



ชนิดและปริมาณของสารสกัดจากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae
ต่อการควบคุมหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*)
และเชื้อราสาเหตุโรคลำจุด (*Alternaria brassicicola*)

Type and Characteristics of Plant Extracts from Zingiberaceae, Apiaceae and
Piperaceae for Controlling Beet Armyworm (*Spodoptera exigua*)
and Leaf Spot Disease Caused by Fungi (*Alternaria brassicicola*)

นางสาวมณฑาทิพย์ ชนะภัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ
คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2549

ISBN xxxxxxxxxx

ชนิดและปริมาณของสารสกัดจากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae

ต่อการควบคุมหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*)

และเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด (*Alternaria brassicicola*)

นางสาวมณฑกกาญจน์ ชนะภัย วท.บ. (เทคโนโลยีการผลิตพืช)

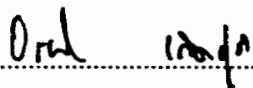
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

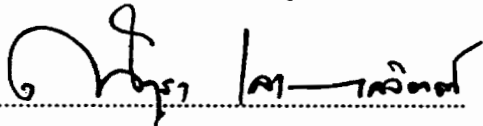
พ.ศ. 2549

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



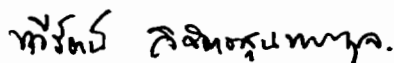
(รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น)

ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์



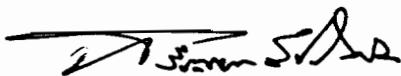
(ผศ. ดร. นิฏฐา เล่ากุลจิตต์)

ประธานร่วม



(ดร. ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล)

กรรมการ



(ผศ. ดร. สรัญญา วิชโรทัย)

กรรมการ



(ผศ. ดร. ประภาพร ดังกิจโชติ)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผ่านกฤษฎีกา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชนิดและปริมาณของสารสกัดจากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae ต่อการควบคุมหนอนกระทู้หอม (<i>Spodoptera exigua</i>) และ เชื้อราสาเหตุโรคใบจุด (<i>Alternaria brassicicola</i>)
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นางสาว มณฑาทิพย์ ชนะภัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น ผศ. ดร. ญัฐฐา เล่ากุลจิตต์
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการทรัพยากรชีวภาพ
สายวิชา	การจัดการทรัพยากรชีวภาพ
คณะ	ทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2549

บทคัดย่อ

การศึกษาสารสกัดพืชจากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae ในการป้องกันหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) และเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด (*Alternaria brassicicola*) ในพืช 6 ชนิด ได้แก่ จิง (ginger) ข่า (galangal) คื่นฉ่าย (celery) พลู (betal) พริกไทยขาว (white pepper) และ พริกไทยดำ (black pepper) ทำการสกัดด้วยวิธีต้มกลั่น (water distillation) และการสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ ปิโตรเลียมอีเธอร์ (PE) และเอทานอล (ET) ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดคื่นฉ่ายมี % yield ของ crude extract สูงสุด รองลงมาคือ พลู พริกไทยขาว จิง พริกไทยดำและข่า ซึ่งการสกัดด้วย ET ให้ % yield ของ crude extract ของพืชทั้ง 6 ชนิดสูงกว่าการสกัดด้วย PE เมื่อนำ crude extract มาทำให้บริสุทธิ์ขึ้นเป็น absolute extract พบว่าการสกัดด้วย ET ให้ % yield ของ absolute extract สูงกว่าการสกัดด้วย PE และการต้มกลั่น และสารสกัดพริกไทยดำจากวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธีได้ % yield สูงที่สุด และสารสกัดจากพริกไทยขาว จิง พลู ข่า และคื่นฉ่ายได้ % yield รองลงมา ตามลำดับ หลังจากวิเคราะห์สารสกัดพืชด้วย Gas Chromatography Mass Spectrophotometer (GC-MS) พบสารสำคัญในสารสกัดจิงมี 14 ชนิด ได้แก่ citral, eucalyptol, selinene, gingerol, geraniol และ cis-6-shogol สารสำคัญที่พบในสารสกัดจากข่า 14 ชนิด ได้แก่ eucalyptol, selinene, trans-caryophyllene, chavicol และ juniper camphor ในสารสกัดคื่นฉ่ายพบสารสำคัญ 12 ชนิด ได้แก่ selinene, juniper camphor, trans-caryophyllene และ phthalide สารสกัดพลูพบสารสำคัญ 17 ชนิด ได้แก่ 3-allyl-6-methoxyphenol, α -cadinene, β -cadinene, 4-chromanol, 3-allyl-6-methoxyphenol และ chavicol สารสำคัญที่พบในสารสกัดจากพริกไทยขาว 13 ชนิด ได้แก่ trans-caryophyllene, α -humulene,

spathulenol, elemene และ piperine และสารสำคัญที่พบในสารสกัดจากพริกไทยดำ 20 ชนิด ได้แก่ trans-caryophyllene, α -terpinyl acetate, 3-carene, α -copaene และ piperine

ประสิทธิภาพของสารสกัดพลูสามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้สูงที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดจากพริกไทยดำ ขิง ข่า พริกไทยขาว และคื่นฉ่าย ตามลำดับ สารสกัดพลูที่ได้จากการต้มกลั่น มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุด ส่วนการยับยั้งการกินอาหารของ หนอนกระทู้หอม พบว่า สารสกัดจากพริกไทยดำและพริกไทยขาวมีประสิทธิภาพสูงที่สุด รองลงมา คือ สารสกัดจากขิง พลู ข่า และคื่นฉ่าย ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดจากการต้มกลั่นและ PE มีประสิทธิภาพ ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมดีกว่าสารสกัดโดย ET และการศึกษาที่ยังพบว่า สาร สกัดจากพริกไทยขาวทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เร็วที่สุด รองลงมาได้แก่ พลู พริกไทยดำ ข่า และขิง ส่วนสารสกัดจากคื่นฉ่ายไม่มีผลต่อการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม ส่วนสารสกัดโดยการ ต้มกลั่นมีผลให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เร็วกว่าสารสกัดจาก PE และ ET และพบว่า การใช้สาร สกัดความเข้มข้นต่ำทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ช้าลง แต่การใช้ความเข้มข้นสูงสุดของการ ทดลองนี้ (ความเข้มข้น 500 ppm) ทำให้หนอนกระทู้หอมตายทั้งหมด สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพ ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *A. brassicicola* โดยใช้วิธี diffusion agar method พบว่า สาร สกัดจากพริกไทยขาว พริกไทยดำ และพลู มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราดีที่สุด รองลงมาคือสาร สกัดจากข่า ขิงและคื่นฉ่าย ตามลำดับ ซึ่งการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง PE และ ET ยับยั้งการเจริญของ เชื้อรา *A. brassicicola* ได้ดีกว่าสารสกัดที่ได้จากการต้มกลั่น

คำสำคัญ : Zingiberaceae / Apiaceae / Piperaceae / สารสำคัญ / หนอนกระทู้หอม

(*Spodoptera exigua*) / เชื้อราสาเหตุโรคใบจุด (*Alternaria brassicicola*)

Thesis Title	Type and Characteristics of Plant Extracts from Zingiberaceae, Apiaceae and Piperaceae for Controlling Beet Armyworm (<i>Spodoptera exigua</i>) and Leaf Spot Disease Caused by Fungi (<i>Alternaria brassicicola</i>)
Thesis Credits	12
Candidate	Miss Montakarn Chanapai
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Dr. Orapin Kerdchoecheun Asst. Prof. Dr. Natta Laohakunjit
Program	Master of Science
Field of Study	Natural Resource Management
Division	Natural Resource Management
Faculty	School of Bioresources and Technology
B.E.	2549

Abstract

Type and characteristics of plant extracts from Zingiberaceae, Apiaceae and Piperaceae were studied for controlling beet armyworm (*Spodoptera exigua*) and leaf spot disease caused by fungi (*Alternaria brassicicola*). Six plants included ginger, galangal, celery, betel, white pepper and black pepper, were extracted by water distillation, and two solvent extraction of petroleum ether (PE) and ethanol (ET). Results showed that celery extract gave the highest % yield of crude extract, followed by betel, white pepper, ginger, black pepper and galangal extracts, respectively. The ethanol extraction also gave a higher % yield of crude extracts than PE. The absolute extract was purified from the crude extract using ET gave higher % yield of absolute extract than PE and water distillation extraction. In this study, black pepper extract resulted in the highest % yield of absolute extract, followed by white pepper, ginger, betel, galangal and celery extracts. The extracts were then identified by gas chromatography-mass spectrophotometer (GC-MS). There were 14 major components found in ginger extract included citral, eucalyptol, selinene, gingerol, geraniol and cis-6-shogol. Fourteen major components found in galangal extract such as eucalyptol, selinene, trans-caryophyllene, chavicol and juniper camphor. There were 12 major components found in celery extract included selinene, juniper camphor, trans-caryophyllene and phthalide. Betel extract composed of 17 major components such as 3-allyl-6-methoxyphenol, α -cadinene, β -cadinene, 4-chromanol, 3-allyl-6-methoxyphenol and chavicol. Some of 13 major compounds; trans-caryophyllene, α -humulene, spathulenol, elemene and piperine were found in white pepper extract.

There were 20 major components found in black pepper included trans-caryophyllene, α -terpinyl acetate, 3-carene, α -copaene and piperine.

In this study, betel extract had the highest effect for anti-hatching of beet army worm, followed by black pepper, ginger, galangal, white pepper and celery extracts, orderly. Betel extract from water distillation methods also had the most effectiveness for anti-hatching of beet army worm. The study of antifeedant of beet army worm, black and white pepper extracts had the highest effective followed with ginger, betel, galangal and celery extracts, orderly. It was also found that the extracts by water distillation and PE resulted in a higher effective to control anti-hatching of beet army worm than ET. From this study, we found that white pepper extract had the most effective to faster metamorphosis from worm to pupa stage. The black pepper, galangal, ginger extracts was less effective than the betel extract, and celery extract had no effect on metamorphosis worm to pupa stage. It was also found that the effective of plant extracts on metamorphosis depended on the extraction procedure. The extraction by water distillation showed a higher effectiveness than PE and ET. In addition, the usage of low concentration of plant extracts resulted in the inhibition of insect metamorphosis, but the highest concentration (500 ppm) resulted in the lethal dose eliminated all beet army worm. The final part of this study, the effectiveness of plant extracts for controlling the mycelial growth of *Alternaria brassicicola* cause leaf spot disease by diffusion agar method was monitored as the inhibition zone. The results showed that white pepper, black pepper and betel extracts had the highest effectiveness for inhibiting leaf spot fungi, followed by galangal and ginger extracts. Celery extract also had less effectiveness to control this fungus. Plant extracts by solvent extractions both PE and ET gave a higher effect on controlling of this fungus than water distillation extraction.

Keywords : Zingiberaceae / Apiaceae / Piperaceae / Major Components / Beet Armyworm (*Spodoptera exigua*) / Leaf Spot Disease (*Alternaria brassicicola*)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น และรองประธานที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. ัญญา เล่าสกุลจิตต์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งให้คำปรึกษาในการแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วง กราบขอบพระคุณ ดร. ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล อาจารย์สายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ และให้กำลังใจในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้มาโดยตลอด อีกทั้งเอื้อเฟื้อเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสำหรับดำเนินงานวิจัย และขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. สรัญญา วัชรวิทย์ อาจารย์ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ ผศ. ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ อาจารย์ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ด้วยความเมตตาจนสำเร็จลุล่วงเป็นเล่มที่สมบูรณ์

และขอกราบขอบพระคุณเป็นที่สุดกับความรักและกำลังใจที่มีให้เสมอจากคุณณัฐพงศ์ คุณพิรุณรัตน์ คุณวันวิสา และคุณอุบลวรรณ ชนะภัย ขอบพระคุณในความเชื่อมั่นที่มี พร้อมทั้งให้อิสระในการตัดสินใจและดำเนินชีวิตในรูปแบบของตัวเองเสมอ ขอขอบคุณความรัก ความห่วงใย และคำสอนหลายๆ อย่างของคุณตา บุญช่วย ทองคุ้ม ที่ทำให้หัวใจชุ่มชุ่มมาตั้งแต่เด็กจนโต รวมทั้งขอขอบคุณคุณทักษอร บุญชู คุณปานจิต แก้วกำแพง คุณวรรณวิภา โสมณวัฒน์ ซึ่งรับฟังและให้กำลังใจ รวมทั้งช่วยแก้ไขบางแห่งที่ติดขัดจนวิทยานิพนธ์สำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณคุณรุชนี ธนะวดี คุณธานี แจ่มฟ้า คุณปิยวรรณ นิลภูมิ คุณเริงชัย คงมี และคุณสุพรา คำวิภา ในความช่วยเหลือและกำลังใจที่มีให้ในรูปแบบต่างๆ จนสามารถจุด ดึงและดันให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ รวมทั้งขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ รวมถึงเจ้าหน้าที่และพนักงานทุกท่านของ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีในความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานตลอดการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ด้วยใจจริง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	๖
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๗
กิตติกรรมประกาศ	๗
สารบัญ	๕
รายการตาราง	๘
รายการรูป	๙
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ ที่มา และปัญหาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 สมมุติฐานของงานวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
2.1 สารสกัดจากพืช	4
2.2 การสกัดสารจากพืช	6
2.2.1 การสกัดด้วยน้ำ หรือ การกลั่น (distillation)	6
2.2.2 การสกัดด้วยไขมันหรือวิธี enfleurage	8
2.2.3 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)	9
2.2.4 การสกัดด้วยวิธีกล (mechanical expression)	9
2.3 การใช้ประโยชน์จากสารสกัดพืช	9
2.3.1 การใช้สารสกัดพืชเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช	11
2.3.2 การใช้สารสกัดพืชเพื่อควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดในพืชวงศ์ กระหล่ำ	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 พืชบางชนิดในวงศ์ Zingiberaceae, Piperaceae และ Apiaceae	27
2.4.1 วงศ์ Zingiberaceae	27
2.4.2 วงศ์ Apiaceae	31
2.2.4 วงศ์ Piperaceae	32
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	36
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	36
3.2 ขั้นตอนการศึกษา	37
3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ	37
3.2.2 การเปรียบเทียบวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสารจากพืช 6 ชนิด ด้วยวิธีการต้มกลั่นและการสกัดด้วยตัวทำละลาย	37
3.2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดพืช	38
3.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อหนอนกระทู้หอม	39
3.2.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อเชื้อรา <i>Alternaria brassicicola</i>	40
3.3 สถานที่ศึกษา	42
บทที่ 4 ผลการทดลอง	43
4.1 องค์ประกอบในสารสกัดพืชที่สกัดด้วยการต้มกลั่นและตัวทำละลาย	43
4.1.1 % yield	43
4.1.2 ปริมาณและชนิดของสารสำคัญของสารสกัดจากพืชโดย GC- MS	45
4.2 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 6 ชนิดต่อหนอนกระทู้หอม	63
4.2.1 อิทธิพลของสารสกัดขิงต่อหนอนกระทู้หอม	63
4.2.2 อิทธิพลของสารสกัดข่าต่อหนอนกระทู้หอม	64
4.2.3 อิทธิพลของสารสกัดขมิ้นน้ำต่อหนอนกระทู้หอม	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.4 อิทธิพลของสารสกัดพลูต้อหนอนกระทุ้หอม	67
4.2.5 อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยขาวต่อหนอนกระทุ้หอม	68
4.2.6 อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยดำต่อหนอนกระทุ้หอม	69
4.2.7 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของสารสกัดจากพืชต่อการป้องกัน กำจัดหนอนกระทุ้หอม	77
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อเชื้อรา <i>Alternaria brassicicola</i>	86
4.3.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดขิงต่อเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	86
4.3.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดข่าต่อเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	86
4.3.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดขี้เหล็กต่อเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	87
4.3.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดพลูต้อหนอนกระทุ้หอมต่อเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	87
4.3.5 ประสิทธิภาพของสารสกัดพริกไทยขาวต่อเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	87
4.3.6 ประสิทธิภาพของสารสกัดพริกไทยดำต่อเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	88
4.4 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>Alternaria brassicicola</i>	95
บทที่ 5 วิจัยผลผลการทดลอง	97
5.1 ปริมาณของสารสกัดพืช 6 ชนิด โดยวิธีการสกัด 3 วิธี	97
5.2 ปริมาณและชนิดของสารสำคัญจากสารสกัดพืชแต่ละชนิดที่ออกฤทธิ์ต่อ หนอนกระทุ้หอมและเชื้อรา <i>Alternaria brassicicola</i>	98
5.2.1 สารสกัดขิง	98
5.2.2 สารสกัดข่า	99
5.2.3 สารสกัดขี้เหล็ก	100
5.2.4 สารสกัดพลู	100
5.2.5 สารสกัดพริกไทยขาว	101
5.2.6 สารสกัดพริกไทยดำ	102

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 6 ชนิดต่อหนอนกระทุ้งหอมและเชื้อรา <i>Alternaria brassicicola</i>	103
5.3.1 การยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทุ้งหอม	103
5.3.2 การยับยั้งกินอาหารของหนอนกระทุ้งหอม	104
5.3.3 การยับยั้งการเข้าดักแด้ของหนอนกระทุ้งหอม	105
5.3.4 การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	106
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	108
6.1 % yield ของสารสกัดพืช	108
6.2 สารสำคัญที่พบในสารสกัดพืช	109
6.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อหนอนกระทุ้งหอม	109
6.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อเชื้อรา <i>Alternaria brassicicola</i>	110
ข้อเสนอแนะ	111
เอกสารอ้างอิง	112
ภาคผนวก ก	125
ภาคผนวก ข	127
ประวัติผู้วิจัย	139

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	กลุ่มของสารประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหย	6
2.2	กลุ่มของสารแอลคาลอยด์แท้จริง	14
2.3	กลุ่มของสารประกอบเทอร์ปีนอยด์	16
4.1	% yield ของ crude extract และ absolute extract ของพืชสมุนไพร 6 ชนิด	44
4.2	% relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ได้จากการต้มกลั่น และ ตัวทำละลาย	51
4.3	% relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ได้จากการต้มกลั่น และ ตัวทำละลาย	53
4.4	% relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ได้จากการต้มกลั่น และตัวทำละลาย	55
4.5	% relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ได้จากการต้มกลั่น และ ตัวทำละลาย	57
4.6	% relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ได้จากการต้ม กลั่นและตัวทำละลาย	59
4.7	% relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ได้จากการต้ม กลั่น และตัวทำละลาย	61
4.8	อิทธิพลของสารสกัดพืชต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้า ดักแด้ของหนอนกระทู้หอม	71
4.9	อิทธิพลของสารสกัดพืชต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้า ดักแด้ของหนอนกระทู้หอม	72
4.10	อิทธิพลของสารสกัดพืชต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการ เข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม	73
4.11	อิทธิพลของสารสกัดพืชต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้า ดักแด้ของหนอนกระทู้หอม	74
4.12	อิทธิพลของสารสกัดพืชต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม	75
4.13	อิทธิพลของสารสกัดพืชต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม	76

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.14	อิทธิพลของสารสกัดพืช 6 ชนิดต่อการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม	83
4.15	อิทธิพลของสารสกัดพืช 6 ชนิดต่อ antifeedant index ของหนอนกระทู้หอม	84
4.16	อิทธิพลของชนิดของพืช 6 ชนิดต่อการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม	85
4.17	อิทธิพลของสารสกัดจิงต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A.brassicicola</i>	89
4.18	อิทธิพลของสารสกัดข่าต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A.brassicicola</i>	90
4.19	อิทธิพลของสารสกัดคื่นฉ่ายต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	91
4.20	อิทธิพลของสารสกัดพลูต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	92
4.21	อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยขาวต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A.brassicicola</i>	93
4.22	อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยดำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	94
4.23	อิทธิพลของชนิดของพืช 6 ชนิดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	96
4.24	อิทธิพลของความเข้มข้น 5 ระดับต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	96

รายการรูป

รูป		หน้า
2.1	ผลิตภัณฑ์พืช (plant products)	5
2.2	ชุดกลั่นชนิด clevenger	7
2.3	การกลั่นพืชปริมาณมากๆ	7
2.4	การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ	8
2.5	ลักษณะของหนอนกระทุ้หอมในระยะต่างๆ	12
	2.5 ก. ใบของหนอนกระทุ้หอม	12
	2.5 ข. ลักษณะของหนอนกระทุ้หอม	12
	2.5 ค. ดอกแด่หนอนกระทุ้หอม	13
	2.5 ง. ตัวเต็มวัยหนอนกระทุ้หอม	13
2.6	กลุ่มของสารแอลคาลอยด์	14
2.7	หน่วย isoprene	15
2.8	Digest system of insects	17
2.9	แสดงเส้นประสาทในส่วนต่างๆ ของแมลง	19
2.10	สารที่มีกลไกการทำงานคล้ายอะซิติล โคลีนออกฤทธิ์ที่ synaptic receptor	20
2.11	สารที่มีผลต่อคลอไรด์ไอออนออกฤทธิ์ที่ synaptic receptoer	21
2.12	การส่งผ่านกระแสประสาทใน axon	21
2.13	กลไกการยับยั้งของสาร pyrethroids, veratridine และ ryanodine	22
2.14	เชื้อรา <i>A. brassicicola</i>	25
2.15	สปอร์ของ <i>Alternaria</i> spp.	25
2.16	โครงสร้างของสารโคติน	26
4.1	โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดขิง	45
4.2	โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดข่า	46
4.3	โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดคื่นฉ่าย	47
4.4	โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดพลู	48
4.5	โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดพริกไทยขาว	49
4.6	โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดพริกไทยดำ	50

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
4.7	โครมาโตแกรมของสารสกัดจากขิงซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล	52
4.8	โครมาโตแกรมของสารสกัดจากข่าซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล	54
4.9	โครมาโตแกรมของสารสกัดจากคื่นฉ่ายซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล	56
4.10	โครมาโตแกรมของสารสกัดจากพลูซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล	58
4.11	โครมาโตแกรมของสารสกัดจากพริกไทยขาวซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล	60
4.12	โครมาโตแกรมของสารสกัดจากพริกไทยดำซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล	62
5.1	สูตรโครงสร้างของ piperine, nicotine และ acetylcholine ที่คล้ายกัน	102
5.2	ตำแหน่ง synaptic ที่มีการส่งผ่านกระแสประสาท acetylcholine	102

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มา และปัญหาของงานวิจัย

ประเทศไทยส่งออกสินค้าเกษตรเป็นรายได้หลัก และมีการใช้นโยบายควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิต (food safety) สำหรับการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งมีการแข่งขันอย่างเสรีจากประเทศคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง กระทรวงการคลัง, 2549) อย่างไรก็ตามปริมาณการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชกลับมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2549) สารกำจัดศัตรูพืชที่นำมาใช้ก่อให้เกิดปัญหาหลายประการ ได้แก่ ทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม ระบบนิเวศแปรปรวน แมลงและศัตรูพืชเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีผลต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค เช่น ทำให้เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน กล้ามเนื้อชักกระตุก เป็นต้น (Johnson, 2003) ในขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยทางเกษตรลดลง แนวทางในการลดปัญหามีหลากหลายวิธี เช่น การใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและเหมาะสม การใช้กฎหมายบังคับ การใช้พันธุ์พืชต้านทานศัตรูพืช การเกษตรกรรมและระบบปลูกพืชหมุนเวียน การควบคุมโดยวิธีกล (เช่น การใช้กับดักแมลง สีและไฟล่อแมลง) การใช้วิธีการอื่น (เช่น การทำให้แมลงเป็นหมัน) การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี เช่น การใช้จุลินทรีย์ควบคุมแมลงศัตรูพืช การใช้ตัวห้ำ และตัวเบียน การใช้ plant-incorporated-protectants: PIPs (Szuhay, 2006) และการใช้สารสกัดจากพืชตามธรรมชาติ (plant extract) ซึ่งการนำสารสกัดมาควบคุมศัตรูพืชได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากไม่มีฤทธิ์ตกค้างที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตอื่นนอกเป้าหมาย โดยมีรายงานวิจัยที่ยืนยันผลการศึกษาตรงกันว่าสารสกัดจากพืชสมุนไพรหลายชนิดมีผลต่อการควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืชเกษตรได้หลากหลาย เช่น สารสกัดจากพืช *Dysoxylum malabaricum* Bedd. (วงศ์ Meliaceae) ช่วยควบคุมแมลง *Anopheles stephensi* Liston (วงศ์ Culicidae) ซึ่งเป็นพาหะของเชื้อมาเลเรีย (Nathan และคณะ, 2006) ใบยาสูบใช้กำจัดแมลงจำพวกเพลี้ยอ่อนและหนอนผีเสื้อ ไล่ดินใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อ (อ้างในธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2544) สารสกัดจากเถียน (*Melia azedarach*) ใช้ควบคุมแมลง elm leaf beetle (*Xanthogaleruca luteola*) (Defagó และคณะ, 2006) ฯลฯ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้นมีความหลากหลายของชนิดพืชมาก ในปัจจุบันพบพืชประมาณ 250,000 ชนิด เป็นพืชมีเมล็ด (seed plants or higher plants) ประมาณ 245 วงศ์ (family) 1,763 สกุล (genus) และ 9,002 ชนิด (species) และเป็นพืชชั้นต่ำจำพวกเฟิร์น (pteridophytes) อีกประมาณ 620 ชนิด (อ้างในราชนันท์ ภูมา, 2549) อย่างไรก็ตามพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae เป็นพืชที่มีอยู่หลากหลายและปลูกกระจายทั่วทุกภาคของประเทศ และมีผลผลิตตลอดทั้งปี เนื่องจากเป็นพืชที่มีการนำมาบริโภคในชีวิตประจำวัน อีกทั้งมีสรรพคุณในด้านต่างๆ รวมทั้งการ

กำจัดศัตรูพืช มีรายงานการศึกษาศาสตร์จากพืชในวงศ์ Zingiberaceae ได้แก่ สารสกัดกระวานสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักและแมลงวันทอง (มุสดี สายชนะพันธ์ และพันธ์ิทธิ์ มะลิสวรรณ, 2547) สำหรับสารสกัดข่าสามารถควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในมะม่วง (อนุวัฒน์ จรัสรัตนไพบูลย์, 2545) ยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* (Oonmetta และคณะ, 2006) และควบคุมหนอนใยผัก (สุรพล วิเศษสรรงค์ และคณะ, 2544) ส่วนสารสกัดขิงสามารถยับยั้งเชื้อรา *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Mycosphaerella arachidicola* และ *Physalospora piricola* (Wang และ Bun, 2005) รวมทั้งแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (กฤติกา นรจิตร์ และคณะ, 2547) และสารสกัดขมิ้นชัน (*Curcuma Longa* L.) ออกฤทธิ์ต้านเชื้อราและแบคทีเรีย (อัมพวัน อภิสิทธิ์ะกุล, 2544; กฤติกา นรจิตร์ และคณะ, 2547) พืชในวงศ์ Piperaceae ได้แก่ ใบพลูสามารถยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* V.Tiegh และ *Aspergillus japonicus* Caito (เกษทิพย์ กริเงิน, 2544) และสามารถควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในถั่วเหลือง (จันทร์เพ็ญพร อนุศาสนี, 2538) เป็นสารต้านเชื้อราและฆ่าลูกน้ำบู่ง (บุษบาวดี พุทธานู, 2540) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าพบสารต้านอนุมูลอิสระในพริกไทยเขียว (Chatterjee และคณะ, 2007) พริกไทยดำ (Suhaj และคณะ, 2006) และคิปลี (Natarajan และคณะ, 2006) ซึ่งในสารสกัดจากคิปลีมีฤทธิ์ฆ่าและควบคุมหนอนใยผัก (ปัญญรัตน์ สาลี, 2541) ส่วนสารสกัดจากพริกไทยดำสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Bacillus subtilis*, *Bacillus sphaericus* และ *Staphylococcus aureus* และแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Klebsiella aerogenes* และ *Chromobacterium violaceum* (Reddy และคณะ, 2004) และโปรโตซัว *Trypanosoma cruzi* (Ribeiro และคณะ, 2004) อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานการใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 3 วงศ์เพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอมและเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด (leaf spot: *Alternaria brassicicola*) ซึ่งเป็นแมลงและโรคพืชที่สำคัญในพืชวงศ์กะหล่ำ (cruciferous crops) ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาศาสตร์จากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae ในการป้องกันหนอนกระทู้หอม และป้องกันโรคเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตพืชอาหารปลอดภัย และเป็นแนวทางในการทดแทนสารเคมีกำจัดศัตรูพืช หรือเป็นการลดปริมาณการใช้สารเคมีดังกล่าว รวมทั้งใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีที่เหมาะสมก่อให้เกิดการพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการสกัดและปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันหนอนกระทู้หอม และเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1. ใช้วิธีการสกัด 2 วิธี คือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) 2 ชนิด ได้แก่ ethanol และ petroleum ether และการสกัดโดยการต้มกลั่น (water distillation)
- 1.3.2. พืชวงศ์ Zingiberaceae ได้แก่ จิงและข่า, วงศ์ Apiaceae ได้แก่ คื่นช่าย และวงศ์ Piperaceae ได้แก่ พริกไทยขาว และพริกไทยดำ
- 1.3.3. วิเคราะห์ชนิดขององค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดโดยเครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)
- 1.3.4. ศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดต่อการยับยั้งการฟักออกจากไข่หนอนกระทู้หอมใช้ความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 50, 150, 300 และ 500 ppm
- 1.3.5. ศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดต่อการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมตั้งแต่วัย 3 ใช้ความเข้มข้น 5 ระดับคือ 0, 50, 150, 300 และ 500 ppm
- 1.3.6. ศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดต่อการยู่รอดในระยะหนอนจนถึงระยะเข้าสู่ดักแด้ของหนอนกระทู้หอมใช้ความเข้มข้น 5 ระดับคือ 0, 50, 150, 300 และ 500 ppm
- 1.3.7. ศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดต่อเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด *A. brassicicola* ในผักกวางตุ้งกะหล่ำใช้ความเข้มข้น 5 ระดับคือ 0, 5,000, 10,000, 15,000 และ 20,000 ppm

1.4 สมมติฐานของงานวิจัย

- 1.4.1. พืชต่างชนิดกัน มีปริมาณสารและชนิดของสารที่เป็นองค์ประกอบต่างกัน
- 1.4.2. วิธีการสกัดสารต่างกัน ทำให้ได้สารสกัดที่มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน
- 1.4.3. สารสกัดจากพืชต่างชนิดและวิธีการสกัดต่างกัน มีผลต่อการยับยั้งหนอนกระทู้หอมและเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดต่างกัน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

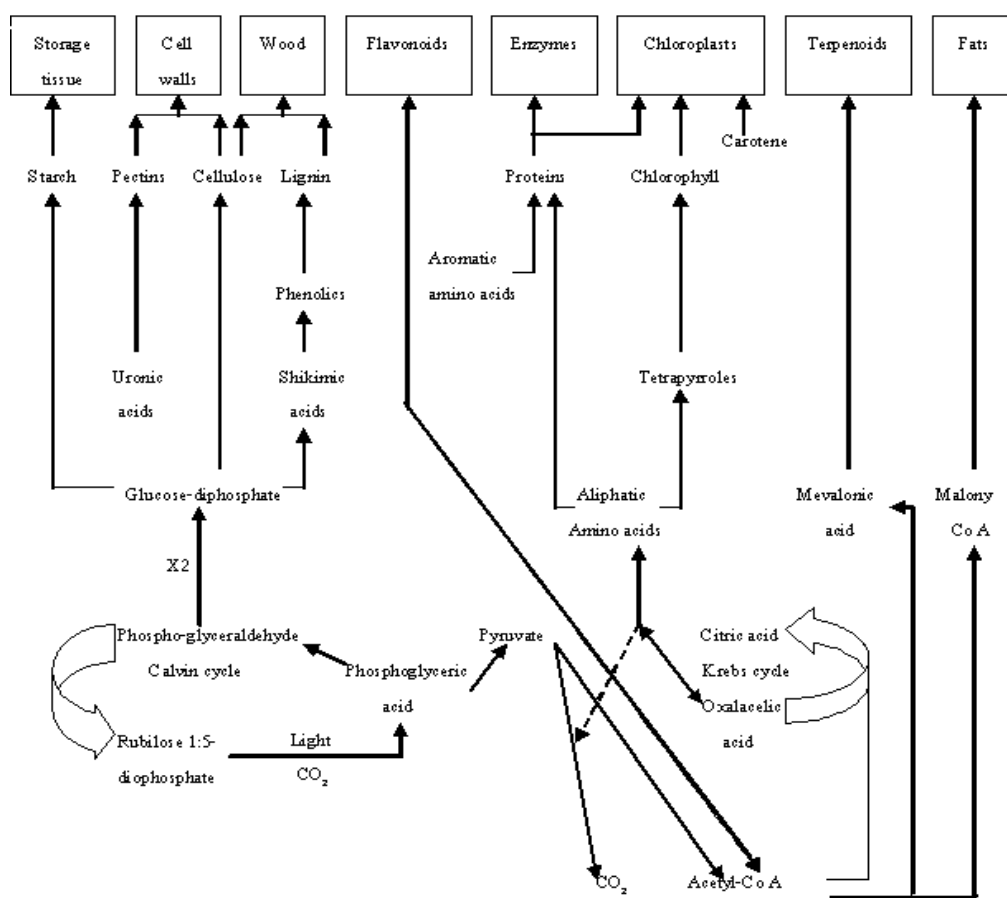
- 1.5.1. เป็นการพัฒนา biopesticide สำหรับควบคุมโรคใบจุดจากเชื้อรา *A. brassicicola* ในพืชวงศ์กะหล่ำและหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*)
- 1.5.2. เป็นแนวทางในการเพิ่มความปลอดภัยแก่พืชผัก ผลไม้ ที่บริโภคภายในประเทศและการส่งออกนอกประเทศ เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีที่อันตรายและมีราคาแพง
- 1.5.3. เป็นแนวทางเพิ่มศักยภาพการใช้พืชผักพื้นบ้านหรือพรรณไม้ไทยเพื่อควบคุมศัตรูพืชโดยไม่มีสารเคมีตกค้างในผลผลิต
- 1.5.4. สามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับศัตรูพืชชนิดอื่นได้หรือนำพืชชนิดอื่นๆ มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านการกำจัดศัตรู

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

พืชและสมุนไพรต่างๆ ถูกนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่ยุคโบราณ โดยเริ่มตั้งแต่การลองผิดลองถูกจนถึงปัจจุบันที่มนุษย์มีความรู้มากขึ้นจนสามารถประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ในการวิเคราะห์และศึกษาพืชแต่ละชนิดอย่างลึกซึ้ง ปัจจุบันการศึกษาและพัฒนาเรื่องสารสกัดจากพืชมีมากขึ้น เนื่องจากสารจากธรรมชาติเหล่านี้ไม่ก่อให้เกิดการตกค้างและสลายตัวได้รวดเร็วเมื่อเทียบกับการใช้สารเคมีสังเคราะห์ การนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ยิ่งทวีความสำคัญขึ้น เช่น ด้านเภสัชกรรม เครื่องสำอาง อาหารเสริม และด้านเกษตรกรรม ฯลฯ (สวิก เพ็งอัน, 2540; ชัยวัฒน์ จาติเสถียร, 2540; คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2540)

2.1 สารสกัดจากพืช (plant extract) (สวิก เพ็งอัน, 2540; ชัยวัฒน์ จาติเสถียร, 2540; คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2540; รัชการวรรณ ปัญญา, 2548; สันติ เรืองมณีไพฑูรย์, 2541)

สารสำคัญ (active constituents) ที่มีอยู่ภายในพืชมีความแตกต่างกัน ทั้งในด้านของชนิดและปริมาณ สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในพืชนั้นๆ ซึ่งสารสำคัญที่มีอยู่แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด แต่ละพันธุ์ และแต่ละต้นขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น พันธุ์พืช สภาพแวดล้อมที่ปลูก ฤดูกาล และช่วงเวลาเก็บเกี่ยวของพืช เป็นต้น สารสำคัญที่พืชสร้างขึ้นเรียกว่าผลิตภัณฑ์พืช (plant products) (รูปที่ 2.1) แบ่งกว้างๆ เป็นสารปฐมภูมิ (primary metabolites) และสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ซึ่งสารปฐมภูมิพบในพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยพืชใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานจากแสงแดดเพื่อสร้างสารคาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วยแป้งและน้ำตาล นอกจากนี้สารปฐมภูมียังรวมถึง สารประกอบต่างๆ ได้แก่ สารจำพวกไขมัน โปรตีน เม็ดสี และเกลืออนินทรีย์ชนิดต่างๆ และอีกประเภทหนึ่งคือสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบที่มีลักษณะพิเศษต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คาดว่าสารทุติยภูมินี้อาจเกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ในพืช หรือเรียกว่า biosynthesis ซึ่งกระบวนการชีวสังเคราะห์ของสารเคมีแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เนื่องจากสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์ต่างกัน นอกจากนี้ในแต่ละกระบวนการจะใช้ เอนไซม์ (enzyme) ที่เฉพาะเจาะจงแตกต่างกัน เอนไซม์นี้ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาต่างๆ ในพืช ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ได้แก่ น้ำมันหอมระเหย อัลคาลอยด์ สเตียรอยด์ ไกลโคไซด์ เป็นต้น สารในกลุ่มนี้อาจมีทั้งผลดีและผลเสียต่อพืชหรือสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ รวมทั้งมนุษย์ด้วย (สันติ เรืองมณีไพฑูรย์, 2541) การศึกษากลุ่มสารเคมีชนิดต่างๆ ในพืชช่วยให้เข้าใจถึงการออกฤทธิ์ ประโยชน์และโทษของพืชแต่ละชนิด ทำให้สามารถใช้พืชได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย และพืชที่มีพิษหากมีการทำลายพืชอย่างถูกต้องก็สามารถนำมาใช้เป็นอาหารและยารักษาโรคได้อย่างปลอดภัย



รูปที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์พืช (plant products) (สมพร ภูติยานันต์, 2542)

สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบในพืช แบ่งออกเป็น 7 กลุ่มหลัก ตามความแตกต่างของชนิดสาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ไขมัน (lipids) ไกลโคไซด์ (glycosides) แอลคาลอยด์ (alkaloids) เรซิน และบาลซัม (resins and balsams) และน้ำมันหอมระเหย (volatile oils หรือ essential oils หรือ ethereal oils) (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547; King, 2006)

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อน มาจากการสกัดส่วนต่างๆของพืชที่สามารถสร้างน้ำมันเก็บไว้เช่น เมล็ด ดอก ใบ ผล เปลือก ลำต้น หรือรากและเหง้า ฯลฯ จนได้สารสกัดบริสุทธิ์ในรูปของน้ำมันที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีอ่อนๆ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ เมื่อได้รับความร้อนจะระเหยได้ดียิ่งขึ้น (สิริลักษณ์ มาลานิยม, 2545) แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้นานๆ อาจถูกออกซิไดซ์ (oxidized) ทำให้สีและสารภายในเปลี่ยนแปลง (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ ได้ให้คำจำกัดความของน้ำมันหอมระเหยไว้ว่า “an essential oil is a product made by distillation with either water or steam or by mechanical processing of citrus rinds or by dry distillation of natural material. Following the distillation, the essential oil is

physically separate from the water phase” (ISO Standards 9235:1997) ส่วนกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชแต่ละชนิด การจำแนกน้ำมันหอมระเหยตามองค์ประกอบทางเคมีแบ่งได้เป็น 7 กลุ่ม (สมพร ภูติยานันต์, 2542; รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547; King, 2006) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กลุ่มของสารประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหย

สารประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหย	ตัวอย่าง
แอลดีไฮด์ (aldehyde)	cidral, citronellal, neral, geranial
คีโตน (ketone)	jasmone, fenchone, camphor, carvone, menthone
แอลกอฮอล์ (alcohol)	linalool, citronellol, geraniol, borneol, menthol, nerol, teppineol
ฟีนอล (phenol)	eugenol, thymol, carvacrol
ออกไซด์ (oxide)	linalol oxide, ascaridol, bisabolol oxide, bisabolon oxide
เอสเทอร์ (ester)	linalyl acetate, geranyl acetate, bomyl acetate, eugenyl acetate, lavendulyl acetate
เทอร์พีน (terpene)	camphene, cadinene, caryophyllene, cedrene, dipentene, phellandrene, terpinene, sabinene, mycrene

ที่มา: พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2545, สมพร ภูติยานันต์, 2542; รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547; King, 2006

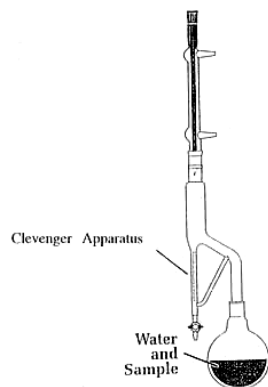
2.2 การสกัดสารจากพืช

การสกัดสารออกจากพืชแต่ละครั้งอาจได้ผลผลิตที่มีคุณภาพแตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น แหล่งที่มาของพืช อายุของพืช เทคนิคและวิธีการสกัด เวลาที่ใช้ในการสกัด ลักษณะของพืชที่จะนำมาสกัดว่าทนต่อความร้อนหรือไม่ และชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ เป็นต้น การเลือกใช้วิธีการสกัดแบบใดจึงต้องศึกษาให้ดีที่สุดเพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพสูงที่สุด (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2545) โดยวิธีการสกัดสารสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

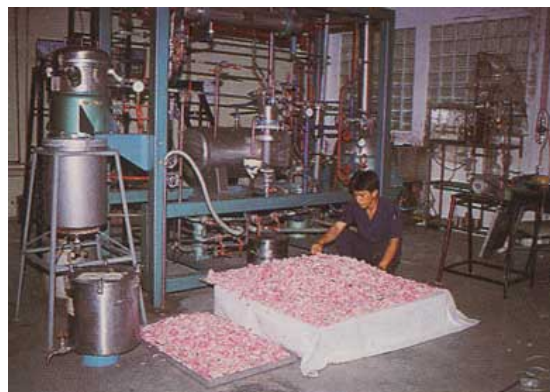
2.2.1. การสกัดด้วยน้ำ หรือ การกลั่น (distillation)

วิธีนี้สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์สำหรับการสกัดด้วยน้ำหรือการกลั่น เช่น หม้อกลั่น เครื่องควบแน่น และภาชนะรองรับน้ำมัน วิธีการคือบรรจุพืชที่ต้องการสกัดสารลงในหม้อกลั่น เติมน้ำพอท่วม ต้มนจนน้ำเดือด เมื่อน้ำเดือดระเหย ไอน้ำจะช่วยพาสารที่อยู่ในเนื้อเยื่อของพืชออกมาพร้อมกัน เมื่อผ่านเครื่อง

ควบแน่นไอน้ำ ไอของสารจะควบแน่นเป็นของเหลวได้สารออกมาในรูปน้ำมันหอมระเหยและน้ำ แยกชั้นจากกัน สำหรับการกลั่นพืชปริมาณน้อยๆ ในห้องปฏิบัติการสามารถทำได้โดยใช้ชุดกลั่นที่ทำจากเครื่องแก้วเรียกว่า ชุดกลั่นชนิด clevenger (รูปที่ 2.2) (ปณิศา สัจจวาที และเชาวลิต เขตต์กั้ง, 2543; http://www.tistr.or.th/pharma/Essen_ext.htm, 2006)



รูปที่ 2.2 ชุดกลั่นชนิด clevenger



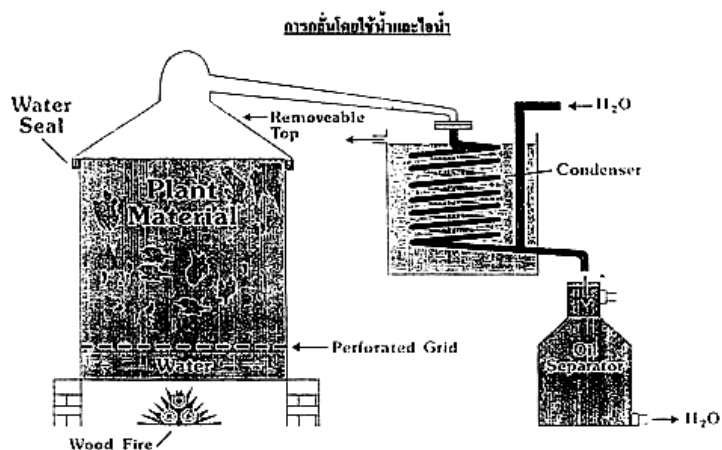
รูปที่ 2.3 การกลั่นพืชปริมาณมากๆ

(ที่มา http://www.tistr.or.th/pharma/Essen_ext.htm, 2006)

ส่วนการกลั่นพืชปริมาณมาก ควรใช้เครื่องกลั่นที่มีขนาดใหญ่ขึ้น อาจทำได้ด้วยเหล็กสแตนเลส หรือทองแดงโดยอาศัยหลักการเดียวกัน (รูปที่ 2.3) วิธีการสกัดด้วยน้ำหรือการกลั่น แบ่งได้เป็น

1) การต้มกลั่น หรือ การกลั่นด้วยน้ำ หรือการกลั่นโดยตรง (water distillation) ซึ่งมีข้อดีคือเป็นวิธีที่ง่าย อุปกรณ์ในการกลั่น ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และค่าใช้จ่ายต่ำ แต่มีข้อเสีย คือ ในกรณีที่ต้องกลั่นพืชปริมาณมากๆ ความร้อนที่ใส่สู่มือก้อนจะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งหม้อกลั่น พืชที่อยู่ด้านล่างใกล้กับเตาอาจไหม้ได้ ทำให้สารที่กลั่นมีกลิ่นเหม็นไหม้ติดปนมา อีกทั้งการกลั่นโดยวิธีนี้พืชจะต้องสัมผัสกับน้ำเดือดโดยตรงเป็นเวลานาน ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของสารเกิดการเปลี่ยนแปลงไปบ้างบางส่วน (ปณิศา สัจจวาที และเชาวลิต เขตต์กั้ง, 2543)

2) การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation) วิธีนี้มีหลักการคล้ายกับการกลั่นด้วยน้ำ แต่แตกต่างตรงที่ภายในหม้อกลั่นจะมีตะแกรงสำหรับวางพืชบนตระแกรงไว้เหนือระดับน้ำ เมื่อให้ความร้อนโดยเปลวไฟหรือไอน้ำจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ (boiler) น้ำภายในหม้อกลั่นจะเดือดกลายเป็นไอ การกลั่นโดยวิธีนี้พืชที่ใช้กลั่นจะไม่สัมผัสกับความร้อนโดยตรง ทำให้คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยดีกว่าวิธีแรก (รูปที่ 2.4) (ปณิศา สัจจวาที และเชาวลิต เขตต์กั้ง, 2543; http://www.tistr.or.th/pharma/Essen_ext.htm, 2006)



รูปที่ 2.4 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

ที่มา http://www.tistr.or.th/pharma/Essen_ext.htm, 2006

3) การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) การกลั่นโดยวิธีนี้คล้ายกับวิธีการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ แต่เมื่อบรรจุพืชลงบนตะแกรงแล้ว ไม่ต้องเติมน้ำลงในหม้อกลั่น ใช้ไอน้ำจากเครื่องกำเนิดไอน้ำภายนอก ไอน้ำจะช่วยให้สารที่อยู่ในพืชระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว วิธีนี้มีข้อดีคือเวลาที่ใช้ในการกลั่นจะสั้นกว่าการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ แต่ปริมาณน้ำมันมีคุณภาพดีกว่าและปริมาณสูงกว่า แต่ไม่เหมาะกับพืชที่มีลักษณะบางเช่นกลีบกุหลาบเพราะไอน้ำจะทำให้กลีบกุหลาบรวมตัวกันเป็นก้อน สารที่อยู่ในกลีบกุหลาบไม่สามารถออกมาพร้อมไอน้ำได้ทั้งหมด ทำให้ได้ปริมาณสารน้อยลงหรือไม่ได้เลย การกลั่นเอาน้ำมันกุหลาบ จึงควรใช้วิธีการกลั่นด้วยน้ำจะเหมาะสมกว่า (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544)

2.2.2 การสกัดด้วยไขมันหรือวิธี enfleurage

เป็นวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม มักใช้กับดอกไม้กลีบบาง เช่นมะลิ ช่อนกลิ่น โดยจะใช้ไขมันประเภทน้ำมันหมูเคลือบลงบนถาดไม้ แล้วนำดอกไม้มาเคลือบเป็นชั้นบางๆ จนเต็มถาด ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนดอกไม้ชุดใหม่ ทำซ้ำประมาณ 7 ถึง 10 ครั้ง ไขมันจะดูดซับสารหอมไว้เรียกไขมันที่ดูดซับสารหอมนี้ว่า pomade หลังจากนั้นใช้เอทานอลละลายสารหอมออกจากไขมัน นำไประเหยไล่ตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิและความกดดันต่ำ จะได้หัวน้ำหอมชนิด concrete เมื่อแยกส่วนที่เป็นไขมันออกโดยการนำมาละลายเอทานอลแล้ว แช่วีนเพื่อแยกส่วนที่เป็นไขออก การสกัดโดยใช้ไขมัน ทำได้ 2 วิธีคือ cold enfleurage และ hot enfleurage หลังจากระเหยไล่ตัวทำละลายออกจะได้หัวน้ำหอมชนิด absolute ซึ่งจัดเป็นหัวน้ำหอมชนิดดีและราคาแพงที่สุด (สิริลักษณ์ มาลานิยม, 2545)

2.2.3 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

การสกัดสารจากพืชบางชนิดที่ไม่สามารถใช้วิธีการอื่นโดยใช้น้ำได้ เนื่องจากองค์ประกอบของสารในพืชจะสลายตัวเมื่อถูกความร้อนสูง ดังนั้นจึงใช้ตัวทำละลายเช่น เฮกเซน เอทานอล อีเธอร์ ช่วยสกัดสารออกมา หลังจากนั้นจะระเหยไล่ตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิและความกดดันต่ำ เป็นการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมโดยจะได้สารที่เรียกว่า concrete การสกัดด้วยตัวทำละลายโดยไม่ผ่านความร้อน ได้แก่ การหมัก (maceration) และอีกหนึ่งวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบใหม่ คือ วิธีการสกัดโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่อยู่ภายใต้ความดันสูง (supercritical carbon dioxide fluid extraction) ซึ่งเป็นเทคนิคการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายแบบใหม่ ซึ่งเหมาะสำหรับการสกัดสารที่สลายตัวง่ายเมื่อถูกความร้อน วิธีนี้จะได้สารที่มีประสิทธิภาพสูงแต่สูญเสียค่าใช้จ่ายมาก (รัตน อินทรานุปกรณ์, 2545)

2.2.4 การสกัดด้วยวิธีกล (mechanical expression)

ใช้สำหรับพืชที่มีถุงน้ำมันอยู่ได้เปลือกเช่น ผลไม้พวกส้ม มะนาว มะกรูด ซึ่งมีองค์ประกอบที่สลายตัวโดยความร้อน สารที่ได้จากการบีบคั้นนี้จะมีกลิ่นและคุณภาพดี (Oyen และ Dung, 1999)

2.3 การใช้ประโยชน์จากสารสกัดพืช

เนื่องจากสารสกัดจากพืชมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพแตกต่างกันตามองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ภายในพืชมีอยู่มากมายหลายร้อยชนิด สารสกัดพืชหลายชนิดที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2544) ได้ศึกษาพบว่ามีสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบต่างกันและมีสารออกฤทธิ์แตกต่างกัน เช่น น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าของไพลจากการกลั่นด้วยไอน้ำ มีลักษณะเป็นของเหลวใสไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน ปราศจากตะกอนและสารแขวนลอย องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ α -pinene, sabinene, α -terpinene, α -perpinene และ terpinene-4-ol มีคุณสมบัติสำคัญช่วยแก้อาการฟกช้ำ เคล็ดขัดยอก ข้อเท้าแพลง (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2545; Butternor และคณะ, 1996)

สารสกัดจากดอกกานพลูตูมและแห้งซึ่งสกัดด้วยการกลั่นไอน้ำ มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองหรือสีน้ำตาล ปราศจากตะกอนและสารแขวนลอย ไม่มีการแยกชั้นของน้ำ มีกลิ่นเฉพาะตัว องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ eugenol มีคุณสมบัติสำคัญ ช่วยบรรเทาอาการคัน ลดการอักเสบ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544)

น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจาก *Ferula orientalis* วงศ์ Apiaceae พบว่าสารดังกล่าวมีสารศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า BHT โดยองค์ประกอบหลักที่วิเคราะห์ได้มี β -phellandrene ร้อยละ 23.6,

