1
8. เครื่องลดปริมาตรอุณหภูมิต่ำ (rotary evaporator) BUCH รุ่น R 300
9. บีกเกอร์
10. ขวดรูปชมพู่
11. กรวยกรองแก้ว
12. แท่งแก้ว
13. ขวดแก้วเก็บสารสกัด ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.1.2 การเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูในโรงเก็บ

3.1.2.1 การเพาะเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด

1. ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*)
2. กล่องเลี้ยงแมลง ขนาด 27×18×10 เซนติเมตร
3. เมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์หวานดอกคูน
4. พู่กัน
5. เทปกาว

3.1.2.2 การเพาะเลี้ยงด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลือง

1. ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*)
2. ด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมล็ดถั่วเขียว พันธุ์กำแพงแสน 2
4. เครื่องดูดแมลง (aspirator)
5. ขวดพลาสติกขนาด 1000 มิลลิลิตร
6. ผ้าขาวบาง
7. หนังยาง

3.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ ขั้นต้นในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีสัมผัสและวิธีการไล่

1. สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ
2. ตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูในโรงเก็บที่เพาะเลี้ยงไว้ ได้แก่ ด้วงงวงข้าว ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง
3. จานเพาะเชื้อ (petri dish)
4. กระดาษกรอง ยี่ห้อ Whatman® เบอร์ 1
5. เครื่องดูดแมลง (aspirator)
6. เครื่องดูดจ่ายสารละลาย หรือ ออโต้ปิเปต (autopipette)
   - ขนาด 1 มิลลิลิตร
   - ขนาด 5 มิลลิลิตร
   - ขนาด 10 มิลลิลิตร
7. พู่กัน
8. พาราฟิล์ม
9. ป้ายชื่อกระดาษ
10. อุปกรณ์จดบันทึกผลการตรวจนับ เช่น ดินสอ ปากกา สมุดจดบันทึก

3.1.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์

3.1.4.1 การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารสกัดจากดีปลี

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด พันธุ์หวานดอกคูน
2. เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว พันธุ์กำแพงแสน 2
3. สารสกัดจากดีปลี
4. สารองค์ประกอบต่าง ๆ ในการเตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์
   - methyl cellulose (MC)
   - polyethylene glycol 6000 (PEG6000)
   - titanium dioxide (Ti)
   - สีทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สารเคมีฆ่าแมลง (fipronil)

6. กระบอกฉีดยาพลาสติก (syringe)

- ขนาด 5 มิลลิลิตร
- ขนาด 10 มิลลิลิตร
- ขนาด 20 มิลลิลิตร

7. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร

8. แท่งแก้ว

9. เครื่องดูดจ่ายสารละลาย หรือ ออโต้ปิเปต (autopipette)

- ขนาด 1 มิลลิลิตร
- ขนาด 5 มิลลิลิตร
- ขนาด 10 มิลลิลิตร

10. ภาชนะสำหรับใช้เคลือบเมล็ด

11. ไดร์เป่าผม

12. ถุงอลูมิเนียมฟอยด์

13. เครื่องซีล

14. ป้ายชื่อกระดาษ

15. กล่องพลาสติกเก็บเมล็ดขนาด 22×31×13 เซนติเมตร

16. เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

17. ตู้เย็น

3.1.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปของสารฆ่า และการยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

1. เมล็ดข้าวโพดพันธุ์หวานดอกคูน ที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบจากดีปลี

2. เมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบจากดีปลี

3. ตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูในโรงเก็บที่เพาะเลี้ยงไว้ ได้แก่ ด้วงงวงข้าว ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง

4. ขวดแก้วขนาด 55 มิลลิลิตร

5. ฟู่กัน

6. ผ้าขาวบาง

7. หนังยาง

8. ป้ายชื่อกระดาษ

9. อุปกรณ์จดบันทึกผลการตรวจนับ เช่น ดินสอ ปากกา สมุดจดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 การทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากดีปลี

3.1.5.1 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเมล็ด

1. กระป๋องอลูมิเนียมสำหรับอบเมล็ด
2. ครกหิน+สาก
3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
4. โถดูดความชื้น
5. ป้ายชื่อกระดาษ
6. อุปกรณ์จดบันทึกผล เช่น ดินสอ ปากกา สมุดจดบันทึก

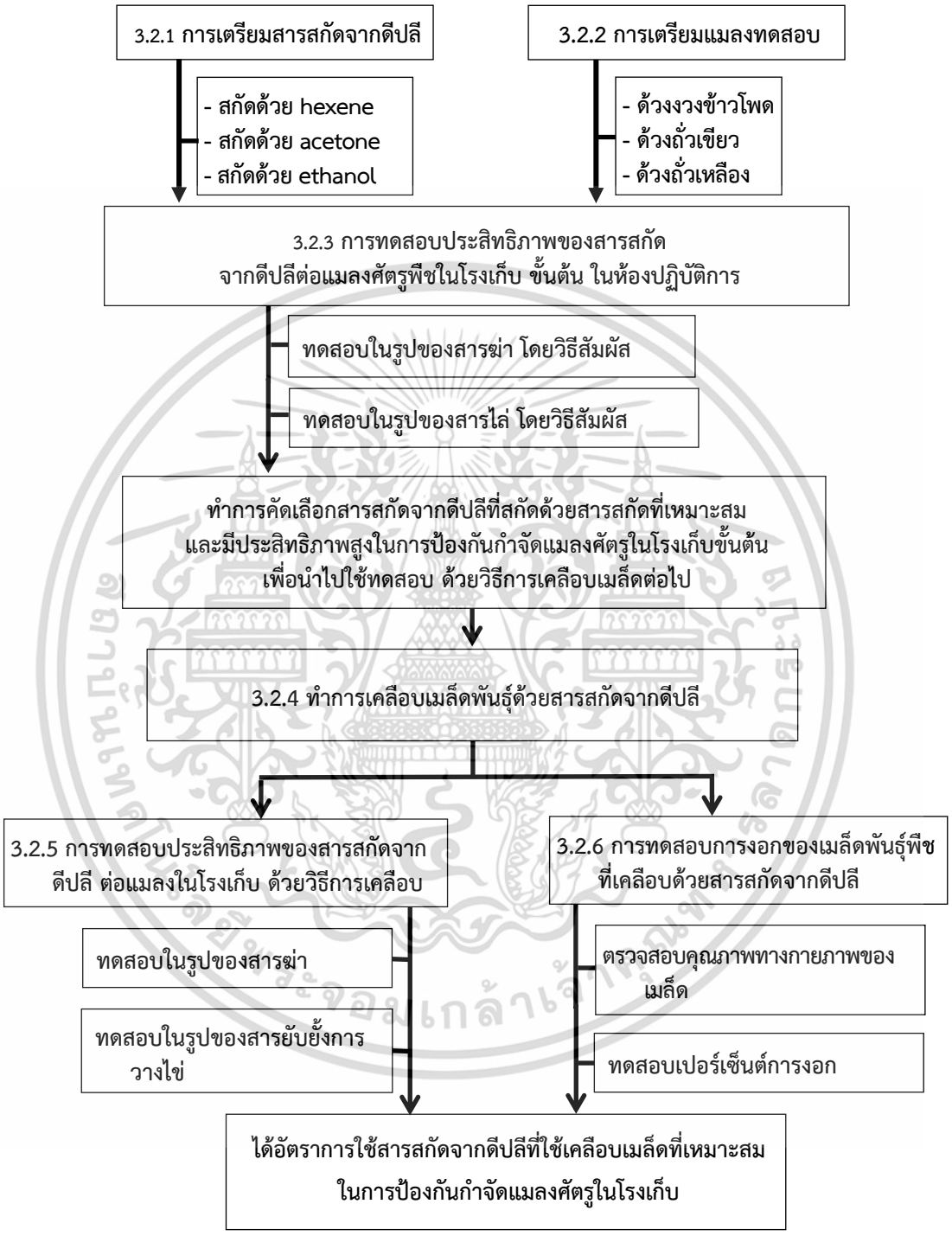
3.1.5.2 ทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก

1. เมล็ดข้าวโพดพันธุ์หวานดอกคูน ที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบจากดีปลี
2. เมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบจากดีปลี
3. กล่องพลาสติกสำหรับเพาะงอกขนาด 18×27×5 เซนติเมตร
4. กระดาษเพาะเมล็ดพันธุ์
5. กระจกรองวางเมล็ด
6. ปากคีบ (forcep)
7. กระบอกฉีดน้ำ
8. ป้ายชื่อกระดาษ
9. ตู้เพาะเมล็ดพันธุ์
10. อุปกรณ์จดบันทึกผลการตรวจนับ เช่น ดินสอ ปากกา สมุดจดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีบางชนิดต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยวิธีการเคลือบเมล็ด สามารถสรุปได้ตามภาพที่ 3.1



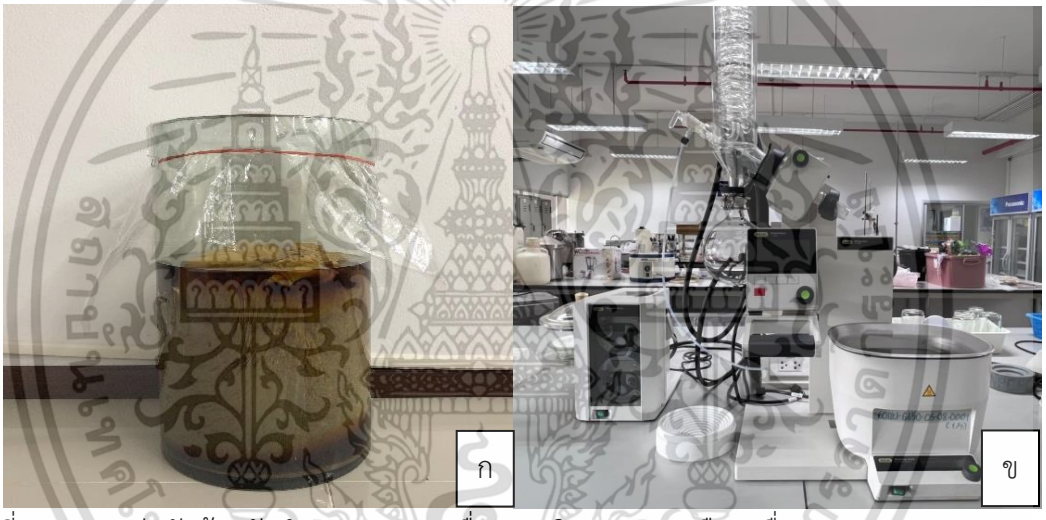
ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงแผนการดำเนินงานในงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การเตรียมสารสกัดจากดีปลี

สารสกัดหยาบจากดีปลี (crude extracts)

นำผลแห้งของดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl) มาบดให้ละเอียด นำไปแช่สกัดด้วย hexane ในอัตราส่วน 1:4 (w/v) เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรอง (Whatman® เบอร์ 1) นำสารสกัดที่ได้ ไปลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตร (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนแห้งและได้เป็นสารสกัดหยาบ (crude extract) นำกากจากการแช่ด้วย hexane มาแช่ต่อด้วย acetone และ ethanol ตามลำดับ (ภาพที่ 3.2 ก.) โดยดำเนินการแช่สกัดเหมือนการแช่สกัดด้วย hexane แล้วนำไปลดปริมาณโดยเครื่องลดปริมาตรสาร หรือ เครื่อง rotary evaporator (ภาพที่ 3.2 ข.) จนได้สารสกัดหยาบจาก acetone และ ethanol ตามลำดับ ทำการเก็บสารสกัดหยาบจากดีปลีที่ได้ในขวดเก็บสารที่มีความทึบแสง เพื่อนำไปทำการทดสอบกับแมลงในโรงเก็บต่อไป



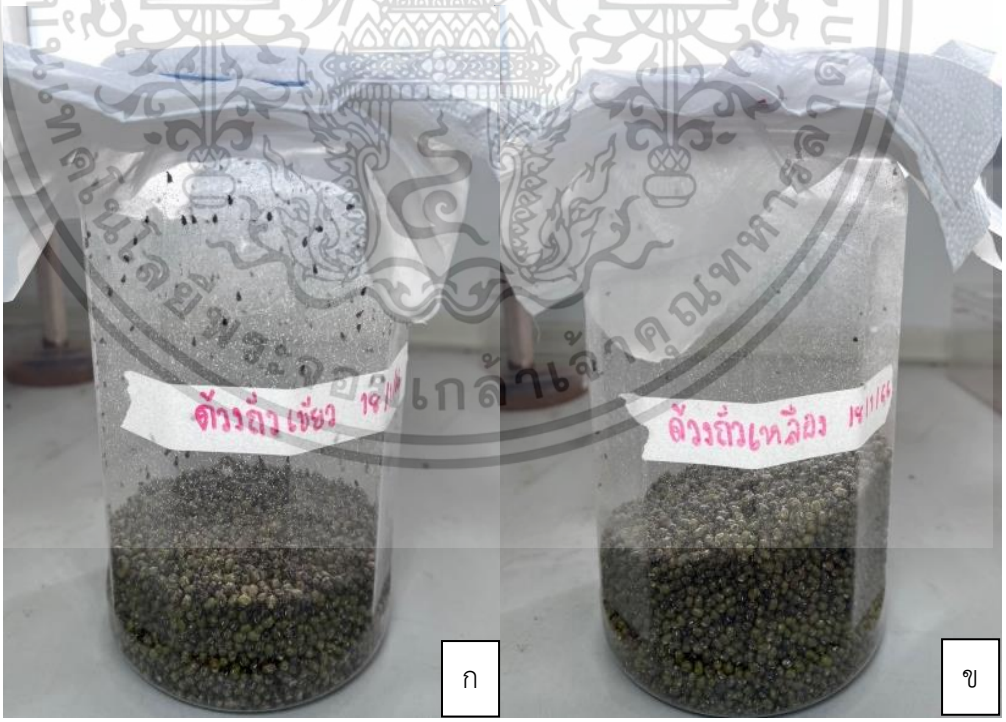
ภาพที่ 3.2 ก : แช่สกัดด้วยตัวทำละลาย ข : เครื่องลดปริมาตรสาร หรือ เครื่อง rotary evaporator

3.2.2 การเตรียมแมลงทดสอบ

ทำการเพาะเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*) โดยใช้ข้าวโพดหวานพันธุ์หวานดอกคูน เป็นพืชอาหารในกล่องเลี้ยงแมลง ขนาด 27×18×10 เซนติเมตร ปริมาณ 1 ใน 3 ของกล่อง (ภาพที่ 3.3) ขณะที่ด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) และด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*) เพาะเลี้ยงด้วยเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 โดยทำการใช้เมล็ดถั่วเขียวจำนวน 2 ใน 3 ของขวดปริมาตร 1000 มิลลิลิตร (ภาพที่ 3.4) ทำการเพาะเลี้ยงแมลงในห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นนำตัวเต็มวัยอายุ 5-7 วัน รุ่นที่ 2-3 หลังออกจากดักแด้ไปใช้ทดสอบในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.3 การเพาะเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*)



