

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากลูกยอและแมลง

BIOLOGICAL ACTIVITIES OF *MORINDA CITRIFOLIA* FRUIT AND  
INSECT EXTRACTS

จินตนา มาสูงเนิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากลูกยอและแมลง

BIOLOGICAL ACTIVITIES OF *MORINDA CITRIFOLIA* FRUIT AND  
INSECT EXTRACTS

จินตนา มาสูงเนิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากลูกยอและแมลง

Biological Activities of *Morinda Citrifolia* Fruit and Insect Extracts


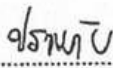
ชื่อ - นามสกุล นางสาวจินตนา มาสูงเนิน

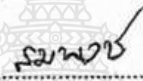
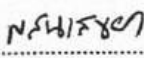
สาขาวิชา เคมีประยุกต์



อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกกร เวชกรณ์, ปร.ด.

ปีการศึกษา 2564

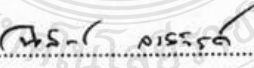
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

   
.....ประธานกรรมการ  
(อาจารย์สำราญ ปราบภัย, ปร.ด.)

   
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมพงษ์ แสนเสนยา, วท.ด.)

   
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกกร เวชกรณ์, ปร.ด.)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์  
ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

  
.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิพัทธ์ จงสวัสดิ์, ปร.ด.)

วันที่ 4 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากลูกยอและแมลง  
ชื่อ - นามสกุล นางสาวจินตนา มาสูงเนิน  
สาขาวิชา เคมีประยุกต์  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกอร เวชกรณ์, ประ.ด.  
ปีการศึกษา 2564

## บทคัดย่อ

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรได้รับความสนใจอย่างมากตั้งแต่อดีต โดยนิยมมาใช้เป็นยาแผนโบราณในการรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคอัลไซเมอร์ โรคมะเร็ง และโรคหัวใจ เป็นต้น นอกจากนี้แมลงกินได้เป็นที่นิยมรับประทานในประเทศไทย ได้แก่ ดักแด้ แมงสะตัง จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด ตั๊กแตนปาทังก้า และรถด่วน เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากลูกยอไม้สุก (*Morinda citrifolia*) และแมลงกินได้โดยจะทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส เอนไซม์ไทโรซิเนส และเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรส

สำหรับการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดลูกยอไม้สุก พบว่าชั้นเมทานอลมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุดและมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ดี ในขณะที่สารสกัดชั้นเอทิลอะซิเตทมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงสุดและมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง สารสกัดชั้นเอทิลอะซิเตทและเมทานอลสามารถเป็นสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟาไกลูโคซิเดสอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามสารสกัดจากลูกยอมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้น้อยกว่าสารมาตรฐาน ในส่วนของฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ของสารสกัดหยาบจากแมลงกินได้ พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบชั้นเมทานอลจากตั๊กแตนปาทังก้ามีฤทธิ์ดีกว่าแมลงชนิดอื่น สารสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทนของแมลงกินได้มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดี ได้แก่ แมงสะตัง จิ้งโกร่ง และจิ้งหรีด ในขณะที่สารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตทของดักแด้มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสดีที่สุด สำหรับสารสกัดหยาบที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสดี ได้แก่ จิ้งโกร่งชั้นไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตทและเมทานอล และตั๊กแตนปาทังก้าชั้นเอทิลอะซิเตท นอกจากนี้สารสกัดหยาบที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรสดีที่สุดคือ จิ้งโกร่งชั้นเฮกเซนและไดคลอโรมีเทน

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากลูกยอไม้สุกและสารสกัดหยาบจากแมลงกินได้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพของโรคเบาหวานและโรคความจำเสื่อม รวมทั้งกระบวนการสร้างเม็ดสีได้ดี

**คำสำคัญ:** การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ ลูกยอ แมลงกินได้ การยับยั้งเอนไซม์

<b>Thesis Title</b>	Biological Activities of <i>Morinda Citrifolia</i> Fruit and Insect Extracts
<b>Name – Surname</b>	Miss Jintana Masoongnoen
<b>Program</b>	Applied Chemistry
<b>Thesis Advisor</b>	Assistant Professor Kanokorn Wechakorn, Ph.D.
<b>Academic Year</b>	2021

## ABSTRACT

Biological compounds of the crude extract from medicinal plants, including fruits, have long been interesting to traditional medicine, including for treatment of diabetes, Alzheimer's disease, cancer, and heart disease. Various types of insects including silkworm pupae, house cricket, short-tailed cricket, field cricket, Bombay locust, and bamboo caterpillar have been widely eaten in Thailand because they contain high protein. The objective of the study was to study the biological activity of the crude extracts from *Morinda citrifolia* unripe fruits and many edible insects. The crude extracts were investigated for antioxidant activity and enzyme inhibitions, e.g.  $\alpha$ -glucosidase,  $\alpha$ -amylase, acetylcholinesterase, and tyrosinase.

Regarding the biological activities of unripe *Morinda citrifolia* fruits, the methanolic fractions showed the highest total of phenolic contents and tyrosinase inhibition activity. The ethyl acetate fraction had the highest total of flavonoid content and free radical scavenging capacity. Ethyl acetate and methanol fractions exhibited  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase inhibitors. The inhibitory activities of the purified fractions revealed less than the standard inhibitors. For the bioactivity and enzyme inhibition of the crude extracts from edible insects, methanol extract of Bombay locust had better antioxidant activity than other insects. The dichloromethane extracts of several insects such as house cricket, short-tailed cricket, and field cricket exhibited potential  $\alpha$ -glucosidase inhibitors. The ethyl acetate extract of silkworm pupae displayed the most potential inhibitory activity of  $\alpha$ -amylase. The dichloromethane extract of short-tailed cricket, the ethyl acetate extract of short-tailed cricket and Bombay locust and the methanol extract of short-tailed cricket showed effective tyrosinase inhibitors. Hexane and dichloromethane extracts of short-tailed cricket were determined to be significant acetylcholinesterase inhibitors.

The results showed that purified extracts of *Morinda citrifolia* unripe fruits and crude extracts of edible insects exhibited antioxidant activities and potential enzyme inhibitors for antidiabetics, Alzheimer's disease treatments, and melanogenesis.

**Keywords:** biological activities, *Morinda Citrifolia* unripe fruit, Edible insects, Enzyme inhibitions

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาชี้แนะและช่วยเหลืออย่างดียิ่ง จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกอร เวชกรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอด ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย รวมทั้งข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สำราญ ปราบภัย ประธานกรรมการสอบ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ แสนเสนา กรรมการสอบ ที่ให้ข้อเสนอแนะและการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของงานวิจัยจนสมบูรณ์ รวมทั้งเสียสละเวลาในการเป็นกรรมการสอบในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่สนับสนุนและให้กำลังใจจนงานวิจัยสำเร็จด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาพระคุณบิดามารดาและบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้และให้ความเมตตาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด และเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้การศึกษาระดับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจ หากวิทยานิพนธ์ขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ข้าพเจ้าขอกราบขอภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

จินตนา มาสูงเนิน

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) .....	(3)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) .....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ .....	(6)
สารบัญตาราง .....	(8)
สารบัญภาพ .....	(10)
บทที่ 1 บทนำ .....	13
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	13
1.2 วัตถุประสงค์.....	17
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	17
1.4 กรอบแนวคิดของงานวิจัย.....	18
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	19
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
2.1 โรคเบาหวาน.....	20
2.2 กระบวนการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส.....	22
2.3 ตันยอ .....	25
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารสกัดจากลูกยอ .....	27
2.5 แมลงกินได้ (Edible insects).....	34
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแมลงกินได้.....	44
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	50
3.1 สารเคมี.....	50

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ .....	51
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	51
3.4 วิธีการทดลอง .....	52
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis).....	64
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	65
4.1 สารสกัดจากลูกยอ.....	65
4.2 สารสกัดจากแมลงที่กินได้.....	75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย .....	114
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	114
บรรณานุกรม .....	117
ภาคผนวก .....	133
ภาคผนวก ก กราฟของสารสกัดจากลูกยอและแมลง.....	134
ภาคผนวก ข วิเคราะห์ GC-MS ของสารสกัดจากแมลง.....	137
ภาคผนวก ค นำเสนอผลงาน Poster.....	187
ประวัติผู้เขียน .....	191



## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สารประกอบที่พบใน <i>Morinda citrifolia</i> L. ....	33
ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของแมลง 18 ชนิด (กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) .....	34
ตารางที่ 2.3 แมลงที่จำหน่ายและบริโภคในประเทศไทย.....	35
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบพิษเฉียบพลันของสารสกัดหยาบจากลูกยอไม่สุก .....	65
ตารางที่ 4.2 ปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของ fractions ในชั้นเอทิลอะซิเตต (E3-E11) และเมทานอล (M1-M5) ของผลลูกยอไม่สุก ( <i>Morinda citrifolia</i> ).....	68
ตารางที่ 4.3 เพอร์เซ็นต์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ $\alpha$ -glucosidase, $\alpha$ -amylase และ tyrosinase จากสารสกัด fractions ต่างๆ จากผลที่ไม่สุกของลูกยอ ( <i>Morinda citrifolia</i> ) .....	73
ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการยับยั้ง (ค่า $IC_{50}$ ) ในการทำงานของเอนไซม์ $\alpha$ -amylase, $\alpha$ -glucosidase และ tyrosinase ของ H10, E11 และ M5 .....	74
ตารางที่ 4.5 น้ำหนักของแมลงชนิดต่างๆ ก่อนอบและหลังอบ.....	75
ตารางที่ 4.6 เพอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบของแมลงที่กินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ.....	77
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบพิษเฉียบพลันของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ จากแมลงที่กินได้ .....	78
ตารางที่ 4.8 ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงกินได้ .....	79
ตารางที่ 4.9 ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงกินได้ .....	80
ตารางที่ 4.11 ค่า $IC_{50}$ ของการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบในชั้นเมทานอลจากแมลงกินได้ .....	82
ตารางที่ 4.12 ค่า $IC_{50}$ ของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้.....	83
ตารางที่ 4.13 ค่า $IC_{50}$ ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้.....	84

## สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.14 ค่า $IC_{50}$ ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้.....	85
ตารางที่ 4.15 ค่า $IC_{50}$ ของการยับยั้งการทำงานของอะซีติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้.....	86
ตารางที่ 4.16 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของจังหวัด.....	89
ตารางที่ 4.17 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของดักแด่.....	93
ตารางที่ 4.18 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของแมงสะตั้ง.....	97
ตารางที่ 4.19 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของตักแตนป่าหังก้า.....	100
ตารางที่ 4.20 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของรด่วน.....	103
ตารางที่ 4.21 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของจิ้งโกร่ง.....	108
ตารางที่ 4.22 จำนวนสารกลุ่มต่าง ๆ ที่พบในสารสกัดหยาบของชั้นตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลง.....	111
ตารางที่ 4.23 องค์ประกอบกรดไขมันของแมลงกินได้ (%).....	112

## สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในของสารสกัดจากลูกยอ .....	18
ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิดของสารสกัดจากแมลงกินได้ชนิดต่างๆ .....	19
ภาพที่ 2.1 การย่อยโพลีไกลแซกคาไรด์โดยเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส.....	21
ภาพที่ 2.2 กระบวนการชีวสังเคราะห์เม็ดสีเมลานิน .....	23
ภาพที่ 2.3 ลักษณะทั่วไปของยอและลูกยอ.....	26
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของสารที่สกัดจากยอ .....	27
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างสารสกัดจากน้ำลูกยอ .....	28
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จากผลลูกยอ .....	29
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของ <i>M. citrifolia</i> ที่พบมากทางเภสัชวิทยา.....	32
ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะทั่วไปของตักแตนป่าทั้งกำ .....	36
ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะทั่วไปของตักแตนข้าว .....	36
ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะทั่วไปของตักแตนขาเหล็ก.....	37
ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะทั่วไปของตักแตนเขียวโม.....	37
ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะทั่วไปของแมลงดานาตัวผู้ (ชาย) และตัวเมีย (ขวา).....	38
ภาพที่ 2.13 แสดงลักษณะทั่วไปของรถด่วน .....	39
ภาพที่ 2.14 แสดงลักษณะทั่วไปของแมลงตับเต่า .....	39
ภาพที่ 2.15 แสดงลักษณะทั่วไปของแมงสะตั้ง .....	40
ภาพที่ 2.16 แสดงลักษณะทั่วไปของแมงกระซอน .....	41
ภาพที่ 2.17 แสดงลักษณะทั่วไปของจิ้งหรีด .....	41
ภาพที่ 2.18 แสดงลักษณะทั่วไปของแมงอีหนู .....	42

## สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 2.19 แสดงลักษณะทั่วไปของดักแด้เพชร (ซ้าย) และดักแด้จิ้น (ขวา).....	43
ภาพที่ 2.20 แสดงลักษณะทั่วไปของจิ้งโกร่ง.....	44
ภาพที่ 2.21 แสดงลักษณะทั่วไปของจักจั่น.....	44
ภาพที่ 2.22 โครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จากแมลง <i>Aspongopus chinensis</i> .....	46
ภาพที่ 2.23 โครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จากแมลง.....	47
ภาพที่ 2.24 โครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จากแมลง.....	48
ภาพที่ 3.1 ลักษณะลูกยอและผงลูกยอที่ผ่านการอบ 60 °C.....	52
ภาพที่ 3.2 หลักการเกิดปฏิกิริยาด้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH.....	56
ภาพที่ 3.3 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของซึบสเตรท 4-pNPG โดยเอนไซม์ $\alpha$ -glucosidase.....	57
ภาพที่ 3.4 กระบวนการติดตามปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของอะไมโลสโดยเอนไซม์ $\alpha$ -amylase.....	59
ภาพที่ 3.5 กระบวนการทำงานของเอนไซม์ Tyrosinase.....	61
ภาพที่ 3.6 กระบวนการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase.....	63
ภาพที่ 4.1 (a) การสกัดและการแยกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากลูกยอไม่สุก.....	66
ภาพที่ 4.2 สเปกตรัม HR-MS และโครงสร้างของสารสกัดจากลูกยอ.....	69
ภาพที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระของ fractions ต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/mL.....	71
ภาพที่ 4.4 การทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity) ต่อเซลล์ของ H10, E11 และ M5.....	75
ภาพที่ 4.5 ลักษณะของผงแมลงกินได้ ได้แก่ (a) แมงสะตัง (b) รถด่วน (c) ดักแด้ (d) จิ้งโกร่ง (e) ตั๊กแตนป่าทั้งก้า และ (f) จิ้งหรีด.....	76
ภาพที่ 4.6 ลักษณะของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงกินได้.....	77
ภาพที่ 4.7 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของจิ้งหรีด.....	88
ภาพที่ 4.8 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของดักแด้.....	92

## สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.9 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของแมงสะตั้ง.....	96
ภาพที่ 4.10 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของตักแตนป่า ทั้งกำ .....	99
ภาพที่ 4.11 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของรด่วน....	102
ภาพที่ 4.12 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของจิ้งโกร่ง ...	107



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุคือ สังคมที่มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป ในปี 2560 พบว่ามีอัตราการเกิดที่ต่ำกว่าอัตราการเสียชีวิตของประชากร ทำให้จำนวนและสัดส่วนประชากรสูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากประชาชนมีการดูแลสุขภาพมากขึ้น และมีเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่ทันสมัย จากข้อมูลประชากรของประเทศไทยปี 2563 ประชากรไทยมีจำนวน 66.19 ล้านคน เป็นผู้สูงอายุมากกว่า 13 ล้านคน และคาดการณ์อีก 20 ปีข้างหน้า หรือปี 2583 ประเทศไทยจะมีผู้สูงอายุ 20 ล้านคน หรือ 1 ใน 3 ของคนไทยจะเป็นผู้สูงอายุ และจะมีผู้สูงอายุ 80 ปีขึ้นไปจะมากถึง 3.5 ล้านคน ในประชากรผู้สูงอายุมีโอกาสที่จะมีปัญหาด้านสุขภาพและมีโรคประจำตัวสูง อาจมีสาเหตุมาจากพันธุกรรมหรือพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมนำไปสู่การเกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น

โรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus: DM) เป็นภาวะที่ร่างกายมีน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ เนื่องจากการขาดฮอร์โมนอินซูลิน หรือการดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน โรคเบาหวานสามารถเกิดได้กับคนทุกช่วงอายุ ขึ้นกับสาเหตุและปัจจัยส่งเสริมให้เกิดโรคเบาหวาน เช่น พันธุกรรม พฤติกรรมการใช้ชีวิต การรับประทานอาหาร การพักผ่อนหรือการออกกำลังกาย โรคเบาหวานมีหลายประเภท ได้แก่ เบาหวานประเภทที่ 1 มักเกิดในเด็กหรือประชากรที่มีอายุน้อย ซึ่งมีสาเหตุมาจากพันธุกรรมเป็นหลัก ทำให้ไม่สามารถผลิตอินซูลินได้ เบาหวานประเภทที่ 2 ส่วนใหญ่มักเกิดในคนอายุ 45 ปีขึ้นไป ในปัจจุบันการรักษาโรคเบาหวานสามารถรักษาโดยการให้อินซูลินกับผู้ป่วย เพื่อช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดให้กับผู้ป่วย หรือการใช้ยาเพื่อลดปริมาณน้ำตาลในกระแสเลือดกับผู้ป่วย เช่น อะคาร์โบส (Acarbose) ไมกิทอล (Miglitol) และวอกลีโบส (Voglibose) เป็นต้น [1] การเพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือดเกิดจากการกระบวนการย่อยแป้งโดยเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ( $\alpha$ -glucosidase) และแอลฟาอะไมเลส ( $\alpha$ -amylase) ซึ่งเอนไซม์สองชนิดนี้จะเปลี่ยนโมเลกุลแป้งให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวคือ กลูโคส [2, 3] กระบวนการยับยั้งเอนไซม์ชนิดนี้จะทำให้ปริมาณน้ำตาลในเลือดก็จะไม่สูงจนเกินไป โดยกลุ่มของสารยับยั้งทางธรรมชาติของเอนไซม์กลูโคซิเดส และเอนไซม์อะไมเลสที่มีการรายงานในปัจจุบันจัดอยู่ในกลุ่มของเทอร์ปีน (Terpenes) แอลคาลอยด์ (Alkaloids) ควิโนน (Quinones) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ฟีนอล (Phenols) ฟีนิลโพรพานอยด์ (Phenylpropanoids) และสเตอรอยด์ (Steroids) เป็นต้น [4] ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบหาปริมาณสารเหล่านี้จากสารสกัดหยาบจากลูกยอและแมลง

ในปัจจุบันนี้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเกี่ยวกับผิวขาวเป็นที่นิยมและได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก สีผิวของมนุษย์ขึ้นอยู่กับปริมาณเม็ดสีเมลานิน โดยปกติในผิวชั้นหนังกำพร้าของคนเราจะพบเซลล์เมลานोไซต์ (Melanocyte) มีลักษณะเป็นเซลล์รูปร่างแบน วงรี และมีแขนงที่เหมือนแขนขายึดจับกันอยู่ หน้าที่ของเซลล์นี้จะสร้างเม็ดสีเมลานิน โดยอาศัยเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase) เข้ามาช่วยให้เกิดการสร้างเม็ดสีได้สมบูรณ์ขึ้น [5] ถ้ามีปริมาณเม็ดสีเมลานินมากก็จะทำให้สีผิวเข้ม ในทางตรงกันข้ามถ้ามีปริมาณเม็ดสีเมลานินน้อยก็จะทำให้สีผิวขาว การสังเคราะห์เม็ดสีมีสารตั้งต้นเป็นกรดอะมิโนไทโรซีน (Tyrosine) จะถูกเปลี่ยนไปเป็น Dopa (3,4-Dihydroxyphenylalanine) จากนั้นจะมีการเปลี่ยน Dopa ไปเป็น Dopaquinone ซึ่งขั้นตอนนี้ถูกควบคุมด้วยเอนไซม์ไทโรซิเนส เมื่อการทำงานของเอนไซม์ถูกยับยั้ง กระบวนการสร้างเม็ดสีเมลานินก็จะเกิดน้อยลง ในปัจจุบันได้มีการหาสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางเป็นจำนวนมาก ดังนั้นถ้ามีการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสก็จะทำให้คนมีสีผิวขาวขึ้นได้ ในปัจจุบันมีสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ได้แก่ การใช้ยาไทโอเซมิคาร์บาโซน (Thiosemicarbazones) และยาอะเซตาโซลาไมด์ (Acetazolamide) เป็นต้น [6] นอกจากนี้ยังมีการนำสารสกัดจากสิ่งมีชีวิตในกลุ่มต่าง ๆ มาใช้ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ได้แก่ สารสกัดในกลุ่มแทนนินและฟีนอลที่สกัดจากไม้พุ่มเคอร์เมสโอิก (*Quercus coccifera*) สารสกัดจากเห็ด [7] สารสกัดจากใบของมาเกีเบอร์รี่ (*Aristotelia chilensis*) [8] และสารสกัดจากมะตาด (*Dillenia indica*) [9] เป็นต้น

ต้นยอเป็นพืชสมุนไพรที่พบมากในชุมชนตำบลคลองสี่ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ชุมชนนี้มีจำนวน 16 หมู่บ้าน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม โดยส่วนใหญ่เป็นที่นาและสวนเกษตร เนื้อที่ประมาณ 10,000 ไร่ ในเขตพื้นที่นี้ชาวบ้านนิยมปลูกต้นยอเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นไม้ยืนต้นสมุนไพรและมีการใช้ประโยชน์ทุกส่วนของต้นยอ ได้แก่ ราก เปลือก ใบ ผล อีกทั้งสามารถนำมาประกอบเป็นอาหารได้ จึงมีผู้นิยมปลูกจำนวนมาก อีกทั้งการปลูกไม่ยุ่งยากและเจริญเติบโตได้ง่าย ต้นยอมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Morinda citrifolia* L. จัดอยู่ในวงศ์ Rubiaceae หรืออาจจะเรียกชื่อตามแหล่งที่ปลูก เช่น Noni (ฮาวาย) Meng kudu (มาเลเซีย) Ach (ฮินดู) ในประเทศไทยมีชื่อท้องถิ่นอื่น ได้แก่ แยมใหญ่ (แม่ฮ่องสอน) มะตาดเสือ (ภาคเหนือ) ยอบ้าน (ภาคกลาง) เป็นต้น ยอเป็นไม้ยืนต้น มีใบสีเขียว ออกดอกเป็นช่อที่ซอกใบ ลักษณะของผลยาวรี ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อสุกจะเป็นสีขาวนวล มีเนื้อนุ่มในผลมีเมล็ดจำนวนมากและมีสีน้ำตาล สำหรับรสชาติจะออกรสเผ็ดและมีกลิ่นแรง ลูกยอจัดเป็นพืชสมุนไพรที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากต้นยอถูกจัดเป็นยาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน จึงมีการใช้ส่วนต่างๆ ในการรักษาโรค ได้แก่ ช่วยแก้อาการคลื่นไส้ อาเจียน ใช้ผลหรือใบทำเป็นยาพอกช่วยแก้ปวด

โรค น้ำสกัดจากใบยอช่วยรักษาโรคความดันโลหิตสูง ลูกยอสุกมีสรรพคุณในการช่วยขับลมและช่วยย่อยอาหาร น้ำลูกยอช่วยป้องกันโรคภูมิแพ้ รักษาโรคเบาหวาน ลูกยออุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบี 3 ธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็ก ธาตุโพแทสเซียม ธาตุโซเดียม แคลเซียม สารต่อต้านอนุมูลอิสระ และมีสารอื่น ๆ อีกด้วย เช่น กรดไขมัน ลิคินิน พอลิแซ็กคาไรด์ ฟลาโวนอยด์ อีริทอยด์ สโคโรโปเลติน แอลคาลอยด์ ลูกยอมีสารโปรซีโรนิน (Proxeronine) เมื่อรวมตัวกับเอนไซม์โปรซีโรเนส (Proxeronase) จะได้สารซีโรนิน (Xeronine) ที่ลำไส้ใหญ่ เมื่อดูดซึมกลับสู่เซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย จะช่วยปรับสภาพเซลล์ให้มีความสมดุลและแข็งแรง และช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันได้อย่างดี นอกจากนี้ยังมีสารอีกมากมายหลายชนิดที่มีสมบัติในด้านต่าง ๆ เช่น กรดคาโพรอิก (Caproic acid) เป็นสารแต่งกลิ่นที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร และกรดคาไพอิก (Caprylic acid) มีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อรา เป็นต้น นอกจากนี้ตัวยอยมีสรรพคุณช่วยในการชะลอวัยและความเสื่อมของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย ช่วยบำรุงผิวพรรณ หนักริมฝีปากและผม

เนื่องจากแมลงเป็นสัตว์ที่มีมากชนิดที่สุดในโลกมีมากกว่า 800,000 ชนิด แมลงมีวิวัฒนาการปรับตัวเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี จึงสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในแหล่งอาศัยต่าง ๆ ด้วยเหตุนี้แมลงจึงสามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว แมลงบางชนิดอาจก่อให้เกิดปัญหาทางการเกษตรกรรมได้ เช่น ปัญหาแมลงศัตรูพืชระบาดในนาข้าวหรือพืชสวน การนำแมลงมาประกอบเป็นอาหารได้กระทำกันมาตั้งแต่สมัยโบราณในหมู่ชนพื้นเมืองของประเทศต่าง ๆ ในทวีปเอเชีย ออสเตรเลีย และอเมริกา แมลงกินได้ที่พบในประเทศไทยเท่าที่สำรวจได้มีมากกว่า 50 ชนิด [10, 11] แมลงกินได้ที่เป็นที่รู้จักนิยมกิน ได้แก่ แมลงกิ้งก่า (แมลงอินทูน) แมลงกูดจี (แมลงขี้ครอกหรือด้วงขี้ควาย) แมลงปีกแข็ง ด้วงแรด (ด้วงมะพร้าว) แมลงทับ กว่างซาง กว่างชน (กว้างโซ่ง กว่างกิ กว่างอีลุ่ม) ด้วงปีกแข็ง แมลงตับเต่า (ด้วงดิ่ง) แมลงเหนียง แมลงข้าวสาร จิ้งโกร่ง (จิโปม) จิ้งหรีด (จิ้งห่อ) แมลงกระซอน ตั๊กแตนปาทั้งกำ ตั๊กแตนเล็ก (ตั๊กแตนข้าว) แมลงเม่า แมลงมัน มดแดง มदनาง มดแป้ง ไข่มดแดง หนอนไหม (รถไฟ) ตัวจรวด (เครื่องบิน) แมลงป่องเป้ง (แมลงง่า) จักจั่น เรไร แมลงดานา แมลงดาสวน (แมลงก้าน มวนตะพาบ มวนหลังไข) มวนแมงป่องน้ำ (แมลงคันโซ) และแมลงหัววัว ในปัจจุบันมีการนิยมบริโภคแมลงกันมากขึ้น เนื่องจากแมลงมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเนื้อสัตว์อื่น ๆ จากการแปรรูปแมลงเป็นผง 100 กรัม จะให้โปรตีนได้สูง 50-60% ในขณะที่เนื้อสัตว์ เช่น ไก่ หมู และวัว ให้โปรตีนที่ 30-40% เท่านั้น และกระบวนการเลี้ยงแมลงยังสร้างมลพิษน้อยกว่าสัตว์ชนิดอื่น เพราะใช้วัตถุดิบและปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติหรือ FAO ของ UN จึงประกาศว่าแมลงเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญในอนาคต สามารถกินได้และกระตุ้นให้ทั่วโลกหันมาบริโภคแมลงให้มากขึ้น ส่งผลให้ตลาดแมลงกำลังเติบโตสู่ระดับอุตสาหกรรมในหลายประเทศ ได้แก่ จิ้งหรีดเป็นแมลงที่ขายในตลาดได้สูงเพราะมีหลายสายพันธุ์ทำให้มีหลายกลิ่น ดักแด้ไหมมาแปรรูปได้โปรตีนที่คุณภาพดีมาก สำหรับ



หนอนรด่วนยังมีราคาแพงเพราะยังไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ มีข้อจำกัดในการเลี้ยง จึงมีการนำเข้ามาจากประเทศเพื่อนบ้าน [12] ปัจจุบันผู้ประกอบการอาหารในหลายประเทศใช้วัตถุดิบจากแมลงเพิ่มมากขึ้น และผลิตภัณฑ์อาหารเกี่ยวกับแมลงก็มีหลายรูปแบบ เช่น ซอสแมลง แยมแมลง แมลงผง ลูกอมแมลง แป้งทำขนม คุกกี้แมลง แมลงอย่างรมควัน ซ็อกโกแลตแมลง พาสต้าแมลง หรือใช้แมลงเป็นวัตถุดิบรับประทานเป็นอาหารโดยตรง เช่น เบอร์เกอร์แมลง หรือใช้เป็นส่วนผสมในบางเมนูเสิร์ฟในร้านอาหาร ร้านเบเกอรี่ โดยแมลงที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ได้แก่ จิ้งหรีด มีการขายในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตัวแมลง แป้งแปรรูป ซึ่งจะขายผ่านออนไลน์ถึงผู้บริโภคโดยตรง ขายส่งแมลงกินได้ และขายเพื่อเป็นอาหารสัตว์ [13] และมีการศึกษาว่าการกินจิ้งหรีดช่วยให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้เติบโตเพิ่มจำนวนขึ้น ลดการอักเสบในร่างกาย และไม่เป็นอันตราย แม้กินเข้าไปในปริมาณมาก [14]

แมลงเป็นแหล่งของสารอาหารที่ดีและเป็นแหล่งที่มีโปรตีนสูง โดยทั่วไปแมลงสามารถให้โปรตีน (20-70 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนดิบ) กรดอะมิโน (30-60 เปอร์เซ็นต์) ไขมัน (10-50 เปอร์เซ็นต์) แร่ธาตุและวิตามินมีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ แมลงอุดมไปด้วยฟอสฟอรัสโดยเฉพาะโพแทสเซียม เหล็ก ทองแดง สังกะสี แมงกานีส โซเดียม วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และไนอาซิน คุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์และวิธีการสำหรับการบริโภค มีการอ้างอิงคุณค่าทางโภชนาการสำหรับการรับประทานชนิดต่าง ๆ ของแมลง แมลงกินได้เกือบ 200 สายพันธุ์ มากกว่า 150 สายพันธุ์บริโภคในประเทศไทย อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 8 สายพันธุ์ ภาคเหนือ 50 สายพันธุ์และภาคใต้ 14 สายพันธุ์ นอกจากนี้คนไทยยังนิยมกินแมลงหลายชนิด เช่น แมงดานา ตั๊กแตน แมงดานาน้ำ เป็นที่นิยมมากของภาคเหนือ แมลงต้บเต่า แมลงเหนียง ไช้เม็ดแดง รด่วนและจิ้งหรีดเป็นที่นิยมในภาคเหนือ ตัวต่อ ผึ้ง และด้วงมะพร้าวเป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นแมลงกินได้ในภาคใต้ มีการสำรวจจรดเช่นขายแมลงกินได้ที่นิยมในจังหวัดขอนแก่น พบว่า แมงสะตัง รด่วน ตักแต้ไหม และตั๊กแตนเป็นที่นิยมรับประทานกัน ตลาดค้าปลีกแมลงทอดราคาประมาณ 20-30 บาท/100 กรัม แมลงที่จำหน่ายกันมากที่สุดและที่บริโภคในประเทศไทยมาจากทั้งสองอย่างแหล่งที่มาจากป่าและเกษตรกรรม แมลงในฟาร์ม เช่น จิ้งหรีดและตั๊กแต้ไหมสามารถซื้อได้ตลอดทั้งปี ในขณะที่สายพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในป่า เช่น ตั๊กแตนและมดแดงเกิดขึ้นตามฤดูกาล [15]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือ ศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากลูกยอและแมลงกินได้ชนิดต่างๆ ที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ โดยจะมีการทดสอบองค์ประกอบทางพฤกษเคมี (Phytochemical screening) วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (Total phenolic and flavonoid contents) ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) และศึกษาความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ เอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase) ของกระบวนการสร้างเม็ดสีเมลานิน เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ( $\alpha$ -amylase) และเอนไซม์

เอลฟาไกลูโคซิเดส ( $\alpha$ -glucosidase) ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โรคเบาหวาน รวมทั้งการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้ เพื่อเป็นฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในการเพิ่มคุณค่าของพืชสมุนไพรและแมลงกินได้ให้มีมูลค่ามากขึ้น โดยองค์ความรู้ที่ได้ อาจก่อให้เกิดการพัฒนาและประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางผิวขาว ยาและผลิตภัณฑ์เสริมทางเลือกต่าง ๆ รวมทั้งผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในผู้สูงอายุ

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อหาวิธีการสกัดและวิธีการแยกทางโครมาโตกราฟีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากลูกยอและแมลงกินได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

1.2.2 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมีและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากลูกยอและแมลงกินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ

1.2.3 เพื่อศึกษาการออกฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เอลฟาไกลูโคซิเดสและอะไมเลสของโรคเบาหวาน และเอนไซม์ไทโรซิเนสของกระบวนการสร้างเม็ดสีเมลานินของสารสกัดจากลูกยอและแมลงกินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 สืบค้นและลงพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมตัวอย่างวัตถุดิบสำหรับงานวิจัย

1.3.2 เพื่อศึกษาหาวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลแอสีเตต เมทานอลของลูกยอและแมลงกินได้ เพื่อนำสารสกัดที่ได้มาศึกษาเปรียบเทียบการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และแยกสารด้วยเทคนิคทางโครมาโตกราฟี

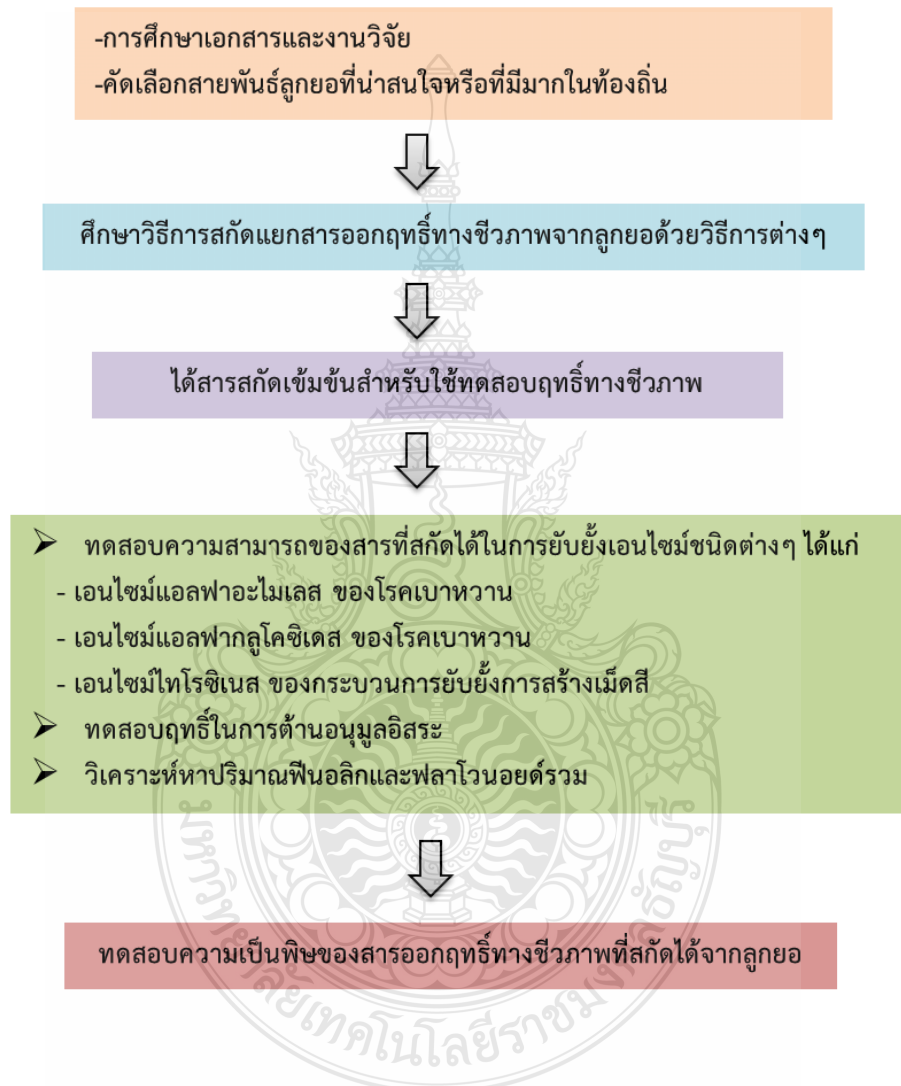
1.3.3 ศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมี ได้แก่ การทดสอบหาแอลคาลอยด์ (Mayer's test) ซาโปนิน (Forth's method) แทนนิน (Ferrous (III) chloride) ไตรเตอร์ปिनอยด์ (Liebermann Burchard's test) สเตอรอยด์ (Salkowaski's test) และฟลาโวนอยด์ (Shinoda's test)

1.3.4 วิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี aluminium chloride colorimetric assay และวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu

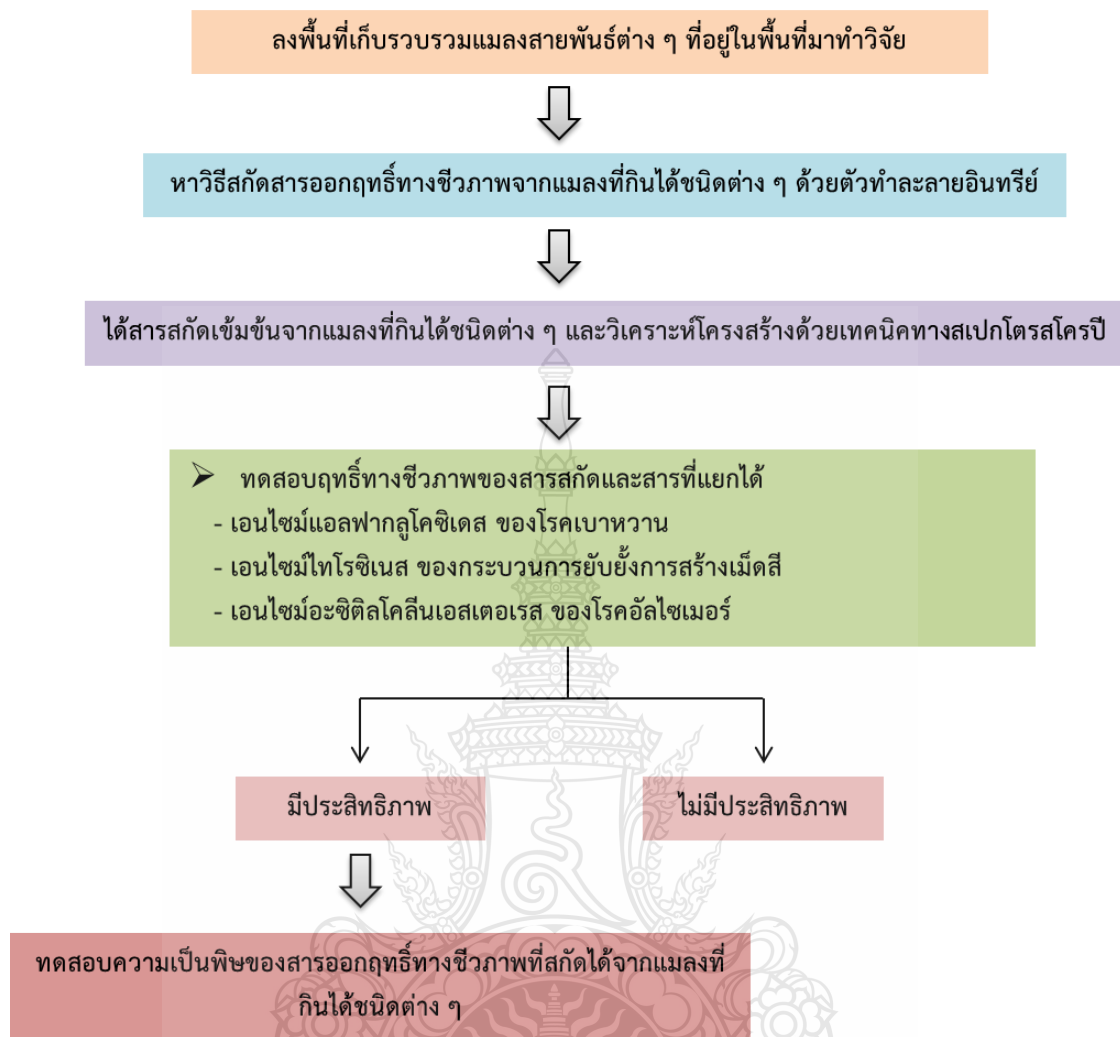
1.3.5 วิเคราะห์หาปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากลูกยอและแมลงกินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยเทคนิค DPPH scavenging assay

1.3.6 ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส เอนไซม์ไทโรซิเนส และเอนไซม์อะซีติวโคลีนเอสเทอเรส ของสารสกัดจากลูกยอและแมลงกินได้จากตัว ทำละลายอินทรีย์ต่างๆ

#### 1.4 กรอบแนวคิดของงานวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในของสารสกัดจากลูกยอ



ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิดของสารสกัดจากแมลงกินได้ชนิดต่างๆ

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์และการแยกด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของลูกยอและแมลงที่กินได้ชนิดต่าง ๆ ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดที่ส่งผลต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดและสารที่แยกได้

1.5.2 ได้องค์ความรู้ในการต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสและเอนไซม์อะไมเลสของโรคเบาหวาน และเอนไซม์ไทโรซิเนสของกระบวนการสร้างเม็ดสีเมลานินของสารสกัดจากลูกยอและแมลงที่กินได้

1.5.3 ได้เผยแพร่วิทยานิพนธ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

## บทที่ 2

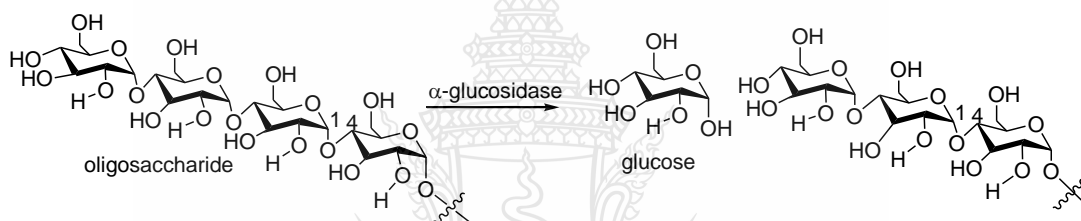
### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 โรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus: DM) เป็นภาวะที่ร่างกายมีน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ เนื่องจากการขาดฮอร์โมนอินซูลินหรือการดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน (Insulin) ส่งผลให้กระบวนการดูดซึมน้ำตาลในเลือดให้เป็นพลังงานของเซลล์ในร่างกายมีความผิดปกติหรือทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จนเกิดน้ำตาลสะสมในเลือดปริมาณมาก หากปล่อยให้ร่างกายอยู่ในสภาวะนี้เป็นเวลานานจะทำให้อวัยวะต่าง ๆ เสื่อม เกิดโรคและอาการแทรกซ้อนขึ้น โรคเบาหวานแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ เบาหวานประเภทที่ 1 (Type 1 Diabetes) เกิดจากตับอ่อนไม่สามารถผลิตฮอร์โมนอินซูลินได้ เบาหวานประเภทที่ 2 (Type 2 Diabetes) เกิดจากการที่ตับอ่อนผลิตฮอร์โมนอินซูลินได้ไม่เพียงพอต่อการใช้ หรือเกิดภาวะการดื้ออินซูลิน (Insulin resistance) และประเภทที่ 3 โรคเบาหวานขณะตั้งครรภ์ (Gestational diabetes) เป็นโรคเบาหวานที่เกิดขึ้นระหว่างการตั้งครรภ์จากการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมน โดยที่ผู้ป่วยไม่เคยเป็นโรคเบาหวานมาก่อน นอกจากโรคเบาหวานทั้ง 3 ประเภทแล้วยังมีโรคเบาหวานที่พบได้ไม่บ่อยอย่างโรคเบาหวานที่เกิดจากกรรมพันธุ์หรือแบบโมโนเจนิค (Monogenic Diabetes) จากข้อมูลของสหพันธ์เบาหวานนานาชาติ (International Diabetes Federation: IDF) พบผู้ป่วยโรคเบาหวานทั่วโลกราว 425 ล้านคนในปี 2560 และคาดการณ์ว่าจะมีจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคนี้นับถึง 629 ล้านคน ในปี 2588 สำหรับโรคเบาหวานในประเทศไทยพบว่า คนไทยช่วงอายุ 20-79 ปี เป็นโรคเบาหวานร้อยละ 8.3 หรือหมายความว่าใน 100 คน จะพบคนป่วยเป็นโรคเบาหวานประมาณ 8 คน ในปัจจุบันประเทศไทยยึดหลักเกณฑ์ตามสมาคมเบาหวานแห่งประเทศไทยในการจำแนกผู้ป่วยโรคเบาหวานด้วยการตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด หากผลการตรวจหลังงดอาหารและเครื่องดื่มมีน้ำตาลอยู่กระแสเลือดไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แสดงว่าระดับน้ำตาลในเลือดปกติ ทั้งนี้ระดับน้ำตาลในเลือดยังบ่งบอกถึงภาวะเสี่ยงต่อการเป็นเบาหวานได้ ซึ่งผู้ที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อภาวะเป็นเบาหวานสามารถพัฒนาการเกิดโรคเบาหวานประเภทที่ 2 (เบาหวานที่เกิดจากการที่ตับอ่อนผลิตฮอร์โมนอินซูลินได้ไม่เพียงพอต่อการใช้) โรคหัวใจ และโรคหลอดเลือดในสมองในอนาคตได้ง่ายขึ้น โรคเบาหวานในระยะแรกจะไม่แสดงอาการผิดปกติ บางรายอาจตรวจพบโรคเบาหวานเมื่อพบภาวะแทรกซ้อนขึ้นแล้ว อาการของโรคเบาหวานแต่ละชนิดอาจมีความคล้ายกัน อาการที่พบส่วนใหญ่ คือ กระหายน้ำมาก ปากแห้ง ปัสสาวะบ่อย หิวบ่อย น้ำหนักลดหรือเพิ่มผิดปกติ สายตาพร่ามัว เห็นภาพไม่ชัด รู้สึกเหนื่อยง่าย มี

อาการชาโดยเฉพาะมือและขา บาดแผลหายยาก เป็นต้น ทั้งนี้อาการของโรคเบาหวานประเภทที่ 1 จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่โรคเบาหวานประเภทที่ 2 จะแสดงอาการแบบค่อยเป็นค่อยไป ส่วนโรคเบาหวานขณะตั้งครรภ์มักเกิดขึ้นในช่วงอายุครรภ์ประมาณ 24-28 สัปดาห์

สำหรับโรคเบาหวานประเภทที่ 2 จะมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งการทำงานคือ เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) และเอนไซม์กลูโคซิเดส (Glucosidase) โดยเอนไซม์อะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่ย่อยตำแหน่งพันธะ 1,4-glucan ของแป้ง การย่อยคาร์โบไฮเดรตจะเริ่มตั้งแต่ปาก โดยเอนไซม์อะไมเลสในน้ำลายย่อยแป้งให้เป็นคาร์โบไฮเดรตสายสั้น จากนั้นจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสจากตับอ่อน ได้เป็นโมเลกุลมอลโตส (Maltose) และมอลโตทริโอส (Maltotriose) แล้วเอนไซม์กลูโคซิเดสจะย่อยโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Oligo-saccharides) ให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคส การยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดสสามารถลดปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เกิดจากปฏิกิริยาดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การย่อยโอลิโกแซ็กคาไรด์โดยเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ( $\alpha$ -glucosidase) จัดเป็นเอนไซม์ในกลุ่มไฮโดรเลสที่พบบริเวณลำไส้เล็ก เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แอลฟาไกลูโคซิเดส I ( $\alpha$ -glucosidase I) พบในแบคทีเรีย ยีสต์ และแมลง โดยมีหมู่เร่งปฏิกิริยาได้แก่ หมู่แอสพาราจีน (Asp) ฮีสทีดีน (His) และไทโรซีน (Tyr) ซึ่งมีความจำเพาะต่อสับสเตรทชนิด heterogeneous และอีกชนิดคือ แอลฟาไกลูโคซิเดส II ( $\alpha$ -glucosidase II) พบในเชื้อรา พืช และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยมีหมู่เร่งปฏิกิริยาได้แก่ หมู่ทริปโตเฟน (Trp) และแอสพาราจีน (Asp) ซึ่งมีความจำเพาะต่อสับสเตรทชนิด homogeneous [16-18] ในส่วนแอลฟาไกลูโคซิเดสที่พบในมนุษย์นั้นจะเป็นแบบ maltase-glucoamylase (MGAM) โดยจะมีความจำเพาะต่อสับสเตรทชนิดมอลโทส ไอโซมอลโทส ซูโครส และโอลิโกแซ็กคาไรด์สายสั้นๆ แอลฟาไกลูโคซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการย่อยแป้งและคาร์โบไฮเดรตที่มากกว่า 10 โมเลกุลขึ้นไปที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) ผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ได้แก่ น้ำตาลกลูโคสที่เข้าสู่กระแสเลือด และนำไปเลี้ยงเซลล์ทั่วร่างกาย ซึ่งจะพบแอลฟาไกลูโคซิเดสในระบบย่อยอาหารของมนุษย์และสัตว์ เช่น น้ำลายและน้ำย่อยจากตับอ่อน ดังนั้นถ้ามีสาร

ยับยั้งการทำงานหรือลดประสิทธิภาพของแอลฟาไกลูโคซิเดสให้น้อยลง สารดังกล่าวก็จะช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ [19]