(E)- β -ocimene ร้อยละ 13.8, α -pinene ร้อยละ 12.5, α -phellandrene ร้อยละ 11.5 และ dehydro-sesquiceneol ร้อยละ 10.1 (Kartal และคณะ, 2006)

Delamare และคณะ (2007) ศึกษาสารสกัดจากพืชในประเทศบราซิล 2 ชนิดคือ *Salvia officinalis* พบองค์ประกอบหลักคือ α -thujone, 1,8-cineole, camphor, borneol และ β -pinene และพืช *Salvia triloba* พบองค์ประกอบหลักคือ α -thujone, 1,8-cineole, camphor, และ β -caryophyllene ซึ่งสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas sobria* และ *Klebsiella oxytoca* ได้ โดย *S. triloba* มีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *A. hydrophila* ได้ดีที่สุด

สารสกัดจากใบตะไคร้หอมด้วยการกลั่นไอน้ำ มีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลืองอ่อนหรือสีเหลืองปนน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นเฉพาะตัว น้ำมันตะไคร้หอมแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันตะไคร้หอมขาว และน้ำมันตะไคร้หอมซีลอน องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ geraniol และ citronella มีคุณสมบัติสำคัญช่วยในการแต่งกลิ่นรสอาหาร ใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง และใช้ไล่แมลง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544)

น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากต้น Oriximin (*Lippia origanoides* H.B.K.) ในประเทศบราซิลมีองค์ประกอบหลักเป็นสารจำพวก oxygenated monoterpenes ร้อยละ 66.0 ได้แก่ carvacrol ร้อยละ 38.6 และ thymol ร้อยละ 18.5 โดยสาร carvacrol เป็นสารที่พบมากในเครื่องเทศ oregano มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Candida albicans* Serotype B, *C. albicans*, *C. guilliermondii*, *C. parapsilosis*, *Cryptococcus neoformans* T1-444 Serotype A, *Trichophyton rubrum* T544, *Fonsecaea pedrosoi* 5VPL, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *S. aureus* MRSA (BMB9393), *Lactobacillus casei* ATCC 4646, *Streptococcus mutans* ATCC 25175 โดยยับยั้งเชื้อ *C. guilliermondii* และ *F. pedrosoi* 5VPL ได้ดีที่สุด (Oliveira และคณะ, 2007)

Eminagaoglu และคณะ (2007) ศึกษาสารสกัดด้วยเอทานอลและน้ำมันหอมระเหยจาก *Satureja spicigera* และ *S. cuneifolia* โดยใช้วิธี DPPH test พบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

สารสกัดจากผิวผลมะกรูดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำมีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอมเขียว มีกลิ่นเฉพาะตัว องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ β -pinene, limonene sabinene และ citronellal มีคุณสมบัติสำคัญช่วยในการแต่งกลิ่นรสอาหาร ใช้ในการบำบัดแบบสวดคนบำบัด ช่วยให้คลายกังวล ทำให้สดชื่น (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544)

Chyau และคณะ (2006) นำสารสกัดจากพืช *Glossogyne tenuifolia* ด้วยวิธี simultaneous steam-distillation และ solvent-extraction (SDE) พบสารประกอบ 30 ชนิด ประกอบด้วย terpenes 13 ชนิด

พบเฉลี่ยร้อยละ 69.1 รองลงมาคือสารพวกที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ 16 ชนิด พบเฉลี่ยร้อยละ 14.1 ได้แก่สารที่เป็นแอลกอฮอล์ 8 ชนิด แอลดีไฮด์ 5 ชนิด เอสเทอร์ 1 ชนิด คีโตน 2 ชนิด และสารอื่นอีกหนึ่งชนิด ผลการศึกษายืนยันว่าสารที่สกัดได้นี้มีผลต่อการลดไข้ (anti-pyretic) และบำรุงตับ (hepatoprotective)

สารสกัดจากใบมะกรูดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ citronellal มีคุณสมบัติสำคัญช่วยในการแต่งกลิ่นรสอาหาร ใช้เป็นส่วนประกอบทางยาและเครื่องสำอาง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544)

สารสกัดจากใบโหระพาพันธุ์ไทยโดยการกลั่นด้วยไอน้ำมีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลืองอ่อนหรือเหลืองอมน้ำตาลปราศจากตะกอนและสารแขวนลอย ไม่มีการแยกชั้นของน้ำ มีกลิ่นเฉพาะตัว องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ methylchavicol และ linalool มีคุณสมบัติสำคัญช่วยในการแต่งกลิ่นรสในอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544)

จากที่กล่าวมาแล้วทำให้ทราบว่าสารแต่ละชนิดในพืชมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป สารในพืชมีองค์ประกอบทางเคมีตั้งแต่ 50 ถึง 500 ชนิด แต่ละชนิดเมื่อมาผสมผสานกันอยู่ อาจทำให้เกิดคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ของสารจากพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป (สุชาดา ไชยสวัสดิ์, 2548) ดังนั้นเมื่อต้องการนำสารแต่ละชนิดมาใช้ในการควบคุมและกำจัดเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืชจึงต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นหลังจากสารเหล่านี้อยู่รวมกันด้วย ซึ่งสารเหล่านี้อาจทำให้องค์ประกอบบางตัวออกฤทธิ์เพิ่มขึ้นหรือลดลง ในปัจจุบันมีการศึกษามากมายที่พบว่าสารในพืชหลายชนิดมีผลในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ดี เช่น สาร azadirachtin และ tetraterpenoids ในสะเดาจะเป็นสารออกฤทธิ์ที่ใช้ในการกำจัดแมลงได้หลายชนิด ฯลฯ (อุดมลักษณ์ อุณจิตต์วรรณะ, 2540) สารที่อยู่ในพืชเป็นสารประกอบที่มีลักษณะค่อนข้างพิเศษต่างกันในพืชแต่ละชนิด เกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ในพืช ซึ่งกระบวนการชีวสังเคราะห์ของสารเคมีแต่ละชนิดแตกต่างกันเนื่องจากสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์ต่างกัน (รัชฎาวรรณ ปัญญา, 2546) สารเหล่านี้จึงส่งผลให้การควบคุมแมลงศัตรูพืชต่างกันด้วย

2.3.1 การใช้สารสกัดพืชเพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอม

แมลงศัตรูพืชมีมากมายหลายชนิด หนอนกระทู้หอม (beet armyworm: *Spodoptera exigua* Hübner.) เป็นผีเสื้อกลางคืน อันดับ Lepidoptera วงศ์ Noctuidae หนอนกระทู้หอมมีรายงานระบาดทั่วโลกจึงมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป ส่วนใหญ่จะเรียกตามตามชื่ออาหาร เช่น small cotton worm, linseed caterpillar, lesser armyworm, pigweed caterpillar, false armyworm, asparagus caterpillar, small willow moth และ beet armyworm เป็นต้น ในประเทศไทยนิยมเรียกแตกต่างกันไป เช่น หนอนกระทู้

หอม หนอนหลอดหอม และหนอนหนังเหนียว เป็นต้น ซึ่งหนอนกระทู้หอมจัดเป็นแมลงศัตรูพืชที่มีความสำคัญอันดับต้นๆของประเทศไทย เพราะสามารถทำลายพืชจนเกิดความเสียหายต่อผลผลิตสูงมาก มีอัตราการกินสูงและระยะเวลาทำลายรวดเร็ว ทั้งยังทำลายพืชได้กว้างหลายชนิดทั้งพืชผัก พืชไร่ และไม้ดอก เช่น หน่อไม้ฝรั่ง พืชวงศ์ถั่ว หัวผักกาด บล๊อคเคอรี่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ข้าวโพด มะเขือม่วง ผักกาดหอม หัวหอมใหญ่ มันฝรั่ง ผักโขม มันเทศ มะเขือเทศ ถั่วอัลฟาฟา ข้าวโพด ผ้าย ถั่วลิสง ค่ำฝอย ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ชูการ์บีท ยาสูบ และดาวเรือง (Capinera, 2005) ในประเทศไทยมีรายงานว่าหนอนกระทู้หอมเข้าทำลายพืชกว่า 200 ชนิด ซึ่งลักษณะการทำลายขึ้นกับชนิดของพืชอาหาร เช่น หอมแดง หนอนจะเจาะเข้าไปกัดกินภายในใบจนถึงส่วนหัว หน่อไม้ฝรั่งจะกัดกินยอดอ่อน และไม้ดอกจะกัดกินดอกตูมและกลีบดอก เป็นต้น (อุทัย เกตุนุติ, 2544)

ลักษณะสำคัญของหนอนกระทู้หอม คือ มีผนังลำตัวเรียบ เมื่อหนอนโตเต็มที่ ลำตัวมีหลายสีขึ้นกับพืชอาหาร เช่น สีเขียวอ่อน สีน้ำตาลดำ หรือสีเทาปนดำ ด้านข้างลำตัวจะมีแถบสีขาวพาดยาวตลอดจนถึงปลายสุดของลำตัว แม้ผีเสื้อจะวางไข่ลักษณะเป็นกลุ่ม มีขนปกคลุมบางๆ (รูปที่ 2.5) มีจำนวนไข่ต่อกลุ่มตั้งแต่ 16 ถึง 120 ฟอง ในสภาพธรรมชาติไข่จะฟักภายในระยะเวลา 72 ชั่วโมง ในฤดูร้อนไข่จะฟักเร็วขึ้น เมื่อหนอนออกจากไข่จะกัดกินผิวใบบริเวณใต้ใบและในใบ เช่นการเข้าไปอาศัยอยู่ในใบหอม (หลอดหอม) ทำให้การพ่นสารกำจัดแมลงไม่โดนตัวหนอน หนอนจะกัดกินอาหาร ณ ตำแหน่งใบพืชอาหารเดียวจนกว่าเข้าวัย 3 จึงเคลื่อนย้ายออกไปทำลายต้นข้างเคียงต่อไป โดยมักกินอาหารเวลากลางคืนและหลบซ่อนตัวเวลากลางวัน หนอนวัย 4 และ 5 มีขนาดตัวโตจึงมีการทำลายพืชอย่างรุนแรง การใช้สารเคมีกำจัดหนอนวัย 4 และ 5 มักไม่ได้ผล เนื่องจากหนอนกระทู้หอมเป็นหนอนที่มีการปรับตัวหลีกเลี่ยงและทนทานต่อสารเคมีได้อย่างรวดเร็วจนสารเคมีส่วนใหญ่ในปัจจุบันไม่สามารถฆ่าหนอนกระทู้หอมได้ ขนาดหนอนตัวโตเต็มที่ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร และเข้าสู่ระยะดักแด้ วงจรชีวิตของหนอนกระทู้หอมประมาณ 35 วัน มีระยะไข่ 2 ถึง 3 วัน (รูปที่ 2.5 ก.) ระยะหนอน 12 ถึง 15 วัน (รูปที่ 2.5 ข.) ระยะดักแด้ 7 ถึง 9 วัน (รูปที่ 2.5 ค.) ตัวเต็มวัยมีอายุ 4 ถึง 10 วัน (รูปที่ 2.5 ง.) ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืนที่มีขนสีน้ำตาลอ่อนปนเทา กางปีกกว้าง 2.5 เซนติเมตร กลางปีกคู่หน้าจะมีจุดสีน้ำตาลปนเหลือง 1 คู่ ปีกคู่หลังจะบาง และปีกมีสีขาวปนสีน้ำตาลอ่อน (อุทัย เกตุนุติ, 2544; http://creatures.ifas.ufl.edu/veg/leaf/beet_army_worm_adult.htm, 2005)



รูปที่ 2.5 ก. ไข่ของหนอนกระทู้หอม



รูปที่ 2.5 ข. ลักษณะของหนอนกระทู้หอม



รูปที่ 2.5 ค. ดักแด้หนอนกระทู้หอม

รูปที่ 2.5 ง. ตัวเต็มวัยหนอนกระทู้หอม

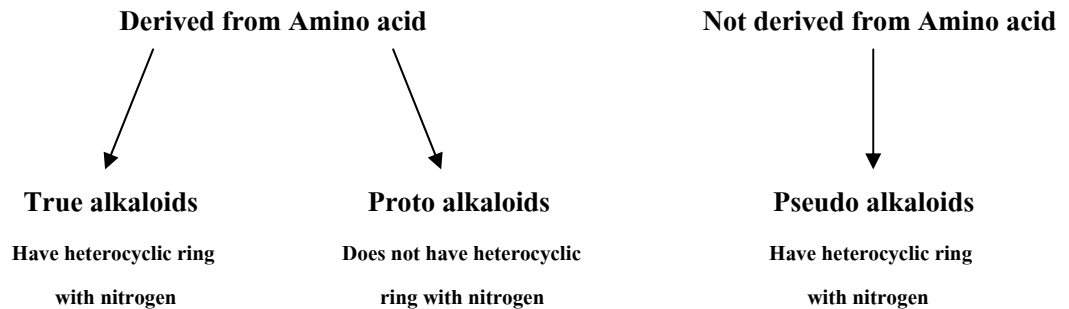
รูปที่ 2.5 ลักษณะของหนอนกระทู้หอมในระยะต่างๆ

ที่มา <http://mint.ippc.orst.edu/beetarmyid.htm>, 2006;http://creatures.ifas.ufl.edu/veg/leaf/beet_armyworm_adult.htm (ถ่ายโดย Capinera, J.L., 2005)

หนอนกระทู้หอมเป็นหนอนที่มีการปรับตัวให้ทนทานต่อสารเคมีได้อย่างรวดเร็วจนสารเคมีส่วนใหญ่ในปัจจุบันไม่สามารถควบคุมได้ มีงานวิจัยของ Umerford (2002) สนับสนุนว่าหนอนสามารถปรับตัวได้อย่างรวดเร็ว แม้กระทั่งวิธีการประยุกต์ใช้ยีนที่ตัดต่อเชื้อ *Bacillus thuringiensis* ใส่ลงไปในพื้นที่ให้เกิดความทนทาน แต่กลับพบว่าภายในระยะเวลาเพียง 2 รุ่น (generations) หนอนกระทู้หอมก็สามารถปรับตัวจนทนเชื้อ BT ได้ จนกระทั่งมีการคิดค้นเชื้อไวรัส Nucleo Polyhedro Virus (NPV) เพื่อกำจัดหนอนกระทู้หอมที่ทนทานต่อสารเคมีนี้โดยเฉพาะ ซึ่งเชื้อไวรัสสามารถควบคุมได้ดี (Ascarenhas และคณะ, 1996; Hoffmann และ Frodsham, 1993) แต่มีข้อจำกัดที่ต้องใช้ระยะเวลานาน การใช้ไวรัสควบคุมต้องฉีดพ่นตั้งแต่หนอนอยู่ในระยะที่ 1 ผลในการควบคุมจึงจะมีประสิทธิภาพ NPV ใช้ได้ผลดีกับพืชที่มีแมลงศัตรูพืชน้อยชนิด ได้แก่ หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนกระทู้ผัก และหนอนกระทู้หอม ไม่เหมือนสารเคมีกำจัดแมลงซึ่งสามารถกำจัดแมลงได้อย่างกว้างขวาง อีกทั้งวิธีการเก็บรักษาไวรัสต้องเก็บไว้ในที่เย็นเพื่อไม่ให้เชื้อตาย ขณะใช้ต้องพ่นในเวลาที่ไม่ใช่แสงแดดและความร้อนสูง เพราะแสงแดดทำให้ NPV เสื่อมประสิทธิภาพอย่างรวดเร็ว จึงมีประสิทธิภาพในช่วงเวลาสั้นๆ และยังมีราคาแพง (Hoffmann และ Frodsham, 1993) ดังนั้นเพื่อลดข้อจำกัดของการใช้ไวรัส NPV การนำเอาสารสกัดพืชมาใช้ควบคุมหนอนกระทู้หอมน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ดี อีกทั้งเป็นการป้องกันการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารกำจัดแมลงศัตรูพืช และเพื่อประหยัดทั้งแรงงาน เวลา และค่าใช้จ่ายในการกำจัด (กรมวิชาการเกษตร, 2549) การศึกษากลไกการออกฤทธิ์ของสารกำจัดแมลงศัตรูพืชต่างๆ จึงมีความสำคัญมาก เนื่องจากสารต่างชนิดกันจะออกฤทธิ์ต่อแมลงแตกต่างกัน อาจแบ่งได้ตามการออกฤทธิ์ต่อแมลงในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1.1. สารที่มีผลระงับการกินอาหารของแมลง (antifeedant) ส่วนมากสารประเภทนี้มักมีรสขมหรือฝาดเพราะมีแอลคาลอยด์ (alkaloids) เป็นส่วนประกอบ แอลคาลอยด์เป็นสารอินทรีย์กลุ่มใหญ่ที่พบมากในพืชชั้นสูง มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (organic nitrogen compounds) มักพบในพืชชั้นสูง มีสูตรโครงสร้างซับซ้อนและแตกต่างกัน ปัจจุบันพบแอลคาลอยด์ มากกว่า 5,000 ชนิด คุณสมบัติของ

แอลคาลอยด์ คือส่วนใหญ่มีรสขม ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายอินทรีย์ (Organic Solvent) มีฤทธิ์เป็นด่าง แอลคาลอยด์มีประโยชน์ในการรักษาโรค อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้เป็นยาระงับปวด ยาชาเฉพาะที่ ยาแก้ไอ ยาแก้หอบหืด ยารักษาแผลในกระเพาะและลำไส้ ยาลดความดัน ยาควบคุมการเต้นของหัวใจ เป็นต้น (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 1999) โดยสามารถแบ่งแอลคาลอยด์เป็นกลุ่มได้ตามสูตรโครงสร้างทางเคมี 3 กลุ่ม (รูปที่ 2.6) ดังนี้ คือ



รูปที่ 2.6 กลุ่มของสารแอลคาลอยด์

ที่มาดัดแปลงจาก <http://www.friedli.com/herbs/phytochem/alkaloids/alkaloid1.html>, 2007

2.3.1.1.1 แอลคาลอยด์แท้จริง (true alkaloids) คือ สารประกอบที่มีลักษณะของแอลคาลอยด์ครบถ้วน ได้แก่ เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ซับซ้อน มีไนโตรเจนอย่างน้อย 1 อะตอมในโมเลกุล และมักอยู่ในวงแหวนเฮเทอโรไซคลิก (heterocyclic ring) มีฤทธิ์เป็นด่างและมีความเป็นด่างแตกต่างกันตามลักษณะของไนโตรเจนที่มีอยู่ในโมเลกุล สารตั้งต้นส่วนใหญ่จะมาจากกรดอะมิโนซึ่งเป็นแหล่งที่มาของไนโตรเจน (Friedli, 2006; รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) สามารถแบ่งกลุ่มตามโครงสร้างพื้นฐานเป็นกลุ่ม ดังนี้

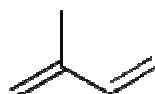
ตารางที่ 2.2 กลุ่มของสารแอลคาลอยด์แท้จริง (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

กลุ่มของแอลคาลอยด์แท้จริง (true alkaloids)	ตัวอย่างสารประกอบจากพืชต่างๆ
ไพริดีน (pyridine)	สาร nicotine จากใบยาสูบ
พิเพอริดีน (piperidine)	สาร piperine จากผลและเมล็ดของพริกไทย
เพอโรล (pyrrole) และเพอโรลิดีน (pyrrolidine)	สาร hygrine และสาร cuscohygrine จาก <i>Duboisia</i> spp.
อิมิดาโซล (imidazole)	สาร pilocarpine จาก <i>Pilocarpus</i> spp.
พูรีน (purine)	สาร caffeine จากเมล็ดสุกของต้นกาแฟ

กลุ่มของแอลคาลอยด์แท้จริง (true alkaloids)	ตัวอย่างสารประกอบและพืชที่มา (-ต่อ-)
เพอร์โรลิซิดีน (pyrrolizidine)	สาร senecionine จาก <i>Senecio</i> spp.
ควิโนลีน (quinoline)	สาร acronycine จากเปลือกต้นอะโครนีเซีย
ไอโซควิโนลีน (isoquinoline)	สาร morphine และสาร codeine จากฝิ่น
โทรเพน (tropane)	สาร atropene และสาร cocaine จากใบโคคา
อะพอร์ฟีน (aporphine)	สาร boldine จากพืช <i>Peumus boldus</i>
นอร์-ลูปีเนน (nor-lupinane)	สาร lupanine จาก <i>Lupinus</i> spp.
อินโดล (indole)	สารเรสเซอพีนจากรากต้นระย่มน้อย สารวินบลาสทีนซัลเฟตจากแพงพวยฝรั่ง

2.3.1.1.2 โพรโทแอลคาลอยด์ (proto-alkaloids) คือ แอลคาลอยด์ที่ในโครงกระดูกโครงสร้างไม่ได้ อยู่ในวงแหวนเฮเทอโรไซคลิก แต่อยู่ในโซ่แขนง (side chain) เช่น สาร ephedrine และสาร mescaline จากส่วนยอดของต้นกระบองเพชร เป็นต้น

2.3.1.1.3 ซูโดแอลคาลอยด์ (pseudo-alkaloids) คือ แอลคาลอยด์ที่ไม่ได้สังเคราะห์มาจากกรดอะมิโน โดยตรง เช่น สารสเตียรอยด์ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย cyclopentanoperhydrophenanthrene ring เช่น โพรโทเวอร์อาทรีน (protoveratrine) จากรากและเหง้าของพืชสกุลเวอร์อาทรีน (*Veratrum* spp.) ในวงศ์ลิลีเสฉี (Liliaceae) เป็นต้น หรือสารเทอร์พีนอยด์ ซึ่งมีหน่วยที่เรียกว่าไอโซพรีน (isoprene units) ลักษณะเป็นโซ่แขนง (branched chain) ของคาร์บอน 5 ตัวประกอบอยู่ในโมเลกุล (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.7 หน่วย isoprene

หน่วยไอโซพรีนที่เชื่อมเข้าด้วยกันแบบหัวไปหาง (head to tail) ทำให้มีรูปแบบวงแหวนแตกต่างกัน จำนวนของหน่วยไอโซพรีนที่เชื่อมเข้าด้วยกันใช้ในการแบ่งประเภทของสารประกอบเทอร์พีนอยด์ ตามตารางที่ 2.3 ได้แก่

ตารางที่ 2.3 กลุ่มของสารประกอบเทอร์พีนอยด์ (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

สารประกอบเทอร์พีน	หน่วยไอโซพรีน (จำนวนคาร์บอนอะตอม)	สูตรโครงสร้าง
โมนোটอร์พีน (monoterpenoids)	2 (10 C-atoms)	$C_{10}H_{16}$
เซสควิเทอร์พีน (sesquiterpene)	3 (15 C-atoms)	$C_{15}H_{24}$
ไดเทอร์พีน (diterpene)	4 (20 C-atoms)	$C_{20}H_{32}$
ไตรเทอร์พีน (triterpene)	6 (30 C-atoms)	$C_{30}H_{48}$
เตตระเทอร์พีน (tetraterpene)	8 (40 C-atoms)	$C_{40}H_{56}$
พอลิเทอร์พีน (polyterpene)	8 (มากกว่า 40 C-atoms)	-

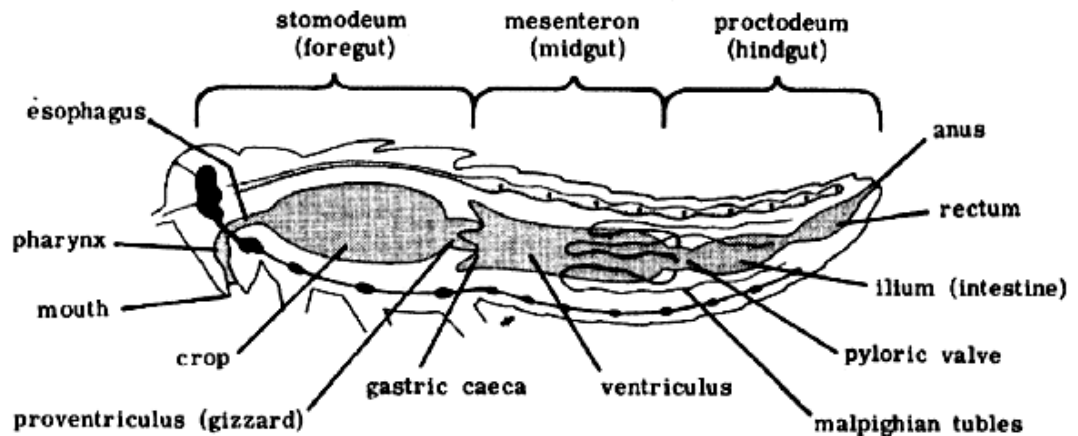
มีรายงานว่าสาร pinguison และ absinthin เป็นสาร sesquiterpenes ส่งผลต่อการยับยั้งการกินของตัวอ่อนของหนอนเจาะมันฝรั่ง (*Spodoptera littoralis*) (อุดมลักษณ์ อุณิจิตต์วรรณะ, 2540)

Tringali และคณะ (2001) รายงานว่าสารจากเปลือกของพืชในแอฟริกา *Fagara macrophylla* พบสาร alkaloids คือ oblongine, tembetarine และ magnoflorine และสาร flavonoid คือ hesperidin ซึ่งจากการทดลองพบสาร alkaloid ที่สกัดได้จาก *Fagara macrophylla* ยับยั้งการกินอาหารของ *Spodoptera frugiperda* และ *Spodoptera littoralis* ได้ดี

ส่วนสาร α -steroidal glycoalkaloids ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.03 ทำให้เพลี้ยจักจั่น (*Empoasca fabae*) หยุดกินใบมันฝรั่งได้ร้อยละ 30 ถึง 50 ส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.65 และ 1.65 ส่งผลต่อตัวอ่อนด้วงโคโลราโดซึ่งจะหยุดการกินใบมันฝรั่งร้อยละ 20 และ 80 ตามลำดับ (อุดมลักษณ์ อุณิจิตต์วรรณะ, 2540) รวมทั้งพบว่าสารสกัดจากสะเดาสามารถยับยั้งการกินอาหารของแมลงศัตรูพืชได้หลากหลายชนิด เช่น ฝีเสื้อด้วงปีกแข็ง ตั๊กแตนและหนอนกระทู้ผัก (อุดมลักษณ์ อุณิจิตต์วรรณะ, 2540)

กลไกของสารที่มีผลระงับการกินอาหารของแมลง คือกลไกการออกฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหารหรือ stomach poison เมื่อแมลงได้รับสารสกัดจะตอบสนองคล้ายได้รับสารพิษ (toxin) เช่น สร้างเอนไซม์ chitinase หรือเอนไซม์ proteases ในลำไส้ของแมลง ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้จะทำหน้าที่ย่อยสารพิษใน

ลำไส้ส่วนกลาง (mid gut) ของแมลง สารพิษจะถูกปลดปล่อยออกมาและเข้าไปทำลายเซลล์ผนังลำไส้ที่เรียกว่า epithelial cells ทำให้เกิดรูและรอยร้าว ผลที่ตามมาคือ pH และโพแทสเซียมอินทรีย์สมดุลไป ทำให้แมลงเกิดการอัมพาตและตายในที่สุด (อุดมลักษณ์ อุณจิตต์วรรณะ, 2540; Weinzierl และ Jones, 2006)



รูปที่ 2.8 Digest system of insects

(Weinzierl และ Jones, 2006)

2.3.1.2. สารที่มีผลทำให้กระบวนการเมทาบอลิซึมของแมลงผิดปกติ (antibiosis) ทำให้เกิดความผิดปกติของแมลงแตกต่างกัน เช่น มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง ทำให้เกิดความผิดปกติของการลอกคราบหรือการทำให้แมลงมีการวางไข่และฟักไข่น้อยกว่าปกติ การออกฤทธิ์ของสารกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ยับยั้งการสร้างสารไคติน (inhibitors of chitin synthesis) และกลุ่มสารที่คล้ายฮอร์โมนจูวีไนล์ (juvenile hormone)

กลุ่มที่ยับยั้งการสร้างสารไคตินหรือเอนไซม์ที่ทำลายไคติน (chitin-catabolic enzymes) มี 3 ตัวได้แก่ เอนไซม์ไคตินเนส, β -N-acetylglucosaminidase และ chitin deacetylase (Braker และ Kramer, 1996) โดยเอนไซม์ถูกกระตุ้นให้สร้างเมื่อแมลงมีการเปลี่ยนแปลงระยะการเจริญเติบโต เช่น กำลังฟักออกเป็นตัว หรือระยะลอกคราบ หรือระยะการเข้าดักแด้ เป็นต้น (Kramer, 1997) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยยับยั้งการฟักไข่ การกินอาหาร การเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมได้ การสร้างสารยับยั้งไคตินที่เป็นองค์ประกอบของผนังลำตัวแมลงในปริมาณมากกว่าร้อยละ 50 ทำให้การสร้างผนังลำตัวของแมลงในกระบวนการลอกคราบผิดปกติและทำให้ผนังลำตัวแมลงเปราะบาง ดังนั้นสารกลุ่มนี้จึงมีประสิทธิภาพดีเมื่อบริโภคก่อนแมลงลอกคราบ (Braker และ Kramer, 1996; Kramer, 1997)

กลุ่มสารคล้ายจูวีไนล์ฮอร์โมนมีผลต่อกระบวนการลอกคราบและการสืบพันธุ์ แมลงที่ได้รับสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ทำให้แมลงมีรูปร่าง 2 แบบในเวลาเดียวกัน เช่น ส่วนหนึ่งเป็นตัวอ่อนอีกส่วนหนึ่งเป็น

ดักแด้หรือส่วนหนึ่งยังเป็นตัวอ่อนอีกส่วนเป็นตัวเต็มวัย นอกจากนี้สารดังกล่าวมีผลต่อกระบวนการสืบพันธุ์ในตัวเต็มวัยของแมลง

2.3.1.3. สารที่ออกฤทธิ์ต่อระบบหายใจของแมลง โดยผ่านกลไกที่ออกฤทธิ์ต่อระบบทางเดินหายใจ เมื่อแมลงได้รับสารในรูปไอ (fumigant) สารที่ยับยั้งเมทาบอลิซึมในกระบวนการหายใจจากธรรมชาติ ได้แก่ สาร rotenone ตำแหน่งการออกฤทธิ์ของสารกลุ่มนี้อยู่ในไมโทคอนเดรีย โดยไปมีผลยับยั้งการส่งผ่านอิเล็กตรอนหรือยับยั้งการสร้าง ATP ในกระบวนการส่งผ่านอิเล็กตรอน ทำให้ ATP ไม่สามารถถูกสร้างขึ้นได้ ทำให้ไมโทคอนเดรียใช้ออกซิเจนต่ำลง โดยการส่งผ่านอิเล็กตรอนเกิดขึ้นปกติ แต่ ATP ไม่ถูกปลดปล่อยออกมาในกระบวนการนี้ ไมโทคอนเดรียมีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ผลที่เกิดขึ้นจากการสูญเสีย ATP ทำให้เมทาบอลิซึมถูกยับยั้งทำให้แมลงหมดแรง เจือซา อัมพาต และตายในที่สุด

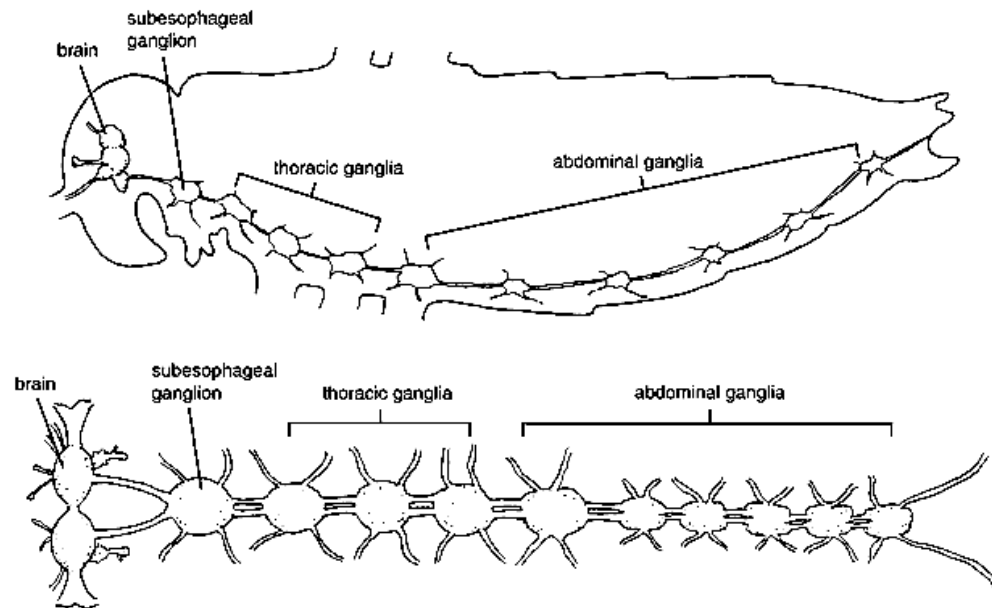
2.3.1.4. สารที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทของแมลง

ระบบประสาทของแมลงประกอบด้วย 3 ระบบ คือ central nervous system (CNS), visceral หรือ sympathetic nervous system และ peripheral nervous system

ระบบประสาท CNS เป็นระบบสำคัญที่ประกอบด้วยปมประสาท (ganglion) ตั้งอยู่บนส่วนหัวเรียกว่าสมอง (brain) ปมถัดมาอยู่ใต้หลอดอาหารของแมลงเรียก suboesophageal ganglion และปมส่วนอกและส่วนท้องซึ่งพาดตามความยาวลำตัวทางด้านล่างเรียก ventral nerve cord ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวมประสาทของแมลง (Meyer, 2006)

visceral nervous system ประกอบด้วย 3 ส่วนย่อยคือ stomodeal หรือ stomatogastric ได้แก่ frontal ganglion, ventral visceral และ caudal visceral โดยทั้งสามส่วนย่อยดังกล่าวทำหน้าที่ส่งและรับกระแสประสาทในลำไส้ส่วนหน้าและส่วนหลัง ระบบ endocrine system เช่น corpora cardiaca, corpora allata, ระบบสืบพันธุ์และระบบการหายใจ (Meyer, 2006)

ระบบ peripheral nervous system ประกอบด้วยเซลล์ประสาท motor neuron ที่เชื่อมระหว่าง CNS กับกล้ามเนื้อโดยมีเส้นประสาท axon ส่งกระแสประสาทจาก CNS ไปยังกล้ามเนื้อรวมทั้งเซลล์ประสาท sensory neuron ที่รับสิ่งกระตุ้นภายนอก (Meyer, 2006)



รูปที่ 2.9 แสดงเส้นประสาทในส่วนต่างๆ ของแมลง

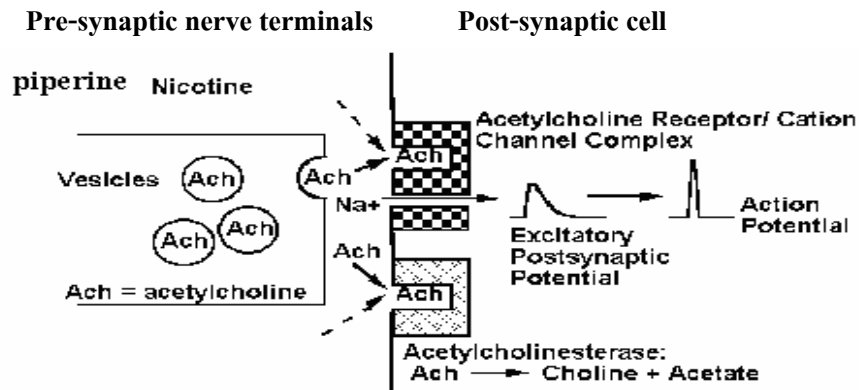
<http://www.entomology.umn.edu/cues/4015/morphology/>, 2006

สารที่ใช้ปัจจุบันส่วนใหญ่จะออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทของแมลง ซึ่งมีตำแหน่งและกลไกการออกฤทธิ์หลายกลุ่มด้วยกัน คือ

2.3.1.4.1 สารที่ออกฤทธิ์บริเวณ synaptic receptors เป็นบริเวณรอยต่อของช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาท การนำกระแสประสาท (nerve impulse) ผ่านช่องว่างต้องอาศัยสารนำกระแสประสาท (neurotransmitters) ซึ่งสารนำกระแสประสาทที่สำคัญในแมลงคือ acetylcholine (Ach) หลังจากนำกระแสประสาทผ่านบริเวณ synapse receptor เสร็จสิ้น การทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (acetyl cholinesterase) จะเริ่มต้นโดยทำหน้าที่ย่อยสาร Ach เมื่อไม่มี Ach สารที่มีการออกฤทธิ์ที่ synaptic receptors แบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ดังนี้

2.3.4.1.1.1 สารยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (cholinesterase inhibition) ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ Ach โดยโมเลกุลของสารจะจับกับ Ach ที่ serine hydroxyl group ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ผลที่ตามมาคือมีการสะสมของ Ach จึงมีการกระตุ้นของกระแสประสาทอย่างรุนแรง (hyperexcitation) แมลงแสดงอาการกระวนกระวาย สั่น เคลื่อนไหวไปมาและชักกระตุกในที่สุด เป็นอัมพาต (Bloomquist, 1999) (รูปที่ 2.10)

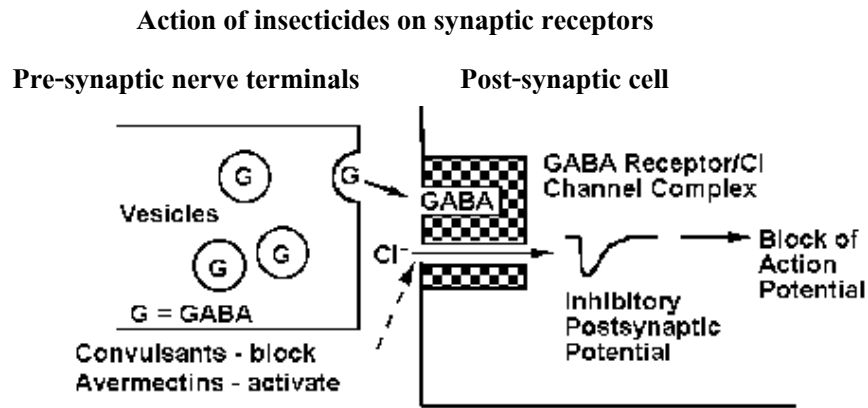
Action of insecticides on synaptic receptors



รูปที่ 2.10 สารที่มีกลไกการทำงานคล้ายอะซิติลโคลีนออกฤทธิ์ที่ synaptic receptor (Bloomquist, 1999)

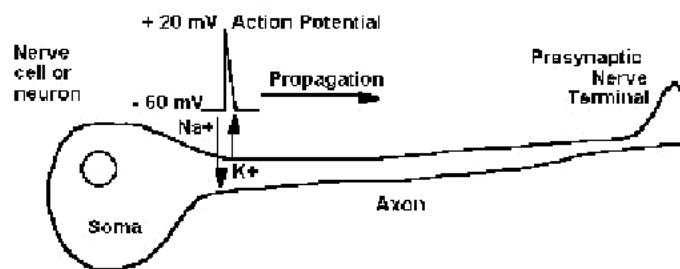
2.3.4.1.1.2 สารที่มีกลไกการทำงานคล้ายอะซิติลโคลีน (acetylcholine mimics) สารกลุ่มนี้ได้แก่ nicotine และ piperine เนื่องจากเป็นสารที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายสารอะซิติลโคลีน (ACh) ในสภาพปกติ ACh จะถูกสร้างขึ้นที่ pre-synaptic nerve terminal ทำหน้าที่นำกระแสประสาทไปยัง post-synaptic cell โดยไปจับกับ acetylcholine receptor ที่บริเวณดังกล่าว หลังจากส่งกระแสประสาทเรียบร้อยแล้ว acetylcholine ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ acetylcholinesterase กระแสประสาทจึงถูกหยุดส่ง แต่เมื่อสาร nicotine หรือ piperine เข้าไปในตัวของแมลงจะทำให้เกิดความผิดปกติของระบบการส่งกระแสประสาทขึ้น เนื่องจากสาร nicotine หรือ piperine เหล่านี้ทำหน้าที่แทน ACh คือส่งกระแสประสาท แต่เมื่อกระแสประสาทถูกส่งเรียบร้อยแล้วเอนไซม์ acetylcholinesterase จะไม่สามารถย่อยสลายสาร nicotine หรือ piperine ได้ ทำให้การจับกับ acetylcholine receptor เกิดขึ้นยาวนานเกิดการส่งผ่านกระแสประสาทอยู่ตลอดที่บริเวณ post-synaptic nerve ทำให้แมลงเกิดการสั่น ชักกระตุก เป็นอัมพาตและตายในที่สุด (Bloomquist, 1999) ตำแหน่งการออกฤทธิ์แสดงในรูปที่ 2.10

2.3.4.1.1.3 สารที่มีผลต่อคลอไรด์ไอออน (compounds affecting chloride channels) สารในกลุ่มนี้ได้แก่ สารกลุ่ม lipophilic polychlorocycloalkanes ทำหน้าที่ยับยั้งการส่งผ่านคลอไรด์ไอออนใน CNS ของทั้งแมลงและสัตว์เลือดอุ่น โดยจะไปยับยั้งการทำงานของสาร gamma aminobutyric acid (GABA) ในสภาวะปกติสาร GABA จะถูกปล่อยจาก pre-synaptic nerve terminal แล้วไปจับกับ receptor ที่ post-synaptic nerve cell ทำให้ช่องเปิดของคลอไรด์ (chloride channel) เปิดออก มีผลให้คลอไรด์ไอออนผ่านไปยัง post-synaptic nerve cell ได้ (รูปที่ 2.11) การทำงานของกระแสประสาทจึงถูกส่งไปได้ตามปกติ แต่เมื่อมีสารบางชนิดที่เข้าไปจับตรงบริเวณ chloride channel จะยับยั้งการทำงานของ GABA จนทำให้แมลงเกิดการกระตุ้นอย่างแรง เรียกว่า เกิด hyperexcitation ของ CNS ในแมลง (Bloomquist, 1999)



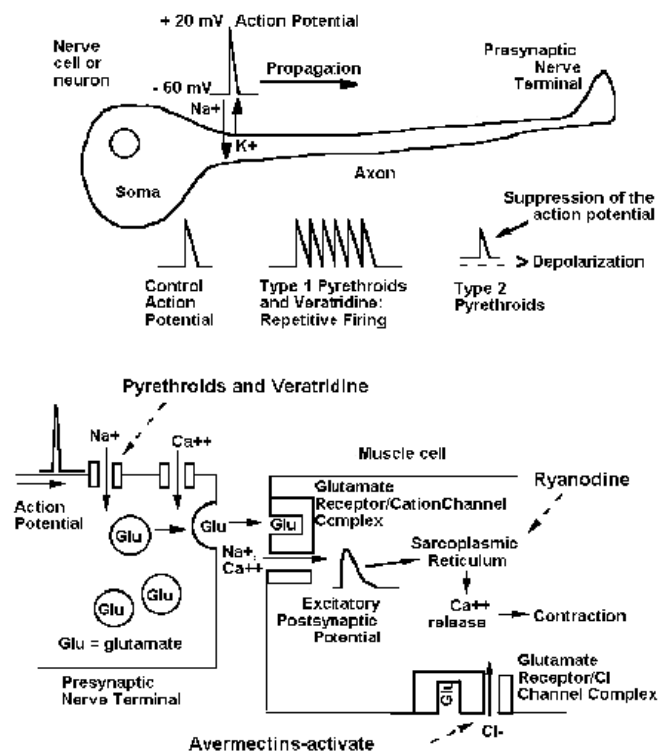
รูปที่ 2.11 สารที่มีผลต่อคลอไรด์ไอออนออกฤทธิ์ที่ synaptic receptor (Bloomquist, 1999)

2.3.4.1.2 สารที่มีผลต่อการส่งผ่านไซเดียมไอออน ในเส้นประสาทแอกซอน สารกลุ่มนี้ได้แก่ กลุ่มไพรีทรอยด์ซึ่งมีผลต่อระบบ CNS และ peripheral nervous system โดยกระแสประสาท (nerve impulse) เคลื่อนที่ผ่านเส้นประสาทแอกซอน (axon) ได้จากการเปลี่ยนแปลงของไซเดียมและโพแทสเซียมไอออนภายในและนอกผนังเซลล์ (membrane) ของ axon ในสภาวะปกติ (resting state) ความเข้มข้นของไซเดียมไอออนภายนอก membrane ของ axon จะมีมากกว่าภายใน membrane ในทางตรงข้ามความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน ภายในมีมากกว่าภายนอก membrane เมื่อแมลงได้รับสิ่งกระตุ้นกระแสประสาทจะถูกส่งผ่าน axon ไปได้โดยการเคลื่อนย้ายของไซเดียมไอออนจากภายนอก membrane เข้าสู่ภายใน membrane มากขึ้น ขณะเดียวกันโพแทสเซียมไอออนจะเคลื่อนย้ายออกนอก membrane มากขึ้น ในสภาวะนี้เรียกว่า active state การส่งผ่านกระแสประสาท (Bloomquist, 1999) (รูปที่ 2.12)



รูปที่ 2.12 การส่งผ่านกระแสประสาทใน axon (Bloomquist, 1999)

เช่น สารไพรีทรอยด์มีผลไปยับยั้งการไหลของ Na^+ อ่อนทำให้กระแสการไหลของไซเดียมไอออนใช้เวลานานขึ้น ผลการยับยั้งดังกล่าวทำให้มีการกระตุ้นให้ปลดปล่อย acetylcholinesterase ที่ไซแนปส์อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไซแนปส์ที่อยู่บริเวณกล้ามเนื้อของแมลง (neuromuscular synapse) กลไกการยับยั้งของสาร pyrethroids (Bloomquist, 1999) (รูปที่ 2.13)



รูปที่ 2.13 กลไกการยับยั้งของสาร pyrethroids, veratridine และ ryanodine (Bloomquist, 1999)

นอกจากนี้สารสกัดจากเมล็ดพืช *schoenocaulon* เรียกว่า *sabadilla* ที่มีสาร alkaloids 2 ชนิดคือ *veratridine* และ *cevadine* การออกฤทธิ์คล้ายกับสาร pyrethroids คือไปยึดเวลาให้ โซเดียมไอออนไหลผ่าน axon membrane นานขึ้น

2.3.1.5. กลไกของสารที่ออกฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อของแมลง

สารกลุ่มนี้ได้แก่สารสกัดจากพืช *Ryania speciosa* ซึ่งภายในมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญคือ ryanodine, 10-(o-methyl)-ryanodine, 9, 21-dehydroryanodine และ ryanodol ซึ่งสาร ryanodine มีผลทำให้แมลงเกิดอัมพาต โดยไปทำให้กล้ามเนื้อเกร็งเป็นเวลานาน เนื่องมาจากมีการสะสมของแคลเซียมไอออนเป็นจำนวนมากในกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวและเกร็ง จนกระทั่งกล้ามเนื้อส่วนนั้นเป็นอัมพาตไปในที่สุด (Bloomquist, 1999)

2.3.2 การใช้สารสกัดพืชเพื่อควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดในพืชวงศ์กระหล่ำ

ศัตรูพืชอีกชนิดที่นำมาศึกษาคือเชื้อรา (fungus หรือ fungi) เป็นพืชชั้นต่ำที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม eukaryote ดิวิชัน mycota เชื้อรามีมากกว่า 100,000 ชนิด (species) เชื้อราจัดเป็นพืชชั้นต่ำที่ไม่สามารถจำแนกออกได้ว่าส่วนไหนเป็นลำต้น ราก หรือใบ ไม่มีระบบท่อลำเลียงอาหารเหมือนกับพืชชั้นสูง แตกต่างจากสาหร่าย (algae) ตรงที่ไม่มี chlorophyll เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ ผงเซลล์

ของเชื้อราส่วนใหญ่มี cellulose หรือ chitin หรือทั้ง 2 อย่างเป็นองค์ประกอบสำคัญ (พงศกร พันธุ์พงษ์สิทธิ์ และ เทพ รัตนเรืองจำรูญ, 2548; <http://www.sut.ac.th/e-texts/Agri/myweb2/link104.htm>, 2004) การขยายพันธุ์ของเชื้อรา สามารถขยายพันธุ์ทั้งแบบไม่ใช้เพศและใช้เพศ เชื้อราทั่วไปอยู่ในคิวิชันยูไมโคตา (Eumycota) ซึ่งสามารถสร้างสปอร์จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และสามารถจำแนกย่อยออกเป็น 4 ชั้นคิวิชัน (เทพ รัตนเรืองจำรูญ และพงศกร พันธุ์พงษ์สิทธิ์, 2548) ได้แก่

1. คิวิชันแอสโคไมโคตา (Ascomycotina) ลักษณะสำคัญคือ ไฮฟา (hypha) มีเยื่อชั้น แต่เยื่อชั้นมีรูทะลุ (perforated septum) ทำให้ไซโทพลาซึมและนิวเคลียสไหลถึงกันได้ ตัวอย่างคือ *Saccharomyces cerevisiae* หรือ ยีสต์หมักเบียร์ (Brewer's yeast) ราสีแดง (*Monascus* sp.) ที่ใช้ผลิตข้าวแดงและเห็ดหูหนู และมีบางชนิดสร้างดอกเห็ดซึ่งใช้เป็นอาหารได้
2. คิวิชันเบสิดิโอไมโคตา (Basidiomycotina) สร้างเบสิดิโอสปอร์ (basidiospores) ได้แก่เห็ดที่กินเป็นอาหารได้และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจเช่น เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) เห็ดหอม (*Lentinula edodes*) ลักษณะสำคัญคือ ไฮฟามีเยื่อชั้นแบบรูปวงกลม ไมซีเลียมมี 3 ระยะ โดยระยะแรกเพ็งเจริญขึ้นจากสปอร์มีนิวเคลียสเดียว ระยะที่สอง แต่ละเซลล์มี 2 นิวเคลียส ระยะสามเกิดจากไมซีเลียมระยะสองรวมตัวกันคล้ายเนื้อเยื่อประกอบขึ้นเป็นก้อนและดอกเห็ด
3. คิวิชันดิวเทอโรไมโคตา (Deuteromycotina) หรือเรียกอีกอย่างว่า fungi imperfecti พบว่าส่วนใหญ่ดูเหมือนเป็นพวกแอสโคสปอร์ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า fungi imperfecti หมายถึง กลุ่มของราหลายชนิดที่ไม่พบว่ามีกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เช่น ราที่ใช้ผลิตกรดซิตริก (*Aspergillus niger*) รวมทั้งราที่ใช้ผลิตเนยแข็ง ราที่ทำให้เกิดโรคกลากเกลื้อน เท้าเปื่อย เป็นต้น
4. คิวิชันไซโกไมโคตา (Zygomycotina) สร้างไซโกสปอร์ (zygospores) ได้แก่ *Rhizopus nigricans* เป็นราดำที่ขึ้นบนขนมปัง (Black bread mold) ผลไม้ และอาหารเน่าเสีย ส่วนใหญ่เป็นราที่อาศัยบนบก ลักษณะสำคัญคือไฮฟาไม่มีเยื่อชั้น ดังนั้นไฮฟามีนิวเคลียสจำนวนมากผนังเซลล์เป็นสารไคติน และไม่มีเซลล์ที่มีแฟลกเจลลัม

เชื้อราส่วนใหญ่จะเป็นพวกแซโพรไฟต์ (saprophytes) ที่อาศัยเศษซากพืชและสัตว์เป็นอาหาร ทำหน้าที่ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุต่างๆ ให้ผุพังกลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน เชื้อราหลายชนิดมีประโยชน์ในอุตสาหกรรมหมักดองอาหาร เช่น การทำเหล้า เบียร์ ขนมปัง เต้าเจี้ยว เนย เป็นต้น อีกทั้งใช้เชื้อราในการเตรียมกรดอินทรีย์ วิตามินและยาปฏิชีวนะหลายชนิด แต่เชื้อราหลายชนิดทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ สัตว์เลี้ยงและพืช ซึ่งปัจจุบันพบเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคพืชมากกว่า 8,000 ชนิด (<http://www.riphuket.ac.th/~building/aggie/lesson5.html>, 2547) โดยวิธีการเข้าทำลายพืชของเชื้อราและการเกิดโรคเกิดจากเมื่อส่วนหนึ่งส่วนใดของเชื้อราปกติมักเป็นสปอร์ไป

สัมผัสกับพืช สปอร์เชื้อราจะงอกและเข้าไปภายในส่วนต่างๆของพืช เช่น การเข้าทางบาดแผล การเข้าทางช่องเปิดทางธรรมชาติ (natural openings) ซึ่งมีปากใบช่องเปิดปลายใบ รอยแตกตามธรรมชาติ ที่ลำต้นและราก เป็นต้น หรือการเข้าโดยตรงทางชั้นเคลือบผิว (cuticle) และเซลล์ผิว (direct penetration) หลังจากที่เชื้อราเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของพืชแล้ว เชื้อราใช้อาหารจากพืชเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของเชื้อ ทำให้พืชเกิดการขาดอาหาร และเป็นสาเหตุให้พืชเกิดอาการของโรค นอกจากอาการของโรคที่เกิดจากการขาดอาหารเนื่องจากเชื้อราเป็นสาเหตุโดยตรงแล้ว อาการของโรคยังเกิดจากเชื้อราทางอ้อมโดยที่เชื้อราปลดปล่อยสารต่างๆออกมาแล้วไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและกิจกรรมเมตาบอลิซึมของเนื้อเยื่อพืช สารที่เชื้อราสร้างขึ้นดังกล่าว ได้แก่ ทอกซิน (toxins) สารควบคุมการเจริญเติบโต (growth regulators) สารปฏิชีวนะ (antibiotic) และสารพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ชนิดต่างๆของเชื้อราบางตัวอาจสร้างสารเพียงชนิดเดียว บางตัวสร้างหลายๆ ชนิดรวมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อรา สารต่างๆ เหล่านี้อาจจะก่อให้เกิดโรคกับพืช

2.3.2.1 การใช้สารสกัดพืชเพื่อควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด

การนำสารสกัดพืชมาใช้ควบคุมเชื้อราโรคพืช มีข้อดีคือช่วยลดการตกค้างของสารเคมีสังเคราะห์และลดโอกาสในการเกิดความต้านทานของเชื้อต่อยาฆ่าเชื้อรา (fungicide) ซึ่งปัจจุบันเป็นการต้านทานแบบข้ามหรือแบบก้าวกระโดดซึ่งทำให้เชื้อราโรคพืชส่วนใหญ่ต้านทานต่อยาฆ่าเชื้อราที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันทั้งหมด นอกจากนี้การนำสารสกัดพืชมาใช้ควบคุมเชื้อราโรคพืชยังช่วยเพิ่มคุณภาพและความมั่นใจของผลผลิตเกษตรของไทยต่อผู้บริโภคทั้งในและนอกประเทศอีกด้วย

เชื้อราโรคใบจุดในพืชวงศ์กะหล่ำ (*Alternaria brassicicola*) เป็นเชื้อราที่ทำลายพืชหลากหลายชนิดในวงศ์กะหล่ำ (cruciferous crops) และพืชอื่นๆ ซึ่งเป็นพืชอาหารที่ปลูกได้ในทั้งเขตร้อนและหนาว ได้แก่ พืชผัก เช่น กระหล่ำดอก กระหล่ำปลี canola ผักกาดขาว คะน้า แขนง ผักกาด rutabaga แครอท มะเขือเทศ และบัตร์โกลี ส่วนผลไม้ เช่น แอปเปิ้ลและส้ม เป็นต้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* คือ 18 ถึง 30 องศาเซลเซียส (Humperson-Jones, 1989; Humperson-Jones และ Phelps, 1989) ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเท่ากับร้อยละ 91.5 (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) (Humpherson-Jones และ Phelps, 1989) ดังนั้นเชื้อรา *A. brassicicola* จึงระบาดได้ดีในประเทศไทยที่มีอุณหภูมิระหว่าง 18 ถึง 30 องศาเซลเซียส นี้ (Ferreira และ Boley, 1991)

อาการของโรคใบจุดจากเชื้อ *A. brassicicola* มักปรากฏบนใบแก่ของพืชกะหล่ำปลี มีจุดดำขนาดเท่าปลายเข็มหมุดและจะขยายใหญ่ขึ้นจนเห็นได้ชัด จุดสีน้ำตาลดำที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 - 2 เซนติเมตร บางครั้งมีสีเหลืองรอบๆ จุด มีขอบเป็นวงฟุ้งสีเข้ม ซึ่งเป็นสปอร์ที่ทำหน้าที่แพร่และขยายพันธุ์ให้แก่

เชื้อรา (รูปที่ 2.14) โดยสปอร์จะงอกบนใบหรือต้นกล้าในช่วงที่มีความชื้นสูง อาการจะเกิดขึ้นที่หลังสปอร์งอก เกิดเป็นจุดดำๆ บนใบหรือลำต้นกล้า ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดโรคนิโคติน เช่น ต้นอ่อนเกิดโรคเน่าคอดิน โรคโคนหัวเน่าในดอกกะหล่ำ และทำให้เกิดการชะงักการเติบโตด้วย



รูปที่ 2.14 เชื้อรา *A. brassicicola* ที่มา T.A. Zitter, Cornell University (ไม่ทราบปีที่ถ่าย)

และ <http://www.semena.org/agro/diseases1/image/5-3.jpg&imgrefurl>

สปอร์เชื้อ *A. brassicicola* (รูปที่ 2.15) แพร่กระจายได้ง่ายโดยลม กระเด็นไปกับน้ำฝน เครื่องมือหรือเครื่องจักรกล และคนงานที่ทำงานขณะพืชเปียกชื้น หรือติดต่อกับเมล็ดและเศษซากพืชที่เป็นโรคที่เหลือในแปลงหรือพืชในแปลงใกล้เคียงเป็นแหล่งสะสมเชื้อ แม้แต่ใบแก่ซึ่งแห้งและตายแล้วยังคงมีสปอร์ของเชื้อรา ซึ่งสปอร์ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในดินตามลำพัง แต่ต้องอยู่บนชิ้นส่วนของใบแก่ที่เป็นโรค



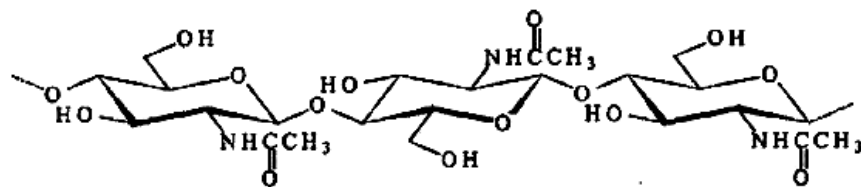
รูปที่ 2.15 สปอร์ของ *Alternaria* spp.