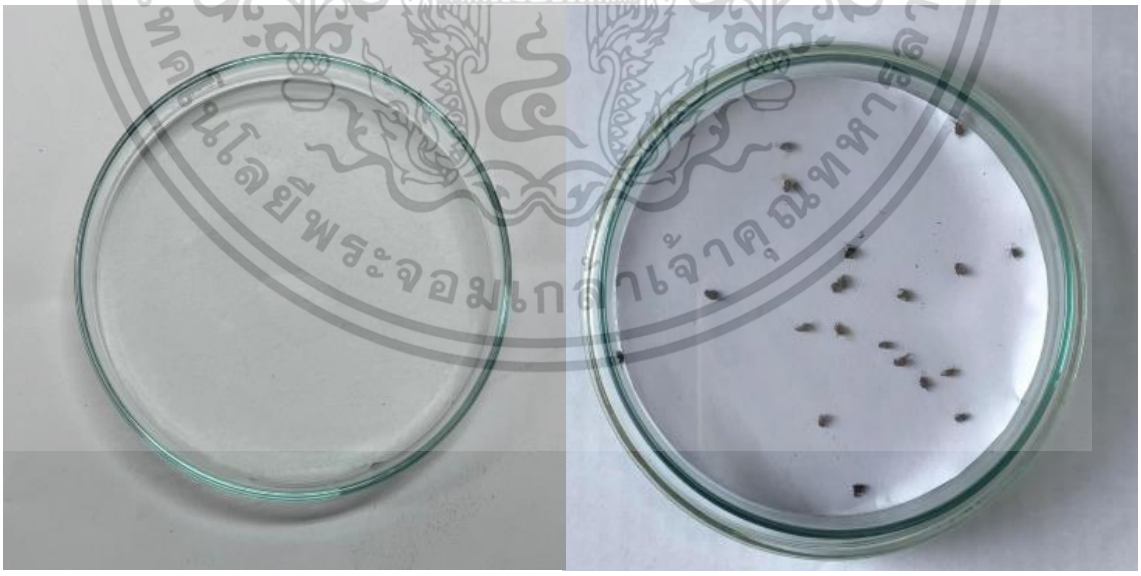
ภาพที่ 3.4 การเพาะเลี้ยง ; ก : ด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*), ข : ด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ ขั้นต้นในห้องปฏิบัติการ

3.2.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในรูปของสารฆ่า โดยวิธีสัมผัส

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีการสัมผัส (contact method) ที่ความเข้มข้น 6 ระดับ โดยในการทดสอบด้วงงวงข้าวโพดใช้ความเข้มข้นที่ 0, 31.45, 62.89, 94.34, 125.78 และ 157.23 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ด้วงถั่วเขียวใช้ความเข้มข้นที่ 0, 3.14, 6.29, 9.43, 12.58 และ 15.72 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร และด้วงถั่วเหลืองใช้ความเข้มข้นที่ 0, 3.93, 7.86, 11.79, 15.72 และ 19.65 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ร่วมกับ Tween-20 ในน้ำ หยดสารทดสอบปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรองในจานแก้วเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที โดยจากนั้นนำตัวเต็มวัยของแมลงทดสอบจำนวน 20 ตัว ปล่อยลงบนกระดาษกรองในจานแก้วเลี้ยงเชื้อและปิดฝาจานแก้ว (ภาพที่ 3.5) ทำการตรวจนับอัตราการตายที่ 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Tween-20) จากนั้นคัดเลือกช่วงของความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บชนิดต่าง ๆ ไปทดสอบต่อที่ระดับความเข้มข้น 5-6 ระดับ เพื่อหาระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ ต่อไป จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณหาอัตราการตายที่แท้จริงตามสูตรของ Abbott's formula (Abbott, 1925) เพื่อหาค่า LC_{50} และ LC_{90} โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Probit analysis



ภาพที่ 3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการสัมผัส (contact method) ในรูปของสารฆ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในรูปของสารไล่ โดยวิธีสัมผัส

ทำการทดสอบเหมือนข้อ 3.2.3.1 แต่แบ่งกระดาษกรองออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ฝั่งหนึ่งหยดสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ที่ระดับความเข้มข้น 3-4 ระดับปริมาตร 500 ไมโครลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นในระดับที่ไม่ทำให้แมลงทดสอบสอบตาย โดยในการทดสอบด้วงงวงข้าวโพดใช้ความเข้มข้น 3.14, 9.43 และ 15.72 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ด้วงถั่วเขียวใช้ความเข้มข้น 0.63, 1.89 และ 3.15 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร และด้วงถั่วเหลืองใช้ความเข้มข้นที่ 0.79, 2.36 และ 3.93 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร อีกฝั่งหนึ่งหยดสารชุดควบคุม (Tween-20 ในอัตราส่วนความเข้มข้นที่เท่ากัน) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำตัวเต็มวัยของแมลงทดสอบจำนวน 20 ตัว ใส่ลงตรงกลางจานแก้วเลี้ยงเชื้อ (ภาพที่ 3.6) และทำการบันทึกผลโดยการนับจำนวนแมลงที่พบในแต่ละฝั่งของกระดาษกรองที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง คำนวนดัชนีการไล่ (repellent Index; %RI) ตามวิธีของ Pascual-Villalobos and Robledo (1998)

ภาพที่ 3.6 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการสัมผัส (contact method) ในรูปของสารไล่

3.2.3.3 ทำการคัดเลือกสารสกัดจากดีปลี

คัดเลือกสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเหลือง และด้วงถั่วเขียว จากการทำการทดสอบด้วยวิธีการสัมผัส เพื่อคัดเลือกสารสกัดจากดีปลีที่มีประสิทธิภาพในการการควบคุมแมลงในโรงเก็บ มาศึกษาระดับความเป็นพิษของดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บด้วยวิธีการเคลือบเมล็ดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์

3.2.4.1 การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารสกัดจากดีปลี

ทำการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียวด้วยสารสกัดจากดีปลีที่ผ่านการคัดเลือกข้างต้น (ข้อ 3.2.3.1 และ 3.2.3.2) โดยใช้อัตราของสารช่วยเคลือบในชนิดและระดับต่าง ๆ กัน เคลือบเมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 ชนิด จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด (ภาพที่ 3.7) และเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว (ภาพที่ 3.8) ที่เคลือบแล้ว มาทำการทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเหลือง และด้วงถั่วเขียว ในรูปของสารฆ่าและสารยับยั้งการวางไข่ จากนั้นจะทำการทดสอบประสิทธิภาพการเคลือบเมล็ดพันธุ์ ดังนี้

T1 : Blank = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร

T2 : Control = เมล็ดที่เคลือบสารโดยไม่ผสมสารป้องกันกำจัด

T3 : LPH1% = เมล็ดที่มีการเคลือบสาร+สารสกัดดีปลี 1%

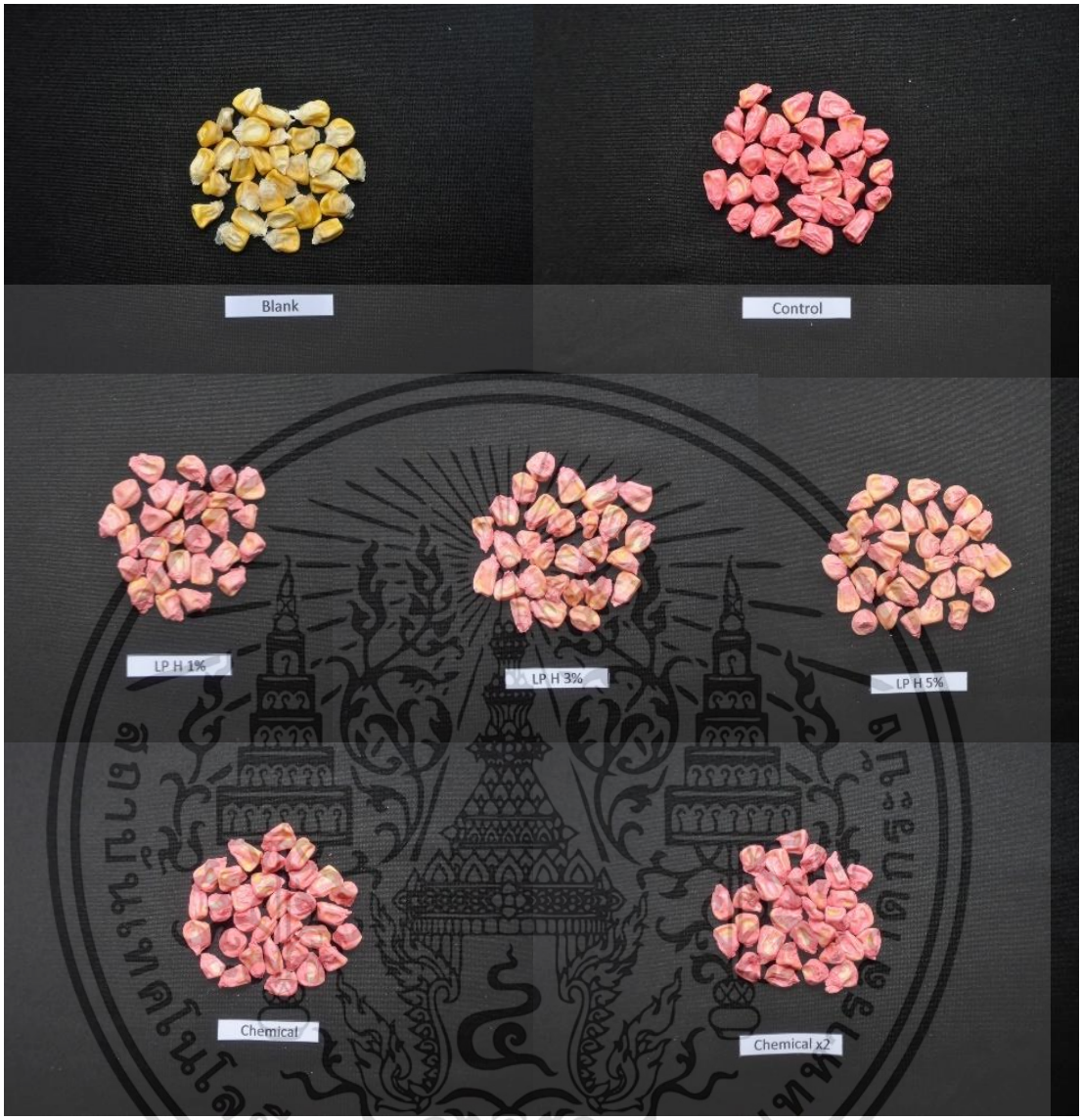
T4 : LPH3% = เมล็ดที่มีการเคลือบสาร+สารสกัดดีปลี 3%

T5 : LPH5% = เมล็ดที่มีการเคลือบสาร+สารสกัดดีปลี 5%

T6 : Chemical = เมล็ดที่มีการเคลือบสาร+สารเคมี rec. rate

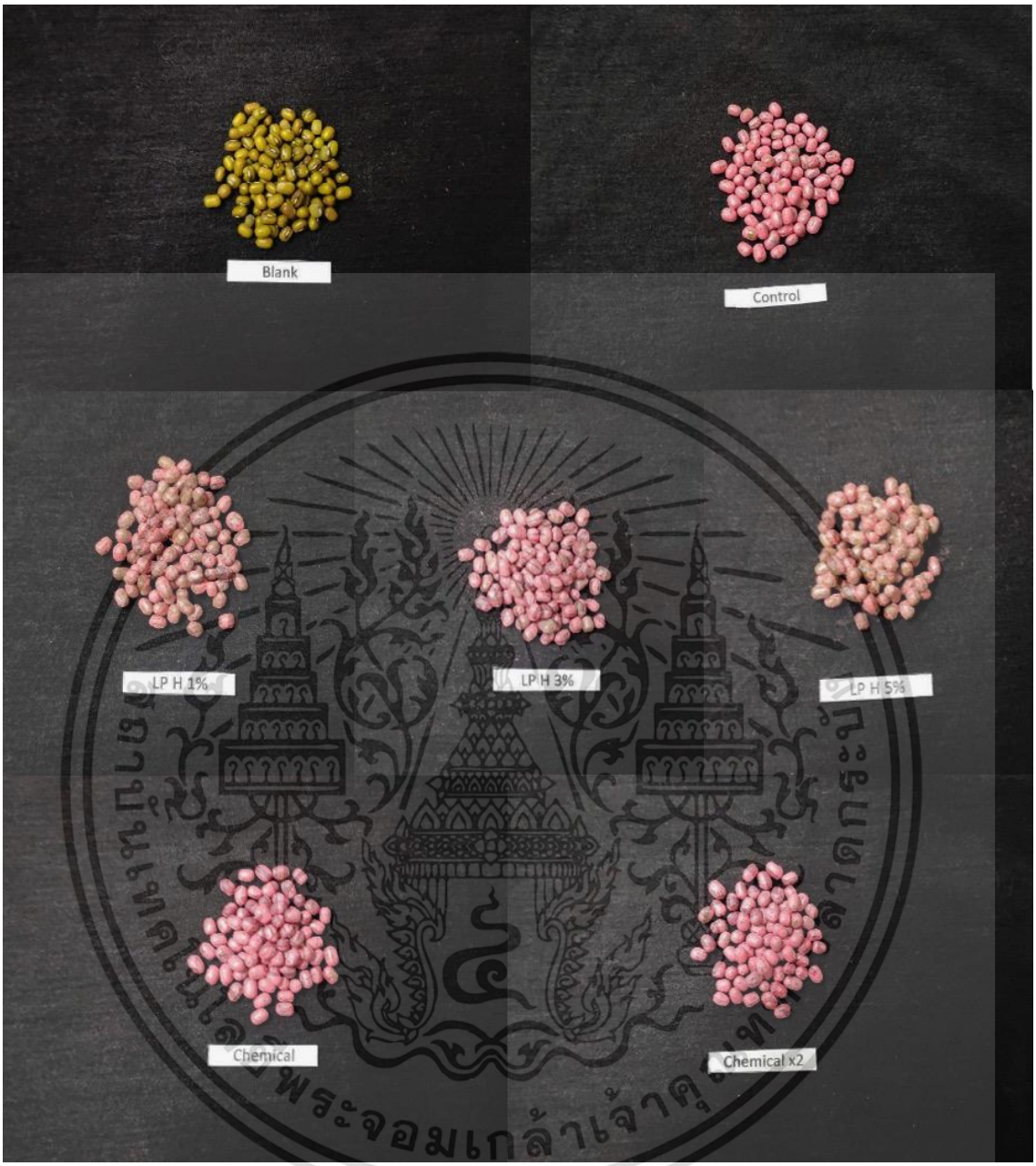
T7 : Chemicalx2 = เมล็ดที่มีการเคลือบสาร+สารเคมี double rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ทดสอบกับด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*)

3.2.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ดัดแปลงวิธีการจาก นันท์นภัส (2560) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเมล็ดพันธุ์เขียวที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร, เมล็ดที่เคลือบสารโดยไม่ผสมสารป้องกันกำจัด, เมล็ดที่มีการเคลือบสาร+สารสกัดดีปลี 1%, เมล็ดที่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลือบสาร+สารสกัดดีปลี 3%, เมล็ดที่มีการเคลือบสาร+สารสกัดดีปลี 5%, เมล็ดที่มีการเคลือบสาร+สารเคมี rec. rate และเมล็ดที่มีการเคลือบสาร+สารเคมี double rate มาบรรจุใส่ขวดแก้วขนาดปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปริมาณขวดละ 10 กรัม (ภาพที่ 3.9) จากนั้นนำตัวเต็มวัยของแมลงในโรงเก็บจำนวน 20 ตัว ลงไปในขวด ตรวจนับจำนวนการตายของแมลงทุก ๆ 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน หาอัตราการตายที่แท้จริงด้วยวิธีของ Abbott's formula (1925)

ภาพที่ 3.9 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด ; ก : การเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด , ข : การเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

3.2.4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปของการยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

ทำการทดสอบเหมือนข้อ 3.2.4.2 ดัดแปลงวิธีการจาก นันท์นภัส (2560) ทำการปล่อยแมลงลงไปในขวดที่มีเมล็ดพันธุ์ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้แมลงวางไข่ หลังจากนั้นนำแมลงออก ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 45 วัน ประเมินประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในเคลือบเมล็ดต่อการยับยั้งการวางไข่ โดยนับจำนวนแมลงที่เกิดขึ้น แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ และคำนวนดัชนีการไลโดยใช้สมการ inhibition rate (IR) % = (Cn – Tn) x 100 / Cn โดย Cn คือ จำนวนแมลงที่เกิดขึ้นในชุดควบคุม Tn คือ จำนวนแมลงที่เกิดขึ้นในชุดทดลอง

3.2.5 การทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากดีปลี

ทดสอบโดยดัดแปลงตามวิธีของ สุปราณี และคณะ (2558) ทำการตรวจสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดถั่วเขียว นำเมล็ดที่ผ่านการเคลือบแล้วมาเก็บรักษา ที่ระยะเวลา 180 วัน คือ 1, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 และ 180 วัน หลังการเคลือบเมล็ด ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