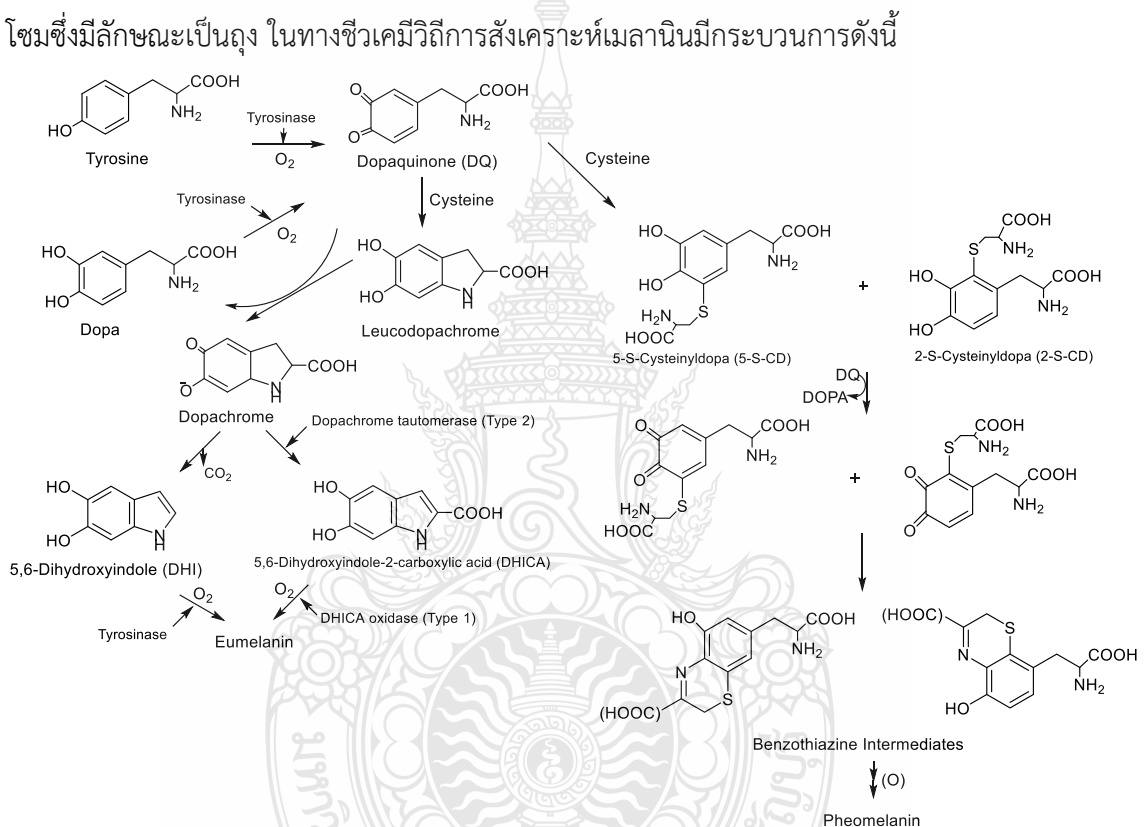
สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ( $\alpha$ -glucosidase inhibitors) จะทำหน้าที่ยับยั้งการย่อยโอลิโกแซคคาไรด์บริเวณปลายที่มีน้ำตาลชนิดที่ไม่ถูกรีดิวซ์ (Non-reducing sugar terminal) ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ก่อนที่จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด ดังนั้นหากสามารถยับยั้งการทำงานของแอลฟาไกลูโคซิเดสได้จะช่วยให้การย่อยโอลิโกแซคคาไรด์เป็นกลูโคสได้ช้าลง และชะลอการเพิ่มของระดับน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้สารยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดสยังช่วยเพิ่มระดับอินซูลิน ลดไตรกลีเซอไรด์ [20] และสามารถต้านโรคมะเร็ง การติดเชื้อจากไวรัส HIV [21] รวมถึงช่วยต้านโรคที่เกิดกับไลโซโซม [22]

โรคเบาหวานเป็นโรคทางเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดหลังอาหารไม่ปกติ การควบคุมภาวะน้ำตาลในเลือดสูงภายหลังอาหารนั้นเชื่อว่ามีค่าสำคัญในการรักษาโรคเบาหวาน เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสหลั่งออกมาจากเยื่อบุผิวในลำไส้ chorionic มีหน้าที่ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต ในช่วงปี 1980 สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสกลายเป็นยาต้านเบาหวานชนิดใหม่ ทำให้กระบวนการย่อยอาหารและการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตช้าลง โดยยับยั้งไม่ให้เกิดการทำงานแบบแข่งขันของสารยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดส ดังนั้นความเข้มข้นสูงสุดของน้ำตาลในเลือดภายหลังอาหารจะลดลงและระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ภายใต้การควบคุมของสารยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดส สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสที่ได้จากแหล่งธรรมชาติมีหลายชนิด เช่น อะคาร์โบส (Acarbose) และวอกลีโบส (Voglibose) สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพหลังการรับประทานอาหารและได้ใช้ทางคลินิกในการรักษาโรคเบาหวาน มีปริมาณสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสจำนวนน้อยที่มีขายในท้องตลาด ประกอบด้วยน้ำตาลปริมาณครึ่งหนึ่งและการสังเคราะห์เกี่ยวข้องกับหลายขั้นตอนซึ่งมีการเชื่อมโยงทางคลินิกด้วยผลข้างเคียงทางเดินอาหารอย่างรุนแรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องค้นหาทางเลือกที่สามารถแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสที่ไม่มีปฏิกิริยาข้างเคียง ในหลายปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยจำนวนมากสนใจค้นหาสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสจากแหล่งธรรมชาติเนื่องจากมีสารประกอบจำนวนมากในธรรมชาติและแนวโน้มในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ [4]

## 2.2 กระบวนการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

กระบวนการสร้างเม็ดสีเกิดขึ้นบริเวณผิวหนังจะขึ้นกับจำนวนและขนาดของเซลล์เมลานโนไซต์ อีกทั้งขึ้นกับองค์ประกอบของเม็ดสีภายในเซลล์และการกระจายของเซลล์เมลานโนไซต์ ซึ่งเมลานโนไซด์นี้ จะทำหน้าที่สร้างเม็ดสีเมลานินเก็บไว้ในเมลานโนโซม แล้วส่งต่อไปยังเคราตินโนไซด์ที่ชั้นล่างสุดของเอพิเดอร์มิสหรือชั้นหนังกำพืด กระบวนการสร้างเมลานินเกิดจากแสงแดดหรือรังสียูวีเป็นตัวกระตุ้น ทำให้

ไฟโบรบลาสต์หลังสารต่าง ๆ ออกมา ได้แก่ ไซโตไคน์ (Cytokines) โกรทแฟคเตอร์ (Growth factors) สารที่ก่อให้เกิดการอักเสบ (Inflammatory factors) รวมถึงการกระตุ้นให้เซลล์เมลานोไซต์สร้างไนตริกออกไซด์มากขึ้น ก่อให้เกิดการสร้างเม็ดสีเมลานินโดยการส่งสัญญาณภายในเซลล์ต่อกันผ่านเอนไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มออกซิเดสที่มีคอปเปอร์ โดยมีองค์ประกอบภายในโครงสร้างของโปรตีนที่บริเวณเร่งและทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ดังกล่าว เอนไซม์ไทโรซิเนสสังเคราะห์มาจากไรโบโซมที่พบบนเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดหยาบ เมื่อสังเคราะห์ได้เมลานินจะส่งไปกักเก็บไว้ในเมลานินโซมซึ่งมีลักษณะเป็นถุง ในทางชีวเคมีวิธีการสังเคราะห์เมลานินมีกระบวนการดังนี้



ภาพที่ 2.2 กระบวนการชีวสังเคราะห์เม็ดสีเมลานิน [23]

ในขั้นตอนแรกเอนไซม์ไทโรซิเนสเร่งปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันเปลี่ยนแอล-ไทโรซีน (L-tyrosine) ไปเป็น 3,4-ไดไฮดรอกซีฟีนิลอะลานีนหรือแอล-โดปา (3,4-dihydroxyphenylalanine, L-DOPA) หลังจากนั้น L-DOPA จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นโดปาควิโนน (DOPA quinone) จากนั้นสังเคราะห์เป็นเม็ดสีเมลานิน 2 ชนิด ได้แก่ ยูเมลานิน (Eumelanin) เป็นเม็ดสีเมลานินสีน้ำตาลหรือสีคล้ำ และฟีโอเมลานิน (Pheomelanin) ทั้งนี้เม็ดสีเมลานินทั้งสองชนิดมีการสังเคราะห์ที่แตกต่างกัน โดยการสังเคราะห์ยูเมลานินจะอาศัยโปรตีนที่เรียกว่า Tyrosinase-related protein 1 (TRP-1) และเอนไซม์



DOPA chrome tautomerase (DCT หรือ TRP-2) ได้แก่ รังควัตถุในผิวหนังของมนุษย์ เส้นผมสีดำ ขนนก มะเร็งชนิดเมลาโนมา และน้ำหมึกสีดำของปลาหมึก ต่อมาในขั้นตอนที่ 3 เม็ดสีเมลานินเหล่านี้จะถูกขนส่งไปเก็บไว้ยังเมลาโนโซม จากนั้นจะถูกขนส่งไปตามเดนไดรต์เพื่อส่งเม็ดสีเหล่านี้ไปที่เคราติโนไซต์ที่อยู่ใต้ชั้นผิวหนัง โดยปกติผิวหนังของคนเราจะมีรอบในการผลัดเซลล์ผิวประมาณ 28-39 วัน จากนั้นจะเกิดสร้างเซลล์ผิวหนังขึ้นมาใหม่ เพื่อให้เกิดความกระจ่างใสของผิว ถ้าหากไม่เป็นไปตามรอบนั้นจะทำให้เกิดความหมองคล้ำขึ้น [24, 25] เมลาโนมีหน้าที่ช่วยกรองแสงอัลตราไวโอเล็ตจากแสงแดดและช่วยกระจายแสง เช่น แสงที่มีความยาวคลื่นสั้นในช่วงแสงสีม่วงฟ้า เมื่อกระทบผิวหนังจะถูกหักเหออกไป แต่ถ้าหากมีปริมาณเมลานินมากเกินไปจะทำให้เกิดความผิดปกติของสีผิว [25, 26] ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างเมลานินคือ รังสียูวีและพันธุกรรม สำหรับรังสียูวีมีผลต่อการสร้างเมลานิน 2 วิธีคือ (1) รังสียูวีจะกระตุ้นเซลล์เมลาโนไซต์โดยตรง มีผลให้เอนไซม์ไทโรซิเนสถูกกระตุ้นให้ทำงานมากขึ้นและสร้างเม็ดสีเมลานิน ยังมีจำนวนเม็ดสีเมลานินมากยิ่งทำให้มีสีผิวเข้มขึ้น (2) รังสียูวีจะไปกระตุ้นเซลล์เคราติโนไซต์ก่อให้เกิดการควบคุมการส่งสัญญาณแบบพาราไครน์ (Paracrine regulation process) ทำให้เซลล์เคราติโนไซต์หลั่งสารหลายชนิดออกมา ได้แก่ โพรสตาแกลนดิน อี2 (Prostaglandin E2, PGE2) ฮอร์โมนเมลาโนไซต์สติมูเลติง ( $\alpha$ -melanocyte stimulating hormone,  $\alpha$ -MSH) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่หลั่งมาจากต่อมใต้สมองส่วนกลางสร้างมาจากเซลล์เมลาโนไซต์ ฮอร์โมนชนิดนี้จะไปกระตุ้นการสร้างเมลานินผ่าน cyclic AMP (cAMP) ซึ่งไปกระตุ้นให้โปรตีนไคเนส-เอ (Protein kinase A) เร่งปฏิกิริยาฟอสโฟริเลชัน มีผลทำให้ยีน microphthalmia associated transcription factor (mitf gene) ซึ่งเป็นหน่วยพันธุกรรมที่ควบคุมเซลล์เมลาโนไซต์ให้ทำงาน ทำให้มีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ สร้างเมลานิน และควบคุมวงจรชีวิตของเซลล์ รวมถึงควบคุมการจำลองแบบดีเอ็นเอของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างเมลานิน ได้แก่ ไทโรซิเนส, TRP-1 และ TRP-2 เป็นต้น ในอีกทางหนึ่งเซลล์เมลาโนไซต์จัดเป็น phagocytic cell ซึ่งจะตอบสนองต่อกระบวนการอักเสบที่ผิวหนัง กระตุ้นการหลั่งไซโตไคน์ interleukin-1 มีผลกระตุ้น MSH receptor ทำให้มีการสร้างเมลานินมากขึ้น เช่นเดียวกัน ACTH ยังมีผลไปกระตุ้นไนตริกออกไซด์ ซึ่งจะไปเร่งการทำงานของ  $\alpha$ -MSH [27, 28]

ไทโรซิเนสเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์เมลานิน เป็นโปรตีนที่มีขนาดประมาณ 60-70 กิโลดอลตัน ภายในโครงสร้างประกอบด้วยคอปเปอร์ ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการเติมหมู่ไฮดรอกซีให้แก่ไทโรซินซึ่งเป็นกรดอะมิโนในร่างกายเพื่อสังเคราะห์เป็น L-DOPA และเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันเปลี่ยน L-DOPA เป็น o-quinone Dopaqueinone [29] กุญแจสำคัญที่เกี่ยวกับการสร้างเม็ดสีเมลานิน คือ เอนไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งในปัจจุบันตลาดยาอาหารเสริมและเครื่องสำอางต่างให้ความสำคัญกับเอนไซม์ชนิดนี้เพื่อหาสารสำคัญที่สามารถยับยั้งการสร้างเม็ดสีเมลานิน ทั้งนี้กลไกการควบคุมให้ร่างกายมีการสร้างเม็ดสีเมลานินลดลงมิได้หลายกลไก ได้แก่ การยับยั้งการสังเคราะห์เอนไซม์

ไทโรซิเนสซึ่งมีผลต่อการถอดรหัส mRNA การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส TRP-1, TRP-2 และ/หรือ peroxidase การเร่งการผลิตเซลล์ผิวหนัง การยับยั้งการขนส่งเมลานินเอนไซม์ การยับยั้งกระบวนการอักเสบ และการดักจับอนุมูลอิสระ [30]

สารยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส เป็นได้ทั้งสารสังเคราะห์และสารที่พบในธรรมชาติซึ่งอาจเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ ไกลโคไซด์ เทอร์ปีน สเตอรอยด์ กรดคาร์บอกซิลิก กรดไขมัน คูมาริน สติลปีน ไบโอฟेरิติน ไอโซคูมาริน รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในรูปวิตามินซีและวิตามินอี ในทางชีวเคมี สารเหล่านี้มีกลไกการยับยั้งที่อาจเป็นได้ทั้งตัวยับยั้งเอนไซม์แบบผันกลับได้ชนิดแข่งขัน (Competitive inhibition) และชนิดไม่แข่งขัน (Non-competitive inhibition) ขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของสารยับยั้งชนิดนั้น และยังสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสทั้งชนิด monophenolase และ/หรือ diphenolase จึงทำให้สารเหล่านี้ถูกนำมาใช้เป็นสารช่วยให้ผิวขาวในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์สุขภาพหลายรูปแบบ

### 2.3 ต้นยอ

การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชอาจทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของสารสกัด คุณสมบัติของสารในการทนต่อความร้อน และชนิดของตัวทำละลาย [31] ได้แก่ มาเชอเรชัน (Maceration) เพอร์โคเลชัน (Percolation) การสกัดแบบต่อเนื่อง (Continuous extraction) การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยการกลั่น การบีบหรือการอัด (Expression) วิธีเอ็นฟลอยเรนซ์ (Enfleurage) ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (Solvent extraction) โดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วและไม่มีขั้ว ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลเอซีเตต และเมทานอล

ยอมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Morinda citrifolia* Linn. และชื่อสามัญคือ Indian Mulberry เป็นพืชในวงศ์ Rubiaceae และมีชื่ออื่นๆ เช่น ยอบ้าน (ภาคกลาง) มะตาเสือ (ภาคเหนือ) และยอแยใหญ่ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ คือ เป็นไม้ต้นสูง 2-6 เมตร เปลือกต้นสีน้ำตาล แตกเป็นสะเก็ดแล้วหลุดออก กิ่งอ่อนเป็นสีเหลี่ยม ใบเป็นใบเดี่ยวรูปรี กว้าง 8-15 ซม. ยาว 10-20 ซม. ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบ สีเขียวเข้มเป็นมัน ดอกออกเป็นช่อกลมตามซอกใบ ดอกสีขาว กลีบดอกโคนเชื่อมติดกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 5 แฉก มีกลิ่นหอม ผล เป็นผลรวม ผิวขรุขระเป็นตุ่ม ผลสุกมีกลิ่นเหม็นเอียน และเมล็ดสีน้ำตาลมีหลายเมล็ด ดังภาพที่ 2.3

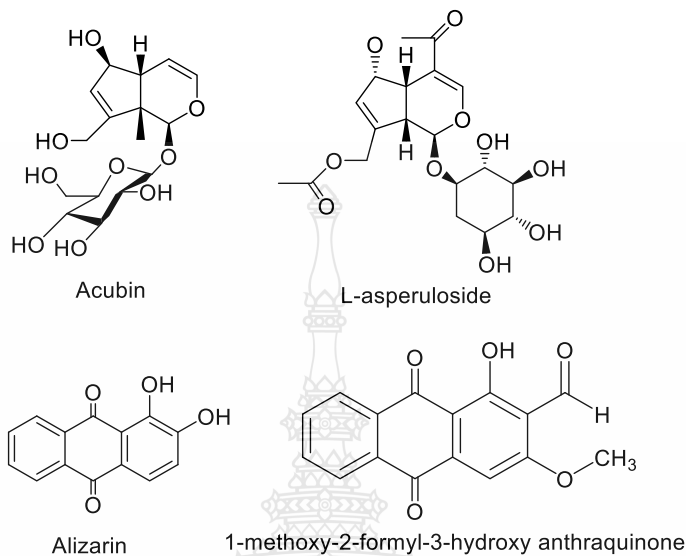


ภาพที่ 2.3 ลักษณะทั่วไปของยอและลูกยอ [32]

ต้นยอมีสรรพคุณต่าง ๆ ได้แก่ ใบมีวิตามินเอมากกว่า 40,000 หน่วยสากลต่อ 100 กรัม มีคุณสมบัติในการบำรุงสายตา หัวใจ คั้นน้ำทาแก้โรคเก๊าท์ ปวดตามข้อเล็กๆ ของนิ้วมือและนิ้วเท้า หรือคั้นน้ำสระผมฆ่าเหา แก้กระษัย ใช้ใบปรุงเป็นอาหาร แก้ก่องร่วง รากใช้เป็นยาระบาย แก้กระษัย ใช้สกัดสีออกมา เป็นสีย้อมผ้าได้ โดยผสมส่วนของเกลือต่างๆ สามารถเปลี่ยนเป็นสีได้ตามต้องการ ซึ่งสีเดิมของรากจะมีสีเหลืองหรือเหลืองปนแดง หากผสมตามส่วนด้วยเกลือ อาจจะได้สีแดง ชมพู น้ำตาลอ่อน สีม่วงแดง หรือสีดำ เป็นต้น ผลโตเต็มที่แต่ไม่สุกสามารถจมน้ำผึ้งรับประทาน มีคุณสมบัติเป็นยาขับลม บำรุงธาตุ เจริญอาหาร ขับลมในลำไส้ กระจายอาหาร แก้ก่องเปื่อยเป็นขุมบวม ขับเลือดลม ขับโลหิตประจำเดือน และผลดิบนำไปต้มน้ำรับประทานกับรากผักชี แก้อาการอาเจียนของหญิงมีครรภ์

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาเกี่ยวกับแก้คลื่นไส้อาเจียน มีการศึกษาใช้น้ำผลยอในการระงับอาเจียน เมื่อศึกษากลไกการออกฤทธิ์พบว่าผลยอมีฤทธิ์ต้าน dopamine อย่างอ่อน สารสกัดน้ำของผลยอสามารถเร่งการบีบตัวลำไส้เล็กของหนูที่ถูกกระตุ้นให้อาเจียนด้วยสารอะโปมอร์ฟิน (Apomorphine) แต่ไม่สามารถต้านฤทธิ์ของสารดังกล่าวในการลดการบีบตัวของกระเพาะอาหารได้ [33] มีงานวิจัยรายงานว่าลูกยอมีสารออกคิวบิน (Aucubin) แอสเปอร์ูลไซด์ (L-asperuloside) และอะลิซาริน (Alizarin) มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial activity) สามารถป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรียต่าง ๆ ได้ เช่น *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus morgaii*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Salmonella* และ *Shigella* [34] นอกจากนี้ยังมีรายงานการค้นพบสารชนิดหนึ่งจากรากของต้นยอชื่อว่า 1-methoxy-2-formyl-3-hydroxyanthraquinone ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อไวรัส (Antiviral activity) ในการยับยั้งการเกิด cytopathic effect ของเชื้อ HIV ของ MT4 cell โดยไม่มีการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ และยังพบว่าลูกยอมีฤทธิ์ต้านเชื้อวัณโรค (Antitubercular effects) สามารถกำจัดการติดเชื้อวัณโรคได้ถึง 97% เปรียบเทียบกับยาปฏิชีวนะ (Antibiotic) เช่น Rifampicin [31] อีกทั้งสารสกัดจากรากยอมีฤทธิ์ระงับความปวด (Analgesic activity) ในสัตว์ทดลอง และผลจาก

การวิจัย โดย ผศ.ดร.ทัศนีย์ ปัญจานนท์ พบว่าสารสกัดจากผลยอไทยมีฤทธิ์ระงับปวดในสัตว์ทดลอง ให้เกิดพิษต่อตับด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ [35] ดังภาพที่ 2.4

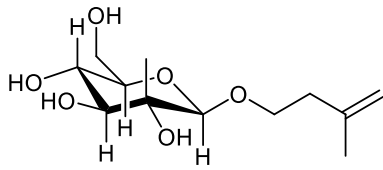


ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของสารที่สกัดจากยอ

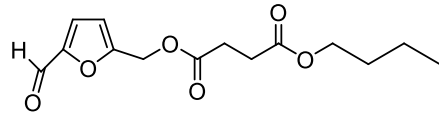
## 2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารสกัดจากลูกยอ

Chan Blanco และคณะ [36] ได้ศึกษาในหลอดทดลองพบว่าผลของลูกยอมีคุณสมบัติเป็นยาปฏิชีวนะและสารต้านอนุมูลอิสระ แต่ยังไม่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคุณค่าทางโภชนาการและยาของลูกยอในมนุษย์ ทั้งนี้สารประกอบแอนทราควิโนนที่สกัดได้จากรากและผลของลูกยอมีการนำมาศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมการต้านมะเร็งในอนาคต

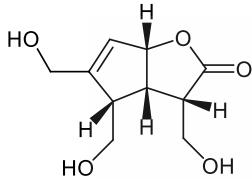
Samoylenko และคณะ [37] ได้รายงานการแยกสารบริสุทธิ์ชนิดใหม่จากน้ำผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ 1-O-(3'-methylbut-3'-enyl)- $\beta$ -D-glucopyranose (1), 1-n-butyl-4-(5'-formyl-2'-furyl)methyl succinate (2) และ 4-*epi*-borreriagenin (3) รวมทั้งสารชนิดอื่นๆ ได้แก่ iridoid glycosides asperulosidic acid (4), deacetylasperulosidic acid (5) และสารผสมระหว่าง 1-n-butyl-4-methyl-2-hydroxysuccinate (6a) และ 1-n-butyl-4-methyl-3-hydroxysuccinate (6b) นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างน้ำลูกยอสดจากประเทศญี่ปุ่นเผยให้เห็นว่ามี scopoletin (7) เพิ่มขึ้นต่อสารประกอบ 1-6 ซึ่งระบุว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในองค์ประกอบของน้ำลูกยอทางการค้าที่เก็บรวบรวมจากภูมิภาคแอตแลนติกและแปซิฟิก



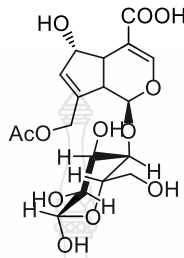
1-O-(3'-methylbut-3'-enyl)- $\beta$ -D-glucopyranose (1)



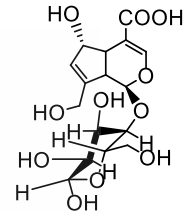
1-n-butyl-4-(5'-formyl-2'-furyl)methyl succinate (2)



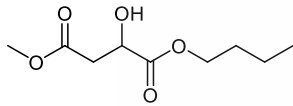
4-*epi*-borreriagenin (3)



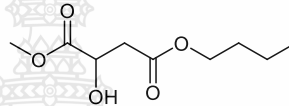
iridoid glycosides asperulosidic acid (4)



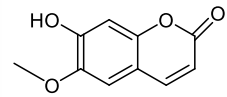
deacetylasperulosidic acid (5)



1-n-butyl-4-methyl-2-hydroxysuccinate (6a)



1-n-butyl-4-methyl-3-hydroxysuccinate (6b)



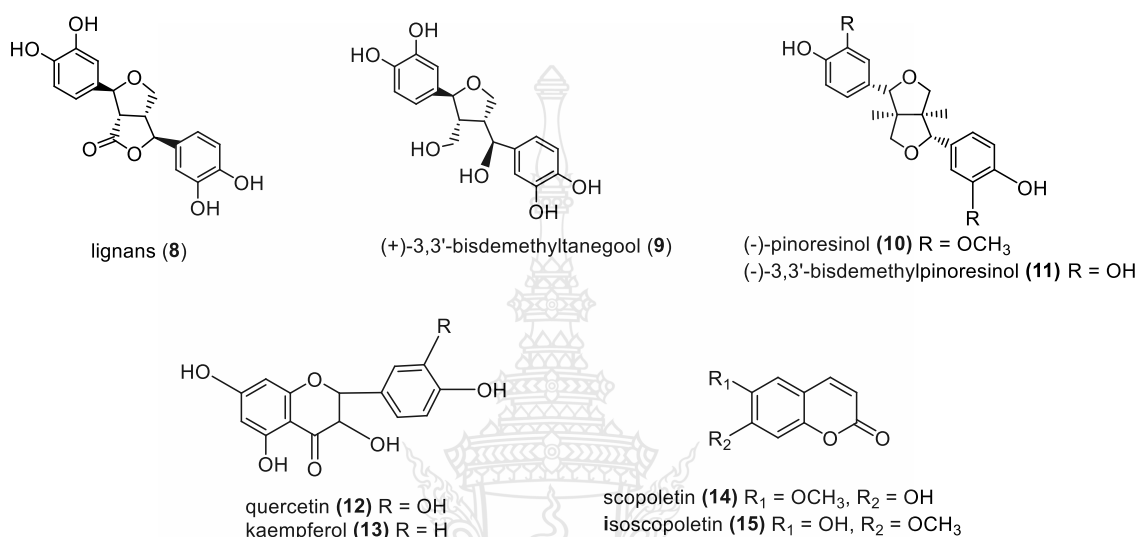
scopoletin (7)

## ภาพที่ 2.5 โครงสร้างสารสกัดจากน้ำลูกยอ

Potterat O. และ Hamburger M. [38] รายงานเกี่ยวกับพฤกษเคมีและเภสัชวิทยาด้านความปลอดภัยของน้ำผลไม้จากผลของลูกยอ จากการประเมินทางพิษวิทยาพบว่า ไม่มีความเป็นพิษต่อตับและการบริโภคน้ำลูกยอนั้นปลอดภัย การตรวจสอบทางพฤกษเคมีเบื้องต้นพบว่า ในรากประกอบด้วยแอนทราควิโนนจำนวนมาก เช่น rubiadin, damacnacanthal และ alizarin-1-methylether อนุปันธ์ของ naphthoquinone และ sterols ในขณะที่ใบมีสาร iridoids, flavonol glycosides และ triterpenes จำนวนมาก การวิเคราะห์เซลล์อาหารของพืชส่วนใหญ่ความสามารถในการสังเคราะห์เม็ดสีแอนทราควิโนนในองค์ประกอบของผลถูกกระตุ้นโดยการนำน้ำผลไม้เป็นอาหารเสริม มีการอธิบายเกี่ยวกับสารหลายชนิดรวมถึงโพลีแซคคาไรด์ กรดไขมันไกลโคไซด์ ไอริดอยด์ แอนโทควิโนน คิวมาริน (Coumarins) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ลิกนิน (Lignans) แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) และส่วนประกอบของสารระเหยรวมถึงโมโนเทอร์ปีน (Monoterpenes) กรดไขมันสายสั้น และกรดเอสเทอร์ ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาการศึกษาทางเภสัชวิทยาส่วนใหญ่เกี่ยวกับน้ำลูกยอและสารประกอบที่แยกได้จากผลได้รับการเผยแพร่เกี่ยวข้องกับ 3 ด้าน ได้แก่ โรคมะเร็ง โรคติดเชื้อ และโรคเมตาบอลิซึม

Shixin Deng และคณะ [39] ได้ศึกษาพฤกษเคมีของผลลูกยอ (*Morinda citrifolia*) พบว่าแยกสารใหม่ได้สองชนิดคือ lignans, (+)-3,4,3',4'-tetrahydro-9,7' $\alpha$ -epoxylignano-7 $\alpha$ ,9'-lactone (8) และ (+)-3,3'-bisdemethyltanegool (9) จากที่มีอยู่ก่อนหน้านี้ (-)-pinoresinol (10),

(-)-3,3'-bisdemethylpinoresinol (11), quercetin (12), kaempferol (13), scopoletin (14), isoscapoletin (15) และ vanillin สารประกอบ 9-15 มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ 5 และ 15-lipoxygenase มีค่า IC<sub>50</sub> อยู่ระหว่าง 0.43-16.5  $\mu$ M สารประกอบ 12 มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ cyclooxygenase-2 เล็กน้อย



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จากผลลูกยอ

Megumi Masuda และคณะ [40] รายงานว่าสารสกัดที่ถูกแยกออกมาจากเมล็ดลูกยอโดยใช้ 50% เอทานอล มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อีลาสเตส เอนไซม์ไทรโรซิเนส และต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า สารสกัดจากใบหรือเนื้อของยอ ได้แก่ กรดเออร์โซลิก (Ursolic acid), 3,30-bisdemethylpinoresinol, americanin A และ quercetin เป็นไปได้ว่าเมล็ดลูกยออาจพัฒนาไปเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง สำหรับผิวหน้าขาวใสหรือป้องกันการเกิดริ้วรอย

Kazeem M. และคณะ [41] ค้นพบว่า สารสกัดด้วยน้ำจากใบของยอ *Morinda lucida* มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -amylase (IC<sub>50</sub> = 2.3 mg/mL) และเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase (IC<sub>50</sub> = 2.0 mg/mL) ได้ดี นอกจากนี้พบว่าการทดสอบทางพิษวิทยาเคมีพบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซาโปนินและแทนนิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase โดยลดการแตกตัวของคาร์โบไฮเดรตในลำไส้เล็ก และลดระดับน้ำตาลในเลือดภายหลังรับประทานอาหารในระยะสั้น

Linlin Fang และคณะ [42] ได้รายงานว่ามีพืชสมุนไพร *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ protein tyrosine phosphatase 1B และเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase สารสกัดและสารประกอบที่แยกได้จากชั้นปีโตรเลียมอีเทอร์มีความสามารถในการยับยั้ง

เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวาน ( $IC_{50} = 1.77 \pm 0.50 \mu\text{g/mL}$ ) และชั้นเอทิลแอสีเตต (EtOAc) ( $IC_{50} = 1.04 \pm 0.20 \mu\text{g/mL}$ ) สารสกัดเช่นเดียวกับสารประกอบ **16** ( $IC_{50} = 2.36 \pm 0.20 \mu\text{M}$ ) และ **17** ( $IC_{50} = 9.78 \pm 0.10 \mu\text{M}$ ) ที่เปรียบเทียบกับชุดควบคุม  $\text{NaVO}_4$  ( $IC_{50} = 22 \pm 0.20 \mu\text{M}$ ) และ acarbose ( $IC_{50} = 2.10 \pm 0.10 \mu\text{g/mL}$ ) ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าลำต้นอาจเป็นส่วนผสมของอาหารที่มีประโยชน์สำหรับการป้องกันและรักษาโรคเบาหวานประเภทที่ 2 อาจพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อป้องกันและรักษาโรคเบาหวานในอนาคตได้

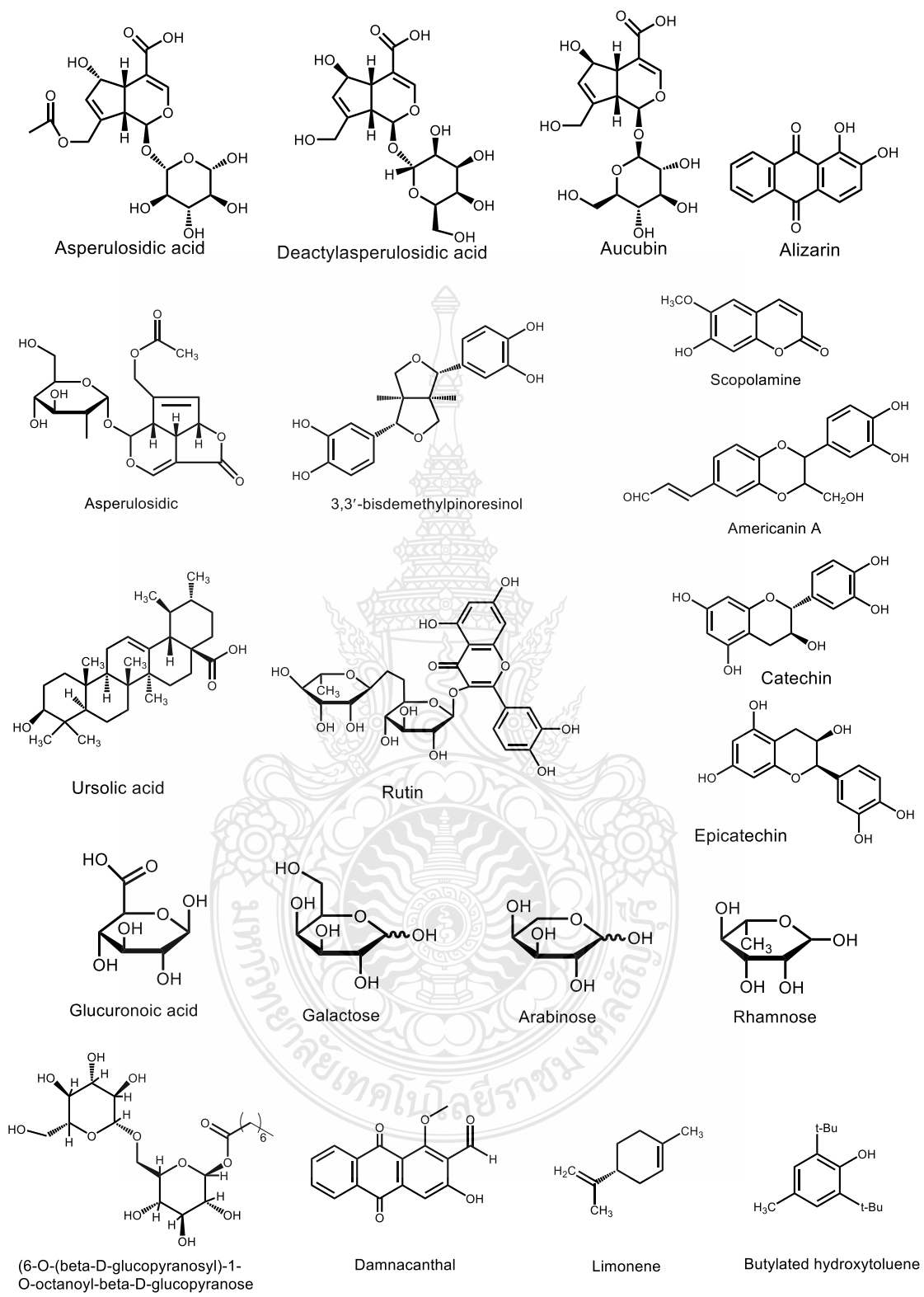
Abou Assi และคณะ [43] ได้รายงานว่ *M. citrifolia* ประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านเชื้อรา ต้านมะเร็ง ยาแก้ปวด ลดความดันโลหิตต่ำ ต้านการอักเสบ และเสริมภูมิคุ้มกัน โดยนำผล เมล็ด เปลือก ใบและดอกไม้มาใช้สำหรับเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ อย่างไรก็ตามผลของลูกยอถือว่าเป็นสารประกอบทางเคมีที่ดีในฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา สารสกัดในชั้นเมทานอลมีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลชีพ (Anti-microbial activity) ของลูกยอ Tahitian *M. citrifolia* สารที่สกัดด้วยตัวทำละลาย *n*-butanol ทำการทดสอบในหลอดทดลองกับเชื้อชนิดต่าง ๆ ได้แก่ *Escherichia coli*, *Candida albicans* และ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเชื้อ *Candida albicans* ให้ผลการยับยั้งที่ดีที่สุด ในขณะที่เชื้อ *Staphylococcus* มีฤทธิ์ในการยับยั้งน้อยที่สุด โดยฤทธิ์ในการยับยั้งขึ้นกับปริมาณ iridoid ที่อยู่ในลูกยอ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง deacetyl asperulosidic acid และ asperulosidic acid [44] นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราของสารสกัดจากผลของ Indian *M. citrifolia* ในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ เช่น เมทานอล เอทิลอะซิเตต และเฮกเซน ก็ถูกทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา (Antifungal activity) ได้แก่ *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus fumigates*, *Rhizopus*, *Rhizopus*, *Aspergillus flavus* และ *Mucor* สารสกัดที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งดีที่สุดคือ สำหรับเชื้อ *Trichophyton mentagrophytes* สารสกัดในชั้นเมทานอลและเอทิลอะซิเตตมีค่าเท่ากับ 79.3% และ 62.1% ตามลำดับ สำหรับเชื้อ *Penicillium*, *Fusarium* และ *Rhizopus* สารสกัดในชั้นเมทานอลมีฤทธิ์ในการยับยั้ง 50% สารสกัดในตัวทำละลายต่าง ๆ ไม่สามารถยับยั้งเชื้อรา *Candida albicans* หรือ *Aspergillus* [45] ในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำลูกยอ Australian *M. citrifolia* พบว่า มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีถึง 2.8 เท่า และสูงกว่า pycnogenol ถึง 1.4 เท่า [46] นอกจากนี้ Neolignan และ Americanin A ยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีจากลูกยอ American *M. citrifolia* [47] และปริมาณฟีนอลิกรวมของผลไร้เมล็ด *M. citrifolia* ของมาเลเซียจากสารสกัดเมทานอลมีค่าเท่ากับ 55.60% และ 43.18 mg GAE/10 กรัมตามลำดับ [48] ในการศึกษาอื่น ๆ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant activity) ของสารสกัด *M. citrifolia* ในเอทานอลมีค่าเท่ากับ 50% สารสกัดจาก Tahitian *M. citrifolia* ของผลดิบ ใบ และเมล็ด มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในหลอดทดลอง

พบว่า สารสกัดจากเมล็ดมีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในช่วงความเข้มข้น 20-500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผล ( $\text{IC}_{50} = 500 \mu\text{g}/\text{mL}$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดของใบ ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสเชื่อมโยงกับพบ lignans ใน *M. citrifolia* โดยเฉพาะอย่างยิ่ง 3,30'-bisdemethylpinoresinol และ americanin A [40] และพบว่า สารสกัดจากเมล็ดมีฤทธิ์ในการต่อต้านความชราของผิวที่เกิดจากรังสียูวี (anti-photoaging activity) ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.5-1.0  $\text{mg}/\text{mL}$  [49] และยังมีฤทธิ์ยับยั้งการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดงในเลือดที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 50-500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  [50]

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory activity) ในหลอดทดลอง พบว่าน้ำลูกยอ Costa Rican *M. citrifolia* มีฤทธิ์ต้านการอักเสบได้ โดยวัดฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ cyclooxygenase (COX)-1 และ COX-2 [18] การศึกษาในน้ำผลไม้ Tahitian *M. citrifolia* มีการลดลงของการเหนี่ยวนำให้เกิดอาการบวมน้ำ carrageenan อู้ง่ายในหนูมีฤทธิ์ต้านการอักเสบเทียบเท่ากับที่ไม่ steroidal ยาแก้ปวด เช่น acetylsalicylic acid, indomethacin และ celecoxib โดยไม่มีผลข้างเคียง [51] สำหรับฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Anti-cancer activity) ส่วนใหญ่มีรายงานว่า ส่วนประกอบทางธรรมชาติของ *M. citrifolia* เป็นยาต้านมะเร็งธรรมชาติที่มีโพลีแซ็กคาไรด์ยับยั้งกระบวนการ metastasis โดยทำงานร่วมกันระหว่าง glycosaminoglycan และโปรตีน [52] ในขณะที่ damnacanthal ยับยั้งการก่อตัวของเนื้องอกทั้งโดยรบกวนการเจริญเติบโตของการกระตุ้นยีน ras [53] หรือการเพิ่ม apoptosis ในมะเร็งลำไส้ใหญ่ของมนุษย์เส้นของเซลล์ [54] สำหรับฤทธิ์ในการต้านโรคเบาหวาน (Antidiabetic activity) น้ำลูกยอ Indian *M. citrifolia* ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับการควบคุมหนูที่เป็นเบาหวานที่เกิดจาก dexamethasone น้ำหมักลูกยอจากอเมริกาใต้ *M. citrifolia* ยังควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดหนูที่เป็นเบาหวานเหนี่ยวนำโดย streptozotocin [55, 56]

Prasad P. และคณะ [57] ได้มีรวบรวมงานวิจัยของลูกยอ (*Morinda citrifolia*) พบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการและมีสารประกอบเคมีจำนวนมาก จากการศึกษาทางพฤกษเคมีพบว่า มีสารประกอบฟีนอลิก แอนทราควิโนน กรดอินทรีย์ เบต้าแคโรทีนอยด์ เทอร์ปีนอยด์ อัลคาลอยด์ สารประกอบที่ไม่ระเหยและระเหยง่าย ลูกยอเป็นที่รู้จักกันดีว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพมากมาย มีฤทธิ์ทางชีวภาพประมาณ 200 สารประกอบถูกรายงานในลูกยอ แต่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกันไปตามส่วนของพืช จีโนไทป์ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม และวิธีการวินิจฉัย





ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของ *M. citrifolia* ที่พบมากทางเภสัชวิทยา

นักวิจัยแยกส่วนประกอบที่ระเหยได้จากผลลูกยอที่ระยะสุกสองแบบ (สุกและสุกมาก) มีสารเอสเทอร์ไม่อิ่มตัว ได้แก่ 3-methyl-3-buten-1-ylhexanoate และ 3-methyl-3-buten-1-yl octanoate ความเข้มข้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญในผลสุกถึงสุกมาก ผลไม้สุกมีประเภทสารที่ระเหยได้ตีมากขึ้นอย่างชัดเจน ได้แก่ อัลดีไฮด์ คีโตน เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ เทอร์ปีนและสารประกอบซัลเฟอร์ เช่น methyl hexanoate, methyl octanoate, ethyl octanoate และ methyl-4-*E*-decenoate สารสกัดจากผลหมักประกอบด้วยแร่ธาตุระเหยยากและสารประกอบระเหยง่าย เช่น คีโตน แล็กโตน เบต้าแคโรทีนอยด์ เทอร์ปีนอยด์ เพอร์เซโรนิน (Proxeronine) [58] สมบัติทางพิษเคมีและยาต้านจุลชีพของผลลูกยอที่เก็บรวบรวมในระดับที่แตกต่างกันถูกศึกษา ผลการวิจัยพบว่า มีฤทธิ์ในด้านเชื้อแบคทีเรียสูงสุดในสารสกัดจากเอทานอลของผลยอสุก ในขณะที่สารสกัดจากเมทานอลของผลสุกของลูกยอแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อราสูงสุดต่อ *A. Flavous* [59]

#### ตารางที่ 2.1 สารประกอบที่พบใน *Morinda citrifolia* L.

Acids	Formic acid, Acetic acid, Butanoic acid, Hexanoic acid, Heptanoic acid, Octanoic acid, 2-octanoic acid, Nonaic acid, Decanoic acid
Alcohols	Ethanol, 2-methyle-3-buten-1-ol, 1-butanol, 3-Methyl-3-buten-1-ol, 3-Methyl-2-buten-1-ol, Benzyl alcohol
Esters	Ethyl acetate, Butyl acetate, Methyl 2-methylepropanoate, Methyl butanoate, Ethyl butanoate, Butyl butanoate, Methyl 3-methylbutanoate, 4-Pentenyl butanoate, 3-Methyl-3-buten-1-yl 3-methylbutanoate, Methyl 2-methylbutanoate, Methyl hexanoate, Methyl 2-methylbutanoate, Methylehexanoate, Ethyl hexanoate, Butyl hexanoate, 4-pentanyl hexanoate, 3-Methyl-3-buten-1-yl hexanoate, Hexyl isovalerate, Methyl heptanoate, Methyl octanoate, Ethyl octanoate, Butyl octanoate, 3-Methyl-3-buten-1-yl octanoate, Methyl 2-octenoate, Methyl 3-octenoate, Methyl 3-octenoate, Methyl nonanate, Methyl 5-nonanate, Methyl decanoate, Ethyl decanoate, Methyl 4-decanoate, Ethyl 4-decanoate, Methyl salicylate, Methyl hexadecanoate
Terpenes	Linalool oxide, (Z)-3,7-Dimethyl-1,3,6-octatriene, (+)-4-Carene, D-Limonene, Ocimenol, Terpeneol
Sulfur Compounds	Methanethiol, S-Methyl thioacetate, Dimethyl disulfide, Methyl 3-methylthiopropoate, Ethyl 3-methylthiopropoate, 3-methylthiopropoic acid
Aldehydes and ketones	Acetaldehyde, 2-methylebutanol, 3-methylebutanal, 2-pentanone, 3-methyle-2-butanone, 2-hexanone, 2-Hexenal, Furfural, Benzaldehyde

## 2.5 แมลงกินได้ (Edible insects)

แมลงเป็นสัตว์ที่มีมากชนิดที่สุดในโลกที่มีมากกว่า 800,000 ชนิด พบว่ามีแมลง 8,000 ชนิด ที่เป็นศัตรูต่อมนุษย์ ที่เหลือส่วนใหญ่เป็นแมลงที่มีประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ การช่วยผสมเกสร การให้ผลผลิตชนิดต่างๆ เช่น น้ำผึ้ง ชี้ผึ้ง ชันครั่ง เส้นไหม การทำลายแมลงศัตรูพืชทางการศึกษา เช่น แมลงหวี่ ผึ้ง การเสริมสร้างความอุดมสมบูรณ์ของดิน และที่สำคัญแมลงยังใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ได้อีกด้วยแมลงมีวิวัฒนาการปรับตัวเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในแหล่งอาศัยต่าง ๆ จึงสามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว การนำแมลงมาประกอบเป็นอาหารได้กระทำกันมาตั้งแต่สมัยโบราณในหมู่ชนพื้นเมืองของประเทศต่าง ๆ ในทวีปเอเชีย ออสเตรเลีย และอเมริกา ในประเทศไทยชาวบ้านแถบชนบทในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือนิยมนำแมลงมาเป็นอาหาร โดยนำมาคั่ว ปิ้ง ทำทอดมันและที่นิยมมากคือ นำมาทอดกรอบ เนื่องจากแมลงมีคุณค่าทางอาหารด้านโปรตีน และไขมัน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของแมลง 18 ชนิด (กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) (กัณฑ์วีร์, 2542)

แมลง	ความชื้น (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	สารประกอบจำพวกแป้งและน้ำตาล (กรัม)	กาก (กรัม)	เถ้า (กรัม)	พลังงาน (กิโลแคลอรี)
แมลงกระซอน	71.2	15.4	6.3	1.7	2.7	2.7	125.1
แมลงกินูน	74.1	13.4	1.4	2.9	5.0	3.2	77.8
แมลงกูดจี	68.4	17.2	4.3	0.2	7.0	2.9	108.3
จีโปม	73.3	12.8	5.7	2.6	3.1	2.5	112.9
จิ้งหรีด	71.4	12.9	5.5	5.1	3.0	2.1	121.5
แมลงดানা	63.2	19.8	8.3	2.1	5.0	1.6	162.3
ด้กแต่ใหม่	80.6	9.6	5.6	2.3	1.0	0.9	98.0
ด้กแต่นเล็ก	61.1	20.6	6.1	3.9	4.0	4.3	152.9
ด้กแต่นใหญ่	76.7	14.3	3.3	2.2	2.4	1.1	95.7
แมลงตับเต่า	61.2	21.0	7.1	0.3	7.6	2.8	149.1
มดแดง	74.0	13.9	3.5	2.9	4.0	1.7	98.7
ตัวแป้ง	66.1	12.7	12.5	4.9	2.8	1.0	182.9
ไข่มดแดง	81.9	7.0	3.2	6.5	0.8	0.6	82.8

แมลงกินได้ที่เป็นที่รู้จักนิยมกิน คือ ตั๊กแตนป่าทั้งก้า แมลงตับเต่าไข้ แมลงสะตั้ง แมลงกระซอน แมลงอีนู่น แมลงอีนู่นทอง แมงอีนู่นเล็ก ตักแต่้ รถด่วน จิ้งโกร่ง จักจั่น ตับเต่า ตักแตนเขียวโม ตักแตนนา ตักแต่้เพชร แมงดานาตัวผู้และแมลงดานาตัวเมีย

ตารางที่ 2.3 แมลงที่จำหน่ายและบริโภคในประเทศไทย

แมลง	ชื่อทางวิทยาศาสตร์	เวลา	ราคา (บาท/กก.)
ตั๊กแตนป่าทั้งก้า (Bombay locust)	<i>Patanga succincta</i> L.	สิงหาคม-ตุลาคม	220-250
ตั๊กแตนโม (Grasshopper)	<i>Aiolopus thalassinus tamulus</i>	สิงหาคม-ตุลาคม	220-250
แมงสะตั้ง (Domestic house cricket)	<i>Acheta domesticus</i> L.	ตลอดทั้งปี (จากแหล่งเพาะปลูก)	80-100
จิ้งหรีดทองดำ(Common/field cricket)	<i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer	ตลอดทั้งปี (จากการทำนาและเก็บเกี่ยว)	100-120
จิ้งหรีดทองแดง(Common/field cricket)	<i>Teloegryllus testaceus</i> Walker	ตลอดทั้งปี (จากการทำนาและเก็บเกี่ยว)	100-120
แมลงกระซอน (Mole cricket)	<i>Gryllotalpa africana</i> Beauvois	พฤษภาคม-กรกฎาคม	150
จิ้งโกร่ง (Short-tailed cricket)	<i>Brachytrupes portentosus</i> Licht	ตุลาคม-พฤศจิกายน	120
แมลงดานา (Giant water bug)	<i>Lethocerus indicus</i> Lep.Serv.	กรกฎาคม-ตุลาคม	10 (ตัวผู้) 8 (ตัวเมีย)
แมลงตับเต่า (Predaceous diving beetle)	<i>Cybister limbatus</i> F.	กรกฎาคม-ตุลาคม	120-140
แมลงเหนียง (Water scavenger beetle)	<i>Hydrous cavistanum</i> Bedel	กรกฎาคม-ตุลาคม	120-140
รถด่วน (Bamboo caterpillar)	<i>Omphisa fuscidenttalis</i> Hampson	สิงหาคม-พฤศจิกายน	300
ตักแต่้ไหม (Silkworm pupae)	<i>Bombyx mori</i> L.	ตลอดทั้งปี (จากแหล่งเพาะปลูก)	120
จักจั่น (Cicada)	<i>Meimuna opalifera</i> Walker	กุมภาพันธ์-พฤษภาคม	400-500
ด้วง (Scarab beetle)	<i>Holotrichia</i> sp.	พฤษภาคม-สิงหาคม	150
ด้วงมะพร้าว (Palm weevil larvae)	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> Oliver	ตลอดทั้งปี (จากแหล่งเพาะปลูก)	250-300
แมงอีนู่น (Cockchafer)	<i>Holotrichia</i> sp.	พฤษภาคม-มิถุนายน	300-400