ที่มา http://ag.arizona.edu/PLP/alternaria/online/alternaria_species/pictures

โรคใบจุดทำให้พื้นที่สังเคราะห์แสงของพืชลดน้อยลง (photosynthesis) เมื่อมีการระบาดรุนแรง เช่น ในระยะกล้าหรือเมื่อพบโรคใบจุดในหัวกะหล่ำควรเลือกวิธีการควบคุมอย่างระมัดระวัง เพราะอาจกระทบต่อคุณภาพและผลผลิตของกะหล่ำ

ซึ่งวิธีการจัดการและควบคุมโรคทำได้หลายวิธี ควรเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมและเสียเวลารวมทั้งค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เช่น การปลูกพืชหมุนเวียน ไม่ควรปลูกพืชวงศ์กะหล่ำติดต่อกันเกิน 2 ปี หรือการใช้เมล็ดปราศจากเชื้อโดยคลุกสารกำจัดเชื้อราหรือแช่ในน้ำร้อน 50 °C เป็นเวลา 30 นาที จะช่วยฆ่าสปอร์ที่ติดมากับเมล็ด เป็นต้น ส่วนการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราเพื่อควบคุมโรคใบจุดไม่แนะนำให้ใช้ เพราะนอกจากจะทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีสังเคราะห์และเกิดการต้านทานยาฆ่าเชื้อราโดยง่ายแล้ว จากการศึกษาในเมืองดาลัด ประเทศเวียดนาม ระหว่างกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม 2538 ที่เปรียบเทียบผลของการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราต่อผลผลิตและระดับความรุนแรงของโรค โดยฉีดพ่นสารเคมีกำจัดเชื้อรา 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ส่วนในแปลงเปรียบเทียบไม่มีการใช้สารเคมี พบว่าความรุนแรงของโรคไม่แตกต่างกันระหว่างแปลงที่ฉีดพ่นกับแปลงที่ไม่ได้ฉีดพ่น และพบว่าผลผลิตกะหล่ำปลีเท่ากัน ผลกำไรทางเศรษฐกิจในแปลงที่ใช้สารเคมีต่ำกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารเคมีถึง 1.6 ล้านบาทต่อ 1 เฮกแตร์ (เท่ากับ 6.25 ไร่) (ข้อมูลล่าสุดของ FAO ในโปรแกรมพืชผัก IPM แห่งประเทศเวียดนาม ปี 2542) เป็นตัวอย่างผลการศึกษาที่ทำให้ทราบว่า การกำจัดเชื้อราโรคใบจุดในพืชวงศ์กะหล่ำนี้ไม่ควรใช้สารเคมี แต่ควรหาวิธีที่เหมาะสมอื่นๆ มาควบคุมและป้องกันแทน โดยการใช้สารสกัดพืชก็น่าเป็นทางเลือกที่ดีวิธีหนึ่ง โดยสารสกัดจะเข้าไปทำลายส่วนของผนังเซลล์ที่มีองค์ประกอบพวกไคติน

สารไคตินเป็นโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ทั้งในเปลือกและผนังของแมลง เช่น แมลงปีกแข็ง มด แมลงสาบ แมงมุม แมงป่อง หรือในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังประเภทมีข้อปล้อง (Arthropods) เช่น หนอนทะเล (Annelida) กุ้งก้ามกราม (Lobster) กุ้ง (Shrimp) กุ้งนาง (Prawn) ปู เป็นต้น รวมทั้งไคตินยังเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของเชื้อราหลายชนิด อีกทั้งเป็นองค์ประกอบในก้านชูสปอร์ของ penicillium, สปอร์ของ Chytridiaceae, Blastocladiaceae และ Ascomyces ไคตินเป็นสารโพลิเมอร์ชีวภาพ ประเภทโพลิแซคคาไรด์ จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างเป็นเส้นใยคล้ายคลึงกับเซลลูโลสจากพืช มีชื่อทางเคมีว่า Poly[β-(1→4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose]



รูปที่ 2.16 โครงสร้างของสารไคติน

2.4 พืชบางชนิดในวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae

พืชที่อยู่ใน 3 วงศ์นี้เป็นพืชที่มีผลผลิตตลอดทั้งปี และสามารถปลูกกระจายทั่วทุกภาคของประเทศ เป็นพืชที่มีคุณสมบัติประโยชน์ในด้านต่างๆ ทั้งการนำมาบริโภคโดยตรงและเป็นส่วนประกอบในเครื่องอุปโภคและบริโภคต่างๆ เช่นเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง สบู่ ครีมทาผิว เชื้อ เป็นต้น อีกทั้งมีสรรพคุณในด้านการกำจัดศัตรูพืช เช่นพืชในวงศ์ Piperaceae ได้แก่ ใบพลูซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* V.Tiegh และ *Aspergillus japonicus* Caito (เกศทิพย์ กริณิน, 2544) ควบคุมโรคแอนแทรกโนสในถั่วเหลือง (จันทร์เพ็ญพร อนุศาสนี, 2538) เป็นสารต้านเชื้อราและฆ่าลูกน้ำยุง (บุญบาวดี พุทธานู, 2540) พบสารต้านอนุมูลอิสระจากพริกไทยเขียว (Chatterjee และคณะ, 2007) และพริกไทยดำ (Suhaj และคณะ, 2006) รวมทั้งดีป्ली (Natarajan และคณะ, 2006) และพบว่าสารสกัดจากดีป्लीมีฤทธิ์ฆ่าและควบคุมหนอนใยผัก (ปัญญรัตน์ สาลี, 2541) สารสกัดจากพริกไทยดำยังสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Bacillus subtilis*, *Bacillus sphaericus* และ *Staphylococcus aureus* และแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Klebsiella aerogenes* และ *Chromobacterium violaceum* (Reddy และคณะ, 2004) และโปรโตซัว *Trypanosoma cruzi* (Ribeiro และคณะ, 2004) อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานการใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 3 วงศ์เพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอมและเชื้อราใบจุดในพืชวงศ์กะหล่ำ (Leaf spot: *Alternaria brassicicola*) ซึ่งเป็นแมลงและโรคพืชที่สำคัญในพืชวงศ์กะหล่ำและพืชอื่นๆ ซึ่งเป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสารสกัดพืชจากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae ในการป้องกันหนอนกระทู้หอม และป้องกันโรคเชื้อราใบจุด เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตพืชอาหารปลอดภัย และเป็นแนวทางที่สามารถทดแทนสารเคมีกำจัดศัตรูพืช หรือเป็นการลดปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดการพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืนต่อไป

2.4.1 วงศ์ Zingiberaceae

โดยทั่วไปเป็นพืชล้มลุกมีอายุหลายปี มีตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ มีกลิ่นน้ำมันหอมระเหยตลอดต้น กลิ่นหอมแรงมักใช้เป็นยาหรือเครื่องเทศ เจริญงอกงามดีในเขตร้อนชื้นและเขตกึ่งร้อนที่เป็นพืชเกาะอาศัยมีน้อย ลำต้นเป็นลำต้นใต้ดินแบบ rhizome หรือ tuber หรือ fascicular ขนาดใหญ่ แตกหน่อได้ง่าย ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่ปานกลาง ก้านใบยาว โคนก้านใบแผ่ออกเป็นกาบหุ้มรวมกันเป็นลำช่วงต่อระหว่างก้านใบกับ แผ่นใบจะมีเยื่อบางๆ รูปสามเหลี่ยมขาจรง ติดเป็นดิ่งอยู่ข้างก้านใบ เยื่อบางนี้เรียกว่า ligule ช่อดอกเป็นแบบ spike หรือ raceme มีกลีบประดับเป็นกระพุ้งโค้งรองรับดอกย่อยแต่ละดอกไว้ บางชนิดเป็นดอกเดี่ยว ดอกย่อยมีเพศครบ รูปทรงดอกเป็นแบบ irregular กลีบรอง มี 3 กลีบ เชื่อมติดกับกลีบดอกสีเขียว กลีบดอกมี 3 กลีบ มีสีขาวหรือสีอื่นๆ เกสรตัวผู้มี 5 อัน แต่สมบูรณ์เพียง 1 อัน ที่เหลือมักแปรสภาพเป็น petaloid staminode ซึ่งมักมีอยู่ 2 อันที่แปรสภาพไปเป็นแผ่นแบน

กว้างห้อยลงมาเรียกว่า labellum เกสรตัวเมีย ฝังไข่เป็นแบบ inferior ภายใน มี 3 ห้องเชื่อมติดกันแต่ละห้องมีเมือกไข่มาก การติดของไข่เป็นแบบ axile placentation หรือ pariet placentation ผลเป็นแบบ capsule หรือ berry เมล็ดมีขนาดปานกลางและมักมีเยื่อหุ้ม ตันอ่อนตั้งตรง ถูออกดอกผลอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน

พืชวงศ์ Zingiberaceae มีสมาชิกอยู่ประมาณ 700 ชนิด จำแนกเป็น 45 สกุล ได้แก่ Afromum, Alpinia, Amomum, Aulotandra, Burbigdea, Camptandra, Elettaria, Curcuma, Caulokaempferia, Cautleya, Curcumorpha, Cyphostigma, Elettariopsis, Etlingera, Gagnepainia, Geocharis, Globba, Aniffia, Haplochorema, Boesen-bergia, Hedychium, Hemiorchis, Hit-chenia, Hornstedtia, Kaempferia, Leptosolena, Mantisia, Nanochilus, Paracautleya, Parakaempferia, Plagiostachys, Pleuranthodium, Pommereschea, Renealmia, Rhynchanthus, Riedelia, Roscoea, Scaphochlamys, Siliquamomum, Siphonochilus, Stadiochilus, Stahlianthus, Vanoverberghia, Zingiber และ Costaceae (Watson and Dallwitz, 1992)

แต่สำหรับประเทศไทยตั้งแต่ปี 1980 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Larsen ศึกษาพืชวงศ์ Zingiberaceae และจัดทำรูปพรรณจำแนกสกุลได้ 29 สกุล และพบว่าอาจมีถึง 200 ชนิด (อ้างในพวงเพ็ญ ศิริรักษ์, 2532) การใช้ประโยชน์จากพืชวงศ์ Zingiberaceae ส่วนใหญ่ใช้เป็นอาหาร เป็นเครื่องเทศสำหรับปรุงแต่งกลิ่นและรสอาหาร พืชวงศ์นี้มีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร เนื่องจากสารประกอบภายในซึ่งมีฤทธิ์ต่างๆ เช่น menthol, borneol, fenchone, 6-shogaol และ 6-gingerol ซึ่งมีฤทธิ์ขับน้ำดี ช่วยย่อยไขมัน ลดการบีบตัวของลำไส้ จึงช่วยบรรเทาอาการปวดท้องเกร็ง ขับลม แก้อาเจียน แก้อิ้อ ขับเสมหะ ขับเหงื่อ และป้องกันการเมาเรือได้ดีกว่า dimenhydrinate ซึ่งเป็นยาแก้เมาเรือแผนปัจจุบัน (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2541) ในพืชวงศ์ Zingiberaceae นี้ จิงและข่าเป็นพืชที่มีสรรพคุณในการควบคุมกำจัดศัตรูพืชหลากหลายชนิดทั้งเชื้อโรคพืชและแมลงศัตรูพืช อีกทั้งจิงและข่ายังเป็นพืชที่นิยมปลูกตลอดทุกภาคและพบทั้งปี จิงและข่าจึงเป็นพืชที่น่าสนใจในการนำมาศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งหนอนกระทู้หอมและเชื้อราโรคใบจุดของพืชวงศ์กระหล่ำ

2.4.1.1 จิง

จิง (ginger) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Zingiber officinale* ชื่ออื่นได้แก่ จิงแกลง จิงแดง จิงเผือก จิงเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลำต้นใต้ดินสะสมอาหารลักษณะคล้ายนิ้วมือเรียกว่า แง่งจิง ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการขยายพันธุ์ได้ ประโยชน์ของจิงนอกจากใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงอาหารและสามารถนำมาแปรรูปได้เช่นจิงคอง จิงแช่อิ่ม จิงผง ตลอดจนนำมาเป็นพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ยังมีสรรพคุณด้านการรักษาโรคเช่น รักษาโรคท้องอืดเฟ้อ คลื่นไส้ อาเจียน รักษาอาการไอที่มีเสมหะ รักษาอาการเก้ลิ้นเป็นยาอายุวัฒนะ แหล่งที่ปลูกที่สำคัญได้แก่ อินเดียและสาธารณรัฐประชาชนจีน รองลงมาได้แก่

ออสเตรเลีย พิจิ ได้หวันและไทย แหล่งปลูกที่สำคัญในประเทศไทยได้แก่ เชียงรายและเพชรบูรณ์ ลักษณะทั่วไปคือจึงชอบสภาพดินปลูกที่ร่วนซุย ระบายน้ำดี ขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์แ่งจึง การคัดเลือกท่อนพันธุ์ปลูกเพื่อผลิตพันธุ์จึง ควรเลือกพันธุ์จึงที่ปราศจากโรคและแมลง ข้อดี แ่งใหญ่ กลมป้อม ตาเต่ง เนื้อจึงไม่นิ่ม ผิวเป็นมัน อายุประมาณ 10 ถึง 12 เดือน ตัดท่อนพันธุ์ให้มีตา 1 ถึง 3 ตา เมื่อเจริญเติบโตครบ 6 เดือน สามารถขุดขายเป็นจึงอ่อนได้ และเมื่อครบ 10 ถึง 12 เดือน สามารถขุดขายเป็นจึงแก่ได้ โดยสังเกตเมื่อจึงแก่จะเริ่มทิ้งใบโทรมลง แต่ลำต้นสะสมอาหารใต้ดินยังอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ ข้อมูลผลผลิตจึง พ.ศ. 2541 รวมทั้งประเทศ 127,786 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,447 กิโลกรัมต่อไร่ ราชาจึงอ่อนที่เกษตรกรขาย 11 ถึง 23 บาท จึงแก่ 10 ถึง 42 บาท ปริมาณที่ใช้ในประเทศ 80,745 ตัน ปริมาณจึงแ่งส่งออก 28,770 ตัน มูลค่า 408.2 ล้านบาท (กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2541) พันธุ์ของจึงจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือจึงใหญ่หรือจึงหยวก มีแ่งใหญ่ ข้อห่าง เนื้อละเอียดไม่มีเส้นหรือมีแต่น้อยมาก รสเผ็ดน้อย ได้เซลล์ผิวเมื่อดอกเชื้อหุ้มอกจะไม่มีสี หรือมีสีเหลือง ลักษณะของตาที่ปรากฏบนแ่ง กลมมน ลำต้นสูง ปลายใบป้าน เหมาะสำหรับปลูกเป็นจึงอ่อน ส่งโรงงานเพื่อแปรรูปเป็นจึงดอง จึงแช่แข็งหรือใช้บริโภคสดก็ได้ และอีกพันธุ์คือจึงเล็ก หรือจึงเผ็ด มีแ่งเล็ก สั้น ข้อถี่ เนื้อมีเส้นมาก รสค่อนข้างเผ็ด ลักษณะของตาที่ปรากฏบนแ่ง ค่อนข้างแหลม แตกแขนงดี นิยมปลูกเป็นจึงแก่เพราะได้น้ำหนักดี ใช้ทำเป็นพืชสมุนไพรประกอบทำ ยารักษาโรคและสกัดทำน้ำมัน

และในหนังสือสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน (2541) กล่าวเพิ่มเติมว่าเหง้าสดสามารถรักษาอาการท้องอืด จุกเสียด ปวดท้องและคลื่นไส้อาเจียนได้ตรงกับการศึกษาของ Borrelli และคณะ (2004) ยืนยันว่าสารจากเหง้าจึงบรรเทาโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร (gastrointestinal diseases) ได้ดีซึ่งได้แก่ อาการอาหารไม่ย่อย (dyspepsia) อาการคลื่นไส้ (nausea) และโรคท้องเสียท้องร่วง (diarrhea) สนับสนุนรายงานวิจัยของ Smith และคณะ (2004) ที่พบว่าการใช้จึงในสตรีมีครรภ์สามารถลดอาการคลื่นไส้อาเจียน ซึ่งจากผลการทดลองจึงใช้ได้ดีเทียบเท่ากับ vitamin B6 ในการลดการคลื่นไส้และอาเจียน

Murcia และคณะ (2004) พบว่าจึงมีสาร antioxidant มากกว่า BHT (butylated hydroxytoluene) ซึ่งเป็นสาร antioxidant ที่มีในอาหารทั่วไป และงานวิจัยของ Bandyopadhyay และคณะ (2006) ศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระใน บัท (*Beta vulgaris*) สะระแหน่ (*Mentha spicata* L.) และจึง พบว่าบัทหรือสะระแหน่มีสารต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าในจึง

การใช้ยารักษาอาการปวดท้อง (stomachic medications) ในตัวยาปัจจุบันจะมีส่วนผสมของ HCl และ ethanol สูง เป็นส่วนทำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหาร Yamahara และคณะ (1988) ทดลองและยืนยันผลว่าควรใช้สารสกัดจึงที่สกัดด้วยตัวทำละลาย acetone เป็นส่วนประกอบในตัวยาแทน ซึ่ง

สารประกอบหลักที่ได้จากขิงที่สกัดด้วย acetone คือ zingiberene และ 6-gingerol สามารถยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหารได้ดี (gastric lesions)

Honglian และคณะ (2006) ศึกษาสารประกอบในพืชในวงศ์ Zingiberaceae พบว่าสาร [6]- gingerols, [8]- gingerols และ [10]-gingerols มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบสูงที่สุด นอกจากนั้น Woods (1999) รายงานจากมหาวิทยาลัยฟลอริดายืนยันว่า geraniol มีประสิทธิภาพในการไล่แมลง ได้แก่ ยุง แมลงสาบ, house flies, stable flies, horn flies, head lice, fire ants, gnats, เห็บ หมัด และแมลงอื่นๆ ได้ดีกว่า citronella และ DEET (N,N-diethyl-meta-toluamide) ซึ่งเป็นสารเคมีฆ่าแมลงที่มีฤทธิ์ตกค้างยาวนาน

Chrubasik และคณะ (2005) ยืนยันว่าขิงถูกใช้อย่างกว้างขวางในรูปของยาแก้อาเจียน (antiemetic) ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidation), สารต้านการเกิดเนื้องอกหรือเซลล์มะเร็ง (antitumorigenic) ส่งผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน (immunomodulatory effects) ทั้งผลในด้านการต้านจุลินทรีย์รวมถึงไวรัส บรรเทาอาการปวดหัวและเป็นไข้ ช่วยป้องกันไขมันอุดตัน (antilipidemic) ต้านเนื้องอก (antitumor) ช่วยให้เลือดแข็งตัว (platelet aggregation) ป้องกันอาการเลือดออกไม่หยุด ป้องกันกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก (gastrointestinal tract) ปกป้องระบบการไหลเวียนเลือดของหัวใจ (cardiovascular system)

2.4.1.2 ข่า

ข่ามีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Alpinia galanga* Swartz. ชื่ออื่นๆ ได้แก่ ข่าตาแดง ข่าหยวก (ภาคเหนือ) กล้วยกอโรหิณีหรือกล้วยโรหิณี ข่าหลวง ข่าใหญ่ สะเดอเคย สะเอเซย เป็นต้น ข่าเป็นพืชที่มีลำต้นอยู่ใต้ดินเรียกว่าเหง้า มีข้อและปล้องเห็นได้ชัดเจน เนื้อในสีเหลืองและมีกลิ่นหอมเฉพาะลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดินสูงถึง 2 เมตร ใบสีเขียวออกสลับข้างกัน รูปร่างรียาว ปลายแหลมดอกออกเป็นช่อที่ยอด ดอกย่อยมีขนาดเล็กสีขาวนวล ด้านในของกลีบดอกมีสีแดงอยู่ด้านหนึ่ง ผลเปลือกแข็ง รูปร่างกลมรี

การปลูก ข่าชอบดินร่วนซุย อุดมสมบูรณ์ และชุ่มชื้นแต่ไม่ชอบน้ำขัง ฤดูปลูกที่เหมาะสมคือต้นฤดูฝน พรุนดินให้ร่วนซุยแล้วจึงขุดเหง้าข่าจากกอเดิม มาแบ่งให้เหง้ายาวประมาณ 15 ถึง 20 เซนติเมตร มีตา 2 ถึง 3 ตา ตัดรากเก่าออกเพื่อให้รากใหม่เจริญเติบโตได้เต็มที่ เก็บเกี่ยวข่าเมื่ออายุ 6 ถึง 8 เดือน เก็บเป็นข่าอ่อน ข่าอายุ 1 ปีขึ้นไปเก็บเป็นข่าแก่ ซึ่งให้ผลผลิตดี มีน้ำหนักสูง ส่วนที่ใช้บริโภคคือ เหง้า ดอก หน่ออ่อน ข่ามีสรรพคุณหลายด้านเช่นใบข่ามีรสเผ็ดร้อน ฆ่าพยาธิ กลากเกลื้อน ต้มอาบแก้ปวดเมื่อย ตามข้อ ดอกข่าแก้กลากเกลื้อน ผลข่ารสเผ็ดร้อน จุน ช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดท้อง แก้คลื่นเหียน อาเจียน แก้ท้องอืดเฟ้อ แก้บิดมีตัวและไม่มีตัว หน่อข่ารสเผ็ดร้อน หวาน แก้ลมแน่น หน้าอก บำรุงไฟธาตุ ส่วนเหง้าข่ามีรสเผ็ดร้อน หวาน แก้ปวดท้อง จุกเสียดแน่น ขับลมให้กระจาย แก้ฟกบวม แก้พิษ แก้บิด แก้ตกโลหิต แก้ลมบ่วง แก้กลากเกลื้อน ขับน้ำคาวปลา ขับเลือด ขับรกแก้

ต้นนิบาตหน้าเพลิงเป็นต้น ในเหง้าชำแก้ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ที่มีองค์ประกอบเป็นสารหลายชนิด เช่น cinnamate, cineol, eugenol camphor, pinenes เป็นต้น น้ำมันนี้มีฤทธิ์ต้านเชื้อราต่างๆ ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งด้านเชื้อแบคทีเรีย (<http://advisor.anamai.moph.go.th/healthteen/env/galang.html>)

2.4.2 วงศ์ Apiaceae

วงศ์ Apiaceae หรือ Umbelliferae พืชวงศ์นี้เป็นไม้ล้มลุกหรือไม้เลื้อย ลำต้นตรงปล้องกลวง ใบเดี่ยวหรือใบประกอบคล้ายขนนก เรียงแบบสลับ ไม่มีหูใบดอกเดี่ยวหรือดอกช่อแบบซี่ร่ม (umbel) หรือช่อกระจุกแน่นสมบูรณ์เพศ มีใบประดับที่เป็นหนามรองรับ เกสรเพศผู้มี 5 อันแก่ก่อนเกสรเพศเมีย (protandrous flower) เกสรเพศเมียมี 2 คาร์เพล รังไข่ได้วงกลีบผลมีหลายแบบ ส่วนใหญ่เป็นแบบแยกแล้วแตก พืชวงศ์นี้มี 300 สกุล 3,000 สปีชีส์ (Gerald, 2005) ตัวอย่างได้แก่บัวบก (*Centella asiatica*) ผักชี (*Coriandrum sativum*) ผักแว่น (*Hydrocotyle umbellata*) เปล้าน้อย (*Croton sublyratus*) คื่นฉ่าย (*Apium graveolens*) ผักบุ้งทะเล (*Ipomoea pes-caprae*) เป็นต้น

2.4.2.1 คื่นฉ่าย

คื่นฉ่าย (celery) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Apium graveolens* L. อยู่ในวงศ์ Umbelliferae ชื่อท้องถิ่นได้แก่ ผักข้าวปุ้น ผักปุ้น ผักปุ้น ผักปืม (ภาคเหนือ) ซึ่งฉ่าย ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของคื่นฉ่าย เป็นพืชล้มลุกมีอายุ 1 ถึง 2 ปี สูง 40 ถึง 60 เซนติเมตร ทั้งต้นอ่อนนิ่ม มีกลิ่นหอมเฉพาะ ใบประกอบแบบขนนก ออกตรงข้าม สีใบเป็นสีเขียวอมเขียว ใบย่อยเป็นรูปรีหยาบ ขอบใบหยัก ก้านใบยาวแผ่ออกเป็นกาบ ดอกช่อสีขาวเป็นช่อดอกแบบซี่ร่ม (compound umbels) ผลมีขนาดเล็กมากเป็นสันสีน้ำตาล ทุกส่วนของต้นจะมีกลิ่นหอม คื่นฉ่ายมี 2 พันธุ์ พันธุ์หนึ่งเป็นคื่นฉ่ายจีน (chinese celery) มีขนาดลำต้นเล็ก สูง 30 เซนติเมตร ใบค่อนข้างแก่ อีกพันธุ์เป็นคื่นฉ่ายฝรั่ง ต้นอวบใหญ่มาก ลำต้นสูงถึง 40 ถึง 60 เซนติเมตร สีลำต้นค่อนข้างขาวเหลือง ใบสีเขียวอมเขียว คื่นฉ่ายมีสรรพคุณเด่นของต้นและใบคือ ช่วยขยายหลอดเลือด ลดความดันโลหิตโดยอาจจะรับประทานเป็นผักหรือนำมาคั้นน้ำรับประทาน ส่วนสรรพคุณที่รองลงมาคือ ทำให้เจริญอาหารช่วยขับปัสสาวะและรักษาโรคทางเดินปัสสาวะ ทำให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ ช่วยบำรุงประสาทให้มีความจำดี บำรุงกระดูกและฟัน ซึ่งเหมาะสำหรับสตรีมีครรภ์และเด็กที่เป็นโรคกระดูกอ่อน เพราะมีแคลเซียมสูง นอกจากนี้ยังมีวิตามินซีซึ่งช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันโรค และมีเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ส่วนรากใช้รักษาโรคเกาต์ และอาการปวดตามข้อ เมล็ดช่วยในการขับลม บำรุงธาตุ รักษาโรคปวดข้อ เช่น รูมาติกและโรคเกาต์ มีโซเดียมอินทรีย์ที่สามารถช่วยปรับความเป็นกรดและด่างในเลือดให้สมดุล ต้นและใบสดใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหาร เช่น ใช้ดับกลิ่นคาวในอาหาร นอกจากนี้ยังทำเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

โดยนำไปและต้นมาคั้นน้ำดื่ม ส่วนเมล็ดและน้ำมันหอมระเหยใช้แต่งกลิ่นอาหาร แต่งกลิ่นเครื่องดื่ม ทั้งที่มีแอลกอฮอล์และไม่มีแอลกอฮอล์ รวมทั้งขนมหวานบางชนิด สารสำคัญที่พบเมื่อนำมากลั่นด้วย ไขมันให้น้ำมันหอมระเหย ซึ่งประกอบด้วยสารดีไลโมนีน (d-limonene) ซีลิเนน (selinene) และสาร จำพวกฟาลิเคส (phthalides) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะตัว นอกจากนี้ยังพบสารอื่นอีกหลาย ชนิด แต่พบในปริมาณน้อย เช่น แซนตารอล (santalol) ยูเดสมอล (eudesmol) ไดไฮโดรคาร์วอน (dihydrocarvone) และกรดไขมัน เป็นต้น ส่วนในชั้นน้ำมัน (oleoresin) จะมีสารที่ทำให้เกิดกลิ่นจุน โดยมีส่วนจำพวกเทอร์พีน (terpene) ในปริมาณต่ำ นอกจากนี้ยังมีสารอะปิอิน (apiin) สารจำพวกฟลา โวนอยด์ (flavonoids) มีรายงานวิจัยที่นำสารสกัดคื่นฉ่ายมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น รายงานวิจัยของ Sultana และคณะ (2005) ทดลองนำสารสกัดจากเมล็ดคื่นฉ่าย (celery seeds) ที่มี methanolic มา ทดสอบในหนู wistar ผลการทดลองยืนยันว่าคื่นฉ่ายเป็นพืชที่มีศักยภาพในการต่อต้านการเกิดสารก่อ มะเร็ง (hepatocarcinogenesis)

Krebs และ Grumet (1993) กล่าวว่าคื่นฉ่ายกำลังถูกได้รับความสนใจอย่างมากเพราะมีบทบาทใน ฐานะเป็นกลไกการป้องกันตัวเองอย่างมีประสิทธิภาพจากการติดเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *Apii* จึงทำการศึกษากลไกการป้องกันตัวของ chitinases และ β -1,3-glucanases จากคื่นฉ่าย ผลการทดลองพบว่า ถึงแม้ผนังเซลล์ที่ทำหน้าที่ป้องกันเชื้อโรคถูกย่อยโดยสารสกัดที่มารากคื่นฉ่าย (crude celery root extracts) แต่กิจกรรม chitinase ที่ขึ้นกับกิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3-glucanase นั้นทำให้เกิดการติดเชื้อราและแสดงลักษณะอาการโรคลำไส้ลงอย่างมีนัยสำคัญ

Glesni และ Jennifer (1989) วิเคราะห์สัดส่วนหลักของน้ำมันหอมระเหยในคื่นฉ่าย (celery and celeriac) สัดส่วนหลักคือ monoterpene hydrocarbons และ phthalides ส่วนสารประกอบหลักของทั้ง 2 สัดส่วนหลักคือ limonene และ sedanenolide น้ำมันหอมระเหยประกอบด้วย γ -terpinene และ α -pinene ในอัตราส่วนที่เข้มข้นกว่า α -terpinene and β -pinene ส่วนกลิ่นของคื่นฉ่ายเกิดจาก phthalides 16 ชนิด เช่น cis-syn-3-butyl-3a,4,5,7a-tetrahydrophthalide และ E-3-butylidene-4,5-dihydrophthalide เป็นต้น

2.4.3 วงศ์ Piperaceae

พืชวงศ์นี้เป็นไม้ต้นขนาดเล็ก ไม้พุ่มหรือไม้เลื้อยที่มีเนื้อไม้ ใบเดี่ยวเรียงแบบสลับและมีต่อมน้ำมัน หอม มีหูใบ ดอกเป็นดอกช่อ แบบช่อกระจุก (raceme) หรือช่อเชิงลด (spike) อาจเป็นดอกสมบูรณ์ เพศหรือแยกเพศ มีขนาดเล็ก ไม่มีกลีบดอก เกสรเพศผู้มี 2 อันหรือมากกว่า รังไข่อยู่เหนือวงกลีบ มี 2 ถึง 4 คาร์เพล เชื่อมติดกัน ผลแห้งหรือผลสดแบบเมล็ดเดี่ยวแข็ง พืชที่อยู่ในวงศ์นี้ได้แก่ ชะพลูหรือ

ข้าวพุล (*Piper sarmentosum* Roxb.) ดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl.) พริกไทย (*Piper nigrum* Linn.) พลุ (*Piper betle* L.) เป็นต้น

2.4.3.1 พลุ

พลุ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Piper betle* L. จัดอยู่ในวงศ์ Piperaceae มีชื่อท้องถิ่นได้แก่ ใบพลุ (ภาคใต้) เปล้าอ้วน ชีเกาะ (มลายู - นราธิวาส) พลุจีน (ภาคกลาง), ชีเก้อ, พลุเป้ายวน, ชีเก (ใต้), พลุ (ทั่วไป), ปู (พายัพ), ชีเกะ (นราธิวาส), กือเจีย (แต่จิว), จวีเจียง (จีนกลาง) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพลุ เป็นไม้เลื้อยเนื้อแข็ง เลื้อยไปตามค้าง เเกาะโดยใช้รากฝอยที่แตกตามข้อ ทุกส่วนมีกลิ่นหอม ใบ เป็นใบเลี้ยงเดี่ยวเรียงสลับ รูปหัวใจ กว้าง 8 ถึง 12 เซนติเมตร ยาว 12 ถึง 16 เซนติเมตร ปลายใบแหลม หน้าใบมัน ใบมีกลิ่นหอมเฉพาะ รสเผ็ดร้อน ดอกออกเป็นช่อที่ซอกใบ ดอกย่อยขนาดเล็กอัดแน่นเป็นรูปทรงกระบอก แยกเพศ สีขาว ผล เป็นผลสดกลมเล็กเบียดอยู่บนแกน ใน 1 ผล จะมีเพียงเมล็ดเดียว พลุ มีหลายพันธุ์ เช่นพลุเหลือง พลุทองเหลือง สามารถพบได้ทั่วไป การปลูกทำได้โดยใช้ลำต้นที่มีข้อ 3 ถึง 5 ข้อปักชำจนรากออกมาดีแล้วจึงย้ายไปปลูกในหลุมทำค้างให้เถาเลื้อยด้วย คอยดูแลความชุ่มชื้น รสและสรรพคุณยาไทยรสเผ็ดร้อนเป็นยาฆ่าเชื้อโรค ขับลม ใช้ใบพลุตำกับเหล้าทาบริเวณที่เกิดเป็นลมพิษหายได้ ใช้รับประทานกับหมากและปูนแดง ใช้ทาโรคหนองฝี แก้อักเสบ กลากเกลื่อน แก้มพิษ โดยใช้ใบพลุ ใช้เป็นยารักษาอาการแพ้ อักเสบ แผลงสัตัวกับต่อยได้ผลดีมาก กับอาการแพ้ในลักษณะลมพิษ โดยการนำใบพลุสด 1 ถึง 2 ใบ ล้างน้ำให้สะอาด ตำให้ละเอียดผสมกับเหล้าโรงทาบริเวณที่เกิดลมพิษห้ามใช้กับแผลเปิดจะทำให้เกิดการแสบมาก มีรายงานวิจัยว่าการสกัดและแยกสารจากใบพลุสามารถยับยั้งเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียได้ จึงได้มีการนำเอาสารสกัดจากใบพลุมาพัฒนาเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง เป็นส่วนผสมของสบู่แข็งและสบู่เหลว เพื่อให้ได้สบู่ที่กันเชื้อราและแบคทีเรียได้ สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญในใบพลุมีน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ประกอบด้วย chavicol, chavibitol, cineol, eugenol, carvacrol, caryophyllene และ β -sitosterol สารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคได้ ทำให้ปลายประสาทชา แก้อาการคันได้ดีจากสารประกอบอาจเป็นสารประกอบพวก β -sitosterol ที่ช่วยในการลดอาการอักเสบ

2.4.3.2 พริกไทย

พริกไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Piper nigrum* ชื่อสามัญได้แก่ พริกไทย พริกน้อย อยู่ในวงศ์ Piperaceae แหล่งกำเนิดของพริกไทยอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอินเดีย ได้กระจายสู่พม่าและประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อื่นๆ โดยเฉพาะที่ประเทศอินโดนีเซียเป็นแหล่งปลูกพริกไทยที่สำคัญของภูมิภาคนี้ ต่อมาได้มีการค้าขายติดต่อกับประเทศจีนและประเทศทางยุโรป พริกไทยจึงกระจายออกไปทั่วโลก ในประเทศไทยเจริญได้ดีเพราะมีสภาพอากาศร้อนชื้น ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย 1,200 ถึง 2,500 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 25 ถึง 40 องศาเซลเซียสซึ่งเหมาะสมแก่การปลูก แต่

พื้นที่ปลูกไม่ควรเป็นที่ลาดเอียงมากจนเกินไป เพราะหน้าดินจะถูกชะล้างเมื่อฝนตกหนัก ซึ่งมีผลต่อระบบรากพริกไทยเป็นอย่างมาก และสภาพดินที่ต้องการค่อนข้างเป็นกรด มีค่า pH ประมาณ 6 ถึง 6.5 ทำให้พื้นที่ปลูกพริกไทยนั้นจะเป็นบริเวณที่จำกัด ได้แก่ จันทบุรี ชลบุรี ระยอง ตาก ระนอง ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ภูเก็ต พังงา และตรัง พริกไทยแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ พริกไทยดำ (Black pepper) หมายถึง ผลของพริกไทย เป็นผลแก่แต่ยังไม่สุก นำมาตากแห้ง และพริกไทยขาว (White pepper) หรือบางครั้งเรียกว่าพริกไทยร้อนหรือพริกไทยอ่อน หมายถึง เมล็ดของพริกไทย ซึ่งได้จากผลพริกไทยสุกที่นำมาแช่น้ำเพื่อลอกเปลือกชั้นนอกออก หรือปัจจุบันใช้เครื่องกระเทาะเปลือกแล้วจึงตากหรืออบให้แห้ง

พริกไทยจัดเป็นไม้เถาเนื้อแข็ง การเจริญเติบโตเป็นแบบเลื้อยเกาะ ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปวงรี โคนใบมนหรือรูปหัวใจ ปลายใบแหลม กว้าง 5 ถึง 14 เซนติเมตร ยาว 13 ถึง 18 เซนติเมตร ดอกช่อเชิงลด ออกที่ซอกใบ ไม่มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก ใบประดับรูปขอบขนานแกมรูปดาบ ผลสดรูปทรงกลม เมื่อสุกสีแดง ด้านการใช้ประโยชน์ พริกไทยเป็นเครื่องเทศ ใช้แต่งกลิ่นรสและช่วยถนอมอาหาร ผลใช้เป็นยาขับลม แก้อาการท้องอืดเฟ้อ บำรุงธาตุ เจริญอาหาร ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะและกระตุ้นประสาท พบว่าในผลมีน้ำมันหอมระเหยและแอลคาลอยด์ piperine มีผลต่อการลดอาการอักเสบ ฆ่าแมลง ขับลม พันธุ์ที่พบมี 4 พันธุ์ ได้แก่ 1) พันธุ์ชาราวัก หรือพันธุ์คุชชิงหรือพันธุ์มาเลเซีย เป็นพันธุ์ที่นำมาจากรัฐชาราวัก ประเทศมาเลเซีย ให้ผลผลิตสูง ด้านทานโรครากเน่าโคนเน่าได้ดี เจริญเติบโตเร็ว 2) พันธุ์ชิลอนหรือพันธุ์ศรีลังกา เป็นพันธุ์ที่นำมาจากศรีลังกา นิยมปลูกขายเพื่อเป็นพริกไทยสดมากกว่าทำพริกไทยดำหรือขาว ผลสดสีเขียวเข้ม เมื่อสุกมีสีแดงเข้มระบบรากแข็งแรง ทนทานต่อโรครากเน่าโคนเน่าได้ดี 3) พันธุ์ปะเหลียน เป็นพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดตรัง ช่อดอกสั้น ผลถี่และเล็ก ด้านทานโรครากเน่าโคนเน่าได้ดีพอสมควรและด้านการรบกวนของไส้เดือนฝอยได้ดี แต่ผลผลิตจะต่ำกว่าพันธุ์ที่นำมาจากต่างประเทศ 4) พันธุ์พื้นเมืองกระบี่ เป็นพันธุ์ดั้งเดิมของจังหวัดกระบี่ คล้ายพันธุ์ปะเหลียน แต่แตกยอดและกิ่งน้อยกว่า ผลผลิตปานกลาง

การเก็บเกี่ยวพริกไทยจะเก็บทั้งรวง โดยจะทยอยเก็บตามความแก่ของพริกไทย เพราะพริกไทยจะแก่ไม่พร้อมกัน หากต้องการเก็บจำหน่ายเป็นพริกไทยอ่อน ให้เก็บในขณะที่ผลยังมีสีเขียวอยู่ทั้งรวง ถ้าเป็นพริกไทยดำต้องเก็บรวงที่แก่จัด ผลมีสีเขียวและเข้ม แต่ไม่สุก และถ้าเก็บเพื่อทำเป็นพริกไทยขาว ควรเก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดเริ่มมีสีเหลืองและสีแดงรวงละ 3 ถึง 4 เมล็ด พริกไทยเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เมื่ออายุ 2 ปี แต่จะให้ผลผลิตเต็มที่เมื่อมีอายุ 3 ปี โดยจะมีอายุการเก็บเกี่ยวนานเป็น 10 ปี หากมีการบำรุงและดูแลต้นเป็นอย่างดี

องค์ประกอบในเมล็ดพริกไทย เมื่อนำพริกไทยมากลั่นด้วยไอน้ำจะได้ น้ำมันหอมระเหย เรียกว่าน้ำมันพริกไทย ในปริมาณร้อยละ 2 ถึง 4 โดยพริกไทยดำมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยและกลิ่นฉุนมากกว่า

พริกไทยขาว น้ำมันหอมระเหยจากพริกไทยเป็นสารประกอบประเภท monoterpenes ถึงร้อยละ 70-80 โดยมีสารสำคัญได้แก่ careen, limonene, phellandrene, β -pinene, α -pinene, thujene, camphene, sabinene, myrcene, β -caryophyllene และมี sesquiterpenes อีกประมาณร้อยละ 20-30 นอกจากนี้มีการศึกษาโอลิโอเรซินของพริกไทย เมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายพบสารแอลคาลอยด์ที่สำคัญคือ piperine, piperanine ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นฉุนและรสเผ็ด (http://www.elib-online.com/doctors/herb_pepper1.html, 2006)

จากการค้นคว้าที่ผ่านมา ไม่พบว่ามีรายงานวิจัยที่ศึกษาในเรื่อง ชนิดและปริมาณของสารสกัดจากพืชทั้ง 3 วงศ์ คือวงศ์ Zingiberaceae ได้แก่ จิงและข่า, พืชวงศ์ Apiaceae ได้แก่ จันทน์และพืชวงศ์ Piperaceae ได้แก่ พลู่ พริกไทยขาว และพริกไทยดำในการควบคุมหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) และเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด (*Alternaria brassicicola*) ดังนั้นจึงเกิดความสนใจในการศึกษาค้นคว้า ทดลอง ทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ขึ้น เพื่อให้ทราบถึงประเภทของสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ต่อหนอนกระทู้หอมและเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด และปริมาณสารสำคัญที่มีอยู่ภายในสารสกัด (% yield of plant extract) นอกจากนี้ยังศึกษาเพื่อให้ทราบปริมาณความเข้มข้นและวิธีการสกัดที่เหมาะสมที่สุดของสารสกัดจากพืชจากพืชเพื่อนำมาควบคุมหนอนกระทู้หอมและเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดอีกด้วย

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. วัตถุดิบได้แก่ จิง ข่า คื่นช่ายและพลู (จากปากคลองตลาด) พริกไทยขาวและพริกไทยดำ (บริษัทท่งวนสูง ตรามือที่หนึ่ง จากเขาวราช)
2. เครื่องชั่งสาร รุ่น Dragon 303 บริษัท Mettler-Toledo
3. เครื่องปั่นผสม (blender) รุ่น Otto super blender บริษัท Circuit Breaker
4. เครื่องเขย่า (vortex mixer) รุ่น Vortex-genie2 บริษัท Scientific Industries
5. ตู้อบ (hot-air oven) รุ่น D-91126 Schwabach บริษัท Memmert ประเทศเยอรมันนี
6. เครื่องทำน้ำเย็น (cooling bath) รุ่น Harvest SC-972
7. ตู้ปลอดเชื้อ (laminar flow) รุ่น Faster BH-EN 2004
8. หม้อนึ่งความดัน (autoclave) รุ่น HVE-25/50 บริษัท Hirayama ประเทศญี่ปุ่น
9. เครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator) รุ่น Eyela บริษัท Tokyo Rikakikai ประเทศญี่ปุ่น
10. เครื่องวัดความชื้น (moisture analyzer) รุ่น MA50/MA100 บริษัท Satorius ประเทศเยอรมัน
11. เครื่องต้มกลั่น (water distillation)
12. เครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrophotometer (GC-MS) รุ่น Trace GC Ultra บริษัท Thermo Electron ประเทศอิตาลี, คอลัมน์ของ GC-MS ชนิด ZB5 capillary column (30 m length, 0.25 mm ID, 0.25 μ m film thickness) บริษัท Zebron ประเทศสหรัฐอเมริกา
13. ผักคะน้าปลอดสาร ยี่ห้อผักดอกเตอร์ จากโลตัส
14. ไช้หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้หอมวัย 2 และอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงหนอนกระทู้หอม จากกองกัญและสัตววิทยาวิทยา ฝ่ายวิชาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร
15. เชื้อรา *Alternaria brassicicola* สาเหตุของโรคใบจุดในพืชวงศ์กะหล่ำจาก ดร. ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
16. อื่นๆ ได้แก่ dextrose, agar, potato, sterilized water รุ่นผงตรานางลอย มีด เขียง ตะเกียง แอลกอฮอล์ เข็มเขี่ยเชื้อ หัวงเขี่ยเชื้อ จานเพาะเลี้ยงเชื้อ ปากคิบ ปิเปต ฟุ้งัน เครื่องชั่ง แวน ขยาย ผ้าขาวบาง กระดาษกรอง sterile filter paper disc (whatman เบอร์1) แท่งแก้วสำหรับคนสาร หลอดหยด ขวดแก้วสีชา อลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil) cork borer ปิกเกอร์ volumetric flask และหลอดทดลองขนาดต่างๆ รวมทั้งสารเคมีต่างๆ เช่น acetone เอทานอล ปีโตรเลียมอีเธอร์ tween 20[®] ฯลฯ

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำวัตถุดิบพืชสดทั้ง 4 ชนิดได้แก่ พลู (ใบ) จิง (เหง้า) ข่า (เหง้า) และคื่นฉ่าย (ใบ) สดมาล้างทำความสะอาดและนำไปตากผึ่งลมให้แห้ง ส่วนวัตถุดิบพืชแห้งได้แก่เมล็ดพริกไทยดำและพริกไทยขาว นำไปอบเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3.2.2 การเปรียบเทียบวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสารจากพืช 6 ชนิด ด้วยวิธีการต้มกลั่น และการสกัดด้วยตัวทำละลาย

3.2.2.1 การสกัดสารโดยวิธีต้มกลั่น (water distillation)

- 1) นำวัตถุดิบพืชสดที่เตรียมไว้จากข้อ 3.2.1 หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ส่วนวัตถุดิบชนิดแห้งหลังจากผ่านการลดความชื้นนำมาบดลดขนาดโดยเครื่องปั่นผสม (blender) ใส่ตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในขวดก้นกลมที่มีปริมาตร 10 ลิตร ใช้ประมาณครึ่งละ 1,000-1,500 กรัม
- 2) เติมน้ำกลั่นประมาณ $\frac{3}{4}$ ของขวดก้นกลมที่มีปริมาตร 10 ลิตร ต้มน้ำให้เดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเพื่อผลิตไอน้ำ ซึ่งไอน้ำจะทำหน้าที่เป็นตัวพาสารระเหยจากขวดก้นกลมที่มีตัวอย่างพืชไปทำให้เกิดการกลั่นตัวและควบแน่นจนได้สารสกัดออกมา โดยจิง ข่า พริกไทยขาวและพริกไทยดำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนคื่นฉ่ายและพลูกลั่นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากครบเวลานำน้ำมันหอมระเหยมาเติม sodium sulfate anhydrous (Na_2SO_4) เพื่อดึงน้ำจากสารสกัดที่อยู่ในรูปน้ำมันหอมระเหย (essential oil) นำน้ำมันหอมระเหยมาเก็บในขวดสีชา

3.2.2.2 การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

นำวัตถุดิบพืชทั้ง 6 ชนิดที่เตรียมไว้ในข้อ 3.2.1 ชนิดละ 1,000 กรัม สำหรับพืชสดนำมาหั่นซอยวัตถุดิบเป็นชิ้นเล็กๆ บดด้วยโกร้งบดจนละเอียด ส่วนพืชแห้งบดให้ละเอียดด้วยโกร้งบด (เพื่อไม่ให้ตัวอย่างพืชผ่านความร้อน ป้องกันองค์ประกอบบางชนิดที่อาจหายไปเนื่องจากความร้อนของมอเตอร์เครื่องปั่น)