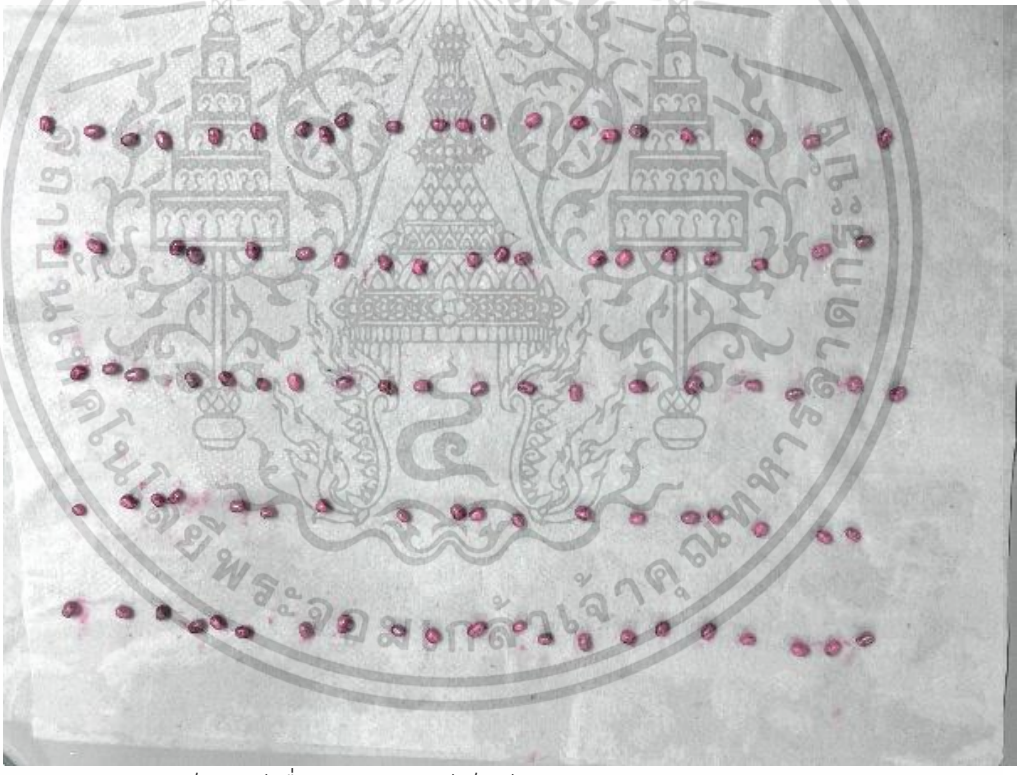
การลดความชื้นให้เหลือประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ บรรจุเมล็ดในถุงฟรอยด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและห้องควบคุมอุณหภูมิเพื่อนำเมล็ดทดสอบคุณภาพทุก 15 วัน แล้วดำเนินการตรวจคุณภาพของเมล็ดดังนี้

3.2.5.1 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเมล็ด

ตรวจสอบหาความชื้นโดยวิธีการอบด้วยความร้อน (hot air oven method) ชั่งน้ำหนักจำนวน 50 เมล็ด/ซ้ำ อบที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17±1 ชั่วโมง (ISTA, 2004) คำนวณหาความชื้นของเมล็ด

3.2.5.2 ทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก

สุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดถั่วเขียว เพาะในกระดาษ (paper test) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด ประเมินความงอกครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 7 วันหลังเพาะโดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ และเมล็ดตาย (ภาพที่ 3.10)



ภาพที่ 3.10 การเพาะเมล็ดพันธุ์เพื่อทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก

3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.6.1 การหาความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย

วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan’s new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6.2 การหาค่า LC_{50} และ LC_{90}

จากข้อมูลขั้นต้น ทำการศึกษาผลของสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพสูงในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ด้วยวิธีการข้างต้น ใช้ probit analysis ในการคำนวณค่า LC_{50} และ LC_{90} โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีสัมผัส

4.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ โดยวิธีสัมผัสในรูปของสารฆ่า

4.1.1.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงงวงข้าวโพด

ผลของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด ด้วยวิธีการสัมผัส (contact method) ที่ความเข้มข้น 0.00, 31.45, 62.89, 94.34, 125.78 และ 157.23 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (157.23 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตรของ Tween-20 ในน้ำ) ที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมงนั้น พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ให้ผลดีที่สุดในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยยะสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

โดยสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 157.23 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ให้ผลดีที่สุดในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 95.5 และ 97.4 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 125.78, 94.34, 62.89 และ 31.45 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 90.9, 85.3, 72.0, 15.4% และ 95.9, 94.0, 82.8, 25.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้จะเห็นว่าสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดได้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยมีอัตราการตายอยู่ที่ 2.8-79.7 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1)

ในขณะที่เมื่อคำนวณหาค่าความเป็นพิษของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane มีความเป็นพิษต่อด้วงงวงข้าวโพดมากที่สุดโดยมีค่า LC_{50} และ LC_{90} ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ที่เวลา 12 ชั่วโมง มีความเป็นพิษต่อด้วงงวงข้าวโพดมากที่สุด มีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 0.392 และ 0.715 และที่เวลา 24 ชั่วโมง สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane มีความเป็นพิษมากที่สุด มีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 0.319 และ 0.594 (ตารางที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีในรูปของสารฆ่า ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีสัมผัส

ความเข้มข้น ($\mu g/cm^2$)	Means±SD [1/]							
	12 hr (%)			%CV	24 hr (%)			%CV
	hexane	acetone	ethanol		hexane	acetone	ethanol	
0	0±4.1^{D}	0±4.1^{D}	0±4.1^{D}	-	0±4.1^{D}	0±4.1^{D}	0±4.1^{C}	-
31.45	15.4±15.8^{C}	14.6±15.7^{CD}	2.8±1.9^{D}	119.0	25.2±19.4^{C}	18.6±16.2^{C}	5.3±3.1^{C}	89.9
62.89	72.0±17.4^{B}	30.3±12.1^{BC}	38.5±15.0^{C}	30.9	82.8±14.0^{B}	41.4±9.4^{B}	47.7±15.7^{B}	23.2
94.34	85.3±8.3^{AB}	34.5±14.5^{BC}	44.3±7.5^{BC}	18.1	94.0±3.9^{AB}	55.4±13.9^{B}	48.3±9.0^{B}	14.0
125.78	90.0±8.5^{A}	38.1±16.4^{B}	57.6±10.8^{AB}	19.9	95.9±4.2^{AB}	57.9±16.6^{B}	71.9±11.6^{A}	15.9
157.23	95.5±5.1^{A}	60.0±20.0^{A}	68.7±15.4^{A}	18.2	97.4±3.8^{A}	79.7±10.3^{A}	73.4±12.7^{A}	10.3
%CV	17.6	51.7	29.2	-	14.4	31.1	26.3	-

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.2 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50} และ LC_{90}) ในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีสัมผัส

สารสกัดจากดีปลี	Regresstion equation	SE	LC_{50} (Low-Up)	LC_{90} (Low-Up)
12 hr				
hexane	Y = -1.555+3.968x	0.263	0.392 (0.142-0.585)	0.715 (0.536-1.292)
acetone	Y = -1.535+1.789x	0.187	0.858 (0.674-1.300)	1.575 (1.189-2.923)
ethanol	Y = -1.763+2.472x	0.203	0.713 (0.523-1.044)	1.232 (0.949-2.325)
24 hr				
hexane	Y = -1.487+4.664x	0.321	0.319 (-)	0.594 (-)
acetone	Y = -1.441+2.337x	0.189	0.617 (0.459-0.814)	1.165 (0.928-1.797)
ethanol	Y = -1.642+2.611x	0.200	0.629 (0.400-0.942)	1.120 (0.851-2.254)

4.1.1.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเขียว โดยวิธีสัมผัส

ผลของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว ด้วยวิธีการสัมผัส (contact method) ที่ความเข้มข้น 0, 3.14, 6.29, 9.43, 12.58 และ 15.72 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Tween-20 ในน้ำ) ที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมงนั้น พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ให้ผลดีที่สุดในการฆ่าด้วงถั่วเขียว รองลงมาคือการใช้สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ที่เวลา 48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 15.72 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร สามารถฆ่าด้วงถั่วเขียวได้ดีที่สุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้น 12.58 และ 9.43 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ที่ 48 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 96.52 และ 93.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ที่เวลา 12 ชั่วโมง สามารถฆ่าด้วงถั่วเขียวได้มากกว่า 50-70 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 9.43, 12.58 และ 15.72 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร นอกจากนี้สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol มีผลทำให้ด้วงถั่วเขียวตายเพียง 3.21-65.53 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (ตารางที่ 4.3)

ในขณะที่เมื่อคำนวณหาค่าความเป็นพิษของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane มีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเขียวมากที่สุดโดยมีค่า LC_{50} และ LC_{90} ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ที่เวลา 48 ชั่วโมง สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane มีความเป็นพิษมากที่สุด มีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 4.781 และ 8.731 รองลงมาคือ acetone และ ethanol โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 10.353 และ 24.520 ค่า LC_{90} เท่ากับ 20.592 และ 39.984 ตามลำดับ และที่เวลา 24 ชั่วโมง มีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเขียวมากที่สุด มีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 8.688 และ 17.009 รองลงมาคือ acetone และ ethanol โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 18.771 และ 32.848 มีค่า LC_{90} เท่ากับ 31.801 และ 51.122 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีในรูปของสารฆ่าต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยวิธีสัมผัส

ความเข้มข้น ($\mu g/cm^2$)	Means±SD [1/]							
	24 hr			%CV	48 hr			%CV
	hexane	acetone	ethanol		hexane	acetone	ethanol	
0	0.00±4.14 $^{1/Da}$	0.00±4.14 ^{Ba}	0.00±4.14 ^{Ba}	-	0.00±8.58 ^{Da}	0.00±8.58 ^{Da}	0.00±8.58 ^{Ca}	-
3.14	20.91±4.33 ^{Ca}	6.82±7.03 ^{Bb}	3.21±4.39 ^{ABb}	355.3	35.00±5.43 ^{Ca}	20.08±11.56 ^{CDb}	4.74±6.96 ^{BCc}	639.39
6.29	49.55±15.03 ^{Ba}	17.33±11.88 ^{ABb}	3.67±5.06 ^{ABb}	52.0	76.41±9.54 ^{Ba}	41.00±16.10 ^{BCb}	9.17±10.67 ^{BCc}	52.82
9.43	56.81±12.25 ^{Ba}	16.55±17.40 ^{ABb}	5.36±4.96 ^{ABb}	52.9	93.29±3.82 ^{Aa}	55.82±25.63 ^{ABb}	13.36±6.12 ^{Bc}	35.40
12.58	75.76±9.76 ^{Aa}	27.51±10.86 ^{Ab}	5.54±5.14 ^{ABc}	35.2	96.52±4.78 ^{Aa}	59.72±7.64 ^{ABb}	10.74±2.69 ^{Bc}	12.09
15.72	77.42±9.82 ^{Aa}	35.61±18.86 ^{Ab}	12.53±12.40 ^{Ac}	23.3	100.00±0.00 ^{Aa}	65.53±21.79 ^{Ab}	24.42±5.26 ^{Ac}	24.10
%CV	26.88	81.40	206.56	-	14.65	55.72	337.16	-

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งและตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50} และ LC_{90}) ในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยวิธีสัมผัส

สารสกัดจากดีปลี	Regresstion equation	Chi-Square	LC_{50} (Low-Up)	LC_{90} (Low-Up)
24 hr				
hexane	Y = -1.338+0.154x	25.488	8.688 (5.676 - 11.927)	17.009 (13.286 - 27.950)
acetone	Y = -1.846+0.098x	7.959	18.771 (15.058 - 29.414)	31.801 (23.949 - 56.872)
ethanol	Y = -2.304+0.070x	2.988	32.848 (24.916 - 57.497)	51.122 (37.044 - 95.579)
48 hr				
hexane	Y = -1.551+0.324x	25.450	4.781 (2.696 - 6.576)	8.731 (6.871 - 13.075)
acetone	Y = -1.296+0.125x	25.282	10.353 (7.039 - 15.775)	20.592 (15.376 - 41.697)
ethanol	Y = -2.032+0.083x	6.557	24.520 (20.476 - 32.743)	39.984 (32.014 - 56.656)

4.1.1.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเหลือง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane acetone และ ethanol ต่อด้วงถั่วเหลืองโดยวิธีสัมผัส ทำการทดสอบที่ความเข้มข้น 0, 3.93, 7.86, 11.79, 15.72 และ 19.65 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Tween-20 ในน้ำ) ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมงนั้น พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ให้ผลดีที่สุดในการฆ่าด้วงถั่วเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ความเข้มข้น 19.65 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ให้ผลดีที่สุดในการฆ่าด้วงถั่วเหลือง มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 88.33 และ 98.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 15.72, 11.79, 7.86 และ 3.93 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 79.33, 68.10, 58.33, 15.87 เปอร์เซ็นต์ และ 88.46, 85.48, 61.67, 17.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า สามารถฆ่าด้วงถั่วเหลืองได้โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 1.67-57.74 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.5)

เมื่อคำนวณหาค่าความเป็นพิษของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อตัวเต็มวัยของด้วงเหลือง พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane มีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเหลืองมากที่สุดโดยมีค่า LC_{50} และ LC_{90} ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ที่เวลา 48 ชั่วโมง สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane มีความเป็นพิษมากที่สุด มีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 7.963 และ 14.045 รองลงมาคือ acetone และ ethanol โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 17.360 และ 29.009 มีค่า LC_{90} เท่ากับ 28.425 และ 47.815 ตามลำดับ และที่เวลา 24 ชั่วโมง มีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเหลืองมากที่สุด มีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 9.583 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18.031 รองลงมาคือ acetone และ ethanol โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 19.675 และ 27.106 มีค่า LC_{90} เท่ากับ 31.400 และ 40.185 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีในรูปของสารฆ่าต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีสัมผัส

ความเข้มข้น ($\mu g/cm^2$)	Means±SD [1/]							
	24 hr			%CV	48 hr			%CV
	hexane	acetone	ethanol		hexane	acetone	ethanol	
0	0.00±5.02$^{1/Ea}$	0.00±5.02^{Ba}	0.00±5.02^{Ba}	-	0.00±4.44^{Ea}	0.00±4.44^{Ca}	0.00±4.44^{Ca}	-
3.93	15.87±10.16^{Da}	8.33±10.21^{Bab}	1.67±3.73^{Bb}	449.27	17.29±10.38^{Da}	11.67±13.94^{BCa}	8.33±5.89^{BCa}	-1177
7.86	58.33±8.33^{Ca}	7.84±8.04^{Bb}	3.21±4.39^{Bb}	58.99	61.67±11.18^{Ca}	12.60±3.99^{BCb}	6.41±3.60^{Cb}	53.8
11.79	68.10±10.15^{BCa}	13.79±12.68^{Bb}	3.33±7.45^{Bb}	54.71	85.48±11.24^{Ba}	16.94±10.62^{Bb}	8.21±14.44^{BCb}	51.9
15.72	79.33±14.62^{ABa}	42.69±15.06^{Ab}	20.00±11.18^{Ac}	42.07	88.46±9.56^{ABa}	51.67±19.90^{Ab}	26.64±10.87^{Ac}	34.1
19.65	88.33±16.24^{Aa}	45.74±8.17^{Ab}	19.49±9.48^{Ac}	28.43	98.33±3.73^{Aa}	57.74±5.65^{Ab}	21.15±12.71^{ABc}	18.67
%CV	33.21	102.21	2485.27		23.25	92.95	2803.01	

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งและตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50} และ LC_{90}) ในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีสัมผัส

สารสกัดจากดีปลี	Regresstion equation	Chi-Square	LC_{50} (Low-Up)	LC_{90} (Low-Up)
24 hr				
hexane	Y = -1.454+0.152x	29.768	9.583 (5.844 - 12.998)	18.031 (14.259 - 28.044)
acetone	Y = -2.151+0.109x	12.818	19.675 (16.295 - 27.934)	31.400 (24.694 - 51.792)
ethanol	Y = -2.656+0.098x	7.228	27.106 (21.723 - 47.311)	40.185 (30.166 - 80.471)
48 hr				
hexane	Y = -1.678+0.211x	24.042	7.963 (5.294 - 10.333)	14.045 (11.455 - 19.511)
acetone	Y = -2.011+0.116x	16.065	17.360 (14.257 - 23.916)	28.425 (22.508 - 45.929)
ethanol	Y = -1.977+0.068x	13.803	29.009 (20.404 - 148.104)	47.815 (30.935 - 302.611)

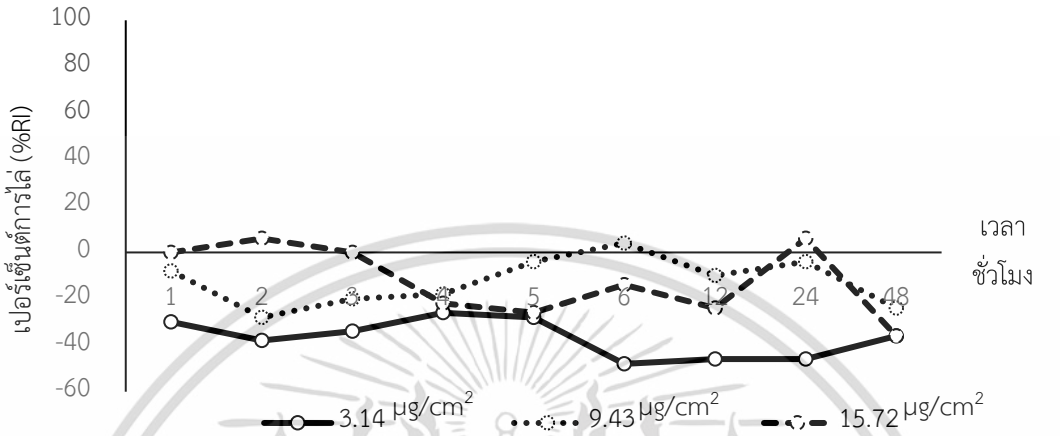
4.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในรูปของสารไล่โดยวิธีสัมผัส

4.1.2.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด โดยวิธีสัมผัส ในรูปของสารไล่ ทำการทดสอบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ซึ่งอยู่ในระดับความเป็นพิษที่ไม่ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตาย คือ 3.14, 9.43 และ 15.72 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

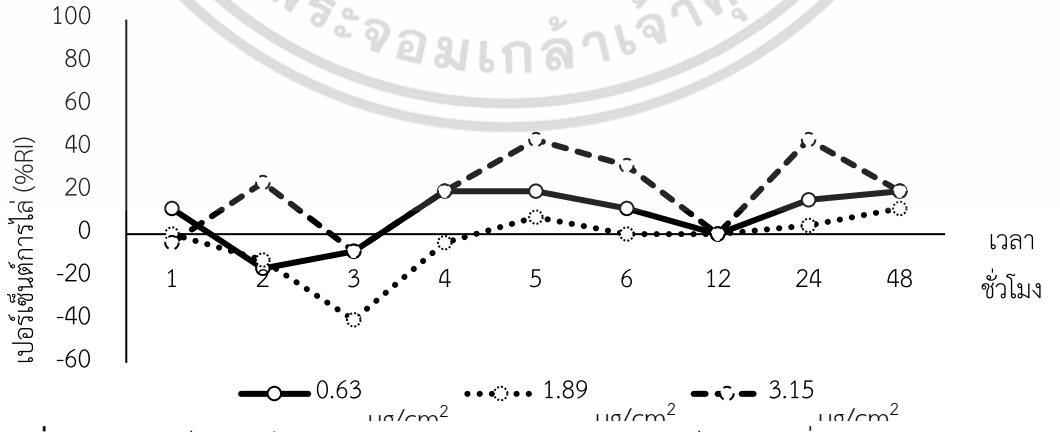
เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Tween-20 ในน้ำ) ของแต่ละความเข้มข้น ที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ทั้ง 3 ความเข้มข้น มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้ไม่ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์การไล่ (repellent index : %RI) น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์การไล่ (repellent index : %RI) ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีการสัมผัส

4.1.2.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงถั่วเขียว

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว โดยวิธีสัมผัส ในรูปของสารไล่ ทำการทดสอบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ซึ่งอยู่ในระดับความเป็นพิษที่ไม่ทำให้ด้วงถั่วเขียวตาย คือ 0.63, 1.89 และ 3.15 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Tween-20 ในน้ำ) ที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ที่ความเข้มข้น 3.15 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร สามารถไล่ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว โดยมี เปอร์เซ็นต์การไล่ เท่ากับ 44 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะให้ผลในการไล่ไม่คงที่ (ภาพที่ 4.2)

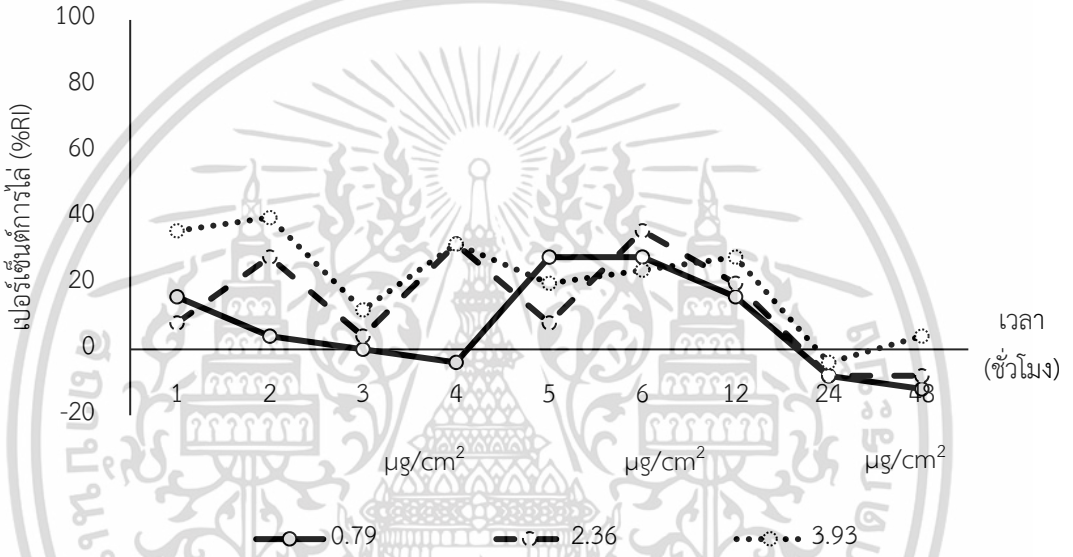


ภาพที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์การไล่ (repellent index : %RI) ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยวิธีการสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงถั่วเหลือง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีสัมผัส ในรูปของสารไล่ ทำการทดสอบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ซึ่งอยู่ในระดับความเป็นพิษที่ไม่ทำให้ด้วงถั่วเหลืองตาย คือ 0.79, 2.36 และ 3.93 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Tween-20 ในน้ำ) ที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าที่ความเข้มข้น 2.36 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ให้ผลดีที่สุดในการไล่ตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลือง โดยมี เปอร์เซ็นต์การไล่ เท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะให้ผลในการไล่ไม่คงที่ และที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ไม่มีประสิทธิภาพในการไล่ (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การไล่ (repellent index : %RI) ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีการสัมผัส

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์

4.2.1 ทำการคัดเลือกสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วยสารสกัดที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บขั้นต้น เพื่อนำไปใช้ทดสอบ ด้วยวิธีการเคลือบเมล็ดต่อไป

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีสัมผัส (ข้อ 4.1) พบว่าสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane นั้น ให้ผลดีที่สุดในการฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำสารเคลือบเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปของสารฆ่าโดยวิธีการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน

4.2.2.1 การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารสกัดจากดีปลี

ทำการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวโดยในเมล็ดข้าวโพดหวานใช้อัตราส่วนสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ MC:PEG6000:Ti:สีทางการค้า เท่ากับ 1:1:3:8 โดยใช้ MC (methyl cellulose) 1 เปอร์เซ็นต์, PEG6000 (polyethylene glycol 6000) 1 เปอร์เซ็นต์, Ti (titanium dioxide) 3 เปอร์เซ็นต์ และสีทางการค้า 8 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของเมล็ดถั่วเขียวใช้อัตราส่วนสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ MC:PEG6000:Ti:สีทางการค้า เท่ากับ 1:1:2:5 โดยใช้ MC (methyl cellulose) 1 เปอร์เซ็นต์, PEG6000 (polyethylene glycol 6000) 1 เปอร์เซ็นต์, Ti (titanium dioxide) 2 เปอร์เซ็นต์ และสีทางการค้า 5 เปอร์เซ็นต์ (กฤติมา, 2563)

4.2.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด โดยวิธีสัมผัส ในรูปของสารเคลือบเมล็ด ดัดแปลงวิธีการจาก นันท์นภัส (2560) ทำการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างสารเคลือบชนิดต่าง ๆ กัน 6 ชนิด ดังนี้ สารเคลือบ+ดีปลี 1%, สารเคลือบ+ดีปลี 3%, สารเคลือบ+ดีปลี 5%, สารเคลือบ+สารเคมี rec. rate และสารเคลือบ+สารเคมี double rate เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมคือสารเคลือบที่ไม่มีการผสมสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน และทำการทดสอบโดยการใส่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบชนิดต่าง ๆ ลงในขวดทดสอบขนาด 50 มิลลิลิตร ปริมาณ 10 กรัม ทำการปล่อยตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดเป็นจำนวน 20 ตัวลงในขวด และทำการตรวจนับจำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดทุก ๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 เดือน ที่เคลือบด้วยสารเคลือบ+สารเคมี double rate และสารเคลือบ+ดีปลี 5% มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพดได้ดีที่สุด โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 97.18 และ 87.99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสารเคลือบ+ดีปลี 3%, สารเคลือบ+สารเคมี rec. rate และสารเคลือบ+ดีปลี 1% มีอัตราการตายเท่ากับ 69.69, 64.67 และ 59.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสารเคลือบทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน พบว่ามีเพียงสารเคลือบ+สารเคมี double rate เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดลดลงเมื่อทำการเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้น ส่วนสารเคลือบชนิดต่าง ๆ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือนแล้วนั้น ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด (ตารางที่ 4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

ตัวอย่างสารเคลือบ	อัตราการตาย[1/] (%)				
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	%CV
สารเคลือบ	0.00 ^{Ea}	0.00 ^{Da}	0.00 ^{Ca}	0.00 ^{Da}	-
สารเคลือบ+ดีปลี 1%	65.03 ^{CDa}	63.83 ^{Ca}	59.89 ^{Ba}	53.76 ^{Ca}	14.73
สารเคลือบ+ดีปลี 3%	78.48 ^{BCa}	77.74 ^{Ba}	69.69 ^{Ba}	63.97 ^{BCa}	11.31
สารเคลือบ+ดีปลี 5%	90.09 ^{ABa}	88.38 ^{ABa}	87.99 ^{Aa}	86.09 ^{Aa}	10.98
สารเคลือบ+สารคมี rec. rate	61.80 ^{Da}	62.03 ^{Ca}	64.67 ^{Ba}	67.19 ^{BCa}	24.59
สารเคลือบ+สารคมี double rate	93.91 ^{Aa}	95.01 ^{Aa}	97.18 ^{Aa}	70.70 ^{ABb}	13.86
%CV	17.30	13.68	14.30	20.82	

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งและตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

4.2.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) ในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว โดยวิธีสัมผัส ในรูปของสารเคลือบเมล็ด ทำการทดสอบโดยใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ กัน 6 ชนิด ดังนี้ สารเคลือบ+ดีปลี 1%, สารเคลือบ+ดีปลี 3%, สารเคลือบ+ดีปลี 5%, สารเคลือบ+สารเคมี rec. rate และสารเคลือบ+สารเคมี double rate เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมคือสารเคลือบที่ไม่มีการผสมสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน ทำการทดสอบเช่นเดียวกับในเมล็ดข้าวโพดหวาน พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 เดือน ที่เคลือบด้วยสารเคลือบ+ดีปลี 5% มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวได้ดีที่สุด โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 100 % รองลงมาคือ สารเคลือบ+ดีปลี 3%, สารเคลือบ+สารเคมี double rate, สารเคลือบ+ดีปลี 1% และสารเคลือบ+สารเคมี rec. rate มีอัตราการตายเท่ากับ 99.05, 99.00, 95.23 และ 93.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว พบว่าที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือนนั้น มีเพียงสารเคลือบ+สารเคมี rec. rate เท่านั้นที่เมื่อใช้เวลาในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในช่วงเวลาต่าง ๆ จะมีการลดประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดลง โดยในการเก็บรักษาที่ 0 เดือนจะมีประสิทธิภาพสูงสุด มีอัตราการตายเท่ากับ 98.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่เก็บรักษาในระยะเวลา 2, 4 และ 6 เดือน ซึ่งทั้ง 3 ช่วงเวลาในการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของสารเคลือบชนิดอื่น ๆ ระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว โดยอัตราการตายที่พบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

ตัวอย่างสารเคลือบ	อัตราการตาย[1/] (%)				
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	%CV
สารเคลือบ	0.00 ^{Ca}	0.00 ^{Ca}	0.00 ^{Ca}	0.00 ^{Da}	-
สารเคลือบ+ดีปลี 1%	95.48 ^{Ba}	90.42 ^{Ba}	95.23 ^{Ba}	92.00 ^{BCa}	9.28
สารเคลือบ+ดีปลี 3%	97.10 ^{ABa}	98.18 ^{ABa}	99.05 ^{Aa}	97.00 ^{ABCa}	3.14
สารเคลือบ+ดีปลี 5%	100 ^{Aa}	100 ^{Aa}	100 ^{Aa}	100 ^{Aa}	0
สารเคลือบ+สารคมี rec. rate	98.33 ^{ABa}	91.59 ^{ABb}	93.49 ^{Bab}	90.19 ^{Cb}	5.04
สารเคลือบ+สารคมี double rate	100 ^{Aa}	99.00 ^{Aa}	99.00 ^{Aa}	99.00 ^{ABa}	1.96
%CV	2.84	7.82	2.81	6.85	

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งและตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

4.2.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีสัมผัส ในรูปของสารเคลือบเมล็ด ทำการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างสารเคลือบชนิดต่าง ๆ กัน 6 ชนิด ดังนี้ สารเคลือบ+ดีปลี 1%, สารเคลือบ+ดีปลี 3%, สารเคลือบ+ดีปลี 5%, สารเคลือบ+สารเคมี (rec. rate) และสารเคลือบ+สารเคมี (double rate) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมคือสารเคลือบที่ไม่มีการผลมสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน ทำการทดสอบเช่นเดียวกับในเมล็ดข้าวโพดหวาน พบว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 และ 6 เดือน ที่เคลือบด้วยสารเคลือบ+ดีปลี 5%, สารเคลือบ+ดีปลี 3% และสารเคลือบ+สารเคมี (double rate) มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเหลืองได้ดีที่สุด โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 100, 98.05, 95.00 เปอร์เซ็นต์ และ 100, 99.00, 95.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสารเคลือบทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือ สารเคลือบ+ดีปลี 1% และสารเคลือบ+สารเคมี (rec. rate) มีอัตราการตายเท่ากับ 87.00, 83.00 เปอร์เซ็นต์ และ 88.19, 86.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว พบว่า ที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือนนั้น มีเพียงสารเคลือบ+สารเคมี (rec. rate), สารเคลือบ+สารเคมี (double rate) และสารเคลือบ+ดีปลี 1% เท่านั้นที่เมื่อใช้เวลาในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในช่วงเวลาต่าง ๆ จะมีการลดประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดลง โดยในการเก็บรักษาที่ 0 เดือนจะมีประสิทธิภาพสูงสุด มีอัตราการตายเท่ากับ 98.10, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่เก็บรักษาในระยะเวลา 2, 4 และ 6 เดือน ซึ่งทั้ง 3 ช่วงเวลาในการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของสารเคลือบชนิดอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเหลือง โดยอัตราการตายที่พบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปของสารฆ่าของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