**ตั๊กแตนปาทั้งกำ** (Bombay Locust, *Patanga succincta* (Linnaeus)) อยู่ในวงศ์ (Family) Acrididae (Order: Orthoptera) และมีชื่ออื่นๆ ได้แก่ *Nomadacris succincta*, *Cyrtacanthacris succincta* พบในแหล่งปลูกพืชไร่ทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณปลูกข้าวโพด อาศัยอยู่ส่วนของผลและใบของพืช มีลักษณะทางกายภาพ คือ ตัวอ่อนจะมีสีเขียวเหลือง แต่เมื่อเป็นตัวแก่จะมีสีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลเข้ม ระยะตัวอ่อนประมาณ 56 วัน ตัวเต็มวัย มีขนาดใหญ่ รูปร่างเรียวยาว บินเร็ว และว่องไว ในขณะที่บินจะเห็นปีกคู่ในเป็นสีชมพู ขนาดลำตัวยาว 6-8 ซม. ตัวผู้เล็กกว่าตัวเมีย โดยตัวผู้มีความยาววัดจากหัวถึงปลายปีก 6-6.5 เซนติเมตร ตัวเมียยาว 7.6-7.8 เซนติเมตร ทั้งตัวผู้ และตัวเมีย ลำตัวมีสีน้ำตาลอ่อนสลับกับสีน้ำตาลแก่ แก้มทั้ง 2 ข้างมีแถบสีดำพาดจากขอบตารวมด้านล่างถึงปาก ปีกยาวเลยปลายส่วนท้องไปประมาณ 1/5 เท่าของตัว ปีกคู่แรกแข็งมีแถบสีเหลืองและสีน้ำตาล ยาวไปต่อกับแถบสีเดียวกันกับแถบที่อยู่บนสันอกและหน้าผากพอดี ปีกคู่ที่ 2 เป็นเยื่อบางใส โคนปีกมีสีม่วงแดงหรือสีชมพู ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะทั่วไปของตั๊กแตนปาทั้งกำ [60]

**ตั๊กแตนข้าว** (Larger Rice grasshoppers, *Hieroglyphus* spp.) อยู่ในวงศ์ (Family) Acrididae (Order: Orthoptera) และมีชื่ออื่น ๆ ได้แก่ ตั๊กแตนไฮโรไกลฟัส ตั๊กแตนคอกำไล ลักษณะทางกายภาพเป็นตั๊กแตนที่มีขนาดกลางยาว 3-5 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลแก่ ลำตัวมีสีเขียวอ่อน ตัวอ่อนมีสีต่างๆ กัน เช่น เขียวอ่อน เหลืองอ่อน น้ำตาลแดง และดำทั้งตัว หน้ามีสีดำ ใต้ท้องมีสีดำตลอดตัว ตัวเต็มวัยมีสีเดียวคือสีเหลืองปนเขียวหรือน้ำตาลปนเหลือง แหล่งที่พบคือแหล่งที่ปลูกข้าว อ้อย ข้าวโพด ฝ้าย ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เป็นต้น พบในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะทั่วไปของตั๊กแตนข้าว [61]

**ตั๊กแตนขาเหล็ก** (Leaf eating Grasshopper, *Cyrtacanthacris tatarica* (Linnaeus)) อยู่ในวงศ์ (Family) Acrididae (Order: Orthoptera) และมีชื่ออื่น ๆ ได้แก่ ตั๊กแตนไซตาแคนตาคริส ตั๊กแตนฝ้าย ลักษณะทางกายภาพมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ลำตัวอ้วนสั้น สีของลำตัวเป็นสีน้ำตาลอ่อนสลับน้ำตาลแก่ ปีกคู่หน้ามีจุดสีน้ำตาลเข้มขนาดใหญ่กระจายอยู่ทั่วไป ขาคู่ที่ 3 สีเหลือง-น้ำตาลมีหนามแหลมใหญ่ ลักษณะคล้ายตั๊กแตนปาทังก้ามาก ที่แตกต่างกันคือบริเวณโคนปีกคู่ที่ 2 (ปีกใน) ของตั๊กแตนไซตาแคนตาคริส เป็นสีเหลืองอ่อนและปีกสั้นกว่า บนกึ่งกลางด้านหลังของส่วนแรกเป็นสันสูงขึ้นมา มากกว่าตั๊กแตนปาทังก้า แหล่งที่พบคือแหล่งที่ปลูกฝ้าย ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย ข้าวไร่ หญ้าคา หญ้า เป็นต้น พบในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะทั่วไปของตั๊กแตนขาเหล็ก [62]

**ตั๊กแตนเขียวโม** (Grasshopper, *Aiolopus thalassinus tamulus*) อยู่ในวงศ์ (Family) Acrididae (Order: Orthoptera) ชื่ออื่นๆ ได้แก่ ตั๊กแตนโม ลักษณะทั่วไปคือ เป็นตั๊กแตนหนวดสั้น ส่วนหัวมีสีเขียว พบตารวมและตาเดี่ยว ปากแบบกัดกิน หนวดแบบเส้นด้าน ส่วนอกมีสีเขียว ขาสีเขียว ปีกคู่แรกมีสีเขียว บริเวณปลายสีน้ำตาลส่วนท้องมีสีเหลืองอ่อนขอบอาศัยตามทุ่งหญ้า พื้นที่โล่ง ตามทุ่งนาในพื้นที่ราบสูง มีความสามารถพิเศษ กว่าตั๊กแตนชนิดอื่นคือ ดิตตัวครั้งหนึ่ง บินได้อึดและนาน บินได้ไกลร่วม 200 เมตร ต่อ 1 ครั้ง มีดวงตาประกอบชนิดตารวมที่มีขนาดโตกว่าตั๊กแตนปกติ จึงสามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็ว ชอบกินยอดหญ้าอ่อน รวมทั้งยอดอ่อนของพืชพันธุ์ตามท้องถื่นบางชนิด การลดจำนวนพืชพันธุ์ตามท้องถื่นทำให้ตั๊กแตนชนิดนี้หายาก อีกทั้งพฤติกรรมการสืบพันธุ์ของตั๊กแตนชนิดนี้จะสืบพันธุ์ปีละแค่ครั้งเดียว จึงลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะทั่วไปของตั๊กแตนเขียวโม [62]

**แมลงดานา** (Giant water bug, *Lethocerus indicus* Lep.Serv) อยู่ในวงศ์ (Family) Belostomatidae (Order: Hemiptera) ลักษณะทางกายภาพแมลงดานาเป็นพวกมวนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และนิยมบริโภคกันทุกภาคของประเทศไทย ตัวโตเต็มที่มีขนาดประมาณ 3 นิ้ว ตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าตัวเมีย ขนาดลำตัวของตัวผู้ยาวประมาณ 70-75 มิลลิเมตร ตัวเมียขนาดประมาณ 80-85 มิลลิเมตร มีลำตัวยาวเป็นรูปไข่ ด้านท้องและทางด้านหลังมีลักษณะแบน หัวสีน้ำตาลแก่ปนเขียว ตาสีดำ ปีกสีเกือบดำ ยกเว้นบริเวณขอบบางส่วนของปีกมีสีน้ำตาลอ่อน ขาคู่หน้าเป็นแบบขาว่ายน้ำ และมีขนอ่อนสีน้ำตาลคลุมตลอดทั้งขา ปากเป็นแบบเจาะดูด ลักษณะเป็นท่อยาวออกมาจากด้านหน้าของส่วนหัว และเก็บซ่อนไว้ด้านล่างของศีรษะ ปลายปากมีลักษณะคล้ายหนามแหลมเร็วใช้แทงเข้าไปในร่างกายเหยื่อแล้วดูดกินน้ำเหลวๆในตัวเหยื่อ อาหารของแมลงดานา ได้แก่ ลูกกบ ลูกอ๊อด ลูกอึ่งอ่าง ปู ปลา กุ้ง ส่วนท้ายของท้องมีปลายโผล่ออกมา เรียกว่า ระวังค์ (Apical abdominal appendage) ลักษณะเป็นเส้นเรียวยาว 2 เส้นคู่กัน ประกอบด้วยขนที่ละเอียดและไม่เปียกน้ำ ทำหน้าที่ในการหายใจโดยใช้ระวังค์นี้โผล่ขึ้นมาจากผิวน้ำเพื่อดูดออกซิเจน แล้วนำไปเก็บไว้ในลำตัวทางปลายท่อแหล่งที่พบแมลงดานาที่มีชีวิตส่วนใหญ่อยู่ในน้ำ โดยอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่เป็นน้ำนิ่ง เช่น น้ำตามนาข้าว หนอง บึง เป็นต้น พบทุกฤดูแต่จะพบมากในช่วงฤดูฝน ตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าตัวเมีย แมลงดาตัวผู้จะผลิตสารฟีโรโมนส์ ซึ่งมีกลิ่นฉุนเพื่อใช้ดึงดูดให้เพศเมียเข้ามาผสมพันธุ์ จึงมีผู้นิยมใช้แมลงดานาตัวผู้ซึ่งมีกลิ่นฉุนนี้มาทำอาหาร ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะทั่วไปของแมลงดานาตัวผู้ (ซ้าย) และตัวเมีย (ขวา)

**หนอนไม้ไผ่หรือหนอนรถด่วน** (Bamboo Caterpillar, *Omphisa fuscidentalis*) อยู่ในวงศ์ (Family) Pylalidae (Order: Lepidoptera) หรือชื่ออื่นๆ ได้แก่ หนอนกินเยื่อไผ่ หนอนผีเสื้อเจาะไผ่ชาวบ้านทางภาคเหนือเรียก แนน้ะแมะ แต่ ตัวงไม้ไผ่ หรือรถด่วน เพราะตัวหนอนมีรูปร่างลักษณะคล้ายโบกี้รถไฟนั่นเอง หนอนรถด่วนเป็นหนอนผีเสื้อที่มีวงจรชีวิตที่ยาวนานถึงหนึ่งปีเต็ม เมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ผีเสื้อจะจับคู่ผสมพันธุ์ในช่วงฤดูฝน จากนั้นเพศเมียก็จะวางไข่บนหน่อไม้ เมื่อตัวอ่อนฟักออกจากไข่จะเจาะเข้าไปอยู่ในหน่อไม้เพื่อกินเยื่อไผ่เป็นอาหาร หนอนจะผ่านการลอกคราบถึง 5 ครั้ง ใช้เวลาถึง 10

เดือน จากนั้นจะเข้าสู่ระยะดักแด้เพื่อเปลี่ยนสรีระร่างกายประมาณ 40–60 วัน และลอกคราบออกเป็น ตัวเต็มวัยในที่สุด ด้มีอายุ 1–2 สัปดาห์ ไม้ที่พบหนอนรด่วน ได้แก่ ไม้ซาง ไม้หก ไม้บง ไม้ไร่รอ และ ไม้สีสุก พบที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 430–1300 เมตร พบในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม ดัง ภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 แสดงลักษณะทั่วไปของรด่วน [63]

**แมลงตับเต่า** (Predaceous diving beetle, *Cybister limbatus* Fabricius) อยู่ในวงศ์ (Family) Dytistidae (Order: Coleoptera) หรือชื่ออื่นๆ ได้แก่ ตัวงดิ่ง แมลงตับเต่า แมงกิต่า เป็น วัตถุประสงค์ทำอาหารที่นิยมของชาวอีสาน เช่น แมลงตับเต่าคั่วเกลือ ป่นแมลงตับเต่า ซึ่งใช้เป็นเมนูอาหาร หลักทานคู่กับข้าวเหนียว ใสในแกงหน่อไม้หรือแกงเลียง เป็นต้น แมลงตับเต่าเป็นแมลงที่พบได้มากใน ประเทศเขตอบอุ่น ในประเทศไทยพบได้ทุกภาค พบได้ในทุกฤดู ทั้งบริเวณไหล และน้ำนิ่ง แต่พบได้มาก ในแหล่งน้ำนิ่ง อาทิ ห้วย หนอง บ่อหรือสระเก็บน้ำ พบมากในช่วงฤดูฝนจนถึงฤดูหนาว โดยเฉพาะช่วง ปลายฤดูฝนจะพบมากเป็นพิเศษ แมลงตับเต่าจะชอบอาศัยในแหล่งน้ำตื้นๆ เช่น แปลงนาที่มีน้ำขัง หรือ บริเวณขอบสระหรืออ่างเก็บน้ำ โดยขณะที่ลอยตัวบริเวณผิวน้ำมักใช้หัวดิ่งลงด้านล่าง ซึ่งเป็นอีกลักษณะ หนึ่งที่เป็นที่มาของชื่อที่เรียกว่า ตัวงดิ่ง มีลักษณะทางกายภาพ คือ แมลงตับเต่าเป็นแมลงปีกแข็งขนาด ใหญ่ ลำตัวยาวเป็นวงรีคล้ายรูปไข่ ส่วนท้องและปีกใหญ่ ร่างกายมีผิวเรียบ มีผนังเส้นเป็นมัน ลำตัวสีดำ ปนน้ำตาล บางชนิดมีลายสีเหลืองหม่น หรือค่อนข้างเขียวแกมน้ำตาลอ่อน บริเวณปีกและลำตัวมี แล็บสีเหลืองหม่นๆ พาดผ่าน หนวดยาวเป็นเส้นด้าย ขาคู่หลังยาวและแบนกว่าขาคู่อื่นๆ แมลงตับเต่า ถือว่าเป็นแมลงที่มีประโยชน์เพราะช่วยทำลายแมลงประเภทอื่นๆ ดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 แสดงลักษณะทั่วไปของแมลงตับเต่า



**แมงสะตั้ง** (Domestic House cricket, *Acheta domesticus* L.) อยู่ในวงศ์ (Family) Gryllidae (Order: Orthoptera) และมีชื่ออื่นๆ คือ จิ้งหรีดทองแดงลาย และจิ้งหรีดขาว แมงสะตั้งเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี พบได้ตามคันนา ริมห้วยหนองในป่า หรือตามดินดอนทั่วไป ลักษณะทางกายภาพ คือ มีลำตัวสีน้ำตาลอ่อนขนาดกว้าง 0.4 ซม. ยาว 2 ซม. ปีกนอกมีลายเหลืองอ่อนเป็นทางยาวขนานไปกับลำตัว ปีกไม่ค่อยยาว มีอัตราการขยายพันธุ์ที่สูง อัตราการเลี้ยงรอดก็สูงกว่าแมลงชนิดเดียวกัน พบในเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม



ภาพที่ 2.15 แสดงลักษณะทั่วไปของแมงสะตั้ง [64]

**แมงกระซอน** (Mole cricket, *Gryllotalpa africana* Beauvois) อยู่ในวงศ์ (Family) Gryllotalpidae Gryllidae (Order: Orthoptera) และมีชื่ออื่น ๆ เช่น แมงจอน แมงจีซอน แมงอีซอน แมงกีซอน นิยมนำมาเป็นอาหารโดยการทอด คั่ว นึ่ง หมก แกง ยำ ลาบ เป็นแมลงที่อาศัยอยู่ในดิน ชอบความชุ่มชื้น โดยขุดรูอยู่ใต้ดินที่มีความชื้นสูง ต่ำกว่าผิวดินประมาณ 6-8 นิ้ว ลักษณะทางกายภาพ คือ ลำตัวมีสีน้ำตาล ส่วนหัวมีสีดำกว่าส่วนอื่นๆ สันหลังออกปล้องแรกเป็นแผ่นแข็ง หนวดสั้นเป็นแบบเส้นด้าย ปากเป็นแบบปากกัด ขาคู่หน้าเป็นแผ่นกว้าง ใช้สำหรับขุด ขาคู่กลางและคู่หลังเป็นขาเดิน ร่างกายมีขนปกคลุม ปีกมีสีน้ำตาลยาวกว่าความยาวของลำตัว ตัวผู้สามารถทำเสียงได้โดยใช้ปีกคู่หน้าสีกัน แมลงชนิดนี้ไม่กระโดด มีการออกหากินในเวลากลางคืน ขุดรูอาศัยอยู่ในดินที่ชื้นแฉะบริเวณใกล้แหล่งน้ำ โดยอาหารของแมงกระซอนคือรากไม้ และแมลงขนาดเล็กอื่น ๆ ปกติแมงกระซอนขุดรูอาศัยอยู่ในดิน แต่จะออกมาตอนกลางคืนเพื่อผสมพันธุ์ พบในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน แมงกระซอนเป็นแมลงที่หาทานได้ยากในปัจจุบัน เนื่องจากมีปริมาณลดน้อยลงในธรรมชาติ แต่มีความต้องการบริโภคเพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 แสดงลักษณะทั่วไปของแมงกระซอน

**จิ้งหรีด** (Field Cricket, *Gryllus bimaculatus* De Geer) อยู่ในวงศ์ Gryllidae (Order: Orthoptera) และมีชื่ออื่นๆ เช่น จิ้งโหล่น หรือกิโลหล่น ลักษณะทางกายภาพมีรูปร่างสั้น หัวกลม หนวดยาวแบบเส้นด้าย ลำตัวมีสีดำ ขาสีดำสนิท มีจุดเด่นคือจุดสีเหลืองบริเวณโคนปีก 2 จุด มีปากแบบกัดกิน ส่วนปีกมีความยาวเท่ากับส่วนท้อง ขาหลังใหญ่แข็งแรงและกระโดดได้เก่ง ตัวผู้ทำเสียงโดยใช้ขอบปีกคู่หน้าที่มีรอยหยักเห็นชัดเจนสีกัน มีอวัยวะฟังเสียงอยู่ที่ขาคู่หน้า ตัวเมียมีอวัยวะวางไข่ยาวเท่ากับความยาวของลำตัว ไม่สามารถทำเสียงได้ เพราะขอบปีกไม่มีรอยหยักปกติชุดรูอาศัยตามทุ่งหญ้า ออกหากินในเวลากลางคืน ชอบเล่นแสงไฟ กินรากไม้และกล้าอ่อนเป็นอาหาร สามารถกัดกินพืชได้แทบทุกชนิด แพร่ขยายพันธุ์ด้วยการวางไข่ โดยตัวเมียจะใช้ท่อวางไข่ปักลงในดิน ลูกจิ้งหรีดเมื่อแรกเกิดตัวจะสีเขียวกว่าตัวเต็มวัยและจะยังไม่มีปีก จนกว่าจะลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย ระยะที่ไข่ฟักเป็นตัวตั้งแต่ 10-17 วัน ตามแต่ฤดูกาล พบในช่วงฤดูฝน ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 แสดงลักษณะทั่วไปของจิ้งหรีด [62]

**แมงอีหนู** (Cockchafer, *Holotrichia* sp.) อยู่ในวงศ์ Scarabaeidae (Order: Coleoptera) มีชื่ออื่นๆ ได้แก่ แมลงอีหนู แมลงกินูน แมลงจิ้งนูน นิยมนำมาทอด คั่ว ตำน้าพริก แกง พบได้ในกลางวัน หลบซ่อนอยู่ในดินหรือใต้กองใบไม้ กลางคืนบินออกมากินใบอ่อนพืช มักพบอยู่ตามต้นมะขาม ตะโก

พุทรา มะม่วง น้อยหน่า ต้นคูณ และต้นเต็ง ลักษณะทางกายภาพคือ เป็นแมลงปีกแข็ง ส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลขนาดต่างๆ แล้วแต่ชนิด ลำตัวเป็นรูปไข่ ลักษณะที่สำคัญคือปีกคลุมส่วนท้องปล้องสุดท้ายไม่มีติดพบในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 แสดงลักษณะทั่วไปของแมงอีนูน

**ดักแต่ไหม** (Silkworm pupae, *Bombyx mori* Linnaeus) อยู่ในวงศ์ Bombycidae (Order: Lepidoptera) ลักษณะทางกายภาพของดักแต่ไหมจะเป็นระยะดักแต่ของผีเสื้อไหม ไหมเป็นผีเสื้อกลางคืนชนิดหนึ่งมีขนาดกางปีกประมาณ 2 นิ้ว ตัวสีครีม ลำตัวอ้วนบวมไม่ได้ ระยะที่เป็นผีเสื้อจะไม่กินอาหาร มีอายุสั้นประมาณ 2-3 วัน หลังจากการวางไข่ประมาณ 300-500 ฟองก็ตาย หนอนไหมลำตัวเรียบไม่มีขน กินใบหม่อน (*Morus alba* และ *M. nigra*) เป็นอาหาร ผีเสื้อไหมมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบสมบูรณ์ (Completely metamorphosis insect) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ไข่ ตัวหนอน ดักแต่ และผีเสื้อ มีเพียงระยะตัวหนอนเท่านั้นที่กินอาหาร ซึ่งจะนำสารชนิดต่างๆ จากใบหม่อนไปสร้างการเจริญเติบโต โดยผ่านการย่อยและดูดซึมเป็นปริมาณ 1 ใน 3 ของสารอาหารทั้งหมด ครึ่งหนึ่งของโปรตีนที่ดูดซึมจากใบหม่อนจะถูกนำไปใช้ผลิตสารไหม เมื่อถึงวัย 5 วันแรกต่อมไหม (Silk gland) จะหนักเพียง 6.36% ของน้ำหนักตัวไหม เมื่อไหมสุกก่อนเข้าทำรัง ต่อมาไหมจะหนักถึง 41.97% จะเห็นได้ว่าปลายวัยที่ 5 สารอาหารโดยเฉพาะโปรตีนเกือบทั้งหมดถูกเปลี่ยนไปเป็นสารที่จะชักใยทำรังหรือเส้นไหม แหล่งที่พบไหมทุกระยะการเจริญเติบโตจะถูกเลี้ยงอยู่บริเวณโรงเลี้ยงไหม

ดักแต่ไหมจีนเป็นดักแต่ที่ขายดีที่สุดเนื่องจากมีราคาที่ถูกสีเหลืองสวย ลูกค้าส่วนใหญ่จะเป็นพ่อค้าแม่ค้าที่สั่งซื้อเพื่อนำไปทอดจำหน่ายตามตลาดนัดชุมชนหรือตามงานเทศกาลต่างๆ สามารถสร้างรายได้ให้กับพ่อค้าแม่ค้าได้เป็นอย่างดี ดักแต่ไหมเพชรเป็นดักไหมไทยมีขนาดตัวใหญ่กว่าดักแต่ไหมจีน นิยมบริโภคทั่วไปลูกค้าส่วนใหญ่ก็นำไปทอดขายและแปรรูป ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 แสดงลักษณะทั่วไปของดักแด้เพชร (ซ้าย) และดักแด้จีน (ขวา)

จิ้งโกร่ง (Short-tailed Cricket, *Brachytrupes portentosus* Lichtenstein) อยู่ในวงศ์ Gyllidae (Order: Orthoptera) มีชื่ออื่น ๆ ได้แก่ จิ้งหรีดหัวโต จิ้งหรีดหางสั้น โป่ม จิตโป่ม จี๋ล่อ จี๋กุง เป็นต้น ลักษณะทางกายภาพคือ มีลักษณะลำตัวทรงกระบอก และอวบอ้วน ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม ลำตัวประกอบด้วยส่วนหัว ออก และท้อง ตัวเต็มวัยมีขนาดลำตัวยาวประมาณ 5-6 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร ทั้งนี้ตัวเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าตัวผู้ ส่วนหัวเป็นส่วนที่มีขนาดเล็ก มีลักษณะค่อนข้างกลม มีปากด้านล่าง เป็นแบบปากกัด มีกรามขนาดใหญ่ ตาเป็นแบบตารวมอยู่ด้านบนปาก มี 2 คู่ ส่วนหนวดอยู่ด้านข้างมุมปาก มี 2 คู่ หนวดมีลักษณะเป็นเส้นสีน้ำตาลหรือดำขนาดเล็กคล้ายกับเส้นผมยาวมากกว่าความยาวของลำตัว ส่วนอกเป็นส่วนตรงกลางเชื่อมระหว่างส่วนหัวกับส่วนท้อง โดยมีอกปล้องแรกขนาดใหญ่ และมีลดทอนเป็นเอกลักษณ์ ถัดมาเป็นส่วนท้อง โดยด้านบนส่วนท้องจะปกคลุมด้วยปีก ซึ่งจะพับปีกได้ในระยะตัวเต็มวัย ประกอบด้วยปีก 2 คู่ แบ่งเป็นปีกคู่หน้าเป็นแบบ tegmina ปีกคู่หลังเป็นแบบ membrane โดยที่บริเวณโคนปีกจะมีอวัยวะในการรับฟังเสียง ซึ่งมีทั้งเพศผู้และเพศเมีย ส่วนจิ้งโป่มเพศผู้จะมีอวัยวะพิเศษในการทำให้เกิดเสียงบนแผ่นปีก ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ แผ่นทำเสียงอยู่บริเวณกึ่งกลางของปีก เรียกว่า ไฟล (file) และอีกส่วนอยู่บริเวณมุมปีกด้านท้าย เรียกว่า สแครปเปอร์ (scrapers) และอีกส่วนเป็นตุ่มทำเสียง (pegs) อยู่ขอบแผ่นปีก ส่วนขาจิ้งโป่มมีทั้งหมด 6 ขา หรือ 3 คู่ เป็นขาประเภทขากระโดด ปลายขามีเล็บ 2 อัน แบ่งเป็นขาคู่แรกอยู่บริเวณด้านบนของส่วนอก ส่วนคู่ที่ 2 และ 3 อยู่บริเวณส่วนท้องบริเวณด้านบน และตรงกลางของส่วนท้องตามลำดับ โดยขาคู่ที่ 3 หรือเรียกว่า ขาคู่หลังจะมีขนาดใหญ่ที่สุด โดยเฉพาะบริเวณส่วน femur หรือบริเวณต้นขาที่มีขนาดใหญ่ ทำหน้าที่สำหรับการกระโดดได้ดี แหล่งที่พบจิ้งโป่มเป็นแมลงที่ดำรงชีวิตอยู่ในดิน และบนดิน โดยจะอาศัยการทำรังด้วยการขุดรูลงใต้ดินสำหรับหลบอาศัยทั้งในกลางวันและกลางคืน โดยรูจะมีขนาดประมาณ 1.5-3 เซนติเมตร มีลักษณะลาดเอียงลึกลงดินมีความลึกประมาณ 30-60 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและความชื้นของดิน พบในช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน ดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 แสดงลักษณะทั่วไปของจิ้งจก [65]

**จิ้งจก** (Cicada, *Meimuna opalifera* Walker) อยู่ในวงศ์ (Family) Cicadidae (Order: Homoptera) ลักษณะทางกายภาพ คือ จิ้งจกเป็นแมลงที่มีขนาดใหญ่มากมีขนาดตั้งแต่ 1 เซนติเมตรขึ้นไป จนถึงบางชนิดที่มีขนาดตัวยาวกว่า 10 เซนติเมตร มีหนวดสั้นๆ (หนวดแบบขน-setaceous) จนเกือบจะมองไม่เห็นคู่คล้ายปุ่มเล็กๆ มากกว่าที่จะเป็นหนวด มีตาเดี่ยวสามตา ส่วนหัว ลำตัว ท้องจะเชื่อมต่อกกลมกลืนเป็นส่วนเดียวกัน ปีกคู่หน้าจะบางใสจิ้งจกอาศัยอยู่ในบริเวณเขตร้อน เป็นแมลงที่เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดี เพราะมีขนาดใหญ่และสามารถส่งเสียงที่ไพเราะได้ จิ้งจกถือว่าเป็นอาหารชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมและยังจัดเป็นอาหารที่ใช้เป็นยาอีกด้วย แหล่งที่พบตัวเต็มวัยเกาะอยู่ตามกิ่งไม้ ถ้าในประเทศไทยจะพบมากที่ต้นทุเรียนหรือกอหน่อไม้ ตัวเมียจะเจาะต้นไม้นี้ให้เป็นรูเล็กๆ เพื่อวางไข่เมื่อไข่ฟักกลายเป็นตัวอ่อนแล้ว ตัวอ่อนจะร่วงลงสู่พื้นดิน ใช้ขาหน้าขุดฝังตัวอยู่ในดิน เมื่อเจริญเต็มที่จะไต่ขึ้นมาบนต้นไม้ออกคราบ กลายเป็นตัวเต็มวัยอาศัยอยู่บนต้นไม้ ระยะที่เป็นตัวเต็มวัยนี้สั้นมาก คือเมื่อผสมพันธุ์และวางไข่จะตายลง พบในฤดูร้อน ดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 แสดงลักษณะทั่วไปของจิ้งจก

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแมลงกินได้

Yu Gao และคณะ [66] ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตั๊กแตน ได้แก่ *Oxya chinensis* และ *Locusta migratoria migratorioides* ตั๊กแตนที่อพยพมาจากแอฟริกัน *Locusta migratoria migratorioides* (Orthoptera: Oedipodidae) และตั๊กแตนข้าวจีน *Oxya chinensis* (Orthoptera:

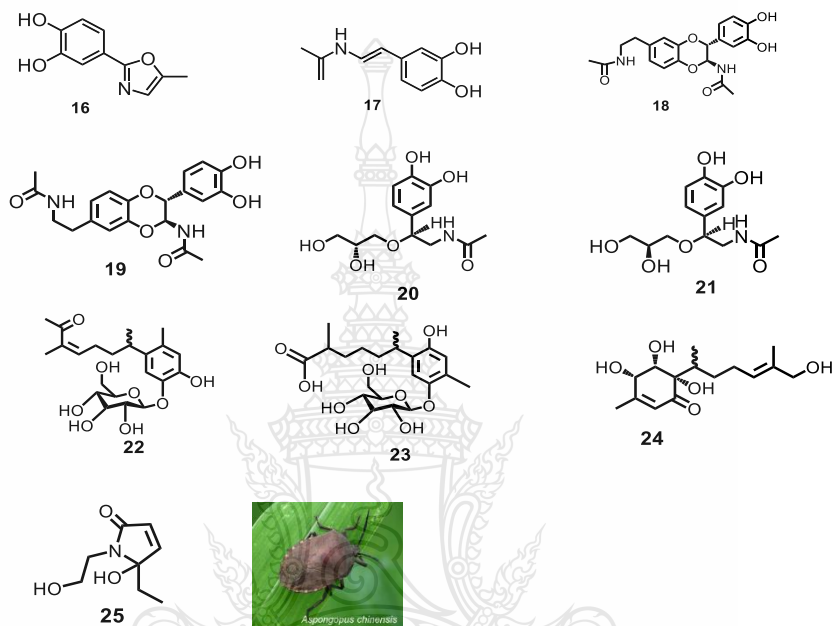
Catantopidae) พบว่ามีปริมาณโปรตีนที่สูง แต่ยังไม่มียางงานข้อมูลทางพิษวิทยาที่เกี่ยวข้อง แม้ว่าแมลงเหล่านี้จะถูกบริโภค นอกจากนี้แมงกระซอน *Gyllotalpa orientalis* เป็นที่รู้จักกันทั่วไปและพบในเอเชีย เนื่องจากเป็นศัตรูพืชหลายชนิดที่สร้างความเสียหายให้กับพืชผล มีงานวิจัยรายงานว่าสารสกัดจากแมงกระซอนสามารถใช้เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระและสารต้านการอักเสบ และมีฤทธิ์ต้านมะเร็ง โดยทดสอบกับเซลล์มะเร็งตับของคน 3 ชนิด ได้แก่ เซลล์ HepG2, BEL7402 และ SMMC772 หรือเซลล์มะเร็งปากมดลูกของมนุษย์สามชนิด (HeLa, Caski และ C-33A)

Andressa และคณะ [67] ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแมลงที่กินได้ โดยอธิบายและเปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนาการ การทำงาน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีอยู่ในแมลงต่างๆ การกินแมลงกลายเป็นกระแสนิยมใหม่ในวงการวิทยาศาสตร์การอาหาร ประมาณตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 เมื่อองค์การอาหารและองค์การเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) เผยแพร่เอกสารชื่อ “แมลงกินได้: อนาคตมุมมองความมั่นคงด้านอาหารและโภชนาการ” นับแต่นั้นมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับแมลงเป็นจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารเพื่อสุขภาพด้วยปริมาณโปรตีนสูงซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักขององค์ประกอบทางโภชนาการ แต่ก็มีสารอาหารที่สำคัญอื่น ๆ จำนวนมากเช่น ไขมัน กรดไขมัน วิตามินและแร่ธาตุ

แมลงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีปริมาณโปรตีนสูงดังที่ได้กล่าวมาแล้วและมีถูกนำมาใช้ในการทำโปรตีนไฮโดรไลเสตอย่างละเอียด คุณสมบัติทางชีวภาพของโปรตีนจากแมลง ได้แก่ กระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์เป็นการย่อยเปปไทด์ให้เป็นกรดอะมิโน ในแต่ละครั้งส่งผลให้เปปไทด์มีขนาดเล็กลง เปปไทด์จากแมลงจะมีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติต้านจุลชีพและเบาหวาน และยังสามารถใช้เป็นส่วนผสมอาหารที่มีประโยชน์ อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับการได้รับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเปปไทด์จากแมลงโปรตีนไฮโดรไลเสต มีงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเปปไทด์จาก *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera) คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของไฮโดรไลเสตของโปรตีนทดสอบโดยวิธีการ FRAP และ DPPH พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเสตมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 14% วัดโดย FRAP และ 24% โดยวิธี DPPH

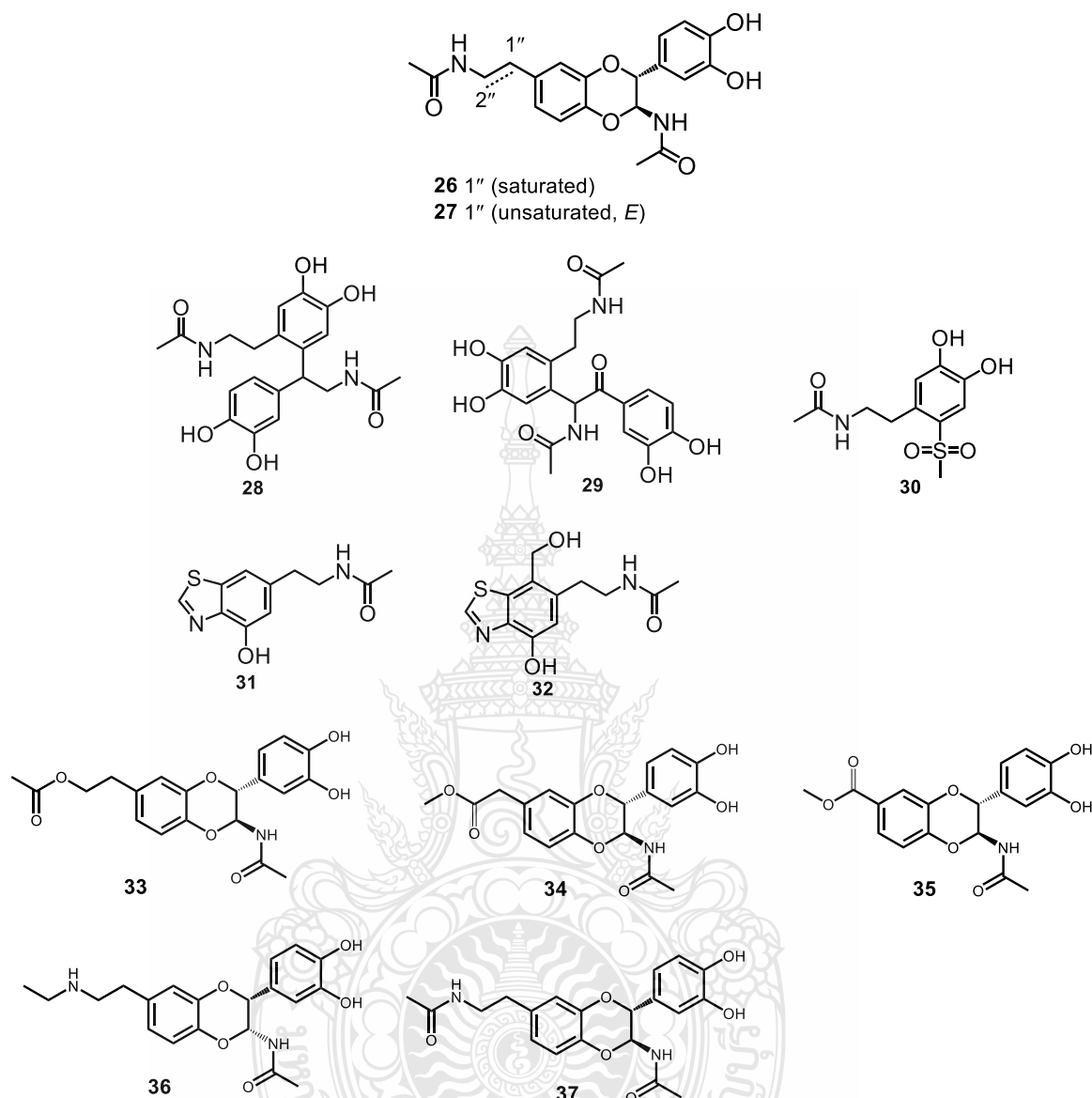
Xiao-Hong Luo และคณะ (2012) [68] สามารถแยกสารบริสุทธิ์จากแมลง *Aspongopus chinensis* ได้คือ oxazole (16) และยังพบสารต่างๆ ของอนุพันธ์ *N-acetyldopamine* (17) และมีการนำมาทดสอบความเป็นพิษในเซลล์มะเร็ง 10 ชนิด ได้แก่ เซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวลิมโฟซิติคในหนู (L1210) เซลล์มะเร็งลำไส้ของหนู (Colon 38) เซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ (HCT-116) เซลล์มะเร็งปอดของมนุษย์ (H-125) เซลล์มะเร็งเต้านมของมนุษย์ (MCF-7) เซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากของมนุษย์ (LNCaP) เซลล์มะเร็งรังไข่ของมนุษย์ (OVC-5) เซลล์ไกลโอมมาของมนุษย์ (U251N) เซลล์มะเร็งผิวหนังของมนุษย์ (MDA) เซลล์มะเร็งตับอ่อนของมนุษย์ (PANC-1) เซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวของมนุษย์ต่อมน้ำเหลือง (CEM) และเซลล์ปกติของหนู (CFU-GM) ต่อมา Yan-Ni Shi และคณะ [69] ได้แยกสารออก

ฤทธิ์ทางชีวภาพของแมลง *Aspongopus chinensis* พบว่ามีอนุพันธ์ของ norepinephrine (18-21) sesquiterpenoids (22-24) lactam (25) และสารประกอบ 23 ชนิดที่แยกได้จากแมลงชนิดนี้ในครั้งแรก และมีการเลือกสารที่ได้จากการแยกของแมลงนี้สำหรับการศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแมลง โดยศึกษาการป้องกันการทำงานของไตในเซลล์ mesangial ที่มีน้ำตาลกลูโคสสูงและการยับยั้ง COX-2 ดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 โครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จากแมลง *Aspongopus chinensis*

Ming-Zhe Xu และคณะ [70] ได้แยกสารสกัดจากชั้นเมทานอลของแมลง *Periostracum Cicadae* ได้สารชนิดใหม่คือ *N*-acetyldopamine dimer (26-27) พบว่าฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้ง COX-2 สาร 27 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสาร 26 โดยเทคนิค DPPH ต่อมา Jian-Jun Tang และคณะ [71] ได้ทำการศึกษาสารบริสุทธิ์ชนิดใหม่ที่แยกได้จากแมลง (*Polyrhachis dives*) ซึ่งนิยมบริโภคในบางภูมิภาคของประเทศจีน พบสารกลุ่มอนุพันธ์ของ dopamine คือ (±)-polyrhadopamine A (28), (±)-polyrhadopamine B (29) และ polyrhadopamines C-E (30-32) โดยสารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งในทางชีวภาพ ได้แก่ เป็นสารยับยั้ง ROCK1/2 ตัวกระตุ้นการแพร่กระจายเซลล์ต้นกำเนิดประสาท (Neural stem cell, NSCs) สารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Immuno suppressive) และสารต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory)

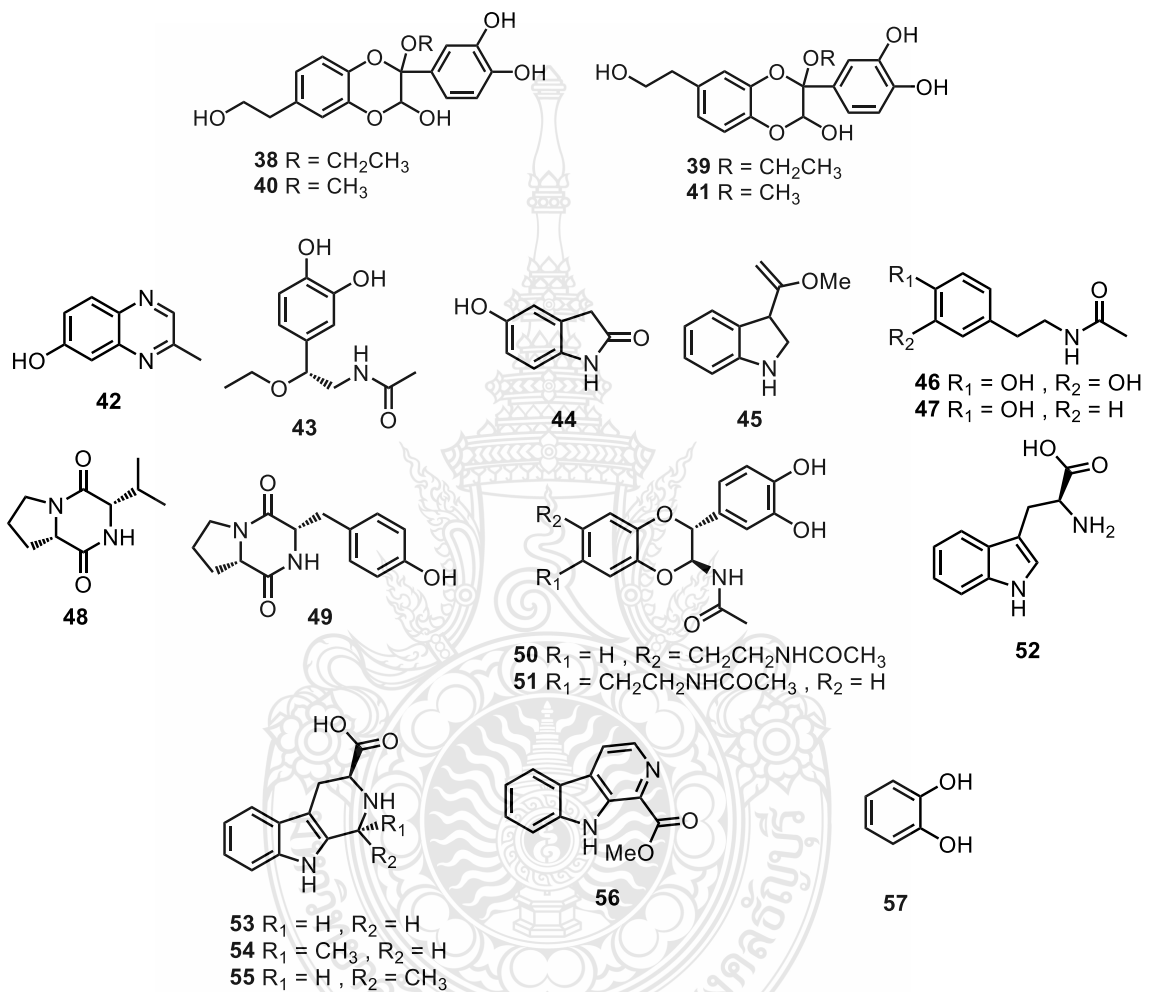


ภาพที่ 2.23 โครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จากแมลง

Juan Lu และคณะ [72] ได้แยกสารบริสุทธิ์ที่แยกได้จากตัวงูพิษ *Catharsius molossus* คือ *N*-acetyldopamine dimers molossamide A-C (33-35) และสารที่ทราบชนิดแล้ว (36-37) ในการทดสอบพบว่าสาร 36 มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ COX-1 และ COX-2 ในปีเดียวกัน Yong-Ming Yan และคณะ [73] ได้ทำการแยกสารบริสุทธิ์ชนิดใหม่จากแมลง *Blaps japonensis* พบว่า Blapsols A-D (38-41) เป็นสารใหม่ที่มีกลุ่มของ 2,3-dihydrobenzo[*b*][1,4]dioxin อยู่ด้วยกัน และกลุ่มของ *N*-acetyldopamine dimers ซึ่งเป็นสารที่เคยค้นพบแล้ว และพบว่ามีฤทธิ์ยับยั้ง COX-2 ( $IC_{50} = 1.3-17.8 \mu M$ )



JungIn Lee และคณะ (2017) [74] ได้ศึกษาแมลงกินได้ที่เป็นตัวอ่อนของ *Protaetia brevitarsis seulensis* (Kolbe) ที่ใช้ในทางการแพทย์ของประเทศเกาหลี และได้แยกสารบริสุทธิ์ quinoxaline-derived alkaloid (42) และสารบริสุทธิ์ชนิดใหม่ต่างๆ 43, 45-51, 56,57) พบว่าสารประกอบ 46 มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ( $IC_{50} = 44.8 \mu M$ ) ดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.24 โครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จากแมลง

Aranya Manosroi และคณะ [75] ได้ทำการศึกษาการกำจัดอนุมูลอิสระและการยับยั้งไทโรซิเนสฤทธิ์ของน้ำมันและเซริซินที่สกัดจากหนอนไหมพื้นเมืองของไทย (*Bombyx mori*, Linnaeus (Bombycidae)) 5 ชนิด คือ Keawsakol, Nangnoi, Somrong, Nangleung, และ Noneruesee พบว่าสารเซริซินจากหนอนไหมพื้นเมืองของไทย 5 ชนิดมีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระต่ำกว่าสารมาตรฐานที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (วิตามินซี วิตามินอี และ BHT) ประมาณ 20-100 เท่า แต่น้ำมัน

ทั้งหมดให้ฤทธิ์สูงกว่าสารมาตรฐาน (กรดไลโนเลอิก) ประมาณ 11-22 เท่า น้ำมันสกัดจาก Noneruesee ด้วยกรรมวิธีเย็นทำให้การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างน้ำมันอื่นๆ ตัวอย่างเซริซินทั้งหมดพบฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนสโดยมีค่า  $IC_{50}$  อยู่ในช่วง 1.2-18.76 mg/mL น้ำมันที่สกัดเย็นจาก Noneruesee จะมีค่าต้านอนุมูลอิสระที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่อต้านริ้วรอยและไวท์เทนนิ่งได้

Juan Cueva และคณะ [76] ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์  $\alpha$ -Glucosidase ของสารสกัดจากโสมและปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือดของหนู พบว่าสารสกัดเอทานอลจากหนอนโสมเป็นสารยับยั้งที่มีประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase โดยที่ความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งได้ถึง 100% กลไกการยับยั้งของสารสกัดจากหนอนโสมต่อเอนไซม์เป็นแบบแข่งขันจากการวิเคราะห์แบบ Lineweaver-Burk ต่อมา Yu Zhang และคณะ [77] ทำการศึกษากลไกระดับโมเลกุลของเปปไทด์ใหม่จากดักแด้โสมที่สามารถยับยั้งเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase โดยใช้วิธี quantitative structure-activity relationship (QSAR) ในงานวิจัยนี้เปรียบเทียบลักษณะการเชื่อมต่อของเปปไทด์หลายชนิดที่มีฤทธิ์สูงในการยับยั้งเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ได้แก่ Gln-Pro-Gly-Arg ( $IC_{50}$  = 65.8  $\mu$ mol/L) Ser-Gln-Ser-Pro-Ala ( $IC_{50}$  = 20  $\mu$ mol/L) Gln-Pro-Pro-Thr ( $IC_{50}$  = 560  $\mu$ mol/L) และ Asn-Ser-Pro-Arg ( $IC_{50}$  = 205  $\mu$ mol/L) การศึกษาการจับของเปปไทด์กับเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase (PDB ID: 2QMJ) เกิดที่ตำแหน่ง Lys776 ซึ่งเปปไทด์ทั้ง 4 ชนิดโดยเฉพาะ Ser-Gln-Ser-Pro-Ala อาจเป็นยาที่มีศักยภาพในการรักษาโรคเบาหวาน



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.1 สารเคมี

สารเคมี	เกรด	ยี่ห้อ
1. เฮกเซน (Hexane)	Analytical reagent grade	RCI-Labscan
2. เอทิลอะซิเตท (Ethyl Acetate)	Analytical reagent grade	RCI-Labscan
3. เมทานอล (Methanol)	Analytical reagent grade	RCI-Labscan
4. ซิลิกาเจล (Silica gel)		Merck
5. อะซิโตน (Acetone)	Commercial Grade	RCI-Labscan
6. กรดแกลลิก (Gallic acid)	Analytical reagent grade	Merck
7. พารา-ไนโตรฟีนอล-แอลฟา-กลูโคซิเดส	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
8. อะไมโลส (Amylose)	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
9. อะคาร์โบส (Acarbose)	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
10. เคอซีทีน (Quercetin)	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
11. กรดโคจิก (Kojic acid)	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
12. แอล-โดปา (L-DOPA)	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
13. แอลฟา-อะไมเลส ( $\alpha$ -amylase)	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
14. แอลฟา-กลูโคซิเดส ( $\alpha$ -glucosidase)	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
15. เพอร์ออกไซด์-กลูโครอกซิเดสเอนไซม์	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
16. ไดฟีนิล-2-พิกริล-ไฮดราซิล	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
17. วิตามินซี (Ascorbic acid)	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
18. โซเดียมอะซิเตต (Sodium acetate)	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
19. ฟอร์ริน-ซีไอโอแคลทู	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
20. เพอร์รัสคัลไรต์	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich
21. อะซิติกแอนไฮไดรด์	Analytical reagent grade	Sigma Aldrich

สารเคมี	เกรด	ยี่ห้อ
22. โพแทสเซียมไอโอไดด์	Analytical reagent grade	BDH Prolabo
23. โซเดียมคาร์บอเนต	Analytical reagent grade	Kemaus
24. อลูมิเนียมคลอไรด์	Analytical reagent grade	APS
25. เมอร์คิวริกคลอไรด์	Analytical reagent grade	APS
26. คลอโรฟอร์ม (Chloroform, CHCl <sub>3</sub> )	Analytical reagent grade	RCI-Labscan
27. 28% แอมโมเนีย	Analytical reagent grade	RCI-Labscan
28. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น	Analytical reagent grade	RCI-Labscan
29. น้ำปราศจากไอออน (Deionized water)		

### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์	รุ่น	ยี่ห้อ
1. เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน	Hei-VAP core	Heidolph
2. ตู้อบ (Oven)		Memmert
3. เครื่องยูวีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	UV/vis spectrometer	PerkinElmer
4. เครื่องซังวิเคราะห์ ทศนิยม 4 ตำแหน่ง		Shimadzu
7. แผ่น TLC (Thin layer chromatography)	81830 (20×20 cm)	Merck
8. ไมโครปิเปต (Micropipette)		Gilson
9. เครื่องอ่านไมโครเพลท (Microplate reader)	EZ read 2000	Biochrom

### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การเตรียมสารสกัดหยาบจากลูกยอและแมลงกินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตด และเมทานอล ตามลำดับ

3.3.2 แยกสารสกัดจากลูกยอในแต่ละชั้นด้วยวิธีทางซิลิกาคอลัมน์โครมาโทกราฟี

3.3.3 การทดสอบเบื้องต้นหาองค์ประกอบทางพิษเคมีของสารสกัดจากลูกยอและแมลงกินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ

3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดจากลูกยอและแมลงกินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ

3.3.5 ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ เอนไซม์แอลฟาไกลโคซิเดส เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส เอนไซม์ไทโรซิเนส และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากลูกยอและแมลงกินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ

3.3.6 ทดสอบความเป็นพิษในหลอดทดลองของสารสกัดของลูกยอและแมลงที่กินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ กับเซลล์ปกติ

### 3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 วิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากลูกยอและแมลงกินได้

3.4.1.1 การสกัดสารจากลูกยอที่ไม่สุก

นำลูกยอที่ไม่สุกมาหั่นเป็นชิ้นๆ แล้วแยกเมล็ดออก จากนั้นนำไปตากให้แห้ง แล้วนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน นำมาบดให้ละเอียดและบดให้เป็นผง แล้วนำผงที่บดมาแช่ด้วยตัวทำละลายด้วยอัตราส่วน 1:5 ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และเมทานอล ตามลำดับ เป็นเวลา 3 วัน ในสภาวะที่มีการบั่นเหวี่ยง จากนั้นทำการกรองผงออกจากตัวทำละลายที่แช่ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 และนำสารสกัดไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนสุญญากาศ เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบ



ภาพที่ 3.1 ลักษณะลูกยอและผงลูกยอที่ผ่านการอบ 60 °C

3.4.1.2 การแยกสารสกัดจากลูกยอโดยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี

นำส่วนสกัดหยาบชิ้นต่างๆ มาแยกด้วยซิลิกาเจลคอลัมน์โครมาโทกราฟี โดยใช้ระบบตัวทำละลายในการลงคอลัมน์คือ สารสกัดในชั้นเฮกเซนใช้ระบบ 3-50% EtOAc/Hexane สารสกัดในชั้นเอทิลอะซิเตตใช้ระบบ 20% EtOAc/Hexane-50% EtOAc/Hexane และสารสกัดในชั้นเมทานอลใช้ระบบ 10-40% MeOH/EtOAc

### 3.4.1.3 การสกัดสารออกฤทธิ์จากแมลงกินได้

นำแมลงแช่แข็งทั้ง 6 ชนิดคือ แมงสะตัง จิ้งหรีด จิ้งโกร่ง ตั๊กแตนปาทังก้า ตั๊กแตน และรถด่วน มาอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลาสามวันหรือจนกว่าจะแห้ง (ทำการชั่งน้ำหนักในแต่ละวันหากน้ำหนักคงที่จึงนำออกจากเตาอบ) และบดให้ละเอียด นำผงแมลงที่ได้ไปแช่ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ เฮกเซน (Hexane) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) เอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate) และเมทานอล (Methanol) ตามลำดับ ในแต่ละตัวทำละลายอินทรีย์จะแช่ตัวทำละลายอินทรีย์ในปริมาณเท่ากับอัตราส่วนน้ำหนักแมลงต่อปริมาณตัวทำละลายอินทรีย์เท่ากับ 1:5 เป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบกำหนดจะทำการแยกผงแมลงที่แช่ออกจากตัวทำละลายอินทรีย์ โดยวิธีการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 และนำสารสกัดที่ได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนสุญญากาศ เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบ

### 3.4.2 การทดสอบองค์ประกอบทางพฤกษเคมี (Phytochemical analysis)

ทำการทดสอบหาองค์ประกอบทางพฤกษเคมีที่อยู่ในสารสกัดหยาบในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ของลูกยอ *Morinda citrifolia* และแมลงกินได้ [78-80] ดังนี้

#### 3.4.2.1 การทดสอบแอลคาลอยด์ (Alkaloid test)

เตรียมตัวอย่างสารสกัดหยาบหนัก 10 mg มาละลายในสารละลาย 28%  $\text{NH}_3$  ปริมาตร 1.5 mL และเขย่าให้ผสมกันเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมคลอโรฟอร์ม ( $\text{CHCl}_3$ ) ปริมาตร 5.0 mL และเขย่าให้ผสมกันเป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman และระเหยด้วยอ่างน้ำเดือดเพื่อให้สารสกัดหยาบแห้ง การเตรียม Mayer's reagent จะเตรียมจากสารละลายของ 1.0 mM  $\text{HgCl}_2$  (0.2716 g) และ 6.0 mM KI (1.0 g) ในน้ำกลั่นปริมาตร 20.0 mL จากนั้นเติม Mayer's reagent ปริมาตร 1.5 mL ถ้าสารละลายเกิดตะกอนสีขาวหรือสีครีมแสดงว่ามีสารประกอบแอลคาลอยด์

#### 3.4.2.2 การทดสอบซาโปนิน (Saponin test)

การทดสอบหาซาโปนินจะอาศัยหลักการของ Forth โดยเตรียมสารสกัดหยาบหนัก 10.0 mg ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 5.0 mL และนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman แล้วนำสารละลายที่กรองได้ปริมาตร 2.0 mL มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 5.0 mL เติมน้ำมันมะกอก 3 หยดลงในสารละลายเจือจางและเขย่าทันที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ถ้าสารละลายเกิดอิมัลชันและฟองอากาศไม่หายไปแสดงว่ามีสารประกอบซาโปนิน

#### 3.4.2.3 การทดสอบแทนนิน (Tannin test)

การวิเคราะห์หาสารประกอบแทนนินในสารสกัดหยาบสามารถทดสอบกับสารละลาย Ferrous (III) chloride โดยเตรียมสารละลายสารสกัดหยาบความเข้มข้น 3.0 mg/mL จากนั้นเจือจางด้วย  $\text{CHCl}_3$  ปริมาตร 1.0 mL และเติม  $\text{Ac}_2\text{O}$  ปริมาตร 1.0 mL แล้วเขย่าให้ผสมกัน จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 1.0 mL ลงด้านข้างหลอดทดลองของสารละลาย และเขย่าให้ผสมกัน ถ้าสารละลายมีสีเขียวแสดงว่ามีสารประกอบแทนนิน

#### 3.4.2.4 การทดสอบไตรเทอร์พีนอยด์ (Triterpenoid test)

สารประกอบไตรเทอร์พีนอยด์สามารถทดสอบโดยใช้หลักการของ Liebermann Burchard โดยเตรียมสารสกัดหยาบหนัก 5.0 mg ละลายใน  $\text{CHCl}_3$  ปริมาตร 2.0 mL และเติม  $\text{Ac}_2\text{O}$  ปริมาตร 1.0 mL เพิ่มเข้าไปในสารละลาย จากนั้นเติมกรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  เข้มข้นปริมาตร 1.0 mL เข้าไปในสารละลาย ถ้าสารละลายเกิดสีม่วงแดงแสดงว่ามีสารประกอบไตรเทอร์พีนอยด์

#### 3.4.2.5 การทดสอบสเตอรอยด์ (Steroid test)

สารประกอบสเตอรอยด์สามารถทดสอบโดยปฏิกิริยา Salkowski โดยเตรียมสารละลายของสารสกัดหยาบ 10.0 mg ละลายใน  $\text{CHCl}_3$  ปริมาตร 2.0 mL และเขย่าให้ผสมกัน จากนั้นเติมกรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  เข้มข้นปริมาตร 2.0 mL ลงด้านข้างของหลอดทดลอง ถ้าสารละลายมีสีแดงเกิดขึ้นในชั้นบนและมีสีเหลืองอมสีเขียวเรืองแสงในชั้นกรดซัลฟิวริกแสดงว่ามีสารประกอบสเตอรอยด์

#### 3.4.2.6 การทดสอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid test)

เตรียมสารละลายสารสกัดหยาบเข้มข้น 2.0 mg/mL และเติมสารละลาย 10% NaOH 10 หยด ลงในสารละลายจะเกิดสารละลายสีเหลือง จากนั้นเติมสารละลาย 10% HCl จำนวน 2-3 หยด ลงในสารละลาย หากสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสีแสดงว่ามีสารประกอบฟลาโวนอยด์

#### 3.4.3 การหาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic contents)

การหาปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดจะอาศัยหลักการ Folin-Ciocalteu [78] จากการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (Gallic acid) ในเมทานอล และคำนวณปริมาณฟีนอลิกรวมทั้งหมดคิดเป็นมิลลิกรัมของกรดแกลลิกเทียบเท่า (QAE) ต่อกรัมของสารสกัด โดยเตรียมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent เข้มข้น 10% ในน้ำกลั่น

สำหรับการหาปริมาณฟีนอลิกของสารสกัดจากลูกยอจะคำนวณหาปริมาณจากกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0, 2.5, 5, 10 และ 25  $\mu\text{g}/\text{mL}$  และเตรียมสารละลายตัวอย่างเข้มข้น 1.0 mg/mL ในเมทานอล โดยปิเปตสารละลาย 10% Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 500  $\mu\text{L}$  ลงในสารละลายตัวอย่างปริมาตร 100  $\mu\text{L}$  แล้วทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที

หลังจากนั้นเติมสารละลาย 5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ปริมาตร 500  $\mu\text{L}$  ลงในสารละลาย แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-vis spectrophotometer

สำหรับการหาปริมาณฟีนอลิกของสารสกัดจากแมลงกินได้จะคำนวณหาจากการเปรียบเทียบกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0.4, 0.8, 1, 2.5, 10, 25 และ 40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  โดยเตรียมสารละลายตัวอย่างเข้มข้น 2.0  $\text{mg}/\text{mL}$  ในเมทานอล แล้วปิเปตสารละลายปริมาตร 150  $\mu\text{L}$  จากนั้นปิเปตสารละลาย 10% Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 50  $\mu\text{L}$  ลงในไมโครเพลต จากนั้นทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลาย 5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ปริมาตร 50  $\mu\text{L}$  เมื่อบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดครบเวลา 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง microplate reader

#### 3.4.4 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid contents)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดจะอาศัยหลักการวิเคราะห์เกิดสีของอะลูมิเนียมคลอไรด์ [81] จากการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของเคอซีติน (Quercetin) ในเมทานอล เมื่อใช้เมทานอลเป็น blank จากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-vis spectrophotometer และปริมาณฟลาโวนอยด์รวมทั้งหมดคิดเป็นมิลลิกรัมของ quercetin เทียบเท่า (QE) ต่อกรัมของสารสกัด

สำหรับการหาปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดจากลูกยอจะคำนวณหาจากการเปรียบเทียบกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  โดยเตรียมสารละลายของสารตัวอย่าง 1.0  $\text{mg}$  ในเมทานอลปริมาตร 900  $\mu\text{L}$  และเติมสารละลาย 10%  $\text{AlCl}_3$  ปริมาตร 50  $\mu\text{L}$  จากนั้นเติมสารละลาย 1.0 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ปริมาตร 50  $\mu\text{L}$  ลงในสารละลาย ปล่อยให้ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 40 นาที แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร

สำหรับการหาปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดจากแมลงกินได้จะคำนวณหาจากการเปรียบเทียบกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 0, 2, 4, 6, 8, และ 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  โดยเตรียมสารละลายตัวอย่างเข้มข้น 1.0  $\text{mg}/\text{mL}$  ในเมทานอล แล้วปิเปตสารละลายปริมาตร 500  $\mu\text{L}$  จากนั้นเติมสารละลาย 1.0 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ปริมาตร 50  $\mu\text{L}$  และเติมสารละลาย 10%  $\text{AlCl}_3$  ปริมาตร 50  $\mu\text{L}$  ลงใน apendoft แล้วปรับปริมาตรด้วยเมทานอลให้ครบ 1000  $\mu\text{L}$  ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 45 นาที แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร





$$\text{DPPH scavenging effect (\%)} = \left[ \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100$$

สมการ 3.1

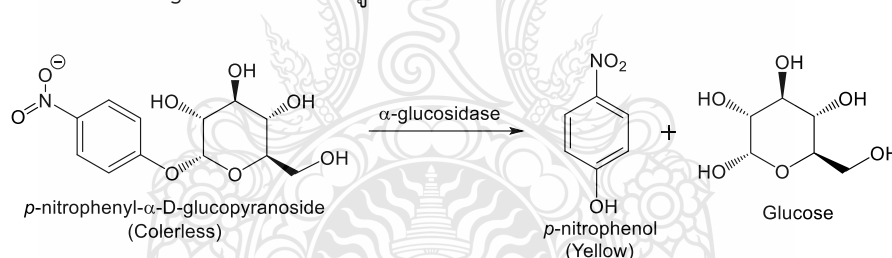
เมื่อ  $A_{\text{control}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

$A_{\text{sample}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่เติมสารละลายตัวอย่าง

สำหรับเปอร์เซ็นต์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากลูกยอ จะทดสอบโดยเตรียมสารละลายตัวอย่างเข้มข้น 1.0 mg/mL ในเมทานอลและปิเปตสารละลาย DPPH เข้มข้น 1 mM ปริมาตร 90  $\mu\text{L}$  ลงในสารละลายตัวอย่างปริมาตร 10  $\mu\text{L}$  แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่อง UV-vis spectrophotometer และคำนวณดังสมการ 3.1

### 3.4.6 ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ $\alpha$ -glucosidase

ความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase จะถูกศึกษา กับสารตั้งต้น *p*-Nitrophenyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside (4-*p*NPG) และใช้ acarbose เป็นสารยับยั้งมาตรฐานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ดังรูปที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของซับสเตรท 4-*p*NPG โดยเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase

สำหรับการหาเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ของสารสกัดจากลูกยอ จะเตรียมสารละลายตัวอย่างเข้มข้น 1.0 mg/mL ในสารละลาย 5% (v/v) DMSO/ $\text{H}_2\text{O}$  โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 10  $\mu\text{L}$  และปิเปตสารละลาย 4-*p*NPG (5.0 mM) ปริมาตร 5  $\mu\text{L}$  ใส่ในสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต (pH 6.8, 50 mM) ปริมาตร 80  $\mu\text{L}$  จากนั้นปิเปตสารละลาย  $\alpha$ -glucosidase (0.05 mM) ในบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต (pH 6.8, 50 mM) ปริมาตร 5  $\mu\text{L}$  ทำให้สารละลายมีปริมาณรวมเป็น 100  $\mu\text{L}$  จากนั้นบ่มให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37  $^{\circ}\text{C}$  เมื่อครบเวลา 20 นาที ใส่สารละลาย 0.5 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ปริมาตร 100  $\mu\text{L}$  ลงไปในปฏิกิริยาเพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ และจะวัดปริมาณสาร *p*-nitrophenol ที่หลุดออกจากการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -

glucosidase ที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร วัดโดยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase จากสมการดังนี้ [82]

$$\% \text{ inhibition} = \left[ \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad \text{สมการ 3.2}$$

เมื่อ  $A_{\text{control}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีเอนไซม์

$A_{\text{sample}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีเอนไซม์และสารละลายตัวอย่าง

สำหรับการหาค่า  $IC_{50}$  ในการยับยั้งเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ของสารสกัดจากแมลงกินได้ จะเตรียมสารละลายต่าง ๆ ดังนี้

- สารละลายมาตรฐาน acarbose ความเข้มข้น 3.0 mg/mL ในน้ำกลั่น และหาค่า  $IC_{50}$  ของสารละลายในช่วงความเข้มข้น 0.02-0.3 mg/mL

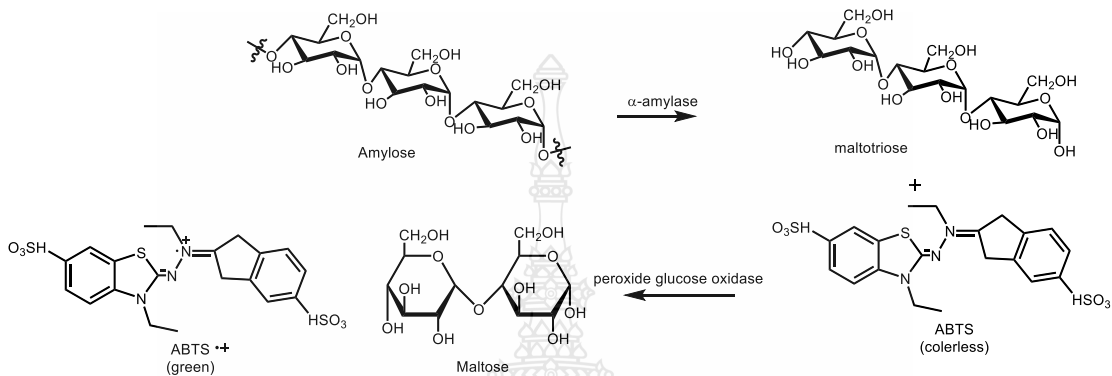
- สารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 20.0 mg/mL ในสารละลาย 5% (v/v) DMSO/H<sub>2</sub>O จากนั้นทดสอบสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังตาราง

สารสกัดใน ชั้นอินทรีย์	ความเข้มข้น (mg/mL)					
	แมงสะตั้ง	รถด่วน	จิ้งโกร่ง	จิ้งหรีด	ตักแตน	ตักแต้
Hexane	0.02 - 3.0	0.02 - 8.0	0.01 - 1.0	0.02 - 2.0	0.02 - 6.0	0.01 - 4.0
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.01 - 4.0	0.02 - 10.0	0.01 - 2.0	0.01 - 1.0	0.05 - 10.0	0.04 - 8.0
EtOAc	0.04 - 8.0	0.1 - 12.0	0.01 - 2.0	0.02 - 2.0	0.04 - 5.0	0.02 - 4.0
MeOH	0.04 - 6.0	0.1 - 14.0	0.02 - 2.0	0.02 - 4.0	0.02 - 10.0	0.05 - 8.0

ทำการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งเอนไซม์ โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 15  $\mu$ L สารละลาย 4-*p*NPG (10.0 mM) ปริมาตร 15  $\mu$ L และสารละลายเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase (0.05 mg/mL) ปริมาตร 20  $\mu$ L ใส่ในไมโครเพลท 96 หลุม จากนั้นเติมสารละลาย sodium phosphate buffer (pH 6.8, 20 mM) ปริมาตร 50  $\mu$ L ผสมสารละลายให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมสารละลาย 0.5 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ปริมาตร 100  $\mu$ L ลงไปในปฏิกิริยาเพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ และจะวัดปริมาณของสาร *p*-nitrophenol ที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง microplate reader และนำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้ง ดังสมการ 3.2 และนำค่า

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งไปคำนวณหาค่า  $IC_{50}$  โดยใช้โปรแกรม Grafit 5.0 (Erithacus software, Horley, UK)

### 3.4.7 ความสามารถในการยับยั้งทำงานของเอนไซม์ $\alpha$ -amylase



ภาพที่ 3.4 กระบวนการติดตามปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของอะไมโลสโดยเอนไซม์  $\alpha$ -amylase

ความสามารถในการยับยั้งของเอนไซม์  $\alpha$ -amylase จะทดสอบกับอะไมโลส (Amylose) เป็นสารตั้งต้นกับใช้เอนไซม์  $\alpha$ -amylase และอะคาร์โบส (Acarbose) เป็นสารยับยั้งมาตรฐาน ดังรูปที่ 3.4

สำหรับการหาเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -amylase ของสารสกัดจากลูกยอ จะเตรียมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 1.0 mg/mL ในสารละลาย 5% (v/v) DMSO/H<sub>2</sub>O จากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 10  $\mu$ L สารละลายอะไมโลส (1 mg/mL) ปริมาตร 30  $\mu$ L สารละลายเอนไซม์  $\alpha$ -amylase (1.0 mg/mL) ปริมาตร 10  $\mu$ L และสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต (pH 6.8, 20 mM) ปริมาตร 70  $\mu$ L แล้วบ่มให้ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือด 5 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ โมเลกุลกลูโคสที่ปล่อยออกมาจะถูกวิเคราะห์โดยการทดสอบ peroxidase-glucose oxidase โดยปิเปตสารละลายเอนไซม์ peroxidase-glucose oxidase ปริมาตร 100  $\mu$ L และสารละลาย 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) (1.0 mg/mL) ปริมาตร 100  $\mu$ L บ่มให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 60 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร โดยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งหาค่าจากการดูดกลืนแสง โดยคำนวณดังสมการ 3.3

สำหรับเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งเอนไซม์  $\alpha$ -amylase ของสารสกัดจากแมลงกินได้ จะเตรียมสารละลายต่าง ๆ ดังนี้

- สารละลายมาตรฐาน acarbose เข้มข้น 3.0 mg/mL โดยชั่ง 3.0 mg ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1.0 mL จากนั้นทดสอบสารละลายในช่วงความเข้มข้น 0.02-0.3 mg/mL

- เตรียมสารละลายตัวอย่างเข้มข้น 20 mg/mL ในสารละลาย 5% (v/v) DMSO/H<sub>2</sub>O จากนั้นทดสอบสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังตาราง

สารสกัดใน ชั้นอินทรีย์	ความเข้มข้น (mg/mL)					
	แมงสะตั้ง	รถด่วน	จิ้งโกร่ง	จิ้งหรีด	ตั๊กแตน	ตั๊กแตน
Hexane	0.08 -	0.02 - 8.0	0.08 - 8.0	0.02 -	0.02 - 8.5	0.1 - 12.0
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.04 -	0.02 - 8.0	0.02 - 7.0	0.1 - 10.0	0.02 - 6.0	0.02 - 6.0
EtOAc	2.0 - 14.0	0.04 - 10.0	0.08 -	0.02 -	0.02 - 8.0	0.02 - 3.0
MeOH	0.08 - 8.0	0.02 - 6.0	0.02 - 8.0	0.02 -	0.02 - 4.0	0.02 - 6.0

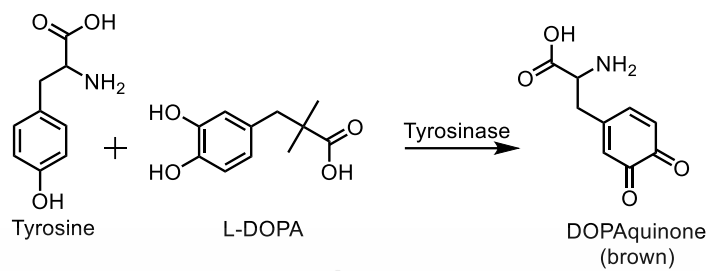
โดยปีเปตสารละลาย amylose (0.5 mg/mL) ปริมาตร 10 µL สารละลายตัวอย่าง 10 µL และสารละลายเอนไซม์ amylase (1.0 mg/mL) ปริมาตร 10 µL ใส่ในไมโครเพลท จากนั้นเติมสารละลาย sodium phosphate buffer (pH 6.8, 20 mM) ปริมาตร 70 µL ผสมสารละลายให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นจะหยุดปฏิกิริยาในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติมสารละลายเอนไซม์ peroxide-glucose oxidase ปริมาตร 50 µL และสารละลาย 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) (1.0 mg/mL) ปริมาตร 50 µL แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร โดยเครื่อง microplate reader แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้ง ดังสมการ 3.3 [82] และนำค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งไปคำนวณหา ค่า IC<sub>50</sub> โดยใช้โปรแกรม Grafit 5.0 (Erithacus software, Horley, UK)

$$\% \text{ inhibition} = \left[ \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad \text{สมการ 3.3}$$

เมื่อ  $A_{\text{control}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีเอนไซม์

$A_{\text{sample}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีเอนไซม์และสารละลายตัวอย่าง

### 3.4.8 ความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Tyrosinase



ภาพที่ 3.5 กระบวนการทำงานของเอนไซม์ Tyrosinase

การศึกษาการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase) จะทดสอบกับ L-DOPA เป็นสารตั้งต้นและกรดโคจิก (Kojic acid) เป็นสารยับยั้งมาตรฐานสำหรับเอนไซม์ไทโรซิเนส [83]

สำหรับการหาเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดจากลูกยอ จะเตรียมสารละลายตัวอย่างเข้มข้น 1.0 mg/mL ในในสารละลาย 5% (v/v) DMSO/H<sub>2</sub>O โดยปีเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 10  $\mu$ L และสารละลายเอนไซม์ไทโรซิเนส (Mushroom tyrosinase) เข้มข้น 20 mg/mL ปริมาตร 5  $\mu$ L ในสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต (pH 6.8, 20 mM) ปริมาตร 80  $\mu$ L และบ่มให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37  $^{\circ}$ C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นใส่สารละลาย L-DOPA เข้มข้น 0.25 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต (pH 6.8, 20 mM) ปริมาตร 5  $\mu$ L ทำให้ผสมกันและบ่มให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37  $^{\circ}$ C เป็นเวลา 20 นาที การเกิดของ dopachrome จะถูกวัดโดยการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตร และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของเอนไซม์ไทโรซิเนส ดังสมการ 3.4

สำหรับเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งเอนไซม์ Tyrosinase ของสารสกัดจากแมลงกินได้ จะเตรียมสารละลายต่าง ๆ ดังนี้

- สารละลายมาตรฐาน kojic acid ความเข้มข้น 4.0 mg/mL ในน้ำกลั่นปริมาตร 1000  $\mu$ L และเตรียมสารละลายในช่วงความเข้มข้น 0.02-0.4 mg/mL
- สารละลายสารตัวอย่างที่ความเข้มข้น 10.0 mg/mL ในสารละลาย 5% (v/v) DMSO/H<sub>2</sub>O และทดสอบสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังตาราง

สารสกัดใน ชั้นอินทรีย์	ความเข้มข้น (mg/mL)					
	แมงสะตั้ง	รถด่วน	จิ้งโกร่ง	จิ้งหรีด	ตักแตน	ตักแด้
Hexane	0.02 - 4.0	0.02 - 4.0	0.01 - 2.0	0.01 -	0.04 - 12.0	0.01 - 8.0
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.02 - 4.0	0.02 - 3.0	0.01 - 3.0	0.05 - 8.0	0.01 - 6.0	0.01 - 8.0
EtOAc	0.04 - 8.0	0.02 - 4.0	0.01 - 2.0	0.05 -	0.01 - 4.0	0.01 - 3.0
MeOH	0.01 - 5.0	0.01 - 6.0	0.01 - 2.0	0.01 - 2.0	0.01 - 3.0	0.05 - 6.0

โดยปีเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 10 µL สารละลายเอนไซม์ไทโรซิเนส (Mushroom tyrosinase) เข้มข้น 0.1 mg/mL ปริมาตร 10 µL และสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต (pH 6.8, 50 mM) ปริมาตร 70 µL แล้วบ่มให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นใส่สารละลาย L-DOPA เข้มข้น 2.0 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต (pH 6.8, 20 mM) ปริมาตร 10 µL ทำให้สารละลายผสมกันและบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที ปริมาณการเกิดของสาร dopachrome จะถูกวัดโดยค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตร โดยเครื่อง microplate reader และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของเอนไซม์ไทโรซิเนส ดังสมการ 3.4 และนำค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งไปคำนวณหาค่า IC<sub>50</sub> โดยใช้โปรแกรม Grafit 5.0 (Erithacus software, Horley, UK)

$$\% \text{ inhibition} = \left[ \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad \text{สมการ 3.4}$$

เมื่อ  $A_{\text{control}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีเอนไซม์

$A_{\text{sample}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีเอนไซม์และสารละลายตัวอย่าง

### 3.4.9 ความเป็นพิษของสารสกัดในเซลล์สิ่งมีชีวิต

การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ของสารสกัดทดสอบโดยวิธี 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) colorimetric assay ในเซลล์ผิวหนังของคน (HaCaT cells) [84] โดยการเลี้ยงเซลล์  $1.0 \times 10^5$  เซลล์/ไมโครเวลเพลท 96 หลุม ในแต่ละหลุมใส่อาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 200 µL เซลล์จะถูกบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เพื่อให้เซลล์เกาะตัวจับกับผิวของไมโครเวลเพลทและให้เซลล์เจริญเติบโตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำอาหารเลี้ยงเชื้อออกและใส่สารละลายของสารสกัดในอาหารเลี้ยงเชื้อในช่วงความเข้มข้น 0.1-1.8 mg/mL หลังจากนั้นบ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดสารละลายของแต่ละ fractions จะถูกดูดทิ้ง

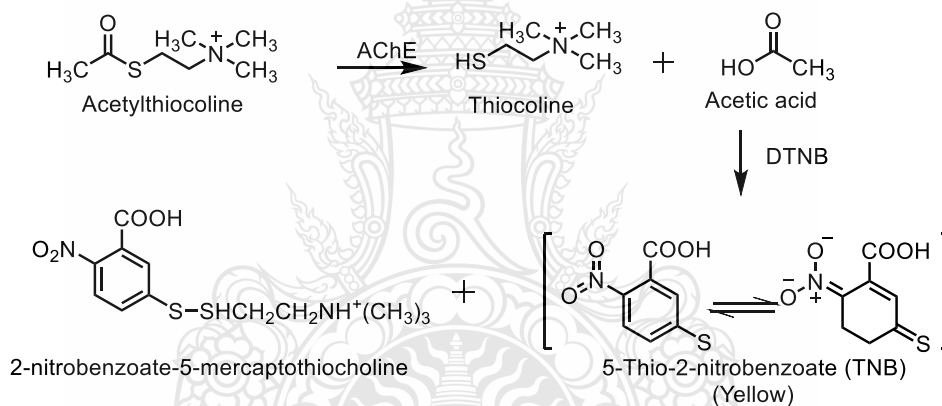
ไป และเซลล์จะถูกบ่มในสารละลาย MTT (1.0 mg/mL) ปริมาตร 100  $\mu$ L ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37  $^{\circ}$ C เมื่อครบเวลา 4 ชั่วโมง สารละลายที่อยู่ด้านบนจะถูกดูดออกและใส่ตัวทำละลาย DMSO ปริมาตร 100  $\mu$ L เพื่อละลายผลึกฟอร์มาซาน จากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของเซลล์ ดังสมการ 3.5

$$\text{Cell viability (\%)} = \frac{A570_{\text{treatment}}}{A570_{\text{control}}} \times 100 \quad \text{สมการ 3.5}$$

เมื่อ  $A570_{\text{treatment}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของเซลล์ที่ได้บ่มด้วยสารสกัดจากลูกยอ

$A570_{\text{control}}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของเซลล์ที่ไม่ได้บ่มด้วยสารสกัดจากลูกยอ

#### 3.4.10 ความสามารถในการยับยั้งทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase



ภาพที่ 3.6 กระบวนการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase

การศึกษาการยับยั้งเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase) จะทดสอบกับสารตั้งต้น Acetylthiocholine iodide และ tacrine ซึ่งเป็นสารยับยั้งมาตรฐานสำหรับเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรส โดยเตรียมสารละลายต่าง ๆ ดังนี้

- สารละลาย tacrine hydrochloride เข้มข้น 100  $\mu$ g/mL ในน้ำกลั่นปริมาตร 1000  $\mu$ L และเตรียมสารละลายความเข้มข้นในช่วง 0.5-20.0  $\mu$ g/mL

- เตรียมสารละลายสารตัวอย่างที่ความเข้มข้น 20.0 mg/mL โดยละลายในน้ำกลั่น จากนั้นทดสอบสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังตาราง



สารสกัด	ความเข้มข้น (mg/mL)					
	ในชั้น	แมงสะตั้ง	รด่วน	จิ้งโกร่ง	จิ้งหรีด	ตักแตน
Hexane	0.1 - 12.0	1.0 - 14.0	0.01 - 3.0	0.05 - 8.0	1.0 - 14.0	0.02 - 5.0
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.01 - 4.0	0.2 - 18.0	0.01 - 4.0	0.01 - 4.0	0.5 - 18.0	0.1 - 18.0
EtOAc	0.05 - 16.0	1.0 - 22.0	0.05 - 7.0	0.01 - 12.0	0.1 - 12.0	0.05 - 9.0
MeOH	0.05 - 14.0	1.0 - 20.0	0.05 - 5.0	0.1 - 14.0	0.02 - 14.0	0.1 - 18.0

โดยปีเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 10 µL สารละลาย Acetylthiocholine iodide (ATCI) (5.0 mM) ปริมาตร 10 µL สารละลายเอนไซม์ Acetylcholinesterase (0.01 mg/mL) ปริมาตร 5 µL และสารละลาย 5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) (DTNB) (1.0 mM) ปริมาตร 10 µL จากนั้นเติมสารละลายบัฟเฟอร์ Tris-HCl (pH 6.8, 0.1 M) ปริมาตร 50 µL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 µL แล้วนำไปป่มที่อุณหภูมิ 37 °C เมื่อครบเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร โดยเครื่อง microplate reader และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจากค่าการดูดกลืนแสง ดังสมการ 3.6 จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งไปคำนวณหาค่า IC<sub>50</sub> โดยใช้โปรแกรม Grafit 5.0 (Erithacus software, Horley, UK)

$$\%inhibition = \left[ \frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}} \right] \times 100 \quad \text{สมการ 3.6}$$

เมื่อ  $A_{control}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีเอนไซม์

$A_{sample}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีเอนไซม์และสารละลายตัวอย่าง

### 3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis)

ข้อมูลของเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase,  $\alpha$ -amylase, tyrosinase, acetylcholinesterase ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ปริมาณฟีนอลิกและปริมาณฟลาโวนอยด์รวม แสดงเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย ( $\pm$  SD) สำหรับการทดลองซ้ำ 3 รอบ การวิเคราะห์ทางสถิติคำนวณโดยการวิเคราะห์ one-way analysis of Variance (ANOVA) และวิธี Duncan ค่าของ  $p < 0.05$  ได้รับการพิจารณาว่ามีนัยสำคัญแบบคงที่

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 4.1 สารสกัดจากลูกยอ

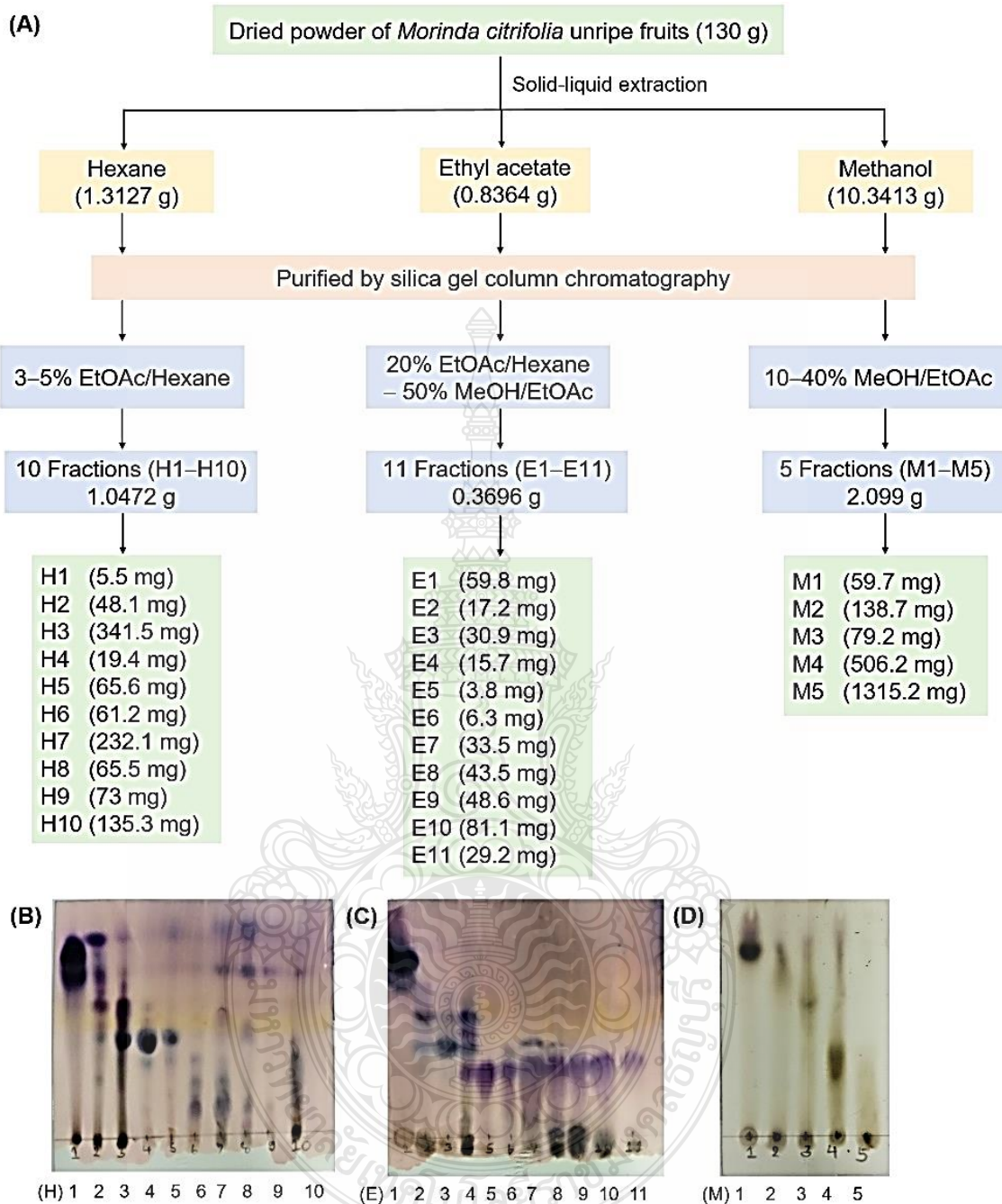
##### 4.1.1 วิธีการสกัดและกระบวนการแยกสารสำคัญจากลูกยอ

นำผงลูกยอที่ไม่สุกหนัก 130 กรัมมาแช่ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้วไปจนถึงมีขั้ว ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และเมทานอล ตามลำดับ เป็นเวลา 3 วัน แล้วทำการระเหยตัวทำละลายอินทรีย์ออก พบว่าได้เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากลูกยอดิบ (*Morinda citrifolia*) ได้เท่ากับ 1.0%, 0.6% และ 8.0% ของชั้นเฮกเซน เอทิลอะซิเตต และเมทานอล ตามลำดับ จากนั้นนำสารสกัดหยาบจากลูกยอในชั้นตัวทำละลายต่างๆ มาแยกเพิ่มเติมโดยวิธีซิลิกาคอลัมน์โครมาโตกราฟี จะได้ fractions ต่างๆ ดังนี้ เฮกเซน (H1-H10) เอทิลอะซิเตต (E1-E11) และเมทานอล (M1-M5) เพื่อหา fractions ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ได้แก่  $\alpha$ -glucosidase,  $\alpha$ -amylase และ tyrosinase ดังแสดงในภาพที่ 4.1 จากรูปที่ 4.1B-4.1D เป็นการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TLC ของ fractions แต่ละตัวทำละลายอินทรีย์ที่ได้จากการแยกด้วยวิธีซิลิกาคอลัมน์โครมาโตกราฟี โดยภาพที่ 4.1B เป็นชั้นเฮกเซน (H1-H10) และภาพที่ 4.1C เป็นชั้นเอทิลอะซิเตต (E1-E11) ที่ใช้ระบบตัวทำละลายเป็น 30% (v/v) EtOAc:Hexane ในส่วนของภาพที่ 4.1D เป็นชั้นเมทานอล (M1-M5) โดยใช้ระบบของตัวทำละลาย 30% (v/v) MeOH:EtOAc

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากลูกยอไม่สุก *Morinda citrifolia*

สารสกัดหยาบชั้น	เฮกเซน	เอทิลอะซิเตต	เมทานอล
อัลคาลอยด์	+	-	-
ซาโปนิน	-	+	-
แทนนิน	+	+	-
ไตรเตอร์ปีนอยด์	-	-	-
สเตียรอยด์	+	-	-
ฟลาโวนอยด์	-	+	+

หมายเหตุ: + คือ พบ และ - คือ ไม่พบ



ภาพที่ 4.1 (a) การสกัดและการแยกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากลูกยอไม่สุกโดยวิธีคอลัมน์โครมาโตกราฟี และการวิเคราะห์โดยวิธีทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี (TLC) ของ fractions ที่แยกได้ในชั้น (b) เฮกเซน (c) เอทิลอะซิเตต (d) เมทานอล

#### 4.1.2 การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical analysis)

การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากผงลูกยอดิบในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์จะศึกษาสารในกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้ อัลคาลอยด์ ซาโปนิน แทนนิน ไตรเทอร์ปีนอยด์ สเตอรอยด์ และฟลาโวนอยด์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่ากลุ่มฟลาโวนอยด์พบในสารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตทและเมทานอล กลุ่มแทนนินพบในสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนและเอทิลอะซิเตท กลุ่มอัลคาลอยด์และสเตอรอยด์พบในสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน นอกจากนี้กลุ่มซาโปนินพบในสารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตทเท่านั้น การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นในสารสกัดหยาบจากผงลูกยอดิบในตัวทำละลายอินทรีย์ดังกล่าวยืนยันฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเนื่องจาก อัลคาลอยด์และฟลาโวนอยด์เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบและต้านเบาหวาน [85] สารในกลุ่มซาโปนิน ไตร-เทอร์ปีนอยด์ และสเตอรอยด์มีฤทธิ์ในการต้านการแข็งตัวของเลือด, สารต้านมะเร็ง, การป้องกันตับ, กิจกรรมลดน้ำตาลในเลือด, การปรับภูมิคุ้มกัน, การป้องกันระบบประสาท, กิจกรรมต้านการอักเสบ และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ [86] และสารในกลุ่มแทนนินมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา เชื้อแบคทีเรียและมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสและไทโรซิเนส [87]

#### 4.1.3 ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม

จากการทดสอบหาปริมาณสารทางพฤกษเคมีเบื้องต้นพบว่า สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ไม่พบในสารสกัดหยาบของเฮกเซน ดังนั้นการตรวจหาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมจึงทำการทดสอบเฉพาะ fractions ของชั้นเอทิลอะซิเตท (E3-E11) และเมทานอล (M1-M5)

ปริมาณฟีนอลิกรวมของ fraction ของชั้นเอทิลอะซิเตทและเมทานอลจะใช้หลักการของ Folin-Ciocalteu โดยเทียบหาปริมาณจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลิกที่มีสมการ  $y = 11.35x + 0.0426$ ,  $R^2 = 0.9968$  จากตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณฟีนอลิกรวมของ fraction ทั้งหมดในเอทิลอะซิเตทและเมทานอลอยู่ในช่วง 12.9-38.6 และ 38.7-83.2 mg GAE/g extract ตามลำดับ โดยปริมาณฟีนอลิกรวมของ fraction ในชั้นเมทานอลจะมีปริมาณสูงกว่าชั้นเอทิลอะซิเตท

ในการตรวจสอบปริมาณฟลาโวนอยด์รวม กลุ่มออร์โธ-ไฮดรอกซิลของวงแหวน B ของอนุพันธ์ของฟลาโวนอยด์จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะลูมิเนียมคลอไรด์ [88] จากกราฟมาตรฐานของ quercetin ที่เทียบเท่าจากสมการ  $y = 14.223x - 0.0078$ ,  $R^2 = 0.9998$  จากตารางที่ 4.2 พบว่า ในชั้นเอทิลอะซิเตท E11 มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงสุด มีค่าเท่ากับ 94.0 mg QE/g extract โดยใช้ระบบตัวทำละลายเคลื่อนที่ 50% (v/v) MeOH/EtOAc สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของ fractions เมทานอลอยู่ในช่วง 13.1-22.5 mg QE/g extract เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมกับส่วนอื่น

ของต้นยอ พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์รวมใน fractions ของสารสกัดจากผลที่ยังไม่สุกมีค่ามากกว่าสารสกัดจากใบของ *Morinda citrifolia* [89]

**ตารางที่ 4.2** ปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของ fractions ในชั้นเอทิลอะซิเตต (E3-E11) และเมทานอล (M1-M5) ของผลลูกยอไม่สุก (*Morinda citrifolia*)

Fractions	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mg GAE/g extract)	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mg QE/g extract)
E3	19.2 ± 2.6 <sup>ab</sup>	0.8 ± 0.1 <sup>a</sup>
E6	19.3 ± 2.2 <sup>ab</sup>	2.2 ± 0.1 <sup>a</sup>
E7	12.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.2 <sup>ab</sup>
E8	38.6 ± 0.7 <sup>d</sup>	9.9 ± 0.6 <sup>bcd</sup>
E9	30.5 ± 5.6 <sup>c</sup>	1.2 ± 0.3 <sup>a</sup>
E10	30.6 ± 7.7 <sup>c</sup>	2.8 ± 0.5 <sup>ab</sup>
E11	25.4 ± 2.1 <sup>bc</sup>	94.0 ± 3.4 <sup>g</sup>
M1	38.7 ± 2.9 <sup>d</sup>	20.8 ± 0.2 <sup>f</sup>
M2	62.2 ± 1.8 <sup>f</sup>	15.6 ± 0.7 <sup>de</sup>
M3	51.2 ± 4.7 <sup>e</sup>	22.5 ± 1.2 <sup>f</sup>
M4	83.2 ± 0.8 <sup>g</sup>	17.1 ± 2.6 <sup>de</sup>
M5	64.4 ± 7.0 <sup>f</sup>	13.1 ± 1.9 <sup>cd</sup>

**หมายเหตุ:** GAE: gallic acid equivalent, QE: quercetin equivalent, ± หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) (n = 3) และค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวยกต่างกัน (a-g) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

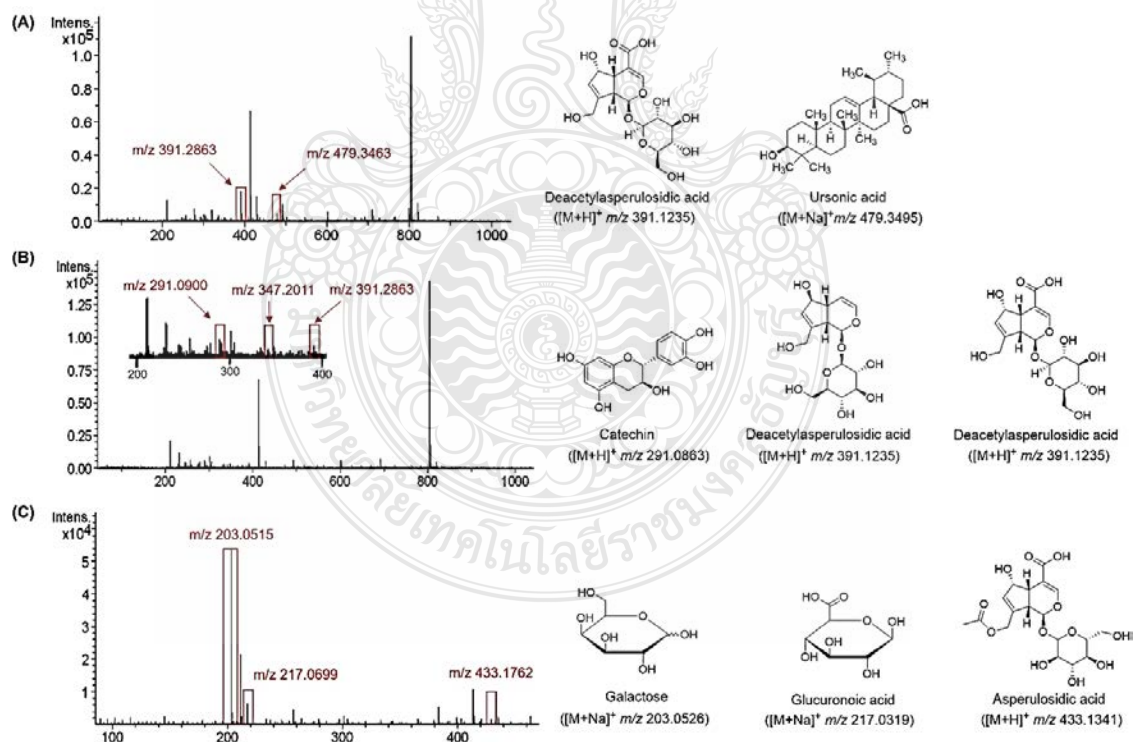
#### 4.1.4 การวิเคราะห์หาโครงสร้างสารออกฤทธิ์ในสารสกัดลูกยอ

การวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์ในสารสกัดลูกยอจะถูกวิเคราะห์โดยวิธี high-resolution mass spectroscopy ดังแสดงในภาพที่ 4.2 สำหรับพีคที่เกิดขึ้นในสเปกตรัม HRMS ของ fraction H10, E11 และ M5 จะถูกวิเคราะห์เทียบกับองค์ประกอบทางเคมีที่เคยถูกรายงานมาก่อนของต้นยอ *M. citrifolia* จากสเปกตรัม HRMS ของ H10 แสดงพีค 2 พีค ได้แก่ พีคที่เกิดขึ้นตำแหน่ง  $m/z$  391.2863  $[M+H]^+$  ซึ่งสอดคล้องกับ deacetylasperulosidic acid (calcd.  $m/z$  391.1235,  $[C_{16}H_{22}O_{11} + H]^+$ )

[90] และ  $m/z$  479.3463  $[M+Na]^+$  ซึ่งสอดคล้องกับ ursolic acid (calcd.  $m/z$  479.3495,  $[C_{30}H_{48}O_3 + Na]^+$ ) [91-93]

สเปกตรัม HRMS ของ E11 มีพีคหลายพีคเกิดขึ้นได้แก่ พีคที่ปรากฏขึ้นที่ตำแหน่ง  $m/z$  391.2680  $[M+H]^+$  ซึ่งสอดคล้องกับ deacetylasperulosidic acid (calcd.  $m/z$  391.1235,  $[C_{16}H_{22}O_{11} + H]^+$ ),  $m/z$  347.2011  $[M+H]^+$  ซึ่งสอดคล้องกับ aucubin (calcd.  $m/z$  347.1337,  $[C_{15}H_{22}O_9 + H]^+$ ) และ  $m/z$  291.0900  $[M+H]^+$  ซึ่งสอดคล้องกับ catechin (calcd.  $m/z$  291.0863  $[C_{15}H_{14}O_6 + H]^+$ ) [90, 94] จากผลการทดลองจะเห็นว่า สารประกอบที่พบใน fraction E11 มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟลาโวนอยด์รวมที่สูง

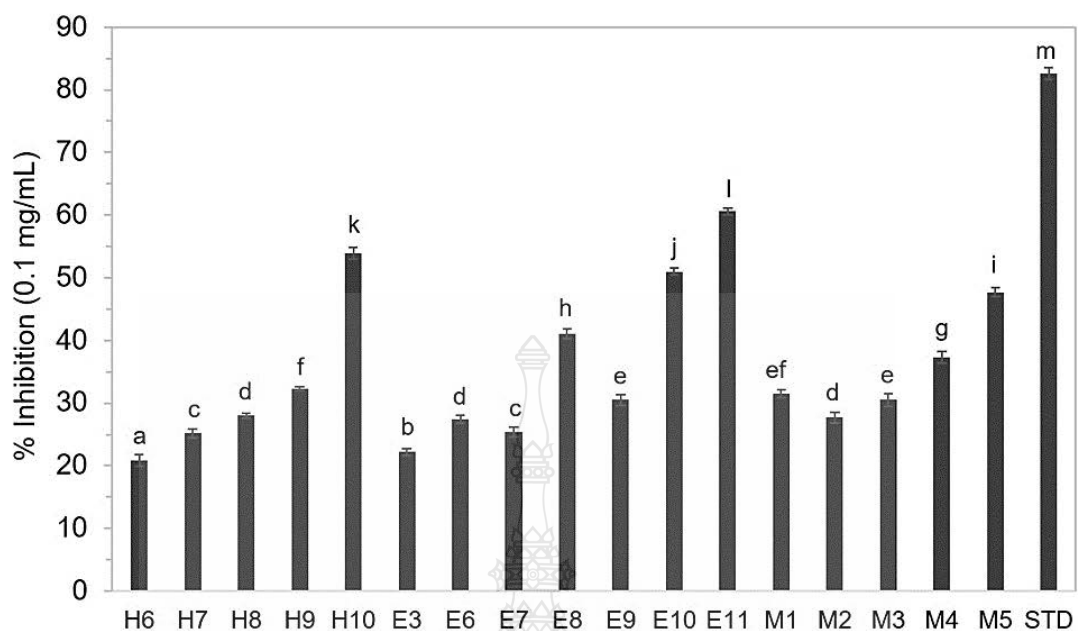
นอกจากนี้สเปกตรัม HRMS ของ M5 ยังแสดงพีคสูงสุดเกิดขึ้นที่ตำแหน่ง  $m/z$  433.1762  $[M+H]^+$  ซึ่งสอดคล้องกับ asperulosidic acid (calcd.  $m/z$  433.1341,  $[C_{18}H_{24}O_{12} + H]^+$ ) [93, 95, 96] อีกทั้งมีพีคที่น่าสนใจ คือ  $m/z$  217.0699  $[M+Na]^+$  และ  $m/z$  203.0515  $[M+Na]^+$  ที่สอดคล้องกับ Glucuronic acid (calcd.  $m/z$  217.0319,  $[C_6H_{10}O_7 + Na]^+$ ) และ Galactose (calcd.  $m/z$  203.0526,  $[C_6H_{12}O_6 + Na]^+$ ) ตามลำดับ [97, 98]