ใส่ตัวอย่างพืชลงใน flask ขนาด 2,000 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลาย ได้แก่ ethanol และ petroleum ether แต่ละชนิดลงไปจนเกินระดับที่มีพืชอยู่เล็กน้อย ปิดปาก flask ให้สนิทด้วยฟอยล์ และปิดทับด้วยพาราฟิล์มอีกครั้ง แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง

ใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 กรองเอากากตัวอย่างทิ้งไป

นำไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator

เมื่อระเหยตัวทำละลายออกไปจนไม่มีตัวทำละลายออกมา ได้ crude extract

เพื่อให้ได้สารสกัดที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้น โดยใช้ตัวทำละลาย ethanol ชะ crude extract กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 หลังจากนั้นนำไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ทำซ้ำขั้นตอนนี้ 8 ครั้งเพื่อให้ได้สารสกัดในรูป essential oil ที่เรียกว่า absolute extract

กรองผ่าน sodium sulfate anhydrous เพื่อดึงน้ำจากสารสกัดที่ได้จนแน่ใจว่าสารสกัดที่ได้เป็นสารที่ไม่มีน้ำประกอบอยู่ด้วย

3.2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดพืช

3.2.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารสกัดที่ได้ต่อน้ำหนักสดของพืชแต่ละชนิด

นำสารสกัดที่ได้จากพืชแต่ละชนิด ทั้งที่อยู่ในรูปของ essential oil ที่ได้จากการสกัดด้วยการต้มกลั่น และอยู่ในรูปของ crude extract และ absolute extract ที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย มาคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ (% yield) ได้ผลดังภาคผนวก ก. โดยคำนวณจากสูตร

$$\% \text{ yield (w/w)} = \frac{\text{weight of extract (g)}}{\text{weight of raw materials (g)}} \times 100$$

3.2.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำสารสกัด absolute extract ที่ได้มาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง gas chromatography-mass spectrophotometer (GC-MS) โดยนำสารสกัดพืชมาทำให้เจือจางด้วยเอทานอล HPLC grade 1,000 เท่า โดยมีสถานะคืออุณหภูมิ injection เท่ากับ 230 องศาเซลเซียส column temp เริ่มต้นที่ 50 องศาเซลเซียส ค้างไว้ 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 140 องศาเซลเซียส ในอัตรา 6 องศาเซลเซียสต่อนาที และเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 230 องศาเซลเซียส ในอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ค้างไว้ 10 นาที ส่วนอุณหภูมิ detector เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส แปลผลโดยเทียบกับ library ของ NIST และ Wiley 275

3.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อหนอนกระทู้หอม

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจิง ข่า ก็น้ำย พลุ พริกไทยขาว และพริกไทยดำต่อศัตรูพืชที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ หนอนกระทู้หอม และเชื้อรา *A. brassicicola*

เตรียมสารสกัดความเข้มข้นต่างๆโดยนำสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดเจือจางใน acetone ให้ได้ความเข้มข้นเป็น 50, 150, 300 และ 500 ppm โดยเติม tween 20[®] จำนวน 1 หยด สำหรับตัวควบคุม (control) ใช้ acetone ผสมกับ tween 20[®] จำนวน 1 หยด

3.2.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อการยับยั้งการฟักไข่หนอนกระทู้หอม

เตรียมไข่หนอนกระทู้หอม จานเพาะเลี้ยงละ 100 ฟอง ใช้ฟุ้งกันจุ่มน้ำกลั่นแช่ไข่หนอนอย่างระมัดระวังมาวางบนแผงกระดาษที่อยู่ในจานเพาะเลี้ยง นำสารสกัดพืชทั้ง 5 ระดับความเข้มข้นคือ 0 (acetone+tween 20[®]), 50, 150, 300 และ 500 ppm ที่เตรียมไว้ ทดลองความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ โดยหยดสารสกัดแต่ละความเข้มข้นลงบนกลุ่มไข่หนอนที่เตรียมไว้ในจานเพาะเลี้ยง ครั้งละ 10 ไมโครลิตร ทุกๆ 12 ชั่วโมง ปิดด้วยพาราฟิล์ม ใช้แว่นขยายตรวจนับจำนวนไข่หนอนกระทู้หอมที่ยังไม่ฟักทุกวัน ก่อนหยดสารสกัดใหม่ลงไป ทดสอบเป็นเวลา 5 วัน บันทึกอัตราการฟักออกจากไข่ของหนอนกระทู้หอม

3.2.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม

เตรียมหนอนกระทู้หอมวัย 2 ที่มีอายุเฉลี่ย 11-13 วันมาเลี้ยงโดยใช้อาหารเทียมจากกรมวิชาการเกษตร เลี้ยงจนกระทั่งหนอนวัย 2 ลอกคราบเข้าสู่ระยะวัย 3 (มีอายุเฉลี่ย 14-17 วัน) นำหนอนกระทู้หอมวัย 3 ซึ่งถูกงดอาหารเป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนทดลองมาวางไว้ในจานเพาะเลี้ยง เปลี่ยนอาหารหนอนจากอาหารเทียมเป็นใบคะน้าปลอดสารพิษ ทดสอบโดยวิธีการจุ่มใบพืช (leaf dipping method) คัดแปลงตามวิธีการของ Sengonca และคณะ (2006) ตัดใบคะน้าให้เป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักใบคะน้าเริ่มต้นก่อนทดสอบและจดบันทึกน้ำหนัก หยอดสารสกัดพืชแต่ละชนิดทั้ง 5 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 50, 150, 300 และ 500 ppm ลงบนใบคะน้าครั้งละ 10 ไมโครลิตร ปล่อยให้ไว้ใน hood ให้ตัวทำละลายระเหยเป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที หลังจากนั้นนำใบคะน้ามาวางลงในจานเพาะเลี้ยงที่มีหนอนกระทู้หอมวัย 3 แล้วบันทึกน้ำหนักที่ลดลงจากน้ำหนักเริ่มต้นทุก 24 ชั่วโมง ก่อนเปลี่ยนใบคะน้าที่หยดสารสกัดใหม่ หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณร้อยละของดัชนีการยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant index) โดยสูตรคือ

$$\% \text{ AI} = \frac{(\text{control consumption} - \text{treatment consumption})}{(\text{control consumption} + \text{treatment consumption})} \times 100$$

โดย treatment consumption คือ น้ำหนักอาหารที่ลดลงของทรีตเมนต์ที่ทดลอง และ control consumption คือน้ำหนักอาหารที่ลดลงของ control ในการทดลอง

3.2.4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

เตรียมหนอนกระทู้หอมวัย 2 มาเลี้ยงโดยใช้อาหารเทียมจากกรมวิชาการเกษตรจนกระทั่งหนอนวัย 2 ลอดคราบเข้าสู่ระยะวัย 3 (มีอายุเฉลี่ย 14-17 วัน) นำหนอนกระทู้หอมวัย 3 ซึ่งถูกงดอาหารเป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนทดลองมาวางไว้ในจานเพาะเลี้ยง เปลี่ยนอาหารหนอนจากอาหารเทียมเป็นใบคะน้าปลอดสารพิษที่ถูกตัดเป็นวงกลมและบันทึกน้ำหนัก แล้วมาหยดสารสกัดพืชแต่ละชนิดทั้ง 5 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 50, 150, 300 และ 500 ppm โดยหยดสารสกัดครั้งละ 10 ไมโครลิตร ปล่อยให้แห้งใน hood ให้สารสกัดซึมเข้าไปในใบพืชและระเหยตัวทำละลายเป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที แล้วนำใบคะน้ามาวางลงในจานเพาะเลี้ยงที่มีหนอนอยู่ บันทึกน้ำหนักที่ลดลงจากน้ำหนักเริ่มต้นทุก 24 ชั่วโมง เปลี่ยนใบคะน้าที่หยดสารสกัดให้หนอนกินทุกวัน ตรวจนับและบันทึกจำนวนการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมทุก 24 ชั่วโมงจนกระทั่งหนอนกระทู้หอมมีอายุเกิน 45 วัน ซึ่งจะหมดระยะการเข้าดักแด้

3.2.4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อหนอนกระทู้หอม

การวิเคราะห์ผลการยับยั้งการฟักไข่ การยับยั้งการกินอาหาร และการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม วางแผนการทดลองแบบ 5x3 factorial in RCBD (Randomized complete block design) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ประกอบด้วย 90 ทรีตเมนต์ของสารสกัดจากพืช ขิง ข่า คื่นฉ่าย พลู พริกไทยขาว และพริกไทยดำ โดยแปรวิธีการสกัดของพืชแต่ละชนิดที่นำมาสกัด ด้วยวิธีการต้มกลั่น การสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์และเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 150, 300 และ 500 ppm ทำการทดลองทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SAS (1991)

3.2.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อเชื้อรา *Alternaria brassicicola*

3.2.5.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อราด้วยวิธี disc diffusion agar method (นิตยา บุญทิพย์ และ สายสมร ลำยอง, 2541; Boyanova และคณะ, 2005) เป็นวิธีที่ใช้วัดการเจริญเติบโตของเชื้อราในระยะ vegetative stage โดยวัดจากการเจริญของเส้นใยที่ขึ้นรอบๆ disc ที่ใส่สารสกัดและวางไว้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) (ภาคผนวก ก) อย่างลึบในส่นะ

3.2.5.2 การเตรียมเชื้อรา

ย้ายเชื้อราสายพันธุ์ *A. brassicicola* ลงเลี้ยงใน PDA slant บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วันจนเห็น colony ขึ้นอย่างเด่นชัด และเพาะเลี้ยงต่อ (subculture) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน จะได้เชื้อราเต็มจานเพาะเลี้ยง

เมื่อต้องการนำเชื้อ *A. brassicicola* มาทดสอบใช้เชื้อราจากจานเพาะเลี้ยงที่เห็น colony เติบโตเต็มจานเพาะ มาเจาะเอาชิ้นวุ้นด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร นำชิ้นวุ้นที่ได้มาวางในอาหาร PDA ในจานเพาะใหม่เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบเวลาจะได้เชื้อราที่มี activity สูงและอายุใกล้เคียงกันมากที่สุด

3.2.5.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อเชื้อรา *A. brassicicola*

เจาะเชื้อรา *A. brassicicola* ที่เลี้ยงเอาไว้ในจานเพาะเลี้ยงจากขั้นตอนการเตรียมเชื้อรา ข้อ 3.2.4.5.2 เฉพาะบริเวณรอบขอบโคโลนีที่ยังอ่อนโดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร นำชิ้นวุ้นที่มีโคโลนีของเชื้อราไปวางไว้ในที่จุดกึ่งกลางอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ในจานเพาะเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

เตรียมสารที่สกัดได้จากพืชแต่ละชนิดมาทำการเจือจางด้วย 99.9% เอทานอลให้ความเข้มข้นเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0, 10,000, 15,000, 20,000 และ 25,000 ppm ซึ่งความเข้มข้นเหล่านี้คัดแปลงจากการทดลองของ Sombat (2000) หลังจากนั้นหยดสารสกัดพืชที่ความเข้มข้นต่างๆ บนกระดาษกรองสำเร็จรูปแบบ sterile filter paper disc ของ whatman เบอร์ 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยหยดปริมาตร 10 ไมโครลิตรต่อ sterile filter paper disc ปล่อยให้แห้งให้สารสกัดกระจายทั่วกระดาษกรอง และเพื่อให้เอทานอลระเหยออกหมด

นำชิ้น sterile filter paper disc ที่หยดสารสกัดพืชแล้ว มาเรียงรอบขอบจานเพาะเลี้ยงที่มีเชื้อรา *A. brassicicola* อายุ 7 วันอยู่ตรงกลางจานเพาะเลี้ยง เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา มีขนาดประมาณ 40 มิลลิเมตร โดยเรียง sterile filter paper disc ให้มีพื้นที่ที่สามารถอ่านวงใส (inhibition zone) ขยับยังเชื้อราขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรวม sterile filter paper disc ประมาณ 20 มิลลิเมตร โดยจานเพาะเลี้ยง 1 จานจะวาง sterile filter paper disc 5 ชิ้น ได้แก่ชิ้นที่หยดสารสกัดพืชชนิดเดียวกันทั้ง 5 ความเข้มข้น คือ 0, 10,000, 15,000, 20,000 และ 25,000 ppm บันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณ inhibition zone ที่เกิดรอบ sterile filter paper disc ของสารสกัดทุกความเข้มข้นเมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน ทดสอบสารสกัดจากพืชชนิดละ 3 ซ้ำ

3.2.5.4 การวิเคราะห์ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola*

วางแผนการทดลองแบบ 5x3 factorial in RCBD (Randomized complete block design) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ประกอบด้วย 90 ทรีตเมนต์ สารสกัดจากพืช จิง ข่า คื่นฉ่าย พลู พริกไทยขาวและพริกไทยดำ โดยแปรการสกัดของพืชแต่ละชนิดที่นำมาสกัด ด้วยวิธีการต้มกลั่น การสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์และเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 0, 5,000, 10,000, 15, 000 และ 20,000 ppm ทำการทดลองทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SAS (1991)

3.3 สถานที่ศึกษา

ห้องปฏิบัติการ Plant and Soil Technology สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบในสารสกัดพืชที่สกัดด้วยการต้มกลั่นและตัวทำละลาย

การศึกษาสารที่สกัดได้จากพืช 6 ชนิดได้แก่ ขิง ข่า คื่นฉ่าย พลู่ พริกไทยขาว และพริกไทยดำ ซึ่งสกัดด้วยวิธีต้มกลั่น (hydro-distillation) และสกัดด้วยตัวทำละลายได้แก่ปิโตรเลียมอีเทอร์ (PE) และเอทานอล (ET)

4.1.1 % yield

การสกัดโดยการต้มกลั่นหลังจากใช้ sodium sulfate anhydrous คั้นน้ำออกจากน้ำมัน จะได้สารสกัดอยู่ในรูปของ essential oil ส่วนการสกัดด้วยตัวทำละลาย สารสกัดที่ได้จากการสกัดครั้งแรกเรียกว่า crude extract เป็นสารที่อยู่ในรูปเหนียวและหนืดเพราะมีองค์ประกอบหลายชนิด เช่น wax เม็ดสี (pigment) ฯลฯ สีและกลิ่นหลากหลายขึ้นกับชนิดพืช หลังจากนั้นเมื่อนำไปสกัดด้วยเอทานอลและระเหยแห้งซ้ำ 8 ครั้งเพื่อชะเอาสารอื่นๆ ที่ไม่ต้องการออก ได้สารสกัดที่เรียกว่า absolute extract (ภาคผนวก ก. ตารางที่ ก. 1)

4.1.1.1 % yield ของ crude extract

จากตารางที่ 4.1 การต้มกลั่นพืชทั้ง 6 ชนิด ไม่สามารถสกัดสารในรูปของ crude extract ได้ แต่การสกัดด้วย ET ให้ % yield ของ crude extract ของพืชทั้ง 6 ชนิดสูงกว่าการสกัดด้วย PE และพบว่าคื่นฉ่ายที่สกัดด้วย ET ให้ปริมาณ % yield สูงสุด รองลงมาคือพลู่ พริกไทยขาว ขิง พริกไทยดำและข่า โดยมี % yield ของ crude extract เท่ากับ 25.65, 20.29, 12.87, 12.84 11.03, และ 11.01 w/w ตามลำดับ สำหรับการใส่ PE พบปริมาณ % yield สูงสุดในสารสกัดจากพริกไทยดำ รองลงมาคือ พริกไทยขาว ข่า ขิง พลู่ และคื่นฉ่าย โดยมี % yield ของ crude extract เท่ากับ 1.69, 1.06, 0.77, 0.49, 0.42, และ 0.05 w/w ตามลำดับ จะเห็นว่าพืชมี % yield ของ crude extract สูงเมื่อสกัดโดยใช้ ET แต่มี % yield ของ crude extract ต่ำเมื่อใช้ PE สกัด หรือ % yield ของ crude extract จากการใส่ ET ตรงกันข้ามกับการสกัดโดยใช้ PE โดย % yield ของ crude extract จากการสกัดด้วย ET สูงกว่า PE ไม่ต่ำกว่า 10 เท่า

4.1.1.2 % yield ของ absolute extract

ปริมาณของสารสกัดในรูปของ absolute extract พบว่าการต้มกลั่นได้ % yield ของสารสกัด absolute extract ของสารสกัดพริกไทยดำสูงที่สุด รองลงมาคือสารสกัดจากพริกไทยขาว ขิง พลู่ ข่า และคื่นฉ่าย โดยมี % yield ของ absolute extract เท่ากับ 1.71, 0.55, 0.22, 0.11, 0.11, และ 0.02 ตามลำดับ ส่วน PE ได้ % yield ของ absolute extract ของพริกไทยดำสูงที่สุด รองลงมาคือสารสกัดจากพริกไทยขาว ข่า

จิง พลู และคื่นฉ่าย โดยมี % yield ของ absolute extract เท่ากับ 0.85, 0.74, 0.50, 0.42, 0.42 และ 0.05 ตามลำดับ สำหรับ ET ได้ % yield ของ absolute extract ของพริกไทยดำสูงที่สุด รองลงมาคือสารสกัดจากพริกไทยขาว จิง พลู ข่า และคื่นฉ่าย โดยมี % yield ของ absolute extract เท่ากับ 1.18, 0.90, 0.54, 0.54, 0.31 และ 0.25 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) นอกจากนี้ยังพบว่าจิงที่สกัดด้วย ET มี % yield ของ absolute extract สูงกว่าการสกัดด้วย PE และการต้มกลั่น โดยมี % yield เท่ากับ 0.54, 0.42 และ 0.22 ตามลำดับ ส่วนข่าที่สกัดด้วย PE ให้ปริมาณ % yield ของ absolute extract สูงที่สุด รองลงมาคือการสกัดด้วย ET และการต้มกลั่น โดย % yield เท่ากับร้อยละ 0.50, 0.31 และ 0.11 ตามลำดับ และ % yield ของสารสกัด absolute extract จากคื่นฉ่าย พบว่าสารที่สกัดด้วย ET มี % yield ของ absolute extract สูงกว่า PE และการต้มกลั่น โดยให้ปริมาณสารสกัดเท่ากับร้อยละ 0.25, 0.05 และ 0.02 ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อสกัดพลูด้วย ET พบ % yield ของ absolute extract สูงกว่าสกัดด้วย PE และการต้มกลั่น โดยมี % yield เท่ากับร้อยละ 0.54, 0.42 และ 0.11 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าวิธีการสกัดที่ให้ % yield ของสารสกัดพริกไทยขาว absolute extract สูงที่สุดคือการสกัดด้วย ET สูงกว่า PE และการต้มกลั่นให้ปริมาณสารร้อยละ 0.90, 0.74 และ 0.55 ตามลำดับ ส่วนพริกไทยดำพบ absolute extract ของการสกัดโดยการต้มกลั่นสูงกว่าสกัดด้วย ET และ PE โดยมี % yield เท่ากับร้อยละ 1.71, 1.18 และ 0.85 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) เห็นได้ว่าสารสกัดที่สกัดด้วย ET ให้ % yield ของ absolute extract สูงกว่าการสกัดด้วย PE เช่นเดียวกับ % yield ของ crude extract แต่ชนิดของพืชที่ให้ % yield ของ absolute extract สูงจะต่างกับชนิดพืชที่ให้ % yield ของ crude extract สูงเมื่อใช้ตัวทำละลาย ET สำหรับการสกัดโดยใช้ PE จะพบ % yield ของ absolute extract ของพืชทั้ง 6 ชนิดไปในลักษณะเดียวกับ % yield ของ crude extract ซึ่งในสารสกัดจิง พลู และคื่นฉ่าย ใช้ ET สกัดจะได้ % yield ของ absolute extract สูงที่สุด ส่วนข่าใช้ PE ได้ % yield ของ absolute extract สูงที่สุด และพริกไทยขาว สกัดโดยการต้มกลั่นให้ % yield ของ absolute extract สูงที่สุด

ตารางที่ 4.1 % yield ของ crude extract และ absolute extract ของพืชสมุนไพร 6 ชนิด

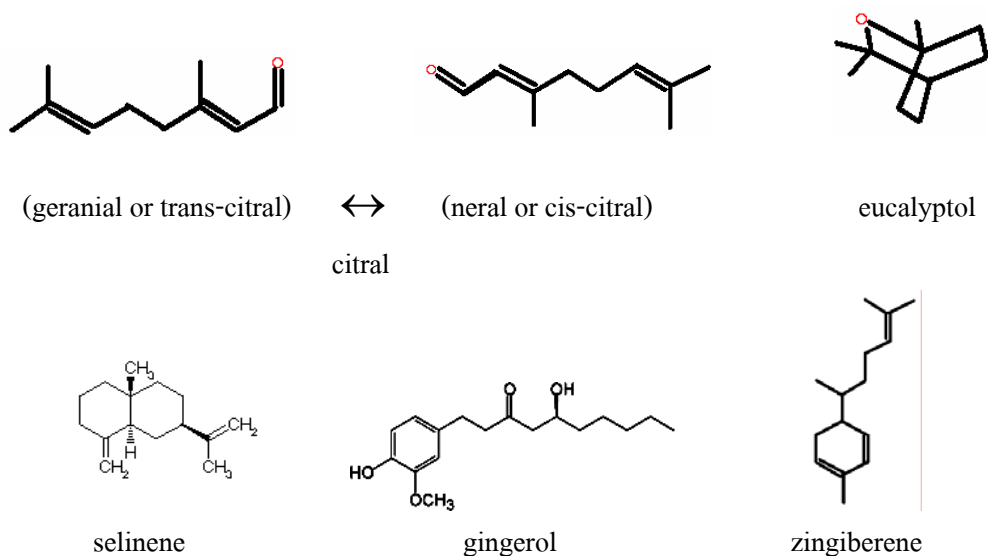
ชนิดสมุนไพร	% yield of plant extract (w/w)				
	ต้มกลั่น	ปีโตรเลียมอีเธอร์ (PE)		เอทานอล (ET)	
	absolute extract	crude extract	absolute extract	crude extract	absolute extract
จิง	0.22	0.49	0.42	12.84	0.54
ข่า	0.11	0.77	0.50	11.01	0.31
คื่นฉ่าย	0.02	0.05	0.05	25.65	0.25
พลู	0.11	0.46	0.42	20.29	0.54
พริกไทยขาว	0.55	1.06	0.74	12.87	0.90
พริกไทยดำ	1.71	1.69	0.85	11.03	1.18

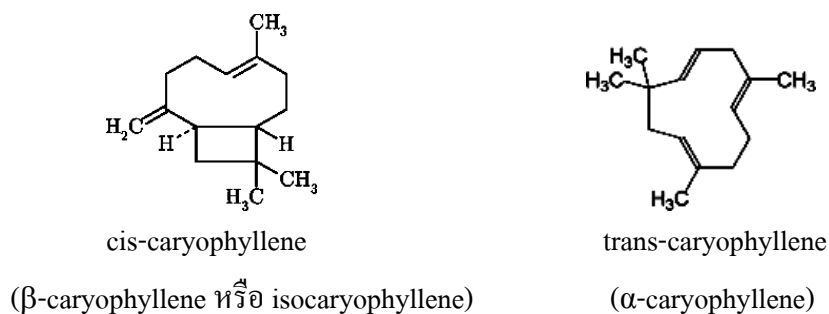
4.1.2 ปริมาณและชนิดของสารสำคัญของสารสกัดจากพืชทั้ง 6 ชนิดโดย GC-MS

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดพืชในรูปของ essential oil และ absolute extract ที่ได้จากการสกัดด้วยการต้มกลั่น และสกัดด้วยตัวทำละลาย ตามลำดับ พบว่าเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบภายใน จิง ข่า ก็น่าย พลู พริกไทยขาวและพริกไทยดำด้วย GC-MS พบสารสำคัญหลากหลายชนิดและมีปริมาณในรูปของ % relative peak area ต่างกัน อย่างไรก็ตามสารสำคัญที่มี quality match กับ library ของ NIST และ Wiley 275 มากกว่าร้อยละ 85 ของพืชทั้ง 6 ชนิด มีดังต่อไปนี้

4.1.2.1 จิง

สารสำคัญที่พบในสารสกัดจิงมีจำนวน 14 ชนิด (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.7) และพบสารสำคัญจำนวน 9 ชนิดจากสารสกัดที่ได้จากการต้มกลั่น พบสาร geranial, eucalyptol และ selinene มี % relative peak area สูงที่สุด เท่ากับ 24.72, 19.05 และ 15.16 ตามลำดับ สำหรับสารสกัดจิงที่สกัดโดยใช้ PE พบสารสำคัญ 9 ชนิด ซึ่งแตกต่างจากสารสำคัญที่พบในสารสกัดจิงจากการต้มกลั่น โดยสาร gingerol, geranial และ cis-6-shogol มี % relative peak area สูงที่สุด เท่ากับ 24.48, 20.21 และ 17.70 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจาก ET พบสารหลัก จำนวน 7 ชนิดโดยสาร eucalyptol, trans-caryophyllene และ selinene มี % relative peak area สูงที่สุด เท่ากับ 31.93, 23.50 และ 20.55 ตามลำดับ นอกจากนี้มีสารสำคัญที่พบในสารสกัดจากจิงอีกได้แก่ decanal, neral, α -farnesene, cis-caryophyllene, zingiberene, bisabolene, cedrene และ trans-8-shogol ซึ่งจะเห็นได้ว่าสารสกัดจากจิงทั้ง 3 วิธีให้สารสำคัญทั้งจำนวนชนิดและ % relative peak area ไม่เท่ากัน แต่ไม่พบว่าวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธีให้สารสำคัญชนิดเดียวกัน เช่น eucalyptol พบในสารสกัดโดยต้มกลั่นและ ET แต่ไม่พบสารชนิดนี้ในสารสกัดโดย PE (ตารางที่ 4.2) จะเห็นได้ว่าการสกัดจิงโดยการต้มกลั่น PE และ ET สารสำคัญที่ได้คือสารในกลุ่ม terpenes โดยมีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 4.1

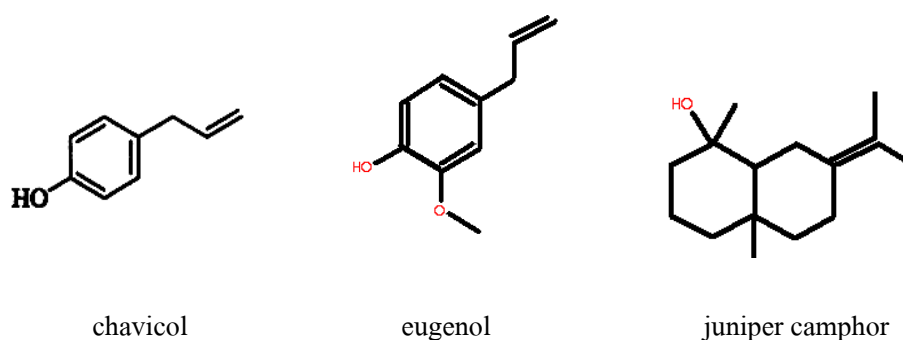




รูปที่ 4.1 โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดขิง

4.1.2.2 ข่า

สารสำคัญที่พบในสารสกัดจากข่า มีจำนวน 13 ชนิด (ตารางที่ 4.3, รูปที่ 4.8) โดยการสกัดจาก PE มีจำนวนสารสำคัญมากที่สุด เท่ากับ 13 ชนิด ในขณะที่การสกัดด้วยวิธีต้มกลั่น พบสารสำคัญ 12 ชนิด และการสกัดด้วย ET พบสารสำคัญน้อยที่สุด 8 ชนิด สารประกอบหลักที่พบในสารสกัดข่าจากการต้มกลั่นคือ eucalyptol, selinene และ trans-caryophyllene มี % relative peak area เท่ากับ 24.65, 19.27 และ 12.66 ตามลำดับ สำหรับสารสำคัญจาก PE คือ selinene, geranial และ neral มี % relative peak area เท่ากับ 14.53, 11.44 และ 10.84 ตามลำดับ และสารสกัดด้วย ET มีสารสำคัญ คือ juniper camphor, geranial และ neral มี % relative peak area เท่ากับ 36.58, 26.92 และ 13.36 ตามลำดับ สารสำคัญอื่นๆ ที่พบในข่าได้แก่ eugenol, elemene, α-farnesene, cis-caryophyllene, bisabolene และ farnesyl acetate ซึ่งสารสกัดข่าโดยการต้มกลั่น PE และ ET มีสารสำคัญเป็นสารในกลุ่ม terpenes เช่นเดียวกับสารสกัดขิง และมีสาร phenol คือ chavicol มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 4.2

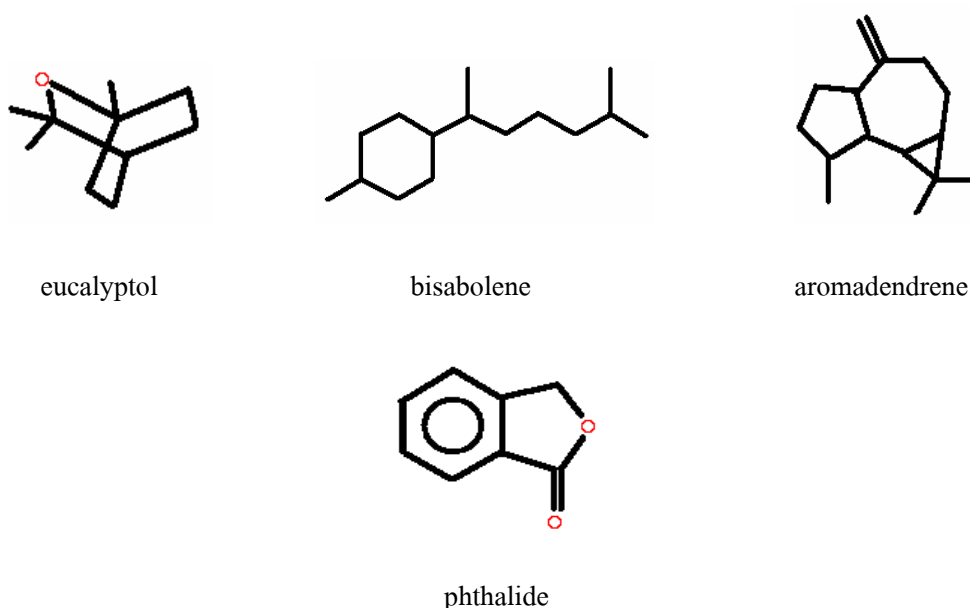


รูปที่ 4.2 โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดข่า

4.1.2.3 คื่นฉ่าย

สารสำคัญในสารสกัดคื่นฉ่ายที่วิเคราะห์ได้มีจำนวน 12 ชนิด (ตารางที่ 4.4, รูปที่ 4.9) โดยการสกัดคื่นฉ่ายด้วย ET พบสารสำคัญสูงสุด เท่ากับ 10 ชนิด รองลงมาคือการต้มกลั่นและ PE ซึ่งพบสารสำคัญ

เท่ากับ 8 และ 7 ชนิด ตามลำดับ โดยสารสำคัญของสารสกัดจากวิธีต้มกลั่นคือ selinene พบว่ามี % relative peak area สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 81.53 และ juniper camphor พบร้อยละ 10.33 สารสำคัญจากการสกัดด้วย PE พบ juniper camphor สูงที่สุด มี % relative peak area เท่ากับร้อยละ 83.17 และ selinene พบร้อยละ 7.31 ส่วนสารสำคัญที่พบจากการสกัดกั้นน้ำด้วย ET คือ juniper camphor, eucalyptol และ selinene มี % relative peak area เท่ากับ 25.13, 23.16 และ 15.09 ตามลำดับ สารอื่นๆ ที่พบในสารสกัดกั้นน้ำ ได้แก่ geranial, elemene, farnesol, cis-caryophyllene, α -humulene, aromadendrene, bisabolene (รูปที่ 4.3) ซึ่งสารสกัดกั้นน้ำจากทุกวิธีของการสกัดให้สารสำคัญเป็นสารในกลุ่ม terpenes เช่นเดียวกับสารสกัดขิง และข่า

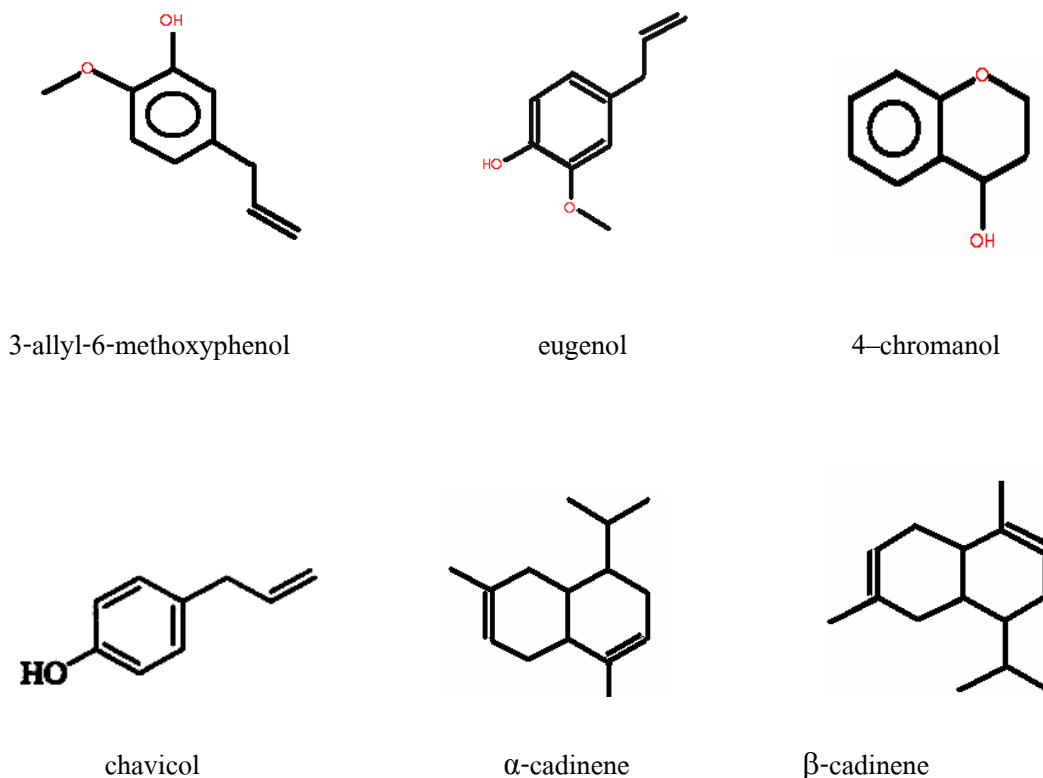


รูปที่ 4.3 โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดกั้นน้ำ

4.1.2.4 พลู

การวิเคราะห์สารสกัดพลูจากทั้ง 3 วิธีการสกัด พบว่า มีสารสำคัญ 16 ชนิด โดยพบสารสำคัญจากการสกัดด้วยการต้มกลั่นจำนวน 12 ชนิด ซึ่งมีสารสำคัญที่พบมาก คือ 3-allyl-6-methoxyphenol, α -cadinene, β -cadinene และ trans-caryophyllene มี % relative peak area เท่ากับ 40.04, 13.81, 11.29 และ 10.74 ตามลำดับ การสกัดด้วย PE พบสารสำคัญ 6 ชนิด โดยพบ 4-chromanol มี % relative peak area เท่ากับร้อยละ 75.19 และสาร 3-allyl-6-methoxyphenol พบเท่ากับร้อยละ 22.76 ส่วนการสกัดด้วย ET พบสารสำคัญ 10 ชนิด โดยพบสาร 4-chromanol และ 3-allyl-6-methoxyphenol สูงที่สุด มี % relative peak area เท่ากับ 68.73 และ 25.41 ตามลำดับ สารประกอบอื่นๆ ที่พบในสารสกัดพลูได้แก่ eucalyptol, eugenol, elemene, cubenol, aromadendrene, cis-caryophyllene, chavicol, seychellene, valencene, β -guaiene, juniper camphor (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.10) ซึ่งสารสกัดพลูมีสารสำคัญใน

กลุ่ม terpenes เช่นเดียวกับสารสกัดขิง ข่า และคื่นฉ่าย และพบว่าสารสกัดพลูมีสารสำคัญในมีกลุ่ม phenol 4 ตัว คือ 3-allyl-6-methoxyphenol, eugenol, 4-chromanol และ chavicol ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.4

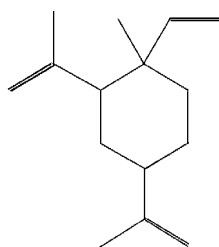


รูปที่ 4.4 โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดพลู

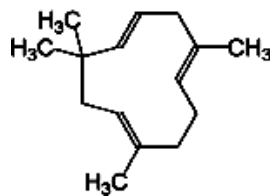
4.1.2.5 พริกไทยขาว

เมื่อวิเคราะห์สารสำคัญในสารสกัดจากพริกไทยขาว พบสารสำคัญ จำนวน 13 ชนิด ซึ่งสารสกัดด้วย PE พบจำนวนสารสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือสารสกัดด้วย ET และการต้มกลั่น โดยพบสารสำคัญ จำนวน 13, 12 และ 10 ชนิด ตามลำดับ สารสำคัญที่พบว่ามี % relative peak area สูงที่สุดเมื่อสกัด พริกไทยขาวจากการต้มกลั่นคือ trans-caryophyllene พบเท่ากับร้อยละ 75.40 α-humulene และ spathulenol มี % relative peak area เท่ากับ 7.69 และ 7.31 ตามลำดับ ส่วนสารสำคัญจากการสกัดด้วย PE ได้แก่ trans-caryophyllene, elemene และ piperine พบว่ามี % relative peak area เท่ากับ 59.43, 12.20 และ 8.05 ตามลำดับ และพบว่าสารสำคัญที่มี % relative peak area สูงเมื่อสกัดด้วย ET คือ สาร trans-caryophyllene, piperine และ elemene ซึ่งพบในปริมาณร้อยละ 53.59, 24.53 และ 9.30 ตามลำดับ สารอื่นๆ ที่พบในสารสกัดจากพริกไทยขาวได้แก่ 3-carene, α-copaene, α-farnesene, cis-caryophyllene, selinene, bisabolene, caryophyllene oxide, β-cadinene (ตารางที่ 4.6; รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.11) ซึ่งสารสำคัญในพริกไทยขาวเป็นสารในกลุ่ม terpenes เช่นเดียวกัน มีสาร ส่วนใหญ่เป็นสาร

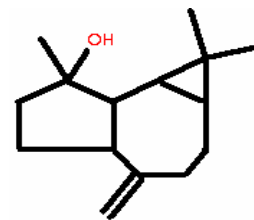
ประเภท sesquiterpene มีเพียง 3-carene เป็นสารประเภท monoterpene และ piperine เป็นสารประเภท alkaloid



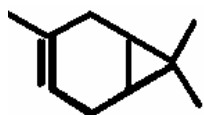
elemene



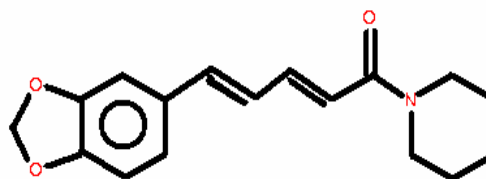
trans-caryophyllene



spathulenol



3-carene

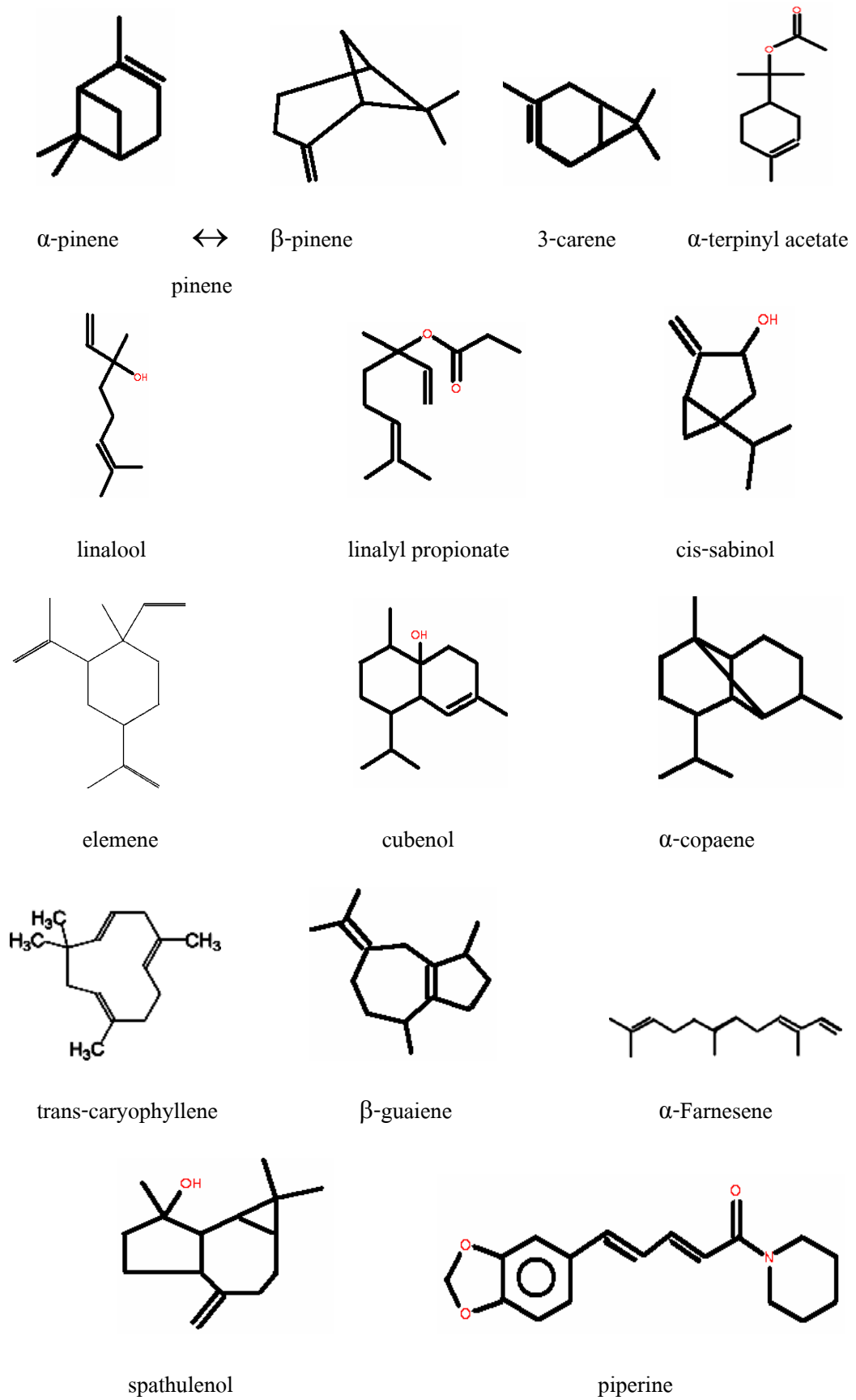


piperine

รูปที่ 4.5 โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดพริกไทยขาว

4.1.2.6 พริกไทยดำ

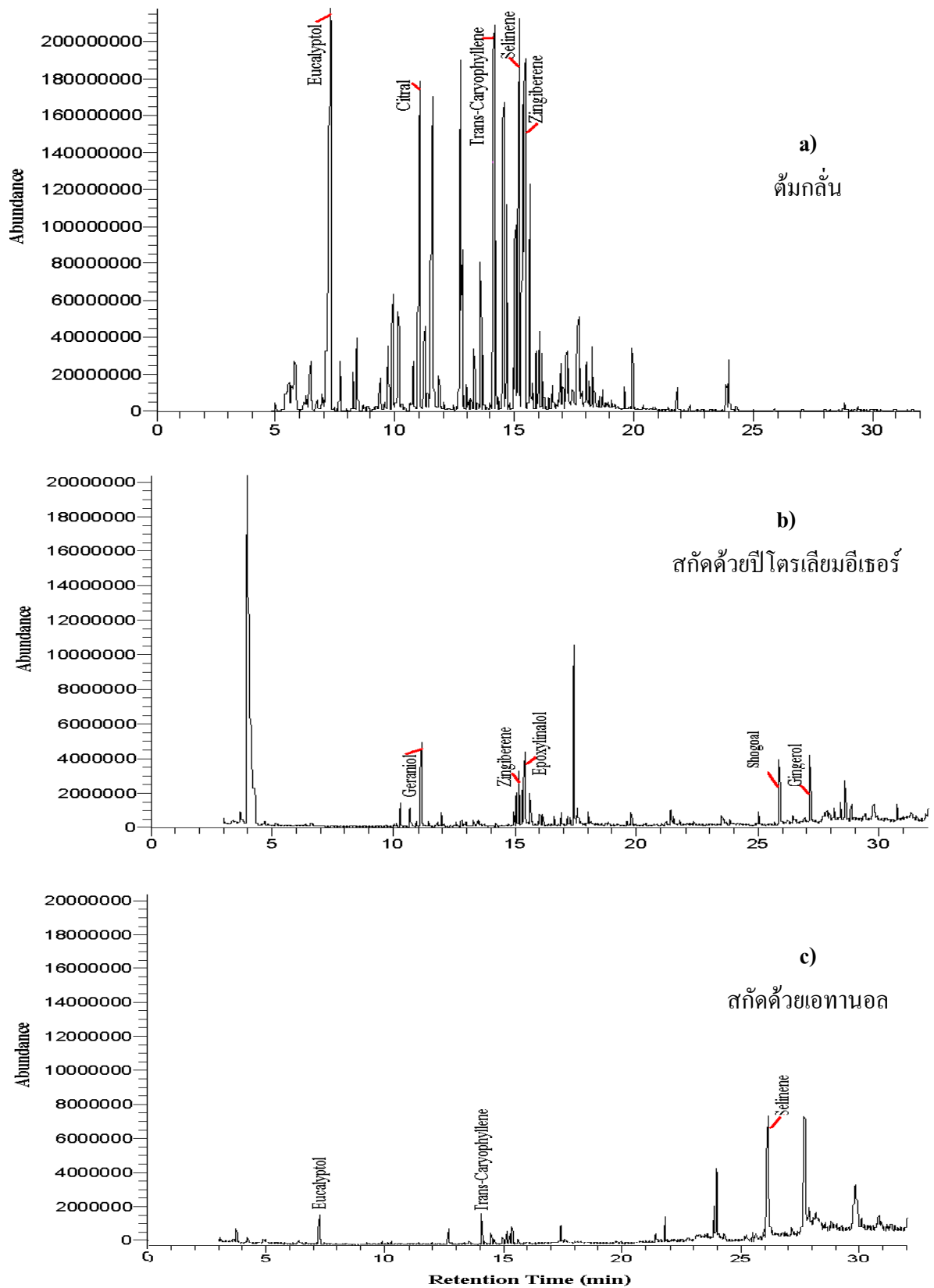
สารสำคัญในสารสกัดพริกไทยดำพบมากถึง 20 ชนิด ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นในการศึกษา และสาร 13 ชนิดจาก 20 ชนิดนี้เป็นสารที่พบในพริกไทยขาวเช่นกัน จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.12 จะเห็นว่าพบสารสำคัญจำนวน 19 ชนิดจากสารสกัดด้วย PE และในสารสกัดด้วย ET พบ 18 ชนิดและสารสกัดจากการต้มกลั่นพบ 16 ชนิด ซึ่งสารสำคัญในสารสกัดจากวิธีต้มกลั่น ได้แก่ trans-caryophyllene, α -terpinyl acetate และ 3-carene มี % relative peak area เท่ากับ 44.36, 16.23 และ 12.81 ตามลำดับ สารสกัด PE มีสารสำคัญ ได้แก่ trans-caryophyllene และ elemene มี % relative peak area เท่ากับ 56.11 และ 12.94 ตามลำดับ ส่วนการสกัดด้วย ET ได้สารสำคัญซึ่งมี % relative peak area สูงที่สุดคือ piperine มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 53.22 รองลงมาคือ trans-caryophyllene พบร้อยละ 30.01 สารสำคัญอื่นๆ ในพริกไทยดำซึ่งเป็นสารในกลุ่ม terpenes ได้แก่ pinene, linalool, linalyl propionate, sabinol, cubenol, β -guaiane, α -farnesene, cis-caryophyllene, α -humulene, selinene, bisabolene, β -cadinene, caryophyllene oxide, spathulenol (ตารางที่ 4.7; รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.12) จะเห็นว่าพริกไทยดำมีสารหลายชนิดมากกว่าพริกไทยขาวมีทั้งสาร terpene ที่เป็นประเภท sesquiterpene และ monoterpene รวมทั้งมีสาร alkaloid คือ piperine ซึ่งเช่นเดียวกับในพริกไทยขาว



รูปที่ 4.6 โครงสร้างของสารสำคัญที่พบในสารสกัดพริกไทยดำ

ตารางที่ 4.2 % relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากขิงที่ได้จากการต้มกลั่นและตัวทำละลาย

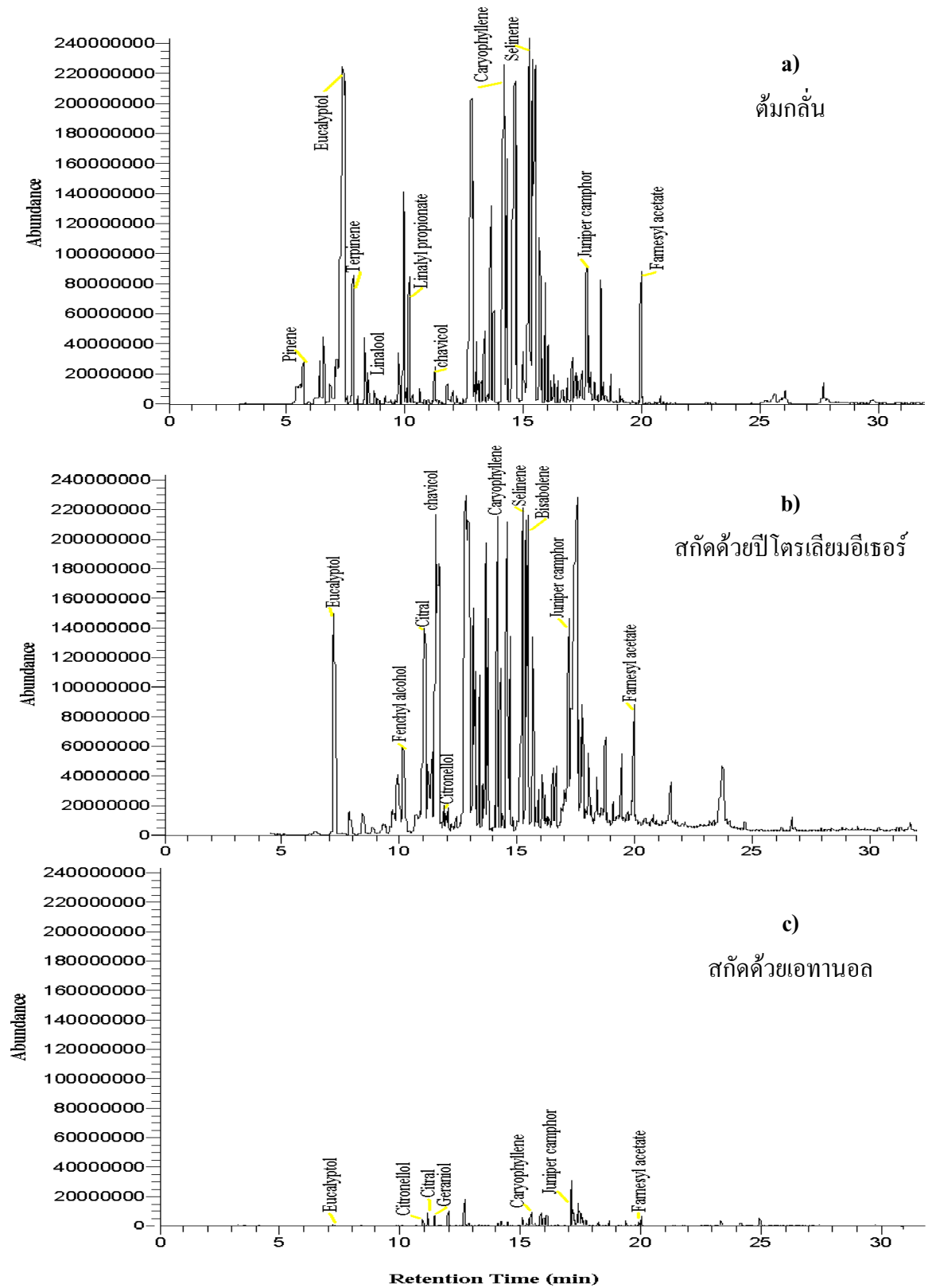
Peak no.	Compounds of ginger	Groups	% Relative Peak Abundance		
			ต้มกลั่น	PE	ET
1	eucalyptol (1,8-cineole)	monoterpene	19.05	-	31.93
2	decanal	aldehyde	-	6.86	2.95
3	geranial (trans-citral)	monoterpene	24.72	20.21	-
4	neral (cis-citral)	monoterpene	3.10	-	-
5	trans-caryophyllene	sesquiterpene	9.17	-	23.50
6	α -farnesene	sesquiterpene	8.51	-	7.37
7	cis-caryophyllene	sesquiterpene	3.44	8.97	3.79
8	zingiberene	sesquiterpene	-	11.02	-
9	selinene	sesquiterpene	15.16	-	20.55
10	bisabolene	sesquiterpene	10.79	3.19	-
11	cedrene	sesquiterpene	6.06	3.38	-
12	cis-6-shogol	monoterpene	-	17.70	-
13	gingerol	monoterpene	-	24.48	9.90
14	trans-8-shogol	monoterpene	-	4.19	-