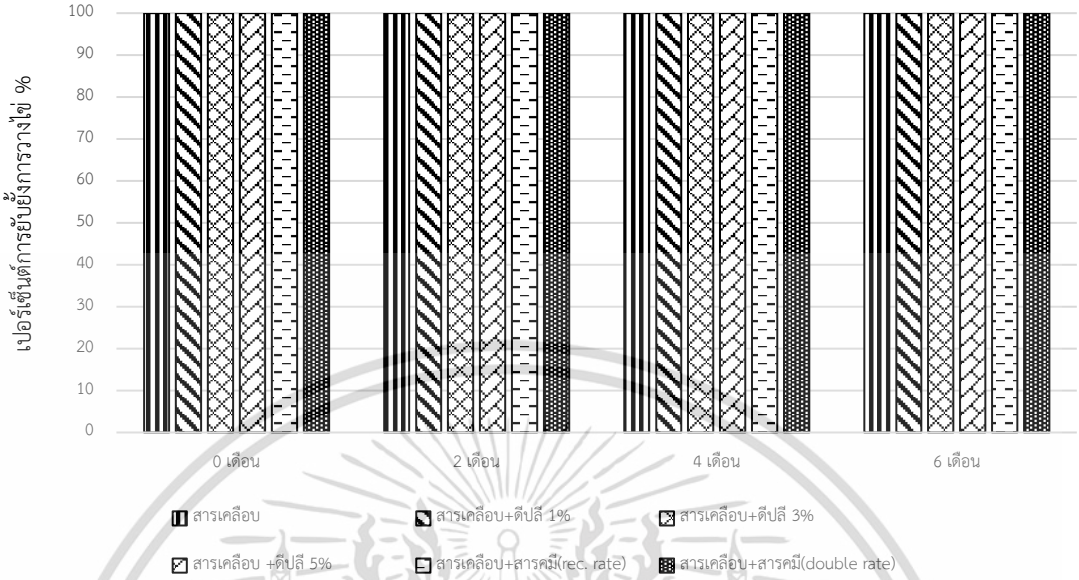
ตัวอย่างสารเคลือบ	อัตราการตาย[1/] (%)				
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	%CV
สารเคลือบ	0.00 ^{Ca}	0.00 ^{Da}	0.00 ^{Ca}	0.00 ^{Ca}	-
สารเคลือบ+ดีปลี 1%	100 ^{Aa}	90.85 ^{Bb}	87.00 ^{Bb}	88.19 ^{Bb}	6.06
สารเคลือบ+ดีปลี 3%	100 ^{Aa}	99.13 ^{Aa}	98.05 ^{Aa}	99.00 ^{Aa}	2.02
สารเคลือบ+ดีปลี 5%	100 ^{Aa}	100 ^{Aa}	100 ^{Aa}	100 ^{Aa}	0
สารเคลือบ+สารคมี rec. rate	98.10 ^{Ba}	83.86 ^{Cb}	83.00 ^{Bb}	86.05 ^{Bb}	7.25
สารเคลือบ+สารคมี double rate	100 ^{Aa}	95.01 ^{ABb}	95.00 ^{Ab}	95.00 ^{Ab}	3.24
%CV	1.29	5.95	5.54	5.06	

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งและตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

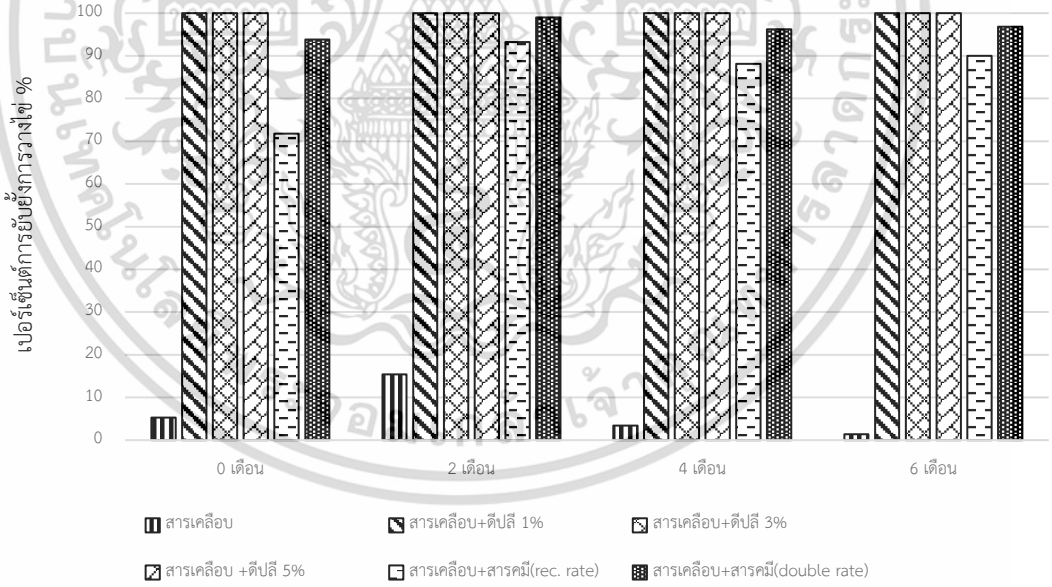
4.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปของการยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน

เมื่อทำการทดสอบการยับยั้งการวางไข่ดัดแปลงวิธีการจาก นันท์นภัส (2560) โดยปล่อยแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง เป็นจำนวน 20 ตัวในแต่ละพืชอาหารลงไปในขวดที่มีเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้แมลงวางไข่ หลังจากนั้นนำแมลงออก ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 45 วัน ประเมินประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการเคลือบเมล็ดต่อการยับยั้งการวางไข่ โดยนับจำนวนแมลงที่เกิดขึ้น พบว่า ในแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิดนั้น สารเคลือบเมล็ดจากสารสกัดจากดีปลีที่ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ได้มากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในทุก ๆ ช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคลือบเมล็ด+สารเคมี ซึ่งในเมล็ดที่ใช้สารเคลือบ+สารเคมี rec. rate สามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในทุกระยะการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.4) ในขณะที่สามารถควบคุมด้วงถั่วเขียวได้ประมาณ 70-92 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.5) และสามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเหลืองได้ 90-99 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

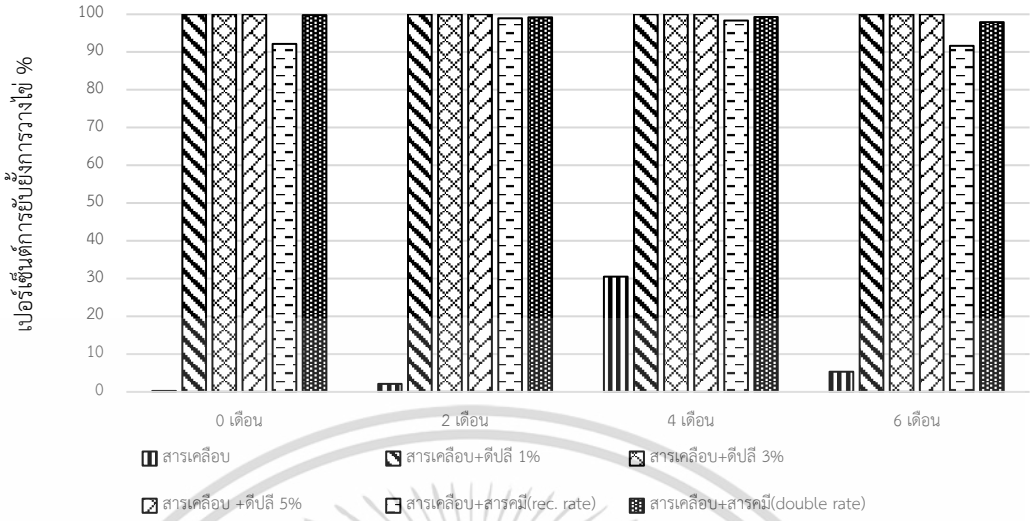


ภาพที่ 4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ในรูปของการยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด



ภาพที่ 4.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) ในรูปของการยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ในรูปของการยับยั้งการวางไข่ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

4.3 การทดสอบคุณภาพและการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากดีปลี เมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน

จากการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว โดยการนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารเคลือบชนิดต่าง ๆ มาเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน แล้วนำมาตรวจคุณภาพของเมล็ด โดยการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์การงอก และดัชนีการงอกของเมล็ด โดยดัดแปลงวิธีการจากสุปราณี และคณะ (2558) จากการตรวจคุณภาพของเมล็ด ความเข้มข้นของสารสกัดจากดีปลีในสารเคลือบมีผลต่อความชื้นและการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเป็นอย่างมากยิ่งความเข้มข้นสูงและใช้เวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ยิ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกและเปอร์เซ็นต์ของดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลดลง ในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน พบว่าสารเคลือบ+ดีปลีที่ความเข้มข้น 1% เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 9.36, 9.59, 9.50 และ 9.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 60.00, 40.50, 38.25 และ 64.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) และมีเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอกเท่ากับ 8.57, 5.79, 5.46 และ 9.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งก็คือเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ไม่ผ่านการเคลือบสารและเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารเคมี rec. rate ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 8.09, 8.22, 8.26 8.24 เปอร์เซ็นต์ และ 9.25, 9.34, 9.36, 9.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 91.75, 91.75, 88.00, 92.00 เปอร์เซ็นต์ และ 74.75, 80.50, 66.75, 76.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) และมีเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอกเท่ากับ 13.11, 13.11, 12.57, 13.14 เปอร์เซ็นต์ และ 10.68, 11.50, 9.54, 10.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) ในส่วนของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ถั่วเขียว พบว่า สารเคลือบ+ดีปลีที่ความเข้มข้น 1% เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 9.65, 9.81, 9.77 และ 9.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 99.75, 86.50, 99.50 และ 88.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) และมีเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอกเท่ากับ 13.61, 12.82, 14.11 และ 13.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งก็คือเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ไม่ผ่านการเคลือบสารและเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารเคมี rec. rate ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 9.59, 9.89, 9.65, 9.75 เปอร์เซ็นต์ และ 9.67, 9.86, 9.82, 9.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 95.25, 89.75, 98.75, 97.50 เปอร์เซ็นต์ และ 96.25, 93.25, 98.50, 91.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) และมีเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอกเท่ากับ 14.14, 13.64, 14.11, 13.82 เปอร์เซ็นต์ และ 13.75, 13.32, 14.07, 13.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.10 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น

เมล็ดข้าวโพดหวาน	เปอร์เซ็นต์ความชื้น[1/] (%)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ	8.09±0.12 ^{D}	8.22±0.12 ^{D}	8.26±0.04 ^{C}	8.24±0.08 ^{C}
สารเคลือบ	9.41±0.16 ^{AB}	9.45±0.04 ^{ABC}	9.39±0.11 ^{B}	9.39±0.06 ^{B}
สารเคลือบ+ดีปลี 1%	9.36±0.07 ^{AB}	9.59±0.08 ^{A}	9.50±0.08 ^{A}	9.55±0.12 ^{A}
สารเคลือบ+ดีปลี 3%	9.38±0.05 ^{AB}	9.47±0.05 ^{AB}	8.90±1.11 ^{A}	9.36±0.16 ^{B}
สารเคลือบ+ดีปลี 5%	9.18±0.12 ^{C}	9.33±0.14 ^{C}	9.28±0.05 ^{A}	9.36±0.08 ^{B}
สารเคลือบ+สารคมี rec. rate	9.25±0.04 ^{BC}	9.34±0.07 ^{BC}	9.36±0.17 ^{A}	9.38±0.06 ^{B}
สารเคลือบ+สารคมี double rate	9.47±.0.09 ^{A}	9.58±0.06 ^{A}	9.60±0.04 ^{A}	9.67±0.14 ^{A}
%CV	1.11	0.95	4.67	1.15

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น

เมล็ดถั่วเขียว	เปอร์เซ็นต์ความชื้น[1/] (%)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ	9.59±0.12 ^{AB}	9.89±0.04 ^{AB}	9.65±0.10 ^{ABC}	9.75±0.07 ^{A}
สารเคลือบ	9.47±0.09 ^{BC}	9.71±0.15 ^{BC}	9.59±0.15 ^{BC}	9.59±0.12 ^{A}
สารเคลือบ+ดีปลี 1%	9.65±0.06 ^{A}	9.81±0.15 ^{ABC}	9.77±0.08 ^{AB}	9.73±0.13 ^{A}
สารเคลือบ+ดีปลี 3%	9.54±0.10 ^{ABC}	9.68±0.15 ^{C}	9.48±0.03 ^{CD}	9.59±0.30 ^{A}
สารเคลือบ+ดีปลี 5%	9.26±0.10 ^{D}	9.33±0.14 ^{D}	9.31±0.10 ^{D}	9.32±0.10 ^{B}
สารเคลือบ+สารคมี rec. rate	9.67±0.01 ^{A}	9.86±0.07 ^{ABC}	9.82±0.14 ^{A}	9.66±0.10 ^{A}
สารเคลือบ+สารคมี double rate	9.59±0.12 ^{C}	9.89±0.04 ^{A}	9.65±0.10 ^{ABC}	9.75±0.07 ^{A}
%CV	0.94	1.22	1.28	1.52

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ตารางที่ 4.12 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์การงอก

เมล็ดข้าวโพดหวาน	เปอร์เซ็นต์การงอก[1/] (%)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ	91.75±4.11 ^{A}	91.75±4.72 ^{A}	88.00±3.92 ^{A}	92.00±1.83 ^{A}
สารเคลือบ	72.00±4.00 ^{BC}	65.50±10.15 ^{C}	64.00±6.93 ^{B}	77.25±3.50 ^{B}
สารเคลือบ+ดีปลี 1%	60.00±4.24 ^{D}	40.50±1.73 ^{D}	38.25±6.85 ^{C}	64.50±4.04 ^{CD}
สารเคลือบ+ดีปลี 3%	54.00±2.58 ^{E}	46.25±6.45 ^{D}	40.25±10.72 ^{C}	61.00±8.76 ^{D}
สารเคลือบ+ดีปลี 5%	8.00±3.27 ^{F}	8.75±2.22 ^{E}	6.50±2.38 ^{D}	6.00±2.71 ^{E}
สารเคลือบ+สารคมี rec. rate	74.75±1.50 ^{B}	80.50±3.70 ^{B}	66.75±2.50 ^{B}	76.75±4.65 ^{B}
สารเคลือบ+สารคมี double rate	66.75±4.65 ^{C}	67.00±5.35 ^{C}	65.50±2.65 ^{B}	70.50±8.06 ^{BC}
%CV	5.94	9.74	11.19	8.40

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์การงอก

เมล็ดถั่วเขียว	เปอร์เซ็นต์การงอก[1/] (%)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ	99.00±1.15 ^{A}	95.50±2.52 ^{A}	98.75±1.26 ^{A}	96.75±0.50 ^{A}
สารเคลือบ	90.75±2.22 ^{C}	93.25±1.71 ^{AB}	99.25±0.50 ^{A}	96.50±1.73 ^{A}
สารเคลือบ+ดีปลี 1%	95.25±2.63 ^{B}	89.75±5.91 ^{ABC}	98.75±1.89 ^{A}	97.50±1.29 ^{A}
สารเคลือบ+ดีปลี 3%	96.50±4.04 ^{AB}	85.50±4.43 ^{C}	99.50±0.58 ^{A}	92.75±2.63 ^{B}
สารเคลือบ+ดีปลี 5%	99.75±0.50 ^{A}	86.50±7.19 ^{BC}	99.50±0.58 ^{A}	88.25±2.22 ^{C}
สารเคลือบ+สารคมี rec. rate	96.25±2.22 ^{AB}	93.25±4.11 ^{AB}	98.50±1.29 ^{A}	91.25±1.50 ^{BC}
สารเคลือบ+สารคมี double rate	99.00±1.15 ^{A}	93.25±2.99 ^{AB}	98.25±2.22 ^{A}	96.25±3.59 ^{A}
%CV	2.35	4.94	1.37	2.27