ภาพที่ 4.2 สเปกตรัม HR-MS และโครงสร้างของสารสกัดจากลูกยอ (A) H10, (B) E11 และ (C) M5

#### 4.1.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดลูกยอ

ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด (0.1 mg/mL) จากลูกยอที่ยังไม่สุก *Morinda citrifolia* จะทดลองผ่านปฏิกิริยาเรดิคัลของ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระไนโตรเจนที่คงตัว ที่จะเปลี่ยนเป็น diphenylpicrylhydrazine เมื่อมีสารต้านอนุมูลอิสระให้อิเล็กตรอน จากภาพที่ 4.3 พบว่าเปอร์เซ็นต์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดของ fraction ในเฮกเซนคือ H10 (53.9%) ทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากสารประกอบที่ไม่มีขั้ว [99] สำหรับ fractions ของสารสกัดในเอทิลอะซิเตต (E11) และเมทานอล (M5) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับ 60.6% และ 47.4% ตามลำดับ จากนั้นจึงทำการทดลองหาค่า  $IC_{50}$  ของ E11 และ M5 เท่ากับ  $1.19 \pm 0.27$  และ  $4.43 \pm 0.12$  mg/mL ตามลำดับ อย่างไรก็ตามฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดดังกล่าวยังต่ำกว่าสารมาตรฐานคือกรดแอสคอร์บิก ( $6.89 \pm 0.70$   $\mu$ g/mL) ในสารสกัดชั้นเอทิลอะซิเตต E11 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด และยังมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงสุดอีกด้วย ได้งานวิจัยรายงานว่าฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำผลไม้หมักจากการสกัดเอทิลอะซิเตตมีมากกว่ากรดแอสคอร์บิก [97, 100] จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า E11 ในเอทิลอะซิเตตมีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในปริมาณสูงอาจส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซี (-OH) ที่อิสระของอนุพันธ์ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์มีคุณสมบัติรีดิวซ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [78, 101, 102] เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ [103] ที่พบว่าสารสกัดที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในปริมาณที่สูงจะมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และตัวทำละลาย



ภาพที่ 4.3 เเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระของ fractions ต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/mL โดยมี กรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐาน (STD) และตัวอักษรที่ต่างกัน (a-m) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

#### 4.1.6 ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ $\alpha$ -glucosidase, $\alpha$ -amylase และ Tyrosinase

สำหรับโรคเบาหวาน ระดับน้ำตาลในเลือดถูกควบคุมโดยการยับยั้งเอนไซม์ย่อยอาหารที่มีประสิทธิภาพ เช่น เอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase และเอนไซม์  $\alpha$ -amylase [104] ดังนั้นการยับยั้งเอนไซม์เหล่านี้จากพืชที่มีสรรพคุณทางยาจึงได้รับความสนใจอย่างมาก การยับยั้งการทำงานของแอลฟาไกลโคซิเดสคือการยับยั้งการย่อยและการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตในระบบย่อยอาหารบริเวณลำไส้ ซึ่งวิธีการนี้เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการลดระดับน้ำตาลในกระแสเลือดหลังมื้ออาหารที่มีประสิทธิภาพ การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแอลฟาไกลโคซิเดส เป็นการยับยั้งการสลายอลิโกแซคคาไรด์บริเวณลำไส้เล็กส่งผลให้น้ำตาลดูดซึมได้ช้าลง ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือดวิธีหนึ่ง จากการศึกษาพบว่า ส่วนสกัดจากการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ของ สารสกัดลูกยอที่ยังไม่สุก *Morinda citrifolia* ดังแสดงในตารางที่ 4.3 เเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ของ fractions ทั้งหมดของเฮกเซน (H6-H10) (0.1 mg/mL) อยู่ในช่วง 30.1-48.5% สำหรับชั้นเมทานอล M5 ที่มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุดและยังพบว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุดในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase มีค่าเท่ากับ  $75.7 \pm 0.9\%$  สำหรับชั้นเอทิลอะซิเตต E11 ที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด ยังพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์เท่ากับ  $71.9 \pm 0.9\%$  จาก



ผลการทดลองจะเห็นว่าการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase อาจเกี่ยวข้องกับปริมาณฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกรวม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ [41] ดังนั้นจึงมีการหาค่า  $IC_{50}$  ของ H10, E11 และ M5 ดังแสดงในตารางที่ 4.4 การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ของ E11 ( $IC_{50} = 0.43 \pm 0.02$  mg/mL) สูงกว่า M5 ( $IC_{50} = 0.85 \pm 0.03$  mg/mL) และ H10 ( $IC_{50} = 1.51 \pm 0.32$  mg/mL) แสดงให้เห็นว่าสารยับยั้งธรรมชาติจากผลยอดที่ยังไม่สุกของ *Morinda citrifolia* มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ได้ดี อย่างไรก็ตามความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase ยังคงมีประสิทธิภาพน้อยกว่า acarbose ที่เป็นสารยับยั้งมาตรฐาน ( $IC_{50} = 0.13 \pm 0.02$  mg/mL)

การทำงานของเอนไซม์อะไมเลส โดยติดตามปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของแป้งมัน (potato starch) ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาเมื่อแป้งถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสไปเป็นน้ำตาล การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -amylase ของ fractions ของผลที่ยังไม่สุกของ *Morinda citrifolia* ความเข้มข้น 0.1 mg/mL ถูกศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -amylase ในชั้นเฮกเซนมีค่าในช่วง 17.5-36.3% ชั้นเอทิลอะซิเตทมีค่าในช่วง 25.2-42.4% และเมทานอลมีค่าในช่วง 33.1-63.5% จากผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสูงสุดของ fractions ของแต่ละชั้น จึงนำมาหาค่า  $IC_{50}$  ของ H10, E11 และ M5 ดังแสดงในตารางที่ 4.4 การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -amylase ของ E11 ( $IC_{50} = 0.58 \pm 0.09$  mg / mL) และ M5 ( $IC_{50} = 0.13 \pm 0.02$  mg/mL) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเทียบเท่ากับ acarbose ที่เป็นสารยับยั้งมาตรฐาน ( $IC_{50} = 0.08 \pm 0.01$  mg/mL) และ H10 มีประสิทธิภาพน้อยกว่ามาก ( $IC_{50} = 2.95 \pm 0.62$  mg/mL) จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี One-way Anova จากผลการทดลองจะเห็นว่าการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -amylase อาจเกี่ยวข้องกับปริมาณฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกรวมที่พบได้สูงในสารสกัดจากชั้นเอทิลอะซิเตทและเฮกเซน [105]

สำหรับการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสของ fractions จากลูกยอดที่ไม่สุก (*Morinda citrifolia*) ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/mL ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จากผลการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสของ fractions ในชั้นเฮกเซนมีค่าในช่วง 29.1-67.6% ชั้นเอทิลอะซิเตท 24.7-53.0% และเมทานอลมีค่าในช่วง 44.6-76.7% สำหรับเปอร์เซ็นต์สูงสุดที่สุดในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสของแต่ละชั้น คือ H10, E11 และ M5 มีค่าเท่ากับ  $67.6 \pm 0.4\%$ ,  $53.0 \pm 0.6\%$  และ  $76.7 \pm 0.6\%$  ตามลำดับ ดังนั้นจึงทำการทดลองหาค่า  $IC_{50}$  ของ H10, E11 และ M5 พบว่าเท่ากับ  $1.20 \pm 0.25$ ,  $0.67 \pm 0.02$  และ  $0.37 \pm 0.06$  mg/mL ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 อย่างไรก็ตามฤทธิ์ในการยับยั้งไทโรซิเนสของสารดังกล่าวยังน้อยกว่ากรดโคจิกที่เป็นสารยับยั้งมาตรฐาน ( $IC_{50} = 0.09 \pm 0.01$  mg/mL) [106] จากผลการทดลองซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบสารพิษทุกชนิด

เบื้องต้นที่พบฟลาโวนอยด์ในสารสกัดจากชั้นเอธิลอะซีเตตและเมทานอลซึ่งสารกลุ่มโพลีฟีนอลและฟลาโวนอยด์เป็นที่ทราบกันดีว่าสารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านไวรัส ต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็ง [26] งานวิจัยหลายงานพบว่าฟลาโวนอยด์มีความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดีและยังสามารถจับกับโลหะในโครงสร้างของเมทาโลเอนไซม์ (metalloenzyme) ที่บริเวณเร่งได้ จึงทำให้สารในกลุ่มนี้มีความสามารถในการลดการสร้างเม็ดสีจากการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยตรงเนื่องจากโครงสร้างของฟลาโวนอยด์มีหมู่แอลฟาคีโต หรือ 3-ไฮดรอกซี ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับหมู่ไดไฮดรอกซีฟีนิลของ DOPA จึงทำให้จับคอปเปอร์ได้ [107]

**ตารางที่ 4.3** เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase,  $\alpha$ -amylase และ tyrosinase จากสารสกัด fractions ต่างๆ จากผลที่ไม่สุกของลูกยอ (*Morinda citrifolia*)

Fractions	% Inhibition at 0.1 mg/mL		
	$\alpha$ -glucosidase	$\alpha$ -amylase	Tyrosinase
H6	30.1 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	17.5 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	29.1 $\pm$ 0.8 <sup>b</sup>
H7	37.6 $\pm$ 1.0 <sup>c</sup>	24.0 $\pm$ 0.9 <sup>c</sup>	36.2 $\pm$ 1.0 <sup>e</sup>
H8	40.1 $\pm$ 0.5 <sup>d</sup>	21.5 $\pm$ 1.0 <sup>b</sup>	49.6 $\pm$ 0.4 <sup>k</sup>
H9	33.9 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	28.6 $\pm$ 0.9 <sup>e</sup>	40.5 $\pm$ 0.8 <sup>g</sup>
H10	48.5 $\pm$ 0.8 <sup>g</sup>	36.3 $\pm$ 0.5 <sup>h</sup>	67.6 $\pm$ 0.4 <sup>o</sup>
E3	38.6 $\pm$ 0.6 <sup>c</sup>	25.2 $\pm$ 1.0 <sup>c</sup>	24.7 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>
E6	47.1 $\pm$ 0.5 <sup>f</sup>	26.9 $\pm$ 0.5 <sup>d</sup>	34.1 $\pm$ 0.7 <sup>d</sup>
E7	51.0 $\pm$ 0.6 <sup>h</sup>	29.1 $\pm$ 1.0 <sup>e</sup>	30.8 $\pm$ 0.4 <sup>c</sup>
E8	43.3 $\pm$ 0.5 <sup>e</sup>	28.3 $\pm$ 0.7 <sup>e</sup>	47.3 $\pm$ 0.9 <sup>j</sup>
E9	55.8 $\pm$ 0.3 <sup>i</sup>	33.3 $\pm$ 0.9 <sup>g</sup>	32.3 $\pm$ 0.9 <sup>de</sup>
E10	59.4 $\pm$ 0.6 <sup>j</sup>	39.0 $\pm$ 0.8 <sup>i</sup>	37.7 $\pm$ 1.0 <sup>f</sup>
E11	71.9 $\pm$ 0.9 <sup>l</sup>	42.4 $\pm$ 0.5 <sup>j</sup>	53.0 $\pm$ 0.6 <sup>l</sup>
M1	30.6 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	33.1 $\pm$ 1.0 <sup>g</sup>	44.6 $\pm$ 0.7 <sup>i</sup>
M2	33.0 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	30.6 $\pm$ 0.6 <sup>f</sup>	42.1 $\pm$ 0.6 <sup>h</sup>
M3	60.3 $\pm$ 0.9 <sup>j</sup>	42.9 $\pm$ 0.7 <sup>i</sup>	56.8 $\pm$ 0.8 <sup>m</sup>
M4	68.2 $\pm$ 0.5 <sup>k</sup>	47.9 $\pm$ 1.0 <sup>k</sup>	60.5 $\pm$ 0.8 <sup>n</sup>
M5	75.7 $\pm$ 0.9 <sup>m</sup>	63.5 $\pm$ 0.7 <sup>m</sup>	76.7 $\pm$ 0.6 <sup>p</sup>
Acarbose	67.8 $\pm$ 3.2 <sup>k</sup>	74.0 $\pm$ 0.3 <sup>n</sup>	NM
Kojic acid	NM	NM	83.4 $\pm$ 0.8 <sup>q</sup>

**หมายเหตุ:**  $\pm$  หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) (n = 3) ค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวยกต่างกัน (a-n) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) และ NM บ่งชี้ว่าไม่มีการตรวจวัด

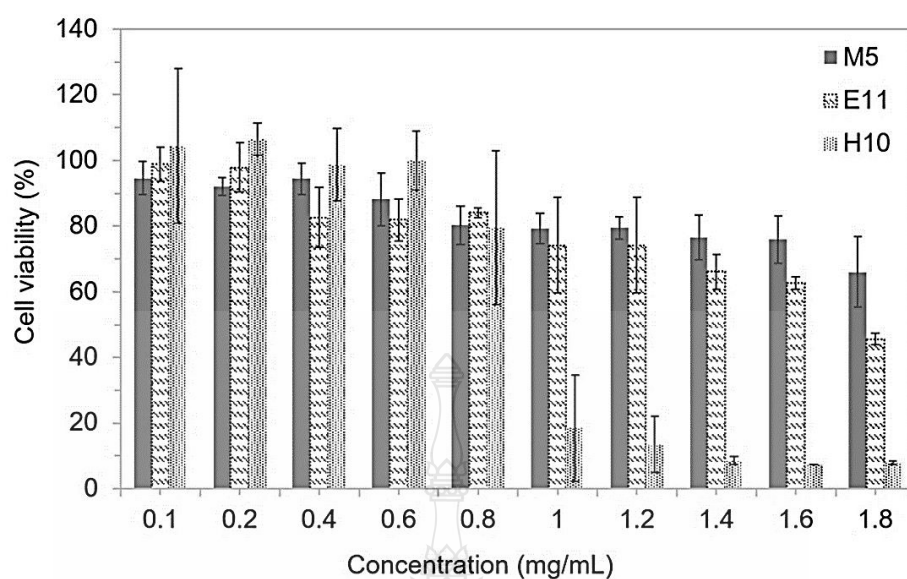
**ตารางที่ 4.4** ความสามารถในการยับยั้ง (ค่า IC<sub>50</sub>) ในการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -amylase,  $\alpha$ -glucosidase และ tyrosinase ของ H10, E11 และ M5

Fractions	IC <sub>50</sub> (mg/ml)		
	$\alpha$ -Glucosidase	$\alpha$ -Amylase	Tyrosinase
H10	1.51 ± 0.32 <sup>d</sup>	2.95 ± 0.62 <sup>b</sup>	1.20 ± 0.25 <sup>d</sup>
E11	0.43 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.58 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.02 <sup>c</sup>
M5	0.85 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.13 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.37 ± 0.06 <sup>b</sup>
Acarbose	0.13 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>a</sup>	NM
Kojic acid	NM	NM	0.09 ± 0.01 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ:** ± หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) (n = 3) ค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวยกต่างกัน (a-d) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) และ NM บ่งชี้ว่าไม่มีการตรวจวัด

#### 4.1.7 ความเป็นพิษของสารสกัดในเซลล์สิ่งมีชีวิต

การทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity) ต่อเซลล์ของ H10, E11 และ M5 จากผลที่ไม่สุกของลูกยอ *Morinda citrifolia* ในงานวิจัยนี้ได้สนใจที่จะนำสารสกัดจากลูกยอที่ได้ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสำอางที่ทำให้ผิวขาวจึงทำการหาจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตในเซลล์ของมนุษย์ที่ผิวหนัง (Human skin keratinocyte cells, HaCaT cells) ผ่านการทดลอง [4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay ดังแสดงในภาพที่ 4.4 จากผลการทดลองพบว่า fractions เหล่านี้ไม่แสดงความเป็นพิษต่อเซลล์ในช่วงความเข้มข้น 0.1-0.8 mg/mL เนื่องจากความมีชีวิตของเซลล์มากกว่า 80% อย่างไรก็ตาม H10 มีความเป็นพิษต่อเซลล์ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 1.0 mg/mL ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า fractions เหล่านี้สามารถนำไปใช้ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้



ภาพที่ 4.4 การทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity) ต่อเซลล์ของ H10, E11 และ M5

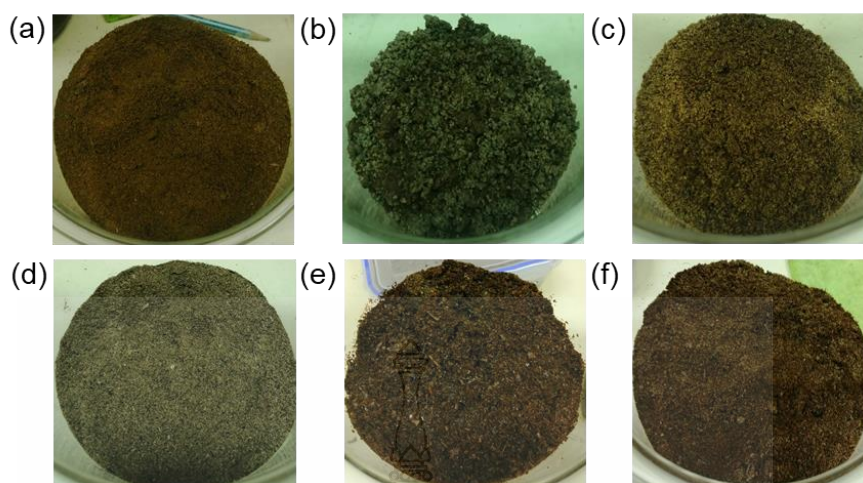
## 4.2 สารสกัดจากแมลงที่กินได้

### 4.2.1 น้ำหนักของแมลงก่อนและหลังอบ

นำแมลงทั้ง 6 ชนิด คือ ดักแด้ แมงสะตัง จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด หนอนไหมไผ่หรือรด่วน และตักแตนป่าทั้งห้า มาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 °C จนแห้ง และทำการชั่งน้ำหนักของแมลงหลังอบ ดังแสดงตารางที่ 4.5 จะเห็นว่า น้ำหนักแมลงหลังอบจะเหลือประมาณ 21-28% เมื่อเทียบกับน้ำหนักก่อนอบ หลังจากปั่นจนละเอียดจะได้ลักษณะผงแมลงดังนี้ แมงสะตังเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลเข้ม รด่วนเป็นผงหยาบและมีน้ำมันผสมอยู่ด้วย ดักแด้เป็นผงละเอียดสีน้ำตาล จิ้งโกร่งเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อน ตักแตนเป็นผงหยาบสีน้ำตาลเข้ม และจิ้งหรีดเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลเข้ม ดังภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 น้ำหนักของแมลงชนิดต่างๆ ก่อนอบและหลังอบ

ตัวอย่างแมลง	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)
แมงสะตัง	3,000	831.6 (28%)
จิ้งโกร่ง	2,000	511.0 (26%)
ตักแตนป่าทั้งห้า	3,000	772.5 (26%)
จิ้งหรีด	3,000	700.4 (23%)
ดักแด้	3,000	629.7 (21%)
รด่วน	2,000	415.5 (21%)

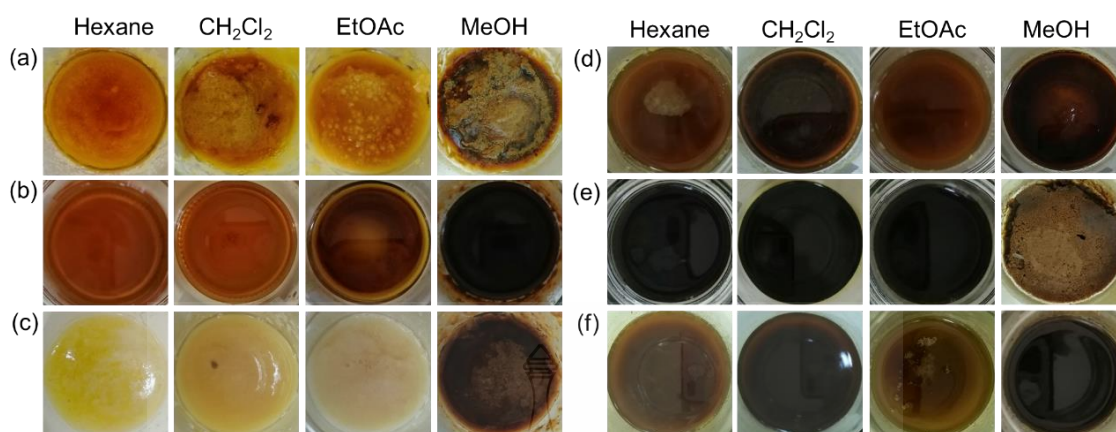


ภาพที่ 4.5 ลักษณะของผงแมลงกินได้ ได้แก่ (a) แมงสะตึง (b) รถด่วน (c) ดักแด้ (d) จิ้งโกร่ง (e) ตั๊กแตนป่าทั้งก้า และ (f) จิ้งหรีด

#### 4.2.2 ปริมาณสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์ของแมลงกินได้

การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแมลงที่กินได้จะสกัดออกด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ เฮกเซน (Hexane) ไคลอโรฟอร์ม (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) เอทิลเอซีเตต (EtOAc) และเมทานอล (MeOH) จะได้ลักษณะสารสกัดหยาบของแมลงที่กินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ดังนี้ แมงสะตึงและดักแด้มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเหลือง-สีน้ำตาลเข้ม รถด่วนในชั้นเฮกเซนถึงเอทิลเอซีเตตมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน-สีขาวและชั้นเมทานอลมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม จิ้งโกร่งและตั๊กแตนป่าทั้งก้ามีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม และจิ้งหรีดมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาลอ่อน-สีน้ำตาลเข้ม ดังภาพที่ 4.6

จากกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์พบว่า น้ำหนักสารสกัดหยาบของแมลงกินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ มีค่าในช่วง 3-10% เมื่อเทียบกับน้ำหนักของผงแมลง จากตารางที่ 4.6 ชั้นเฮกเซนจะได้น้ำหนักสารสกัดหยาบมากกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น เมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มน้ำหนักของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ของแมลงที่กินได้จากมากไปน้อย ดังนี้ Hexane > CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> > MeOH > EtOAc ยกเว้นรถด่วนที่มีน้ำหนักสารสกัดหยาบของเมทานอลมากกว่าเอทิลเอซีเตต สำหรับสารสกัดหยาบในชั้น Hexane ของดักแด้และรถด่วนมีค่าเท่ากับ 23.0% และ 32.3% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับแมลงชนิดอื่น เนื่องจากแมลงทั้งสองชนิดมีไขมันในปริมาณสูง [108] และเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักรวมของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของแมลงแต่ละชนิดจะได้แนวโน้มจากมากไปน้อยดังนี้ รถด่วน (58.9%) ดักแด้ (38.3%) ตั๊กแตนป่าทั้งก้า (27.2%) จิ้งหรีด (26.8%) แมงสะตึง (21.5%) และจิ้งโกร่ง (18.8%) ตามลำดับ



ภาพที่ 4.6 ลักษณะของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงกินได้ ได้แก่ (a) แมงสะตั้ง (b) ดักแด้ (c) รถด่วน (d) จิ้งโกร่ง (e) ตั๊กแตนปาหังก้า และ (f) จิ้งหรีด

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบของแมลงที่กินได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ

ตัวอย่างแมลง	น้ำหนัก (กรัม)	น้ำหนักสารสกัด (กรัม)				น้ำหนักรวม (กรัม)
		Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH	
ดักแด้	629.7	144.6 (23.0%)	39.1 (6.2%)	21.2 (3.4%)	35.8 (5.7%)	240.7 (38.3%)
แมงสะตั้ง	831.6	81.9 (9.8%)	49.7 (6.0%)	13.1 (1.6%)	34.4 (4.1%)	179.1 (21.5%)
จิ้งโกร่ง	511.01	23.0 (4.5%)	34.9 (6.8%)	14.0 (2.7%)	24.4 (4.8%)	96.2 (18.8%)
จิ้งหรีด	700.4	75.1 (10.7%)	60.2 (8.6%)	19.8 (2.8%)	32.6 (4.7%)	187.6 (26.8%)
รถด่วน	415.5	134.0 (32.3%)	63.0 (15.2%)	34.6 (8.3%)	13.0 (3.1%)	244.7 (58.9%)
ตั๊กแตน ปาหังก้า	772.5	60.6 (7.8%)	84.0 (10.9%)	17.9 (2.3%)	47.5 (6.1%)	210.0 (27.2%)

#### 4.2.3 การทดสอบพฤษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากแมลงกินได้

การทดสอบสารพฤษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical analysis) ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงทั้ง 6 ชนิดคือ ดักแด้ แมงสะตั้ง จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด หนอนไหมไผ่หรือรถด่วน และตั๊กแตนปาหังก้า แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ซาโปนิน สเตอรอยด์ ไตรเทอปีน

และแทนนิน ดังแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่า สารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ทุกชั้นของแมลงทุกชนิดพบสารกลุ่มแอลคาลอยด์ ซาโปนิน และสเตอรอยด์ ยกเว้นสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนของดักแด้ไม่พบสารกลุ่มแอลคาลอยด์ ส่วนสารกลุ่มไตรเทอปีนจะพบในสารสกัดหยาบของแมลงบางชนิดเท่านั้น ได้แก่ ดักแด้ชั้นเฮกเซนและไดคลอโรมีเทน แมงสะดั่งชั้นไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซีเตต และเมทานอล และจิ้งหรีดชั้นเอทิลอะซีเตต ส่วนสารกลุ่มแทนนินพบในสารสกัดหยาบของแมลงบางชนิดเช่นกัน ได้แก่ ดักแด้ชั้นเอทิลอะซีเตต ดักแด้ แมงสะดั่ง จิ้งโกร่ง และตั๊กแตนป่าทั้งห้าชั้นเมทานอล อย่างไรก็ตามยังไม่ค่อยมีงานวิจัยที่ศึกษาสารพิษเคมีจากสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้ ส่วนใหญ่จะศึกษาการออกฤทธิ์ของโปรตีนและเปปไทด์ที่ได้จากการสกัดจากแมลงที่กินได้ [67, 109]

**ตารางที่ 4.7** ผลการทดสอบพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ จากแมลงที่กินได้

	สารสกัดหยาบ	แอลคาลอยด์	ซาโปนิน	สเตอรอยด์	ไตรเทอปีน	แทนนิน
ดักแด้	Hexane	-	+	+	+	-
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	+	+	+	+	-
	EtOAc	+	+	+	-	+
	MeOH	+	+	+	-	+
แมงสะดั่ง	Hexane	+	+	+	-	-
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	+	+	+	+	-
	EtOAc	+	+	+	+	-
	MeOH	+	+	+	+	+
จิ้งโกร่ง	Hexane	+	+	+	-	-
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	+	+	+	-	-
	EtOAc	+	+	+	-	-
	MeOH	+	+	+	-	+
จิ้งหรีด	Hexane	+	+	+	-	-
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	+	+	+	-	-
	EtOAc	+	+	+	+	-
	MeOH	+	+	+	-	-
รอต่วน	Hexane	+	+	+	-	-
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	+	+	+	-	-
	EtOAc	+	+	+	-	-
	MeOH	+	+	+	-	+
ตั๊กแตน	Hexane	+	+	+	-	-
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	+	+	+	-	-
ป่าทั้งห้า	EtOAc	+	+	+	-	-
	MeOH	+	+	+	-	+

หมายเหตุ: + คือพบ, - คือไม่พบ

#### 4.2.4 ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม

การหาปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงกินได้จะอาศัยหลักการ Folin-Ciocalteu โดยเทียบหาปริมาณจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (Galic acid, GAE) ที่มีสมการ  $y = 0.0303x + 0.3724$ ,  $R^2 = 0.9981$  จากในตารางที่ 4.8 พบว่าสารสกัดหยาบในชั้นเมทานอลมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ตัวอื่นๆ โดยสารสกัดหยาบจากรถด่วนมีปริมาณฟีนอลิกมากที่สุดในสารสกัดหยาบจากแมลงกินได้ทั้งหมดเท่ากับ 35.8 mg GAE/mg extract เมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มปริมาณฟีนอลิกรวมจากมากไปน้อยในชั้นเมทานอลของแมลงจะได้แนวโน้ม ดังนี้ รถด่วน > จิ้งโกร่ง ~ ดักแด้ ~ ตักแตน > แมงสะดั่ง > จิ้งหรีด สำหรับสารสกัดหยาบในชั้นเอทิลอะซีเตตของดักแด้ก็มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าแมลงชนิดอื่น ในขณะที่ส่วนใหญ่สารสกัดหยาบในตัวทำละลายอื่นๆ พบปริมาณฟีนอลิกรวมไม่ถึง 10 mg GAE/mg extract

ตารางที่ 4.8 ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงกินได้

สารสกัดหยาบ	ตัวทำละลายอินทรีย์	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mg GAE/mg extract)	สารสกัดหยาบ	ตัวทำละลายอินทรีย์	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mg GAE/mg extract)
จิ้งหรีด	Hexane	6.0 ± 0.6 <sup>abcd</sup>	ตักแตน	Hexane	6.9 ± 0.3 <sup>bcde</sup>
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	6.9 ± 0.4 <sup>bcde</sup>		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	9.8 ± 0.6 <sup>f</sup>
	EtOAc	5.7 ± 0.7 <sup>abc</sup>		EtOAc	6.7 ± 0.3 <sup>bcde</sup>
	MeOH	21.7 ± 1.0 <sup>h</sup>		MeOH	31.7 ± 2.2 <sup>j</sup>
จิ้งโกร่ง	Hexane	8.7 ± 0.9 <sup>ef</sup>	รถด่วน	Hexane	5.8 ± 3.2 <sup>abc</sup>
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	8.7 ± 0.9 <sup>ef</sup>		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	8.5 ± 0.6 <sup>def</sup>
	EtOAc	8.3 ± 0.7 <sup>def</sup>		EtOAc	5.4 ± 0.7 <sup>ab</sup>
	MeOH	33.0 ± 1.6 <sup>j</sup>		MeOH	35.7 ± 3.4 <sup>k</sup>
ดักแด้	Hexane	8.5 ± 1.1 <sup>def</sup>	แมงสะดั่ง	Hexane	3.9 ± 0.5 <sup>a</sup>
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	8.2 ± 0.5 <sup>cdef</sup>		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	3.8 ± 0.2 <sup>a</sup>
	EtOAc	18.7 ± 1.1 <sup>g</sup>		EtOAc	9.7 ± 0.9 <sup>f</sup>
	MeOH	33.0 ± 1.6 <sup>j</sup>		MeOH	28.8 ± 1.5 <sup>i</sup>

หมายเหตุ: ± หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) (n = 3) ค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวยกต่างกัน (a-k) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )



สำหรับการหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้จะอาศัยหลักการเกิดสีของสารประกอบเชิงซ้อนกับอะลูมิเนียมคลอไรด์ [88] โดยจะคำนวณหาปริมาณจากกราฟมาตรฐานของเคอซีติน (Quercetin, QE) เทียบจากสมการ  $y = 0.1145x + 0.02$ ,  $R^2 = 0.9984$  ดังแสดงในตารางที่ 4.9 จากการทดลองพบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบในชั้นเมทานอลมีปริมาณสูงกว่าสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดอื่นๆ ซึ่งพบอยู่ในช่วง 2.5 -11.8 mg QE/mg extract และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดหยาบชั้นเมทานอลของแมลงจากมากไปน้อยได้แนวโน้มดังนี้ ตักแต่น > ตักแต่น > แมงสะตั้ง > รถด่วน > จิ้งหรีด > จิ้งโกร่ง นอกจากนี้สารสกัดหยาบในชั้นไดคลอมีเทนและเอทิลอะซีเตตของตักแต่น ปาทังกามีปริมาณฟลาโวนอยด์ที่สูงกว่าสารสกัดหยาบจากแมลงชนิดอื่น ในขณะที่สารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ของแมลงชนิดอื่นๆ พบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมไม่เกิน 1 mg QE/mg extract

ตารางที่ 4.9 ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงกินได้

สารสกัดหยาบ	ตัวทำละลายอินทรีย์	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mg QE/mg extract)	สารสกัดหยาบ	ตัวทำละลายอินทรีย์	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mg QE/mg extract)
จิ้งหรีด	Hexane	$0.7 \pm 0.1^{abc}$	ตักแต่น	Hexane	$0.6 \pm 0.0^{ab}$
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$1.1 \pm 0.1^{cd}$		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$1.7 \pm 0.3^{ef}$
	EtOAc	$2.3 \pm 0.2^g$		EtOAc	$1.5 \pm 0.2^e$
	MeOH	$7.4 \pm 0.1^k$		MeOH	$23.5 \pm 0.3^o$
จิ้งโกร่ง	Hexane	$1.0 \pm 0.2^{bcd}$	รถด่วน	Hexane	$0.4 \pm 0.0^a$
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$0.5 \pm 0.1^a$		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	ND
	EtOAc	$1.1 \pm 0.2^d$		EtOAc	ND
	MeOH	$5.9 \pm 0.5^i$		MeOH	$7.8 \pm 0.2^l$
ตักแต่น	Hexane	$0.9 \pm 0.1^{bcd}$	แมงสะตั้ง	Hexane	$2.2 \pm 0.3^g$
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$5.3 \pm 0.4^h$		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$0.4 \pm 0.0^a$
	EtOAc	$6.7 \pm 0.1^j$		EtOAc	$2.0 \pm 0.1^{fg}$
	MeOH	$21.9 \pm 0.3^n$		MeOH	$10.4 \pm 0.3^m$

หมายเหตุ: ± หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) (n = 3) และค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวกต่างกัน (a-o) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) และ ND คือตรวจไม่พบ

#### 4.2.5 ฤทธิ์ในด้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากแมลงกินได้

ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงชนิดต่างๆ จะศึกษาอาศัยหลักการต้านอนุมูลอิสระผ่านตัวกลางเรดิคอล 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) โดยสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ของแมลงกินได้จะนำไปหาเปอร์เซ็นต์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 0.5 mg/mL ดังแสดงในตารางที่ 4.10 จากการทดลองพบว่า สารสกัดหยาบของดักแด้ชั้น Hexane ไม่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้มีงานวิจัยรายงานว่า สารสกัดน้ำมันและเซริซินจากดักแด้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าสารมาตรฐาน เช่น วิตามินซี วิตามินอี และ BHT ประมาณ 20-100 เท่า [75] สำหรับสารสกัดหยาบในชั้นต่างๆ ของจิ้งหรีดและดักแด้แทนปาทังก้ามีเปอร์เซ็นต์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าแมลงชนิดอื่นๆ ในขณะที่สารสกัดหยาบส่วนใหญ่ของแมงสะตั้ง ดักแด้ รถด่วน และจิ้งโกร่งมีเปอร์เซ็นต์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่เกิน 20% ส่วนสารสกัดหยาบในชั้นเมทานอลของแมลงทั้ง 6 ชนิดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจึงทำการทดลองหาค่า  $IC_{50}$  ดังแสดงในตารางที่ 4.11 จากการทดลองพบว่า สารสกัดหยาบดักแด้แทนปาทังก้า ( $IC_{50} = 0.48 \pm 0.02$  mg/mL) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าแมลงชนิดอื่นๆ ได้แก่ จิ้งโกร่ง ( $IC_{50} = 1.09 \pm 0.06$  mg/mL) จิ้งหรีด ( $IC_{50} = 1.13 \pm 0.05$  mg/mL) ดักแด้ ( $IC_{50} = 1.30 \pm 0.02$  mg/mL) แมงสะตั้ง ( $IC_{50} = 2.23 \pm 0.05$  mg/mL) และรถด่วน ( $IC_{50} = 6.45 \pm 0.65$  mg/mL) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของแมลงกินได้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่า ascorbic acid ที่เป็นสารมาตรฐาน ( $IC_{50} = 6.3 \pm 0.2$   $\mu$ g/mL) จากการทดลองสอดคล้องกับการหาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดจากแมลงทุกชนิดพบว่า มีปริมาณฟีนอลิกและ ฟลาโวนอยด์สูงในชั้นของสารสกัดจากเมทานอลของแมลงทุกชนิด ซึ่งสารที่มีสารประกอบฟีนอลิกและ ฟลาโวนอยด์ในปริมาณสูงอาจจะส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซี (-OH) ที่อิสระของอนุพันธ์ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์มีคุณสมบัติรีดอกซ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [78, 101] เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน [103] ที่พบว่าสารสกัดที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในปริมาณที่สูงจะมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.11 ค่า IC<sub>50</sub> ของการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบในชั้นเมทานอลจากแมลงกินได้

สารสกัดหยาบ	IC <sub>50</sub> (mg/mL)			
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย ± ค่า SD
ชั้นเมทานอล				
แมงสะดิ่ง	2.28	2.23	2.18	2.23 ± 0.05 <sup>d</sup>
จิ้งโกร่ง	1.11	1.14	1.02	1.09 ± 0.06 <sup>c</sup>
ตั๊กแตนปาหังก้า	0.50	0.48	0.46	0.48 ± 0.02 <sup>b</sup>
รถด่วน	7.17	6.29	5.90	6.45 ± 0.65 <sup>e</sup>
จิ้งหรีด	1.15	1.07	1.17	1.13 ± 0.05 <sup>c</sup>
ดักแด้	1.32	1.31	1.28	1.30 ± 0.02 <sup>c</sup>
กรดแอสคอบิก	6.55 × 10 <sup>-3</sup>	6.30 × 10 <sup>-3</sup>	6.14 × 10 <sup>-3</sup>	6.33 ± 0.21 (× 10 <sup>-3</sup> ) <sup>a</sup>

หมายเหตุ: ± หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) (n = 3) และค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวยกต่างกัน (a-e) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

#### 4.2.6 ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ( $\alpha$ -glucosidase)

การศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงทั้ง 6 ชนิด คือ แมงสะดิ่ง รถด่วน จิ้งหรีด จิ้งโกร่ง ตั๊กแตนปาหังก้า และดักแด้ ดังแสดงในตารางที่ 4.12 จากการทดลองพบว่า สารสกัดหยาบในชั้นไดคลอโรมีเทนของแมลงบางชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสดีเท่ากับอะคาร์โบสที่เป็นสารมาตรฐาน ได้แก่ แมงสะดิ่ง (IC<sub>50</sub> = 0.07 ± 0.01 mg/mL) จิ้งโกร่ง (IC<sub>50</sub> = 0.062 ± 0.001 mg/mL) จิ้งหรีด (IC<sub>50</sub> = 0.061 ± 0.004 mg/mL) และสารสกัดชั้นเฮกเซนของจิ้งโกร่ง (IC<sub>50</sub> = 0.11 ± 0.01 mg/mL) ก็มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ดีเช่นกัน จากตารางที่ 4.12 พบว่าสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของจิ้งหรีดและจิ้งโกร่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดีกว่าสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงชนิดอื่นๆ และสารสกัดจากรถด่วนมีฤทธิ์ในการยับยั้งน้อยที่สุดในแมลงทั้งหมด สำหรับสารสกัดหยาบของดักแด้พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสน้อยกว่าอะคาร์โบสที่เป็นสารมาตรฐาน ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยรายงานเกี่ยวกับการแยกสารประกอบจากผงดักแด้ใหม่ พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสคล้ายกับของ acarbose โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ [110] นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับการศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นซึ่งพบว่ามีสารในกลุ่มของแอลคาลอยด์และฟลาโวนอยด์ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสจากที่ได้มีการรายงาน [111]

ตารางที่ 4.12 ค่า IC<sub>50</sub> ของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้

สารสกัด	ตัวทำละลายอินทรีย์	IC <sub>50</sub> (mg/mL)	สารสกัด	ตัวทำละลายอินทรีย์	IC <sub>50</sub> (mg/mL)
แมงสะตั้ง	Hexane	0.727 ± 0.051 <sup>fg</sup>	รถด่วน	Hexane	1.243 ± 0.106 <sup>h</sup>
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.071 ± 0.006 <sup>a</sup>		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	1.8702 ± 0.085 <sup>i</sup>
	EtOAc	3.197 ± 0.199 <sup>j</sup>		EtOAc	6.209 ± 0.162 <sup>m</sup>
	MeOH	0.416 ± 0.019 <sup>cde</sup>		MeOH	8.579 ± 0.453 <sup>n</sup>
จิ้งโกร่ง	Hexane	0.108 ± 0.0100 <sup>a</sup>	จิ้งหรีด	Hexane	0.151 ± 0.014 <sup>ab</sup>
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.062 ± 0.0005 <sup>a</sup>		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.061 ± 0.004 <sup>a</sup>
	EtOAc	0.284 ± 0.025 <sup>abcd</sup>		EtOAc	0.370 ± 0.027 <sup>bcde</sup>
	MeOH	0.256 ± 0.014 <sup>abc</sup>	MeOH	0.066 ± 0.005 <sup>a</sup>	
ตึกแตนปา ทั้งกำ	Hexane	2.009 ± 0.167 <sup>i</sup>	ตึกแต่	Hexane	0.780 ± 0.034 <sup>s</sup>
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	4.093 ± 0.309 <sup>l</sup>		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	1.167 ± 0.035 <sup>h</sup>
	EtOAc	1.829 ± 0.073 <sup>i</sup>		EtOAc	0.510 ± 0.013 <sup>def</sup>
	MeOH	0.595 ± 0.042 <sup>efg</sup>		MeOH	3.599 ± 0.128 <sup>k</sup>
Acarbose		0.120 ± 0.002 <sup>a</sup>			

หมายเหตุ: ± หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) (n = 3) ค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวยกต่างกัน (a-n) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05)

#### 4.2.7 ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α-amylase)

สารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของแมลงกินได้ทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ แมงสะตั้ง รถด่วน จิ้งหรีด จิ้งโกร่ง ตึกแตนปาทั้งกำ และตึกแต่ จะถูกศึกษาการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ดังแสดงในตารางที่ 4.13 จากการทดลองพบว่าสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 4 ชั้นคือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และเมทานอลของแมลงกินได้ทั้งหมดมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสน้อยกว่าอะคาร์โบสที่เป็นสารมาตรฐาน (IC<sub>50</sub> = 0.11 ± 0.01 mg/mL) ยกเว้นสารสกัดหยาบในชั้นเอทิลอะซิเตทของตึกแต่ (IC<sub>50</sub> = 0.087 ± 0.003 mg/mL) เท่านั้นที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งดีเท่ากับอะคาร์โบส จากการเปรียบเทียบค่า IC<sub>50</sub> สำหรับการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงที่มีฤทธิ์ดีที่สุดในแต่ละชั้น พบว่าสารสกัดหยาบในชั้นเมทานอลของแมลงบางชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งดีกว่าตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ ได้แก่ ตึกแตนปาทั้งกำ (IC<sub>50</sub> = 1.12 ± 0.07 mg/mL) แมงสะตั้ง (IC<sub>50</sub> = 1.25 ± 0.10 mg/mL) และรถด่วน (IC<sub>50</sub> = 1.69 ± 0.04 mg/mL) และสารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตทของแมลงที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ดีกว่าตัวทำละลาย

อินทรีย์ชนิดอื่น ได้แก่ จิ้งโกร่ง ( $IC_{50} = 2.09 \pm 0.11$  mg/mL) และดักแด้ ( $IC_{50} = 0.087 \pm 0.003$  mg/mL) สำหรับสารสกัดหยาบในชั้นไดคลอโรมีเทนของจิ้งหรีดมีฤทธิ์ในการยับยั้งที่ดีที่สุด ( $IC_{50} = 1.99 \pm 0.16$  mg/mL) เมื่อเทียบกับตัวทำละลายชนิดอื่น นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับการศึกษาสารพิษเคมีเบื้องต้นซึ่งพบว่ามีสารในกลุ่มของซาโปนินและสเตอรอยด์ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะไมเลสจากที่มีการรายงาน [112]

**ตารางที่ 4.13** ค่า  $IC_{50}$  ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้

สารสกัด หยาบ	ตัวทำละลาย อินทรีย์	$IC_{50}$ (mg/ml)	สารสกัด หยาบ	ตัวทำละลาย อินทรีย์	$IC_{50}$ (mg/ml)
แมงสะตั้ง	Hexane	$4.879 \pm 0.381^{mn}$	รถด่วน	Hexane	$3.009 \pm 0.218^{hi}$
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$4.973 \pm 0.193^n$		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$2.617 \pm 0.109^{fs}$
	EtOAc	$6.496 \pm 0.056^o$		EtOAc	$3.223 \pm 0.169^{ji}$
	MeOH	$1.253 \pm 0.097^b$		MeOH	$1.687 \pm 0.043^c$
จิ้งโกร่ง	Hexane	$4.340 \pm 0.076^l$	จิ้งหรีด	Hexane	$2.376 \pm 0.061^{ef}$
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$2.841 \pm 0.061^{gh}$		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$1.986 \pm 0.156^d$
	EtOAc	$2.087 \pm 0.113^d$		EtOAc	$4.699 \pm 0.282^{mn}$
	MeOH	$2.145 \pm 0.132^{de}$		MeOH	$2.690 \pm 0.141^s$
ดักแด้ ทั้งกำ	Hexane	$3.512 \pm 0.127^k$	ดักแด้	Hexane	$3.431 \pm 0.278^{jk}$
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$1.638 \pm 0.149^c$		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$1.567 \pm 0.017^c$
	EtOAc	$2.025 \pm 0.084^d$		EtOAc	$0.087 \pm 0.003^a$
	MeOH	$1.119 \pm 0.068^b$		MeOH	$2.064 \pm 0.123^d$
Acarbose		$0.111 \pm 0.008^a$			

**หมายเหตุ:** ± หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) (n = 3) ค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวยกต่างกัน (a-o) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

#### 4.2.8 ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase)

การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงทั้ง 6 ชนิด คือ แมงสะตั้ง รถด่วน จิ้งหรีด จิ้งโกร่ง ดักแด้ทั้งกำ และดักแด้ ถูกศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.14 จากการทดลองพบว่า สารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิดจากจิ้งโกร่งและดักแด้ทั้งกำมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ดีกว่ากรดโคจิก (Kojic acid) ที่

เป็นสารมาตรฐาน ( $IC_{50} = 0.11 \pm 0.01$  mg/mL) ได้แก่ จิ้งโกร่งชั้นไคคลอโรมีเทน ( $IC_{50} = 0.075 \pm 0.002$  mg/mL) จิ้งโกร่งชั้นเอทิลอะซีเตต ( $IC_{50} = 0.070 \pm 0.002$  mg/mL) จิ้งโกร่งชั้นเมทานอล ( $IC_{50} = 0.05 \pm 0.01$  mg/mL) และตึกแตนปาทั้งก้ำชั้นเอทิลอะซีเตต ( $IC_{50} = 0.09 \pm 0.01$  mg/mL) นอกจากนี้ยังมีสารสกัดหยาบอื่นที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งดีเท่ากักรดโคจิก ได้แก่ แมงสะดั่งชั้นเฮกเซน ( $IC_{50} = 0.14 \pm 0.02$  mg/mL) จิ้งหรีดชั้นเมทานอล ( $IC_{50} = 0.10 \pm 0.01$  mg/mL) ตึกแตนปาทั้งก้ำชั้นเมทานอล ( $IC_{50} = 0.11 \pm 0.01$  mg/mL) รถด่วนชั้นเฮกเซน ( $IC_{50} = 0.11 \pm 0.01$  mg/mL) อย่างไรก็ตามมีสารสกัดหยาบของแมลงอื่นๆ ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งน้อยกว่ากรดโคจิก มีงานวิจัยศึกษาการสกัดน้ำมันและ sericin ที่สกัดได้จากดักแด้พบว่า มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำกว่าสารมาตรฐานกรดโคจิก [75] นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับการศึกษาสารพิษเคมีเบื้องต้นซึ่งพบว่ามีสารในกลุ่มของแทนนินและฟลาโวนอยด์ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสอดคล้องกับงานวิจัยก่อน ๆ [113]

**ตารางที่ 4.14** ค่า  $IC_{50}$  ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้

สารสกัดหยาบ	ตัวทำละลายอินทรีย์	$IC_{50}$ (mg/ml)	สารสกัดหยาบ	ตัวทำละลายอินทรีย์	$IC_{50}$ (mg/ml)
แมงสะดั่ง	Hexane	$0.143 \pm 0.016^{ab}$	รถด่วน	Hexane	$0.114 \pm 0.015^{ab}$
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$0.285 \pm 0.039^{bcd}$		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$0.176 \pm 0.017^{ab}$
	EtOAc	$1.558 \pm 0.249^h$		EtOAc	$0.551 \pm 0.060^{abc}$
	MeOH	$0.441 \pm 0.010^{de}$		MeOH	$0.218 \pm 0.025^{ef}$
จิ้งโกร่ง	Hexane	$0.334 \pm 0.047^{cd}$	จิ้งหรีด	Hexane	$0.648 \pm 0.068^f$
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$0.075 \pm 0.002^a$		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$0.942 \pm 0.066^g$
	EtOAc	$0.070 \pm 0.002^a$		EtOAc	$2.162 \pm 0.223^j$
	MeOH	$0.049 \pm 0.006^a$		MeOH	$0.100 \pm 0.014^{ab}$
ตึกแตนปาทั้งก้ำ	Hexane	$3.931 \pm 0.332^k$	ดักแด้	Hexane	$0.841 \pm 0.026^g$
	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$0.440 \pm 0.031^{de}$		CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$0.676 \pm 0.036^f$
	EtOAc	$0.086 \pm 0.012^a$		EtOAc	$0.452 \pm 0.014^{de}$
	MeOH	$0.105 \pm 0.011^{ab}$		MeOH	$1.998 \pm 0.079^i$
Kojic acid		$0.107 \pm 0.007^{ab}$			

**หมายเหตุ:** ± หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) (n = 3) ค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวกต่างกััน (a-k) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