รูปที่ 4.7 โครมาโตแกรมของสารสกัดจากขิงซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลิ่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล

ตารางที่ 4.3 % relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากข่าที่ได้จากการต้มกลั่นและตัวทำละลาย

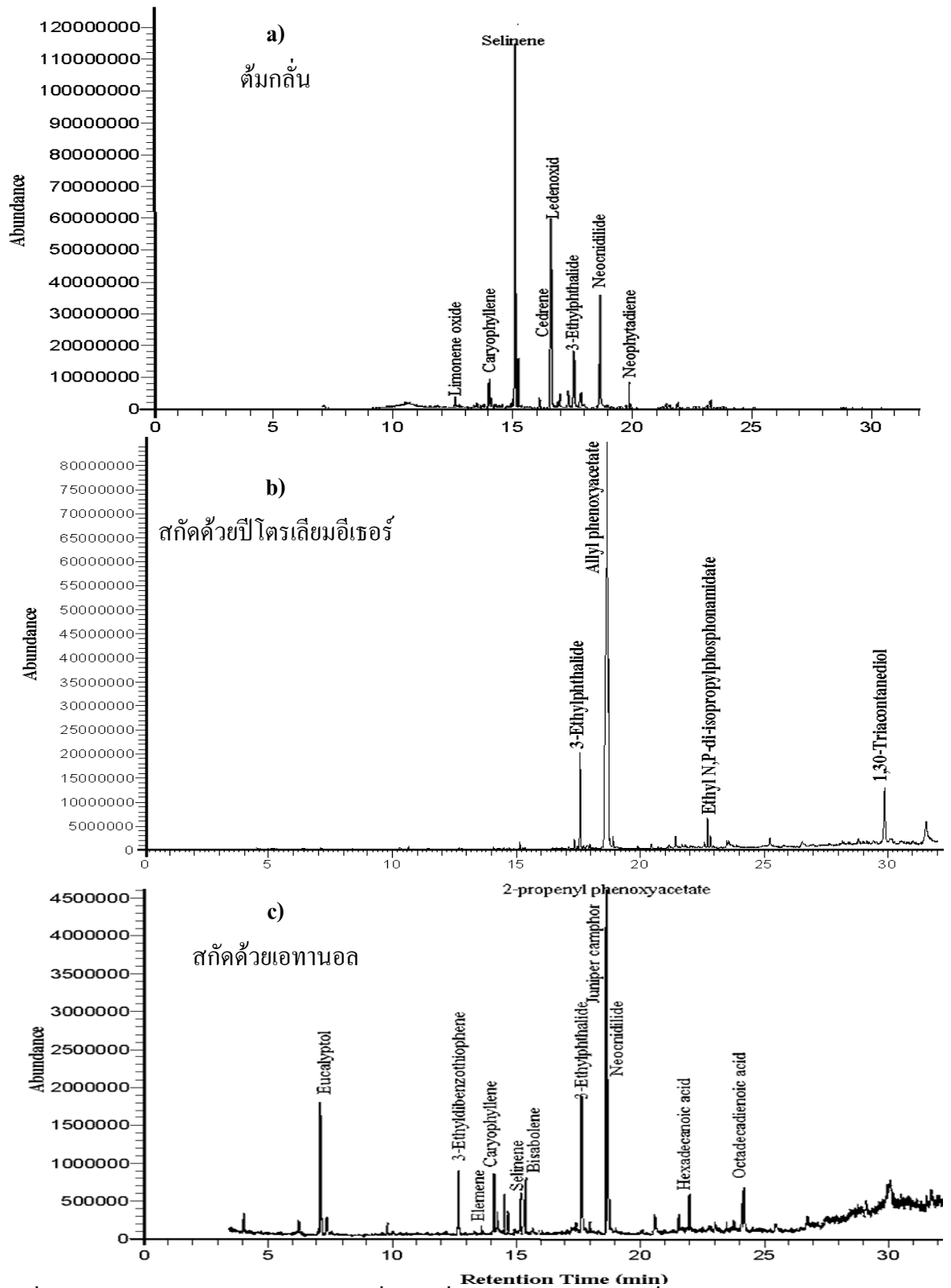
Peak no.	Compounds of galangal	Groups	% Relative Peak Abundance		
			ต้มกลั่น	PE	ET
1	eucalyptol (1,8-cineole)	monoterpene	24.65	6.76	3.44
2	geranial (trans-citral)	monoterpene	-	11.44	26.92
3	chavicol	phenol	0.64	9.78	-
4	neral (cis-citral)	monoterpene	0.05	10.84	13.36
5	eugenol	sesquiterpene	0.78	5.53	-
6	elemene	sesquiterpene	7.63	8.51	-
7	trans-caryophyllene	sesquiterpene	12.66	7.23	4.15
8	α -farnesene	sesquiterpene	9.07	7.72	4.67
9	cis-caryophyllene	sesquiterpene	4.73	3.45	-
10	selinene	sesquiterpene	19.27	14.53	-
11	bisabolene	sesquiterpene	12.07	8.81	6.42
12	juniper camphor	sesquiterpene	6.63	3.02	36.58
13	farnesyl acetate	sesquiterpene	1.84	2.37	4.47



รูปที่ 4.8 โครมาโตแกรมของสารสกัดจากข่าซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล

ตารางที่ 4.4 % relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากกลิ่น่ายที่ได้จากการต้มกลั่นและตัวทำละลาย

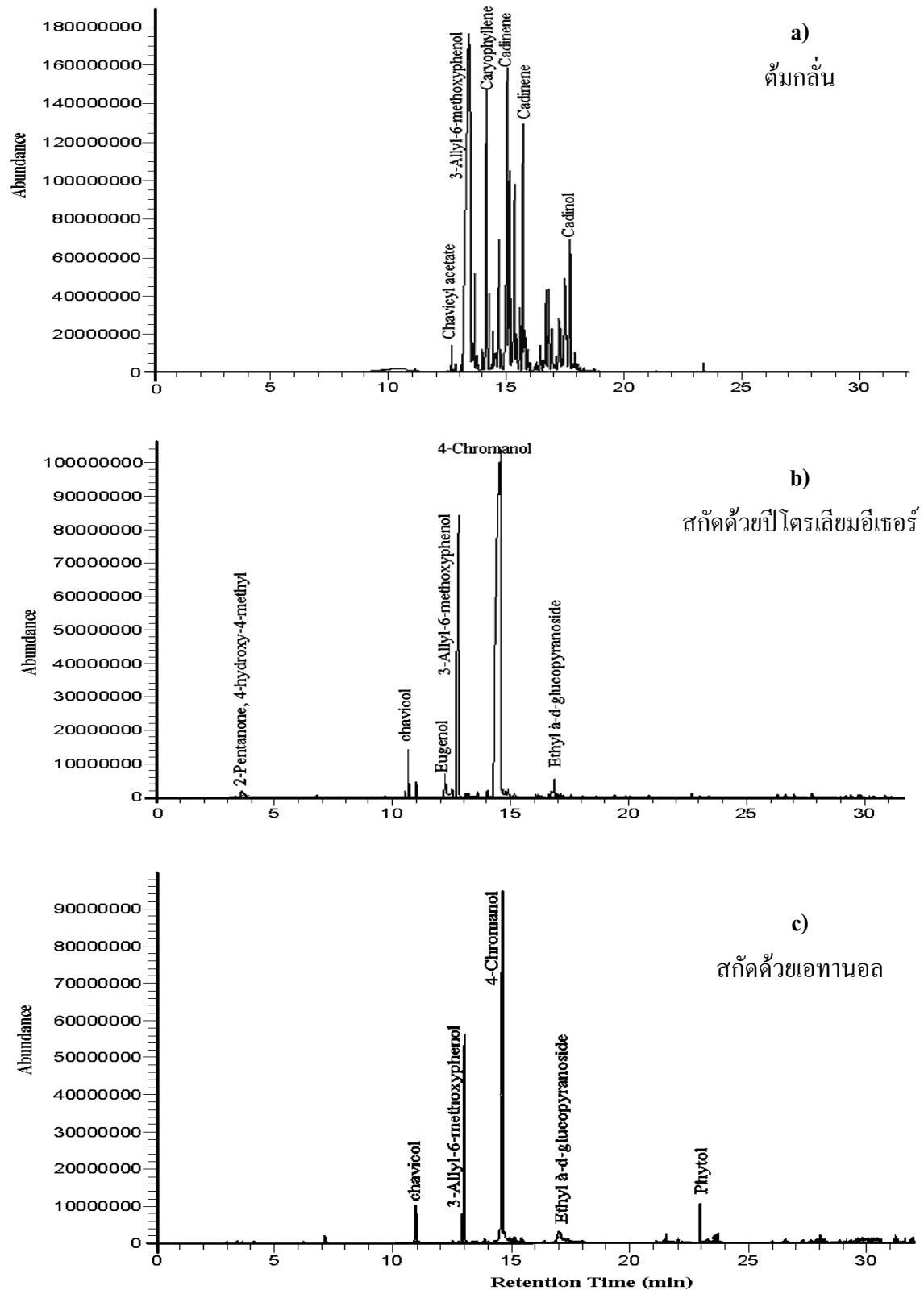
Peak no.	Compounds of celery	Groups	% Relative Peak Abundance		
			ต้มกลั่น	PE	ET
1	eucalyptol (1,8-cineole)	monoterpene	-	-	23.16
2	geranial (trans-citral)	monoterpene	0.58	-	1.38
3	elemene	sesquiterpene	0.66	-	5.73
4	trans-caryophyllene	sesquiterpene	5.00	2.21	9.62
5	farnesol	sesquiterpene	0.42	1.38	5.73
6	cis-caryophyllene	sesquiterpene	-	-	3.60
7	α -humulene	sesquiterpene	0.68	1.52	-
8	selinene	sesquiterpene	81.53	7.31	15.09
9	aromadendrene	sesquiterpene	0.80	-	1.55
10	bisabolene	sesquiterpene	-	1.93	8.32
11	phthalide		-	2.48	-
12	juniper camphor	sesquiterpene	10.33	83.17	25.13



รูปที่ 4.9 โครมาโตแกรมของสารสกัดจากคื่นฉ่ายซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปีโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล

ตารางที่ 4.5 % relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากพลูที่ได้จากการต้มกลั่นและตัวทำละลาย

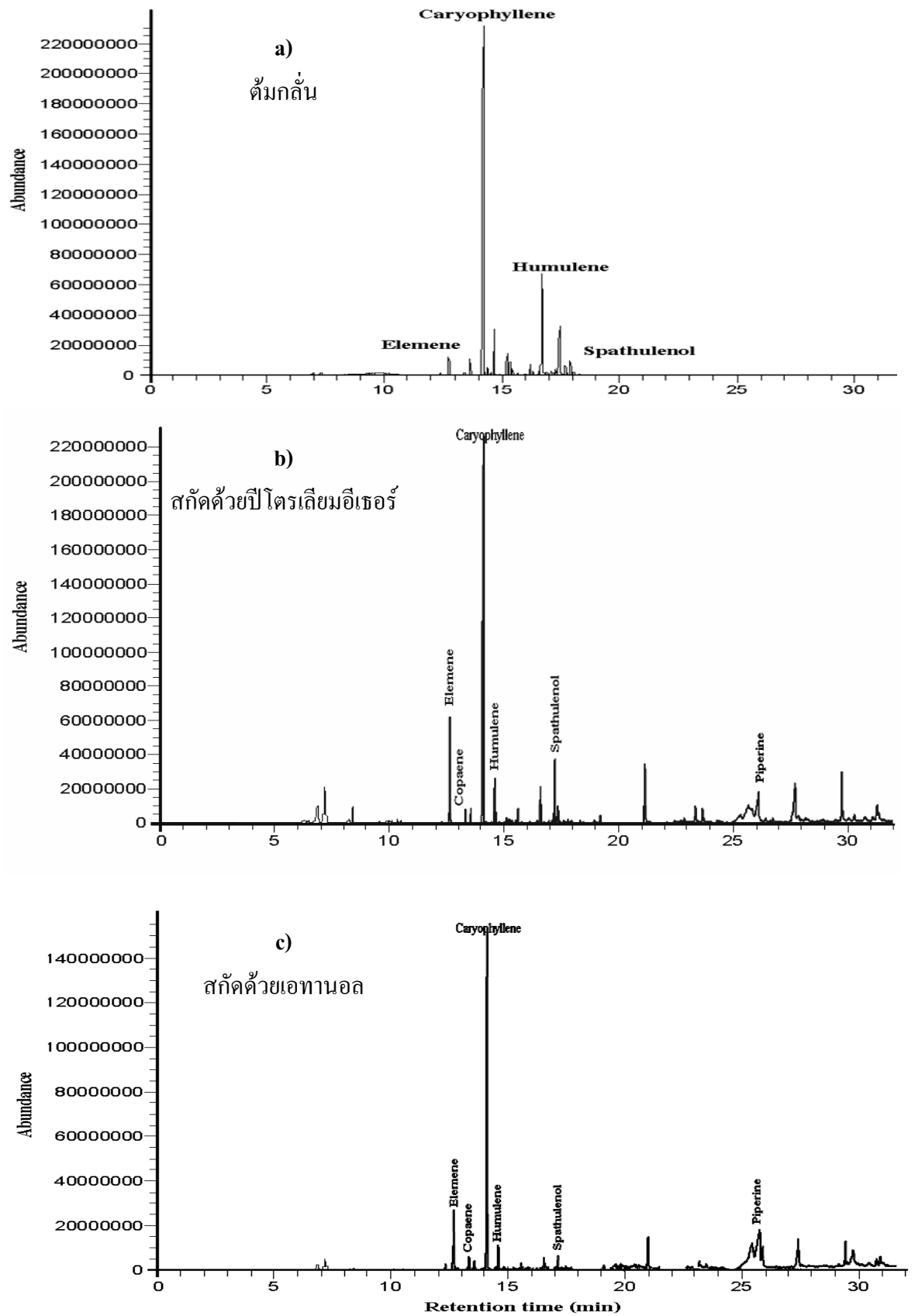
Peak no.	Compounds of betal	Groups	% Relative Peak Abundance		
			ต้มกลั่น	PE	ET
1	eucalyptol (1,8-cineole)	monoterpene	-	-	0.59
2	chavicol	phenol	-	1.31	3.67
3	eugenol	phenol	-	0.11	0.09
4	3-allyl-6-methoxyphenol	phenol	40.04	22.76	25.41
5	elemene	sesquiterpene	3.01	-	0.05
6	trans-caryophyllene	sesquiterpene	10.74	-	0.35
7	cubenol	sesquiterpene	2.38	-	-
8	aromadendrene	sesquiterpene	1.49	-	-
9	cis-caryophyllene	sesquiterpene	3.21	-	-
10	4-chromanol	quinone	-	75.19	68.73
11	α -cadinene	sesquiterpene	13.81	0.45	0.46
12	seychellene	sesquiterpene	1.38	-	-
13	valencene	sesquiterpene	7.30	-	-
14	β -cadinene	sesquiterpene	11.29	-	0.40
15	β -guaiene	sesquiterpene	3.60	0.11	0.16
16	juniper camphor	sesquiterpene	1.45	-	-



รูปที่ 4.10 โครมาโตแกรมของสารสกัดจากพลูซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปีโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล

ตารางที่ 4.6 % relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากพริกไทยขาวที่ได้จากการต้มกลั่นและตัวทำละลาย

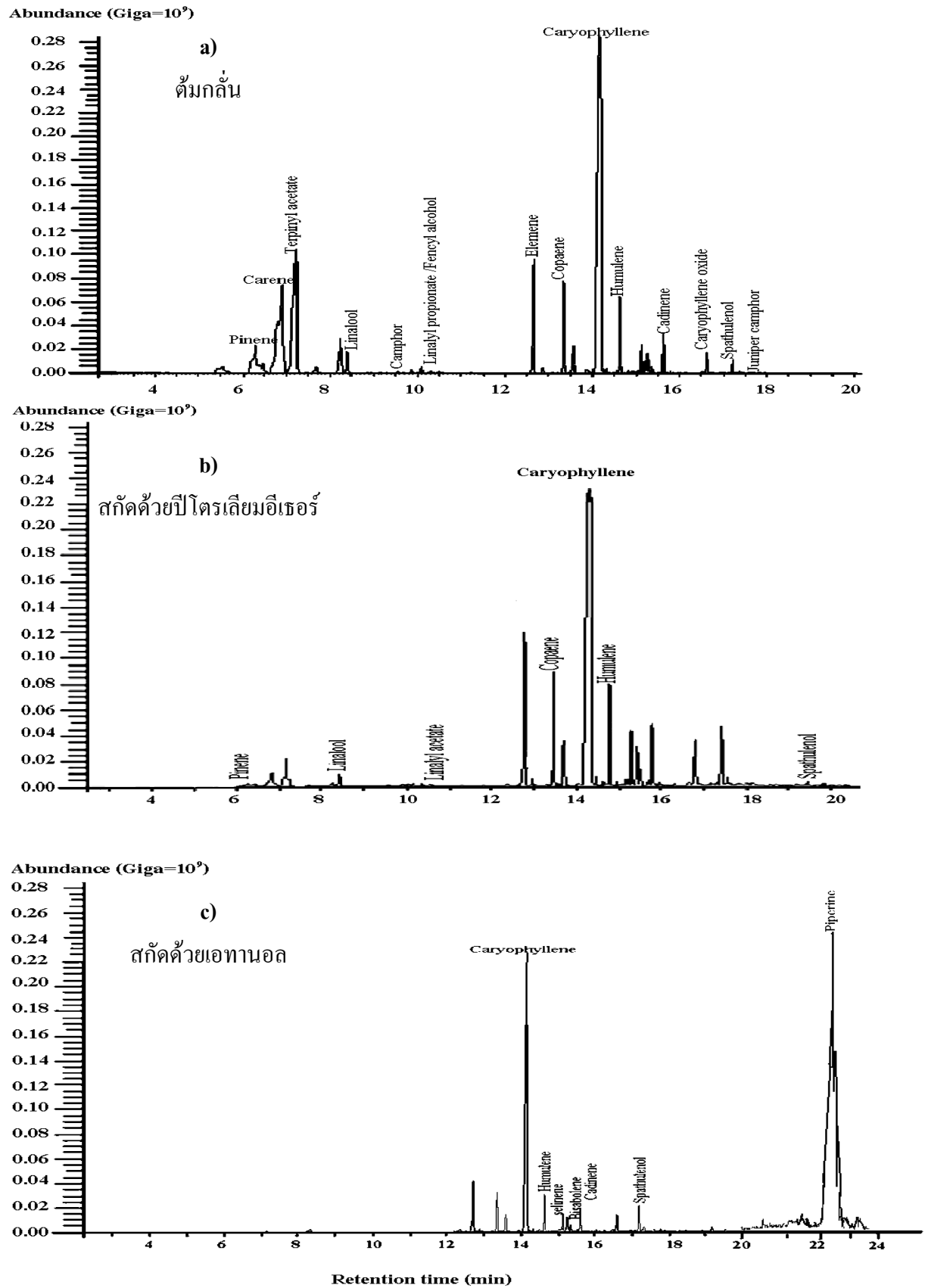
Peak no.	Compounds of white pepper	Groups	% Relative Peak Abundance		
			ต้มกลั่น	PE	ET
1	3-carene	monoterpene	0.53	0.28	1.24
2	elemene	sesquiterpene	4.59	12.20	9.30
3	α -copaene	sesquiterpene	0.24	1.33	1.59
4	trans-caryophyllene	sesquiterpene	75.40	59.43	53.59
5	α -farnesene	sesquiterpene	0.31	0.12	0.19
6	cis-caryophyllene	sesquiterpene	-	4.06	3.17
7	α -humulene	sesquiterpene	7.69	0.66	-
8	selinene	sesquiterpene	2.83	1.15	1.15
9	bisabolene	sesquiterpene	-	0.26	0.23
10	caryophyllene oxide	sesquiterpene	0.56	4.31	1.78
11	β -cadinene	sesquiterpene	0.52	0.59	0.96
12	spathulenol	sesquiterpene	7.31	7.54	2.28
13	piperine	alkaloid	-	8.05	24.53



รูปที่ 4.11 โครมาโตแกรมของสารสกัดจากพริกไทยขาวซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล

ตารางที่ 4.7 % relative peak area ของน้ำมันหอมระเหยจากพริกไทยดำที่ได้จากการต้มกลั่นและตัวทำละลาย

Peak no.	Compounds of black pepper	Groups	% Relative Peak Abundance		
			ต้มกลั่น	PE	ET
1	pinene	monoterpene	3.47	0.19	-
2	3-carene	monoterpene	12.81	1.39	0.05
3	α -terpinyl acetate	monoterpene	16.23	2.46	0.09
4	linalool	monoterpene	0.94	0.60	0.29
5	linalyl propionate	monoterpene	0.28	0.10	0.07
6	cis-sabinol	monoterpene	-	0.13	0.07
7	elemene	sesquiterpene	7.26	12.94	4.48
8	cubenol	sesquiterpene	0.27	0.38	0.14
9	α -copaene	sesquiterpene	4.34	6.52	2.34
10	trans-caryophyllene	sesquiterpene	44.36	56.11	30.01
11	β -guaiene	sesquiterpene	0.19	0.61	0.14
12	α -farnesene	sesquiterpene	-	0.17	0.08
13	cis-caryophyllene	sesquiterpene	3.52	-	2.09
14	α -humulene	sesquiterpene	-	5.56	-
15	selinene	sesquiterpene	2.52	5.05	2.17
16	bisabolene	sesquiterpene	0.21	0.71	0.36
17	β -cadinene	sesquiterpene	1.79	3.19	1.27
18	caryophyllene oxide	sesquiterpene	1.13	2.77	1.17
19	spathulenol	sesquiterpene	0.68	0.35	1.98
20	piperine	alkaloid	-	0.78	53.22



รูปที่ 4.12 โครมาโตแกรมของสารสกัดจากพริกไทยดำซึ่งสกัดโดย a) การต้มกลั่น b) ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และ c) ตัวทำละลายเอทานอล

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 6 ชนิดต่อหนอนกระทู้หอม

จากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการฟักไข่ การกินอาหาร และการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมของสารสกัดจากพืชทั้ง 6 ชนิด ผลการทดลองแยกตามสารสกัดของพืชแต่ละชนิดมีดังต่อไปนี้

4.2.1 อิทธิพลของสารสกัดจิ้งต่อหนอนกระทู้หอม

4.2.1.1 การยับยั้งการฟักไข่ในหนอนกระทู้หอม

จากตารางที่ 4.8 พบว่าสารสกัดจิ้งที่สกัดโดย PE ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ร้อยละ 100 ในวันที่ 1 หลังจากหนอนกระทู้หอมที่ได้รับสารสกัดจิ้ง รองลงมาคือ สารสกัดจิ้งจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm และจาก PE ความเข้มข้น 300 ppm ซึ่งสามารถยับยั้งการฟักไข่ได้ร้อยละ 95.67 และ 85.00 ตามลำดับ แต่ในวันที่ 5 หลังจากหนอนกระทู้หอมได้รับสารสกัด พบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของสารสกัดลดลง โดยพบว่าสารสกัดจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการฟักไข่ได้มากที่สุด (ร้อยละ 88.00) อย่างไรก็ตามผลการทดลองปรากฏว่าประสิทธิภาพการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุดในวันที่ 1 หลังจากหนอนกระทู้หอมได้รับสารสกัด ความเข้มข้น 500 ppm แต่มีหนอนวัย 1 ที่สามารถฟักออกจากไข่ได้ (ไม่เกินร้อยละ 10) อย่างไรก็ตามวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธีไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมยกเว้นสารสกัดจาก PE เท่านั้นที่สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้สูงสุด (ร้อยละ 69.50) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อเวลานานขึ้นหลังจากไข่ได้รับสารสกัดจิ้ง (5 วัน) ประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่จะลดลง โดยการใช้สารสกัดความเข้มข้น 50 และ 150 ppm ไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่ได้เลย ในขณะที่การใช้สารสกัดความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการฟักไข่ได้เพียงร้อยละ 67.22 ซึ่งวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธีไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม (ตารางที่ 4.8) จะเห็นได้ว่าสารสกัดจากจิ้งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้ต่ำกว่า 5 วัน เมื่อใช้ความเข้มข้น 500 ppm ดังนั้นควรศึกษาความเข้มข้นสูงกว่านี้เพื่อให้คงประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมให้นานขึ้นโดยเฉพาะสารสกัดจาก PE

4.2.1.2 ดัชนียับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant Index: AI) ในหนอนกระทู้หอม

หลังจากหนอนกินอาหารที่ผสมสารสกัดจิ้งเป็นเวลา 1 วัน พบว่า สารสกัดจิ้งจากการต้มกลั่นความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้มากที่สุด มี AI เท่ากับ 90.06 รองลงมาคือสารสกัดจาก PE ความเข้มข้น 500 ppm และ สารสกัดจากการต้มกลั่นความเข้มข้น 300 ppm โดยมี AI 74.27 และ 66.67 ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าสารสกัดจิ้งจาก ET ความเข้มข้น

500 ppm สามารถยับยั้งการกินอาหารได้เพียงปานกลางมีค่า AI เท่ากับ 56.64 แต่เมื่อเวลานานขึ้น (วันที่ 5) ประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนที่ได้กินอาหารผสมสารสกัดจาก ET มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นสารสกัดจาก ET ความเข้มข้น 300 ppm โดยมี AI เท่ากับ 96.03 และ 91.83 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) จะเห็นได้ว่าสารสกัดจาก ET มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมในวันแรกต่ำ แต่เมื่อเวลาผ่านไป 5 วันประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของสารสกัดจาก ET จะเพิ่มสูงที่สุด ดังนั้นควรใช้สารสกัดจาก ET ความเข้มข้น 300 – 500 ppm ยับยั้งการกินอาหารในการควบคุมการเข้าทำลายพืชของหนอนกระทู้หอมที่นานมากกว่า 5 วัน แต่ถ้าต้องการให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารภายในเวลา 1 วัน ควรใช้สารสกัดจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm แทน

4.2.1.3 การเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนวันที่หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้หลังจากได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดจากจิง โดยหนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ช้าลง (ใช้เวลานานมากขึ้น) เมื่อเทียบกับเวลาที่หนอนกระทู้หอมที่ไม่ได้รับสารสกัดจิง หรือ control เข้าดักแด้ ซึ่งใช้ระยะเวลาเท่ากับ 14 วัน โดยหนอนกระทู้หอมที่ได้รับสารสกัดจิงจาก PE ความเข้มข้น 300 ppm และ ET ความเข้มข้น 500 ppm เข้าดักแด้ในวันที่ 18 หลังจากได้รับสารสกัด อย่างไรก็ตามไม่พบหนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เลยใน treatment ที่ใช้สารสกัดจิงจากการต้มกลั่นและ PE ความเข้มข้น 500 ppm เนื่องจากหนอนกระทู้หอมตายหมดไม่เหลือหนอนกระทู้หอมให้เจริญเติบโตจนเข้าดักแด้ (ตารางที่ 4.8) ดังนั้นในสภาพของแปลงปลูกจริงถ้ายืดเวลาให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ให้นานขึ้น หนอนอาจถูกทำลายโดยสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิสูงของอากาศและของใบพืช ซึ่งจะส่งผลต่อการเพาะปลูกพืชที่มีหนอนกระทู้หอมระบาด

4.2.2 อิทธิพลของสารสกัดฆ่าต่อหนอนกระทู้หอม

4.2.2.1 การยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

พบว่าสารสกัดจากข่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมต่างกัน ($p < 0.01$) โดยในวันที่ 1 หลังจากไข่ของหนอนกระทู้หอมได้รับสารสกัดข่าจากการต้มกลั่นความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการฟักไข่ได้สูงสุด เท่ากับร้อยละ 87.33 รองลงมาเป็นสารสกัดข่าจาก ET ความเข้มข้น 500 ppm ยับยั้งการฟักไข่ได้ร้อยละ 83.00 แต่เมื่อให้สารสกัดข่าเป็นเวลา 5 วัน พบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมลดลงอย่างมาก โดยสารสกัดข่าความเข้มข้น 500 ppm จากวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี ไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ (ยับยั้งได้ร้อยละ 0) เนื่องจากเกิด adverse effect (Papachristos และ Stamopoulos, 2002) แต่เมื่อใช้สารสกัดความเข้มข้นที่ต่ำลงมา เช่น สารสกัดข่าจาก ET ความเข้มข้น 300 ppm สามารถยับยั้งการฟักไข่ของ

หนอนกระทู้หอมได้ร้อยละ 57.33 (ตารางที่ 4.9) จากผลที่กล่าวมาแล้วแสดงให้เห็นว่าสารสกัดขามีความคงทนในการนำมาใช้ยับยั้งการฟักไข่ลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยอาจมีประสิทธิภาพได้ต่ำกว่า 5 วัน และสารสกัดข่าจาก ET มีประสิทธิภาพยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมมากกว่าสารสกัดข่าจาก PE และการต้มกลั่น

4.2.2.2 ดัชนียับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant Index: AI) ของหนอนกระทู้หอม

เมื่อนำสารสกัดขามาผสมในอาหารเลี้ยงหนอนกระทู้หอม และให้หนอนกินอาหารเพื่อศึกษา AI พบว่า หลังจากให้หนอนกระทู้หอมกินอาหารแล้ว 1 วัน สารสกัดข่าจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้ดีที่สุดและไม่ต่างกับสารสกัดข่าจาก PE และ ET ความเข้มข้น 500 ppm อย่างไรก็ตามสารสกัดข่าจากทุกวิธีการสกัด เมื่อใช้ความเข้มข้น 50 และ 150 ppm สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้น้อย และไม่ต่างกัน โดยมี AI เท่ากับร้อยละ 35.45-47.62 ส่วนการกินอาหารผสมสารสกัดข่าของหนอนในวันที่ 5 พบว่า ประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสารสกัดข่าจาก ET ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับสารสกัดข่าจากการต้มกลั่น และ PE ความเข้มข้น 500 ppm ซึ่งมีค่า AI เท่ากับร้อยละ 96.23, 95.17 และ 91.81 ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบว่าวิธีการสกัดสารมีผลต่อการกินอาหารของหนอน (ตารางที่ 4.9) จะเห็นได้ว่าสารสกัดข่าทุกวิธีการสกัดสามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมเมื่อใช้ความเข้มข้น 500 ppm

4.2.2.3 การเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

พบว่าหนอนกระทู้หอมเมื่อได้รับสารสกัดข่าสามารถเข้าดักแด้ได้ภายในระยะเวลา 13-18 วัน โดยสารสกัดข่าจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm ทำให้หนอนเข้าดักแด้โดยใช้เวลานานที่สุด 18 วัน และสารสกัดข่าจาก ET ความเข้มข้น 50 ppm ทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เร็วที่สุด คือ 13 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารสกัดข่าจากการต้มกลั่นทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ช้าที่สุด ซึ่งใช้เวลาการเข้าดักแด้นานกว่าสารสกัดข่าจาก PE และ ET (ตารางที่ 4.9)

4.2.3 อิทธิพลของสารสกัดขึ้นฉ่ายต่อหนอนกระทู้หอม

4.2.3.1 การยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

จากตารางที่ 4.10 สารสกัดขึ้นฉ่ายที่ความเข้มข้น 50 และ 150 ppm ไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ หนอนสามารถฟักออกจากไข่ได้ทั้งหมดร้อยละ 100 จากผลการทดลองพบว่าในวันที่ 1 หนอนที่ได้รับสารสกัด PE ความเข้มข้น 500 ppm มีค่าการยับยั้งการฟักไข่ได้สูงที่สุด เท่ากับ

ร้อยละ 61.00 แต่เมื่อไข่ได้รับสารสกัดเป็นเวลาเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงวันที่ 5 ค่าการยับยั้งจากสารสกัด ทุกวิธีและทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการฟักไข่ได้ลดลง จนค่ายับยั้งต่ำกว่าร้อยละ 6 หนองส่วน ใหญ่จึงฟักออกมาเป็นหนอนวัย 1 ได้ โดยสารสกัดด้วยการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm มีค่าการ ยับยั้งสูงที่สุดเพียงร้อยละ 5.33 หากพิจารณาวิธีการสกัดในการยับยั้งการฟักไข่พบว่า PE ยับยั้งได้ดี ที่สุด แต่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจนถึง 5 วันกลับมีค่ายับยั้งเป็น 0 แสดงว่าเมื่อเวลานานขึ้นสารสกัดมี ประสิทธิภาพลดลง การนำสารสกัดขึ้นน้ำมาใช้จึงควรเลือกใช้สารสกัดสารขึ้นน้ำเพื่อผลการ ควบคุมในระยะเวลาสั้น เลือกสกัดจาก PE ที่ความเข้มข้นสูง 300 ppm ขึ้นไปจะแสดงผลในการยับยั้ง การฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

4.2.3.2 ดัชนียับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant Index) ของหนอนกระทู้หอม

เมื่อหนอนกินอาหารที่ผสมสารสกัดเป็นเวลา 1 วัน พบว่า สารสกัดขึ้นน้ำด้วย PE ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการกินของหนอนได้สูงสุด มี AI เท่ากับ 49.20 รองลงมาคือสารจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 300 และ 500 ppm มี AI เท่ากับ 44.66-46.28 เมื่อหนอนกินอาหารผสมสารสกัดเป็น เวลานานขึ้น (5 วัน) สารสกัดที่ยับยั้งการกินสูงที่สุดมาจาก ET ความเข้มข้น 500 ppm มี AI เท่ากับ 60.12 การศึกษายังพบเพิ่มเติมว่าวิธีการสกัดที่ดีที่สุดในการยับยั้งการกินของหนอนคือการสกัดด้วย PE มี AI เท่ากับ 40.51 และ 50.49 เมื่อให้สารเป็นเวลา 1 และ 5 วันตามลำดับ ส่วนการต้มกลั่นและ ET ค่า AI เท่ากับ 34.12-34.41 และ 48.51-49.75 ในวันที่ 1 และ 5 วันตามลำดับ (ตารางที่ 4.10)

4.2.3.3 การเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

พบว่าสารสกัดขึ้นน้ำทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ภายในระยะเวลา 9-17 วัน (ตารางที่ 4.10) โดย สารสกัด ET ความเข้มข้น 500 ppm ทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้โดยใช้เวลานานที่สุด คือ 17 วัน ส่วนสารสกัดจาก PE ความเข้มข้น 50 ppm ทำให้หนอนเข้าดักแด้เร็วที่สุด คือ 9 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม control ซึ่งไม่ได้รับสารสกัดและทำให้หนอนเข้าดักแด้ในวันที่ 14 จะเห็นได้ว่ามีเพียงสาร สกัดที่ความเข้มข้น 500 ppm เท่านั้นที่ทำให้การเข้าดักแด้ของหนอนใช้เวลานานขึ้น คือ 15-17 วัน ในขณะที่สารสกัดความเข้มข้น 50, 150 และ 300 ppm นั้นทำให้หนอนสามารถเข้าดักแด้เร็วขึ้น โดย ใช้เวลาระหว่าง 11-14 วัน นอกจากนี้พบว่าสารที่สกัดด้วยวิธีการต้มกลั่นและ ET ทำให้หนอนเข้า ดักแด้ได้เท่ากัน คือใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 13.25 วัน ซึ่งช้ากว่า PE ที่ทำให้หนอนเข้าดักแด้ในเวลา 12 วัน

4.2.4 อิทธิพลของสารสกัดพลูต่อนอนกระทุ้หอม

4.2.4.1 การยับยั้งการฟักไข่ของนอนกระทุ้หอม

ค่าการการยับยั้งการฟักไข่เมื่อนอนได้รับสารสกัดพลู (ตารางที่ 4.11) พบว่านอนที่ได้รับสารสกัดต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm ทั้ง 1 วันและ 5 วัน ยับยั้งการฟักไข่ได้สูงที่สุด เท่ากับ 99.33 และ 92.67 ตามลำดับ รองลงมาคือสารจากการต้มกลั่น 300 ppm ทั้ง วันที่ 1 และ 5 ยับยั้งไข่ได้ร้อยละ 98.00 และ 91.67 ตามลำดับ ส่วนค่าการยับยั้งการฟักไข่ต่ำที่สุดเมื่อใช้สารสกัดจาก ET ความเข้มข้น 50 และ 150 ppm ซึ่งไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่ได้เลย นอนจึงฟักเป็นตัวทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดจากการต้มกลั่นทุกความเข้มข้นยับยั้งการฟักไข่สูงที่สุดในวันที่ 1 ของการให้สาร สารสกัดความเข้มข้น 50, 150, 300 และ 500 ppm ยับยั้งไข่นอนได้ร้อยละ 89.33, 93.67, 98.00 และ 99.33 ตามลำดับ จะเห็นว่าการต้มกลั่นยับยั้งการฟักไข่ได้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ร้อยละ 95.08 และ 86.17 สูงกว่าการสกัดด้วย PE ซึ่งยับยั้งการฟักไข่ได้ร้อยละ 65.08 และ 46.00 ส่วน ET ยับยั้งได้ต่ำที่สุดร้อยละ 46.00 และ 29.33 นอกจากนี้พบว่าเมื่อให้สารสกัดเป็นระยะเวลายาว ค่าการยับยั้งการฟักไข่กลับลดลง ทำให้นอนสามารถฟักออกจากไข่ได้มากขึ้น อาจเนื่องมาจากนอนกระทุ้หอมมีการปรับตัวให้ทนทานต่อสารสกัด (ตารางที่ 4.11)

4.2.4.2 ดัชนียับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant Index) ของนอนกระทุ้หอม

เมื่อนอนกระทุ้หอมได้รับสารสกัดพลูโดยการกินอาหารที่ผสมสารสกัด (ตารางที่ 4.11) พบว่า สารสกัดจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 50 ppm ยับยั้งการกินอาหารของนอนกระทุ้หอมได้ต่ำที่สุด มีค่า AI เท่ากับ 23.60 และ 56.77 ในวันที่ 1 และ 5 ของการทดลอง ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดต้มกลั่นความเข้มข้น 500 ppm ยับยั้งการกินอาหารได้สูงที่สุดเมื่อได้รับสารสกัด 1 วัน โดยมี AI เท่ากับ 84.68 แต่นอนที่กินอาหารผสมพลูที่สกัดด้วย PE เป็นเวลานาน 5 วัน ความเข้มข้น 500 ppm ยับยั้งการกินอาหารสูงสุดโดยมีค่า AI เท่ากับ 94.94 นอกจากนี้ผลของความแตกต่างของความเข้มข้นต่อการยับยั้งการกินอาหารของนอนกระทุ้หอมแตกต่างกัน โดยการทดสอบให้นอนกินอาหารผสมสารสกัดเป็นเวลา 1 วัน พบว่าที่ความเข้มข้นยิ่งสูงการยับยั้งการกินอาหารก็สูงตามด้วย แต่เมื่อเวลาการทดสอบเพิ่มขึ้นเป็น 5 วัน กลับพบว่าสารที่ความเข้มข้น 150, 300 และ 500 ppm ให้ค่า AI ใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 79.33-84.36 ต่างจากความเข้มข้น 50 ppm ที่ยับยั้งการกินได้ต่ำกว่า คือเท่ากับร้อยละ 69.80 (ตารางที่ 4.11) และสารที่สกัดด้วยวิธีต่างๆ ในวันที่ 1 ไม่พบความแตกต่างของการกินอาหาร แต่ในวันที่ 5 พบว่าสารสกัด PE ยับยั้งการกินได้สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 92.17 รองลงมาคือ ET ยับยั้งการกินได้เท่ากับร้อยละ 78.75 และยับยั้งการกินได้ต่ำที่สุดเมื่อสกัดสารด้วยวิธีการต้มกลั่น (ตารางที่ 4.11)

4.2.4.3 การเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

จากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่าสารสกัดพลูมีอิทธิพลการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมสูง หนอนที่ได้รับสารสกัดพลูอ่อนแอจนตายไปก่อนเข้าระยะดักแด้ มีเพียงสารสกัดพลูจากการต้มกลั่น, PE และ ET ความเข้มข้น 50 ppm ทำให้หนอนเข้าดักแด้ในระยะเวลาเท่ากับ 13-15 วัน ใกล้เคียงกับ control และพบว่าสารสกัดจาก ET ความเข้มข้น 150 ppm ทำให้หนอนเข้าดักแด้ได้เร็วขึ้น คือ 11 วัน เมื่อพิจารณาการสกัดด้วยวิธีการต่างๆ พบว่า PE ทำให้หนอนเข้าดักแด้โดยใช้เวลานานที่สุด คือ 15 วัน รองลงมาคือสารสกัดด้วยการต้มกลั่นและ ET ที่ใช้เวลาในการเข้าดักแด้เท่ากับ 13 และ 12.50 วัน ตามลำดับ

4.2.5 อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยขาวต่อหนอนกระทู้หอม

4.2.5.1 การยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

จากผลการทดลองจะเห็นว่าสารสกัดพริกไทยขาวที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งการฟักไข่ หนอนกระทู้หอมคือสารสกัดจาก ET ความเข้มข้น 500 ppm ซึ่งยับยั้งเท่ากับร้อยละ 94.67 และ 59.00 ในวันที่ 1 และ 5 ตามลำดับ รองลงมาคือสารสกัดด้วย PE ความเข้มข้น 500 ppm ยับยั้งได้ร้อยละ 78.67 และ 51.67 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดพริกไทยขาวที่ยับยั้งการฟักไข่ได้ต่ำที่สุด คือ สารสกัดด้วยการต้มกลั่นที่ความเข้มข้น 50 และ 150 ppm ไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่ได้เลย หนอนจึงฟักทั้งหมด เท่ากับสารสกัดจาก PE ความเข้มข้น 50 ppm และ ET 50 ppm (เฉพาะในวันที่ 5) นอกจากนี้พบว่า เมื่อหนอนได้รับสารสกัดเป็นเวลานานขึ้นค่าการยับยั้งการฟักไข่กลับต่ำลง และจากตารางที่ 4.12 พบว่า ET มีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยยับยั้งได้ร้อยละ 54.41 และ 17.17 สูงกว่า PE ที่ยับยั้งได้ 33.92 และ 14.25 ส่วน ET ยับยั้งได้ต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 21.17 และ 11.75 ในวันที่ 1 และ วันที่ 5 ของการได้รับสารสกัด ตามลำดับ

4.2.5.2 ดัชนียับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant Index) ของหนอนกระทู้หอม

จากการศึกษาพบว่าสารสกัดด้วยการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm ยับยั้งการกินอาหารในวันที่ 1 สูงที่สุด โดยมี AI เท่ากับ 93.79 รองลงมาคือสารสกัด PE ความเข้มข้น 300 ppm มี AI เท่ากับ 92.64 ส่วนสารสกัดด้วย ET ความเข้มข้น 50 ppm ยับยั้งการกินอาหารได้ต่ำที่สุด โดยมี AI เท่ากับ 33.87 ในขณะที่การทดสอบในวันที่ 5 พบว่าสารสกัดด้วย PE ยับยั้งการกินอาหารได้สูงที่สุด มี AI เท่ากับ 99.22 ส่วนสารจากต้มกลั่น ความเข้มข้น 50 ppm ให้ค่ายับยั้งการกินอาหารต่ำที่สุด AI เท่ากับ 71.46 (ตารางที่ 4.12) นอกจากนี้พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดพริกไทยขาวมีผลต่อการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม โดยความเข้มข้นสูง ค่า AI ยิ่งสูง และลดลงตามลำดับความเข้มข้น และพบว่าสารสกัด ET

ยับยั้งการกินอาหารได้ต่ำที่สุดในวันที่ 1 ค่า AI เท่ากับร้อยละ 51.56 ส่วนสารสกัดด้วยการต้มกลั่นและ PE ที่ยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้สูงกว่า ET มีค่า AI เท่ากับ 78.30 และ 79.00 ตามลำดับ ส่วนหนอนได้รับสารสกัดพริกไทยขาวเป็นเวลา 5 วันผลการกินอาหารไม่พบความแตกต่างของการกินอาหาร ($p>0.05$)

4.2.5.3 การเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

การศึกษาผลการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมเมื่อหนอนได้รับสารสกัดพริกไทยขาวตามตารางที่ 4.12 พบว่าสารสกัดจาก ET ความเข้มข้น 50 ppm เท่านั้นที่ทำให้ระยะเวลาการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมช้าลง เท่ากับ 16 วัน ส่วนความเข้มข้นและวิธีการสกัดอื่นนอกเหนือจากนี้ไม่สามารถยับยั้งการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม ได้เนื่องจากให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เร็วกว่า 14 วัน (control) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้น ผลการเข้าดักแด้ของหนอนจะใช้ระยะเวลาเร็วขึ้น สำหรับการสกัดด้วยการต้มกลั่น ที่ความเข้มข้น 50, 150, 300 และ 500 ppm ทำให้หนอนเข้าดักแด้โดยใช้เวลา 14, 13, 12 และ 11 วัน ตามลำดับ การสกัดด้วย PE ที่ความเข้มข้น 50, 150 และ 300 ppm ทำให้หนอนเข้าดักแด้โดยใช้เวลา 13, 11 และ 11 วัน ตามลำดับ การสกัดด้วย ET ที่ความเข้มข้น 50, 150 และ 300 ppm ทำให้หนอนเข้าดักแด้โดยใช้เวลา 16, 12 และ 12 วัน ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้น 500 ppm จากการสกัดด้วย PE และ ET ไม่สามารถวัดค่าการยับยั้งการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมได้ เนื่องจากความเข้มข้น 500 ppm นี้ทำให้หนอนกระทู้หอมตายในวันที่ 8 และ 6 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นที่แตกต่างของสารสกัด พบว่ามีเพียงความเข้มข้น 50 ppm เท่านั้นที่ทำใหหนอนเข้าดักแด้ได้เท่ากับกลุ่ม control คือใช้เวลา 14 วัน แต่ที่ความเข้มข้น 150, 300 และ 500 ppm ทำให้หนอนกระทู้หอมสามารถเข้าดักแด้เร็วขึ้น โดยใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 12.67, 11.33 และ 12.00 วัน ตามลำดับ และจะเห็นว่าเมื่อพิจารณาวิธีการสกัด การสกัดสารจากพริกด้วย PE ทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้โดยใช้เวลาเร็วที่สุด เท่ากับ 11.67 วัน เร็วกว่าการต้มกลั่นและ ET ที่หนอนเข้าดักแด้เท่ากับ 12.50 และ 13.33 วัน

4.2.6 อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยดำหนอนกระทู้หอม

4.2.6.1 การยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

จากตารางที่ 4.13 การสกัดสารด้วย ET ความเข้มข้น 50 ppm ยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมในวันที่ 1 ได้ต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 0 เท่ากับการสกัดด้วย ET ความเข้มข้น 150 ppm ที่ 5 วันและการต้มกลั่น ความเข้มข้น 50, 150 และ 300 ppm ในวันที่ 5 ในขณะที่สารสกัดจากตัวทำละลายที่ความเข้มข้น 500 ppm ยับยั้งการฟักไข่ได้สูง โดย PE ยับยั้งเท่ากับร้อยละ 99.33 และ ET ยับยั้งเท่ากับร้อยละ 98.00

และ 87.33 ตามลำดับ เมื่อทดสอบการฟักไข่ของหนอนที่ได้รับสารสกัดพริกไทยดำเป็นเวลา 5 วัน พบว่าสารที่สกัดด้วยการต้มกลั่นที่ความเข้มข้น 50, 150 และ 300 ppm และสารที่สกัดด้วย ET ที่ความเข้มข้น 150 ppm ยับยั้งการฟักไข่เท่ากับ ร้อยละ 0 คือไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่หนอนกระทู้หอมได้เลย ในขณะที่สารที่สกัดด้วย PE ความเข้มข้น 500 ppm ยับยั้งการฟักไข่ได้สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 99.33 นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของสารสกัดพริกไทยดำยิ่งสูง ค่าการยับยั้งการฟักไข่ได้สูง และวิธีการสกัดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ ET ซึ่งยับยั้งได้ร้อยละ 79.17 และ 52.28 ในวันที่ 1 และ 5 รองลงมาสำหรับการทดลองวันที่ 1 คือสารสกัดด้วย PE และต้มกลั่น ซึ่งยับยั้งการฟักไข่สูงเท่ากับ 53.33 และ 9.64 ตามลำดับ ส่วนการทดลองวันที่ 5 การต้มกลั่นยับยั้งการฟักไข่ได้ 6.11 ดีกว่า PE ที่ยับยั้งได้ 5.75 (ตารางที่ 4.13)

4.2.6.2 ดัชนียับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant Index) ของหนอนกระทู้หอม

เมื่อพิจารณาค่าการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมในตารางที่ 4.13 พบว่าเมื่อหนอนได้รับสารสกัดเป็นเวลา 1 วัน สารสกัดจาก PE ความเข้มข้น 500 ppm ยับยั้งการกินอาหารได้สูงที่สุด มี AI เท่ากับ 94.67 รองลงมาคือสารสกัดจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm มี AI 89.09 ส่วนสารสกัดจาก ET ความเข้มข้น 150 ppm ยับยั้งการกินอาหารได้ต่ำที่สุด มี AI เท่ากับ 52.18 ในขณะที่เมื่อหนอนได้รับสารสกัดผสมอาหารเป็นเวลา 5 วัน พบว่าสารจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm มีค่าการยับยั้งการกินอาหารของหนอนสูงที่สุด มี AI เท่ากับ 99.22 รองลงมาคือสารสกัดจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm มี AI เท่ากับ 98.45 ส่วนสารสกัดจากการต้มกลั่นความเข้มข้น 50 ppm สามารถยับยั้งการกินอาหารได้ต่ำที่สุด มี AI เท่ากับ 57.42

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของสารสกัด พบว่ายิ่งที่ระดับความเข้มข้นสูงจะสามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมยิ่งได้สูงด้วย และวิธีการสกัดด้วยจากการต้มกลั่นยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้ต่ำที่สุด มี AI เท่ากับ 6.58 และ 5.12 ในวันที่ 1 และ 5 ของการทดลอง ส่วนการสกัดที่ยับยั้งการกินอาหารได้ดีที่สุดเมื่อทดลองให้สารสกัดพริกไทยดำเป็นเวลา 1 วัน ได้แก่ PE มี AI เท่ากับ 76.12 รองลงมาคือ ET มี AI เท่ากับ 75.20 ส่วนวันที่ 5 หลังหนอนกินอาหารผสมสารสกัด การสกัดด้วย ET ยับยั้งการกินอาหารสูงที่สุด มี AI เท่ากับ 91.52 ส่วนสารสกัดจาก PE มี AI เท่ากับ 74.48

4.2.6.3 การเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

จากผลการศึกษาในตารางที่ 4.14 พบว่า สารสกัดพริกไทยดำทุกความเข้มข้นและวิธีการสกัดออกฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทู้หอม ยกเว้นเพียงสารสกัดพริกไทยดำด้วยการต้มกลั่น ความเข้มข้น 50 ppm เท่านั้นที่ทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ในเวลาเท่ากับกลุ่ม control คือ 14 วัน

ตารางที่ 4.8 อิทธิพลของสารสกัดขิงต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้าดักแด้ของ หนอนกระทู้หอม