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ตารางที่ 4.14 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก

เมล็ดข้าวโพดหวาน	เปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก[1/] (%GI)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ	13.11±0.59 ^{A}	13.11±0.67 ^{A}	12.57±0.56 ^{A}	13.14±0.26 ^{A}
สารเคลือบ	10.29±0.57 ^{BC}	9.36±1.45 ^{C}	9.14±0.99 ^{B}	11.04±0.50 ^{B}
สารเคลือบ+ดีปลี 1%	8.57±0.61 ^{D}	5.79±0.25 ^{D}	5.46±0.98 ^{C}	9.21±0.58 ^{CD}
สารเคลือบ+ดีปลี 3%	7.71±0.37 ^{E}	6.60±0.92 ^{D}	5.75±1.53 ^{C}	8.71±1.25 ^{D}
สารเคลือบ+ดีปลี 5%	1.14±0.47 ^{F}	1.25±0.32 ^{E}	0.93±0.34 ^{D}	0.86±0.39 ^{E}
สารเคลือบ+สารคมี rec. rate	10.68±0.21 ^{B}	11.50±0.53 ^{B}	9.54±0.36 ^{B}	10.96±0.66 ^{B}
สารเคลือบ+สารคมี double rate	9.54±0.66 ^{C}	9.57±0.76 ^{C}	9.36±0.38 ^{B}	10.07±1.15 ^{BC}
%CV	5.93	9.74	11.18	8.40

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวหลังการเคลือบเมล็ด เมื่อทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยการวัดเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก

เมล็ดถั่วเขียว	เปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก[1/] (%GI)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ	14.14±0.16 ^{A}	13.64±0.36 ^{A}	14.11±0.18 ^{A}	13.82±0.07 ^{A}
สารเคลือบ	12.96±0.32 ^{C}	13.32±0.24 ^{AB}	14.18±0.07 ^{A}	13.79±0.25 ^{A}
สารเคลือบ+ดีปลี 1%	13.61±0.38 ^{B}	12.82±0.84 ^{ABC}	14.11±0.27 ^{A}	13.93±0.18 ^{A}
สารเคลือบ+ดีปลี 3%	13.79±0.58 ^{A}	12.21±0.63 ^{C}	14.21±0.08 ^{A}	13.25±0.38 ^{B}
สารเคลือบ+ดีปลี 5%	14.25±0.07 ^{A}	12.36±1.03 ^{BC}	14.21±0.08 ^{A}	12.61±0.32 ^{C}
สารเคลือบ+สารคมี rec. rate	13.75±0.32 ^{AB}	13.32±0.59 ^{AB}	14.07±0.18 ^{A}	13.04±0.21 ^{BC}
สารเคลือบ+สารคมี double rate	14.14±0.16 ^{A}	13.32±0.43 ^{AB}	14.04±0.32 ^{A}	13.75±0.51 ^{A}
%CV	2.35	4.94	1.36	2.27

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีสัมผัส

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลี (*Piper retrofractum*) ในรูปแบบของสารฆ่า โดยวิธีการสัมผัส พบว่าสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane นั้นมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บได้ดี และสารสกัดจากดีปลียังสามารถใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูอื่น ๆ นอกเหนือจากแมลงศัตรูในโรงเก็บได้อีกด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim *et al.* (2003); Thein *et al.* (2013); Ahmad *et al.* (2019) ที่ได้ศึกษาการใช้ตัวทำละลาย ได้แก่ hexane acetone และ ethanol ในการสกัดพืชสมุนไพร พบว่า การใช้ตัวทำละลาย haxane ในการสกัดพืชสมุนไพรจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวมากกว่าด้วงถั่วเหลืองประมาณ 10 เท่า โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของสารสำคัญ ชนิดของตัวทำละลาย ชนิดและขนาดของตัวแมลง รวมถึงระยะที่ใช้ ซึ่งจากการศึกษาของ Kim *et al.* (2003) รายงานว่าการใช้สารสกัดจากอบเชย (*Cinnamonum* sp.) ปริมาณ 0.7 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร โดยวิธีสัมผัส พบว่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเหลืองและด้วงงวงข้าวโพด โดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากการทดสอบที่ระยะเวลา 1 และ 2 วัน ตามลำดับ ในขณะเดียวกัน สารสกัดจากว่านน้ำ (*Acorus gramineus*), พิมเสนป่า (*Agastache rugosa*) และเทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) ยังสามารถฆ่าด้วงถั่วเหลืองและด้วงงวงข้าวโพดได้ในระยะเวลา 3 วัน อย่างไรก็ตามสารสกัดจากตะไคร้หอมและพิมเสน มีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเหลือง โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 0.0854 ไมโครกรัม/มิลลิกรัม ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยวิธีการสัมผัส (Thein *et al.* 2013) จะเห็นได้จากการศึกษาของ Subsuebwong *et al.* (2016) น้ำมันหอมระเหยจากดีปลี (*P. retrofractum*) สามารถฆ่ายุงลายบ้านได้โดยมีค่า LD_{50} และ LD_{95} เท่ากับ 8.86 และ 19.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังสามารถฆ่ายุงรำคาญได้ โดยมีค่า LD_{50} และ LD_{95} เท่ากับ 6.95 และ 14.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการศึกษาของ Rassami and Soonwera (2011) พบว่าแชมพูสมุนไพรจากดีปลี (*P. retrofractum*) สูตรที่ 1 (สารสกัดจากดีปลีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์) และสูตรที่ 2 (สารสกัดจากดีปลีความเข้มข้น 3%) เมื่อทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ที่เวลา 30 วินาที ทั้ง 2 สูตร สามารถฆ่าเหามนุษย์ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า LT_{50} เท่ากับ 11.37 และ 16.70 ตามลำดับ และจากการทดสอบกับเด็กผู้หญิงที่มีภาวะเป็นเหาบริเวณชุมชนเขตลาดกระบัง จำนวน 90 คน เปรียบเทียบกับการใช้แชมพูที่ไม่ผสมสารสกัดจากดีปลี ที่เวลา 5 นาที เป็นจำนวน 4 ครั้ง/คน พบว่าสูตรที่ 1 สามารถฆ่าเหามนุษย์ได้โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในการสระทุกครั้ง และในสูตรที่ 2 การสระครั้งที่ 1 มีอัตราการตายเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์ และในครั้งที่ 2, 3 และ 4 มีอัตราการตายเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงสารสกักจากดีปลี (*P. retrofractum*) ที่สกัดด้วย hexane ยังมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นพิษต่อหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 237 ppm (Kraikrathok *et al.* 2013) และสารสกัดจากดีปลี (*P. retrofractum*) ที่สกัดด้วย hexane ยังสามารถควบคุมหนอนผีเสื้อหัวกะหล่ำ (*Crocidolomia pavonana*) ได้ดี ซึ่งจากการทดลอง พบว่า มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนผีเสื้อหัวกะหล่ำ ในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการกิน โดยมีค่า LC_{95} < 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลี (*P. retrofractum*) ที่สกัดด้วย hexane acetone และ ethanol ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*), ด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ให้ผลดีที่สุดในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด โดยที่เวลา 24 ชั่วโมง สารสกัดจากดีปลีมีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเขียว โดยมีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 5.57-6.75 และ 9.30-11.56 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และมีความเป็นพิษต่อด้วงงวงข้าวโพด โดยมีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 58.04 และ 101.03 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane มีค่าความเป็นพิษมากกว่าสารสกัดจากที่ดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยยะสำคัญ (Pumnuan *et al.* 2022) จากรายงานการวิจัยของ Rajashekar *et al.* (2012) พบว่าผลของสารสกัดจากใบผกากรองมีฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.) ด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) และมอดแป้งที่ทำลายรำข้าว (*Tribolium castaneum*) โดยมีค่าความเป็นพิษ (median lethal concentration, LC_{50}) เท่ากับ 128, 130.3 และ 178.7 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ

5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีการฆ่าและการยับยั้งการวางไข่ในรูปแบบของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ พบว่า ในการเคลือบเมล็ดถั่วเขียวด้วยสารเคลือบร่วมกับสารสกัดจากดีปลีที่ความเข้มข้น 1% เมื่อทำการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 6 เดือน สามารถฆ่าด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองได้มากกว่า 90 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคลือบเมล็ดที่ใช้ร่วมกับสารเคมีกลุ่มฟิโปรนิลในอัตราแนะนำ ในขณะที่สารเคลือบเมล็ดที่ใช้ร่วมกับสารสกัดจากดีปลีที่ความเข้มข้น 3 และ 5% มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองได้ดีเช่นเดียวกัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคลือบเมล็ดที่ใช้ร่วมกับสารเคมีกลุ่มฟิโปรนิลสองเท่าของอัตราแนะนำ

จากการศึกษาของ Pumnuan *et al.* (2021) พบว่าการเคลือบเมล็ดข้าวโพดหวานด้วยสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ (*Illicium verum*) และกานพลู (*Syzygium aromaticum*) ที่สกัดด้วย hexane นั้น ที่ความเข้มข้น 1% สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดได้โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 36.6 และ 29.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังสามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพดได้ดีโดยมีอัตราการฟักไข่มากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ (*Illicium verum* Hook f.) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กานพลู (*Syzygium aromaticum* L.) ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย haxane ที่ความเข้มข้น 3% มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus)* มากกว่าด้วงถั่วเหลือง *(C. chinensis*) โดยมีค่า LT_{50} เท่ากับ 1.60-1.90 และ 3.44-3.62 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้สารเคมี ขณะที่ประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ (*I. verum*) และกานพลู (*S. aromaticum*) สามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus)* และด้วงถั่วเหลือง *(C. chinensis*) ได้มากกว่า 95.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมโดยใช้สารเคมี (fipronil) (Pumnuan *et al.* 2021)

5.3 การทดสอบคุณภาพและการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากดีปลี เมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน

จากการทดสอบคุณภาพและการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่เคลือบด้วยสารเคลือบชนิดต่าง ๆ เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน พบว่า สารสกัดจากดีปลี (*P. retrofractum*) ที่ใช้ร่วมกับสารเคลือบเมล็ด หากใช้ในอัตราความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pumnuan *et al.* (2021) ในการใช้สารสกัดจากจันทร์แปดกลีบในการเคลือบเมล็ดที่ความเข้มข้น 1% เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในส่วนของการศึกษาของ มลนิภา และคณะ (2546) โดยใช้กระเทียม พริกไทยขาว และพริกไทยดำบดคลุกเมล็ดถั่วเขียวในอัตรา 5 และ 10 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่คลุกสาร เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*) พบว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่คลุกสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ากระเทียมทั้ง 2 อัตราให้ผลดีที่สุดสามารถยับยั้งการวางไข่ ที่ 90 วัน ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พริกไทยดำและพริกไทยขาวในอัตรา 10 กรัม ตามลำดับ สำหรับการทดสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียวที่ 90 วัน พบว่ากระเทียมและพริกไทยบดทุกอัตราไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดถั่วเขียว จากการศึกษาของ Ahmed *et al.* (2013) และ Mahal (2014) สารสกัดจากใบสะเดา (*Azadirachta indica*) ที่ใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวและเมล็ดพันธุ์ถั่ว พบว่า การเคลือบเมล็ดข้าวและเมล็ดถั่วด้วยสารเคลือบร่วมกับสารสกัดจากสะเดา โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้น 16 และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Girase *et al.* (2019) ที่ใช้สารสกัดจากใบพฤกษ์ในการเคลือบเมล็ด ที่อัตราความเข้มข้น 3% ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการงอกและความแข็งแรงของต้นอ่อนที่งอก ในขณะเดียวกัน การศึกษาของ Mbega *et al.* (2012) ได้มีการทดสอบสารสกัดจากว่านหางจระเข้ (*Aloe vera*) และกาแฟ (*Coffea arabica*) ที่ใช้ในการเคลือบเมล็ดมะเขือเทศ พบว่าไม่มีผลต่อความความแข็งแรง ความสูง และน้ำหนักของต้นอ่อนที่งอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลี (*Piper retrofractum*) ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ด้วยวิธีการสัมผัส (contact method) ในรูปของสารฆ่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Tween-20 ในน้ำ) พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ให้ผลดีที่สุดในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ในทุกความเข้มข้น และยังมีความเป็นพิษต่อด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง โดยมีค่า LC_{50} และ LC_{90} ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย acetone และ ethanol ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพในการการไล่ พบว่า สารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลืองได้ไม่ดี โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่ (repellent index : %RI) น้อยกว่า 44 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลในการไล่ได้ไม่คงที่

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลี (*P. retrofractum*) ที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*) ด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) ในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2 และ 4 เดือน เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เคลือบด้วยสารเคลือบ+สารสกัดจากดีปลีโดยมีเปอร์เซ็นต์การตายอยู่ที่ 59.89-90.09 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราการตายของด้วงงวงข้าวโพดมากกว่าการใช้สารเคลือบ+สารเคมี rec. rate ในส่วนของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ทำการเคลือบด้วยสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน พบว่า สามารถฆ่าด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลืองโดยมีเปอร์เซ็นต์การตายอยู่ที่ 87-100 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลในการป้องกันกำจัดได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับใช้สารเคลือบ+สารเคมี rec. rate ในส่วนของการยับยั้งการวางไข่ เมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดไว้ที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่เคลือบด้วยสารเคลือบ+สารสกัดจากดีปลีทุกความเข้มข้น สามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลืองได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในทุกช่วงเวลาการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคลือบ+สารเคมี rec. rate ที่สามารถยับยั้งการการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลืองได้ 70-99 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลี (*P. retrofractum*) ที่สกัดด้วยด้วย hexane ต่อประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว พบว่าความเข้มข้นที่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นของสารสกัดจากดีปลีที่ใช้ในการเคลือบมีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่า ในการเคลือบเมล็ดข้าวโพดหวานเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน เมล็ดที่เคลือบสารเคลือบ+สารสกัดจากดีปลีที่ความเข้มข้น 1% มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด เท่ากับ 64.50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ไม่ผ่านการเคลือบและเมล็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบ+สารเคมี rec. rate ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 92.00 และ 80.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน เมล็ดที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบ+สารสกัดจากดีปลีที่ความเข้มข้น 5% มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด เท่ากับ 99.75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ไม่ผ่านการเคลือบสารและเมล็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบ+สารเคมี rec. rate ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 98.75 และ 98.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราการงอกที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลี (*Piper retrofractum*) ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ และการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากดีปลี พบว่าในห้องปฏิบัติการการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากดีปลีที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีการสัมผัส และวิธีการเคลือบเมล็ด ในรูปแบบของสารฆ่า สารไล่ และสารยับยั้งการวางไข่ มีประสิทธิภาพที่ดีในการนำมาใช้ป้องกันกำจัด แต่เมื่อนำมาทดสอบคุณภาพของเมล็ด พบว่าการใช้สารสกัดจากดีปลีที่มีความเข้มข้นที่สูงขึ้นทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ทำการเคลือบมีเปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกที่ลดลง ซึ่งในเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวสารสกัดจากดีปลีที่ความเข้มข้นสูงยังทำให้สารเคลือบมีความหนืดและไม่แห้งติดกับผิวเมล็ด ซึ่งควรมีการศึกษาและพัฒนาสารเคลือบจากพืชสมุนไพรให้มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพที่ดีต่อไป เพื่อที่จะได้ใช้เป็นสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่สามารถทดแทนการใช้สารเคมีได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนกอร วุฒิวงศ์ อรัญ งามผ่องใส และเยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2559. พิษของน้ำมันจากพืชบางชนิดต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์.** 3 : 84-90.