#### 4.2.9 ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase)

การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบจากแมลง ทั้ง 6 ชนิด คือ แมงสะตัง รถด่วน จิ้งหรีด จิ้งโกร่ง ตั๊กแตนปาทั้งกำ และดักแด้ ถูกศึกษาดังแสดงใน ตารางที่ 4.15 จากการทดลองพบว่า สารสกัดหยาบของจิ้งโกร่งที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรสได้ใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน tacrine hydrochloride ( $IC_{50} = 0.01 \pm 0.004 \mu\text{g/mL}$ ) ได้แก่ จิ้งโกร่งชั้นไคคลอโรมีเทน ( $IC_{50} = 0.07 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$ ) จิ้งโกร่งชั้นเฮกเซน ( $IC_{50} = 0.08 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$ ) จิ้งหรีดชั้นไคคลอโรมีเทน ( $IC_{50} = 0.22 \pm 0.02 \text{ mg/mL}$ ) และดักแด้ชั้น เฮกเซน ( $IC_{50} = 0.25 \pm 0.02 \text{ mg/mL}$ ) ในขณะที่สารสกัดหยาบจากแมลงอื่นๆ มีฤทธิ์ในการยับยั้ง เอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรสค่อนข้างน้อยโดยมีการศึกษาว่าสารที่มีฤทธิ์ส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มอัล- คาลอยด์และมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้ส่วนสกัดที่ใช้เมทานอลสกัดพบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ได้ น้อย [114]

**ตารางที่ 4.15** ค่า  $IC_{50}$  ของการยับยั้งการทำงานของอะซีติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบในตัว ทำละลายอินทรีย์จากแมลงกินได้

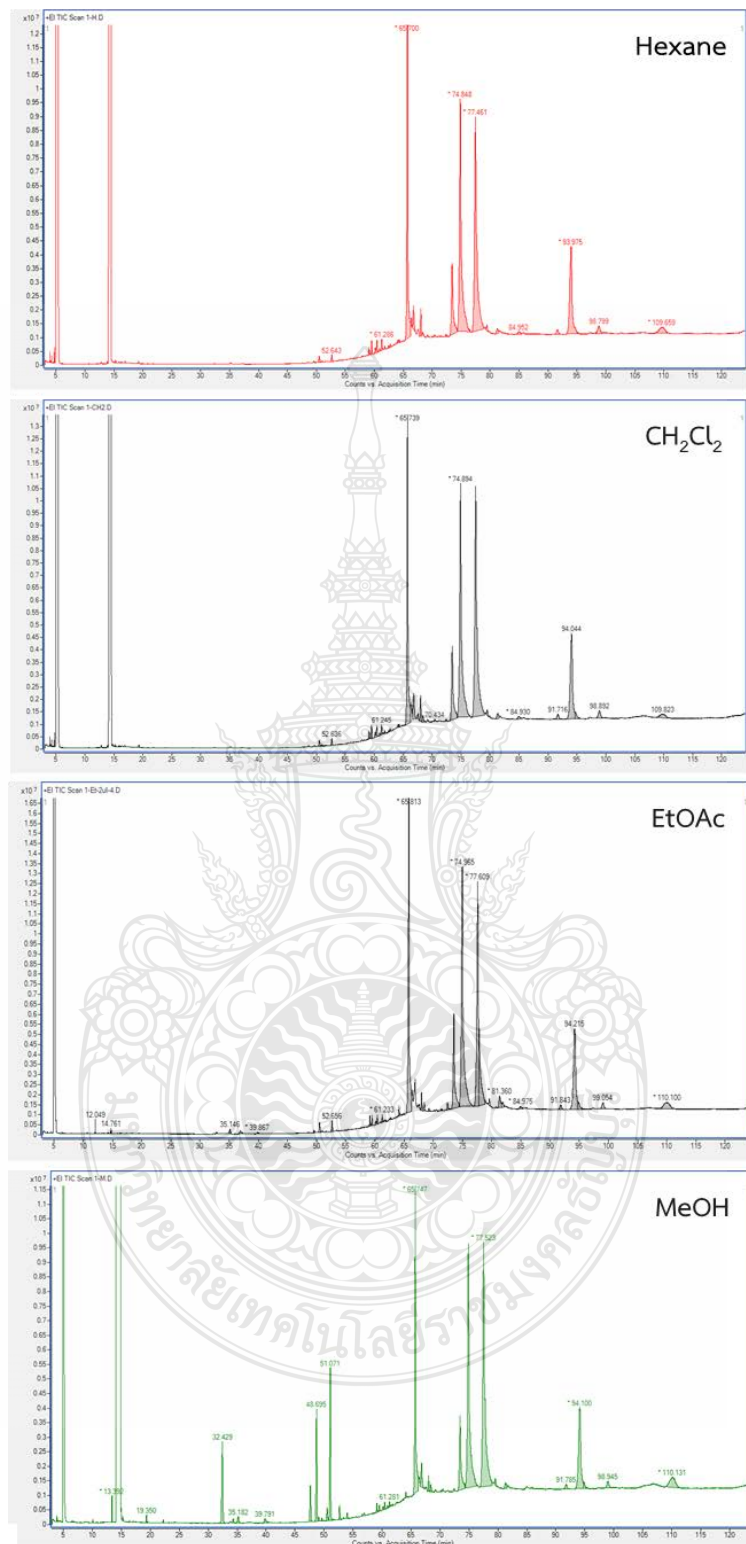
สารสกัด หยาบ	ตัวทำละลาย อินทรีย์	$IC_{50}$ (mg/mL)	สารสกัด หยาบ	ตัวทำละลาย อินทรีย์	$IC_{50}$ (mg/mL)
แมงสะตัง	Hexane	$3.54 \pm 0.11^{\text{fg}}$	รถด่วน	Hexane	$3.4 \pm 0.28^{\text{f}}$
	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	$0.38 \pm 0.04^{\text{ab}}$		$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	$4.79 \pm 0.07^{\text{k}}$
	EtOAc	$4.07 \pm 0.20^{\text{hi}}$		EtOAc	$9.60 \pm 0.43^{\text{n}}$
	MeOH	$3.59 \pm 0.09^{\text{fg}}$		MeOH	$7.56 \pm 0.32^{\text{m}}$
จิ้งโกร่ง	Hexane	$0.08 \pm 0.01^{\text{a}}$	จิ้งหรีด	Hexane	$1.76 \pm 0.21^{\text{c}}$
	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	$0.07 \pm 0.01^{\text{a}}$		$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	$0.22 \pm 0.02^{\text{a}}$
	EtOAc	$1.75 \pm 0.05^{\text{c}}$		EtOAc	$4.47 \pm 0.27^{\text{jk}}$
ตั๊กแตนปา ทั้งกำ	MeOH	$2.14 \pm 0.09^{\text{d}}$	ดักแด้	MeOH	$6.302 \pm 0.34^{\text{l}}$
	Hexane	$4.31 \pm 0.07^{\text{ji}}$		Hexane	$0.25 \pm 0.02^{\text{a}}$
	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	$3.32 \pm 0.32^{\text{f}}$		$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	$7.85 \pm 0.40^{\text{a}}$
	EtOAc	$2.71 \pm 0.23^{\text{e}}$		EtOAc	$0.68 \pm 0.07^{\text{m}}$
	MeOH	$3.56 \pm 0.40^{\text{fg}}$		MeOH	$3.92 \pm 0.14^{\text{b}}$
Tacrine hydrochloride		$0.0104 \pm 0.004^{\text{a}}$ $\mu\text{g/mL}$			

**หมายเหตุ:**  $\pm$  หมายถึงค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (SD) ( $n = 3$ ) ค่าในแต่ละคอลัมน์ตามด้วยอักษรตัวยกต่างกัน (a-n) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

#### 4.2.10 การวิเคราะห์หาโครงสร้างสารออกฤทธิ์ในสารสกัดจากแมลง

เมื่อนำสารสกัดหยาบจากตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของแมลงกินได้มาวิเคราะห์หาสารประกอบที่ระเหยได้ โดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (GC-MS) จะได้โครมาโตแกรมของสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซีเตต และเมทานอล จากแมลงแต่ละชนิด ดังแสดงในภาพที่ 4.7-4.12 และเมื่อนำมาวิเคราะห์หาโครงสร้างจะได้สารแต่ละชนิดที่ปรากฏตาม retention time ของสารที่ออกมา โดยเทียบกับข้อมูลสารในฐานข้อมูล NIST mass spectral libraries (National Institute of Standards, 2011 version) และเปอร์เซ็นต์ที่พบจะคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ ดังแสดงในตารางที่ 4.16-4.21 พบสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ สเตอรอยด์ กรดคาร์บอกซิลิก เอไมด์และเอสเทอร์ โดยในสารสกัดของแมลงทุกชนิดจะมีสารที่เหมือนกันคือ กรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ Tetradecanoic acid, (C14: 0), Palmitic acid (*n*-Hexadecanoic acid, C16:0), Stearic acid (Octadecanoic acid, C18:0) กรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ Linoleic acid ((*Z,Z*)-9,12-Octadecadienoic acid) และ Linolenic acid ((*Z,Z,Z*)-9,12,15-Octadecatrienoic acid) ซึ่งมีการวิจัยได้รายงานกรดไขมันเหล่านี้พบได้ในแมลงกินได้ในประเทศไทย ได้แก่ แมงกระซอน (Mole cricket) จิ้งหรีดทองแดง (Ground cricket) ตั๊กแตนโม (Spur-throated grasshopper) แมงดานา (Giant water bug) แมลงดับเต่า (True water beetle) แมลงเหนียง (Water scavenger beetle) [115] ในปี 2020 มีการศึกษาว่า Palmitic acid, Oleic acid, Linoleic acid มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [116] นอกจากนี้ยังพบอนุพันธ์ของเอสเทอร์ ได้แก่ Methyl palmitate (Hexadecanoic acid, methyl ester), Glycerin, Methyl oleate ((*Z*)-9-Octadecenoic acid, methyl ester) และ Butyl 9,12-octadecadienoate อนุพันธ์ของเอไมด์ ได้แก่ Tetradecanamide, 9-Octadecenamide, (*Z*)- Octadecanamide และอนุพันธ์ของไฟโตสเตอรอล (Phytosterols) ได้แก่ Cholesterol





ภาพที่ 4.7 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของจังหวัด

ตารางที่ 4.16 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของจังหวัด

S. No	Compound	Retention time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
1	Acetic acid	13.392	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.20	0.48
2	Butanoic acid, 3-methyl-	14.761	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.09	ND
3	Hexadecanoic acid, methyl ester	32.429	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	4.08
4	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate	32.841	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	ND	ND	0.09	ND
5	9-Hexadecenoic acid, methyl	34.289	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.23
6	Hexadecanoic acid, ethyl ester	35.182	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.29	0.37
7	Glycerol 1,2-diacetate	36.939	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>	ND	ND	0.23	ND
8	Glycerin	39.791	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	ND	ND	0.15	0.4
9	Octadecanoic acid, methyl ester	47.652	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	1.53
10	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl	48.695	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	4.49
11	13-Octadecenoic acid, methyl	49.054	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.15
12	Octadecanoic acid, ethyl ester	49.603	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.11	0.12
13	9-Octadecenoic acid (Z)-, ethyl	50.519	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	0.33	0.34	0.49	0.53
14	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-,	51.071	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	5.64
15	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl	52.667	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0.36	0.09	0.43	0.52
16	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	53.974	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.20
17	Tetradecanoic acid	59.103	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0.31	0.30	0.37	0.29
18	Tetracosane	59.541	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	0.55	0.51	0.32	0.18
19	1-Dodecanol, 2-hexyl-	60.149	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub> O	0.28	0.24	ND	ND
20	1-Heptacosanol	60.421	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub> O	0.51	0.47	0.31	0.23
21	Pentacosane	61.245	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	0.42	0.34	0.25	0.16
22	n-Hexadecanoic acid	61.765	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	0.08	0.10	19.62	14.80
23	Hentriacontane	62.721	C <sub>31</sub> H <sub>64</sub>	0.12	0.11	ND	ND
24	Tetratriacontane	64.273	C <sub>34</sub> H <sub>70</sub>	ND	0.09	ND	ND
25	Hexacosane, 9-octyl-	64.311	C <sub>34</sub> H <sub>70</sub>	0.11	ND	ND	ND
26	n-Hexadecanoic acid	65.739	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	17.82	17.51	ND	ND
27	Palmitoleic acid	66.795	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	1.37	2.02	1.11	1.31
28	Eicosen-1-ol, cis-9-	67.973	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	ND	ND	0.72	ND
29	Eicosen-1-ol, cis-9-	67.998	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	1.15	1.12	ND	0.52

ตารางที่ 4.16 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของจังหวัด (ต่อ)

S. No	Compound	Retention time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
30	Tetradecanamide	68.426	C <sub>16</sub> H <sub>29</sub> NO	ND	0.43	0.30	0.30
31	Tetradecanamide	69.212	C <sub>16</sub> H <sub>29</sub> NO	ND	0.07	0.17	ND
32	Heptadecanoic acid	72.441	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.14	0.11	0.44	ND
33	Octadecanoic acid	73.512	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	6.88	6.82	8.20	5.28
34	cis-9-Octadecenoic Acid	74.965	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	25.66	25.26	25.22	20.62
35	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	77.609	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	27.32	28.11	19.03	24.11
36	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	77.861	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	6.03	ND
37	9-Octadecenamide, (Z)-	79.601	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	0.34	0.33	0.32	0.31
38	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	81.36	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.42	0.49	1.09	0.43
39	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	84.975	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.37	0.35	0.31	ND
40	Octadecanamide	91.843	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO	0.46	0.48	0.38	0.37
41	9-Octadecenamide, (Z)-	94.215	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	11.94	11.32	10.40	8.69
42	9-Octadecenamide, (Z)-	94.892	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	ND	0.64	0.69	0.48
43	Butyl 9,12-octadecadienoate	99.054	C <sub>22</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	1.10	0.87	0.65	0.57
44	Cholesterol	110.1	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub> O	1.95	1.16	2.00	2.58

หมายเหตุ: ND คือตรวจไม่พบ

จากตารางที่ 4.16 สารสกัดหยาบของจังหวัดจากตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ พบว่า สารสกัดหยาบในชั้นเฮกเซนถึงชั้นเอทิลอะซีเตตจะพบกรดคาร์บอกซิลิกเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนชั้นเมทานอลจะพบเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีสารในสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนจำนวน 24 สาร ประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิก 33.3% แอลเคน 20.8% เอไมด์ 16.7% แอลกอฮอล์และเอสเทอร์ 12.5% และสเตอรอยด์ 4.2% มีสารในสารสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทนจำนวน 28 สาร ประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิก 32.1% แอลเคนและแอลคีน 21.4% เอไมด์และเอสเทอร์ 17.9% แอลกอฮอล์ 7.1% และสเตอรอยด์ 3.6% มีสารในสารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซีเตตจำนวน 31 สาร ประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิก 41.9% เอสเทอร์ 22.6% เอไมด์ 16.1% แอลกอฮอล์ 9.7% ไฮโดรคาร์บอน 6.5% และสเตอรอยด์ 3.2%

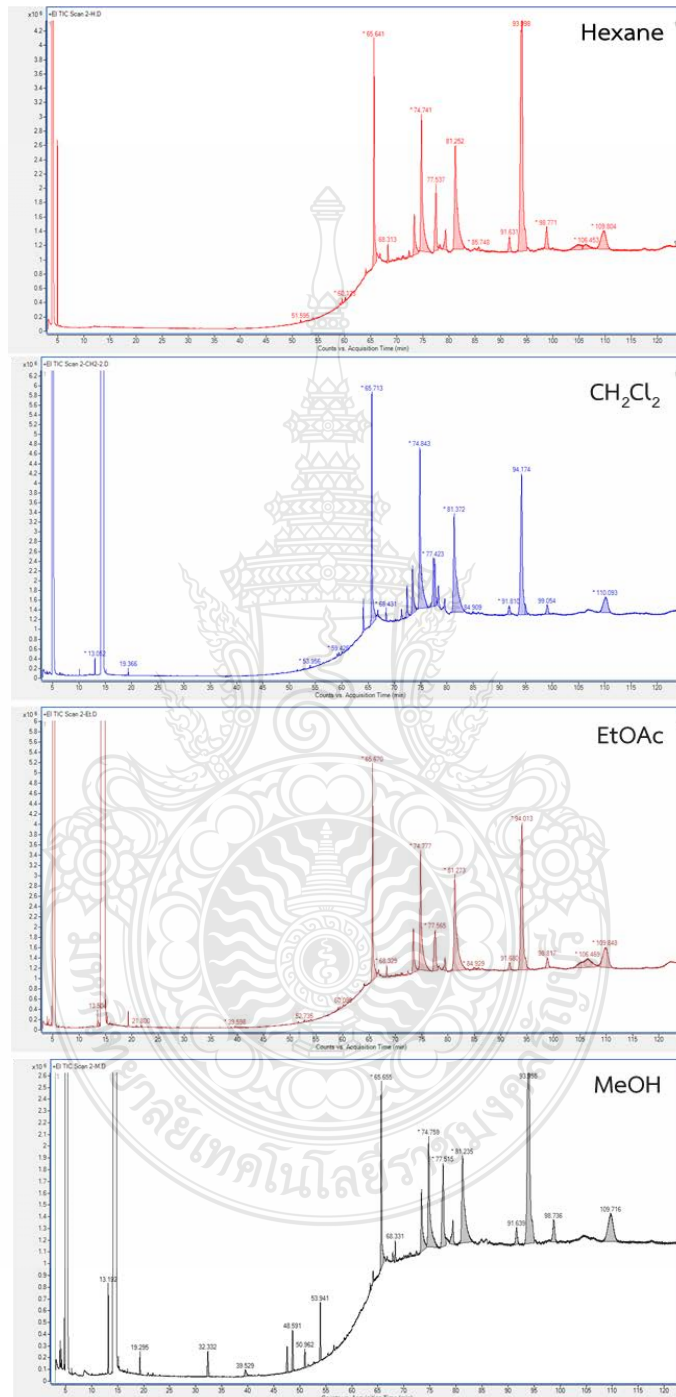
ในขณะที่สารสกัดหยาบชั้นเมทานอลมีสารจำนวน 31 สาร ประกอบด้วยเอสเทอร์ 38.7% กรดคาร์บอกซิลิก 25.8% เอไมด์ 16.1% แอลกอฮอล์ 9.7% ไฮโดรคาร์บอน 6.5% และสเตอรอยด์ 3.2%

และสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จะพบกลุ่มสารที่เหมือนกัน ได้แก่ กรดไขมันไม่อิ่มตัว: (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid (Linoleic acid, 19-28%), cis-9-octadecenoic acid (Oleic acid, 20.6-25.7%), Palmitoleic acid (1.1-2.0%), (Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid (Linolenic acid, 0.4-1.1%) กรดไขมันอิ่มตัว: n-Hexadecanoic acid (0.1-15%), Octadecanoic acid (5.3-6.9%), Tetradecanoic acid (0.3-0.4%) อนุพันธ์เอสเทอร์: 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester (0.1-0.5%), 9-Octadecenoic acid (Z)-, ethyl ester (0.3-0.5%), Butyl 9,12-octadecadienoate (0.6-1.1%) อนุพันธ์แอลกอฮอล์: 1-Heptacosanol (0.2-0.5%) อนุพันธ์เอไมด์: (Z)-9-Octadecenamide (0.3%), (Z)-9-Octadecenamide (8.7-11.9%) อนุพันธ์แอลเคน: Tetracosane (0.2-0.6%) และ Pentacosane (0.2-0.4%) เป็นสารประกอบที่พบได้ในฟีโรโมนของแมลง [117] และอนุพันธ์ของไฟโตสเตอรอล: Cholesterol (1.2-2.6%)

จากตารางที่ 4.17 สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนและชั้นเมทานอลของดักแด้จะพบเอไมด์มากที่สุด ในขณะที่สารสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทนและเมทานอลจะพบกรดคาร์บอกซิลิกมากที่สุด เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของสารสกัดหยาบดักแด้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ พบว่า สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนประกอบด้วยเอไมด์ 36.4% กรดคาร์บอกซิลิก 27.3% เอสเทอร์ 13.6% ไฮโดรคาร์บอนและสเตอรอยด์ 9.1% และแอลกอฮอล์ 4.5% สารสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทนประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิก 40.9% เอไมด์และเอสเทอร์ 22.7% สเตอรอยด์ 9.1% และไฮโดรคาร์บอน 4.5% สารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซีเตต 38.1% เอไมด์ 33.3% แอลกอฮอล์และเอสเทอร์ 9.5% ไฮโดรคาร์บอนและสเตอรอยด์ 4.8% และสารสกัดหยาบชั้นเมทานอลประกอบด้วยเอไมด์ 38.1% เอสเทอร์ 33.3% กรดคาร์บอกซิลิก 19.0% แอลกอฮอล์และสเตอรอยด์ 4.8%

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่ามีกลุ่มสารที่เหมือนกันจากสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของดักแด้ ได้แก่ กรดไขมันไม่อิ่มตัว: n-Hexadecanoic acid (7.6-13.7%), Octadecanoic acid (3.4-5.0%) กรดไขมันไม่อิ่มตัว: (Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid (12.3-18.9%) เอไมด์: (Z)-9-Octadecenamide (20.3-35.2%), Octadecanamide (0.8-1.4%), Tetradecanamide (0.6-0.8%)

เอสเทอร์: Butyl 9,12-octadecadienoate (1.1-2.3%) และอนุพันธ์ของไฟโตสเตอรอล: Cholesterol (5.0-7.6%)



ภาพที่ 4.8 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของดักแด้

ตารางที่ 4.17 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของดักแด้

S. No	Compound	Retention time (min)	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
1	Acetic acid	13.192	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.42	0.44	1.85
2	Phenol	21.8	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	ND	ND	0.08	ND
3	Hexadecanoic acid, methyl	32.332	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	1.31
4	Glycerin	39.529	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	ND	ND	0.21	0.57
5	Octadecanoic acid, methyl	47.565	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	1.08
6	9-Octadecenoic acid, methyl	48.591	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	1.72
7	9,12-Octadecadienoic acid	50.962	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.74
8	Heneicosane	51.595	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	0.10	ND	ND	ND
9	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	53.941	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.12	ND	2.06
10	Tetradecanoic acid	59.075	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.10	ND
11	Tetradecanoic acid	59.139	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.11	ND	ND
12	Pentacosane	59.426	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	0.17	0.11	0.09	ND
13	2-Hexadecanol	60.123	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> O	0.13	ND	ND	ND
14	Hexadecanoic acid, 2-	64.098	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	ND	1.29	ND	ND
15	n-Hexadecanoic acid	65.713	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	10.13	13.65	12.77	7.64
16	cis-9-Hexadecenoic acid	66.843	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.19	0.30	ND	ND
17	4-Butylbenzoic acid, 2-	67.868	C <sub>15</sub> H <sub>23</sub> NO <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.27
18	Tetradecanamide	68.313	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> NO	0.77	0.55	0.59	0.75
19	9-Octadecenamide, (Z)-	70.015	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	0.08	ND	0.09	ND
20	Octadecanamide	71.104	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO	0.09	ND	0.12	0.18
21	Glycidol stearate	71.36	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>3</sub>	ND	0.62	ND	ND
22	Oleic Acid	72.367	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.31	ND	0.23	ND
23	9-Octadecenamide, (Z)-	72.403	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	ND	ND	ND	0.17
24	trans-Oleic acid	72.408	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	2.11	ND	ND
25	Octadecanoic acid	73.449	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	3.38	4.69	4.34	4.98
26	Oleic Acid	74.741	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	13.98	19.25	ND	ND
27	9-Octadecenoic acid (Z)-	74.759	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	15.07	10.77
28	Cholesterol	77.423	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub> O	ND	4.18	ND	ND
29	9-Octadecenamide, (Z)-	77.537	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	5.30	ND	ND	ND

ตารางที่ 4.17 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของดักแด้ (ต่อ)

S. No	Compound	Retention time (min)	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
30	9,12-Octadecadienoic acid	77.565	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	5.65	7.47
31	Hexadecanamide	77.691	C <sub>16</sub> H <sub>33</sub> NO	ND	3.71	ND	ND
32	Butyl 6,9,12,15-	78.27	C <sub>22</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0.25	ND	ND	ND
33	Butyl 9,12,15-	78.372	C <sub>22</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	ND	1.52	ND	ND
34	9-Octadecenamide, (Z)-	79.545	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	1.64	0.69	1.18	2.06
35	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	81.372	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	15.72	18.94	18.61	12.32
36	Eicosanoic acid	84.909	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.26	0.31	ND
37	9-Octadecenamide, (Z)-	85.748	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	0.36	ND	ND	ND
38	Octadecanamide	91.631	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO	1.40	1.08	0.81	1.34
39	9-Octadecenamide, (Z)-	93.998	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	35.17	20.33	23.94	33.25
40	Butyl 9,12-octadecadienoate	98.771	C <sub>22</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	2.31	1.10	1.46	2.20
41	β-Sitosterol	104.878	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> O	1.82	ND	ND	ND
42	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-	106.453	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>4</sub>	1.33	ND	6.36	ND
43	Cholesterol	109.804	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub> O	5.38	4.98	7.55	7.28

หมายเหตุ: ND คือตรวจไม่พบ

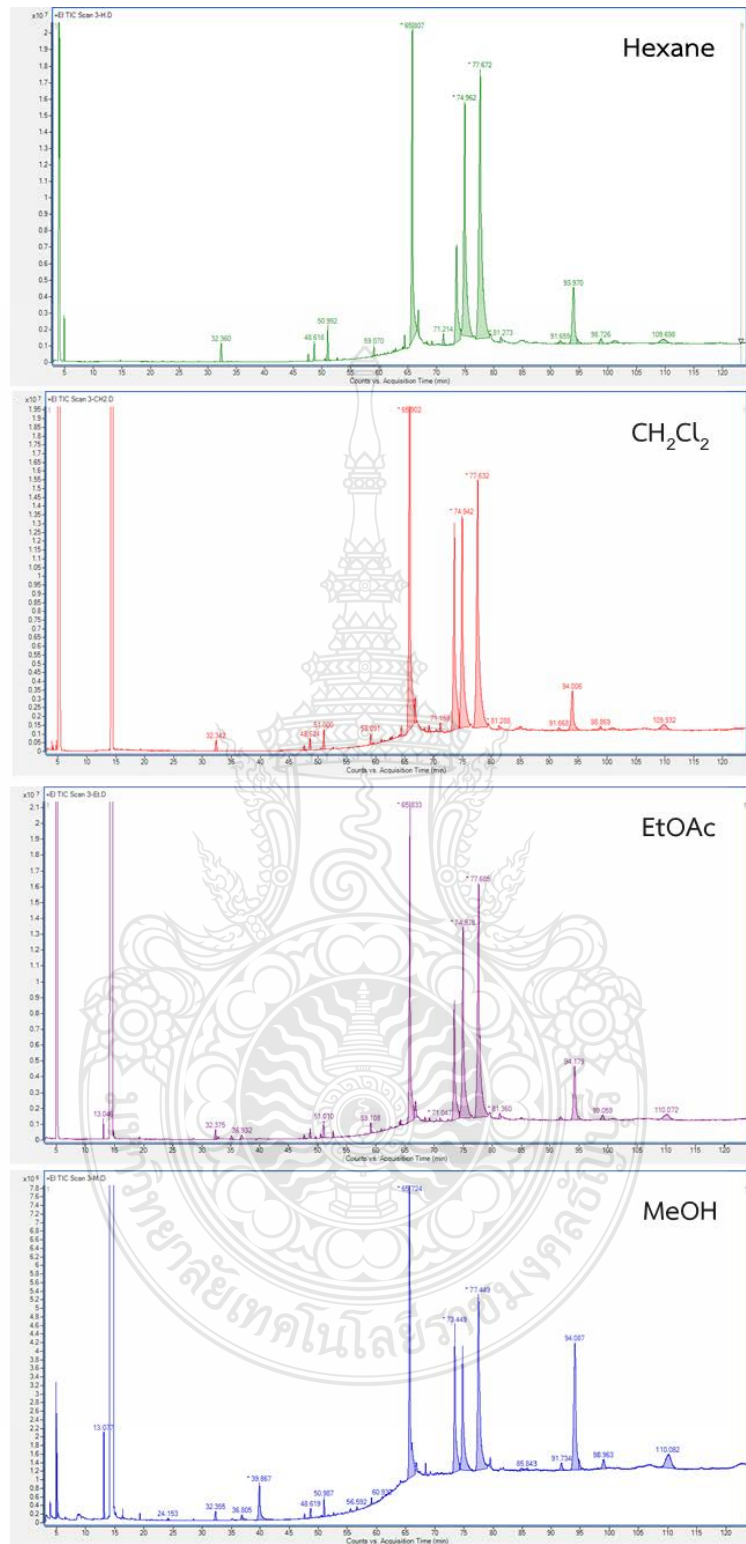
จากตารางที่ 4.18 องค์ประกอบหลักของสารสกัดในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมงสะตั้งคือกรดคาร์บอกซิลิก และสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนถึงชั้นเอทิลอะซีเตตไม่พบสารกลุ่มแอลกอฮอล์ โดยสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนจะพบสาร 27 สาร ได้แก่ กรดคาร์บอกซิลิก 33.3% เอสเทอร์ 29.6% แอลเคนและเอไมด์ 14.8% และสเตอรอยด์ 7.4% สารสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทนพบสาร 26 สาร ได้แก่ กรดคาร์บอกซิลิก 38.5% เอสเทอร์ 26.9% แอลเคน 19.2% เอไมด์ 11.5% และสเตอรอยด์ 3.8% สารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซีเตตจะพบสาร 28 สาร ได้แก่ กรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์ 39.3% เอไมด์ 10.7% แอลเคน 7.14% และสเตอรอยด์ 3.6% และสารสกัดหยาบชั้นเมทานอลพบสาร 27 สาร ได้แก่ กรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์ 33.3% เอไมด์ 25.9% แอลกอฮอล์และสเตอรอยด์ 3.7%

และสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จะพบกลุ่มสารที่เหมือนกัน ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว: n-Hexadecanoic acid (18.8-27.6%), Octadecanoic acid (8.5-16.9%), Tetradecanoic

acid (0.3-0.4%) กรดไขมันไม่อิ่มตัว: (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid (20.1-34%), (E)-9-Octadecenoic acid (11.9-22.5%), (E)-9-Octadecenoic acid (11.9-22.5%), cis-9-Hexadecenoic acid (0.6-1.4%) เอสเทอร์: (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester (20.1-34.0%), Hexadecanoic acid, methyl ester (0.5-1.0%), Octadecanoic acid, methyl ester (0.2-0.4%), (E)-9-Octadecenoic acid, methyl ester (0.5-0.9%), เอไมด์: (Z)-9-Octadecenamide (4.0-15.5%), Tetradecanamide (0.1-0.4%), Octadecanamide (0.2-0.7%) และอนุพันธ์ของไฟโตสเตอรอล: Cholesterol (1.1-3.9%)







ภาพที่ 4.9 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของแมงสะตั้ง

ตารางที่ 4.18 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของแมงสะตั้ง

S. No	Compound	Retention Time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
1	Acetic acid	13.077	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.51	2.24
2	2-Pyrrolidinone	24.153	C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> NO	ND	ND	ND	0.08
3	Hexadecanoic acid, methyl	32.355	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1.02	0.53	0.60	0.55
4	Hexadecanoic acid, ethyl ester	35.158	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.30	ND
5	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate	36.932	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	ND	ND	0.39	0.44
6	Glycerin	39.867	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	ND	ND	ND	3.41
7	Octadecanoic acid, methyl	47.565	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	0.35	0.20	0.19	0.23
8	9-Octadecenoic acid, methyl	48.619	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0.87	0.47	0.48	0.47
9	Octadecanoic acid, ethyl ester	49.585	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.09	ND
10	Ethyl Oleate	50.501	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	0.10	ND	0.23	0.09
11	9,12-Octadecadienoic acid	50.987	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1.35	0.72	0.75	0.80
12	9,12-Octadecadienoic acid,	52.639	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0.08	ND	0.29	0.11
13	DL-Proline, 5-oxo-, methyl	55.506	C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>3</sub>	ND	ND	ND	0.10
14	Tetradecanoic acid	59.093	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0.36	0.36	0.38	0.25
15	Pentadecanoic acid	60.93	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.05	0.10	0.06
16	Hexadecanoic acid, ethyl ester	60.912	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.09	ND	ND
17	Pentadecanoic acid	62.515	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.06	0.07	ND	ND
18	Octacosane	62.803	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	0.09	0.07	ND	ND
19	Isopropyl palmitate	64.107	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	0.08	ND	ND	ND
20	Glycerol 1-palmitate	64.108	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.13	ND
21	Triacontane	64.322	C <sub>30</sub> H <sub>62</sub>	ND	ND	0.17	ND
22	Nonacosane	64.448	C <sub>29</sub> H <sub>60</sub>	0.40	0.29	ND	ND
23	n-Hexadecanoic acid	65.807	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	18.76	27.59	21.93	23.10
24	cis-9-Hexadecenoic acid	66.825	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	1.01	1.36	1.25	0.60
25	Tetradecanamide	68.336	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> NO	0.12	0.13	0.18	0.44
26	Heptadecanoic acid	69.179	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.16	0.31	0.16	ND
27	9,12-Octadecadienoic acid	70.433	C <sub>21</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.05	ND	ND
28	Tetratriacontane	71.159	C <sub>34</sub> H <sub>70</sub>	0.61	0.33	0.19	ND
29	Ethyl iso-allocholate	72.456	C <sub>26</sub> H <sub>44</sub> O <sub>5</sub>	0.06	ND	ND	ND

ตารางที่ 4.18 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของแมงสะตั้ง (ต่อ)

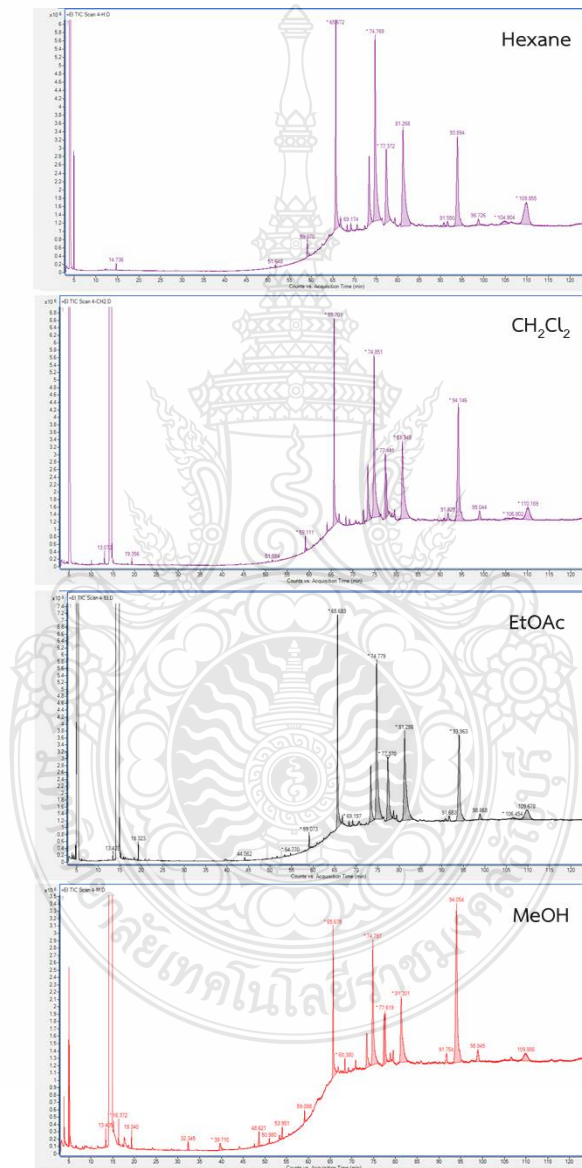
S. No	Compound	Retention Time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
30	Octadecanoic acid	73.527	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	8.48	16.88	11.43	12.09
31	9-Octadecenoic acid, (E)-	74.962	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	22.51	17.99	20.19	11.92
32	9,12-Octadecadienoic acid	77.672	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	34.0	26.04	30.06	20.09
33	9-Octadecenamide, (Z)-	79.515	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	ND	ND	ND	0.60
34	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	81.288	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.41	0.29	0.51	ND
35	Eicosanoic acid	85.09	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.24	0.18	0.30
36	cis-11-Eicosenamide	85.843	C <sub>20</sub> H <sub>39</sub> NO	ND	ND	ND	0.15
37	Octadecanamide	91.734	C <sub>20</sub> H <sub>37</sub> NO	0.36	0.23	0.36	0.69
38	9-Octadecenamide, (Z)-	94.087	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	6.194	4.04	6.75	15.53
39	9-Octadecenamide, (Z)-	94.754	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	0.365	ND	ND	0.79
40	Methyl 5,12-octadecadienoate	98.963	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	1.02
41	Butyl 9,12-octadecadienoate	98.869	C <sub>22</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	0.484	0.27	0.57	ND
42	Tetracontane	101.161	C <sub>40</sub> H <sub>82</sub>	0.619	0.30	ND	ND
43	Cholesterol	109.932	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub> O	1.110	1.10	1.62	3.86

หมายเหตุ: ND คือตรวจไม่พบ

จากตารางที่ 4.19 สารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ทุกชนิดของตักแตนปาทั้งห้าพบกรดคาร์บอกซิลิกมากที่สุด เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของสารสกัดหยาบดักได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ พบว่า สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิก 57.1% เอไมด์ 19.0% เอสเทอร์ 4.8% ไฮโดรคาร์บอนและสเตอรอยด์ 9.5% สารสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทนประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิก 44% เอไมด์ 24% ไฮโดรคาร์บอนและเอสเทอร์ 12% และสเตอรอยด์ 8% สารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตตประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิก 47.8% เอไมด์ 26.1% ไฮโดรคาร์บอน 13.0% เอสเทอร์ 8.7% และสเตอรอยด์ 4.3% สารสกัดหยาบชั้นเมทานอลประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิกและเอไมด์ 31.0% เอสเทอร์ 26.9% ไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์และสเตอรอยด์ 3.8%

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่ามีกลุ่มสารที่เหมือนกันจากสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของตักแตนปาทั้งห้า ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว: n-Hexadecanoic acid (10.2-14.5%), Octadecanoic

acid (4.2-6.8%), Tetradecanoic acid (0.6-0.8%), Heptadecanoic acid (0.3-0.5%) กรดไขมันไม่อิ่มตัว: (Z)-9-Octadecenoic acid (16.4-22.4%), (Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid (13.4-19.8%), (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid (4.5-10.7%) เอไมด์: (Z)-9-Octadecenamide (13.5-30.2%), Tetradecanamide (0.4-0.9%) เอสเทอร์: Butyl, 9,12-octadecadienoate (13.5-30.2%) และอนุพันธ์ของไฟโตสเตอรอล: Cholesterol (3.0-8.1%)



ภาพที่ 4.10 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของตักแตนป่าทั้งกำ

ตารางที่ 4.19 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของตักแตนป่าทั้งกำ

S. No	Compound	Retention Time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
1	Acetic acid	13.405	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.39	0.27	0.56
2	Acetamide	16.372	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NO	ND	ND	ND	0.70
3	Hexadecanoic acid, methyl	32.345	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.74
4	Glycerin	39.71	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	ND	ND	ND	1.31
5	Thiophene, 2,3-dihydro-	44.062	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> S	ND	ND	0.24	ND
6	Methyl stearate	47.573	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.25
7	9-Octadecenoic acid, methyl	48.621	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	1.02
8	Dodecanoic acid	50.537	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0.06	ND	0.08	ND
9	12,15-Octadecadienoic acid,	50.98	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.34
10	Pentacosane	51.59	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	0.12	0.10	0.11	ND
11	Benzeneacetic acid	53.354	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.13	0.33
12	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	53.951	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.70
13	Acetamide, N-(2-phenylethyl)-	59.111	C <sub>10</sub> H <sub>13</sub> NO	ND	ND	0.13	ND
14	Tetradecanoic acid	59.111	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0.75	0.77	0.83	0.61
15	Heptacosane	59.439	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	0.09	0.09	ND	ND
16	Pentadecanoic acid	60.945	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.06	ND	ND
17	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-	64.082	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	ND	0.50	ND	ND
18	n-Hexadecanoic acid	65.701	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	14.53	12.55	14.01	10.19
19	cis-9-Hexadecenoic acid	66.838	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.67	0.60	0.59	ND
20	Tetradecanamide	68.403	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> NO	0.35	0.55	0.39	0.85
21	Heptadecanoic acid	69.227	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.49	0.48	0.44	0.27
22	Octadecanamide, N-butyl-	70.626	C <sub>22</sub> H <sub>45</sub> NO	0.28	ND	ND	ND
23	Dodecanamide, N,N-diethyl-	70.65	C <sub>16</sub> H <sub>33</sub> NO	ND	0.14	ND	ND
24	Pyrrolo[1,2-a]pyrazine-1,4-	70.841	C <sub>11</sub> H <sub>13</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.45
25	9-Octadecenoic acid (Z)-	72.421	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.22	0.96	ND	ND
26	Octadecanoic acid	73.401	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	6.75	5.97	6.41	4.17
27	9-Octadecenoic acid (Z)-	74.797	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	21.49	21.60	22.35	16.36
28	9,12-Octadecadienoic acid	77.401	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	9.89	9.42	10.65	4.53
29	Hexadecanamide	77.619	C <sub>16</sub> H <sub>33</sub> NO	ND	ND	ND	4.77

ตารางที่ 4.19 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของตักแตนปาทั้งก้า (ต่อ)

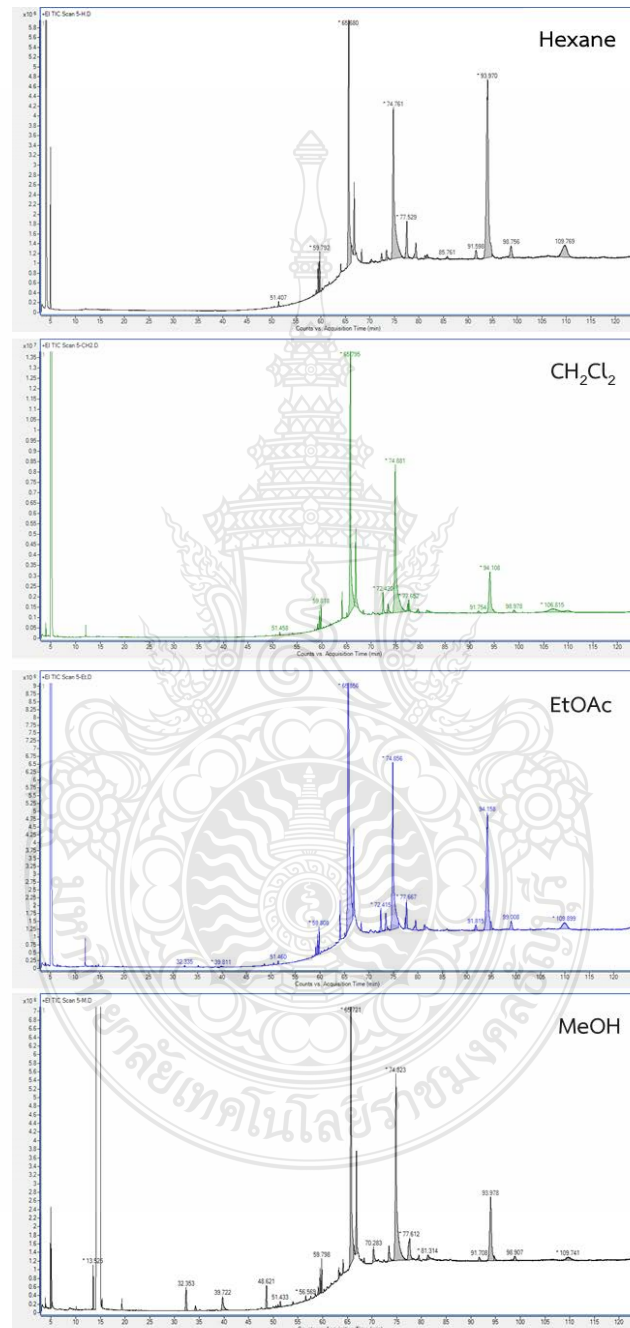
S. No	Compound	Retention Time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
30	5,10-Diethoxy-2,3,7,8-	78.836	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.26	0.67	0.69
31	9-Octadecenamide, (Z)-	79.469	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	0.45	0.62	0.52	0.97
32	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	81.301	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	19.32	15.53	19.75	13.39
33	Oleic diethanolamide	90.769	C <sub>22</sub> H <sub>43</sub> NO <sub>3</sub>	0.42	0.31	0.29	ND
34	Octadecanamide	91.683	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO	0.51	0.94	0.64	1.14
35	9-Octadecenamide, (Z)-	93.963	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	13.54	20.38	15.59	30.21
36	Butyl 9,12-octadecadienoate	98.868	C <sub>22</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	0.78	1.51	0.95	1.92
37	β-Sitosterol	104.904	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> O	1.18	ND	ND	ND
38	Cholesta-5,22-dien-3-ol, (3β)-	105.209	C <sub>27</sub> H <sub>44</sub> O	ND	0.68	ND	ND
39	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-	106.802	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>4</sub>	ND	0.69	0.60	ND
40	6,9,12,15-Docosatetraenoic	106.66	C <sub>23</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.55
41	Cholesterol	109.986	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub> O	8.11	4.90	4.38	3.02

หมายเหตุ: ND คือตรวจไม่พบ

จากตารางที่ 4.20 สารสกัดหยาบส่วนใหญ่ของรถด่วนมีปริมาณเอสเทอร์มากที่สุด เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของสารสกัดหยาบรถด่วนในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ พบว่า สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิกและเอไมด์ 33.3% เอสเทอร์ 28.6% และสเตอรอยด์ 4.8% สารสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทนประกอบด้วยเอสเทอร์ 42.3% กรดคาร์บอกซิลิก 34.6% เอไมด์ 19.2% และสเตอรอยด์ 3.8% สารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตตประกอบด้วยเอสเทอร์ 40% กรดคาร์บอกซิลิก 28% เอไมด์ 24% แอลกอฮอล์และสเตอรอยด์ 4% และสารสกัดหยาบชั้นเมทานอลประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์ 37.9% เอไมด์ 17.2% แอลกอฮอล์และสเตอรอยด์ 3.4%

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่ามีกลุ่มสารที่เหมือนกันจากสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของรถด่วน ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว: n-Hexadecanoic acid (23.4-48.3%), Octadecanoic acid (0.9-1.6%), Tetradecanoic acid (0.2-0.4%) กรดไขมันไม่อิ่มตัว: cis-9-Hexadecenoic acid (4.0-6.5%), (Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid (0.3-0.6%) เอสเทอร์: Ethyl 9,12-hexadecadienoate (1.0-1.9%), Butyl 9,12-octadecadienoate (0.5-1.8%), Ethyl 9-

hexadecenoate (0.7-1.4%), Ethyl 9-tetradecenoate (0.2-0.4%) เอไมด์: (Z)-9-Octadecenamide (9.5-30.2%), (Z)-9-Octadecenamide (0.4-1.5%), Octadecanamide (0.3-1.0%), Tetradecanamide (0.3-0.6%) และอนุพันธ์ของไฟโตสเตอรอล: Cholesterol (1.2-4.8%)



ภาพที่ 4.11 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของรถด่วน

ตารางที่ 4.20 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของรด่วน

S. No	Compound	Retention Time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
1	Acetic acid	13.525	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	1.30
2	Hexadecanoic acid, methyl ester	32.353	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	1.93
3	Hexadecanoic acid, methyl ester	32.335	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.11	ND
4	9-Hexadecenoic acid, methyl	34.235	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.46
5	Hexadecanoic acid, ethyl ester	35.135	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.11	ND
6	Glycerin	39.811	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	ND	ND	0.16	1.94
7	9-Octadecenoic acid, methyl	48.623	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.09	1.58
8	(E)-9-Octadecenoic acid, ethyl	50.481	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.13	ND
9	Dodecanoic acid	50.555	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0.06	0.08	ND	0.16
10	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	50.975	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.17
11	Ethyl 9-tetradecenoate	51.433	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.29	0.27	0.16	0.36
12	Palmidrol	53.967	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.18
13	Octanoic acid, 2-	56.569	C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> NO <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.25
14	Tetradecanoic acid	59.093	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0.22	0.32	0.31	0.41
15	Ethyl 9-hexadecenoate	59.47	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1.37	1.06	0.70	1.16
16	Ethyl 9,12-hexadecadienoate	59.798	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1.86	1.40	0.94	1.64
17	Ethyl 9,12-hexadecadienoate	60.284	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.08	ND	ND
18	Linoleic acid ethyl ester	60.271	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.09
19	n-Propyl 9,12-hexadecadienoate	60.851	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.06	ND	ND
20	Methyl 5,13-docosadienoate	61.706	C <sub>23</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.11	ND	ND
21	E-9-Tetradecenoic acid	63.273	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.59
22	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-	64.102	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	0.35	1.63	1.31	ND
23	Octanoic acid, 2-	64.126	C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> NO <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.66
24	cis-9-Hexadecenoic acid	65.075	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.27	ND	ND
25	n-Hexadecanoic acid	65.795	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	23.39	37.10	48.33	33.15
26	cis-9-Hexadecenoic acid	66.858	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	4.24	6.45	3.91	6.14
27	Tetradecanamide	68.39	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> NO	0.64	0.31	0.32	0.31
28	9-Hexadecenoic acid	70.283	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	1.51
29	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-	72.415	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>4</sub>	0.51	2.13	1.26	ND



ตารางที่ 4.20 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของรด่วน (ต่อ)

S. No	Compound	Retention Time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
30	Octadecanoic acid	73.418	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0.87	1.29	1.26	1.58
31	9-Octadecenoic acid (Z)-	74.856	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	22.39	29.10	17.79	ND
32	Oleic Acid	74.823	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	26.68
33	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	77.612	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.74	0.45	3.77
34	Hexadecanamide	77.529	C <sub>16</sub> H <sub>33</sub> NO	3.60	1.17	1.84	ND
35	9-Octadecenamide, (Z)-	79.372	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	1.46	0.57	0.92	0.41
36	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	81.222	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.33	0.40	0.40	0.60
37	Octadecanamide	81.687	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO	0.37	ND	ND	ND
38	Linolenic acid, 2-hydroxy-1-	81.756	C <sub>21</sub> H <sub>36</sub> O <sub>4</sub>	ND	0.25	ND	ND
39	9-Octadecenamide, (Z)-	85.761	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	0.24	ND	ND	ND
40	Octadecanamide	91.815	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO	1.04	0.30	0.55	0.45
41	9-Octadecenamide, (Z)-	94.158	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	30.19	9.54	15.27	10.59
42	9-Octadecenamide, (Z)-	94.817	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	ND	ND	0.76	ND
43	Butyl 9,12-octadecadienoate	99.008	C <sub>22</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	1.83	0.53	1.04	0.73
44	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-	106.815	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>4</sub>	ND	3.70	ND	ND
45	Cholesterol	109.878	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub> O	4.76	1.15	1.90	1.20