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	การยับยั้งการฟักไข่ (%)		Antifeedant Index (%)		การเข้าดักแด้ (วันที่)
		วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	
การต้มกลั่น		45.75 ^b	28.83 ^a	58.36 ^a	76.52 ^b	15.33
ปิโตรเลียมอีเธอร์		69.50 ^a	24.67 ^a	56.89 ^a	74.17 ^b	16.67
เอทานอล		39.75 ^b	26.00 ^a	53.43 ^a	87.56 ^a	15.75
F-test		**	ns	ns	*	-
	0	10.67 ^d	0.00 ^c	-	-	14.00
	50	16.67 ^d	0.00 ^c	40.28 ^c	72.70 ^b	14.67
	150	33.22 ^c	0.00 ^c	53.45 ^b	76.68 ^{ab}	15.33
	300	66.56 ^b	38.78 ^b	57.52 ^b	82.71 ^{ab}	17.00
	500	90.22 ^a	67.22 ^a	73.66 ^a	85.59 ^a	18.00
F-test		**	**	**	ns	-
การต้มกลั่น	50	11.67 ^{gh}	0.00 ^d	31.58 ^h	72.50 ^{cd}	14
	150	28.67 ^{fg}	0.00 ^d	45.12 ^{fgh}	72.77 ^{cd}	15
	300	47.00 ^c	27.33 ^c	66.67 ^{bc}	75.63 ^{bcd}	17
	500	95.67 ^a	88.00 ^a	90.06 ^a	85.20 ^{abc}	ตายในวันที่ 14
ปิโตรเลียมอีเธอร์	50	38.33 ^{ef}	0.00 ^d	40.34 ^{gh}	63.90 ^d	17
	150	54.67 ^{de}	0.00 ^d	50.23 ^{defg}	76.59 ^{bcd}	15
	300	85.00 ^{ab}	46.00 ^{bc}	62.70 ^{bcde}	80.67 ^{abcd}	18
	500	100 ^a	61.00 ^b	74.27 ^{ab}	75.52 ^{bcd}	ตายในวันที่ 11
เอทานอล	50	0.00 ^h	0.00 ^d	48.93 ^{efg}	81.70 ^{abc}	13
	150	16.33 ^{gh}	0.00 ^d	65.00 ^{bcd}	80.69 ^{abcd}	16
	300	67.67 ^{cd}	43.00 ^{bc}	43.17 ^{fgh}	91.83 ^{ab}	16
	500	75.00 ^{bc}	52.67 ^b	56.64 ^{cdef}	96.03 ^a	18
F-test		*	*	**	ns	-
C.V. (%)		20.02	45.93	16.68	13.16	-

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญซึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.9 อิทธิพลของสารสกัดชาต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้าดักแด้ของ หนอนกระทู้หอม

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	การยับยั้งการฟักไข่ (%)		Antifeedant Index (%)		การเข้าดักแด้ (วันที่)
		วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	
การต้มกลั่น		36.08 ^c	8.58 ^b	53.12 ^a	77.38 ^b	15.50
ปีโตรเลียมอีเทอร์		45.92 ^b	5.50 ^b	47.98 ^a	85.85 ^a	15.25
เอทานอล		57.17 ^a	14.33 ^a	54.00 ^a	80.88 ^{ab}	14.75
F-test		**	**	ns	ns	-
	0	10.67 ^d	0.00 ^c	-	-	14.00
	50	8.67 ^d	3.56 ^{bc}	40.77 ^c	68.85 ^b	14.00
	150	41.56 ^c	6.67 ^b	39.71 ^c	75.44 ^b	14.67
	300	63.89 ^b	27.67 ^a	58.06 ^b	86.79 ^a	15.33
	500	71.44 ^a	0.00 ^c	68.24 ^a	94.40 ^a	16.67
F-test		**	**	**	**	-
การต้มกลั่น	50	13.33 ^c	6.67 ^{cd}	36.01 ^d	63.96 ^c	15
	150	16.00 ^c	7.67 ^{cd}	35.45 ^d	66.06 ^c	13
	300	27.67 ^d	20.00 ^b	69.50 ^{ab}	84.33 ^{ab}	16
	500	87.33 ^a	0.00 ^c	71.50 ^a	95.17 ^a	18
ปีโตรเลียมอีเทอร์	50	12.67 ^c	4.00 ^{dc}	38.69 ^d	75.61 ^{bc}	14
	150	44.67 ^c	12.33 ^c	37.28 ^d	85.75 ^{ab}	16
	300	82.33 ^a	5.67 ^{dc}	46.12 ^{cd}	90.24 ^a	15
	500	44.00 ^c	0.00 ^c	69.81 ^{ab}	91.81 ^a	16
เอทานอล	50	0.00 ^f	0.00 ^c	47.62 ^{cd}	66.97 ^c	13
	150	64.00 ^b	0.00 ^c	46.39 ^{cd}	74.51 ^{bc}	15
	300	81.67 ^a	57.33 ^a	58.57 ^{bc}	85.75 ^{ab}	15
	500	83.00 ^a	0.00 ^c	63.42 ^{ab}	96.23 ^a	16
F-test		**	**	*	ns	-
C.V. (%)		12.53	40.14	14.56	10.43	-

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญซึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.10 อิทธิพลของสารสกัดขึ้นฉ่ายต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	การยับยั้งการฟักไข่ (%)		Antifeedant Index (%)		การเข้าดักแด้ (วันที่)
		วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	
การต้มกลั่น		5.58 ^c	1.33 ^a	34.41 ^b	48.51 ^a	13.25
ปีโตรเลียมอีเธอร์		22.25 ^a	0.00 ^b	40.51 ^a	50.49 ^a	12.00
เอทานอล		13.67 ^b	1.92 ^a	34.12 ^b	49.75 ^a	13.25
F-test		**	**	**	**	-
	0	10.67 ^b	0.00 ^b	-	-	14.00
	50	0.00 ^c	0.00 ^b	26.14 ^d	45.62 ^b	10.67
	150	0.00 ^c	0.00 ^b	32.50 ^c	48.45 ^b	12.33
	300	17.00 ^b	1.22 ^b	41.04 ^b	49.38 ^{ab}	12.33
	500	38.33 ^a	3.11 ^a	45.71 ^a	54.89 ^a	16.00
F-test		**	**	**	**	-
การต้มกลั่น	50	0.00 ^d	0.00 ^b	16.67 ^f	42.69 ^{de}	12
	150	0.00 ^d	0.00 ^b	30.02 ^{de}	44.82 ^{cde}	12
	300	6.33 ^{cd}	0.00 ^b	44.66 ^{ab}	50.69 ^{abcd}	14
	500	16.00 ^c	5.33 ^a	46.28 ^{ab}	55.83 ^{ab}	15
ปีโตรเลียมอีเธอร์	50	0.00 ^d	0.00 ^b	31.92 ^{de}	54.13 ^{abc}	9
	150	0.00 ^d	0.00 ^b	39.40 ^{bc}	51.81 ^{abcd}	12
	300	28.00 ^b	0.00 ^b	41.52 ^{bc}	47.31 ^{bcde}	11
	500	61.00 ^a	0.00 ^b	49.20 ^a	48.71 ^{bcde}	16
เอทานอล	50	0.00 ^d	0.00 ^b	28.06 ^c	40.03 ^c	11
	150	0.00 ^d	0.00 ^b	29.83 ^c	48.71 ^{bcde}	13
	300	16.67 ^c	3.67 ^a	36.96 ^{cd}	50.15 ^{bcd}	12
	500	38.00 ^b	4.00 ^a	41.63 ^{bc}	60.12 ^a	17
F-test		*	**	**	**	-
C.V. (%)		20.02	46.51	113.42	11.36	-

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญซึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.11 อิทธิพลของสารสกัดพลูตต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้าด้กแด้ของ
หนอนกระทุ้หอม

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	การยับยั้งการฟักไข่ (%)		Antifeedant Index (%)		การเข้าด้กแด้ (วันที่)
		วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	
การต้มกลั่น		95.08 ^a	86.17 ^a	51.61 ^a	66.95 ^c	13.00
ปีโตรเลียมอีเธอร์		65.08 ^b	46.00 ^b	56.16 ^a	92.17 ^a	15.00
เอทานอล		57.67 ^b	29.33 ^c	53.23 ^a	78.75 ^b	12.50
F-test		**	**	ns	**	-
	0	10.67 ^c	0.00 ^d	-	-	14.00
	50	52.11 ^b	28.56 ^c	38.19 ^d	69.80 ^b	14.00
	150	52.00 ^b	31.44 ^c	44.41 ^c	79.33 ^a	11.00
	300	89.67 ^a	51.00 ^b	60.72 ^b	83.67 ^a	ตายทั้งหมด
	500	96.67 ^a	64.33 ^a	71.35 ^a	84.36 ^a	ตายทั้งหมด
F-test		**	**	**	**	-
การต้มกลั่น	50	89.33 ^{ab}	77.00 ^b	23.60 ^h	56.77 ^g	13
	150	93.67 ^{ab}	83.33 ^{ab}	25.28 ^h	69.79 ^{ef}	ตายในวันที่ 8
	300	98.00 ^a	91.67 ^a	72.87 ^b	75.29 ^{def}	ตายในวันที่ 5
	500	99.33 ^a	92.67 ^a	84.68 ^a	65.95 ^{efg}	ตายในวันที่ 5
ปีโตรเลียมอีเธอร์	50	42.00 ^c	8.67 ^{ef}	46.47 ^{fg}	88.35 ^{abc}	15
	150	36.67 ^{cd}	11.00 ^c	55.69 ^{def}	90.57 ^{ab}	ตายในวันที่ 18
	300	87.33 ^{ab}	0.00 ^f	56.27 ^{de}	94.94 ^a	ตายในวันที่ 16
	500	94.33 ^{ab}	44.33 ^d	66.21 ^{bc}	94.84 ^a	ตายในวันที่ 10
เอทานอล	50	25.00 ^d	0.00 ^f	42.82 ^g	64.29 ^{fg}	14
	150	25.67 ^d	0.00 ^f	53.94 ^{def}	77.62 ^{cde}	11
	300	83.67 ^b	61.33 ^c	53.01 ^{ef}	82.86 ^{bcd}	ตายในวันที่ 11
	500	96.33 ^{ab}	56.00 ^c	63.15 ^{cd}	90.23 ^{ab}	ตายในวันที่ 9
F-test		**	**	**	ns	-
C.V. (%)		10.59	14.05	10.59	8.75	-

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญซึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.12 อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยขาวต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	การยับยั้งการฟักไข่ (%)		Antifeedant Index (%)		การเข้าดักแด้ (วันที่)
		วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	
การต้มกลั่น		21.17 ^c	11.75 ^a	78.30 ^a	88.25 ^a	12.50
ปีโตรเลียมอีเธอร์		33.92 ^b	14.25 ^a	79.00 ^a	87.70 ^a	11.67
เอทานอล		54.41 ^a	17.17 ^a	51.56 ^b	91.22 ^a	13.33
F-test		**	ns	**	ns	-
	0	10.67 ^b	0.00 ^c	-	-	14.00
	50	7.22 ^b	0.00 ^c	49.63 ^d	75.68 ^c	14.00
	150	12.89 ^b	5.00 ^c	68.34 ^c	86.09 ^b	12.67
	300	65.56 ^a	13.22 ^b	75.75 ^b	96.26 ^a	11.33
	500	60.33 ^a	39.33 ^a	84.76 ^a	98.20 ^a	12.00
F-test		**	**	**	**	-
การต้มกลั่น	50	0.00 ^f	0.00 ^c	55.43 ^c	71.46 ^d	14
	150	0.00 ^f	0.00 ^c	80.50 ^{bcd}	88.46 ^{bc}	13
	300	77.00 ^b	39.67 ^b	83.47 ^{abc}	95.42 ^{ab}	11
	500	7.67 ^{ef}	7.33 ^c	93.79 ^a	97.68 ^a	13
ปีโตรเลียมอีเธอร์	50	0.00 ^f	0.00 ^c	59.59 ^c	69.46 ^d	12
	150	10.33 ^c	5.33 ^c	74.97 ^{cd}	85.21 ^c	11
	300	46.67 ^c	0.00 ^c	92.64 ^a	96.92 ^{ab}	11
	500	78.67 ^b	51.67 ^a	88.80 ^{ab}	99.22 ^a	ตายในวันที่ 8
เอทานอล	50	21.67 ^d	0.00 ^c	33.87 ^f	86.12 ^c	16
	150	28.33 ^d	9.67 ^c	49.54 ^c	84.60 ^c	12
	300	73.00 ^b	0.00 ^c	51.13 ^c	96.43 ^{ab}	12
	500	94.67 ^a	59.00 ^a	71.71 ^d	97.71 ^a	ตายในวันที่ 6
F-test		**	**	ns	*	-
C.V. (%)		15.10	49.77	9.77	6.04	-

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญซึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.13 อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยดำต่อการยับยั้งการฟักไข่ antifeedant index และการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	การยับยั้งการฟักไข่ (%)		Antifeedant Index (%)		การเข้าดักแด้ (วันที่)
		วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	
การต้มกลั่น		9.64	6.11	6.58	5.12	14.00
ปีโตรเลียมอีเธอร์		53.33 ^b	5.75 ^c	76.12 ^a	74.48 ^b	ตายทั้งหมด
เอทานอล		79.17 ^a	52.58 ^a	75.20 ^a	91.52 ^a	ตายทั้งหมด
F-test		**	**	**	**	-
	0	10.67 ^b	0.00 ^b	-	-	14.00
	50	44.44 ^c	26.33 ^b	59.16 ^c	76.29 ^d	14.00
	150	69.00 ^b	10.56 ^c	59.92 ^c	82.57 ^c	ตายทั้งหมด
	300	69.33 ^b	32.11 ^b	78.78 ^b	90.68 ^b	ตายทั้งหมด
	500	92.44 ^a	69.89 ^a	85.87 ^a	98.71 ^a	ตายทั้งหมด
F-test		**	**	**	**	-
การต้มกลั่น	50	55.00 ^d	0.00 ^g	58.66 ^{de}	57.42 ^c	14
	150	65.00 ^{cd}	0.00 ^g	72.13 ^c	59.74 ^c	ตายในวันที่ 12
	300	68.33 ^{bcd}	0.00 ^g	84.57 ^{ab}	82.31 ^b	ตายในวันที่ 7
	500	80.00 ^b	23.00 ^f	89.09 ^a	98.45 ^a	ตายในวันที่ 5
ปีโตรเลียมอีเธอร์	50	78.33 ^{bc}	44.33 ^c	64.13 ^{cd}	81.27 ^b	ตายในวันที่ 14
	150	78.33 ^{bc}	31.67 ^{ef}	55.44 ^{de}	92.74 ^a	ตายในวันที่ 7
	300	60.67 ^d	35.00 ^{de}	86.53 ^a	93.61 ^a	ตายในวันที่ 5
	500	99.33 ^a	99.33 ^a	94.67 ^a	98.45 ^a	ตายในวันที่ 5
เอทานอล	50	0.00 ^c	34.67 ^c	54.67 ^{de}	90.17 ^{ab}	ตายในวันที่ 8
	150	63.67 ^d	0.00 ^g	52.18 ^c	95.22 ^a	ตายในวันที่ 5
	300	79.00 ^{bc}	61.33 ^c	65.23 ^{cd}	96.11 ^a	ตายในวันที่ 5
	500	98.00 ^a	87.33 ^b	73.85 ^{bc}	99.22 ^a	ตายในวันที่ 5
F-test		**	**	*	**	-
C.V. (%)		13.02	16.57	9.49	6.96	-

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญซึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4.2.7 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของสารสกัดพืชต่อการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอม

4.2.7.1 การยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพร 6 ชนิด ต่ออัตราการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม พบว่าชนิดของสมุนไพรมีประสิทธิภาพต่ออัตราการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมแตกต่างกันทั้งในวันที่ 1 และวันที่ 5 ของการทดลอง ($p < 0.01$) ประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่โดยเฉลี่ยของสารสกัดพืชในวันที่ 1 พบว่าสารสกัดจากพลูมีประสิทธิภาพสูงที่สุด รองลงมาคือสารสกัดจากพริกไทยดำ จิง ข่า พริกไทยขาว และขึ้นฉ่ายตามลำดับ ซึ่งมีค่าการยับยั้งการฟักไข่เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 72.61, 68.81, 51.67, 46.39, 36.50 และ 13.83 ตามลำดับ และในวันที่ 5 ของการทดลองก็พบเช่นเดียวกันว่าสารสกัดจากพลูมีประสิทธิภาพดีกว่าสารสกัดจากพริกไทยดำ จิง ข่า พริกไทยขาว และขึ้นฉ่าย ตามลำดับ แต่ประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 43.83, 34.72, 26.50, 9.47, 14.39 และ 1.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) จะเห็นได้ว่าสารสกัดจากพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่สูงกว่าสารสกัดชนิดอื่น และสารสกัดขึ้นฉ่ายมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมต่ำที่สุด

สำหรับวิธีการสกัดสารจากพืช 3 วิธีการ พบว่าการสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการฟักไข่แตกต่างกัน โดยในวันที่ 1 ของการทดลอง ประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของสารสกัดจากพลูด้วยการต้มกลั่นสูงที่สุด ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 95.08 ในขณะที่สารสกัดจากพริกไทยดำ จิง ข่า พริกไทยขาว และขึ้นฉ่าย ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่รองลงมา ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 53.33, 45.75, 36.08, 21.71 และ 5.58 ตามลำดับ สำหรับวันที่ 5 ของการทดลองพบเช่นเดียวกันว่าสารสกัดที่ได้จากพลูด้วยวิธีการต้มกลั่นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่สูงสุดเหมือนกับในวันที่ 1 ของการทดลอง แต่ประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ลดลง ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 86.17 และมีประสิทธิภาพดีกว่าสารสกัดจากจิง พริกไทยขาว ข่า พริกไทยดำ และขึ้นฉ่ายที่ได้จากการต้มกลั่น ตามลำดับ โดยมีค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 28.83, 11.95, 8.58, 5.75 และ 1.33 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14)

ส่วนการใช้ PE ได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมต่างกับสารสกัดจากการต้มกลั่น (ตารางที่ 4.14) โดยในวันที่ 1 ของการทดลองสารสกัดพริกไทยดำจาก PE มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุด (การยับยั้งการฟักไข่ เท่ากับร้อยละ 79.17) รองลงมาคือสารสกัด PE จากจิง พลู ข่า พริกไทยขาว และขึ้นฉ่าย ตามลำดับ โดยมีค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 79.17, 69.50, 65.08, 45.92, 33.92 และ 22.25 ตามลำดับ ในวันที่ 5 ของการทดลองประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 6 ชนิดสามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

ลดลง โดยสารสกัดจาก PE ของพริกไทยดำมีประสิทธิภาพสูงสุดเช่นเดียวกับในวันที่ 1 ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 52.58 รองลงมาคือสารสกัด PE จากขิง พลู พริกไทยขาว และข่า ตามลำดับ ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 24.67, 16.00, 14.25 และ 5.50 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดคื่นฉ่ายไม่สามารถยับยั้งการฟักของหนอนกระทู้หอมได้ (ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 0)

เมื่อใช้ ET ในการสกัด ได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมต่างกับสารสกัดจากการต้มกลั่น และ PE โดยในวันที่ 1 ของการทดลองสารสกัดพริกไทยดำจาก ET มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุด ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 73.92 รองลงมาคือสารสกัด ET จากพลู ข่า พริกไทยขาว ขิง และคื่นฉ่าย ตามลำดับ ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 57.67, 57.17, 54.42, 39.75 และ 13.67 ตามลำดับ ในวันที่ 5 ของการทดลองประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 6 ชนิดสามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมลดลง แต่สารสกัดจาก ET ของพริกไทยดำมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับร้อยละ 45.83 รองลงมาคือสารสกัดจาก ET จากพลู ขิง พริกไทยขาว ข่า และสารสกัดคื่นฉ่ายซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมต่ำที่สุด ตามลำดับ ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 29.33, 26.00, 17.17, 14.33 และ 1.92 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14)

สำหรับความเข้มข้นของสารสกัดพืชทั้ง 6 ชนิด พบว่าความเข้มข้นที่ใช้ต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมต่างกัน เมื่อใช้สารสกัดความเข้มข้น 50 ppm สารสกัดจากพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุดทั้งวันที่ 1 และ 5 ของการทดลอง โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ เท่ากับร้อยละ 52.11 และ 28.56 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากพริกไทยดำ ขิง ข่า พริกไทยขาว ความเข้มข้น 50 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมรองลงมาในวันที่ 1 ในขณะที่สารสกัดจากคื่นฉ่ายความเข้มข้น 50 ppm ไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้เลยทั้งในวันที่ 1 และ 5 ของการทดลอง เช่นเดียวกับสารสกัดจากขิงและพริกไทยขาวที่ไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ในวันที่ 5 ของการทดลอง และผลการทดลองยังพบว่าในวันที่ 5 ของการทดลองสารสกัดจากพลู พริกไทยดำ และข่า ความเข้มข้น 50 ppm สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ร้อยละ 28.56, 26.33 และ 3.56 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชทั้ง 6 ชนิด พบว่า สารสกัดพริกไทยดำเข้มข้น 150 ppm สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ดีที่สุด คือ เท่ากับร้อยละ 69.00 รองลงมาคือสารสกัดจากพลู ข่า ขิงและพริกไทยขาว ตามลำดับ ซึ่งสามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้เท่ากับร้อยละ 59.00, 41.56, 33.22 และ 18.89 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดคื่นฉ่ายไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ในวันที่ 1 รวมทั้งในวันที่ 5 ของการทดลอง เมื่อพิจารณาวันที่ 5 ของการทดลองประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้ของสารสกัดพืชความเข้มข้น 150 ppm ลดลง โดยสารสกัดจากพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ได้สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 31.44

รองลงมาคือสารสกัดจากพริกไทยดำ ข่า และพริกไทยขาว ตามลำดับ มีค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับ ร้อยละ 10.56, 6.67 และ 5.00 ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดจากขิง และคั้นน้ำความเข้มข้น 150 ppm ไม่สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด เป็น 300 ppm พบว่าสารสกัดจากพลูทั้งวันที่ 1 และ 5 ของการทดลองเป็นสารสกัดที่มีประสิทธิภาพ ในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมที่สูงที่สุดเช่นเดียวกับที่ความเข้มข้น 50 และ 150 ppm (การ ยับยั้งการฟักไข่ในวันที่ 1 และ 5 เท่ากับร้อยละ 89.67 และ 51.00 ตามลำดับ) ในขณะที่สารสกัดความ เข้มข้น 300 ppm จากพริกไทยดำ ขิง ข่า และพริกไทยขาวให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ รองลงมา เมื่อทดสอบเป็นเวลา 1 วัน ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 69.33, 66.56, 63.89 และ 60.33 ตามลำดับ เมื่อใช้เวลา 5 วัน สารสกัดความเข้มข้น 300 ppm ที่มีประสิทธิภาพรองจากสารสกัด พลู คือ ขิง พริกไทยดำ ข่า และพริกไทยขาว ตามลำดับ โดยมีค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 38.78, 32.11, 27.67 และ 13.22 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากคั้นน้ำ ความเข้มข้น 300 ppm มี ประสิทธิภาพยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมต่ำที่สุด เท่ากับ 17.00 และ 1.22 ในวันที่ 1 และ 5 ของการทดลองตามลำดับ สำหรับความเข้มข้นของสารสกัดสูงสุดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือความ เข้มข้น 500 ppm พบว่าในวันที่ 1 ของการทดลองสารสกัดพลู ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้ง การฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ดีที่สุดเช่นเดียวกับความเข้มข้นอื่น ค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับ ร้อยละ 96.67 แต่วันที่ 5 ของการทดลอง พริกไทยดำมีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยมีค่าการยับยั้งเท่ากับร้อย ละ 69.89 ในวันที่ 1 สารสกัดความเข้มข้น 500 ppm ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการฟักไข่รองจากสารสกัด พลู ได้แก่ สารสกัดจากพริกไทยดำ ขิง ข่า พริกไทยขาว และคั้นน้ำโดยมีค่าการยับยั้งการฟักไข่ เท่ากับร้อยละ 92.44, 90.22, 71.44, 65.56 และ 38.33 ตามลำดับ ส่วนในวันที่ 5 สารสกัดความเข้มข้น 500 ppm ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการฟักไข่รองจากสารสกัดพริกไทยดำ ได้แก่ สารสกัดขิง พลู พริกไทยขาว คั้นน้ำและข่าโดยมีค่าการยับยั้งการฟักไข่เท่ากับร้อยละ 67.22, 64.33, 39.33, 3.11 และ 0 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) จะเห็นได้ว่า สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอน กระทู้หอมดีที่สุด คือ สารสกัดพลูจากการต้มกลั่น ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการฟักไข่ใน วันที่ 1 ได้ดีกว่าวันที่ 5 ของการทดลอง ซึ่งยังไม่พบว่าสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิดยกเว้นพริกไทยดำมี ประสิทธิภาพในการควบคุมการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ดีในวันที่ 5 ของการทดลอง ดังนั้น ควรเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดเพื่อให้สามารถควบคุมได้ดียิ่งขึ้นสำหรับสารสกัดจากขิง ข่า คั้นน้ำ พลูและพริกไทยขาว นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าสารสกัดคั้นน้ำความเข้มข้น 50 และ 150 ppm ไม่ สามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม แต่ความเข้มข้น 300 และ 500 ppm สามารถยับยั้งการ ฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ร้อยละ 17.00-38.33 ในวันที่ 1 และร้อยละ 1.22-3.11 ในวันที่ 5 ของ การทดลอง จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า การใช้สารสกัดจากพืชในการควบคุมการฟักไข่ของ หนอนกระทู้หอมควรศึกษาถึงวิธีการสกัดและความเข้มข้นให้ชัดเจน เนื่องจากประสิทธิภาพในการ ควบคุมการฟักไข่จะแตกต่างกัน เช่น สารสกัดจากพลูโดยวิธีการต้มกลั่นมีประสิทธิภาพดีที่สุด และ

สารสกัดพริกไทยดำ จิง และคั้นนำจาก PE และสารสกัดข่าและพริกไทยขาวจาก ET มีประสิทธิภาพในการควบคุมการฟักไข่ได้ดีกว่า สำหรับความเข้มข้นควรเป็นการศึกษาความเข้มข้นต่ำที่สุดต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

4.2.7.2 ดัชนีการยับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant Index: AI) ของหนอนกระทู้หอม

ตารางที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพของสารสกัดพืช 6 ชนิด ความเข้มข้น 50, 150, 300 และ 500 ppm วิธีการสกัด 3 วิธี ต่อดัชนียับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม พบว่าในวันที่ 1 และวันที่ 5 ของการทดลอง ทั้ง 3 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อดัชนียับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม ($p < 0.01$) โดยสารสกัดจากพริกไทย ทั้งพริกไทยดำและพริกไทยขาวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุด โดยค่า AI เฉลี่ยของสารสกัดพริกไทยดำในวันที่ 1 และ 5 เท่ากับร้อยละ 70.93 และ 69.92 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดพริกไทยขาว มีค่า AI เฉลี่ยในวันที่ 1 และ 5 เท่ากับร้อยละ 87.06 และ 89.06 ตามลำดับ สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมรองลงมา ได้แก่ สารสกัดจากขิง พลู และข่า มีค่า AI เฉลี่ยในวันที่ 1 เท่ากับร้อยละ 56.23, 53.67, และ 51.70 ตามลำดับ และมีค่า AI เฉลี่ยในวันที่ 5 เท่ากับร้อยละ 79.42, 79.29 และ 81.37 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากคั้นนำมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด โดยมีค่า AI เฉลี่ยในวันที่ 1 และ 5 เท่ากับร้อยละ 36.35 และ 49.58 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสารสกัดจากพริกไทย ทั้งพริกไทยดำและพริกไทยขาวสามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้ดี ส่วนสารสกัดคั้นนำนอกจากประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ต่ำแล้วประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมก็ต่ำด้วยเช่นกัน

วิธีสกัดสารจากพืช 6 ชนิดทั้ง 3 วิธีส่งผลต่อประสิทธิภาพของสารสกัดเช่นกัน โดยการสกัดสารจากพริกไทยดำด้วย ET ให้ค่าดัชนียับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม (AI) สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 95.18 (ตารางที่ 4.15) ในขณะที่การสกัดด้วยวิธีอื่นๆ ให้ผลที่แตกต่างออกไป สำหรับวิธีการสกัดด้วยการต้มกลั่น สารสกัดพืชที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุดคือพริกไทยดำและพริกไทยขาว มี AI ในวันที่ 1 เท่ากับร้อยละ 79.12 และ 78.30 ตามลำดับ ในวันที่ 5 ของการทดลอง มี AI เท่ากับร้อยละ 74.48 และ 88.25 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากขิง ข่า และพลูจากการต้มกลั่นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารรองลงมา มี AI ในวันที่ 1 เท่ากับร้อยละ 58.36, 53.12 และ 51.61 ตามลำดับ และในวันที่ 5 มี AI เท่ากับร้อยละ 76.52, 77.38 และ 66.95 ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมเมื่อได้รับสารสกัดจากการต้มกลั่นของพืชทั้ง 6 ชนิด ทำให้ค่า AI เพิ่มขึ้นจากวันที่ 1 และ 5 ของการทดลอง ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ส่วนสารสกัดจากคั้นนำด้วยการต้มกลั่นสามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมต่ำที่สุด โดยมี AI ของวันที่ 1 และ 5 ของการทดลอง เท่ากับ 34.41 และ 48.51 ตามลำดับ

ส่วนวิธีสกัดด้วย PE พบว่า ในวันที่ 1 ของการทดลองสารสกัดจากพริกไทยขาวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมดีที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสารสกัดพริกไทยดำ โดยมีค่า AI เท่ากับ 75.20-79.00 รองลงมาคือสารสกัดจากขิง พลู และข่า ซึ่งมีค่า AI เท่ากับร้อยละ 56.89, 56.16 และ 47.98 ตามลำดับ แต่ในวันที่ 5 ของการทดลอง สารสกัด PE จากพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุด มีค่า AI เท่ากับร้อยละ 92.17 รองลงมาเป็นสารสกัด PE ของพริกไทยดำ พริกไทยขาว ข่า และขิง มีค่า AI เท่ากับร้อยละ 91.52, 87.70, 85.85 และ 74.17 ส่วนสารสกัดคื่นฉ่ายจาก PE มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมต่ำที่สุด ค่า AI เท่ากับ 40.51 และ 50.49 และ ในวันที่ 1 และ 5 ของการทดลอง

จะเห็นได้ว่าสารสกัดพริกไทยขาวและพริกไทยดำจากการต้มกลั่น และ PE มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมดีกว่าสารสกัดโดย ET ในวันที่ 1 แต่ในวันที่ 5 ของการทดลอง พบว่า สารสกัดจาก ET มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมดีกว่าการต้มกลั่นและ PE ส่วนสารสกัดพืชอื่นได้แก่ พลู ขิง ข่า และคื่นฉ่ายจาก PE และ ET มีผลทำให้การยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการทดลอง โดยสารสกัดพลูและคื่นฉ่ายที่สกัดจาก PE ยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้สูงกว่าการสกัดด้วยการต้มกลั่นและ ET ส่วนการยับยั้งการกินอาหารของสารสกัดขิงในวันที่ 1 ของการทดลองนี้พบว่าการสกัดด้วยการต้มกลั่นมีประสิทธิภาพสูงที่สุด ในขณะที่วันที่ 5 ของการทดลองการสกัดด้วย ET สูงกว่าการสกัดด้วยการต้มกลั่นและ PE ส่วนการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมที่ได้รับสารสกัดข่าพบว่าเมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดในวันที่ 1 พบว่า ET มีประสิทธิภาพดีที่สุด ในขณะที่วันที่ 5 การสกัดด้วย PT ยับยั้งการกินอาหารได้สูงกว่าการสกัดด้วย ET และการต้มกลั่น ในการทดลองเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารสกัดต่อดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม พบว่าเมื่อใช้สารสกัดความเข้มข้น 50 ppm ประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหาร เท่ากับร้อยละ 32.50-59.16 ในวันที่ 1 และเพิ่มเป็น 45.62-76.29 ในวันที่ 5 ของการทดลอง โดยสารสกัดพริกไทยดำ 50 ppm มีประสิทธิภาพดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากสารสกัดพริกไทยขาวความเข้มข้นเท่ากัน สารสกัดจากข่า ขิง และพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมรองลงมา สารสกัดจากคื่นฉ่าย 50 ppm มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม อย่างไรก็ตามเมื่อใช้สารสกัดความเข้มข้นที่สูงขึ้นเป็น 150 ppm พบว่าสารสกัดจากพริกไทยขาวและพริกไทยดำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมสูงกว่าสารสกัดชนิดอื่นที่ใช้ความเข้มข้นเดียวกัน และประสิทธิภาพของสารสกัดขิง ข่าและคื่นฉ่ายมีประสิทธิภาพรองลงมา เช่นเดียวกับการใช้ความเข้มข้น 50 ppm และ AI ของสารสกัดความเข้มข้น 150 ppm ในวันที่ 1 ต่ำกว่าในวันที่ 5 ของการทดลอง แต่สูงกว่าประสิทธิภาพของสารสกัดเมื่อใช้ความเข้มข้น 50 ppm อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 300 ppm พบว่าประสิทธิภาพของสารสกัดจากพริกไทยขาว และพริกไทยดำก็ยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าสาร

สัปดาห์อื่น และสารสกัดคั้นน้ำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมต่ำที่สุด เมื่อความเข้มข้นของสารสกัดสูงสุดของการทดลองนี้คือ ความเข้มข้น 500 ppm พบว่าประสิทธิภาพของสารสกัดจากพริกไทยขาว และพริกไทยดำมีประสิทธิภาพสูงสุด และสูงกว่าประสิทธิภาพของสารสกัดพืชดังกล่าวความเข้มข้น 300 ppm เล็กน้อย ส่วนสารสกัดจากคั้นน้ำความเข้มข้น 500 ppm ยังไม่สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้สูงเท่ากับสารสกัดจากพืชอีก 5 ชนิด (ตารางที่ 4.15) ในการศึกษาครั้งนี้สารสกัดพริกไทยดำ ความเข้มข้น 500 ppm มี AI สูงสุดเท่ากับร้อยละ 98.71 (ในวันที่ 5 ของการทดลอง) และสารสกัดคั้นน้ำมีประสิทธิภาพยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้ต่ำกว่าสารสกัดจากพืชอีก 5 ชนิด

4.2.7.3 การเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

ตารางที่ 4.16 แสดงให้เห็นจำนวนวันที่หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้หลังจากได้รับสารสกัดแตกต่างกัน โดยสารสกัดจากพริกไทยขาวทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เร็วที่สุด เท่ากับ 12.50 วัน และสารสกัดที่ทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เร็วรองลงมา ได้แก่ คั้นน้ำ พลู พริกไทยดำ ข่า ละออง โดยหนอนเข้าดักแด้หลังจากได้รับสาร 12.83, 13.25, 14.00, 15.17 และ 15.90 วัน ตามลำดับ

วิธีการสกัดสารจากพืชทั้ง 6 ชนิด มีผลต่อการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม โดยสารสกัดจากคั้นน้ำ ET ทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ช้าที่สุด เท่ากับ 13.33 วันหลังได้รับสารสกัด อย่างไรก็ตามวันที่เข้าดักแด้ไม่แตกต่างกันกับวันที่เข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมที่ได้รับสารสกัดขิง ET สารสกัดข่า PE คั้นน้ำ PE คั้นน้ำดัมกลั่น ขิง PE และสารสกัดข่า ET โดยจำนวนวันที่หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ เท่ากับ 13.08, 12.50, 12.17, 11.08, 10.92 และ 10.92 วันหลังได้รับสารสกัดตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สารสกัดจากพริกไทยดำที่สกัดโดย PE และ ET ไม่มีหนอนกระทู้หอมเหลือเข้าดักแด้ เนื่องจากหนอนตายหมดเมื่อได้รับสารสกัดดังกล่าว (ตารางที่ 4.16) ในการทดลองนี้ปรากฏว่าสารสกัดโดยการดัมกลั่นมีผลให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เร็วกว่าสารสกัดโดย PE และ ET

จากการศึกษา พบว่า การใช้สารสกัดความเข้มข้นต่ำทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ช้าลง แต่การใช้ความเข้มข้นสูงสุดของการทดลองนี้ (500 ppm) ทำให้หนอนกระทู้หอมเร็วกว่ากรใช้ความเข้มข้นต่ำ โดยสารสกัดพลู ความเข้มข้น 300 และ 500 ppm และสารสกัดพริกไทยดำ ความเข้มข้น 150, 300, และ 500 ppm หนอนตายหมดไม่มีหนอนมีชีวิตเหลือจนเข้าระยะดักแด้หลังจากได้รับสารสกัดดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดคั้นน้ำ ความเข้มข้น 50 ppm ทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ช้าที่สุด คือ 16.33 วันหลังได้รับสารสกัด และสารสกัดจากพลู ความเข้มข้น 150 ppm มีผลให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เร็วที่สุด คือ 1.22 วันหลังได้รับสารสกัด (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.14 อิทธิพลของสารสกัดพืช 6 ชนิดต่อการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

	การยับยั้งการฟักไข่ (%)															
	เฉลี่ย		วิธีการสกัด						ความเข้มข้น (ppm)							
	วันที่ 1	วันที่ 5	การต้มกลั่น		PE		ET		50		150		300		500	
	1	5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5
จิง	51.67 ^b	26.50 ^c	45.75 ^{fed}	28.83 ^{cd}	69.50 ^{bc}	24.67 ^{ed}	39.75 ^{fge}	26.00 ^{ed}	16.67 ^{ih}	0.00 ^f	33.22 ^{gh}	0.00 ^f	66.56 ^{dc}	38.78 ^{bc}	90.22 ^a	67.22 ^a
ข่า	46.39 ^b	9.47 ^d	36.08 ^{fegh}	8.58 ^{ef}	45.92 ^{fed}	5.50 ^f	57.17 ^{bedc}	14.33 ^{df}	8.67 ⁱ	3.56 ^f	41.56 ^{gf}	6.67 ^f	63.89 ^{dc}	27.67 ^{ecd}	71.44 ^{bc}	0.00 ^f
ขึ้นฉ่าย	13.83 ^d	1.08 ^c	5.58 ⁱ	1.33 ^f	22.25 ^{igh}	0.00 ^f	13.67 ^{ih}	1.92 ^f	0.00 ⁱ	0.00 ^f	0.00 ⁱ	0.00 ^f	17.00 ^{ih}	1.22 ^f	38.33 ^{gt}	3.11 ^f
พลู	72.61 ^a	43.83 ^a	95.08 ^a	86.17 ^a	65.08 ^{bde}	16.00 ^{edf}	57.67 ^{bedc}	29.33 ^{cd}	52.11 ^{dfe}	28.56 ^{ecd}	52.00 ^{dfe}	31.44 ^{cd}	89.67 ^{ba}	51.00 ^{ba}	96.67 ^a	64.33 ^a
พริกไทยขาว	36.50 ^c	14.39 ^d	21.71 ^{igh}	11.95 ^{edf}	33.92 ^{fgh}	14.25 ^{edf}	54.42 ^{fedc}	17.17 ^{edf}	7.22 ⁱ	0.00 ^f	18.89 ⁱ	5.00 ^f	60.33 ^{dce}	13.22 ^{efd}	65.56 ^{dc}	39.33 ^{bc}
พริกไทยดำ	68.81 ^a	34.72 ^b	53.33 ^{fedo}	5.75 ^f	79.17 ^{ba}	52.58 ^b	73.92 ^{bac}	45.83 ^{cb}	44.44 ^{gfe}	26.33 ^{ecd}	69.00 ^{dc}	10.56 ^{ef}	69.33 ^{dc}	32.11 ^{bcd}	92.44 ^a	69.89 ^a
F-test;วันที่ 1	**		**						**							
;วันที่ 5	**		**						**							
C.V.(%);วันที่ 1	6.45		41.39						41.39							
;วันที่ 5	5.66		96.17						96.17							

หมายเหตุ *แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญถึงที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จาก การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.15 อิทธิพลของสารสกัดพืช 6 ชนิดต่อ Antifeedant Index ของหนอนกระทู้หอม

	Antifeedant Index (AI) (%)															
	เฉลี่ย		วิธีการสกัด						ความเข้มข้น (ppm)							
	วันที่ 1	วันที่ 5	การต้มกลั่น		PE		ET		50		150		300		500	
			วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 5
จิง	56.23 ^b	79.42 ^b	58.36 ^{bc}	76.52 ^f	56.89 ^{bc}	74.17 ^{fg}	53.43 ^{bc}	87.56 ^{abcd}	40.28 ^{hij}	72.70 ^{ij}	53.45 ^{efg}	76.68 ^{efghi}	57.52 ^{def}	82.71 ^{defgh}	73.66 ^b	85.59 ^{cdefg}
ข่า	51.70 ^c	81.37 ^b	53.12 ^{bc}	77.38 ^{ef}	47.98 ^{cd}	85.85 ^{bcde}	54.00 ^{bc}	80.88 ^{cdef}	40.77 ^{hij}	68.85 ^j	39.71 ^{hij}	75.44 ^{hij}	58.06 ^{def}	86.79 ^{bcde}	68.24 ^{bcd}	94.40 ^{abc}
ขึ้นฉ่าย	36.35 ^d	49.58 ^c	34.41 ^c	48.51 ^h	40.51 ^{de}	50.49 ^h	34.12 ^c	49.75 ^h	32.50 ^{jk}	45.62 ^k	26.14 ^k	48.44 ^k	41.04 ^{hij}	49.38 ^k	45.70 ^{ghi}	54.88 ^k
พลู	53.67 ^{bc}	79.29 ^b	51.61 ^{bcd}	66.95 ^g	56.16 ^{bc}	92.17 ^{ab}	53.23 ^{bc}	78.75 ^{def}	38.19 ^{ij}	69.80 ^{ij}	44.41 ^{ghi}	79.33 ^{efghi}	60.72 ^{cde}	84.36 ^{defgh}	71.35 ^{bc}	83.67 ^{defg}
พริกไทยขาว	69.62 ^a	89.06 ^a	78.30 ^a	88.25 ^{abc}	79.00 ^a	87.70 ^{abc}	51.56 ^{bcd}	91.22 ^{ab}	49.63 ^{fgh}	75.68 ^{hij}	68.34 ^{bcd}	86.09 ^{cdef}	75.75 ^{ab}	96.26 ^{ab}	84.76 ^a	98.20 ^a
พริกไทยดำ	70.93 ^a	87.06 ^a	79.12 ^a	74.48 ^{fg}	75.20 ^a	91.52 ^{ab}	61.48 ^b	95.18 ^a	59.16 ^{def}	76.29 ^{ghij}	59.92 ^{def}	82.57 ^{defgh}	78.78 ^{ab}	90.68 ^{abcd}	85.87 ^a	98.71 ^a
F-test;วันที่ 1	**		**						**							
;วันที่ 5	**		**						*							
C.V.(%);วันที่ 1	12.31		27.41						20.63							
;วันที่ 5	9.71		14.10						13.37							

หมายเหตุ *แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญถึงที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จาก การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.16 อิทธิพลของชนิดของพืช 6 ชนิดต่อการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

ชนิดพืช	การเข้าดักแด้ (วันที่หลังจากได้รับสารสกัด)							
	เฉลี่ย	วิธีการสกัด			ความเข้มข้น (ppm)			
		การต้ม กลั่น	PE	ET	50	150	300	500
จิง	15.90	7.42 ^{de}	10.92 ^{abcd}	13.08 ^{ab}	10.22 ^{cde}	15.44 ^{ab}	12.22 ^{abcd}	4.00 ^{ghij}
ข้า	15.17	5.33 ^{ef}	12.50 ^{abc}	10.92 ^{abcd}	14.44 ^{abc}	8.89 ^{def}	6.78 ^{efgh}	8.22 ^{defg}
ขึ้นฉ่าย	12.83	11.08 ^{abcd}	12.17 ^{abcd}	13.33 ^a	16.33 ^a	12.56 ^{abcd}	10.67 ^{bcd}	9.22 ^{def}
พลู	13.25	1.08 ^{fg}	3.83 ^{efg}	4.50 ^{efg}	11.33 ^{bcde}	1.22 ^{ij}	0.00 ^j	0.00 ^j
พริกไทยขาว	12.50	8.33 ^{bcde}	8.00 ^{cde}	8.00 ^{cde}	12.78 ^{abcd}	10.78 ^{bcde}	5.00 ^{efghi}	3.89 ^{ghij}
พริกไทยดำ	14.00	2.33 ^{fg}	0.00 ^g	0.00 ^g	3.11 ^{hij}	0.00 ^j	0.00 ^j	0.00 ^j
F-test	-	*			**			
C.V. (%)	-	81.70			71.15			

หมายเหตุ *แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) (ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT))

4.3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อเชื้อรา *Alternaria brassicicola*

การศึกษาวีธีการสกัด 3 วิธี (การต้มกลั่น PE และ ET) และความเข้มข้นของสารสกัดพืช 5 ระดับ (0, 5,000, 10,000, 15,000 และ 20,000 ppm) ต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* จากสารสกัดพืช 6 ชนิด คือ จิง ข่า พลู คื่นฉ่าย พริกไทยขาว และพริกไทยดำ ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

4.3.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากขิงต่อเชื้อรา *A. brassicicola*

การศึกษพบว่า วิธีสกัดทั้ง 3 วิธีและความเข้มข้นของสารสกัดขิงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* และวิธีสกัดไม่มีผลต่อ inhibition zone ($p > 0.05$) แต่พบว่าระดับความเข้มข้นของสารสกัดขิงมีผลต่อ inhibition zone ($p < 0.01$) โดยความเข้มข้น 20,000 ppm (ความเข้มข้นสูงสุด) ยับยั้งการเจริญของเชื้อรามากที่สุด มี inhibition zone เท่ากับ 12.44 มิลลิเมตร รองลงมาคือความเข้มข้น 15,000, 10,000, 5,000 และ 0 ppm ซึ่งมี inhibition zone เท่ากับ 10.45, 5.45, 3.67 และ 0.11 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราลดลงเมื่อใช้สารสกัดขิงที่มีความเข้มข้นลดลง ซึ่งการใช้สารสกัดขิงความเข้มข้น 5,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราน้อยกว่าสารสกัดขิงความเข้มข้น 20,000 ppm ประมาณ 3.4 เท่า ถึงแม้จะใช้สารสกัดขิงความเข้มข้น 5,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดีกว่า control หรือ 0 ppm ซึ่งมี inhibition zone เท่ากับ 0.11 มิลลิเมตรถึง 33.36 เท่า (ตารางที่ 4.17)

4.3.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากข่าต่อเชื้อรา *A. brassicicola*

สารสกัดข่าที่สกัดด้วยวิธีการสกัด 3 วิธี และความเข้มข้น 5 ระดับไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* อย่างไรก็ตามวิธีการสกัดสารมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราแตกต่างกัน สารสกัดข่าด้วยตัวทำละลาย PE และ ET มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* สูง โดยมี inhibition zone เท่ากับ 8.53 และ 7.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดข่าจากการต้มกลั่นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ต่ำกว่า โดยมี inhibition zone เท่ากับ 4.07 มิลลิเมตร ส่วนความเข้มข้นทั้ง 5 ระดับนั้นไม่มีผลต่อ inhibition zone ต่างกัน โดยสารสกัดข่าความเข้มข้นสูงมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* ดีที่สุด และประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราลดลงเมื่อใช้สารสกัดข่าความเข้มข้นต่ำลงมา inhibition zone เรียงจากความเข้มข้น 20,000, 15,000, 10,000, 5,000 และ 0 ppm เท่ากับ 12.89, 9.89, 7.00, 3.56 และ 0.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18)

4.3.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากคื่นฉ่ายต่อเชื้อรา *A. brassicicola*

สารสกัดคื่นฉ่ายที่สกัดด้วยวิธีการสกัด 3 วิธีและความเข้มข้น 5 ระดับ พบว่า ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* และสารสกัดฆ่าด้วยวิธีการต้มกลั่นและตัวทำละลาย PE และ ET สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ความเข้มข้นทั้ง 5 ระดับมีผลต่อ inhibition zone ต่างกัน ($p < 0.05$) ซึ่งสารสกัดคื่นฉ่ายความเข้มข้นสูงมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* ดีกว่าความเข้มข้นต่ำ โดยมี inhibition zone ของสารสกัดคื่นฉ่ายความเข้มข้น 20,000 ppm เท่ากับ 2.56 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดีกว่า control หรือ 0 ppm ถึง 2.88 เท่า รองลงมาคือความเข้มข้น 15,000, 10,000, 5,000 และ 0 ppm ซึ่งมี inhibition zone เท่ากับ 1.89, 1.78, 1.33 และ 0.89 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4. 19)

4.3.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพลูต่อเชื้อรา *A. brassicicola*

การสกัดพลูด้วยตัวทำละลาย ET ความเข้มข้น 20,000 ppm ได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* สูงสุด โดยมี inhibition zone เท่ากับ 13.67 มิลลิเมตร รองลงมาเป็นสารสกัดพลูต้มกลั่น ความเข้มข้น 20,000 ppm และสารสกัดพลู ET ความเข้มข้น 15,000 ppm มี inhibition zone เท่ากันคือ 12.67 มิลลิเมตร ส่วนสารสกัดพลู PE ความเข้มข้น 20,000 ppm มี inhibition zone เท่ากับ 12.00 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.20) ในการทดลองนี้ไม่พบว่าวิธีการสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* ($p > 0.05$) แต่ความเข้มข้นของสารสกัดพลูมีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* ($p < 0.01$) โดยความเข้มข้นยิ่งสูง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* ได้มากกว่าการใช้ความเข้มข้นต่ำ inhibition zone เรียงจากความเข้มข้น 20,000, 15,000, 10,000, 5,000 และ 0 ppm เท่ากับ 12.78, 10.89, 7.33, 4.45 และ 0.67 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4.3.5 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพริกไทยขาวต่อเชื้อรา *A. brassicicola*

สารสกัดจากพริกไทยขาวที่สกัดด้วยวิธีการสกัด 3 วิธี และความเข้มข้น 5 ระดับ มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* ($p < 0.05$) โดยสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลาย (ทั้ง ET และ PE) ความเข้มข้น 20,000 ppm ให้ค่าการยับยั้ง *A. brassicicola* เท่ากับ 15.67 และ 14.67 มิลลิเมตร (ตามลำดับ) ใกล้เคียงกับสารสกัดพริกไทยขาวที่สกัดด้วย ET ความเข้มข้น 15,000 ppm ซึ่งมี inhibition zone เท่ากับ 13.67 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามสารสกัดพริกไทยขาวจาก PE และ ET มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* เท่ากับ 8.40 และ 8.00 มิลลิเมตร ดีกว่าสารสกัดพริกไทยขาวจากการต้มกลั่นที่มี inhibition zone เท่ากับ 6.27 มิลลิเมตร และการใช้ความเข้มข้นสูง (20,000 ppm) มีผลยับยั้ง *A. brassicicola* ดีที่สุด inhibition zone เท่ากับ 14.00

มิลลิเมตร ซึ่งยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดีกว่า control ที่มี inhibition zone เท่ากับ 0.11 มิลลิเมตรถึง 127.27 เท่า (ตารางที่ 4.21)

4.3.6 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพริกไทยดำต่อเชื้อรา *A. brassicicola*

สารสกัดจากพริกไทยดำที่สกัดด้วยวิธีการสกัด 3 วิธี และความเข้มข้น 5 ระดับ ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* และวิธีการสกัดก็ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* เช่นกัน ($p > 0.05$) แต่ความเข้มข้นของสารสกัดพริกไทยดำมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* สารสกัดพริกไทยดำความเข้มข้นสูงสุดที่ใช้ในการศึกษานี้มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* มากที่สุด เรียงตามลำดับความเข้มข้น จาก 20,000, 15,000, 10,000, 5,000 และ 0 ppm มี inhibition zone เท่ากับ 14.33, 11.22, 6.00, 3.89 และ 0.78 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.22)

ตารางที่ 4.17 อิทธิพลของสารสกัดจิงต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola*

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	Inhibition zone (มิลลิเมตร)
การต้มกลั่น		6.47 ^a
ปิโตรเลียมอีเธอร์		5.80 ^a
เอทานอล		7.00 ^a
F-test		ns
	0	0.11 ^c
	5,000	3.67 ^d
	10,000	5.45 ^c
	15,000	10.45 ^b
	20,000	12.44 ^a
F-test		**
การต้มกลั่น	0	0.33 ^f
	5,000	4.67 ^{de}
	10,000	5.67 ^{cd}
	15,000	8.67 ^{bc}
	20,000	13.00 ^a
ปิโตรเลียมอีเธอร์	0	0.00 ^f
	5,000	2.00 ^{ef}
	10,000	5.67 ^{cd}
	15,000	10.00 ^{ab}
	20,000	11.33 ^b
เอทานอล	0	0.00 ^f
	5,000	4.33 ^{de}
	10,000	5.00 ^{de}
	15,000	12.67 ^a
	20,000	13.00 ^a
F-test		ns
C.V. (%)		16.94

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.18 อิทธิพลของสารสกัดฆ่าต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola*

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	Inhibition zone (มิลลิเมตร)
การต้มกลั่น		4.07 ^b
ปิโตรเลียมอีเทอร์		8.53 ^a
เอทานอล		7.60 ^a
F-test		*
	0	0.33 ^c
	5,000	3.56 ^d
	10,000	7.00 ^c
	15,000	9.89 ^b
	20,000	12.89 ^a
F-test		**
การต้มกลั่น	0	0.33 ^f
	5,000	0.67 ^{ef}
	10,000	1.33 ^{ef}
	15,000	7.00 ^{bcd}
	20,000	11.00 ^{ab}
ปิโตรเลียมอีเทอร์	0	0.33 ^f
	5,000	6.00 ^{cd}
	10,000	10.33 ^{abc}
	15,000	12.33 ^a
	20,000	13.67 ^a
เอทานอล	0	0.33 ^f
	5,000	4.00 ^{de}
	10,000	7.33 ^{bcd}
	15,000	12.33 ^a
	20,000	14.00 ^a
F-test		ns
C.V. (%)		21.22