กรมการค้าต่างประเทศ. 2561. **สถิติการส่งออกข้าวโพดเดือนมิถุนายน.** (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://www.dft.go.th/th-th/DFT-Service/Service-Data-Information/Statistic-Import-Export/Detail-dft-service-data-statistic/ArticleId/11598/11598 (12 สิงหาคม 2561)

กรมการค้าต่างประเทศ. 2561. **สถิติการส่งออกถั่วเขียวเดือนมิถุนายน.** (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.dft.go.th/th-th/DFT-Service/Service-Data-Information/Statistic-Import-Export/Detail-dft-service-data-statistic/ArticleId/11602/11602 (12 สิงหาคม 2561)

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **แมลงที่พบในผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด.** สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 160 หน้า.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2546. **ประมวลผลงานวิจัยด้านพิษวิทยาของสถาบันวิจัยสมุนไพร เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา.

กฤติมา สระโพธิ์ทอง. 2563. “ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยวิธีการเคลือบเมล็ด.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. 2543. **แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด.** เอกสารวิชาการ. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟันนี่ พับลิซชิ่ง.

กันยารัตน์ มาแย้ม อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2556. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 44(2) : 25-28.

กุสุมา นวลวัฒน์. 2548. **เอกสารวิชาการแมลงศัตรูข้าวเปลือกและการป้องกันกำจัด.** กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 4.

จักรพงษ์ กางโสภา. 2563. การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อความงอกของเมล็ดและความแข็งแรงของต้นกล้า. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 38 (3) : 417- 425

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุติมา ลิ้มมัทวาภิรัต์ และสนทยา ลิ้มมัทวาภิรัต์. 2555. การสกัดพืชสมุนไพรโดยการสกัดด้วยของไหลความดันสูง (Herbal extraction by pressurized liquid extraction: PLE). **วารสารไทยไภษัชยนิพนธ์.** (ฉบับการศึกษาต่อเนื่องทางเภสัชศาสตร์). 7 : ฉบับเดือนมกราคม-ธันวาคม 2555.

ดวงกมล เรือนงาม. 2557. การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ (Extraction of antioxidants). **วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง.** 23(2) : เดือนกรกฎาคม- ธันวามคม 2557.

ถมยา ทองเหลือง สมชัย ลิ่มอรุณ และสุปราณี งามประสิทธิ์. 2544. **ผลของสารป้องกันกำจัดแมลงเชื้อราและ PEG ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวสุวรรณ 3504.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์.

ธิดารัตน์ กลิ่นหอม. 2556. **การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในอำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นันท์นภัส พิริยะอนนท์. 2560. ประสิทธิภาพสารสกัดพืชต่อการควบคุมมอดข้าวสาร (*Sitophilus oryzae* L.) ในข้าวอินทรีย์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเกษตรอินทรีย์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นิจศิริ เรืองรังษี และพยอม ตันติวัฒน์. 2534. **พืชสมุนไพร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

บุญมี ศิริ ผดุงขวัญ จิตโรภาส และสุวารี ก่อเกษตรวงศ์. 2553. ผลของสารเคลือบที่มีต่อคุณลักษณะของการเคลือบและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 41(1) : 500-503.

พจนา สีขาว. 2559. การเคลือบเมล็ดเพื่อป้องกันการปลอมแปลงเมล็ดพันธุ์. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 34(3) : 157-163

พรทิพย์ วิสารทานนท์ กุสุมา นวลวัฒน์ บุษรา จันทร์แก้วมณี ใจทิพย์ อุไรชื่น รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม จิราภรณ์ ทองพันธ์ ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ ลักขณา ร่มเย็น และภาวินี หนูชนะภัย. 2548**. แมลงที่พบในผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมชุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 156 หน้า.

พรทิพย์ วิสารทานนท์. 2541. การสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารรมฟอสฟีน. **วารสารกีฏและสัตววิทยา.** 20 : 121-124.

เพ็ญสุข เต่าทอง. 2527. แมลงศัตรูในโรงเก็บของเมล็ดข้าวสาลีและการป้องกันกำจัด. ใน **รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี 2527.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย และมโนชัย กีรติกสกร. 2546. การใช้กระเทียมและพริกไทยเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* F.). **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 34: 4-6 (พิเศษ) : 176-179.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย. 2545. การป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* F.) โดยใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ. **Agricultural sciences journal.** 33(6) : 310-312.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2547. **การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

วริยา ธนะศิรังกูล จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และอำมร อินทร์สังข์. 2556. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรบางชนิดต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง มอดหัวป้อม และด้วงงวงข้าวโพด. หน้า 39. ใน **การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 12.** 9-12 พฤษภาคม 2556. กรุงเทพฯ : บางนา.

ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดชลบุรี. 2562. **การใช้สมุนไพรป้องกันและกำจัดศัตรูพืช.** (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.pmc03.doae.go.th/webpage/research/researchsamun phai.pdf

สายรุ้ง ไคร้วงค์. 2551. ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการกำจัดแมลงของเกษตรกรผู้ปลูกส้มสายน้ำผึ้ง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ใน **รายงานการวิจัย.** เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2537. **การปลูกและการดูแลพืชสมุนไพร.** กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์องค์กรสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. **สถิติการส่งออกถั่วเหลือง.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://oldweb.oae.go.th/oae_report/export_import/export (3 สิงหาคม 2561)

สุดารัตน์ หอมหวน ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ บัญชา ยิ่งงาม สุวรรณา ภัทรเบญจพล นิธิมา สุทธิพันธุ์ นุตติยา วิระ วัธนชัย และณรงค์ชัย จักษุพา. 2564. **ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.** (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=58 (3 สิงหาคม 2564)

สุเทพ สหายา บุญทิวา วาทิรอยรัมย์ และพวงผกา อ่างมณี. 2556. การทดสอบประสิทธิภาพสารประเภทคลุกเมล็ดป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่สำคัญของถั่วเขียว. **ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556.**สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร.

สุนทรี สิงหาบุตร. 2536. **สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.

สุปราณี งามประสิทธิ์ ยุวดี อ่วมสำเนียง และวราภรณ์ วงศ์พิลา. 2558. สารเคลือบเมล็ดต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 46(พิเศษ 3) : 621-624.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุภาณี พิมพ์สมาน สังวาล สมบูรณ์ และเบญจมาภรณ์ ฤทธิ์ไธสง. 2545. ความเป็นพิษและผลในการไล่ของน้ำมันหอมระเหยต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motsch.). **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 33: 6 (พิเศษ).

แสงเดือน อินชนบท. 2561. **พืชสมุนไพรไล่แมลงทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ (ตอนที่ 2).** สำนักฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://researchex.rae.mju.ac.th/agikl/index.php/knowledge/37-organic/165-herb2

อาลักษณ์ ทิพยรัตน. 2561. **นวัตกรรมการสกัดพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ทางยาอย่างต่อเนื่องประสิทธิภาพสูงและได้มาตรฐานการผลิตทางเภสัชกรรมด้วยระบบบิวเทนภายใต้ความดันสูงร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ยิ่งยวด.** ใน รายงานวิจัย ประจำปี 2561. มหาวิทยาลัยบูรพา.

Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology.** 18 : 256-267.

Adak, T., Kumar, J., Shakil, N.A. and Pandey, S. 2016. Role of nano-range amphiphilic polymers in seed quality enhancement of soybean and imidacloprid retention capacity on seed coatings. **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 96 : 435-4357.

Adhikari, T., Kundu, S. and Rao, A.S. 2016. Zinc delivery to plants through seed coating with nano-zinc oxide particles. **Journal of Plant Nutrition**. 39(1) : 136-146.

Ahmad, F., Iqbal, N., Zaka, S.M., Qureshi, M., Saeed, Q., Khan, K., Ansari, M. and Awar, M.B. 2019. Comparative insecticidal activity of different plant materials from six common plant species against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Saudi Journal of Biological Sciences**. 26 : 1804-1808.

Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahural, M.H.A., Ghafoor, K., Norulaini, N.A.N. and Omar, A.K.M. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant material: A review. **Journal of Food Engineering.** 117 : 426-436.

Badalyan, A.G., Wilkinson, G. and Chun B.S. 1998. Extraction of Australian ginger root with carbon dioxide and ethanol entrainer. **The Journal of Supercritical Fluids.** 13 : 319-324.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils. **Food and Chemical Toxicology.** 46 : 446-475.

Danga, S.P.Y., Nukenine, E.N., Younoussa, L., Adler, C. and Esimome, C.O. 2015. Efficacy of *Plectranthus glandulosus* (Lamiaceae) and *Callistemon rigidus* (Mytaceae)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leaf Extract Fractions to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of insect science.** 15(1) : 139.

Degu, S., Berihun, A., Muluye, R. Gemeda, H., Debebe, E., Amano, A., Abebe, A., Woldkidan, S. and Tadele, A. 2020. Medicinal plants that used as repellent, insecticide and larvicide in Ethiopia. **Pharmacy & Pharmacology International Journal**. 8 : 274-283.

Emekci, M. 2010. **Quo Vadis the fumigants.** In : Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection, 27 June to 2 July 2010. Portugal : Estoril.

Germinara, G.S., Maria, G.D.S., Laura, D.A., Sandra, P., Sebastiano, D., Antonio, D.C. and Giuseppe, R. 2017. Bioactivities of Lavandula angustifolia essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granaries*. **Bulletin of Insectology.** 70(1) : 129-138.

Girase, I.P., Rai, P.K., Bara, B.M. and Singh, B.A. 2019. Effect of plant extracts on seed germination behaviour and vigour of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. 8 : 830-835.

Hansuri, J. and Siri, B. 2018. Effects of seed coating with mixed plant hormones for seed qualities enhancement of hybrid cucumber. **Khon Kaen Agriculture Journal.** 46(3) : 507-516.

Hikal, W., Baeshen, R.S. and Said-Al Ah, H.A.H. 2017. Botanical insecticide as simple extractives for pest control. **Cogent Biology.** 3 : 1-10.

ISTA., 2004. International Seed Testing Association (ISTA). 2004. In **International Rules for Seed Testing, Seed Science, Testing Edition, 2004.**

Jairoce, C.F., Teixeira, C.M., Nunes, C.F.P., Nunes, A.M., Pereira, C.M.P. and Garcia, F.R.M. 2016. Insecticide activity of clove essential oil on bean weevil and maize weevil. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental.** 20 : 72-77.

Junges, E., Toebe, M., Santos, R.F.D., Finger, G. and Muniz, M.F.B. 2013. Effect of priming and seed-coating when associated with *Bacillus subtilis* in maize seeds. **Revista Ciencia Agron4mica.** 44(3) : 520-526.

Kadajji, V.G. and Betageri, G.V. 2011. Water soluble polymers for pharmaceutical applications. **Polymers.** 3(4) : 1972-2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kalita, S., Kumar, G., Karthik, L., Venkata, K. and Rao, B. 2012. A Review on Medicinal Properties of *Lantana camara* Linn. **Research Journal of Pharmacy and Technology.** 5(6) : 711-715.

Kaushik, P., Shakil, N.A., Kumar, J., Singh, M.K., Singh, M.K. and Yadav, S.K. 2013. Development of controlled release formulations of thiram employing amphiphilic polymers and their bioefficacy evaluation in seed quality enhancement studies. **Journal of Environmental Science and Health.** 48(8) : 677-685.

Keitaa, S.M., Charles, V., Jean, P.S., John, T.A. and Andre, B. 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.

Khngseri, N., Jaruwan, B., Kanya, H., Sunanta, W., Watcharee, S., Phulsri, S. and Siriwan, T. 2004. **Quality and inspection of Thai Hom Mali Rice.** Kasetsart university press.

Khunkeaw, S., Boonmala, N., Sawadeemit, C., Vearasilp, S. and Thanapornpoonpong, S. 2012. Using urea formaldehyde and polyethylene glycol as seed coating to improve maize seed qualities. **Journal of Natural Sciences.** 11(1) : 257-261.

Kim, S.I., Roha, J.Y., Kima, D.H., Leeb, H.S. and Ahn, Y.J. 2003. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and Callosobruchus chinensis. **Journal of Stored Products Research.** 39 : 293–303.

Kraikrathok, C., Ngamsaeng, S., Bullangpoti, V., Pluempanupat, W. and Koul, O. 2013. Bio Efficacy of some piperaceae plant extracts against *Plutella xylostella* L. (lepidoptera: plutellidae). **Communications in agricultural and applied biological sciences.** 7(2) : 304-309.

Kubo, M., Ishii, R., Ishino, Y., Harada, K., Matsui, N., Akagi, M., Kato, E. Hosoda, S. and Fukuyama, Y. 2013. Evaluation of constituents of *Piper Retrofractum* fruits on neurotrophic activity. **Journal of Natural Products**. 76 : 769-773.

Lu, J.H. and Ya, Q.H. 2010. Fumigant toxicity of *Ailanthus altissima* Swingle, *Atractylodes lancea* (Thunb.) and *Elsholtzia stauntonii* Benth extract on three major stored-grain insect. **Industrial Crops and Products.** 32 : 681-683.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mahal, M.F. 2014. Effects of fungicides and plant extracts on seed germination and seed associated mycoflora of *Lens arietinum* L. and *Lathyrus sativus*. **Journal of Biosciences**. 22 : 101-110.

Mbega, E.R., Mortensen, C.N., Mabagala, R.B. and Wulff, E.G. 2012. The effect of plant extracts as seed treatments to control bacterial leaf spot of tomato in Tanzania. **Journal of General Plant Pathology**. 78 : 277-286.

Murphy, D.J. 2017. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences.** Encyclopedia of Applied Plant Sciences. pp. 564-569.

Musthapa, I., Gumilar, G.G., and Dara, F. 2018. Isolation of metyhl-piperate from n-hexane extract of fruit of cabe jawa (*Piper retrofractum* Vahl.). **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**. 41 : 1489-1495.

Naboulsi, I., Aboulmouhajir, A., Kouisni, L., Bekkaoui, F. and Yasri. A. 2018. Plants extracts and secondary metabolites, their extraction methods and use in agriculture for controlling crop stresses and improving productivity. **American Journal of Modern Physics (AJMP).** 6(8) : 223-240.

Neupane, S., Thapa, R.B., Yubak, D.G.C., Pokhrel, S., Regmi P.P., Subedi, S. and Upadhya, A. 2016. Efficacy of Plant Dusts, Oils and Indigenous Materials against Stored Pulse Beetle *Callosobruchus chinensis* L. **International Journal of Graduate Research and Review.** 2(1) : 13-20.

Odeyemi, O.O., Masika, P. and Afolayan, A.J. 2008. Insecticidal activities of essential oil from the leaves of *Mentha longifolia* L. against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae). **African Entomology.** 16(2) : 220-225.

Oka, Y., Nacar, S., Putievsky, E., Ravid, U., Yaniv, Z. and Spiegel, Y. 2000. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. **Phytopathology.** 90(7) : 710-715.

Pandey, A.K., Palni, U.T. and Tripathi, N.N. 2014. Repellent activity of some essential oils against two stored product beetles *Callosobruchus chinensis* L. and *C. maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) with reference to *Chenopodium ambrosioides* L. oil for the safety of pigeon pea seeds. **The Journal of Food Science and Technology.** 51(12) : 4066-4071.

Pascual-Villalobos, M.J. and Robledo, A. 1998. Screening for anti-insect activity in Mediterranean plants. **Industrial Crops and Products.** 8 : 183-194.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Paulín, E.G.L., Castro, S.P.M., Martínez, E.M., Sagahón, A.V.L. and Pacheco, I.T. 2013. Maize seed coatings and seedling sprayings with chitosan and hydrogen peroxide: their influence on some phenological and biochemical behaviors. **Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology).** 14(2) : 87-96.

Pedrini, S., Merritt, D.J., Stevens, J. and Dixon, K. 2017. Seed coating: Science or marketing spin. **Trends in Plant Science.** 22(2) : 106-116.

Pilar-izquierdo, M.C., Ortega, N., Perez-mateos, M. and Busto, M.D. 2012. Barley seed coating with free and immobilized alkaline phosphatase to improve P uptake and plant growth. **Journal of Agricultural Science.** 150 : 691-701.

Priyanka, N. and Joshi, P.K. 2013. A review of *Lantana camara* studies in India. **International Journal of Scientific and Research Publications.** 3(10) : 1-11.