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญซึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.19 อิทธิพลของสารสกัดคื่นฉ่ายต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola*

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	Inhibition zone (มิลลิเมตร)
การต้มกลั่น		1.73 ^{ab}
ปีโตรเลียมอีเธอร์		1.40 ^b
เอทานอล		1.93 ^a
F-test		ns
	0	0.89 ^c
	5,000	1.33 ^{bc}
	10,000	1.78 ^{abc}
	15,000	1.89 ^{ab}
	20,000	2.56 ^a
F-test		*
การต้มกลั่น	0	1.33 ^{ab}
	5,000	1.33 ^{ab}
	10,000	1.67 ^{ab}
	15,000	1.67 ^{ab}
	20,000	2.67 ^a
ปีโตรเลียมอีเธอร์	0	0.67 ^b
	5,000	1.33 ^{ab}
	10,000	1.33 ^{ab}
	15,000	1.33 ^{ab}
	20,000	2.33 ^a
เอทานอล	0	0.67 ^b
	5,000	1.33 ^{ab}
	10,000	2.33 ^a
	15,000	2.67 ^a
	20,000	2.67 ^a
F-test		ns
C.V. (%)		14.94

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.20 อิทธิพลของสารสกัดพลูต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola*

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	Inhibition zone (มิลลิเมตร)
การต้มกลั่น		7.27 ^a
ปีโตรเลียมอีเธอร์		7.00 ^a
เอทานอล		7.40 ^a
F-test		ns
	0	0.67 ^e
	5,000	4.45 ^d
	10,000	7.33 ^c
	15,000	10.89 ^b
	20,000	12.78 ^a
F-test		**
การต้มกลั่น	0	0.67 ^f
	5,000	4.67 ^e
	10,000	8.00 ^d
	15,000	10.33 ^{bcd}
	20,000	12.67 ^{ab}
ปีโตรเลียมอีเธอร์	0	0.67 ^f
	5,000	3.67 ^e
	10,000	9.00 ^d
	15,000	9.67 ^{cd}
	20,000	12.00 ^{abc}
เอทานอล	0	0.67 ^f
	5,000	5.00 ^e
	10,000	5.00 ^e
	15,000	12.67 ^{ab}
	20,000	13.67 ^a
F-test		*
C.V. (%)		11.03

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญซึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.21 อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยขาวต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A.brassicicola*

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	Inhibition zone (มิลลิเมตร)
การต้มกลั่น		6.24 ^b
ปิโตรเลียมอีเธอร์		8.40 ^a
เอทานอล		8.00 ^a
F-test		**
	0	0.11 ^c
	5,000	5.22 ^d
	10,000	7.33 ^c
	15,000	11.11 ^b
	20,000	14.00 ^a
F-test		**
การต้มกลั่น	0	0.33 ^g
	5,000	4.67 ^f
	10,000	6.33 ^{ef}
	15,000	8.33 ^{de}
	20,000	11.67 ^{bc}
ปิโตรเลียมอีเธอร์	0	0.00 ^g
	5,000	6.67 ^{ef}
	10,000	9.33 ^{cd}
	15,000	11.33 ^{bc}
	20,000	14.67 ^a
เอทานอล	0	0.00 ^g
	5,000	4.33 ^f
	10,000	6.33 ^{ef}
	15,000	13.67 ^{ab}
	20,000	15.67 ^a
F-test		*
C.V. (%)		11.35

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญซึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.22 อิทธิพลของสารสกัดพริกไทยต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola*

วิธีการสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	Inhibition zone (มิลลิเมตร)
การต้มกลั่น		6.80 ^a
ปีโตรเลียมอีเทอร์		7.53 ^a
เอทานอล		7.40 ^a
F-test		ns
	0	0.78 ^c
	5,000	3.89 ^d
	10,000	6.00 ^c
	15,000	11.22 ^b
	20,000	14.33 ^a
F-test		**
การต้มกลั่น	0	1.00 ^g
	5,000	2.67 ^f
	10,000	6.67 ^{de}
	15,000	9.67 ^{cd}
	20,000	14.00 ^{ab}
ปีโตรเลียมอีเทอร์	0	0.67 ^g
	5,000	4.67 ^{ef}
	10,000	7.00 ^{de}
	15,000	11.00 ^{bc}
	20,000	14.33 ^a
เอทานอล	0	0.67 ^g
	5,000	4.33 ^{ef}
	10,000	4.33 ^{ef}
	15,000	13.00 ^{ab}
	20,000	14.67 ^a
F-test		ns
C.V. (%)		14.84

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4.4 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

Alternaria brassicicola

การศึกษานี้ พบว่า สารสกัดจากพริกไทยขาวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* ดีที่สุด แต่ไม่ต่างจากสารสกัดพริกไทยดำและพลูเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ โดยมีค่า inhibition zone เฉลี่ยเท่ากับ 7.56, 7.25 และ 7.22 มิลลิเมตร ตามลำดับ สารสกัดจากข่าและขิงมีประสิทธิภาพรองลงมา inhibition zone เฉลี่ยเท่ากับ 6.73 และ 6.42 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดจากคื่นฉ่ายมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* ต่ำที่สุด inhibition zone เฉลี่ยเท่ากับ 1.69 มิลลิเมตร และพบว่า วิธีการสกัด 3 วิธี มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *A. brassicicola* สาเหตุของโรคใบจุดในพืชตระกูลกะหล่ำต่างกัน ($p < 0.01$) (ตารางที่ 4.23) ซึ่งประสิทธิภาพของสารสกัดจิง คื่นฉ่าย พลู ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* เรียงจากสูงไปต่ำ คือ ET > การต้มกลั่น > PE ส่วนประสิทธิภาพของสารสกัดข่า พริกไทยขาว และพริกไทยดำ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* เรียงจากสูงไปต่ำ คือ PE > ET > การต้มกลั่น

ส่วนความเข้มข้นของสารสกัดทั้ง 5 ระดับมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* ต่างกัน ($p < 0.01$) โดยระดับความเข้มข้นสูง มี inhibition zone สูง และลดลงตามความเข้มข้น (คือ inhibition zone เรียงจากสูงไปต่ำ คือ สารสกัดความเข้มข้น 20,000 > 15,000 > 10,000 > 5,000 > 0 ppm ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.24)

ตารางที่ 4.23 อิทธิพลของชนิดของพืช 6 ชนิดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola*

พืช	การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A. brassicicola</i> (มิลลิเมตร)			
	เฉลี่ย	วิธีการสกัด		
		การต้มกลั่น	PE	ET
จิง	6.42 ^b	6.47 ^{ab}	5.80 ^{ab}	7.00 ^{ab}
ข้า	6.73 ^b	4.07 ^{bc}	8.53 ^a	7.60 ^a
ขึ้นฉ่าย	1.69 ^c	1.73 ^d	1.40 ^d	1.93 ^{cd}
พลู	7.22 ^{ab}	7.27 ^{ab}	7.00 ^{ab}	7.40 ^{ab}
พริกไทยขาว	7.56 ^a	6.24 ^{ab}	8.40 ^a	8.00 ^a
พริกไทยดำ	7.25 ^{ab}	6.80 ^{ab}	7.53 ^{ab}	7.40 ^{ab}
F-test	**	**		
C.V. (%)	15.79	44.55		

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.24 อิทธิพลของความเข้มข้น 5 ระดับต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola*

พืช	การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A. brassicicola</i> (มิลลิเมตร)				
	ความเข้มข้น (ppm)				
	0	5,000	10,000	15,000	20,000
จิง	0.11 ^k	3.67 ^{ij}	5.45 ^{ghi}	10.45 ^{de}	12.44 ^{abcd}
ข้า	0.33 ^k	3.56 ^j	7.00 ^{fg}	9.89 ^e	12.89 ^{ab}
ขึ้นฉ่าย	0.89 ^k	1.33 ^k	1.78 ^k	1.89 ^k	2.56 ^k
พลู	0.67 ^k	4.45 ^{hij}	7.33 ^f	10.89 ^{cde}	12.78 ^{abc}
พริกไทยขาว	0.11 ^k	5.22 ^{ghij}	7.33 ^f	11.11 ^{bcde}	14.00 ^a
พริกไทยดำ	0.78 ^k	3.89 ^{ij}	6.00 ^{fgh}	11.22 ^{bcde}	14.33 ^a
F-test	**				
C.V. (%)	18.95				

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, ns ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) ตามวิธีการแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 5 วิจัยผลการทดลอง

5.1 ปริมาณของสารสกัดพืช 6 ชนิด โดยวิธีการสกัด 3 วิธี

การต้มกลั่นไม่สามารถสกัด crude extract ได้ในพืชทั้ง 6 ชนิด เนื่องจากเมื่อสกัดด้วยวิธีต้มกลั่นน้ำมันที่ได้อยู่ในรูปน้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ เป็นของเหลว สีเหลืองใส สีส่อนแก่ขึ้นกับชนิดพืช ซึ่งลักษณะแตกต่างจาก crude extract ที่สกัดได้จากตัวทำละลายที่มีลักษณะขุ่นเหนียวหนืด สีคล้ำต่างๆ กันขึ้นกับชนิดพืช เช่น พลุได้ crude สีเขียวแก่ปนดำ ส่วนก้นฉายได้ crude สีเขียวอ่อน และข่าได้ crude extract สีเหลืองแก่ เป็นต้น (Dastmalchi และคณะ, 2007; Ghasemi และคณะ, 2007; Asuzu และ Ugwuze, 1990)

สำหรับการเปรียบเทียบตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด พบว่า การสกัดด้วย ET ให้ % yield ของ crude extract สูงกว่าการสกัดด้วย PE เนื่องจากการสกัด crude extract ของพืชแต่ละชนิดนั้นผ่านการระเหยแห้งเพียงแค่ครั้งเดียว PE ซึ่งสามารถละลายเฉพาะองค์ประกอบที่ไม่สามารถละลายในน้ำได้ (non polar) จะสกัดได้เฉพาะองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนน้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในพืชจะถูกแยกชั้นออกมา และถูกกำจัดออกโดยใช้กรวยกรองไขส่วนที่เป็นน้ำซึ่งแยกชั้นกับน้ำมันทิ้งไป และใช้ sodium sulfate anhydrous ดูดน้ำที่เหลือปนอยู่เล็กน้อยออกจากร้ำมันให้หมด crude extract ที่ได้จาก PE จึงไม่มีน้ำและส่วนประกอบที่สามารถละลายในน้ำ (Kulsum และคณะ, 2006; Sharma และคณะ, 2006; Orhan และคณะ, 2006; Bisht และคณะ, 2006) ในขณะที่การสกัดด้วย ET สามารถสกัดองค์ประกอบที่สามารถละลายในน้ำ (polar) โดยรวมตัวกับน้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในส่วนต่างๆ ของพืชสด ดังนั้นการสกัดด้วย ET จึงให้ปริมาณ crude extract สูง โดยเฉพาะในใบพืชสดอย่างก้นฉาย และพลู ซึ่งพบปริมาณ crude extract สูงที่สุดและรองลงมา ตามลำดับ (Chuang และคณะ, 2006; Martinez และคณะ, 2006; Jamal และคณะ, 2006)

นอกจากนั้นในตารางที่ 4.1 พบว่าพืชทั้ง 5 ชนิดมีปริมาณสารสกัดบริสุทธิ์ (% yield of absolute) จากการสกัดด้วยตัวทำละลายสูงกว่าเมื่อสกัดด้วยการต้มกลั่น ยกเว้นพริกไทยดำที่สารจากการกลั่นสูงกว่าตัวทำละลาย งานวิจัยของ Keita และคณะ (2000) ที่ได้สกัดพริกไทยดำด้วยการกลั่นและการสกัดด้วยตัวทำละลาย ระหว่างการต้มกลั่นสารพบ % yield ของสารบริสุทธิ์สูง Keita และคณะ (2000) กล่าวว่าหากปริมาณวัตถุดิบแห้งที่นำมาสกัดแต่ละครั้งมีจำนวนเล็กน้อยและวัตถุดิบแห้งที่นำมาสกัดหากยังถูกทำให้แห้งมากจะทำให้ได้ปริมาณ yield ในรูป essential oil สูง ตรงกับผลการทดลองเมื่อวัดปริมาณความชื้นจากพริกไทยดำก่อนนำไปทดลองพบว่ามีค่าร้อยละความชื้นเท่ากับ 2.38 ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ถูกทำให้แห้งมากกว่าพริกไทยขาวที่วัดความชื้นได้ร้อยละ 7.57 ดังนั้นพริกไทยดำจึงมีปริมาณ yield ในรูป essential oil สูงกว่าพริกไทยขาว

เมื่อเปรียบเทียบ % yield of absolute ระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลาย พบว่า การสกัดด้วย ET ให้ปริมาณสูงกว่า PE ในทั้ง 5 ชนิดพืชยกเว้นข่า เนื่องจาก ET เป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว จึงสามารถสกัดสารที่มีขั้วจากพืชซึ่งน่าจะมียอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าสารไม่มีขั้ว แต่สำหรับข่าซึ่งเป็นพืชเพียงชนิดเดียวที่ให้ปริมาณ % yield of absolute จากการสกัดจาก PE สูงที่สุดอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบภายในข่าส่วนใหญ่เป็นพวก wax หรือไขมันซึ่งเป็นพวกที่จัดเป็นองค์ประกอบที่ไม่สามารถละลายน้ำ ตัวทำละลาย PE จึงสามารถสกัดสารพวกนี้ออกมาได้สูง (Manju และคณะ, 2006)

5.2 ปริมาณและชนิดของสารสำคัญจากสารสกัดพืชแต่ละชนิดที่ออกฤทธิ์ต่อ หนอนกระทู้หอมและเชื้อรา *Alternaria brassicicola*

5.2.1 สารสกัดขิง

องค์ประกอบหลักของสารสกัดขิงที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS เมื่อสกัดโดยการต้มกลั่น คือ geranial (trans-citral), eucalyptol และ selinene จะเห็นว่าองค์ประกอบที่สกัดด้วยวิธีต้มกลั่นต้องสกัดผ่านความร้อนสูง จากผลการทดลองไม่พบสาร gingerol ตรงกับรายงานวิจัยของ Shivanand และคณะ (2004) เนื่องจากขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น สาร gingerol จะสลายตัวหรือเปลี่ยนรูปเป็น gingerone และ shogoal เมื่อสกัดสารจาก PE สารสำคัญที่พบคือ gingerol, geranial และ cis-6-shogoal ตรงกับงานวิจัยของ Shivanand และคณะ (2004) ที่พบสารสำคัญในขิงเป็น 6-gingerol สูงที่สุด นอกจากนี้ Bartley และ Jacobs (2000) อธิบายว่าเมื่อใดที่ความร้อนจำนวน terpene hydrocarbon จะเพิ่มขึ้นจาก 6-shogoal เป็น 8-shogoal และ 10-shogoal ตามลำดับ ซึ่งมีผลทำให้คุณภาพของสารสกัดขิงต่ำลง terpene hydrocarbon ที่เพิ่มขึ้นด้วย จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณของสาร 6-shogoal มากกว่า 8-shogoal และ 10-shogoal แสดงว่าขิงที่นำมาสกัดเป็นขิงที่สดและมีคุณภาพดี อีกทั้งยังเก็บรักษาอย่างมีคุณภาพก่อนนำมาวิเคราะห์ การทดลองของ Yu และคณะ (2007) พบสารประกอบ geranial สูงเท่ากับร้อยละ 5.25 ในขณะที่ Zancan และคณะ (2002) พบสารสำคัญจากการสกัดขิง คือ gingerols, shogoals และ α -zingiberene โดยอธิบายผลการทดลองที่พบปริมาณและชนิดของสารประกอบที่ได้แตกต่างกันว่าขึ้นกับหลายปัจจัย รวมทั้งอุณหภูมิ ความดัน และตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด อีกทั้งในงานวิจัยของ Xian-guo (1998) พบว่าสารที่มีปริมาณสูงที่สุดคือ 6-gingerol และ 6-shogoal โดยสาร 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, 6-shogoal, 8-shogoal, 10-shogoal และ 6-gingediol จากสารสกัดขิงเป็นสารให้กลิ่นฉุน เมื่อสกัดขิงด้วย ET สารสำคัญคือ eucalyptol, trans-caryophyllene และ selinene นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยของ Sabulal และคณะ (2006) ที่พบสารประกอบ caryophyllenes สูงในรูปไอโซเมอร์ต่างๆ คือ β -caryophyllene (ร้อยละ 42.2), α -caryophyllene (ร้อยละ 27.7) และ isocaryophyllene (เล็กน้อย)

สารสกัดจิงจากตารางที่ 4.2 มีสารสำคัญเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มเทอร์พีนเกือบทั้งหมด ผลการทดลองแสดงฤทธิ์ของสารสกัดต่อการยับยั้งการฟักไข่ การกินอาหาร และการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม โดยความเข้มข้นของสารสกัดจิงยิ่งสูงจะมีประสิทธิภาพการยับยั้งสูงด้วย (ตารางที่ 4.8) และพบว่าการสกัดด้วย PE ได้สารสำคัญคือ gingerol, geranial และ cis-6-shogol ซึ่งมีผลยับยั้งการฟักไข่และการเข้าดักแด้ของหนอนสูงที่สุด สนับสนุนโดยงานวิจัยของอุษณีย์ งามประไพพรรณ (2549) ซึ่งพบว่าสารกลุ่มเทอร์พีนทำให้หนอนไม่สามารถลอกคราบเจริญเติบโตได้ หนอนจะตายในระยะลอกคราบ เพราะสารกลุ่มเทอร์พีนจะออกฤทธิ์ต่อการสร้างฮอร์โมนซึ่งทำให้การฟักไข่และปริมาณการฟักไข่ลดน้อยลง ส่วนการยับยั้งการกินอาหารและการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* (ตาราง 4.8 และ 4.17) พบว่าการสกัดด้วย ET ได้สารสำคัญคือ eucalyptol, trans-caryophyllene และ selinene ซึ่งสารเหล่านี้อยู่ในกลุ่มเทอร์พีน ซึ่งตามรายงานวิจัยของณัฏฐา เล่ากุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น (2543) กล่าวว่า มีผลในการยับยั้งการกินอาหาร และพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้หอม ได้ตรงกับรายงานวิจัยของขวัญฤทัย คล้ายมุข (2547)

5.2.2 สารสกัดข่า

สารสำคัญในข่าที่สกัดโดยทั้ง 3 วิธีคือ eucalyptol, selinene, trans-caryophyllene, neral, chavicol, juniper camphor และ geranial ส่วนสารอื่นๆ ที่พบคือ eugenol, elemene, α -farnesene, α -caryophyllene, bisabolene และ farnesyl acetate (ตารางที่ 4.3) ซึ่งตรงกับรายงานวิจัยของ Ibrahim และคณะ (2004) ซึ่งพบสารสำคัญจากข่าได้แก่ 1,8-cineole ร้อยละ 40.5, bisabolene ร้อยละ 8.4, farnesol ร้อยละ 3.8, trans-caryophyllene ร้อยละ 3.0 และ farnesene ร้อยละ 3.2 รายงานวิจัยของ Jirovetz และคณะ (2003) ศึกษาสารสำคัญในเหง้าข่าจากอินเดียได้ พบ 1,8-cineole ร้อยละ 28.4, α -fenchyl acetate ร้อยละ 18.4 และ camphor ร้อยละ 7.7 ซึ่ง Herman และคณะ (1985) ที่สกัดเหง้าข่าในประเทศมาเลเซียพบว่า มีสารสำคัญเป็น eugenol และ chavicol (4-allylphenol) ในขณะที่ Kaul และคณะ (2005) พบ fenchyl acetate ร้อยละ 37.6 และ eucalyptol ร้อยละ 15.6 ตรงกับผลการทดลองนี้ที่พบ eucalyptol สูงแต่ไม่สอดคล้องกับ farnesyl acetate ที่พบเพียงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากข่าในแต่ละประเทศที่ขึ้นในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน มีสารออกฤทธิ์ไม่เท่ากัน

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3, 4.9 และ 4.18 พบว่า สารสำคัญในสกัดข่าจาก ET คือสาร geranial, neral และ juniper camphor ในกลุ่มเทอร์พีนสามารถยับยั้งการฟักไข่และการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมเฉพาะวันที่ 1 อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ส่วนการยับยั้งการกิน (เฉพาะในวันที่ 5 หลังได้รับสารสกัด) และการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* พบว่าสารสำคัญในข่าที่สกัดด้วย PE ได้แก่ neral, selinene และ chavicol ซึ่งเป็นสารในกลุ่มเทอร์พีนและฟีนอล ส่วนการเข้าดักแด้ สาร

สกัดจากการต้มกลั่นมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีสารสำคัญคือ eucalyptol, selinene และ trans-caryophyllene ซึ่งอยู่ในกลุ่มเทอร์พีน

5.2.3 สารสกัดคื่นฉ่าย

สารสกัดคื่นฉ่ายทั้ง 3 วิธีการสกัดพบสารสำคัญคือ selinene, juniper camphor, trans-caryophyllene, phthalide และ eucalyptol สารอื่นๆ ที่พบได้แก่ citral, elemene, farnesol, cis-caryophyllene, α -humulene, aromadendrene, bisabolene (ตารางที่ 4.4) Sipailiene และคณะ (2005) สกัดคื่นฉ่ายทั้งจากส่วนรากและใบของคื่นฉ่าย เมื่อวิเคราะห์โดยGC-MS พบว่าสารสำคัญในรากคื่นฉ่ายคือ limonene, carvone และ 3n-butylphthalide ในส่วนใบพบ limonene มากกว่าในรากแต่พบ carvone เล็กน้อย งานของ Alexander (1987) ศึกษาสารประกอบในคื่นฉ่ายจากประเทศลิเบีย พบว่า 3-butylphthalide และ butyltetrahydrophthalide ร้อยละ 22.3 และ 24.0 ตามลำดับ ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดเป็นกลิ่นของคื่นฉ่าย ส่วน Khamman (1999) รายงานว่าพบสารสำคัญจากการสกัดคื่นฉ่ายคือ selinene, caryophyllene oxide และ limonene นอกจากนี้ Agnieszka และ Dyduch (2005) ศึกษาสารสกัดจากใบคื่นฉ่ายพบว่าปริมาณสารและองค์ประกอบสารในคื่นฉ่ายจะแตกต่างกันกับอายุเก็บเกี่ยว (จำนวนวัน) และแต่ละปีที่สภาพอากาศ อุณหภูมิแตกต่างกันมีผลต่อองค์ประกอบสารที่แตกต่างกัน

สารสกัดคื่นฉ่าย (ตารางที่ 4.4, 4.10 และ 4.19) จาก PE มีสารสำคัญในกลุ่มเทอร์พีนคือ selinene และ juniper camphor สามารถยับยั้งการฟักไข่ (วันที่ 1) และยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมดีที่สุด ส่วนสารสกัดคื่นฉ่ายด้วย ET นอกจากสารสำคัญ คือ selinene และ juniper camphor ยังมี eucalyptol ซึ่งเป็นสารกลุ่มเทอร์พีนที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งการฟักไข่ (วันที่ 5)

ในขณะที่สารสกัดคื่นฉ่ายยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* ได้มากกว่าเมื่อไม่ได้รับสารสกัดเล็กน้อย โดยค่าการยับยั้งทั้ง 3 วิธีได้ไม่แตกต่างกัน สารสำคัญในคื่นฉ่ายอยู่ในกลุ่มเทอร์พีน

5.2.4 สารสกัดพลู

สารสกัดพลูทั้ง 3 วิธี พบสารสำคัญคือ 3-allyl-6-methoxyphenol, α -cadinene, β -cadinene, 4-chromanol, chavicol สารอื่นได้แก่ eucalyptol, eugenol, elemene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-benzene, trans-caryophyllene, cubenol, aromadendrene, cis-caryophyllene, seychellene, valencene, β -guaiane, juniper camphor (ตารางที่ 4.5) สนับสนุนโดยงานวิจัยของ Bandyopadhyay และคณะ (2003) ศึกษาการสกัดใบพลูอินเดียพบว่าปริมาณน้ำมันสกัดจากพลูขึ้นกับสายพันธุ์ และสารประกอบในพลูส่วนใหญ่เป็น phenol และ terpene สารประกอบ phenol มีคุณภาพดีกว่าในการยับยั้งจุลินทรีย์ โดยสารสำคัญในน้ำมันพลูเป็นไอโซเมอร์ของ eugenol

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5, 4.11 และ 4.20 พบว่าสารสกัดพลูจากการต้มกลั่นสามารถยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด สารสำคัญคือ 3-allyl-6-methoxyphenol ซึ่งเป็นสารที่มีฟินอลเป็นองค์ประกอบ ส่วนสารอื่นที่รองลงมา เช่น cadinene อยู่ในกลุ่มเทอร์พีน สารที่ยับยั้งการกินอาหารและการเข้าดักแด้ได้ดีที่สุดคือพลูที่สกัดจาก PE ซึ่งมีสารออกฤทธิ์อยู่ในกลุ่มเทอร์พีนและฟินอล โดยกลไกสารกลุ่มเทอร์พีนดังที่กล่าวมาแล้ว ส่วนกลไกของสารกลุ่มฟินอลจะมีผลต่อการฟักไข่ กินอาหารลดลง และการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

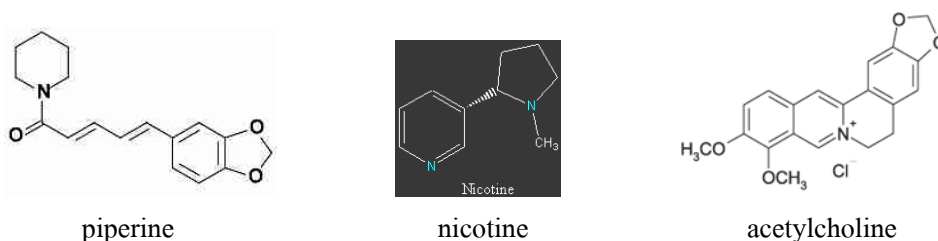
และด้านการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* ของสารสกัดพลูพบว่าสามารถยับยั้งเชื้อราได้มากกว่ากลุ่ม control แต่ผลการยับยั้งของทั้ง 3 วิธีการสกัดไม่แตกต่างกัน การยับยั้งเชื้อเนื่องจากมีสาร 3-allyl-6-methoxyphenol, chavicol และ eugenol ซึ่งเป็นสารกลุ่มฟินอลที่ออกฤทธิ์ต่อการยับยั้งเชื้อราต่างๆ สูง

5.2.5 สารสกัดพริกไทย

นอกจากนี้พบว่า Arts และ Marcel (1998) รายงานว่าสารสำคัญที่พบในพริกไทยขาวทุกชนิดมีอยู่ในสารที่พบในพริกไทยดำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ (ตารางที่ 4.6 และ 4.7) โดยสารสำคัญในพริกไทยได้แก่ trans-caryophyllene, piperine, elemene, α -terpinyl acetate, 3-carene, α -copaene, farnesene, α -humulene และ spathulenol สารประกอบอื่นๆ ได้แก่ pinene, linalool, linalyl propionate, sabinol, cubenol, β -guaiene, α -farnesene, cis-caryophyllene, selinene, bisabolene, β -cadinene, caryophyllene oxide (ตารางที่ 4.7) ตรงกันกับรายงานของ Gurdip และคณะ (2004) ซึ่งวิเคราะห์องค์ประกอบของพริกไทยพบสารประกอบที่สกัดจากการต้มกลั่น 49 ชนิดโดยคิดเป็นร้อยละ 99.39 ของปริมาณสารทั้งหมด สารสำคัญที่พบปริมาณสูงที่สุดคือ trans-caryophyllene ร้อยละ 24.24, sabinene ร้อยละ 13.01, bisabolene ร้อยละ 7.69 และ α -copaene ร้อยละ 6.3 ส่วนพริกไทยที่สกัดด้วยตัวทำละลายมีขี้ (acetone) มีสารประกอบ 18 ชนิดคิดเป็นร้อยละ 75.59 ของปริมาณสารทั้งหมด โดยสารสำคัญคือ piperine ร้อยละ 33.53, piperolein B ร้อยละ 13.73, piperamide ร้อยละ 3.43 และ guineensine ร้อยละ 3.23

ผลการใช้สารสกัดพริกไทยเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช (ตารางที่ 4.6, 4.7, 4.12, 4.13, 4.21 และ 4.22) พบว่าพริกไทยขาวและพริกไทยดำที่สกัดด้วย ET พบสารสำคัญคือ trans-caryophyllene และ piperine ซึ่งเป็นสารกลุ่มเทอร์พีนที่มีฤทธิ์ทำให้กระบวนการลอกคราบของแมลงผิดปกติ ทำให้ไข่ฟักเป็นตัวลดลง (อุษณีย์ งามประไพพรรณ, 2549) ยับยั้งการกินอาหารและการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้หอม (ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น, 2543) ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีสารพวกแอลคาลอยด์ที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการกิน (เฉพาะวันที่ 5 หลังได้รับสารสกัด) และการเจริญเติบโตจนเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมโดยเฉพาะสารสกัดพริกไทยขาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ รายงานของ Lee และคณะ (1984) พบว่าสารแอลคาลอยด์ (เช่น nicotine และ piperine) มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (CNS)

และกล้ามเนื้อของแมลง โดยผลการออกฤทธิ์ของสารกลุ่มนี้จะเข้ายับยั้งกลไกการทำงานของอะซิติลโคลีน การทำงานนี้มีชื่อว่า acetylcholine mimics เนื่องจากมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายสารอะซิติลโคลีน



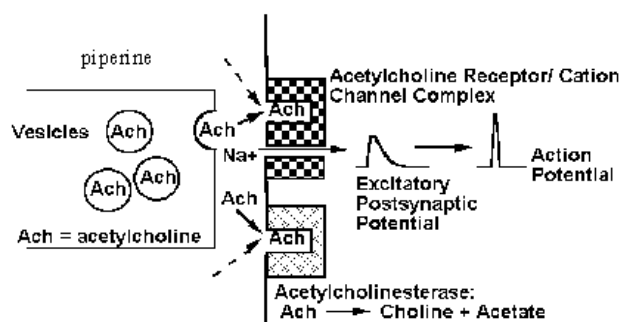
รูปที่ 5.1 สูตรโครงสร้างของ piperine, nicotine และ acetylcholine ที่คล้ายกัน

บริเวณ synapse เป็นบริเวณรอยต่อซึ่งเป็นช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาท กระแสประสาท (nerve impulse) สามารถผ่านช่องว่างนี้ได้ต้องอาศัยสารนำกระแสประสาท (neurotransmitters) สารที่สำคัญในแมลงคือ acetylcholine (Ach) ซึ่งในสภาพปกติ Ach จะถูกสร้างขึ้นที่ pre-synaptic nerve เพื่อนำกระแสประสาทไปยัง post-synaptic โดยไปจับกับ acetylcholin receptor ที่บริเวณดังกล่าวหลังจากส่งกระแสประสาทเรียบร้อยแล้ว Ach ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ acetylcholinesterase กระแสประสาทจึงถูกหยุดส่ง แต่เมื่อมีสารที่มีโครงสร้างคล้ายกันมาแทนที่แทน Ach แต่กลับไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ acetylcholinesterase ทำให้การจับกับ acetylcholine receptor ของสารดังกล่าวเกิดขึ้นยาวนาน ทำให้มีการส่งผ่านกระแสประสาทอยู่ตลอด ที่บริเวณ post-synaptic nerve หนอนจะเกิดอาการสั่น ชัก กระตุก เป็นอัมพาตและตายในที่สุด ตรงกับชะตอลงซึ่งพบว่าหนอนกระทุ่มหอมจะมีการชักกระตุกก่อนตาย

Action of Insecticides on Synaptic Receptors

Presynaptic Nerve Terminals

Postsynaptic Cell



รูปที่ 5.2 ตำแหน่ง synaptic ที่มีการส่งผ่านกระแสประสาท acetylcholine

ส่วนการยับยั้งการกินเฉพาะวันที่ 1 ที่ได้รับสารสกัดและการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *A. brassicicola* พบว่าสารสกัดพริกไทยที่สกัดด้วย PE กลุ่มเทอร์พีนสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้สูงที่สุด

5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 6 ชนิดต่อหนอนกระทู้หอมและเชื้อรา *Alternaria brassicicola*

เมื่อเปรียบเทียบพืช 6 ชนิดด้วยวิธีการสกัด 3 วิธี ที่ความเข้มข้น 50, 150, 300, 500 ppm ต่อหนอนกระทู้หอม พบว่า ผลการยับยั้งการฟักไข่ การยับยั้งการกินอาหาร และการยับยั้งการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมแตกต่างกันในแต่ละพืช

5.3.1 การยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม

ผลการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม (ตารางที่ 4.14) ในแต่ละพืชแตกต่างกัน โดยการยับยั้งในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารสกัดสูงกว่าวันที่ 5 แสดงว่าสารสกัดพืชที่นำมาใช้มีอายุการยับยั้งการฟักไข่สั้น ไม่ควรใช้เมื่อระยะเวลาผ่านไปนาน พืชที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการฟักไข่สูงที่สุดคือพลู (เทอร์พีนและฟีนอล) รองลงมาคือพริกไทยดำ (เทอร์พีนและแอลคาลอยด์) จิง ข่า พริกไทยขาว และคื่นฉ่ายตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพลูเป็นสารสกัดที่มีสารที่มีฟีนอลเป็นองค์ประกอบมากกว่าสารสกัดชนิดอื่นๆ ทั้งหมด ซึ่งสารฟีนอลอื่นได้แก่ chavicol, eugenol และ 3-allyl-6-methoxyphenol มีผลต่อการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมได้ดีที่สุด

พริกไทยขาวมีสารเทอร์พีนและแอลคาลอยด์เช่นเดียวกับในพริกไทยดำเพราะว่ามาจากพืชชนิดเดียวกันแต่กระบวนการผลิตที่ต่างกันของพริกไทยดำและพริกไทยขาว ทำให้สารภายในของพริกไทยขาวที่ผ่านกระบวนการมากกว่า เช่นการแช่น้ำค้างคืน การร่อนเปลือกออก เป็นต้น มีสารปริมาณน้อยกว่า การออกฤทธิ์ยับยั้งการฟักไข่ของพริกไทยขาวจึงน้อยกว่าพริกไทยดำ แม้ว่ามาจากพืชชนิดเดียวกันก็ตาม

ส่วนจิงและข่าที่เป็นพืชในวงศ์เดียวกันและสารสำคัญหลักๆ ในทั้ง 2 พืชนี้คือสารเทอร์พีน แต่จากผลการทดลองพบว่าจิงสามารถยับยั้งการฟักไข่ได้ดีกว่าข่า เมื่อพิจารณาสารสำคัญในจิงจะพบว่าจิงมีสาร shogaol, gingerol และ zingiberene ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นฉุนในปริมาณสูงกว่าข่า สารเหล่านี้น่าจะเป็นสารที่ยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมดีที่สุด

เมื่อพิจารณาวิธีการสกัดที่ยับยั้งไข่ไม่ให้ฟักเป็นตัวหนอน พบว่า วิธีต้มกลั่น (พลูสูงที่สุด) มีประสิทธิภาพมากที่สุด (ตารางที่ 4.14) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการต้มกลั่นพลูจะได้สารฟีนอลคือ 3-allyl-6-

methoxyphenol สูงที่สุด รองลงมาคือการสกัดด้วยตัวทำละลาย PE และ ET ตามลำดับ (พริกไทยดำสูงที่สุด) โดยผลการยับยั้งขึ้นกับระดับความเข้มข้น ที่ยิ่งความเข้มข้นสูงยิ่งยับยั้งการฟักไข่ได้สูง สารสำคัญในพริกไทยจากการสกัดด้วยตัวทำละลายได้สารคล้ายกันแต่ปริมาณต่างกัน โดย PE สามารถสกัดสาร elemene, copaene, caryophyllene, humulene และ selinene ได้สูงกว่า ET สารเหล่านี้จึงน่าจะเป็นสารสำคัญที่ทำให้ PE ยับยั้งการฟักไข่ได้สูงกว่า ET

5.3.2 การยับยั้งกินอาหารของหนอนกระทู้หอม

ผลการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมแตกต่างกันในแต่ละพืช (ตารางที่ 4.15) สารสกัดพริกไทยยับยั้งการกินอาหารได้สูงที่สุด โดยเมื่อเปรียบเทียบสารสกัดพริกไทยดำและพริกไทยขาวพบว่า พริกไทยดำสามารถยับยั้งการกินอาหารได้สูงกว่าพริกไทยขาว เนื่องจากกระบวนการผลิตพริกไทยที่แตกต่างกัน พริกไทยดำสามารถรักษาองค์ประกอบภายในสมบูรณ์กว่าเพราะผ่านกระบวนการแปรรูปน้อยกว่าพริกไทยขาว ในขณะที่สารสกัดขิง พลู และข่าสามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้รองจากพริกไทยในอัตราการยับยั้งใกล้เคียงกัน สารที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในพืชทั้ง 3 ชนิดนี้อยู่ในกลุ่มเทอร์พีนคล้ายกัน แต่ปริมาณมากน้อยต่างกัน ในสารสกัดจากพริกไทยมีสารกลีโคไซด์พวก shogaol, gingerol และ zingiberone มาก ในขณะที่สารสกัดจากข่าส่วนใหญ่มีสารประกอบที่อยู่ในกลุ่มเทอร์พีนและฟีนอล ส่วนสารสกัดจากพลูมีสารในกลุ่มฟีนอลพวก chavicol, eugenol และ 3-allyl-6-methoxyphenol สูง แต่ละพืชมีองค์ประกอบที่น่าจะมีผลต่อการยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้ ทั้งสารให้กลิ่นฉุน สารกลุ่มฟีนอลหรือสารกลุ่มเทอร์พีน อัตราการยับยั้งจึงแตกต่างกันไปตามสารที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละพืช และคั้นน้ำเป็นสารที่ยับยั้งการกินอาหารได้ดีที่สุด ในคั้นน้ำมีสารสำคัญคือ selinene และ juniper camphor ซึ่งอาจไม่ได้ออกฤทธิ์ต่อการยับยั้งการฟักไข่ การกินอาหารและการยับยั้งเส้นใยของเชื้อรา แต่สารที่มีปริมาณสูงในคั้นน้ำนี้น่าจะออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม เพราะจากผลการทดลองพบว่า ยับยั้งการเข้าดักแด้ได้สูงที่สุดเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ (ในหัวข้อ 5.3.3)

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.15 จะเห็นว่าพืชแต่ละชนิดที่สกัดด้วยวิธีการแตกต่างกันให้ผลการยับยั้งการกินอาหารที่แตกต่างกัน เนื่องจากสารที่เป็นองค์ประกอบหรือสารสำคัญในพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน อีกทั้งเมื่อสกัดด้วยวิธีที่แตกต่างยังส่งผลต่อองค์ประกอบของสารสำคัญให้แตกต่างกันมากขึ้น สารแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินของหนอนกระทู้หอมได้ไม่เท่ากัน เช่น สารสกัดพริกไทยเปรียบเทียบระหว่างพริกไทยดำและพริกไทยขาวพบว่าค่าการยับยั้งการกินอาหารสูงที่สุดเมื่อให้หนอนกินอาหารผสมสารสกัดพริกไทยจากการสกัดด้วย ET เป็นเวลา 5 วัน สารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการกินของหนอนน่าจะเป็นสาร piperine ซึ่งอยู่ในกลุ่มแอลคาลอยด์ พบปริมาณสูงเมื่อสกัดพริกไทยด้วย ET และพบว่ายังระยะเวลาการให้สารสกัดยาวนานขึ้น(ในวันที่ 5 ของการให้สารสกัด) สาร piperine

ที่สกัดได้ในพริกไทยยังยับยั้งการกินได้ดีกว่าเมื่อได้รับสารสกัดเป็นเวลาสั้นๆ (1 วัน) เนื่องจากสารสกัดที่สะสมเป็นปริมาณมากกว่าจะส่งผลต่อการยับยั้งการกินได้ดีกว่า

ในการทดลองครั้งนี้ยังพบอีกว่าผลการยับยั้งการเข้ากินอาหารส่วนใหญ่ขึ้นกับระดับความเข้มข้นของสารสกัด ยิ่งความเข้มข้นของสารสกัดสูงจะทำให้ผลการยับยั้งการกินอาหารลดลง นั่นคือการยับยั้งการกินอาหารเพิ่มสูงขึ้น

5.3.3 การยับยั้งการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม

และจากตารางที่ 4.16 พบผลการยับยั้งการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมแตกต่างกันในแต่ละพืช ขึ้นมาเป็นพืชที่ยับยั้งการฟักไข่ การกินอาหาร และยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราได้ต่ำที่สุด เพราะมีสารสำคัญคือ selinene และ juniper camphor ซึ่งอาจไม่ได้ออกฤทธิ์ต่อการยับยั้งการฟักไข่ การกินอาหารและยับยั้งเส้นใยของเชื้อรา แต่น่าจะออกฤทธิ์ต่อการยับยั้งการเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม ทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้โดยใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นในสภาพของแปลงปลูกจริงถ้าใช้เวลานานให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้ให้นานขึ้น หนอนอาจถูกทำลายโดยสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิสูงของอากาศและของใบพืช ซึ่งจะส่งผลดีต่อการเพาะปลูกพืชที่มีหนอนกระทู้หอมระบาด

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อได้รับสารสกัดขึ้นมาเป็นเวลานาน (5 วัน) สามารถยับยั้งการเข้าดักแด้ได้สูงกว่าเมื่อได้รับสารสกัดเป็นเวลาสั้นๆ (1 วัน) เนื่องจากสารสกัดที่สะสมเป็นปริมาณมากกว่าส่งผลต่อการยับยั้งได้ดีกว่า และในการทดลองครั้งนี้ยังพบอีกว่าผลการยับยั้งการเข้าดักแด้ส่วนใหญ่ขึ้นกับระดับความเข้มข้นของสารสกัดขึ้นน้อย ยิ่งความเข้มข้นของสารสกัดสูงจะทำให้ผลการยับยั้งการเข้าดักแด้สูงขึ้นด้วย

ในขณะที่พืชชนิดอื่นซึ่งยับยั้งการฟักไข่ การกินอาหารของหนอนกระทู้หอม และยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราสูง แต่กลับกระตุ้นให้หนอนกระทู้หอมเข้าระยะดักแด้เร็วกว่าปกติ ยิ่งความเข้มข้นสูงยิ่งเร่งการเข้าดักแด้ให้เร็ว ซึ่งเหตุผลสนับสนุนการเข้าดักแด้เร็วขึ้นนี้แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ หนอนกระทู้หอมกลุ่มที่ได้รับสารสกัดพืชแล้วเข้าดักแด้เร็วขึ้น โดยมีชีวิตรอดอยู่จนกลายเป็นผีเสื้อกลางคืนที่เป็นตัวเต็มวัยของหนอนกระทู้หอม และกลุ่มที่ได้รับสารสกัดพืชแล้วเข้าดักแด้เร็วขึ้นแต่ไม่สามารถพัฒนาจนเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้

กลุ่มที่เข้าดักแด้เร็วกว่าปกติแล้วดักแด้อยู่รอดจนพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ เนื่องจากสารที่มีอยู่ในพืชเหล่านี้เป็นสารที่ทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตและการเข้าดักแด้ ฮอร์โมนนี้เรียกว่า ฮอร์โมนจูวีไนล์ (juvenile hormone) เมื่อแมลงได้รับสารสกัดที่คล้ายจูวีไนล์ฮอร์โมน จะส่งผลต่อให้เข้าสู่กระบวนการเข้าดักแด้เร็วขึ้น รวมทั้งมีผลต่อไปยังกระบวนการลอกคราบและการสืบพันธุ์ในตัว

เต็มวัยของแมลงที่ใช้ระยะเวลาสั้นลง โดยบางครั้งอาจกลายเป็นตัวเต็มวัยที่สมบูรณ์หรืออาจทำให้มีรูปร่างผิดปกติเช่นมีรูปร่าง 2 แบบในเวลาเดียวกัน ส่วนหนึ่งเป็นตัวอ่อนอีกส่วนหนึ่งเป็นดักแด้ เป็นต้น

และอีกกลุ่มหนึ่งคือหนอนที่เข้าดักแด้เร็วแต่กว่าเวลาตามปกตินั้น แต่ไม่สามารถอยู่รอดจนกลายเป็นตัวเต็มวัยที่สมบูรณ์ได้ เนื่องจากดักแด้ในกลุ่มนี้จะฝ่อหรือลีบทั้งหมดก่อนจะเจริญเป็นตัวเต็มวัย อาจเนื่องมาจากสารสกัดพืชบางชนิดโดยเฉพาะในกลุ่มมีสาร Insect Growth Regulators (IGRs) ซึ่งทำหน้าที่ยับยั้งการสร้างไคตินหรือทำลายไคตินที่เป็นองค์ประกอบในทั้งเปลือกผนังลำตัวของแมลงตัวเต็มวัย รวมทั้งส่วน cuticle ที่อยู่ผิวด้านนอกของดักแด้ เมื่อไม่มีการสร้างไคติน ทำให้ exoskeleton ไม่สามารถฟอร์มตัวเป็นรูปร่างได้ (Alston และคณะ, 2005) เอนไซม์ที่ทำลายไคติน (chitin-catabolic enzymes) ซึ่งเรียกว่าเอนไซม์ไคตินเนสจะถูกกระตุ้นให้สร้างเมื่อแมลงจะเปลี่ยนแปลงระยะการเจริญเติบโต เช่น กำลังจะฟักออกเป็นตัว หรือระยะลอกคราบ หรือระยะการเข้าดักแด้ เป็นต้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยยับยั้งการฟักไข่ การกินอาหาร การเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอมได้ (Kramer และ Muthukrishnan, 1997)

5.3.4 การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola*

และจากตารางที่ 4.23 พบว่าสารสกัดพืชทั้ง 6 ชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *A. brassicicola* แตกต่างกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบวงศ์พืชที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเส้นใยเชื้อรา พบว่า พืชทั้ง 3 ชนิดในวงศ์ Piperaceae ยับยั้งได้ดีที่สุด รองลงมาคือพืช 2 ชนิดในวงศ์ Zingiberaceae และวงศ์ Apiaceae ยับยั้งเส้นใยของเชื้อรา *A. brassicicola* ได้ต่ำที่สุด

พริกไทยขาวและพริกไทยดำในวงศ์ Piperaceae ที่สกัดด้วย PE ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* ได้สูงที่สุด เมื่อพิจารณาจากจากตารางที่ 4.23 จะเห็นว่าพริกไทยขาวมีค่าการยับยั้งเชื้อราสูงกว่าพริกไทยดำทั้งที่ผ่านกระบวนการผลิตจนเหลือชนิดของสารน้อยกว่า อาจเนื่องมาจากสารบางตัวในพริกไทยขาว มีปริมาณสูงกว่าพริกไทยดำเมื่อสกัดด้วย PE และสารเหล่านี้เป็นตัวยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา สารออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราในกลุ่มเทอร์พีน (Becerra และคณะ, 2004; Leon และคณะ, 2004) คือ elemene, spathulenol และสารที่อยู่ในกลุ่ม caryophyllene และอนุพันธ์ของกลุ่มนี้ได้แก่ trans-caryophyllene, cis-caryophyllene และ caryophyllene oxide และสารกลุ่มแอลคาลอยด์ คือ piperine ที่ออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา (Rahman และคณะ, 1997; Wilson และคณะ, 1961)

ส่วนพลูมิสารที่อยู่ในกลุ่มฟีนอลและควิโนนเป็นสารสำคัญที่พบสูง ซึ่งสารในกลุ่มฟีนอลและควิโนนนี้ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา (Lingham และคณะ, 1977 Alexander และ Knobloch, 1987) และ

เชื้อแบคทีเรียอื่น เช่น *Pantoea agglomerans* ได้ดี (Dillon และ Charnley, 1995) แต่พบว่ายับยั้งได้ต่ำกว่ากลุ่มเทอร์พีนและแอลคาลอยด์ในพริกไทย

ส่วนสารสำคัญในขิงและข่าวงศ์ Zingiberaceae เป็นสารกลุ่มเทอร์พีนเกือบทั้งหมด โดยสารสกัดข่ายับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าสารสกัดขิงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากนอกจากสารที่พบในขิงแล้ว ข่ายังพบสาร chavicol ซึ่งอยู่ในกลุ่มฟีนอลโดยเฉพาะเมื่อสกัดด้วย PE สูง ซึ่งฟีนอลเป็นสารที่ออกฤทธิ์ต่อเชื้อหลายชนิด รวมทั้งเชื้อราด้วย (Lingham และคณะ, 1977 Alexander และ Knobloch, 1987; Dillon และ Charnley, 1995)

และวงศ์ Apiaceae ยับยั้งเส้นใยของเชื้อรา *A. brassicicola* ได้ต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากสารที่เป็นองค์ประกอบหลักพวก ในคื่นฉ่ายไม่มีฤทธิ์ต่อการยับยั้งเส้นใยของเชื้อรา

และพบอีกด้วยว่า ยิ่งความเข้มข้นของสารสกัดพืชสูงยิ่งยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดี โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายจะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดีกว่าสารสกัดต้มกลั่น (ยกเว้นในพริกไทยจากการต้มกลั่นยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าจากตัวทำละลาย)

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาสารสกัดพืชจากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae ในการป้องกันหนอนกระทู้หอม และป้องกันเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด โดยใช้พืช 6 ชนิดได้แก่ จิง (ginger) ข่า (galangal) ขึ้นฉ่าย (celery) พลุ (betal) พริกไทยขาว (white pepper) และพริกไทยดำ (black pepper) และสกัดด้วยวิธีต้มกลั่น (hydro-distillation) และสกัดด้วยตัวทำละลายได้แก่ปิโตรเลียมอีเธอร์ (PE) และเอทานอล (ET) สรุปผลการศึกษาดังนี้

6.1 % yield ของสารสกัดพืช

6.1.1 การสกัดด้วย ET ให้ % yield ของ crude extract ของพืชทั้ง 6 ชนิดสูงกว่าการสกัดด้วย PE และยังพบว่าขึ้นฉ่ายที่สกัดด้วย ET ให้ปริมาณ % yield สูงสุด สำหรับการให้ PE พบปริมาณ % yield สูงสุดในสารสกัดจากพริกไทยดำ การสกัดโดยใช้ ET ให้ % yield ของ crude extract สูงกว่าสารสกัดที่ได้จาก PE ไม่ต่ำกว่า 10 เท่า ซึ่งพืชมี % yield ของ crude extract สูงเมื่อสกัดโดยใช้ ET จะมี % yield ของ crude extract ต่ำเมื่อใช้ PE สกัด

6.1.2 ปริมาณของสารสกัดในรูปของ absolute พบสารสกัดพริกไทยดำ จากการสกัดทั้ง 3 วิธี รสสกัดได้ % yield ของ absolute สูงที่สุด และพบว่า จิงที่สกัดโดย ET มี % yield ของ absolute extract > PE > การต้มกลั่น ส่วนข่าที่สกัดด้วย PE ให้ปริมาณ % yield ของ absolute > ET > การต้มกลั่น พบว่าสารขึ้นฉ่ายที่สกัดด้วย ET มี % yield ของ absolute extract > PE > การต้มกลั่น ในขณะที่เมื่อสกัดพลุด้วย ET พบ % yield ของ absolute extract > PE > การต้มกลั่น สารสกัดพริกไทยขาว absolute สูงที่สุดคือการสกัดด้วย ET > PE > การต้มกลั่น ส่วนพริกไทยดำพบ absolute ของการสกัดโดยการต้มกลั่น > ET > PE

6.1.3 วิธีสกัดด้วย ET จะให้ % yield ของ absolute extract สูงกว่าการสกัดด้วย PE เช่นเดียวกับ % yield ของ crude extract แต่ชนิดของพืชที่ให้ % yield ของ absolute extract สูงจะต่างกับชนิดพืชที่ให้ % yield ของ crude extract สูงเมื่อใช้ตัวทำละลาย ET สำหรับการสกัดโดยใช้ PE จะพบ % yield ของ absolute extract ของพืชทั้ง 6 ชนิดไปในลักษณะเดียวกับ % yield ของ crude extract ซึ่งในสารสกัดขิง พลุ และขึ้นฉ่ายใช้ ET สกัดจะได้ % yield ของ absolute extract สูงที่สุด ส่วนข่าใช้ PE ได้ % yield ของ absolute extract สูงที่สุด และพริกไทยขาวสกัดโดยการต้มกลั่นให้ % yield ของ absolute extract สูงที่สุด

6.2 สารสำคัญที่พบในสารสกัดพืช

6.2.1 สารสำคัญที่พบในสารสกัดขิง มีจำนวน 14 ชนิด โดยสารสำคัญที่ได้จากการต้มกลั่นคือ geranial, eucalyptol และ selinene สำหรับสารสกัดขิงโดยใช้ PE พบสาร gingerol, geranial และ cis-6-shogoal ส่วนสารสกัดจาก ET พบสารสำคัญคือ eucalyptol, trans-caryophyllene และ selinene

6.2.2 สารสำคัญที่พบในสารสกัดจากข่า มีจำนวน 13 ชนิด สารสำคัญที่พบในสารสกัดข่าจากการต้มกลั่นคือ eucalyptol, selinene และ trans-caryophyllene สำหรับสารสำคัญจาก PE คือ selinene, geranial, neral และ chavicol และสารสกัดด้วย ET มีสารสำคัญ คือ juniper camphor, geranial และ neral

6.2.3 พบสารสำคัญในสารสกัดคื่นฉ่าย จำนวน 12 ชนิด โดยสารสำคัญของสารสกัดจากวิธีต้มกลั่นคือ selinene และ juniper camphor สารสำคัญจากการสกัดด้วย PE คือ juniper camphor และ selinene สารสำคัญจากการสกัดด้วย ET คือ juniper camphor, eucalyptol และ selinene

6.2.4 สารสกัดพลูจากทั้ง 3 วิธีการสกัดพบว่า มีสารสำคัญ 16 ชนิด โดยพบว่าในสารสกัดพลูจากการต้มกลั่นมีสารสำคัญที่พบมาก คือ 3-allyl-6-methoxyphenol, α -cadinene, β -cadinene และ trans-caryophyllene การสกัดด้วย PE พบสารสำคัญที่พบสูงที่สุดคือ 4-chromanol และ 3-allyl-6-methoxyphenol ส่วนการสกัดด้วย ET พบ 4-chromanol และ 3-allyl-6-methoxyphenol สูงที่สุด

6.2.5 สารสำคัญในสารสกัดจากพริกไทยขาว พบสารสำคัญ จำนวน 13 ชนิด สารสำคัญที่พบ % relative peak area สูงที่สุดเมื่อสกัดพริกไทยขาวจากการต้มกลั่นคือ trans-caryophyllene, α -humulene และ spathulenol เมื่อสกัดด้วย PE พบ trans-caryophyllene, elemene และ piperine สูงสุด ส่วนเมื่อสกัดด้วย ET พบสารสำคัญ trans-caryophyllene, piperine และ elemene

6.2.6 สารสำคัญในสารสกัดจากพริกไทยดำพบทั้งหมด 20 ชนิด ซึ่งสารสำคัญในสารสกัดจากวิธีต้มกลั่นที่มี % relative peak area สูงที่สุด คือ trans-caryophyllene, α -terpinyl acetate และ 3-carene สารสกัด PE มีสารสำคัญคือ trans-caryophyllene และ elemene สูงสุด ส่วนเมื่อสกัดพริกไทยดำด้วย ET ได้สารสำคัญสูงที่สุดคือ piperine และ trans-caryophyllene

6.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อหนอนกระทู้หอม

6.3.1 สารสกัดจากพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดจากพริกไทยดำ ขิง ข่า พริกไทยขาว และคื่นฉ่ายตามลำดับ และวิธีการต้มกลั่นทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของสารสกัดพลูสูงที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดจากพริกไทยดำ

จึง ข่า พริกไทยขาว และคื่นฉ่าย ตามลำดับ และความเข้มข้นที่ใช้ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอมต่างกัน เรียงจากมากไปน้อย คือ $500 > 300 > 150 > 50 > 0$ ppm ตามลำดับ

6.3.2 พบว่าสารสกัดจากพริกไทยดำและพริกไทยขาวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมสูงที่สุด โดยพบว่าสารสกัดพริกไทยขาวและพริกไทยดำจากการต้มกลั่นและ PE มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมดีกว่าสารสกัดโดย ET สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมรองลงมา ได้แก่ สารสกัดจากขิง พลู ข่า และคื่นฉ่าย ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมต่างกัน เรียงจากมากไปน้อย คือ $500 > 300 > 150 > 50 > 0$ ppm ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดพริกไทยดำ เข้มข้น 500 ppm มีค่าการยับยั้งการกินอาหาร (AI) สูงเท่ากับร้อยละ 98.71

6.3.3 สารสกัดจากพริกไทยขาวทำให้หนอนกระทู้เหี่ยวตัวเร็วที่สุด รองลงมา ได้แก่ คื่นฉ่าย พลู พริกไทยดำ ข่า ขิง และสารสกัดจากคื่นฉ่าย ET ทำให้หนอนกระทู้หอมเหี่ยวตัวเร็วที่สุด ในการทดลองนี้ปรากฏว่าสารสกัดโดยการต้มกลั่นมีผลให้หนอนกระทู้หอมเหี่ยวตัวเร็วกว่าสารสกัดโดย PE และ ET และจากผลการศึกษา พบว่า การใช้สารสกัดความเข้มข้นต่ำทำให้หนอนกระทู้หอมเหี่ยวตัวช้าลง แต่การใช้ความเข้มข้นสูงสุดของการทดลองนี้ (500 ppm) ทำให้หนอนกระทู้หอมตายทั้งหมด

6.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดพืชต่อเชื้อรา *Alternaria brassicicola*

6.4.1 สารสกัดจากพืชวงศ์ piperaceae คือ พริกไทยขาว พริกไทยดำ และพลู ผลการทดลองพบว่า มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* ดีที่สุด สารสกัดที่มีประสิทธิภาพรองลงมา คือ สารสกัดจากพืชวงศ์ zingiberaceae คือ ข่าและขิง ในขณะที่สารสกัดจากพืชวงศ์ apiaceae คือ คื่นฉ่ายมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* ต่ำที่สุด

6.4.2 วิธีการสกัด 3 วิธี มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *A. brassicicola* สาเหตุของโรคใบจุดในพืชวงศ์กระหล่ำต่างกัน โดยประสิทธิภาพของสารสกัดขิง คื่นฉ่าย และพลูในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* เรียงจากสูงไปต่ำ คือ $ET > \text{การต้มกลั่น} > PE$ ส่วนสารสกัดข่าที่ยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* เรียงจากสูงไปต่ำ คือ $ET > PE > \text{การต้มกลั่น}$ และสารสกัดพริกไทยขาวและพริกไทยดำพบว่ายับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* เรียงจากสูงไปต่ำ คือ $PE > ET > \text{การต้มกลั่น}$

6.4.3 ส่วนความเข้มข้นของสารสกัดทั้ง 5 ระดับมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. brassicicola* ต่างกัน โดยมี inhibition zone เรียงจากสูงไปต่ำ คือ สารสกัดความเข้มข้น $20,000 > 15,000 > 10,000 > 5,000 > 0$ ppm ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้สารสกัดคื่นฉ่ายที่ความเข้มข้นมากกว่า 500 ppm เพื่อใช้สำหรับการยับยั้งการฟักออกจากไข่และการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม และสำหรับการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด *A. brassicicola* อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ควรใช้สารสกัดพลูที่ความเข้มข้น 500 ppm เพื่อยับยั้งการฟักไข่ของหนอนกระทู้หอม
3. ควรใช้สารสกัดจากพริกไทย ทั้งพริกไทยดำและพริกไทยขาว ที่ความเข้มข้น 500 ppm ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม
4. ควรใช้สารสกัดจากคื่นฉ่ายที่สกัดจากตัวทำละลาย ET ความเข้มข้นต่ำ (50-150 ppm) เพื่อยืดระยะเวลาเข้าดักแด้ของหนอนกระทู้หอม ในกรณีที่ประยุกต์ใช้สารสกัดคื่นฉ่ายกับสารสกัดหรือสารเคมีอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการทำลายหนอนกระทู้หอมโดยตรง เนื่องจากสารสกัดคื่นฉ่ายช่วยยืดระยะเวลาในการเข้าดักแด้ออกไป หนอนที่กักกินใบพืชเคลือบสารเคมีหรือสารสกัดชนิดอื่นจึงได้รับสารพิษมากขึ้น ก่อให้เกิดผลการควบคุมกำจัดที่รุนแรงขึ้น
5. และควรประยุกต์ใช้สารสกัดพริกไทยขาวที่ทำให้หนอนกระทู้หอมเข้าดักแด้เร็วที่สุด การกระตุ้นให้หนอนเข้าดักแด้เร็วขึ้น ส่งผลต่ออัตราการทำลายผลผลิตของหนอนลดลง เพราะช่วงเวลาในการกินของหนอนหนอนลดลง
6. หากต้องการทำให้หนอนกระทู้หอมตายทั้งหมด ควรใช้สารสกัดที่มีความเข้มข้น 500 ppm จนถึงระยะก่อนเข้าดักแด้ เนื่องจากผลการทดลองพบว่าหนอนกระทู้หอมที่ได้รับสารสกัดความเข้มข้น 500 ppm จะไม่สามารถลอกคราบเพื่อเข้าสู่ระยะดักแด้ได้ และตายก่อนเข้าดักแด้ทั้งหมด
7. ควรใช้สารสกัดจากพืชวงศ์ piperaceae (พริกไทยขาว พริกไทยดำและพลู) ความเข้มข้น 20,000 ppm ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด (*Alternaria brassicicola*) ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าสารสกัดจากพืชวงศ์ zingiberaceae (ข่าและขิง) และวงศ์ apiaceae (คื่นฉ่าย) ที่ความเข้มข้นเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

เกศทิพย์ กริเงิน, 2544, ผลของสารสกัดจากใบพลูต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* V.Tiegh และ *Aspergillus japonicus* Caito บนผ้าฝ้ายและผ้าใยผสมฝ้าย/พอลิเอสเตอร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 65 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร, 2545, เอกสารกรมวิชาการเกษตร คำนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2545, พิมพ์ครั้งที่ 13, กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

กรมวิชาการเกษตร, 2549, เอกสารบรรยาย กรมวิชาการเกษตร, สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร [Online], Available <http://www.doa.go.th/ard/pdf/ImpPest48.pdf> [2006, July 9].

กรมวิชาการเกษตร, 2549, ไวรัส NPV จุลินทรีย์กำจัดแมลงศัตรูพืช วิธีการใหม่ที่ปลอดภัยและห่วยโย สิ่งแวดล้อม, กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร [Online], Available <http://www.doa.go.th>. [2006, July 9].

กระทรวงการคลัง, 2549, คณะกรรมการติดตามภาวะเศรษฐกิจและกำหนดนโยบายเศรษฐกิจมหภาค [Online], สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง กระทรวงการคลัง, Available <http://www.thaifita.com> [2006, July 9].

กฤติกา นรจิตร, 2548, คุณสมบัติของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง: อิทธิพลของวิธีการสกัดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 144 หน้า.

ขวัญฤทัย คล้ายมุข, 2547, อิทธิพลของเชื้อราต่อการเปลี่ยนแปลงของสารสกัดลิโมนอยด์จากเมล็ดส้มเขียวหวาน (The Effect of Fungus on the Change of Limonoid Extracts from Mandarin Seeds), วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 103 หน้า.

จันทร์เพ็ญพร อนุศาสนี, 2538, การใช้สารสกัดจากใบพลูพื้นเมืองควบคุมโรคแอนแทรกโนสในถั่วเหลือง, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ, 80 หน้า.

ณัฐฐา เลาหลกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น, 2543, โครงการการศึกษาการใช้สารสกัดลิโมนอยด์จากเมล็ดส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulata* Blanco) ในการป้องกันกำจัดหนอนหน้างเหนียว (*Spodoptera exigua*), รายงานผลการดำเนินงานฉบับสมบูรณ์, งานส่งเสริมการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีงบประมาณ 2543, 66 หน้า.

รัชชัย เอกสันติ, ยุพิน ศาตางาม, วนิดา แสงทอง, อุไรวรรณ สวัสดิ์, กมลวรรณ ดีเลิศ, 2542, เอกสารคำสอนวิชา สข 214, จุลชีววิทยาในทางสาธารณสุข, กรุงเทพฯ, ภาควิชาสุขศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

นิตยา บุญทิม และ สายสมร ลำยอง, 2541, เชื้อราเอนโคไฟต์ที่ผลิตสาร metabolites บางอย่าง และมีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อรา, วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กันยายน – ธันวาคม 2541.

บุษบาวดี พุทธาน, 2540, สารต้านเชื้อราและฆ่าลูกน้ำจากใบพลู, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 102 หน้า.

ปัญญรัตน์ สาลี, 2541, ประสิทธิภาพในการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดจากผลดีปลีกับสารฆ่าแมลงบางชนิดในการควบคุมหนอนใยผัก, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 68 หน้า.

สุสดี สายชนะพันธ์ และ พันธิ์ มะลิสุวรรณ, 2547, สมุนไพรกำจัดแมลงและศัตรูพืช, ศรีสยามพริ้นท์ แอนด์ แพคเกจ, กรุงเทพฯ, 127 หน้า.

พิมลพร นันทะ, 2545, ศัตรูธรรมชาติหัวใจของ IPM, กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 213 หน้า.

พูนทรัพย์ วิชัยพงษ์, 2548, สารนำรู้ไลติน-ไลโดซาน, โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, วารสารเอ็มเทค, กุมภาพันธ์, 2548, ปีที่ 1, ฉบับที่ 9, หน้า 4 และ 12-13.

รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547, การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร, บริษัทแอคทีฟพริ้นท์จำกัด, กรุงเทพฯ, 215 หน้า.

ราชันย์ ภูมา, 2549, สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช [Online], Available http://www.dnp.go.th/botany/herbariumThai_collectionCollector.html [2006, July 9].

สงวน อึ้งคง, 2529, การสำรวจพันธุ์ไม้, สิ่งแรกในเมืองไทย เล่ม 4, สำนักพิมพ์แพรวพิทยา, กรุงเทพฯ, หน้า 26-38.

สถาบันการแพทย์แผนไทย, 1999, สารเคมีในพืชสมุนไพร, ฝ่ายวิชาการ สถาบันการแพทย์แผนไทย [Online], Available http://ittm.dtam.moph.go.th/data_all/herbs/herbal02.htm [2006, December 1].

สมพร ภูติยานันต์, 2542, การตรวจเอกลักษณ์พืชสมุนไพร: ภาคพิเศษ, โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ, 991 หน้า .

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2549, เอกสารบรรยายของสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร [Online], Available <http://www.doa.go.th/ard/pdf/ImpPest48.pdf> [2006, July 9].

สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง กระทรวงการคลัง, 2549, คณะกรรมการติดตามภาวะเศรษฐกิจและกำหนดนโยบายเศรษฐกิจมหภาค สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง กระทรวงการคลัง [Online], Available www.thaifita.com [2006, August 26].

สิริลักษณ์ มาลานิยม, 2545, น้ำมันหอมสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย, สมอ สาร: ปีที่ 28 ฉบับที่ 325 กรกฎาคม 2545.

สุรพล วิเศษสรรค์, มนูญญา เพียรเจริญ และชารี วัฒนสมบัติ, 2544, ผลของสารสกัดจากสาบเสือ (*Chromolaena odorata* L.) และเหง้าป่า (*Alpinia galangal* Stuntz.) ต่อระบบเอนไซม์ทำลายพิษในหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.), การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติครั้งที่ 5: วันที่ 21-23 พฤศจิกายน 2544, โรงแรมเฟลิกซ์ริเวอร์แคว, กาญจนบุรี, หน้า 55-61.

อนุวัฒน์ จรัสรัตนไพฑูรย์, 2545, ผลของสารสกัดหยาบจากข้าต่อโรคแอนแทรกโนส และการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 98 หน้า.

อัมพวัน อภิสริยะกุล, 2544, การศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อราแบคทีเรียจากผู้ป่วยของสารน้ำมันขมิ้น (Turmeric oil) และเคอร์คิวมิน (Curcumin) ซึ่งสกัดได้จากขมิ้นชัน (*Curcuma longa*, Linn.,

Zingiberaceae), สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 37 หน้า.

อุทัย เกตุนุติ, 2544, การควบคุมแมลงศัตรูพืชด้วยไวรัส NPV, การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเพื่อการเกษตรยั่งยืน, เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ, กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, หน้า 141-182.

Alexander, P. and Knobloch, K., 1987, Inhibitory effects of essential oil components on growth of food-contaminating fungi, **Biomedical and Life Sciences and Chemistry and Materials Science**, Vol. 185, No. 1, pp. 10-13.

Alston, D.G., Rangel, D.E.N., Lacey, L.A., Golez, H.G., Kim, J.J. and Roberts, D.W., 2005, Evaluation of novel fungal and nematode isolates for control of *Conotrachelus nenuphar* (Coleoptera: Curculionidae) larvae. **Biological Control**, Vol. 35, pp. 163-171.

Ascarenhas, V.J.M., Eonard, B.R.L., Urris, E.B. and, Raves, J.B.G., 1996, Beet armyworm (Lepidoptera: Notuidae) control on cotton in Louisiana, **Florida Entomologist**, Vol. 79, No. 3, pp. 336-343.

Asuzu, I.U. and Ugwueze, E.E., 1990, Screening of *Icacina trichantha* extracts for pharmacological activity, **Journal of Ethnopharmacology**, Vol. 28, No. 2, pp. 151-156.

Bandyopadhyay, S., Chandra, R.K., Mitali, R., Goutam, B., Chandra, P.B., Tanusree, B. and Samir, B., 2003, Council of Scientific and Industrial Research (New Delhi, India) Available on: <http://www.freepatentsonline.com/6967034.html> [2006, June 16].

Bartley, J.F. and Jacobs, A.L., 2000, Effects of drying on flavour compounds in Australian-grown ginger (*Zingiber officinale*), **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Vol. 80, No. 2, pp. 209-215.

Becerra S.C., Flores, J., Robledo, C. and Silva, J.M., 2004, Antibacterial and antifungal terpenes from *Pilgerodendron uviferum* (D. DON) Florin, **Journal of the Chilean Chemical Society**, Vol. 49, No. 2, pp. 157-161.

Bisht, G.S., Awasthi, A.K. and Dhole, T.N., 2006, Antimicrobial activity of *Hedychium spicatum*, **Fitoterapia**, Vol. 77, No. 3, pp. 240-242.

Bloomquist, J. R., 1999, Insecticides: Chemistries and Characteristics, Department of Entomology, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, [Online] ,Available <http://www.ipmworld.umn.edu/chapters/bloomq.htm> [2006, December 3].

Bonatelli, R.Jr., Valent, G.U., Luna, E.A. and Gadelha, W., 2005, Abnormal development of phialides in a strain of *Aspergillus niger*, **Cellular and Molecular Life Sciences**, Vol. 12, pp. 1598-1599.

Boyanova, L., Gergova, G., Nikolov, R., Derejian, S., Lazarova, E., Katsarov, N., Mitov, I. and Krastev, Z., 2005, Activity of Bulgarian propolis against 94 *Helicobacter pylori* strains *in vitro* by agar-well diffusion agar dilution and disc diffusion methods, **Journal of Medical Microbiology**, Vol. 54, pp. 481-483.

Butler, G.D. and Henneberry, T.J. 1990. Cottonseed oil and Safer insecticidal soap: effects on cotton and vegetable pests and phytotoxicity, **Southwestern Entomologist**, Vol. 15, pp. 257-264.

Capinera, J.L., 2005, University of Florida, Department of Entomology and Nematology, Division of Plant Industry, Electronic Data Information Source [http://creatures.ifas.ufl.edu/veg/leaf/beet_army_worm.htm]

Capinera, J.L., 2001. **Handbook of Vegetable Pests**, Academic Press, San Diego, 729 pp.

Chatterjee, S., Niaz, Z., Gautam, S., Adhikari, S., Prasad, S., Variyar and Sharma, A., 2006, Antioxidant activity of some phenolic constituents from green pepper (*Piper nigrum* L.) and fresh nutmeg mace (*Myristica fragrans*), **Food Chemistry**, Vol. 101, No. 2, pp. 515-523.

Chaumont, J.P. and Leger, D., 1992, Campaign against allergenic moulds in dwellings. Inhibitor properties of essential oil of Geranium 'Bourbon', citronellol, geraniol and citral, **Annals of Pharmacotherapy (Paris)**, Vol. 50, No. 3, pp. 156-166.

Chuang, P.H., Lee, C.W., Chou, J.Y., Murugan, M., Shieh, B.J. and Chen, H.M., 2006, Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam., **Bioresource Technology**, Vol. 98, No. 1, pp. 232-236.

Chyau, C.C., Tsai, S.Y., Yang, J.H., Chu-Chun Weng, Han, C.M., Shih, C.C. and Mau J.L., 2006, The essential oil of *Glossogyne tenuifolia*, **Food Chemistry**, Vol. 100, No. 2, pp. 808-812.

Dastmalchi, K., Dorman, H.J.D., Kosar, M. and Hiltunen, R., 2007, Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water-soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extract, **Food Science and Technology**, Vol. 40, No. 2, pp. 239-248.

Defago, M., Valladares, G., Banchio, E., Carpinella, C. and Palacios, S., 2006, Insecticide and antifeedant activity of different plant parts of *Melia azedarach* on *Xanthogaleruca luteola*, **Fitoterapia**, In Press, Corrected Proof, Available online 7 July 2006.

Degheele D., Yi S. -X. and Bai C., 1993, Toxicity of benzoylphenylureas to the African armyworm *Spodoptera exempta* (Walker), **Crop Protection**, Vol. 12, No. 1, pp. 35-38.

Dillon, R. J. and Charnley, A. K., 1995, Chemical Barriers to Gut Infection in the Desert Locust: In Vivo Production of Antimicrobial Phenols Associated with the Bacterium *Pantoea agglomerans*, **Journal of Invertebrate Pathology**, Vol. 66, No. 1, Pages 72-75.

Ferreira, S.A. and Boley, R.A., 1991, **Blight, black leafspot, gray leafspot (Plant Disease Pathogen)**, Department of Plant Pathology, University of Hawaii at Manoa [Online], Available http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/a_brass1.htm [2006, December 3].

Friedli, G.L., 2006, **Phytochemistry tutorials: alkaloid** [Online], Available <http://www.friedli.com/herbs/phytochem/alkaloids/alkaloid1.html> [2006, December 1].

Galvagno, S., Milone, C., Donate, A., Neri, G. and Pietropaolo, R., 1993, Influence of metal particle size in the hydrogenation of citral over Ru/C, Chemistry and Materials Science, **Catalysis Letters**, Springer Netherlands, Vol. 18, No. 4, pp. 349-355.

- Ghasemi, E., Yamini, Y., Bahramifar, N. and Sefidkon, F., 2007, Comparative analysis of the oil and supercritical CO₂ extract of *Artemisia sieberi*, **Journal of Food Engineering**, Vol. 79, No. 1, pp. 306-311.
- Gong F., Liang Y.Z., Cui H., Chau F.T. and Chan B.T.P., 2001, Determination of volatile components in peptic powder by gas chromatography–mass spectrometry and chemometric resolution, **Journal of Chromatography A**, Vol. 909, No. 2, pp. 237-247.
- Gurdip, S., Marimuthu, P., Catalan, C. and Lampasona, M.P. , 2004, Chemical, antioxidant and antifungal activities of volatile oil of black pepper and its acetone extract, **Journal of the science of food and agriculture**, Vol. 84, No. 14, pp. 1878-1884.
- Han, M.K., Kim S.I. and Ahn Y. J., 2006, Insecticidal and antifeedant activities of medicinal plant extracts against *Attagenus unicolor japonicus* (Coleoptera: Dermestidae), **Journal of Stored Products Research**, Vol. 42, No. 1, pp. 15-22.
- Harder, J. and Probian, C., 1995, Microbial Degradation of monoterpenes in the Absence of Molecular Oxygen, **American Society for Microbiology**, applied and environmental microbiology, Vol. 61, No. 11, pp. 3804–3808.
- Herman, L.P., Omar, M.N., Coolsaet, B.A. and Schamp, N.M., 1985, The essential oil of greater galanga (*Alpinia galanga*) from Malaysia, **Phytochemistry**, Vol. 24, No. 1, pp. 93-96.
- Hoffmann, M.P. and Frodsham, A.C., 1993, **Natural Enemies of Vegetable Insect Pests**, Cooperative Extension, Cornell University, Ithaca, New York, 63 pp.
- Humpherson-Jones, F.M., 1989, Survival of *Alternaria brassicae* and *Alternaria brassicicola* on crop debris of oilseed rape and cabbage, **Annals of Applied Biology**, Vol. 115, pp. 45-50.
- Humpherson-Jones, F.M. and Phelps, K., 1989, Climatic factors influencing spore produciton in *Alternaria brassicae* and *Alternaria brassicicola*, **Annals of Applied Biology**, Vol. 114, pp. 449-458.

- Ibrahim, J., Fasihuddin, A. and Abu, S.A., 2004, Constituents of the Rhizome and Seed Oils of *Greater Galangal* (L.) Willd. from Malaysia, **Journal of Essential Oil Research**, Vol.14 ,No.3 , pp. 256-268.
- Ingham, J.L., Keen, N.T. and Hymowitz , T., 1977, A new isoflavone phytoalexin from fungus-inoculated stems of *Glycine wightii*, **Phytochemistry**, Vol. 16, No. 12, pp. 1943-1946.
- Jamal, A., Javed, K., Aslam, M. and Jafri, M.A., 2006, Gastroprotective effect of cardamom, *Elettaria cardamomum* Maton. fruits in rats, **Journal of Ethnopharmacology**, Vol. 103, No. 2, pp. 149-153.
- Jirovetz L., Buchbauer, G., Shafi, M.P. and Leela, N.K., 2003. Analysis of the essential oils of the leaves, stems, rhizomes and roots of the medicinal plant *Alpinia galanga* from southern India, **Acta Pharm.** Vol. 53, pp. 73–81.
- Johnson, F., 2003, **ENY-416, one of a series of the Entomology and Nematology Department professor of Entomology** [Online], Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Available: <http://edis.ifas.ufl.edu> [2006, October 12].
- Keita, S.M., Vincent, C., Schmit, J.P., Ramaswamy, S. and Belanger, A., 2000, Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae), **Journal of Stored Products Research**, Vol. 36, No. 4, pp. 355-364.
- Kramer, K.J. and Muthukrishnan, S., 1997, Insect chitinases: molecular biology and potential use as biopesticides, **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Vol. 27, pp. 887–900.
- Kucharek, T., 2000, **Plant Pathology Fact Sheet; Alternaria Diseases of Crucifers** [Online], Plant Pathology, Department, University of Florida, Available <http://plantpath.ifas.ufl.edu/takextpub/FactSheets/pp0034.pdf#search=%22leaf%20spot%2BAlternaria%20brassicace%2Bhost%22> [2006, June 20].
- Kulsum, A., Rahman, A.H.M.M., Hasan, C.M., Iskander M.N., Asakawa, Y., Quang, D.N. and Rashid, M.A., 2006, Macrocyclic diarylheptanoids from *Garuga pinnata*, **Phytochemistry**, Article in press, Corrected Proof, Available online 6 October 2006.

Laemmle, F., 2001, **Alternaria Diseases; Publication 8040** [Online], Division of Agricultural and Natural Resources, University of California, Available <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8040.pdf#search=%22leaf%20spot%2BAlternaria%20brassicae%2Bhost%22> [2006, June 20].

Lee, E.B., Shin, K.H. and Woo, W.S., 1984, Pharmacological study on piperine, **Archives of pharmacological**, Vol. 7, pp. 127-132.

Leon, A.T., Joyce, D., Adikaram, C., Nimal, K.B., Khambay and Bhupinder, P.S., 2004, Preformed antifungal compounds in strawberry fruit and flower tissues, **Postharvest biology and technology** Vol. 31, No. 2, pp. 201-212.

Lingham, J., Keen, N.T. and Hymowitz, T., 1977, A new isoflavone phytoalexin from fungus-inoculated stems of *Glycine wightii*, **Phytochemistry**, Vol. 16, No. 12, pp. 1943-1946.

Manju, V., Viswanathan, P. and Nalini, N., 2006, Hypolipidemic Effect of Ginger in 1,2-Dimethyl Hydrazine-Induced Experimental Colon Carcinogenesis, **Toxicology Mechanisms and Methods**, Taylor & Francis, Vol.16, No. 8, pp. 461-472.

Manju, V., Viswanathan, P. and Nalini, N., 2006, Hypolipidemic Effect of Ginger in 1,2-Dimethyl Hydrazine-Induced Experimental Colon Carcinogenesis, **Toxicology Mechanisms and Methods**, Vol.16, No. 8, pp. 461-472.

Martinez, A.L., Dominguez, F., Orozco, S., Chavez, M., Salgado, H., Gonzalez, M. and Trujano, M.E.G., 2006, Neuropharmacological effects of an ethanol extract of the *Magnolia dealbata* Zucc. leaves in mice, **Journal of Ethnopharmacology**, Vol. 106, No. 2, pp. 250-255.

Meyer, J.R., 2006, **General Entomology ENT 425: The nervous system**, Department of Entomology, NC State University [Online], Available <http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/tutorial/nerves.html> [2006, December 3].

Moleyar, V. and Narasimham, P., 1992, Antibacterial activity of essential oil components, **International Journal of Food Microbiology**, Vol. 16, No. 4, pp. 337-342.

- Natarajan, K. S., Narasimhan, M., Shanmugasundaram, K. R. and Shanmugasundaram, E.R.B., 2006, Antioxidant activity of a salt-spice-herbal mixture against free radical induction, **Journal of Ethnopharmacology**, Vol. 105, No. 1-2, pp. 76-83.
- Nathan, S.S., Kalaivani, K. and Sehoon K., 2006, Effects of *Dysoxylum malabaricum* Bedd. (Meliaceae) extract on the malarial vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae), **Bioresource Technology**, Vol. 97, No. 16, pp. 2077-2083.
- Oonmetta A.J., Suzuki, T., Gasaluck, P. and Eumkeb, G., 2006, Antimicrobial properties and action of galangal (*Alpinia galanga* Linn.) on *Staphylococcus aureus*, **Food Science and Technology**, Vol. 39, No. 10, pp. 1214-1220.
- Orhan, I., Kueli, E., Sener, B. and Yesilada, E. , 2007, Appraisal of anti-inflammatory potential of the clubmoss, *Lycopodium clavatum* L., **Journal of Ethnopharmacology**, Vol. 109, No. 1, pp. 146-150.
- Papachristos, D.P. and Stamopoulos, D.C., 2002, Toxicity of vapours of three essential oils to the immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae), **Journal of Stored Products Research**, Vol. 38, No. 4, pp. 365-373.
- Pattnaik, S., Subramanyam, V.R. and Kole, C., 1996, Antibacterial and antifungal activity of ten essential oils in vitro, **Microchemical Journal**, Vol. 86, No. 349, pp. 237-246.
- Rahman A., Nasreen A., Akhtar F., Shekhani M.S., Clardy J., Parvez M. and Choudhary, M.I., 1997, Antifungal diterpenoid alkaloids from *Delphinium denudatum*, **Journal Natural Production**, Vol. 60, No. 5, pp. 472-474.
- Reddy, S.V., Srinivas P.V., Praveen, B., Kishore, K. H., Raju, B. C., Murthy U. S. and Rao J. M., 2004, Antibacterial constituents from the berries of *Piper nigrum*, **Phytomedicine**, Vol. 11, No. 7-8, pp. 697-700.
- Reilly, S., 2006, **Biochemical Pesticides** [Online], Biochemical Pesticides Branch Biopesticides and Pollution Prevention Division, Available: <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/whatarebiopesticides.htm> [2006, October 12].

Ribeiro, T.S., Freire, L.L., Previato, J.O., Mendonça, P. L., Heise, N. and. Freire ,L.M.E, 2004, Toxic effects of natural piperine and its derivatives on epimastigotes and amastigotes of *Trypanosoma cruzi*, **Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters**, Vol. 14, No. 13, pp. 3555-3558.

Sabulal, B., Dan, M., John A.J., Kurup, R., Pradeep, N.S., Valsamma, R.K. and George, V., 2006, Caryophyllene-rich rhizome oil of *Zingiber nimmonii* from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity, **Phytochemistry**, Vol. 67, No. 22, pp. 2469-2473.

Sengonca, C., Liu, B. and Zhu, Y.J., 2006, Insecticidal activity and antifeedant effect of a new type biocide GCSC-BtA against *Plutella xylostella* L. (Lep., Plutellidae), **Journal of Pest Science**, Vol. 79, No. 1, pp. 3-8.

Sharma, P., Mohan, L. and Srivastava, C.N., 2006, Phytoextract-induced developmental deformities in malaria vector, **Bioresource Technology**, Vol. 97, No. 14, pp. 1599-1604.

Shivanand, D.J., Lantz, R.C., Solyom, A.M., Chen, G.J., Bates, R.B. and Timmermann, B.N., 2004, Fresh organically grown ginger (*Zingiber officinale*): composition and effects on LPS-induced PGE₂ production, **Phytochemistry**, Vol. 65, No. 13, pp. 1937-1954.

Smitinand, T., 1989, **Floristic Inventory of Tropical Countries**, The New York Botanical Garden, D.G. and H.D. Hammond (eds.), pp. 63-82.

Sombat S., 2000 , Efficacy of Medicinal Plants' Crude Extracts for Controlling Alternaria Leaf Spot of Cabbage, Plant Pathology, Faculty of Agriculture, **Academic Year 2000 (June 2000 - May 2001)**, Changmai University, 122 pp.

Suhaj, M., Racova, J., Polovka, M. and Brezova, V., 2006, Effect of γ -irradiation on antioxidant activity of black pepper (*Piper nigrum* L.), **Food Chemistry**, Volume 97, Issue 4, Pages 696-704.

Szuhay, D., 2006, **Microbial Pesticides and Plant-Incorporated-Protectants** [Online], Biopesticides and Pollution Prevention Division, Available: <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/whatarebio-pesticides.htm> [2006, October 12].

Thapinta, A. and Hudak, P.F., 2000, Pesticide Use and Residual Occurrence in Thailand, **Environmental Monitoring and Assessment Springer**, Vol. 60, No. 1, pp. 103-114.

Tringali, C., Spatafora, C., Cali, V. and Simmonds, M.S. J., 2001, Antifeedant constituents from *Fagara macrophylla*, **Fitoterapia**, Vol. 72, No. 5, pp. 538-543.

Umerford, D.V.S., 2003, Larval development of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae on artificial diet and cotton leaves contening a *Bacillus thuringiensis* toxin: heritable variation to tolerate CRY1AC, Armyworm Symposium 2002: Sumerford, **Florida Entomologist**, Vol. 86, No. 3, pp. 295-299.

Vilella, I.M.J., Miguel, S.R. and Scelza, O.A., 2005, Hydrogenation of citral on Pt and PtSn supported on activated carbon felts (ACF), **Latin American Applied Research**, Vol.35, No.1,

Wang H. and Bun NG.T., 2005, An antifungal protein from ginger rhizomes, **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Vol. 336, No. 1, pp. 100-104.

Weinzierl, R. and Jones, M., 2006, Introduction to Applied Entomology: Lecture 3: Internal Morphology, University of Illinois [Online], Available <http://www.ipm.uiuc.edu/cropsci270/syllabus/lecture0203.pdf> [2006, December 3].

Wilson, R.H. , George, W.P. and Floyd, D., 1961, Some pharmacologic and toxicologic properties of tomatine and its derivatives, **Toxicology and Applied Pharmacology**, Vol. 3, No. 1, pp. 39-48.

Wilson, R.H., George, W.P. and Floyd, D., 1961, Some pharmacologic and toxicologic properties of tomatine and its derivatives • **Toxicology and Applied Pharmacology**, Vol. 3, No. 1, pp. 39-48.

Wukasz, R.T., 1985, **Fungal Disease of Cruciferous Crops** [Online], Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Canada, Available: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/.043-85htm#Alternaria%20Leaf%20Spot> [2006, June 20].

Xian-guo, H., Bernart, M.W., Li-zhi, L. and Long-ze, L., 1998, High-performance liquid chromatography–electrospray mass spectrometric analysis of pungent constituents of ginger, **Journal of Chromatography A**, Vol. 796, No. 2, pp. 327-334.

Yu, Y., Huang, T., Yang, B., Liu, X. and Duan, G., 2007, Development of gas chromatography–mass spectrometry with microwave distillation and simultaneous solid-phase microextraction for rapid determination of volatile constituents in ginger, **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Vol. 43, No. 1, pp. 24-31.

Zancan, K.C., Marques, M.O.M., Petenate, A.J., and Meireles, A.M.A, 2002, Extraction of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) oleoresin with CO₂ and co-solvents: a study of the antioxidant action of the extracts, **The Journal of Supercritical Fluids**, Vol. 24, No. 1, pp. 57-76.

ภาคผนวก ก.

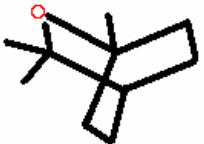
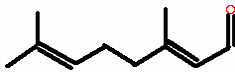
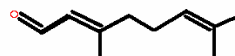
% yield ของสารสกัดพืช

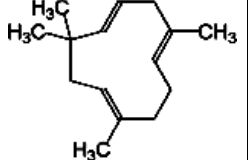
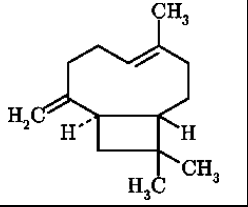
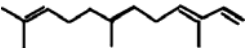
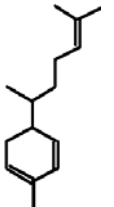
ตารางที่ ก. 1ปริมาณสารที่ได้จากการสกัดสมุนไพรครั้งแรก (crude extract) และสารสกัดบริสุทธิ์ (absolute) แต่ละชนิดด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน

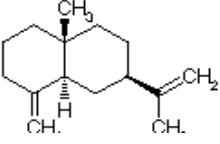
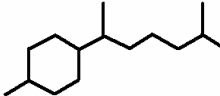
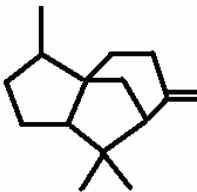
ชนิดสมุนไพร	crude extract (g)	absolute (g)	raw materials (g)	% yield of crude extract	% yield of absolute	ค่าแปล
ขิงกลั่น	2.25	2.25	1,000	0.23	0.23	ใส
ข่ากลั่น	1.13	1.13	1,000	0.11	0.11	ใส
ขี้เหล็กกลั่น	2.24	2.24	10,000	0.02	0.02	ใส
พลูกลั่น	5.57	5.57	5,000	0.11	0.11	ใส
พริกไทยขาวกลั่น	5.48	5.48	1,000	0.55	0.55	ใส
พริกไทยดำกลั่น	17.14	17.14	1,000	1.71	1.71	ใส
ขิง ET	128.36	5.36	1,000	12.84	0.54	เหลืองเข้ม
ข่า ET	110.05	3.05	1,000	11.01	0.31	เหลืองเข้ม
ขี้เหล็ก ET	256.45	2.48	1,000	25.65	0.25	เขียวทองอ่อน
พลู ET	202.86	5.40	1,000	20.29	0.54	เขียวเข้มดำ
พริกไทยขาว ET	128.74	9.00	1,000	12.87	0.90	เขียวเหลือง
พริกไทยดำ ET	110.26	11.77	1,000	11.03	1.18	เหลืองเข้ม
ขิง PE	4.86	4.21	1,000	0.49	0.42	เหลืองเข้ม
ข่า PE	7.72	5.00	1,000	0.77	0.50	เหลืองเข้ม
ขี้เหล็ก PE	0.45	0.45	1,000	0.05	0.05	เขียวเหลือง
พลู PE	4.60	4.20	1,000	0.46	0.42	เหลืองเข้ม
พริกไทยขาว PE	10.63	7.43	1,000	1.06	0.74	เขียวเหลือง อ่อน
พริกไทยดำ PE	16.92	8.46	1,000	1.69	0.85	เหลืองเข้ม

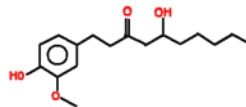
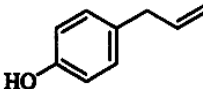
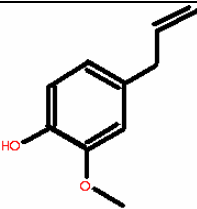
ภาคผนวก ข.

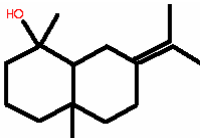
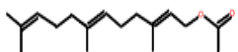
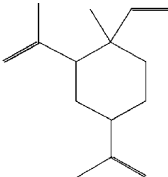
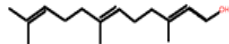
สารสำคัญในสารสกัดพืชเมื่อวิเคราะห์ด้วย GC-MS

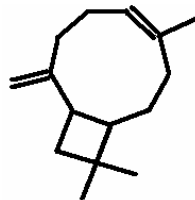
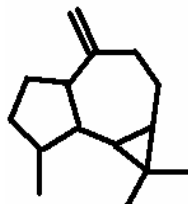
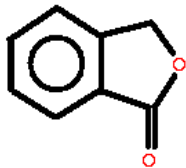
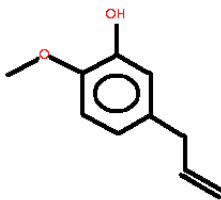
Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	ต้มกลั่น						PE						ET					
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp
eucalyptol	cineole or 1,8-cineol or 1,8-epoxy-p-menthane or p-cineole or eucapur	monoterpene	$C_{10}H_{18}O$		☒	☒						☒					☒	☒	☒	☒		
decanal	n-decaldehyde or n-decanal or n-decyl aldehyde or aldehyde C10	aldehyde	$C_{10}H_{20}O$								☒						☒					
geranial	citral or 2,6-octadienal, 3,7-dimethyl- or or trans-citral	monoterpene	$C_{10}H_{16}O$		☒		☒				☒	☒						☒	☒			
neral	Z-citral or cis-citral or β-citral or 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl, -(Z)- or 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl, (E)-	monoterpene	$C_{10}H_{16}O$		☒	☒						☒						☒				

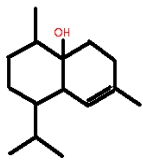
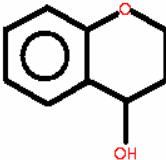
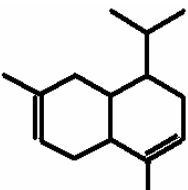
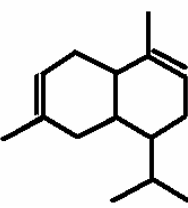
Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	คัมภีร์กลิ่น						PE						ET					
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp
trans-caryophyllene	caryophyllene or α -caryophyllene or humulene	sesquiterpene	$C_{15}H_{24}$		☒	☒	☒	☒	☒	☒		☒	☒		☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
cis-caryophyllene	isocaryophyllene or β -caryophyllene	sesquiterpene	$C_{15}H_{24}$		☒	☒		☒		☒		☒			☒		☒		☒		☒	☒
α -farnesene	farnesene	sesquiterpene	$C_{15}H_{24}$		☒	☒			☒			☒			☒	☒	☒	☒			☒	☒
zingiberene	α -zingiberene or [S-(R*,S*)]-5-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-1,3-cyclohexadiene	sesquiterpene	$C_{15}H_{24}$								☒											

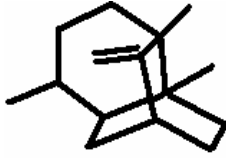
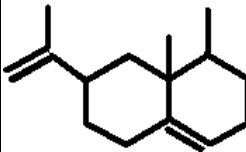
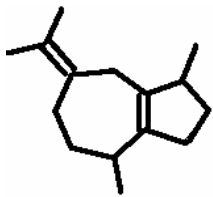
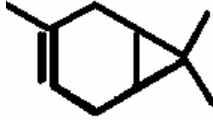
Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	ดัมกลั่น						PE						ET					
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp
selinene	-	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄		☒	☒	☒		☒	☒		☒	☒		☒	☒	☒		☒		☒	☒
bisabolene	trans-bisabolene or 4-methyl-1-(1,5-dimethylhexyl)-cyclohexane	sesquiterpene	C ₁₅ H ₃₀		☒	☒				☒	☒	☒	☒		☒	☒		☒	☒		☒	☒
cedrene	Cedr-8(15)-ene	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄		☒						☒											
cis-6-shogol	-	monoterpene	-	-							☒											

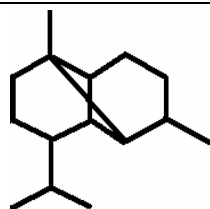
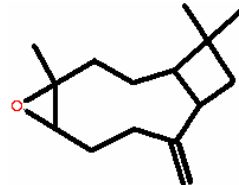
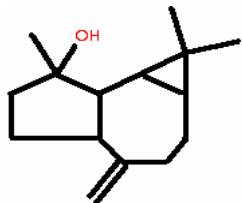
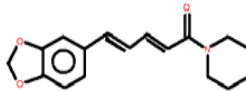
Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	ตี้มกลิ่น						PE						ET								
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp			
gingerol	6-gingerol	monoterpene	C ₁₇ H ₂₆ O ₄									gi							gi						
trans-8-shogol	-	monoterpene	-	-									gi												
chavicol	4-(2-propenyl)-phenol or p-allylphenol or p-hydroxyallylbenzene	phenol	C ₉ H ₁₀ O				ga							ga		ce						be			
eugenol	2-methoxy-4-(2-propenyl)-phenol or 4-allyl-2-methoxy-phenol or p-allylguaiacol or p-eugenol or caryophyllac acid	sesquiterpene	C ₁₀ H ₁₂ O ₂														be						be		

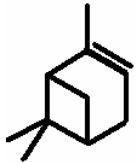
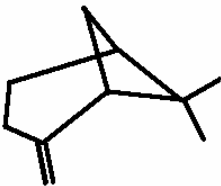
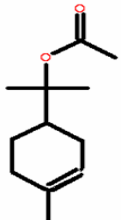
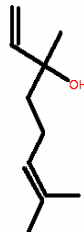
Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	ต้มกลั่น						PE						ET					
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp
juniper camphor	[1R-(1 α ,4aβ,8a α)]-decahydro- 1,4a-dimethyl-7-(1- methylethylidene)-1-naphthalenol or eudesm-7(11)-en-4-ol	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₆ O			☒	☒	☒					☒	☒				☒	☒			
farnesyl acetate	trans-farnesyl acetate	sesquiterpene	C ₁₇ H ₂₈ O ₂			☒							☒					☒				
elemene	-	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄			☒	☒	☒	☒	☒		☒			☒	☒		☒	☒	☒	☒	
farnesol	3,7,11-trimethyl-2,6,10- dodecatrien-1-ol or Farnesyl alcohol or Stirrup-A/WF	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₆ O				☒						☒					☒				

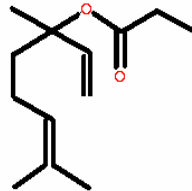
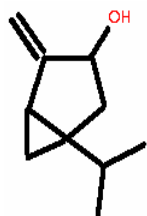
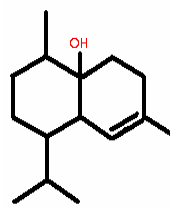
Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	ตั้งกลิ่น						PE						ET					
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp
humulene	α -humulene or α -caryophyllene	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄				☒		☒				☒		☒	☒						
aromadendrene	1.1,1,7-Trimethyl-4-methylenedecahydro-1H-cyclopropa[e]azulene	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄				☒	☒										☒				
phthalide	1(3H)-Isobenzofuranone	-	C ₈ H ₆ O ₂										☒									
3-allyl-6-methoxyphenol	2-methoxy-5-(2-propenyl)-phenol or 2.5-allyl-2-methoxyphenol	phenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂					☒						☒					☒			

Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	ต้มกลั่น						PE						ET					
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp
cubenol	Isopropyl-4,7-dimethyl- 1,3,4,5,6,8a-hexahydro-4a(2H)- naphthalenol	sesquiterpene	$C_{15}H_{26}O$					☐														
4-chromanol	chromanol or 3,4-dihydro-2H-1- benzopyran-4-ol or chroman-4-ol	quinone	$C_9H_{10}O_2$											☐						☐		
α -cadinene	dysoxylonene or (1à,4aà,8aà)- (1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7- dimethyl-1-(1-methylethyl)) naphthalene	sesquiterpene	$C_{15}H_{24}$					☐						☐						☐		
β -cadinene	cadina-3,9-diene or [1S- (1à,4aà,8aà)]-1,2,4a,5,8,8a- hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1- methylethyl)-naphthalene	sesquiterpene	$C_{15}H_{24}$					☐	☐	☐					☐	☐				☐	☐	☐

Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	ตี้มกลิ่น						PE						ET						
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	
seychellene	1.1,6-Methanonaphthalene, decahydro-1,4,8a-trimethyl-9- methylene-, (1S,4S,4aS,6R,8aS)-(-)-	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄					☐															
valencene	.(+)-Valencene or Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8a- dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-(1à,7á,8aà)]-	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄					☐															
β-guaiene	Azulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro- 1,4-dimethyl-7-(1- methylethylidene)-, (1S-cis)-	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄					☐		☐				☐		☐				☐		☐	
3-carene	Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7- trimethyl-	monoterpene	C ₁₀ H ₁₆						☐	☐					☐	☐					☐	☐	

Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	ต้มกลั่น						PE						ET					
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp
α -copaene	Tricyclo[4.4.0.02,7]dec-3-ene, 8-isopropyl-1,3-dimethyl-, (1R,2S,6S,7S,8S)-(-)- or α -Copaene	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄																			
caryophyllene oxide	β -Caryophyllene oxide or caryophyllene epoxide	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄ O																			
spathulenol	1.1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1aS-(1aà,4aà,7á)]	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄ O																			
piperine	Piperidine, 1-[5-(1,3-benzodioxol-5-yl)-1-oxo-2,4-pentadienyl]-, (E,E)-	alkaloid	C ₁₇ H ₁₉ NO ₃																			

Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	คัมภีร์กลิ่น						PE						ET					
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp
α -pinene	pinene or Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6,6-trimethyl-2.2-Pinene	monoterpene	$C_{10}H_{16}$								☐						☐					
β -pinene	2(10)-Pinene or Nopinene or Nopinene or Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6- dimethyl-2-methylene-	monoterpene	$C_{10}H_{16}$								☐						☐					
α -terpinyl acetate	Terpinyl acetate or Terpineol acetate or 3-Cyclohexene-1- methanol, 1,2,4-trimethyl-, acetate or p-Menth-1-en-8-ol, acetate	monoterpene	$C_{12}H_{20}O_2$								☐						☐					☐
linalool	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- or β -Linalool or Linalol or Linalool or Linalyl alcohol	monoterpene	$C_{10}H_{18}O$								☐						☐					☐

Compound	Synonyms name	Group	Structure Formula	Structure	ตั้มกลั่น						PE						ET								
					gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp	gi	ga	ce	be	wp	bp			
linalyl propionate	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, propanoate or Linalyl n-propionate or 1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl propionate	monoterpene	C ₁₃ H ₂₂ O ₂																						
cis-sabinol	Sabinol or (+)- Sabinol	monoterpene	C ₁₀ H ₁₆ O																						
cubenol	1.1-Isopropyl-4,7-dimethyl- 1,3,4,5,6,8a-hexahydro-4a(2H)- naphthalenol	sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₆ O																						

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นางสาวมณฑาทาญจน์ ชนะภัย
วัน เดือน ปีเกิด	19 กันยายน 2523
ประวัติการศึกษา	
ระดับมัธยมศึกษา	ประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนครสวรรค์ พ.ศ. 2541
ระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2546
ระดับปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2549

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ข้อตกลงว่าด้วยการโอนลิขสิทธิ์วิทยานิพนธ์

วันที่ 25 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2549

ข้าพเจ้า นางสาวณทกกาญจน์ ชนะภัย รหัสประจำตัว 47401802 เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระดับปริญญาโท หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี อยู่บ้านเลขที่ 365/447 ซอยพุทธบูชา 47 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10140 ขอโอนลิขสิทธิ์วิทยานิพนธ์ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี รศ. บุญยา บุญนาค ตำแหน่งคณบดี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี เป็นผู้รับโอนลิขสิทธิ์และมีข้อตกลงดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องชนิดและปริมาณของสารสกัดจากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae ต่อการควบคุมหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) และเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด (*Alternaria brassicicola*) ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น ตามมาตรา 14 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในวิทยานิพนธ์ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามมาตรา 23 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัย

3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใด ๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าวิทยานิพนธ์เป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทุกๆ ครั้งที่มีการเผยแพร่

4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปเผยแพร่หรืออนุญาตให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลงหรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามมาตรา 27, มาตรา 28, มาตรา 29 และมาตรา 30 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำต่อเมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ลงชื่อ ณทกกาญจน์ ชนะภัย ผู้โอนลิขสิทธิ์

(นางสาวณทกกาญจน์ ชนะภัย)

ลงชื่อ บุญยา บุญนาค ผู้รับโอนลิขสิทธิ์

(รศ. บุญยา บุญนาค)

ลงชื่อ อรพิน เกิดชูชื่น พยาน

(รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น)

ลงชื่อ ณัฐชา เลาทกุลจิตต์ พยาน

(ผศ. ดร. ณัฐชา เลาทกุลจิตต์)