Pumnuan, J., Namee, D., Sarapothong, K., Doungnapa, T., Phutphat, S., Pattamadilok, C. and Thipmanee K. 2022. Insecticidal activities of long pepper (*Piper retrofractum* Vahl) fruit extracts against seed beetles (*Callosobruchus maculatus* Fabricius, *Callosobruchus chinensis* Linnaeus, and *Sitophilus zeamais* Motschulsky) and their effects on seed germination. **Heliyon**. 8(12) : 1-12.

Pumnuan, J., Teerarak, M. and Insung, A. 2012. Fumigant toxicity of essential oils of medical plants against maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). In : **2nd International Symposium of Biopesticides and Ecotoxicology Network (2nd IS-BIOPEN).** 24-26. Sep. 2012, Bangkok. Thailand.

Pumnuan, J., Sarapothong, K., Sikhao, P., Pattamadilok, C. and Insung, A. 2021. Film seeds coating with hexane extracts from *Illicium verum* Hook.f. and *Syzygium aromaticum* (L.) Merrill & Perry for controlling *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus chinensis* L. **Pest Management Science**. 77 : 2512-2521.

Rajashekar, Y., Gunasekaran, N. and Shivanandappa, T. 2010. Insecticidal activity of the root extract of *Decalepis hamiltonii* against stored-product insect pests and its application in grain protection. **Journal of Food Science and Technology.** 43: 310–314.

Rajashekar, Y., Ravindra, K.V. and Bakthavatsalam, N. 2012. Leaves of Lantana camara Linn. (Verbenaceae) as a potential insecticide for the management of three species of stored grain insect pests. **Journal of Food Science and Technology**. 51(11) : 1-6.

Ramsey, J.C. 1975. Seed coating. **Rangeman's Journal.** 5(2) : 145.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rassami, W. and Soonwera, M. 2011. Effect of herbal shampoo from long pepper fruit extract to control human head louse of the Ladkrabang Childrens, Bangkok, Thailand. **Journal of Agricultural Technology.** 7(2) : 331-338.

Ratwatthananon, A., Yooboonb, T., Bullangpotib, V. and Pluempanupata, W. 2020. Insecticidal activity of *Piper retrofractum* fruit extracts and isolated compounds against *Spodoptera litura*. **Agriculture and Natural Resources**. 54 : 447-452.

Rees, D. 2004. **Insect of Stored Products.** Australia : CSIRO. Publishing.

Rettinassababady, C., Ramanadane, T. and Renuka, R. 2012. Role of polymer coating on seed quality status of hybrid rice (*Oryza sativa* L.) during storage under coastal ecosystem. **Journal of Biological and Chemical Research.** 29(2) : 142-150.

Schillaci, M., Gupta, S., Walker, R. and Roessner, U. 2019. The Role of Plant Growth-Promoting Bacteria in the Growth of Cereals under Abiotic Stresses. In : **Root Biology-Growth, Physiology, and Functions.** London : IntechOpen.

Scott, D. 1975. Effects of seed coating on establishment. New Zeal. **Journal of Agricultural Research.** 18(1) : 59-67.

Sikhao, P., Teerapornchaisit, P., Taylor, A.G. and Siri, B. 2014. Seed coating with riboflavin, a natural fluorescent compound, for authentication of cucumber seeds. **Seed Science and Technology.** 42 : 1-9.

Singh, V. 2016. Phytotoxic efficacy of rosemary oil against *Tribolium Castaneum* and *Callasobruchus maculatus*. **Global Journal of Science Frontier Research: C Biological Science.** 16(3) : 2249-4626.

SoonIl, K., Yoon, J., Jung, J., Hong, K., Ahn, Y. and Kwon, H. 2010. Toxicity and repellency of origanum essential oil and its components against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) adults. **Journal of Asia-Pacific Entomology.** 13(4) : 369-373.

Souza, V.N.D., Carlos, R.F.D.O., Claudia, H.C.M. and Daiany, K.F.D.A. 2016. Fumigation toxicity of essential oils against *Rhyzopertha dominica* (F.) in stored maize grain. **Revista Caatinga.** 29(2) : 435-440.

Spochacz, M., Chowanski, S., Walkowiak-Nowicka, K., Szymczak, M. and Adamski Z. 2018. Plant-derived substances used against beetles–pests of stored crops and food–and their mode of action: – A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. 17 : 1339-1366.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subsuebwong, T., Attrapadung, S., Potiwat, R., Srisawat R. and Komalamisra, N. 2016. Insecticidal Activities of *Piper retrofractum* Extracts Against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). In : **The National and International Graduate Research Conference 2016.** Graduate School, Khon Kaen University, Thailand and Indonesia : Universitas Mahammadiyah Yogyakarta.

Taylor, A.G., Allen, P.S., Bennett, M.A., Bradford, K.J., Burris, J.S. and Misra, M.K. 1998. Seed enhancements. **Seed Science Research.** 8 : 245-256.

Thein, W.M., Javier, P.A., and Ceballo, F.A. 2013. Insecticidal activity of crude plant extracts against *Sitophilus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) and *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae). **Philippine Agricultural Scientist**. 96 : 154-162.

Tiwari, R. and Rana, C.S. 2015. Plant secondary metabolites: a review. **International Journal of Engineering Research and General Science.** 3(5) : 661-670.

Ukeh, D.A., Sylvia, B.A.U., Alan, S.B., Jennifer, M.L.A., John, A.P. and Michael, A.B. 2012. Alligator pepper, *Aframomum melegueta*and ginger, *Zingiber officinale*, reduce stored maize infestation by the maize weevil, *Sitophilus zeamaisin* traditional African granaries. **Crop Protection.** 32 : 99-103.

Wiatrak, P. 2013. Effect of polymer seed coating with micronutrients on soybeans in southeastern coastal plains. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences.** 8(4) : 302-308.

Wisanathanon, P., Phanphen, H., Cithip, A., Rangsima, K., Kannika, P., Jiraporn, T., Dwngsmr, S., Lakhana, R., Phawinee, H. and Atchara, P. 2005. **Insects found in agricultural products and their control.** Bangkok : Printing House Agricultural Cooperatives of Thailand Ltd.

World Meteorological Organization. 1995. **Scientific assessment of ozone depletion: World Meteorological Organization global ozone research and monitoring project**. Report no. 37. WMO, Switzerland : Geneva.

Yang, L. and Wen, B. 2017. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences.** pp. 553-563. In : A.G. Taylor. Seed Quality. United States : Academic Press.

Youngrum, J., Wanida, A. and Angsumal, J. 2014. Efficacy of essential oils to control maize grain weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). In : **Proceedings of 52nd**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kasetsart University Annual Conference : Plants. Bangkok : Kasetsart University.

Zeng, D., Luo, X. and Tu, R. 2012. Application of bioactive coatings based on chitosan for soybean seed protection. **International Journal of Carbohydrate Chemistry.** 12 : 1-5.

Zoubari, M.G. 2015. Water-insoluble polymers as binders for controlled release matrix and reservoir pellets (Doctoral dissertation, *Freie Universitat* Berlin). **Journal of Agricultural Production.** 1(2) : 63-76.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISFAS-0046

Effectiveness of Long Pepper (*Piper Retrofractum* Vahl) Extracts Against Adult of Corn Weevil (*Sitophilus Zeamais* Motschulsky)

Duangkamon Namee[a], Jarongsak Pumnuan[b] and Ammorn Insung[c]*

[a] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.
E-mail address: duangkm.nm@gmail.com

[b] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.
E-mail address: jarongsak.pu@kmitl.ac.th

[c] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.
*Corresponding author, E-mail address: ammorn.in@kmitl.ac.th

Abstract

Insecticidal activity of hexane, acetone and ethanol extracts from long pepper (*Piper retrofractum* Vahl) against adult of corn weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) was evaluated by using contact method. Those plant extracts of various concentrations of 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1% were applied and compared with control group (1% Tween-20 in water). Then the mortality of adult was observed at 12 and 24 hrs to obtain the toxicity level as LC_{50} and LC_{90}. The result demonstrated that hexane extract from long pepper contained the highest toxicity to corn weevil adult with the LC_{50} at 12 and 24 hrs of 0.392 and 0.319%, respectively. It showed higher toxic activity than that of acetone and ethanol extracts with significant difference. The hexane extract from long pepper at more than 0.6 concentrations could kill the corn weevil adult with more than 85% within 12 hrs. Obtained result indicated that hexane extract from long pepper tended to be used to control the corn weevil effectively. Particularly applying as seed coating would be made for further study.

Keywords: long pepper, corn weevil, seeds, store product pests, contact method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Background

Corn is a major economic crop of Thailand. It is not only used as food for both human and animals, but also be used in industrial production (Department of Agricultural Extension, 2018). However, seed of corn is often damaged by various pests during storage. (Agricultural Insect Research Group, 2000). Especially, various insect pests often cause damage in both quantity and quality (Hanashi *et al*., 2004). Among these, the corn weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) is the most economically important insect pest of both for seed and consumption. It is a tiny insect and having highly reproduction rate as well as difficult to observe. Its heavy damage resulting in porous or powdering seed, loss of nutrition, germination and weight (Nuanwat, 2005). At present, the use of chemicals in the form of phosphine fumigants and seed coating to control corn weevils is normally applied. If large quantities of use may cause insect resistance and the seeds may contain residues that harm to farmers or consumers (Wisanthanon, 1998). Therefore, alternative control method environmentally friendly, safe to growers, consumers and nature, as the use of essential oils in controlling insect pest seem to be interesting. This study aimed to evaluate the efficacy of *Piper retrofractum* Vahl extracts to control the corn weevil (*S. zeamais*).

2. Methods

2.1 Preparation of crude extracts

The dried long pepper was crushed and soaked with hexane at a ratio of 1:4 (w / v) for 3 days. The solution was filtered with a straining cloth and filter paper (Whatman® No. 1). The hexane extract was condensed with a rotary evaporator at 40 ºC to obtain crude extract. The remain extracted materials were soaked in acetone and ethanol by the same method to obtain acetone and ethanol extracts, respectively. Various extract concentrations were prepared by diluting with Tween-20 in water and used to test the insects in further study.

2.2 Preparation of insects

The culture of corn weevil (*S. zeamais*) was made by using corn as food. The cultured insect was maintained in the entomology laboratory, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. The adults at the age of 10-15 days old were used to test in the experiment.

2.3 Efficacy test

Efficacy of hexane, acetone and ethanol extracts from long pepper against corn weevil by contact method was preliminary evaluated by dropping various extract concentrations of 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1% for 1 ml on to the filter paper size 9 cm diameter in petri dish. Treated paper was air dried for 1 minute. Then 20 insect adults were released to filter paper and covered with cap of the petri dish. Mortality rates were observed at 12 and 24 hrs and compared with the control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. Statistical analysis

In this study, Abbott's formula (Abbott, 1987) was applied to obtain the actual death. The experiment was designed in five completely randomized replicates. The data obtained were statistically analyzed by applying analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range tests (DMRT). The lethal concentration (LC_{50} and LC_{90}) was calculated by the probit method.

3. Results

The efficiency test of hexane, acetone and ethanol extracts from long pepper against the corn weevil by contact method revealed that a hexane extracts of long pepper gave the best results of corn weevil mortality. Particularly of 1% concentration caused 95.5 and 97.4% mortality at 12 and 24 hrs, respectively. At 12 hr, ethanol extract seen to be more effective than that of acetone extract when it caused 68.7% mortality compared to 60.0% mortality of acetone extract. Whereas, at 24 hr, acetone extract showed better result than that of ethanol extract gave 79.7 and 73.7% mortality, respectively. However, among both extracts there was no significant difference (Table 1).

The lethal concentration of long pepper against corn weevil of hexane showed the best result of both LC_{50} and LC_{90} when it gave 0.319 and 0.594% at 24 hrs. When ethanol extract showed relatively better result of LC_{50} and LC_{90} than that of acetone extract. Therefore, acetone extract at 12 hrs only gave a little higher effect than that of ethanol extract with 0.617% compared to 0.629% (Table 2).

Table 1: Percentage mortality of corn weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) caused by different extracts from long pepper at various concentrations by contact method.

Concentrations of crude extracts (%)	Means ± S.D. of percentage mortality[a]					
	12 hrs			24 hrs		
	hexane	acetone	ethanol	hexane	acetone	ethanol
0	0±4.1^{D}	0±4.1^{D}	0±4.1^{D}	0±4.1^{D}	0±4.1^{D}	0±4.1^{C}
0.2	15.4±15.8^{BCa}	14.6±15.7^{CDa}	2.8±1.9^{Da}	25.2±19.4^{Ca}	18.6±16.2^{Ca}	5.3±3.1^{Ca}
0.4	72.0±17.4^{Ba}	30.3±12.1^{BCb}	38.5±15.0^{Cb}	82.8±14.0^{Ba}	41.4±9.4^{Bb}	47.7±15.7^{Bb}
0.6	85.3±8.3^{ABa}	34.5±14.5^{BCb}	44.3±7.5^{BCb}	94.0±3.9^{ABa}	55.4±13.9^{Bb}	48.3±9.0^{Bb}
0.8	90.0±8.5^{Aa}	38.1±16.4^{Bc}	57.6±10.5^{ABb}	95.9±4.2^{ABa}	57.9±16.6^{Bb}	71.9±11.6^{Ab}
1.0	95.5±5.1^{Aa}	60.0±20.0^{Ab}	68.7±15.4^{Ab}	97.4±3.8^{Aa}	79.7±10.3^{Ab}	73.4±12.7^{Ab}

[a] Means in column within the period followed by different capital letter indicate significant differences between the substances, means in row followed by different common letter indicate significant differences between the substances at ($P \leq 0.05$) (one-way ANOVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2: LC_{50} and LC_{90} of long pepper extracts against corn weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky).

Crude extracts	Regression equation	SE	LC_{50} (Low-Up)	LC_{90} (Low-Up)
12 hrs				
hexane	Y = -1.555+3.968x	0.263	0.392 (0.142-0.585)	0.715 (0.536-1.292)
acetone	Y = -1.535+1.789x	0.187	0.858 (0.674-1.300)	1.575 (1.189-2.923)
ethanol	Y = -1.763+2.472x	0.203	0.713 (0.523-1.044)	1.232 (0.949-2.325)
24 hrs				
hexane	Y = -1.487+4.664x	0.321	0.319 (-)	0.594 (-)
acetone	Y = -1.441+2.337x	0.189	0.617 (0.459-0.814)	1.165 (0.928-1.797)
ethanol	Y = -1.642+2.611x	0.200	0.629 (0.400-0.942)	1.120 (0.851-2.254)

Acknowledgments

This research was supported by the government budget for the fiscal year 2018 via Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang under the research project of natural products for pest control research center (NPCRC).

4. References

Abbott, W.S. (1987). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 3(2): 302-3.

Agricultural Insect Research Group. (2000). Stored Product Pest Insects and Their Control. Academic Papers. Entomology and Zoology, Department of Agriculture. Funny Publishing Co., Ltd., Bangkok. (in Thai)

Department of Agriculture Extension. (2018). Insects Found in Agricultural Productivity and Control. Postharvest and Processing Research and Development Division. Ministry of Agriculture and Cooperatives. 160 pp. (in Thai)

Hanashi, T., Nakamura, S., Visrathanonth, P., Uraichuen, J. and Kengkanpanich, R. (2004). Stored rice insect pest and their natural enemies in Thailand. *JIRCAS International Agricultural Series*, 13: 79 pp.

Nuanwat, K. (2005). Paddy Pests and Their Control. Postharvest Technology Research and Development Group. Postharvest and Processing Research and Development Division. Department of Agriculture. (in Thai)

Wisanthanon, P. (1998). Insect resistance of phosphine fumigant. *Journal of Entomology and Zoology*, 20: 121-124. (in Thai)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ดวงกมล นามี
วัน เดือน ปีเกิด	6 มกราคม 2536
ที่อยู่ปัจจุบัน	141 หมู่ที่ 3 ตำบลบางหลวง อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท 17150

ประวัติการศึกษา

(2554) สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนชัยนาทพิทยาคม

(2558) สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2566) สำเร็จการศึกษาปริญญาตโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้