หมายเหตุ: ND คือตรวจไม่พบ

จากตารางที่ 4.21 พบว่า สารสกัดหยาบของจิ้งโกร่งจากตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ มีกรดคาร์บอกซิลิกเป็นองค์ประกอบหลัก โดยสารสกัดหยาบในชั้นเฮกเซนพบสารจำนวน 26 สาร ได้แก่ กรดคาร์บอกซิลิก 46.2% เอสเทอร์ 23.1% เอไมด์ 15.4% ไฮโดรคาร์บอน 11.5% และสเตอรอยด์ 3.8% สารสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทนพบสารจำนวน 22 สาร ได้แก่ กรดคาร์บอกซิลิก 45.5% เอไมด์ 22.7% เอสเทอร์ 18.2% ไฮโดรคาร์บอน 9.1% และสเตอรอยด์ 4.5% ซึ่งสารสกัดหยาบทั้งสองชั้นไม่พบสารกลุ่มแอลกอฮอล์ ส่วนสารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตตพบสารจำนวน 25 สาร ได้แก่ กรดคาร์บอกซิลิก 48% เอไมด์ 20% เอสเทอร์ 16% ไฮโดรคาร์บอน 8% แอลกอฮอล์และสเตอรอยด์ 4% และสารสกัดหยาบชั้นเมทานอล

พบสารจำนวน 29 สาร ได้แก่ กรดคาร์บอกซิลิก 41.4% เอสเทอร์ 27.6% เอไมด์ 20.7% ไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ และสเตอรอยด์ 3.4%

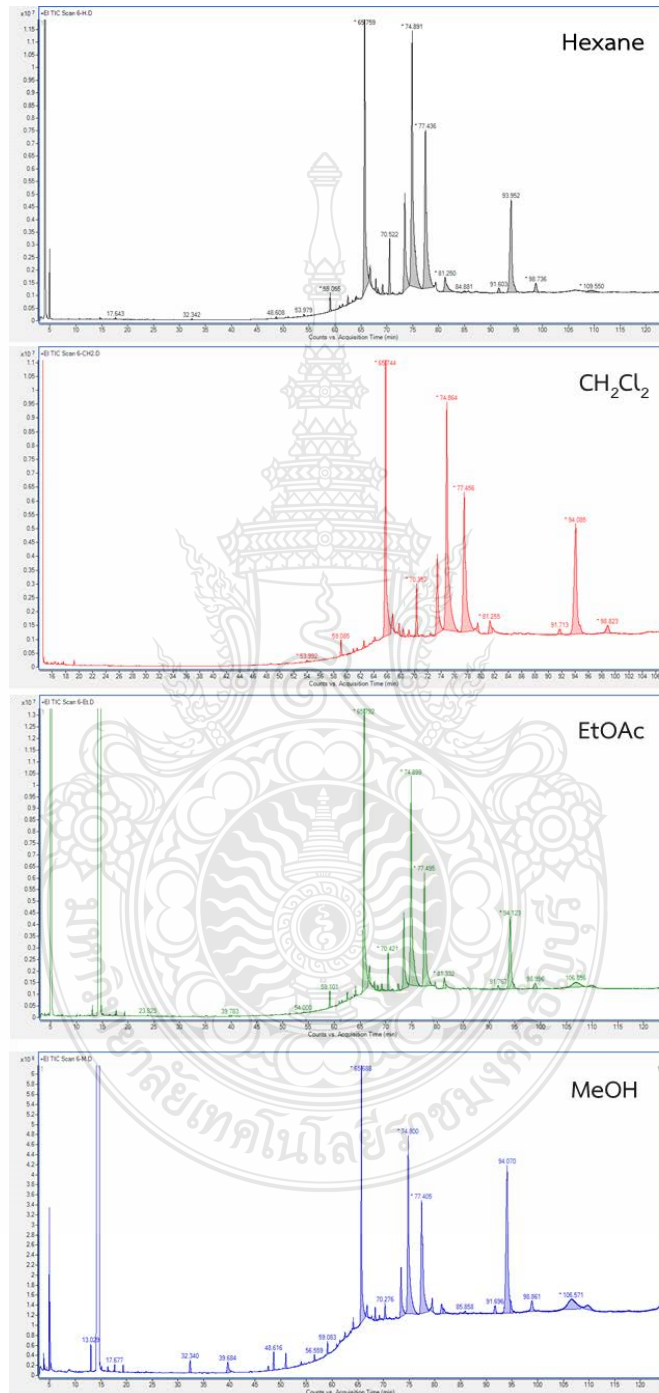
และสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของจิ้งโกร่งจะพบกลุ่มสารที่เหมือนกัน ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว: n-Hexadecanoic acid (16.7-28.5%), Octadecanoic acid (4.5-8.4%), Tetradecanoic acid (0.5-0.8%), Pentadecanoic acid (0.1%), Heptadecanoic acid (0.3-0.6%) กรดไขมันไม่อิ่มตัว: (E)-9-Octadecenoic acid (20-26.9%), (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid (15.6-18.1%), (Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid (1.0-2.2%), cis-9-Hexadecenoic acid (0.9-1.1%) เอไมด์: (Z)-9-Octadecenamide (10.1-20.5%), Tetradecanamide (0.2-0.6%), Octadecanamide (0.4-0.8%) เอสเทอร์: Butyl 9,12-octadecadienoate (0.9-1.5%) และอนุพันธ์ของไฟโตสเตอรอล: Cholesterol (0.6-1.5%)

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสารสกัดหยาบจากแมลงกินได้ในตารางที่ 4.12 จะได้ว่าสารสกัดหยาบที่มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ดีเท่ากับสารมาตรฐาน (Acarbose) ได้แก่ จิ้งหรีดชั้นไคคลอโรมีเทนและเมทานอล ( $0.061 \pm 0.004$  และ  $0.066 \pm 0.005$  mg/mL) แมงสะดั่งชั้นไคคลอโรมีเทน ( $0.071 \pm 0.006$  mg/mL) และจิ้งโกร่งชั้นเฮกเซนและไคคลอโรมีเทน ( $0.108 \pm 0.010$  และ  $0.062 \pm 0.001$  mg/mL) ซึ่งสารสกัดหยาบเหล่านี้มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าสารชนิดอื่น ได้แก่ n-Hexadecanoic acid (Palmitic acid), octadecanoic acid (Stearic acid), (E)-9-Octadecenoic acid (Cis-oleic acid), (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid (Linoleic acid) และยังพบกรดไขมันอิ่มตัวชนิดอื่นด้วย ได้แก่ Tetradecanoic Acid นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดอื่นและกลุ่มสารเอสเทอร์ที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ ได้แก่ (Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid (Linolenic acid), Octadecanoic acid, methyl ester (Methyl stearate), (Z)-9-Octadecenoic acid, methyl ester (Methyl oleate), (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester (Methyl linoleate) และ (Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester (Methyl linolenate) ซึ่งมีงานวิจัยได้ทำการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ Capric acid (C10:0,  $IC_{50} = 5.25 \pm 0.14$  mM), Lauric acid (C12:0,  $IC_{50} = 1.31 \pm 0.03$  mM), Myristic acid (C14:0,  $IC_{50} = 1.22 \pm 0.03$  mM), Palmitic acid (C16:0,  $IC_{50} = 0.749 \pm 0.019$   $\mu$ M), Stearic acid (C18:0,  $IC_{50} =$

1.23 ± 0.01 mM) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ Palmitoleic acid (C16:1, IC<sub>50</sub> = 0.265 ± 0.002 mM), Oleic acid (C18:1, IC<sub>50</sub> = 0.0765 ± 0.002 mM), Linoleic acid (C18:2, IC<sub>50</sub> = 0.112 ± 0.001 mM), α-Linolenic acid (C18:3, IC<sub>50</sub> = 0.170 ± 0.002 mM), Arachidonic acid (C20:4, IC<sub>50</sub> = 0.211 ± 0.002 mM) [118] และ Tetradecanoic Acid [119] ส่วนอนุพันธ์เอสเทอร์ก็ได้มีศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์นี้ ได้แก่ Methyl linoleate (IC<sub>50</sub> = 51.8 μM) Methyl linoleate (IC<sub>50</sub> = 47.5 μM) Methyl linolenate (IC<sub>50</sub> = 46.7 μM) Methyl stearate (IC<sub>50</sub> = 24.8 μM) และ Methyl oleate (IC<sub>50</sub> = 20.1 μM) [120-122] นอกจากนี้สารสกัดหยาบชั้นเอกเซนของจิ้งโกร่งพบสารโมโนเอซิลกลีเซอรอล (Monoacylglycerols) คือ Glycerol 1-palmitate (1-monopalmitin) ซึ่งถูกรายงานว่าเป็นสารยับยั้งเอนไซม์เอลฟาคลูซิเดสเช่นกัน และมีการศึกษาการจับของสารกับเอนไซม์โดยทำ Molecular docking [123] พบว่า หมู่คาร์บอกซิลิกของกรดไขมันจะเกิดพันธะไฮโดรเจนจำนวน 1-3 พันธะ และสายโซ่คาร์บอนที่ยาวของกรดไขมัน (11-14 คาร์บอน) จะมีแรงกระทำเป็นแรงไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic interaction) รวมทั้งสารกลุ่มสเตอรอยด์ (Steroids) ได้แก่ β-sitosterol ก็เป็นสารยับยั้งเอนไซม์เอลฟาคลูซิเดส ซึ่งพบในสารสกัดหยาบชั้นเมทานอลของดักแด้

การยับยั้งเอนไซม์อะไมเลสของสารสกัดหยาบในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงกินได้ในตารางที่ 4.13 พบว่า สารสกัดหยาบที่มี IC<sub>50</sub> ต่ำเท่ากับสารมาตรฐาน (Acarbose) คือ ดักแด้ชั้นเอธิลอะซีเตต (0.087 ± 0.003 mg/mL) จากข้อมูลของสารประกอบที่ระเหยได้จากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS ในตารางที่ 4.17 พบว่ามีกรดไขมันที่อิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว และเอไมด์ ได้แก่ Tetradecanoic acid, n-Hexadecanoic acid, Tetradecanamide, (Z)-Octadecanamide, Octadecanamide, Oleic acid, Octadecanoic acid, (Z)-9-Octadecenoic acid, (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid, Eicosanoic acid, Butyl 9,12-octadecadienoate, (Z)-9-Octadecenoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester และ cholesterol มีงานวิจัยศึกษาสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะไมเลสคือ n-hexadecanoic acid (Palmitic acid, IC<sub>50</sub> = 38.7 μg/mL), Oleic acid (IC<sub>50</sub> = 97.3 μg/mL), (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid (Linoleic acid, 22.8 μg/mL) [121] นอกจากนี้ Tetradecanoic Acid มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์เอลฟาอะไมเลสได้ดี [119] สำหรับกลุ่มไฟโตสเตอรอล เช่น Cholesterol และ β-Sitosterol มีการศึกษาการจับระหว่างโมเลกุลกับเอนไซม์อะไมเลสโดยใช้ Molecular docking พบว่าโคเลสเตอรอลสามารถ

จับกับเอนไซม์อะไมเลสได้ดีผ่านพันธะไฮโดรเจน แรงแวนเดอวาล์ (Van der Waals) และแรงดึงดูดทางไฟฟ้า (Electrostatic interaction) [124] จากงานวิจัยที่กล่าวมา สารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตตมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อะไมเลสดี อาจมีผล synergistic effect ของกรดไขมันต่างๆ



ภาพที่ 4.12 โครมาโตแกรม GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ของจิ้งโกร่ง

ตารางที่ 4.21 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของจิ้งโกร่ง

S. No	Compound	Retention time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
1	Acetic acid	13.029	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.73
2	Hexanoic acid	17.677	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	0.07	ND	ND	0.19
3	Octanoic acid	23.823	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	0.07	ND
4	Hexadecanoic acid, methyl ester	32.34	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.05	ND	ND	0.87
5	Glycerin	39.684	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	ND	ND	0.13	1.14
6	Octadecanoic acid, methyl ester	47.558	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.27
7	9-Octadecenoic acid, methyl	48.616	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0.10	ND	ND	0.95
8	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-,	50.982	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.74
9	Methyl 9-cis,11-trans-	50.969	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.06	ND	ND	ND
10	Palmidrol	53.979	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO <sub>2</sub>	0.09	0.08	0.05	ND
11	Hexanoic acid, 2-	56.559	C <sub>10</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.25
12	Tetradecanoic acid	59.083	C <sub>18</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0.71	0.63	0.81	0.54
13	Pentadecanoic acid	60.915	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.08	0.15	0.13	0.14
14	i-Propyl 12-methyltetradecanoate	61.472	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.10	ND	ND
15	16-Hydroxyhexadecanoic acid	61.503	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>3</sub>	ND	ND	0.13	ND
16	Pentadecanoic acid	62.523	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.36	0.34	0.42	ND
17	Heptacosane	63.914	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	0.08	ND	ND	ND
18	Hexadecanoic acid, butyl ester	64.082	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	ND	0.17	ND	ND
19	Octanoic acid, 2-	64.095	C <sub>15</sub> H <sub>25</sub> NO <sub>2</sub>	ND	ND	ND	0.43
20	Glycerol 1-palmitate	64.108	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	0.15	ND	0.40	ND
21	n-Hexadecanoic acid	65.792	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	23.24	21.50	28.49	16.68
22	cis-9-Hexadecenoic acid	66.856	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	1.12	1.01	1.13	0.85
23	Tetratriacontane	67.739	C <sub>34</sub> H <sub>70</sub>	ND	0.48	ND	ND
24	Triacotane	67.785	C <sub>30</sub> H <sub>62</sub>	0.54	ND	0.36	ND
25	Tetradecanamide	68.411	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> NO	0.22	0.42	0.34	0.62
26	Heptadecanoic acid	69.217	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.61	0.37	0.40	0.26
27	Tetratriacontane	70.276	C <sub>30</sub> H <sub>62</sub>	2.84	2.68	ND	0.98
28	Octacosane	70.421	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	ND	ND	2.06	ND
29	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-	72.428	C <sub>21</sub> H <sub>38</sub> O	0.09	0.13	0.43	ND

ตารางที่ 4.21 GC-MS ของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ของจิ้งโกร่ง (ต่อ)

S. No	Compound	Retention time	Molecular formula	% of Area			
				Hexane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	EtOAc	MeOH
30	Octadecanoic acid	73.472	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	8.42	7.06	7.94	4.50
31	9-Octadecenoic acid, (E)-	74.899	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	26.88	24.69	24.67	20.00
32	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	77.495	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	18.07	17.80	15.60	15.65
33	9-Octadecenamide, (Z)-	79.53	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	ND	0.62	0.33	1.03
34	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	81.332	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	2.24	1.31	1.24	1.03
35	9,12,15-Octadecatrienoic acid,	81.744	C <sub>21</sub> H <sub>36</sub> O <sub>4</sub>	ND	ND	ND	0.55
36	Eicosanoic acid	84.881	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	0.16	ND	ND	ND
37	9-Octadecenamide, (Z)-	85.858	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	ND	ND	ND	0.25
38	Octadecanamide	91.696	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO	0.43	0.52	0.40	0.81
39	9-Octadecenamide, (Z)-	94.07	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	11.76	15.12	10.13	20.49
40	9-Octadecenamide, (Z)-	94.66	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	ND	ND	ND	1.27
41	Butyl 9,12-octadecadienoate	98.861	C <sub>22</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	0.96	1.03	0.91	1.50
42	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-	106.571	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>4</sub>	ND	ND	2.82	5.80
43	Cholesterol	109.739	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub> O	0.68	3.80	0.61	1.49

หมายเหตุ: ND คือตรวจไม่พบ

การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดหยาบจากแมลงกินได้ ในตารางที่ 4.14 จะพบว่าสารสกัดหยาบที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ได้แก่ จิ้งหรีดชั้นเมทานอล (IC<sub>50</sub> = 0.100 ± 0.014 mg/mL) แมงสะต๋ิ่งชั้นเฮกเซน (IC<sub>50</sub> = 0.143 ± 0.016 mg/mL) ตั๊กแตนป่าทั้งก้านชั้นเอธิลอะซีเตตและเมทานอล (IC<sub>50</sub> = 0.086 ± 0.012 และ 0.105 ± 0.011 mg/mL) รดควันชั้นเฮกเซน (IC<sub>50</sub> = 0.114 ± 0.015 mg/mL) จิ้งโกร่งชั้นเฮกเซน ไคโคลโรมีเทนและเอธิลอะซีเตต (IC<sub>50</sub> = 0.334 ± 0.047, 0.075 ± 0.002, 0.070 ± 0.002 mg/mL ตามลำดับ) จากข้อมูลของสารประกอบที่ระเหยได้จากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS ในตารางที่ 4.19 พบว่ากรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว เอไมด์ เอสเทอร์ และไฟโตสเตอรอยด์ มีงานวิจัยได้ศึกษาความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ได้แก่ Hexanoic acid (IC<sub>50</sub> = 3.35 mM) และ Octanoic acid (IC<sub>50</sub> = 2.15 mM) โดยการยับยั้งทั้งสองสารเป็นแบบ mixed inhibition [125] นอกจากนี้ hexadecanoic acid, octadecanoic acid, oleic acid

และ  $\beta$ -sitosterol ในสารสกัดหยาบเมทานอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส [126] อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า Linoleic acid ไม่ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส [127]

การยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ จากแมลงกินได้ ในตารางที่ 4.15 จะพบว่าสารสกัดหยาบที่มีค่า  $IC_{50}$  ดีเท่ากับสารมาตรฐาน tacrine hydrochloride ได้แก่ จิ้งหรีดชั้นโตคลอโรมีเทน ( $IC_{50} = 0.221 \pm 0.020$  mg/mL) จิ้งโกร่งชั้นเฮกเซน และโตคลอโรมีเทน ( $IC_{50} = 0.082 \pm 0.013$ ,  $0.067 \pm 0.006$  mg/mL) และด้กแต่ชั้นเฮกเซน ( $IC_{50} = 0.2453 \pm 0.024$  mg/mL) จากข้อมูลของสารประกอบที่ระเหยได้จากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS ในตารางที่ 4.16 พบว่ากรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ hexadecanoic acid, tetradecanoic acid, palmitic acid ยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสสามารถยับยั้งได้ปานกลาง ( $56.7 \pm 1.9\%$ ) เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน galanthamine และได้มีการรายงานว่าสารสกัดที่มีไขมันไม่สามารถยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสได้ และสารสกัดที่ไม่มีไขมันเป็นสารยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสได้ [128]



**ตารางที่ 4.22** จำนวนสารกลุ่มต่าง ๆ ที่พบในสารสกัดหยาบของชันตัวทำลายอินทรีย์จากแมลงกินได้

Functional group	The number of extracts found																					
	Field cricket			Silkworm pupae			House cricket			Bombay locust			Bamboo caterpillar			Short-tailed cricket						
	H	C	E	H	C	E	H	C	E	H	C	E	H	C	E	H	C	E				
Alkane	5	5	2	2	1	1	ND	4	5	2	ND	2	2	1	ND	ND	ND	ND	3	2	2	1
Alkene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heterocyclic aromatic	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	1	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heterocyclic	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Alcohol	1	ND	1	1	ND	1	1	ND	ND	ND	1	2	ND	ND	1	ND	ND	1	ND	ND	1	1
	2	2	1	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phenol	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Steroid	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Carboxylic acid	6	5	6	5	4	4	3	2	4	4	4	3	7	5	4	2	3	5	4	6	4	5
	4	4	7	4	2	5	5	3	5	6	7	6	5	6	7	6	4	4	3	5	8	7
Amide	2	3	3	3	6	2	-	4	2	1	1	4	1	3	3	3	3	2	3	2	1	2
	1	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	2
Cyclic	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Unsaturated	3	5	3	8	3	2	2	4	5	4	5	5	1	2	2	3	5	10	7	8	4	2
Ester	ND	ND	4	4	ND	2	ND	2	3	3	6	3	ND	1	ND	4	1	1	3	3	2	4
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ: H คือสารสกัดในชั้นเฮกเซน; C คือสารสกัดในชั้นไดคลอโรมีเทน; E คือสารสกัดในชั้นเอทิลอะซิเตต; M คือสารสกัดในชั้นเมทานอล; ND คือตรวจไม่พบ



ตารางที่ 4.23 องค์ประกอบกรดไขมันของแมลงกินได้ (%)

Fatty acid composition	Field cricket			Silkworm pupae			House cricket			Bombay locust			Bamboo caterpillar			Short-tailed cricket			
	H	C	E	H	M	E	H	C	M	H	C	E	H	C	M	H	C	E	M
C14:0	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.1	0.4	0.4	0.3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.3	0.4	0.7	0.6	0.8	0.5
C15:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.1	0.1	ND	0.1	ND	ND	ND	ND	0.4	0.5	0.6	0.14
C16:0	18.6	17.6	19.6	14.8	14.8	13.6	18.8	27.6	23.1	14.5	12.5	14.0	10.2	37.1	33.1	23.2	21.5	28.5	16.7
C16:1	1.4	2.0	1.1	1.3	0.3	0.3	0.2	1.4	1.3	0.7	0.6	0.6	ND	6.4	6.1	1.1	1.0	1.1	0.8
C17:0	0.1	0.1	0.4	ND	ND	ND	0.2	0.3	0.2	0.5	0.5	0.4	0.3	ND	ND	0.6	0.4	0.4	0.3
C17:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C18:0	6.9	6.8	8.2	5.3	5.3	4.7	8.5	16.9	11.4	6.8	6.0	6.4	4.2	1.3	1.3	8.4	7.1	7.9	4.5
C18:1	25.7	25.3	25.2	20.6	20.6	21.4	22.5	18.0	20.2	21.7	22.6	22.4	16.4	29.1	26.7	26.9	24.7	24.7	20.0
C18:2	27.3	28.1	25.1	24.1	24.1	ND	34.0	26.0	30.1	9.9	9.4	10.7	4.5	0.7	3.8	18.1	17.8	15.6	15.7
C18:3	0.4	0.5	1.1	0.4	0.4	18.9	0.4	0.3	0.5	19.3	15.5	19.7	13.4	0.3	0.4	2.2	1.3	1.2	1.0
C20:0	0.4	0.3	0.3	ND	ND	0.3	ND	0.2	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	ND	ND	ND
SFA	26.3	25.2	28.9	20.4	20.4	18.7	27.8	45.5	34.2	22.5	19.8	21.7	15.2	38.7	35.1	33.6	30.1	38.2	22.1
MUFA	27.0	27.3	26.3	21.9	21.9	21.7	23.5	19.4	21.4	22.4	23.2	22.9	16.4	26.6	21.7	28.0	25.7	25.8	20.8
PUFA	27.7	28.6	26.1	24.5	24.5	18.9	34.4	26.3	30.6	29.2	25.0	30.4	17.9	1.1	0.8	20.3	19.1	16.8	16.7
OMEGA 3	0.4	0.5	1.1	0.4	0.4	18.9	0.4	0.3	0.5	19.3	15.5	19.7	13.4	0.4	0.6	2.2	1.3	1.2	1.0
OMEGA 6	27.3	28.1	25.1	24.1	24.1	0.0	34.0	26.0	30.1	9.9	9.4	10.7	4.5	0.7	3.8	18.1	17.8	15.6	15.7

หมายเหตุ: H คือสารสกัดไขมันชั้นไฮดรอกซีโรตีน; C คือสารสกัดไขมันชั้นโคเลโรตีน; E คือสารสกัดไขมันชั้นเอทิลเอซิด; M คือสารสกัดไขมันชั้นไมเอซิด; SFA (กรดไขมันอิ่มตัว): C14:0 – myristic acid; C16:0 – palmitic acid; C18:0 – stearic acid, MUFA: C16:1n7 – palmitoleic acid; C18:1n9 – oleic acid, PUFA: C18:2n6 – linoleic acid; C18:3n3 –  $\alpha$ -linolenic acid; C18:3n6 –  $\gamma$ -linolenic acid; C20:3n6 – dihomo- $\gamma$ -linolenic acid; C20:4n6 – arachidonic acid; C20:5n3 – eicosapentaenoic acid (EPA), UFA (กรดไขมันไม่อิ่มตัว) = MUFA + PUFA, ND คือตรวจไม่พบ

สำหรับตารางที่ 4.23 แสดงองค์ประกอบกรดไขมันของแมลงกินได้ ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) พบในแมลงทุกชนิดปริมาณ 15.2-49.9% มีองค์ประกอบหลักคือ tetradecanoic acid (C14:0), pentadecanoic acid (C15:0), hexadecanoic acid (palmitic acid) (C16:0), heptadecanoic acid (C17:0), eicosanoic acid (C20:0) พบได้มากในแมลงสะตั้ง (27.8-45.5%) และรอต่วน (24.5-49.9%) สำหรับปริมาณกรดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) พบได้ในแมลงทั้ง 6 ชนิด ในช่วง 10.8-35.5% ส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ palmitoleic acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) พบได้มากในจิ้งหรีด (21.9-27.3%) และรอต่วน (21.7-35.5%) สำหรับปริมาณกรดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) พบได้ในแมลงทั้ง 6 ชนิด ในช่วงปริมาณ 0.3-34.4% มีส่วนประกอบหลัก 2 อย่างของ PUFA คือ linoleic acid (C18:2) และ  $\alpha$ -linolenic acid (C18:3) พบได้ปริมาณมากในแมลงสะตั้ง (20.1-34.4%) และตั๊กแตน ปาทังก้า (17.9-30.4) นอกจากนี้กรดไขมันเหล่านี้ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสร้างได้เองซึ่งหมายความว่า จะต้องได้รับจากอาหาร ในแมลงที่วิเคราะห์พบ tetradecanoic acid (C14:0), pentadecanoic acid (C15:0), heptadecanoic acid (C17:0) และ eicosanoic acid (C20:0) มีจำนวนเล็กน้อย แมลงที่กินได้อุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งมีความสำคัญในอาหารของมนุษย์ กรดไขมันของแมลงโดยทั่วไป เทียบได้กับกรดไขมันในสัตว์ปีกและปลาในระดับที่ไม่อิ่มตัว แต่มี PUFA มากขึ้นในทางตรงกันข้ามเนื้อวัวและเนื้อหมูมี PUFA น้อยมาก และ MUFA เป็นกรดไขมันที่มีอยู่ในเนื้อวัวและหมูมากที่สุด เมื่อพิจารณากรดไขมันไม่อิ่มตัว (UFA) ในแมลงทั้ง 6 ชนิดพบว่า แมลงที่มีปริมาณสูงสุดคือ จิ้งหรีด (46.5-55.9%) แมลงสะตั้ง (32.6-57.9%) และตั๊กแตนปาทังก้า (34.3-53.3%) นอกจากนี้ยังมีโอเมก้า-3 (C18:3) และโอเมก้า-6 (C18:2) ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดหัวใจทั้งในด้านการป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยโอเมก้า-3 สูงสุดพบใน ตั๊กแตน (12.3-18.9%) และตั๊กแตนปาทังก้า (13.4-19.7%) และโอเมก้า-6 พบได้มากในจิ้งหรีด (24.1-28.1%) และแมลงสะตั้ง (20.1-34.0%) [129]

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากลูกยอไม่สุกและแมลงกินได้ ประกอบไปด้วยการศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น การหาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม การศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ แอลฟาไกลูโคซิเดส แอลฟาอะไมเลส ไทโรซิเนส และอะซีติลโคลีนเอสเตอเรส

ในการสกัดสารออกฤทธิ์จากลูกยอไม่สุกในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ตามลำดับ จะได้สารสกัดหยาบจากลูกยอในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ แล้วนำมาแยกเพิ่มเติมโดยวิธีซิลิกาคอลัมน์โครมาโตกราฟี จะได้ fractions ต่าง ๆ ดังนี้ เฮกเซน (H1-H10) เอทิลอะซิเตท (E1-E11) และเมทานอล (M1-M5) จากนั้นนำมาทดสอบสารพฤกษเคมีพบว่ากลุ่มฟลาโวนอยด์พบในสารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตทและเมทานอล กลุ่มแทนนินพบในสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน และเอทิลอะซิเตท กลุ่มอัลคาลอยด์และสเตียรอยด์พบในสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน นอกจากนี้กลุ่มซาโปนินพบในสารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตทเท่านั้น โดยปริมาณฟีนอลิกรวมของ fraction ในชั้นเมทานอล 38.7 - 83.2 mg mg GAE/g จะมีปริมาณสูงกว่าชั้นเอทิลอะซิเตท 12.9 - 38.6 GAE/g ในขณะที่ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมพบในชั้นเอทิลอะซิเตท E11 มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 94.0 mg QE/g extract สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของ fractions เมทานอลอยู่ในช่วง 13.1-22.5 mg QE/g extract เมื่อวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์ในสารสกัดลูกยอจะถูกวิเคราะห์โดยวิธี mass spectroscopy พบว่า H10 พบ deacetylasperulosidic acid และ ursolic acid ส่วน E11 พบ deacetylasperulosidic acid, aucubin และ catechin และ M5 พบ asperulosidic acid, Glucuronic acid และ Galactose เมื่อทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากลูกยอพบว่ามียุทธในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี และหาค่า  $IC_{50}$  ของ E11 และ M5 เท่ากับ  $1.19 \pm 0.27$  และ  $4.43 \pm 0.12$  mg/mL ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -glucosidase พบว่า E11 มียุทธในการยับยั้งดีที่สุดซึ่งมีค่า  $IC_{50}$  ของ H10, E11 และ M5 คือ  $1.51 \pm 0.32$  mg/mL,  $0.43 \pm 0.02$  mg/mL และ  $0.85 \pm 0.03$  mg/mL ตามลำดับ การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์  $\alpha$ -amylase พบว่าฤทธิ์ยับยั้งของสารออกฤทธิ์ในเมทานอลดีกว่าเอทิลอะซิเตทและ

เฮกเซนตามลำดับ โดยมีค่า  $IC_{50}$  ของ H10, E11 และ M5 คือ  $2.95 \pm 0.62$  mg/mL,  $0.58 \pm 0.09$  mg/mL และ  $0.13 \pm 0.02$  mg/mL) ตามลำดับ สำหรับการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสพบว่าฤทธิ์ในการยับยั้งของสารออกฤทธิ์ในสารสกัดชั้นเมทานอลดีกว่าเอทิลอะซิเตต และเฮกเซนตามลำดับ โดยมีค่า  $IC_{50}$  ของ H10, E11 และ M5 เท่ากับ  $1.20 \pm 0.25$ ,  $0.67 \pm 0.02$  และ  $0.37 \pm 0.06$  mg/mL ตามลำดับ สำหรับการทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity) ต่อเซลล์ของ H10, E11 และ M5 พบว่า fractions เหล่านี้ไม่แสดงความเป็นพิษต่อเซลล์ในช่วงความเข้มข้น 0.1-0.8 mg/mL เนื่องจากความมีชีวิตของเซลล์มากกว่า 80%

ในการสกัดสารจากแมลงกินได้ ได้แก่ จิ้งหรีด ดักแด้ แมงสะตัง ตั๊กแตน รถด่วน และจิ้งโกร่ง ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และเมทานอล ตามลำดับ เมื่อทดสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นพบว่าสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ทุกชั้นของแมลงทุกชนิด พบสารกลุ่มแอลคาลอยด์ ซาโปนิน และสเตอรอยด์ ยกเว้นสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนของดักแด้ไม่พบสารกลุ่มแอลคาลอยด์ ส่วนสารกลุ่มไตรเทอปีนจะพบในสารสกัดหยาบของแมลงบางชนิดเท่านั้น ได้แก่ ดักแด้ชั้นเฮกเซนและไดคลอโรมีเทน แมงสะตังชั้นไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และเมทานอล และจิ้งหรีดชั้นเอทิลอะซิเตต ส่วนสารกลุ่มแทนนินพบในสารสกัดหยาบของแมลงบางชนิดเช่นกัน ได้แก่ ดักแด้ชั้นเอทิลอะซิเตต ชั้นเมทานอล ดักแด้ แมงสะตัง จิ้งโกร่ง และตั๊กแตนป่าทั้งห้า การหาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมพบว่าสารสกัดหยาบในชั้นเมทานอลมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ตัวอื่นๆ โดยสารสกัดหยาบจากรถด่วนมีปริมาณฟีนอลิกมากที่สุด การทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าสารสกัดหยาบตั๊กแตนป่าทั้งห้า มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าแมลงชนิด การศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสพบว่าสารสกัดหยาบในชั้นไดคลอโรมีเทนของแมลงบางชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสดีเท่ากับอะคาร์โบสที่เป็นสารมาตรฐาน ได้แก่ แมงสะตัง จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด และสารสกัดชั้นเฮกเซนของจิ้งโกร่ง การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสพบว่า สารสกัดหยาบในชั้นเอทิลอะซิเตตของดักแด้มีฤทธิ์ในการยับยั้งดีเท่ากับอะคาร์โบสที่เป็นสารมาตรฐาน การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสพบว่าสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิดจากจิ้งโกร่งและตั๊กแตนป่าทั้งห้ามีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ดีกว่ากรดโคจิกที่เป็นสารมาตรฐานคือจิ้งโกร่งชั้นไดคลอโรมีเทน จิ้งโกร่งชั้นเอทิลอะซิเตต จิ้งโกร่งชั้นเมทานอล และตั๊กแตนป่าทั้งห้าชั้นเอทิลอะซิเตต การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเตอเรสพบว่าสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนและไดคลอโรมีเทนของจิ้งโกร่งที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเตอเรสดีกว่าสารสกัดหยาบชนิด การวิเคราะห์หา

โครงสร้างของสารสกัดหยาบจากแมลงกินได้โดยใช้วิธี GC-MS พบกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว และเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลักและพบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ จากงานวิจัยจะเห็นว่า สารสกัดหยาบจากแมลงกินได้มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวานและโรคความจำเสื่อมรวมทั้งกระบวนการสร้างเม็ดสี



## บรรณานุกรม

- [1] A. P. Fernandes *et al.*, "Protective immunity against challenge with *Leishmania* (*Leishmania*) *chagasi* in beagle dogs vaccinated with recombinant A2 protein," *Vaccine*, vol. 26, no. 46, pp. 5888-5895, 2008.
- [2] W. F. Caspary, "Physiology and pathophysiology of intestinal absorption," ed: Oxford University Press, 1992.
- [3] K. Itoh *et al.*, "An Nrf2/small Maf heterodimer mediates the induction of phase II detoxifying enzyme genes through antioxidant response elements," *Biochemical and biophysical research communications*, vol. 236, no. 2, pp. 313-322, 1997.
- [4] Z. Yin, W. Zhang, F. Feng, Y. Zhang, and W. Kang, " $\alpha$ -Glucosidase inhibitors isolated from medicinal plants," *Food Science and Human Wellness*, vol. 3, no. 3, pp. 136-174, Sep 2014.
- [5] K. Tief, M. Hahne, A. Schmidt, and F. Beermann, "Tyrosinase, the key enzyme in melanin synthesis, is expressed in murine brain," *European journal of biochemistry*, vol. 241, no. 1, pp. 12-16, 1996.
- [6] M. A. Soares, M. A. Almeida, C. Marins-Goulart, O. A. Chaves, A. Echevarria, and M. C. de Oliveira, "Thiosemicarbazones as inhibitors of tyrosinase enzyme," *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, vol. 27, no. 15, pp. 3546-3550, 2017.
- [7] Z. Ashraf *et al.*, "Carvacrol derivatives as mushroom tyrosinase inhibitors; synthesis, kinetics mechanism and molecular docking studies," *PLoS One*, vol. 12, no. 5, p. e0178069, 2017.
- [8] C. L. Cespedes *et al.*, "Inhibition on cholinesterase and tyrosinase by alkaloids and phenolics from *Aristolelia chilensis* leaves," *Food and Chemical Toxicology*, vol. 109, pp. 984-995, 2017.
- [9] R. Biswas, J. Chanda, A. Kar, and P. K. Mukherjee, "Tyrosinase inhibitory mechanism of betulinic acid from *Dillenia indica*," *Food chemistry*, vol. 232, pp. 689-696, 2017.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [10] แสงประดับ, น. (2525). "สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่เป็นอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย". จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/39422>.
- [11] วรากร วราอัศวปติ, จำนง วิสุทธิแพทย์ และ ชูเกียรติ มณีธร (2518). "แมลงที่เป็นอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ". 7. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, มหาสารคาม.
- [12] C. Sanguanpravit, (2019, January). Super food insects edible. Brand Inside, Retrieved from <https://brandinside.asia/insect-business-future/>.
- [13] O. Admin, (2019, January). "Super food". Omnirecipes, Retrieved from <http://omnirecipes.com/2019/01/15/insect-super-food/>.
- [14] บ. นาวิเกษัน (2561, สิงหาคม). จิ้งหรีดช่วยเพิ่มจุลชีพในลำไส้. บีบีวีนิวส์, สืบค้นจาก <https://www.bbc.com/thai/features-45077662>.
- [15] Y. Hanboonsong, T. Jamjanya, and P. B. Durst, "Six-legged livestock : edible insect farming, collection and marketing in Thailand" (RAP publication ; 2013/03., no. Accessed from <https://nla.gov.au/nla.cat-vn6295353>). Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific, 2013.
- [16] D. L. Zechel and S. G. Withers, "Glycosidase mechanisms: anatomy of a finely tuned catalyst," *Accounts of chemical research*, vol. 33, no. 1, pp. 11-18, 2000.
- [17] D. Krishnaiah, A. Bono, R. Sarbatly, and S. Anisuzzaman, "Antioxidant activity and total phenolic content of an isolated *Morinda citrifolia* L. methanolic extract from Poly-ethersulphone (PES) membrane separator," *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, vol. 27, no. 1, pp. 63-67, 2015.
- [18] E. Dussosoy *et al.*, "Characterization, anti-oxidative and anti-inflammatory effects of Costa Rican noni juice (*Morinda citrifolia* L.)," *Journal of ethnopharmacology*, vol. 133, no. 1, pp. 108-115, 2011.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [19] K. J. Abesundara, T. Matsui, and K. Matsumoto, " $\alpha$ -Glucosidase inhibitory activity of some Sri Lanka plant extracts, one of which, *Cassia auriculata*, exerts a strong antihyperglycemic effect in rats comparable to the therapeutic drug acarbose," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no. 9, pp. 2541-2545, 2004.
- [20] A. Johnston and P. J. Passmore, "Independent encoding of surface orientation and surface curvature," *Vision research*, vol. 34, no. 22, pp. 3005-3012, 1994.
- [21] E. B. de Melo, A. da Silveira Gomes, and I. Carvalho, " $\alpha$ - and  $\beta$ -Glucosidase inhibitors: chemical structure and biological activity," *Tetrahedron*, vol. 62, no. 44, pp. 10277-10302, 2006.
- [22] J. Gloster, P. Mellor, L. Burgin, C. Sanders, and S. Carpenter, "Will bluetongue come on the wind to the United Kingdom in 2007?," *Veterinary Record*, vol. 160, no. 13, pp. 422-426, 2007.
- [23] P. Insain, "Inhibition of Melanogenesis from Thai Berries," *EAU Heritage Journal* vol. 12, pp. 69-82, 2018.
- [24] G. Grove and A. Kligman, "Corneocytes size as an indirect measure of epidermal proliferative activity," in *Stratum corneum*: Springer, 1983, pp. 191-195.
- [25] T. Pillaiyar, M. Manickam, and V. Namasivayam, "Skin whitening agents: medicinal chemistry perspective of tyrosinase inhibitors," *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, vol. 32, no. 1, pp. 403-425, Jan 2017.
- [26] F. Solano, S. Briganti, M. Picardo, and G. Ghanem, "Hypopigmenting agents: an updated review on biological, chemical and clinical aspects," *Pigment cell research*, vol. 19, no. 6, pp. 550-571, 2006.
- [27] S. A. D'Mello, G. J. Finlay, B. C. Baguley, and M. E. Askarian-Amiri, "Signaling pathways in melanogenesis," *International journal of molecular sciences*, vol. 17, no. 7, p. 1144, 2016.



## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [28] A. T. Slominski, M. A. Zmijewski, C. Skobowiat, B. Zbytek, R. M. Slominski, and J. D. Steketee, "Sensing the environment: Regulation of local and global homeostasis by the skin neuroendocrine system," *Advances in anatomy, embryology, and cell biology*, vol. 212, p. v, 2012.
- [29] Y.-S. C. Bae-Harboe and H.-Y. Park, "Tyrosinase: a central regulatory protein for cutaneous pigmentation," *Journal of Investigative Dermatology*, vol. 132, no. 12, pp. 2678-2680, 2012.
- [30] R. Sarkar, S. Chugh, and V. K. Garg, "Acitretin in dermatology," *Indian Journal of Dermatology, Venereology, and Leprology*, vol. 79, no. 6, p. 759, 2013.
- [31] มหาวิทยาลัยมหิดล, กระทรวงสาธารณสุข, และ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. (2547). สมุนไพรที่มีการใช้ของผู้ติดเชื่อและผู้ป่วยเอดส์ : ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ . กรุงเทพฯ : ประชาชน.
- [32] Y. Chan-Blanco, F. Vaillant, A. Mercedes Perez, M. Reynes, J.-M. Brillouet, and P. Brat, "The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 19, no. 6, pp. 645-654, Sep 2006.
- [33] อัญชลี จุฑะพุทธิ, ปุณศรีภา ณ พัทลุง อุไรวรรณ เพิ่มพิพัฒน์ และ เย็นจิตร เตชะดำรงสิน, "การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลยอ," *ไทยเภสัชสาร*, vol. 20(3), pp. 195-202, 1996.
- [34] C. P. Locher *et al.*, "Anti-microbial activity and anti-complement activity of extracts obtained from selected Hawaiian medicinal plants," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 49, no. 1, pp. 23-32, Nov 1995.
- [35] ชนาภรณ์ กงสะเด็น, วชิราพรรณ อยู่สิ่ง ศุภฤทธิ ภัคดีไทย และ ทศนีย์ ปัญจามนธ์, "ผลของสารสกัดผลยอต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิปิดในหนูขาวใหญ่ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดพิษต่อตับด้วยเอทิลแอลกอฮอล์," *Science of Happiness*, 2558.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [36] Y. Chan-Blanco, F. Vaillant, A. M. Perez, M. Reynes, J.-M. Brillouet, and P. Brat, "The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 19, no. 6-7, pp. 645-654, 2006.
- [37] V. Samoylenko, J. Zhao, D. C. Dunbar, I. A. Khan, J. W. Rushing, and I. Muhammad, "New constituents from noni (*Morinda citrifolia*) fruit juice," *Journal of agricultural and Food Chemistry*, vol. 54, no. 17, pp. 6398-6402, 2006.
- [38] O. Potterat and M. Hamburger, "Morinda citrifolia (Noni) fruit-phytochemistry, pharmacology, safety," *Planta medica*, vol. 73, no. 03, pp. 191-199, 2007.
- [39] S. Deng, A. K. Palu, B. J. West, C. X. Su, B.-N. Zhou, and J. C. Jensen, "Lipoxygenase inhibitory constituents of the fruits of noni (*Morinda citrifolia*) collected in Tahiti," *Journal of Natural products*, vol. 70, no. 5, pp. 859-862, 2007.
- [40] M. Masuda *et al.*, "Inhibitory effects of constituents of *Morinda citrifolia* seeds on elastase and tyrosinase," *Journal of Natural Medicines*, vol. 63, no. 3, pp. 267-273, Jul 2009.
- [41] M. I. Kazeem, J. O. Adamson, and I. A. Ogunwande, "Modes of Inhibition of  $\alpha$ -Amylase and  $\alpha$ -Glucosidase by Aqueous Extract of *Morinda lucida* Benth Leaf," *BioMed Research International*, vol. 2013, p. 527570, Dec 2013.
- [42] L. Fang, J. Cao, L. Duan, Y. Tang, and Y. Zhao, "Protein tyrosine phosphatase 1B (PTP1B) and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill," *Journal of Functional Foods*, vol. 9, pp. 264-270, Jul 2014.
- [43] R. Abou Assi, Y. Darwis, I. M. Abdulbaqi, L. Vuanghao, and M. Laghari, "*Morinda citrifolia* (Noni): A comprehensive review on its industrial uses, pharmacological activities, and clinical trials," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 10, no. 5, pp. 691-707, 2017.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [44] B. J. West, S. K. Palmer, S. Deng, and A. K. Palu, "Antimicrobial activity of an iridoid rich extract from " morinda citrifolia" fruit," *Current Research Journal of Biological Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 52-54, 2012.
- [45] S. K. Jayaraman, M. S. Manoharan, and S. Illanchezian, "Antibacterial, antifungal and tumor cell suppression potential of Morinda citrifolia fruit extracts," *International Journal of Integrative Biology*, vol. 3, no. 1, pp. 44-49, 2008.
- [46] N. Atkinson, "Antibacterial substances from flowering plants," *Australian Journal of Experimental Biology & Medical Science*, vol. 34, no. 1, 1956.
- [47] B.-N. Su, A. D. Pawlus, H.-A. Jung, W. J. Keller, J. L. McLaughlin, and A. D. Kinghorn, "Chemical Constituents of the Fruits of Morinda c itrifolia (Noni) and Their Antioxidant Activity," *Journal of Natural Products*, vol. 68, no. 4, pp. 592-595, 2005.
- [48] D. Krishnaiah, R. Nithyanandam, and R. Sarbatly, "Phytochemical constituents and activities of Morinda citrifolia L," *Phytochemicals-A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health. InTech, Rijeka, Croatia*, pp. 127-150, 2012.
- [49] H. Matsuda, M. Masuda, K. Murata, Y. Abe, and A. Uwaya, "Study of the anti-photoaging effect of noni (Morinda citrifolia)," in *Melanoma-From Early Detection to Treatment: IntechOpen*, 2013.
- [50] M. Masuda *et al.*, "Effects of Morinda citrifolia extract and its constituents on blood fluidity," *Journal of Traditional Medicines*, vol. 28, no. 2, pp. 47-54, 2011.
- [51] C. Su, M. Wang, D. Nowicki, J. Jensen, and G. Anderson, "Selective COX-2 inhibition of Morinda citrifolia (Noni) in vitro," in *The Proceedings of the Eicosanoids and other bioactive lipids in cancer, inflammation and related disease. The 7 th Annual Conference*, 2001, pp. 14-17.
- [52] J.-M. Liu, F. Haroun-Bouhedja, and C. Boison-Vidal, "Analysis of the in vitro inhibition of mammary adenocarcinoma cell adhesion by sulphated polysaccharides," *Anticancer research*, vol. 20, no. 5/A, pp. 3265-3272, 2000.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [53] T. Hiramatsu, M. Imoto, T. Koyano, and K. Umezawa, "Induction of normal phenotypes in ras-transformed cells by damnacanthol from *Morinda citrifolia*," *Cancer letters*, vol. 73, no. 2-3, pp. 161-166, 1993.
- [54] T. Nualsanit, P. Rojanapanthu, W. Gritsanapan, S.-H. Lee, D. Lawson, and S. J. Baek, "Damnacanthol, a noni component, exhibits antitumorigenic activity in human colorectal cancer cells," *The Journal of nutritional biochemistry*, vol. 23, no. 8, pp. 915-923, 2012.
- [55] B. S. Nayak, J. R. Marshall, G. Isitor, and A. Adogwa, "Hypoglycemic and hepatoprotective activity of fermented fruit juice of *Morinda citrifolia* (Noni) in diabetic rats," *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2011, 2010.
- [56] D. Puranik, M. Faraz, B. Nagaraju, N. A. Patan Fayaz, P. Shanthraj, and A. Bolouri, "Preclinical evaluation of antidiabetic activity of noni fruit juice," *Int. J. Bioassays*, vol. 2, no. 02, pp. 475-482, 2013.
- [57] P. Prasad, A. Z. Visagaperumal, and V. Chandy, "Fruits of *morinda citrifolia*," *International Journal of Pharmaceutical Science and Health*, vol. 9, no 2, pp. 9-20, 2019.
- [58] R. M. Heinicke, *The Xeronine system: a new cellular mechanism that explains the health promoting action of Noni and Bromelain*. Direct Source Pub., 2001.
- [59] S. Ramesh, M. Radhakrishnan, R. Anburaj, R. Elangomathavan, and S. Patharajan, "Physicochemical, phytochemical and antimicrobial studies on *Morinda citrifolia* L. fruits at different maturity stages," *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, vol. 4, no. 5, pp. 473-476, 2012.
- [60] S. Indriani, M. S. Bin Ab Karim, S. Nalinanon, and S. Karnjanapratum, "Quality characteristics of protein-enriched brown rice flour and cake affected by Bombay locust (*Patanga succincta* L.) powder fortification," *LWT*, vol. 119, p. 108876, Feb 2020.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [61] B. P. Uvarov, "Rice Grasshoppers of the Genus Hieroglyphus and their Nearest Allies," *Bulletin of Entomological Research*, vol. 13, no. 2, pp. 225-241, 1922.
- [62] J. L. Capinera, "Chapter 11-Order Orthoptera-Grasshoppers, crickets, and katydids," in *Handbook of Vegetable Pests (Second Edition)*, J. L. Capinera, Ed.: Academic Press, 2020, pp. 555-579.
- [63] P. Subta, S. Suang, P. Chantawannakul, and M. Manaboon, "Diapause hormone terminates larval diapause in the bamboo borer, *Omphisa fuscidentalis* (Hampson)," *Journal of Asia-Pacific Entomology*, vol. 20, no. 3, pp. 1014-1018, Sep 2017.
- [64] J. Szelei *et al.*, "Susceptibility of North-American and European crickets to *Acheta domesticus* densovirus (AdDNV) and associated epizootics," *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 106, no. 3, pp. 394-399, Mar 2011.
- [65] J. E. Weaver and R. A. Sommers, "Life History and Habits of the Short-Tailed Cricket, *Anurogryllus muticus*,<sup>1</sup> in Central Louisiana," *Annals of the Entomological Society of America*, vol. 62, no. 2, pp. 337-342, 1969.
- [66] Y. Gao, D. Wang, M.-L. Xu, S.-S. Shi, and J.-F. Xiong, "Toxicological characteristics of edible insects in China: A historical review," *Food and Chemical Toxicology*, vol. 119, pp. 237-251, Sep 2018.
- [67] A. Jantzen da Silva Lucas, L. Menegon de Oliveira, M. da Rocha, and C. Prentice, "Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds," *Food Chemistry*, vol. 311, p. 126022, May 2020.
- [68] X.-H. Luo *et al.*, "The biosynthetic products of Chinese insect medicine, *Aspongopus chinensis*," *Fitoterapia*, vol. 83, no. 4, pp. 754-758, Jun 2012.
- [69] Y.-N. Shi *et al.*, "Bioactive compounds from the insect *Aspongopus chinensis*," *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, vol. 24, no. 22, pp. 5164-5169, Nov 2014.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [70] M.-Z. Xu *et al.*, "Antioxidant and anti-inflammatory activities of N-acetyldopamine dimers from *Periostracum Cicadae*," *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, vol. 14, no. 23, pp. 7826-7834, Dec 2006.
- [71] J.-J. Tang *et al.*, "Dopamine derivatives from the insect *Polyrhachis dives* as inhibitors of ROCK1 / 2 and stimulators of neural stem cell proliferation," *Tetrahedron*, vol. 70, no. 46, pp. 8852-8857, Nov 2014.
- [72] J. Lu, Q. Sun, Z.-C. Tu, Q. Lv, P.-X. Shui, and Y.-X. Cheng, "Identification of N-Acetyldopamine Dimers from the Dung Beetle *Catharsius molossus* and Their COX-1 and COX-2 Inhibitory Activities," vol. 20, no. 9, pp. 15589-15596, 2015.
- [73] Y.-M. Yan, L.-J. Li, X.-C. Qin, Q. Lu, Z.-C. Tu, and Y.-X. Cheng, "Compounds from the insect *Blaps japonensis* with COX-1 and COX-2 inhibitory activities," *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, vol. 25, no. 12, pp. 2469-2472, Jun 2015.
- [74] J. Lee *et al.*, "Quinoxaline-, dopamine-, and amino acid-derived metabolites from the edible insect *Protaetia brevitarsis seulensis*," *Archives of Pharmacal Research*, vol. 40, no. 9, pp. 1064-1070, Sep 2017.
- [75] A. Manosroi, K. Boonpisuttinant, S. Winitchai, W. Manosroi, and J. Manosroi, "Free radical scavenging and tyrosinase inhibition activity of oils and sericin extracted from Thai native silkworms (*Bombyx mori*)," *Pharmaceutical Biology*, vol. 48, no. 8, pp. 855-860, Aug 2010.
- [76] C. P. P. Castillo, A.-S. G, and G. Angel, "Inhibitory Effect of Silkworm Extract on Alpha-Glucosidase Activity and Postprandial Blood Glucose in Mice," 12/11 2011.
- [77] Y. Zhang, N. Wang, W. Wang, J. Wang, Z. Zhu, and X. Li, "Molecular mechanisms of novel peptides from silkworm pupae that inhibit  $\alpha$ -glucosidase," *Peptides*, vol. 76, pp. 45-50, Feb 2016.
- [78] M. A. Hossain, K. A. S. AL-Raqmi, Z. H. AL-Mijzy, A. M. Weli, and Q. Al-Riyami, "Study of total phenol, flavonoids contents and phytochemical screening of various leaves crude extracts of locally grown *Thymus vulgaris*," *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, vol. 3, no. 9, pp. 705-710, 2013.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [79] S. Pooja and G. Vidyasagar, "Phytochemical screening for secondary metabolites of *Opuntia dillenii* Haw," *Journal of Medicinal Plants Studies*, vol. 4, no. 5, pp. 39-43, 2016.
- [80] S. Sansenya and K. Nanok, " $\alpha$ -glucosidase,  $\alpha$ -amylase inhibitory potential and antioxidant activity of fragrant black rice (Thai coloured rice)," *Flavour and Fragrance Journal*, 2020.
- [81] E. N. Sembiring, B. Elya, and R. Sauriasari, "Phytochemical screening, total flavonoid and total phenolic content and antioxidant activity of different parts of *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb," *Pharmacognosy journal*, vol. 10, no. 1, 2018.
- [82] M. Kazeem, J. Adamson, and I. Ogunwande, "Modes of inhibition of  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase by aqueous extract of *Morinda lucida* Benth leaf," *BioMed research international*, vol. 2013, 2013.
- [83] S. Sari, B. Barut, A. Özel, A. Kuruüzüm-Uz, and D. Şöhretoğlu, "Tyrosinase and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory potential of compounds isolated from *Quercus coccifera* bark: In vitro and in silico perspectives," *Bioorganic Chemistry*, vol. 86, pp. 296-304, May 2019.
- [84] A. Joompang *et al.*, "Evaluation of tyrosinase inhibitory activity and mechanism of Leucrocinn I and its modified peptides," *Journal of Bioscience and Bioengineering*, vol. 130, no. 3, pp. 239-246, Sep 2020.
- [85] K. H. Nguyen *et al.*, "Nuciferine stimulates insulin secretion from beta cells-An in vitro comparison with glibenclamide," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 142, no. 2, pp. 488-495, Jul 2012.
- [86] A. V. Rao and D. M. Gurfinkel, "The Bioactivity of Saponins: Triterpenoid and Steroidal Glycosides," *Drug Metabolism and Drug Interactions*, vol. 17, no. 1-4, pp. 211-236, 2000.
- [87] E. Sieniawska and T. Baj, "Chapter 10 - Tannins," in *Pharmacognosy*, S. Badal and R. Delgoda, Eds. Boston: Academic Press, 2017, pp. 199-232.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [88] S. Elin Novia, E. Berna, and S. Rani, "Phytochemical Screening, Total Flavonoid and Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Different Parts of *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb," *Pharmacognosy Journal*, vol. 10, no. 1, 2018.
- [89] H. S. Wahyuning Setyani, "Phytochemical investigation of noni (*Morinda citrifolia* L.) leaves extract applicated for sunscreen product," *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, vol. 14, pp. 164-167, 2018.
- [90] B. J. West, S. Deng, and C. J. Jensen, "Nutrient and phytochemical analyses of processed noni puree," *Food Research International*, vol. 44, no. 7, pp. 2295-2301, Aug 2011.
- [91] A. Dittmar, "Morinda citrifolia L.," *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, vol. 1, no. 3, pp. 77-92, Aug 1993.
- [92] L. Lv, H. Chen, C.-T. Ho, and S. Sang, "Chemical components of the roots of Noni (*Morinda citrifolia*) and their cytotoxic effects," *Fitoterapia*, vol. 82, no. 4, pp. 704-708, Jun 2011.
- [93] J. M. Yang XiaoLong, H. KunLung, and L. JiKai, "Chemical constituents from the seeds of *Morinda citrifolia*," *Chinese Journal of Natural Medicines*, vol. 7, pp. 119-122, 2009.
- [94] M. S. Pak-Dek, A. Abdul-Hamid, A. Osman, and C. S. Soh, "Inhibitory Effect of *Morinda Citrifolia* L. on Lipoprotein Lipase Activity," vol. 73, no. 8, pp. C595-C598, 2008.
- [95] S. K. P. Brett J. West, Shixin Deng, Afa K. Palu, "Antimicrobial Activity of an Iridoid Rich Extract from "*Morinda citrifolia* Fruit," *Current Research Journal of Biological Sciences*, pp. 52-54, 2012.
- [96] G. Liu, A. Bode, W.-Y. Ma, S. Sang, C.-T. Ho, and Z. Dong, "Two Novel Glycosides from the Fruits of *Morinda Citrifolia* (Noni) Inhibit AP-1 Transactivation and Cell Transformation in the Mouse Epidermal JB6 Cell Line," *Cancer Research*, vol. 61, no. 15, p. 5749, 2001.



## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [97] R. Abou Assi, Y. Darwis, I. M. Abdulbaqi, A. A. Khan, L. Vuanghao, and M. H. Laghari, "Morinda citrifolia (Noni): A comprehensive review on its industrial uses, pharmacological activities, and clinical trials," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 10, no. 5, pp. 691-707, Jul 2017.
- [98] A. Hirazumi and E. Furusawa, "An immunomodulatory polysaccharide-rich substance from the fruit juice of Morinda citrifolia (noni) with antitumour activity," vol. 13, no. 5, pp. 380-387, 1999.
- [99] S. Chandra *et al.*, "Assessment of Total Phenolic and Flavonoid Content, Antioxidant Properties, and Yield of Aeroponically and Conventionally Grown Leafy Vegetables and Fruit Crops: A Comparative Study," *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2014, p. 253875, Mar 2014.
- [100] C.-h. Liu, Y.-r. Xue, Y.-h. Ye, F.-f. Yuan, J.-y. Liu, and J.-l. Shuang, "Extraction and Characterization of Antioxidant Compositions From Fermented Fruit Juice of Morinda citrifolia (Noni)," *Agricultural Sciences in China*, vol. 6, no. 12, pp. 1494-1501, Dec 2007.
- [101] S. A. Baba and S. A. Malik, "Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of Arisaema jacquemontii Blume," *Journal of Taibah University for Science*, vol. 9, no. 4, pp. 449-454, Oct 2015.
- [102] N. Benariba *et al.*, "Phytochemical screening and free radical scavenging activity of Citrullus colocynthis seeds extracts," *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, vol. 3, no. 1, pp. 35-40, Jan 2013.
- [103] F. Pourmorad, Hosseinimehr, S.J., and Shahabimajd, N., "Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants," *African Journal of Biotechnology*, vol. 5, pp. 1142-1145, 2006.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [104] G. López-Angulo, J. Montes-Avila, S. P. Díaz-Camacho, R. Vega-Aviña, Y. P. Ahumada-Santos, and F. Delgado-Vargas, "Chemical composition and antioxidant,  $\alpha$ -glucosidase inhibitory and antibacterial activities of three Echeveria DC. species from Mexico," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 12, no. 8, pp. 1964-1973, Dec 2019.
- [105] R. Lee Youn, " Antioxidant and  $\alpha$ -Amylase Inhibitory Activity of 70% Ethanolic Extract from *Morinda citrifolia* L. (Noni)]," *The Korean Society of Food and Nutrition*, vol. 33, no. 2, pp. 210-214, Apr 2020.
- [106] H. Matsuda, M. Masuda, K. Murata, Y. Abe, and A. Uwaya, "Study of the Anti-Photoaging Effect of Noni (*Morinda citrifolia*)," in *Melanoma - From Early Detection to Treatment*, 2013.
- [107] J. P. Ebanks, R. R. Wickett, and R. E. Boissy, "Mechanisms Regulating Skin Pigmentation: The Rise and Fall of Complexion Coloration," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 10, no. 9, 2009.
- [108] D. Yhoun-aree and K. Viwatpanich, "Edible insects in the Laos PDR, Myanmar, Thailand, and Vietnam," *Ecological Implications of Minilivestock*, pp. 415-440, Jan 2005.
- [109] Y. Kunatsa, C. Chidewe, and C. J. Zvidzai, "Phytochemical and anti-nutrient composite from selected marginalized Zimbabwean edible insects and vegetables," *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 2, p. 100027, Dec 2020.
- [110] Z.-z. Gui, Z.-q. Fu, C.-x. Hou, and B.-r. Jin, "Separation and Characterization of  $\alpha$ -Glucosidase Inhibitor from *Bombyx mori*," *Natural Product Research & Development*, Article vol. 19, no. 3, pp. 491-495, 2007.
- [111] J. Zhen, Y. Dai, T. Villani, D. Giurleo, J. E. Simon, and Q. Wu, "Synthesis of novel flavonoid alkaloids as  $\alpha$ -glucosidase inhibitors," *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, vol. 25, no. 20, pp. 5355-5364, Oct 2017.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [112] T. T. H. Hanh, N. H. Dang, and N. T. Dat, " $\alpha$ -Amylase and  $\alpha$ -Glucosidase Inhibitory Saponins from *Polyscias fruticosa* Leaves," *Journal of Chemistry*, vol. 2016, p. 2082946, Apr 2016.
- [113] X.-X. Chen, Y. Shi, W.-M. Chai, H.-L. Feng, J.-X. Zhuang, and Q.-X. Chen, "Condensed Tannins from *Ficus virens* as Tyrosinase Inhibitors: Structure, Inhibitory Activity and Molecular Mechanism," *PLOS ONE*, vol. 9, no. 3, p. e91809, 2014.
- [114] S. López, J. Bastida, F. Viladomat, and C. Codina, "Acetylcholinesterase inhibitory activity of some Amaryllidaceae alkaloids and *Narcissus* extracts," *Life Sciences*, vol. 71, no. 21, pp. 2521-2529, Oct 2002.
- [115] L.-F. Yang, S. Siriamornpun, and D. U. O. Li, "Polyunsaturated fatty acid content of edible insects in thailand," *Journal of Food Lipids*, vol. 13, no. 3, pp. 277-285, Sep 2006.
- [116] L. Hoang Anh, T. D. Xuan, N. T. Dieu Thuy, N. V. Quan, and L. T. Trang, "Antioxidant and  $\alpha$ -amylase Inhibitory Activities and Phytochemicals of *Clausena indica* Fruits," (in eng), *Medicines (Basel, Switzerland)*, vol. 7, no. 3, p. 10, 2020.
- [117] Y. Mitaka, S. Matsuyama, N. Mizumoto, K. Matsuura, and T. Akino, "Chemical identification of an aggregation pheromone in the termite *Reticulitermes speratus*," *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, p. 7424, May 2020.
- [118] C. H. Su, C. H. Hsu, and L. T. Ng, "Inhibitory potential of fatty acids on key enzymes related to type 2 diabetes," (in eng), *Biofactors*, vol. 39, no. 4, pp. 415-21, Jul-Aug 2013.
- [119] S. Lakshmanasenthil, T. Vinoth Kumar, D. Geetharamani, and S. Shanthi Priya, " $\alpha$ -Amylase and  $\alpha$ -Glucosidase Inhibitory Activity of Tetradecanoic Acid (TDA) from *Sargassum wightii* with Relevance to Type 2 Diabetes Mellitus," *Journal of Biologically Active Products from Nature*, vol. 8, no. 3, pp. 180-191, May 2018.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [120] C. C. Gladis Raja Malar Chelladurai, "Alpha amylase and Alpha glucosidase inhibitory effects of aqueous stem extract of *Salacia oblonga* and its GC-MS analysis," *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* vol. 54, 2018.
- [121] H. Teng and L. Chen, "  $\alpha$ -Glucosidase and  $\alpha$ -amylase inhibitors from seed oil: A review of liposoluble substance to treat diabetes," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 57, no. 16, pp. 3438-3448, Nov 2017.
- [122] S. Murugesu *et al.*, "Characterization of  $\alpha$ -Glucosidase Inhibitors from *Clinacanthus nutans* Lindau Leaves by Gas Chromatography-Mass Spectrometry-Based Metabolomics and Molecular Docking Simulation," *Molecules*, vol. 23, no. 9, 2018.
- [123] A. Nokhala, M. J. Siddiqui, Q. U. Ahmed, M. S. Ahamad Bustamam, and Z. A. Zakaria, "Investigation of  $\alpha$ -Glucosidase Inhibitory Metabolites from *Tetracera scandens* Leaves by GC-MS Metabolite Profiling and Docking Studies," *Biomolecules*, vol. 10, no. 2, p. 287, 2020.
- [124] R. Settu, D. Selvaraj, and I. A. Padikasan, "GCMS profiling and in silico screening of alpha-amylase inhibitors in traditional pigmented rice varieties (*Oryza sativa* Linn) of Tamil Nadu," *Food Bioscience*, vol. 42, p. 101154, Aug 2021.
- [125] Y. J. Guo *et al.*, "Inhibitory effects of fatty acids on the activity of mushroom tyrosinase," (in eng), *Appl Biochem Biotechnol*, vol. 162, no. 6, pp. 1564-73, Nov 2010.
- [126] P. Panda, P. Dash, and G. Ghosh, "Chemometric profile, antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of Camel's foot creeper leaves (*Bauhinia vahlii*)," *Natural Product Research*, vol. 32, no. 5, pp. 596-599, Mar 2018.
- [127] C. Jo, I.-Y. Jeong, N. Lee, k.-S. Kim, M. J. F. S. Byun, and Biotechnology, "Synthesis of a Novel Compound from Gallic Acid and Linoleic Acid and its Biological Functions," vol. 15, pp. 317-320, 2006.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [128] G. Tel, M. Öztürk, M. E. Duru, M. Harmandar, and G. Topçu, "Chemical composition of the essential oil and hexane extract of *Salvia chionantha* and their antioxidant and anticholinesterase activities," *Food and Chemical Toxicology*, vol. 48, no. 11, pp. 3189-3193, Nov 2010.
- [129] E. Zielińska, B. Baraniak, M. Karaś, K. Rybczyńska, and A. Jakubczyk, "Selected species of edible insects as a source of nutrient composition," *Food Research International*, vol. 77, pp. 460-466, Nov 2015.





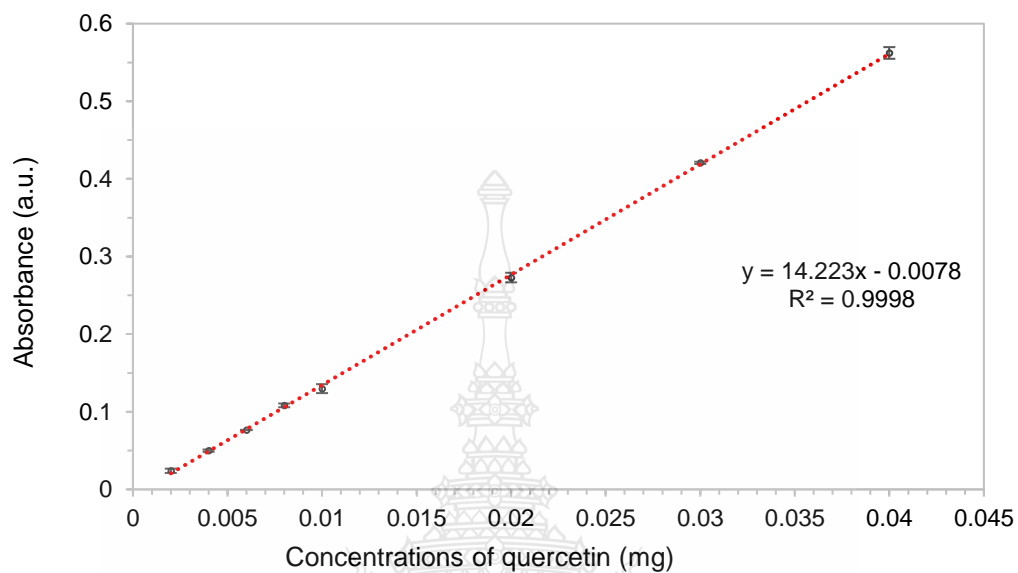


ภาคผนวก ก

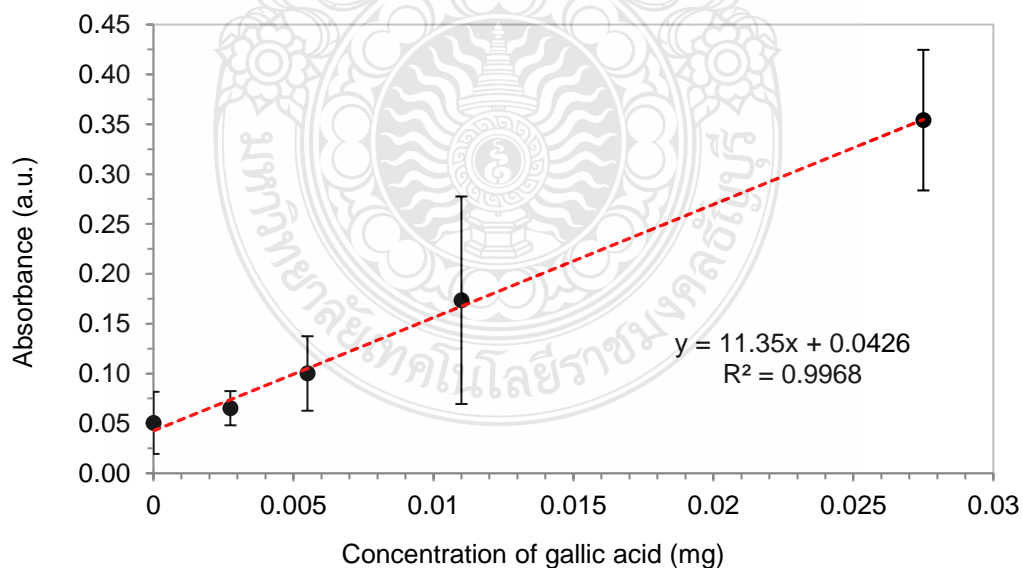
กราฟของสารสกัดจากลูกขอมและแมลง

## 1. สารสกัดจากลูกยอ

### 1.1 ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดจากลูกยอ



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงของเคออสทีน

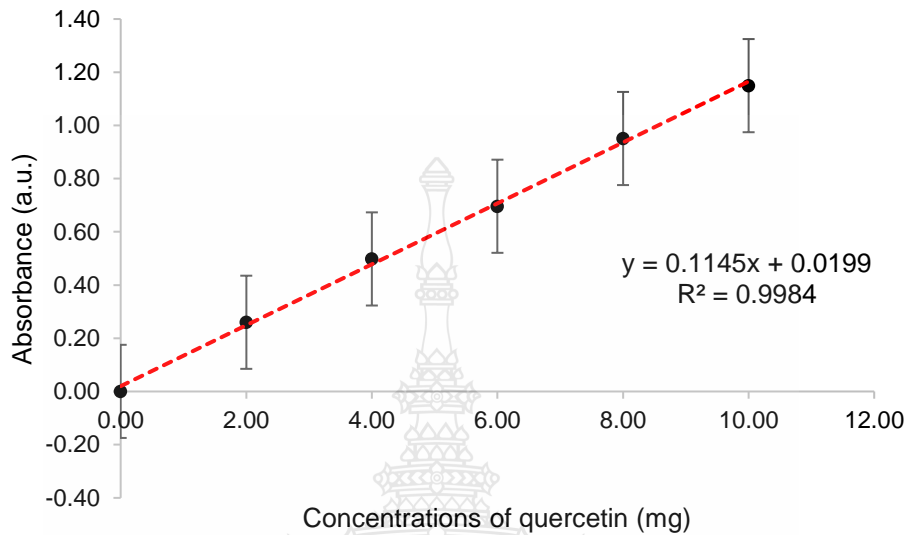


รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงของกรดแกลลิก

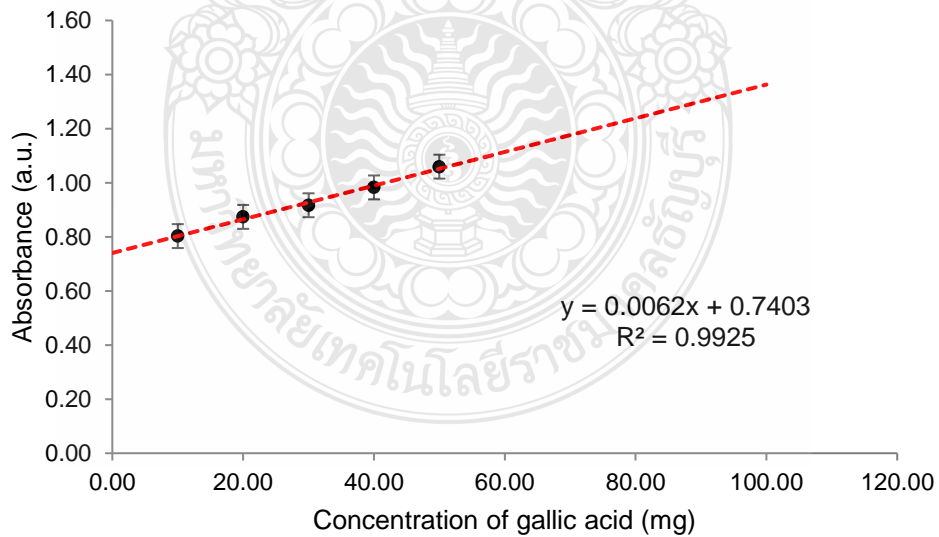


## 2. สารสกัดจากแมลง

### 2.1 ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดจากแมลง



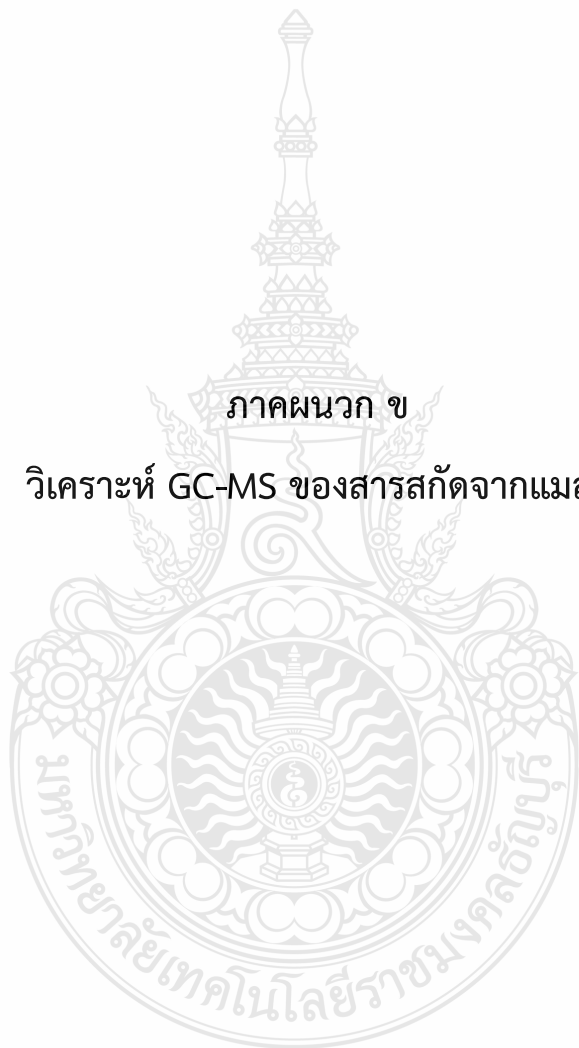
รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงของเคออสทีน



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงของกรดแกลลิก

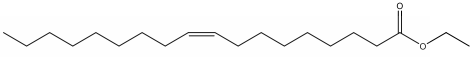
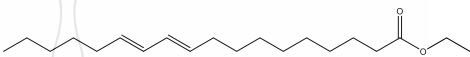
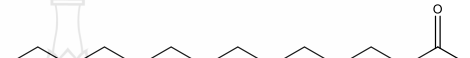

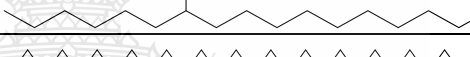




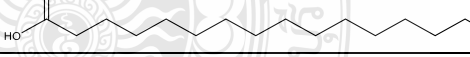

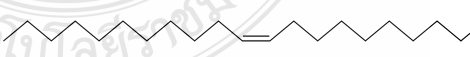
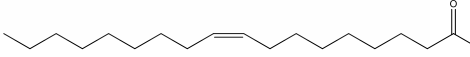
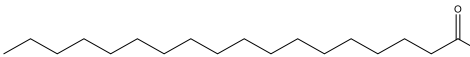
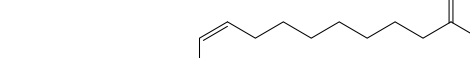

ภาคผนวก ข

วิเคราะห์ GC-MS ของสารสกัดจากแมลง

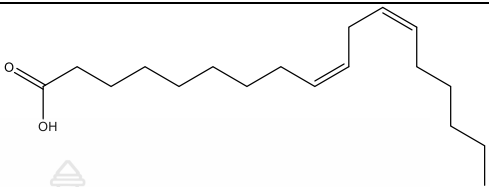
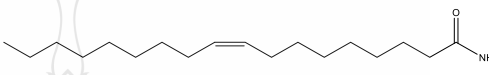
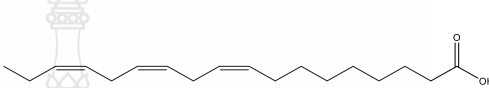
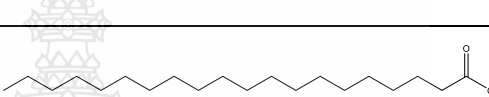
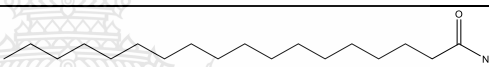

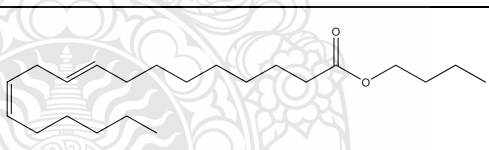
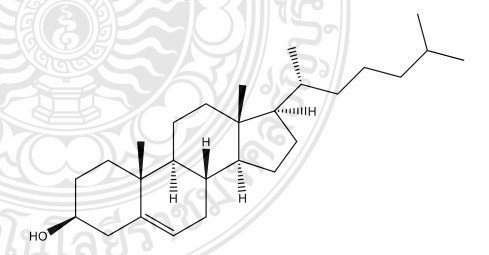


## 1. GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีด

ตารางที่ 1.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นเฮกเซน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	50.478	Ethyl Oleate		Unsaturated Ester
2	52.643	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester		Unsaturated Ester
3	59.07	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
4	59.546	Pentacosane		Alkane
5	60.177	1-Dodecanol, 2-hexyl-		Alcohol
6	60.449	1-Heptacosanol		Alcohol
7	61.286	Pentacosane		Alkane
8	61.785	Nonacosane		Alkane
9	62.769	Octacosane		Alkane
10	64.311	Hexacosane, 9-octyl-		Alkane
11	65.7	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
12	66.782	Palmitoleic acid		Unsaturated Carboxylic acid
13	68.026	Eicosen-1-ol, cis-9-		Unsaturated Alcohol
14	72.392	Oleic Acid		Unsaturated Carboxylic acid
15	73.448	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
16	74.848	Oleic Acid		Unsaturated Carboxylic acid

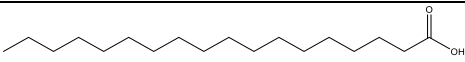
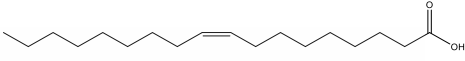
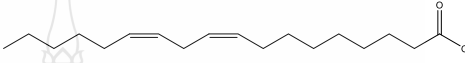
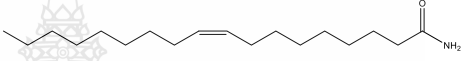
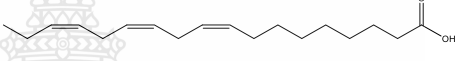
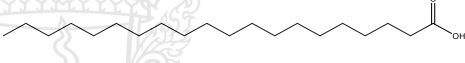
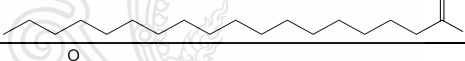
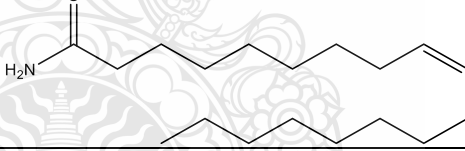
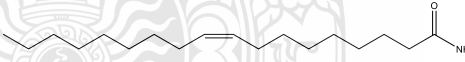

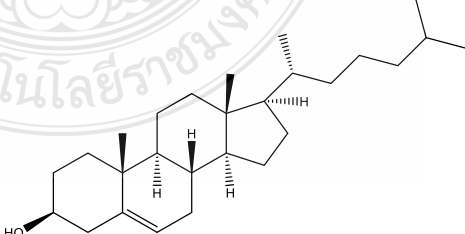
ตารางที่ 1.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นเฮกเซน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
17	77.461	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
18	79.441	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
19	81.283	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
20	84.952	Eicosanoic acid		Carboxylic acid
21	91.637	Octadecanamide		amide
22	93.975	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
23	98.799	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
24	109.659	Cholesterol		steroid

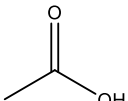
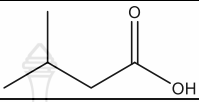
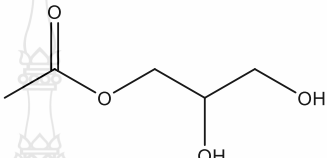
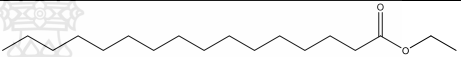
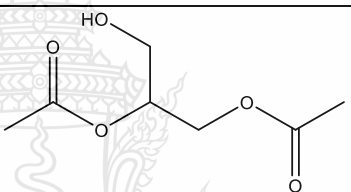
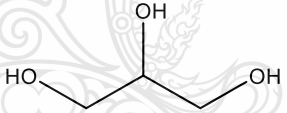

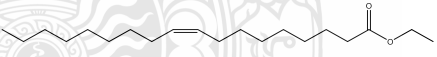
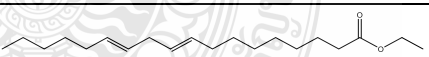
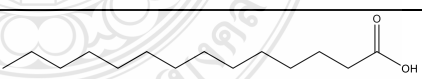

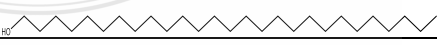
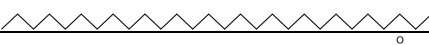
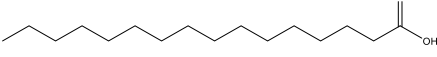
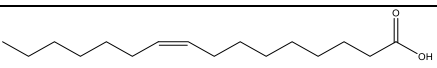
ตารางที่ 1.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นไคคลอโรมีเทน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	50.489	9-Octadecenoic acid (Z)-, ethyl ester		Unsaturated Ester
2	50.977	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester		Unsaturated Ester
3	52.636	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester		Unsaturated Ester
4	59.093	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
5	59.508	Pentacosane		Alkane
6	60.149	1-Decanol, 2-hexyl-		Alcohol
7	60.421	1-Heptacosanol		alcohol
8	61.245	Octacosane		Alkane
9	61.765	Triacontane		Alkane
10	62.721	Hentriacontane		Alkane
11	64.273	Tetratriacontane		Alkane
12	65.739	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
13	66.795	Palmitoleic acid		Unsaturated Carboxylic acid
14	67.998	1,21-Docosadiene		Alkene
15	68.373	Tetradecanamide		amide
16	70.434	Isopropyl linoleate		Unsaturated Ester
17	72.421	Oleic Acid		Unsaturated Carboxylic acid

ตารางที่ 1.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นไคโคลโรมีเทน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
18	73.454	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
19	74.894	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
20	77.507	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
21	79.505	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
22	81.283	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
23	84.93	Eicosanoic acid		Carboxylic acid
24	91.716	Octadecanamide		amide
25	94.044	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
26	94.691	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
27	98.892	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
28	109.82 3	Cholesterol		steroid

ตารางที่ 1.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นเอธิลอะซีเตต

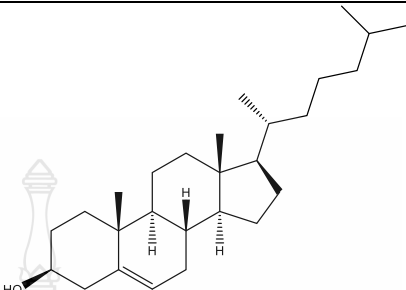
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	12.049	Acetic acid		Carboxylic acid
2	14.761	Butanoic acid, 3-methyl-		Carboxylic acid
3	32.841	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate		Ester
4	35.146	Hexadecanoic acid, ethyl ester		Ester
5	36.939	Glycerol 1,2-diacetate		Ester
6	39.867	Glycerin		Alcohol
7	49.565	Octadecanoic acid, ethyl ester		Ester
8	50.481	9-Octadecenoic acid (Z)-, ethyl ester		Unsaturated Ester
9	52.656	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester		Unsaturated Ester
10	59.113	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
11	59.487	Pentacosane		Alkane
12	60.396	1-Heptacosanol		Alcohol
13	61.233	Octacosane		Alkane
14	65.813	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
15	66.856	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid

ตารางที่ 1.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นเอธิลอะซีเตต (ต่อ)

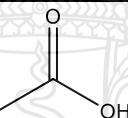
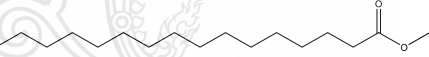
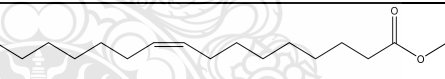
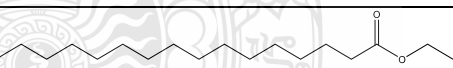
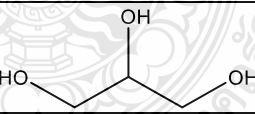
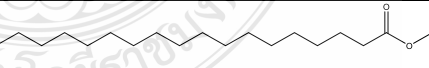
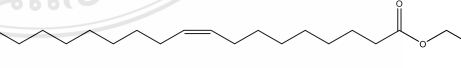
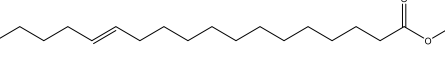
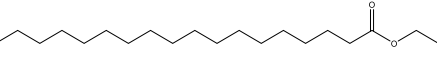
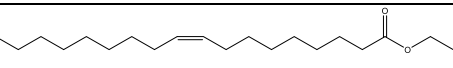
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
16	67.973	Eicosen-1-ol, cis-9-		Unsaturated Alcohol
17	68.426	Tetradecanamide		amide
18	69.212	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
19	72.441	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
20	73.512	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
21	74.965	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
22	77.609	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
23	77.861	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
24	79.601	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
25	81.36	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
26	84.975	Eicosanoic acid		Carboxylic acid
27	91.843	Octadecanamide		amide
28	94.215	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
29	94.892	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
30	99.054	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester



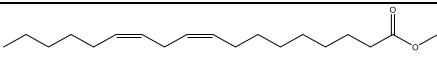
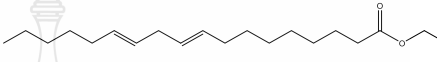
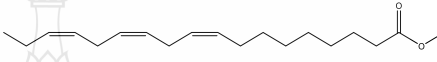
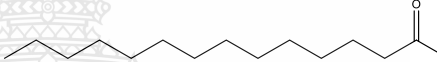
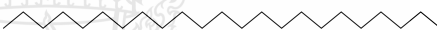




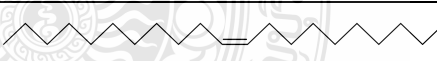

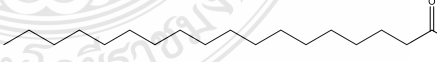
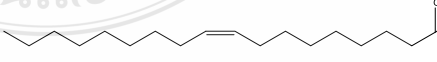
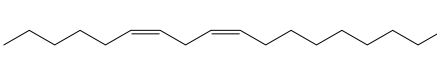
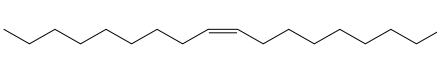
ตารางที่ 1.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นเอธิลอะซีเตต (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
31	110.1	Cholesterol		steroid

ตารางที่ 1.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นเมทานอล

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.392	Acetic acid		Carboxylic acid
2	32.429	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
3	34.289	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-		Unsaturated Ester
4	35.182	Hexadecanoic acid, ethyl ester		Ester
5	39.791	Glycerin		Alcohol
6	47.652	Octadecanoic acid, methyl ester		Ester
7	48.695	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester		Unsaturated Ester
8	49.054	13-Octadecenoic acid, methyl ester		Unsaturated Ester
9	49.603	Octadecanoic acid, ethyl ester		Ester
10	50.519	9-Octadecenoic acid (Z)-, ethyl ester		Unsaturated Ester

ตารางที่ 1.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นเมทานอล (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
11	51.071	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester		Unsaturated Ester
12	52.667	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester		Unsaturated Ester
13	53.974	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Ester
14	59.103	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
15	59.541	Tetracosane		Alkane
16	60.437	1-Heptacosanol		Alcohol
17	61.281	Pentacosane		Alkane
18	65.747	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
19	66.82	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
20	68.034	Eicosen-1-ol, cis-9-		Unsaturated Alcohol
21	68.406	Tetradecanamide		amide
22	73.477	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
23	74.904	cis-9-Octadecenoic Acid		Unsaturated Carboxylic acid
24	77.523	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
25	79.558	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide

ตารางที่ 1.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งหรีดชั้นเมทานอล (ต่อ)

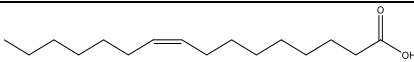
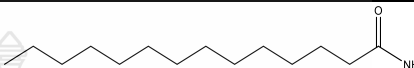
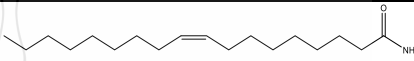
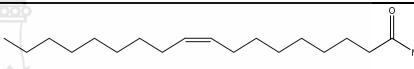
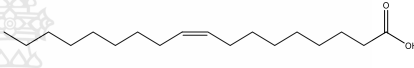
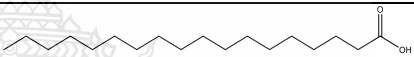
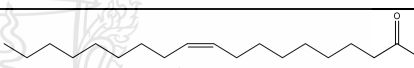

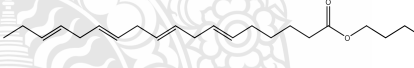
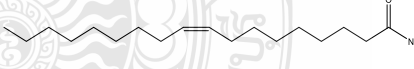
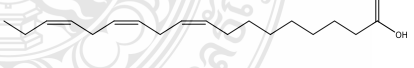
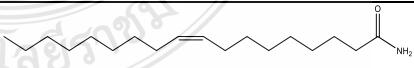
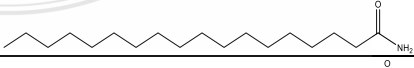
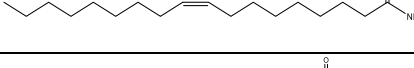
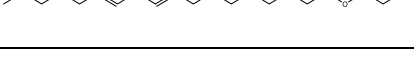
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
26	81.322	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
27	91.785	Octadecanamide		amide
28	94.1	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
29	94.803	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
30	98.945	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
31	110.131	Cholesterol		steroid

2. GC-MS ของสารสกัดจากดักแด้

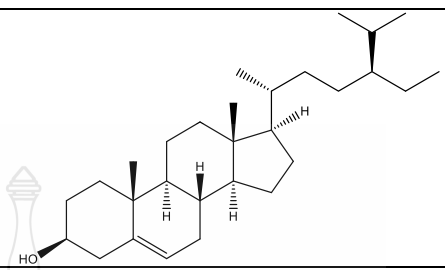
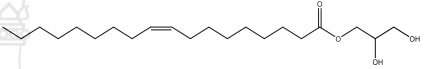
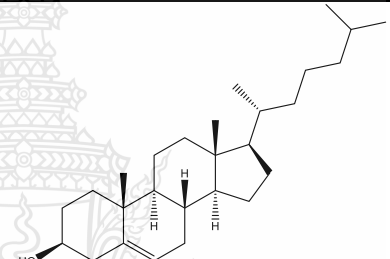
ตารางที่ 2.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากดักแด้ชั้นเฮกเซน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	51.595	Heneicosane		Alkane
2	59.495	Pentacosane		Alkane
3	60.123	2-Hexadecanol		Alcohol
4	65.641	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid

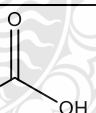
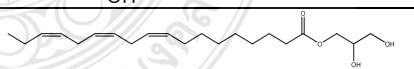
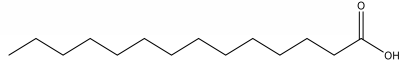

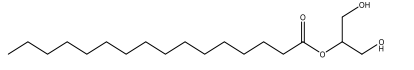
ตารางที่ 2.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแต่ชั้นเฮกเซน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
5	66.781	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
6	68.313	Tetradecanamide		amide
7	70.015	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
8	71.104	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
9	72.361	Oleic Acid		Unsaturated Carboxylic acid
10	73.359	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
11	74.741	Oleic Acid		Unsaturated Carboxylic acid
12	77.537	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
13	78.27	Butyl 6,9,12,15-octadecatetraenoate		Unsaturated Ester
14	79.384	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
15	81.252	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
16	85.748	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
17	91.631	Octadecanamide		amide
18	93.998	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
19	98.771	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester

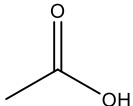
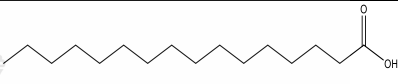
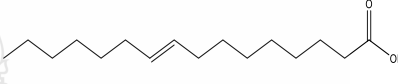
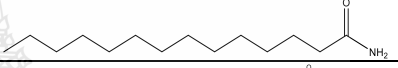
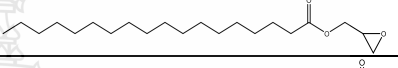
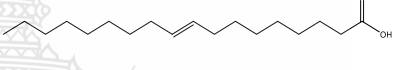
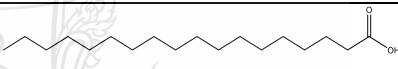
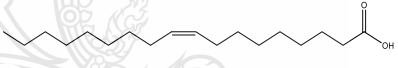
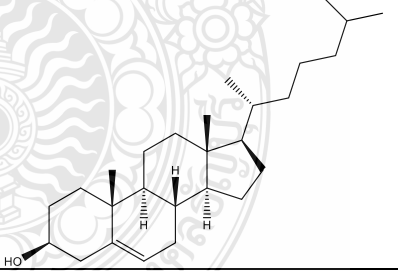

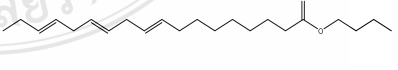
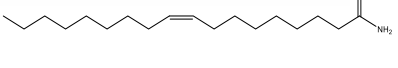
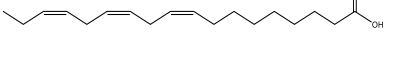
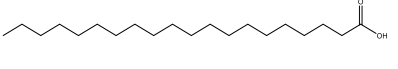
ตารางที่ 2.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแต้ชั้นเฮกเซน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
20	104.878	$\beta$ -Sitosterol		steroid
21	106.453	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester		Unsaturated Ester
22	109.804	Cholesterol		steroid

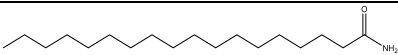
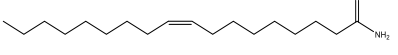
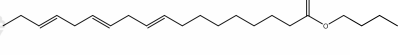
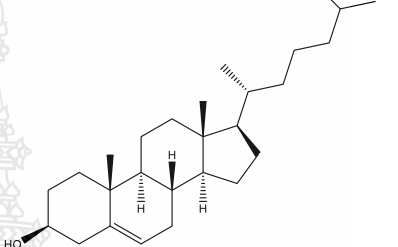
ตารางที่ 2.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแต้ชั้นไดคลอโรมีเทน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.052	Acetic acid		Carboxylic acid
2	53.956	9,12,15-Octadecatrienoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Ester
3	59.139	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
4	59.426	Pentacosane		Alkane
5	64.098	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester		Ester

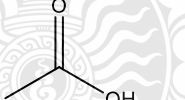
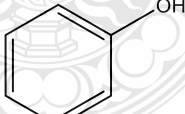
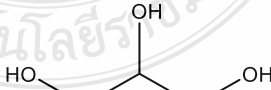
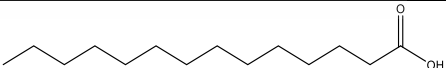
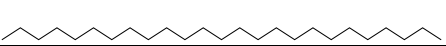
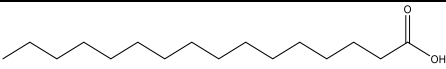
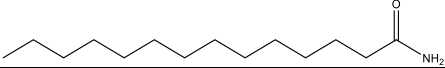
ตารางที่ 2.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแต่ชั้นไดคลอโรมีเทน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.052	Acetic acid		Carboxylic acid
6	65.713	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
7	66.843	9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
8	68.431	Tetradecanamide		amide
9	71.36	Glycidol stearate		Ester
10	72.408	trans-Oleic acid		Unsaturated Carboxylic acid
11	73.449	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
12	74.843	Oleic Acid		Unsaturated Carboxylic acid
13	77.423	Cholesterol		steroid
14	77.691	Hexadecanamide		amide
15	78.372	Butyl 9,12,15-octadecatrienoate		Unsaturated Ester
16	79.545	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
17	81.372	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
18	84.909	Eicosanoic acid		Carboxylic acid

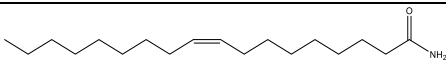
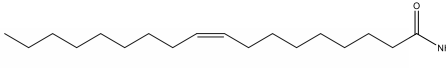
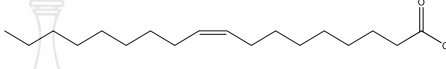
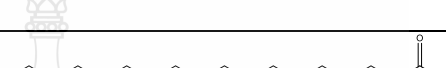
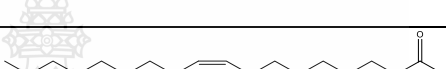
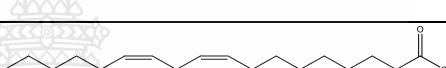


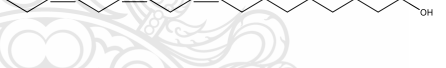
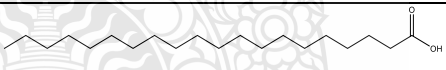
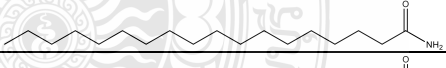


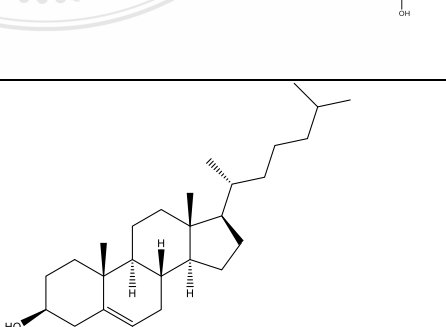
ตารางที่ 2.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากดักแด้ชั้นไคคลอโรมีเทน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
19	91.81	Octadecanamide		amide
20	94.174	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
21	99.054	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
22	110.09 3	Cholesterol		steroid

ตารางที่ 2.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากดักแด้ชั้นเอธิลอะซีเตต

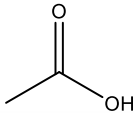
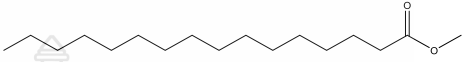
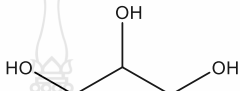
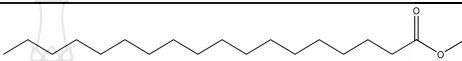
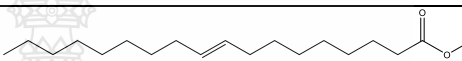

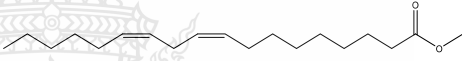

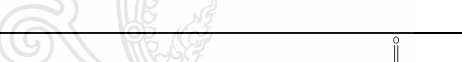


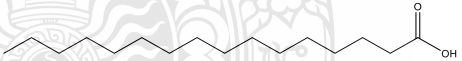

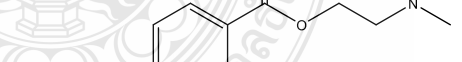
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.504	Acetic acid		Carboxylic acid
2	21.8	Phenol		phenol
3	39.598	Glycerin		Alcohol
4	59.075	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
5	59.464	Pentacosane		Alkane
6	65.67	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
7	68.329	Tetradecanamide		amide

ตารางที่ 2.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแต่ชั้นเอธิลอะซีเตด (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
8	70.052	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
9	71.125	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
10	72.367	Oleic Acid		Unsaturated Carboxylic acid
11	73.42	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
12	74.777	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated amide
13	77.565	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
14	79.426	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
15	81.273	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
16	84.929	Eicosanoic acid		Carboxylic acid
17	91.68	Octadecanamide		amide
18	94.013	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
19	98.817	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
20	106.469	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester		Unsaturated Ester
21	109.848	Cholesterol		steroid



ตารางที่ 2.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแต่ชั้นเมทานอล

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.192	Acetic acid		Carboxylic acid
2	32.332	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
3	39.529	Glycerin		Alcohol
4	47.565	Octadecanoic acid, methyl ester		Ester
5	48.591	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Unsaturated Ester
6	50.962	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester		Unsaturated Ester
7	53.941	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Ester
8	65.655	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
9	67.868	4-Butylbenzoic acid, 2-dimethylaminoethyl ester		Aromatic ester
10	68.331	Tetradecanamide		amide
11	71.09	Octadecanamide		amide
12	72.403	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
13	73.382	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
14	74.759	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated amide

ตารางที่ 2.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแต่ชั้นเมทานอล (ต่อ)

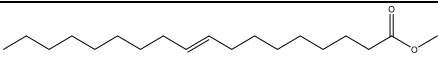
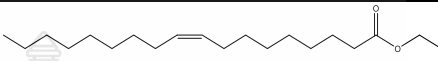
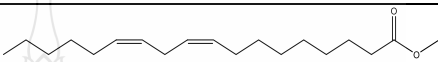
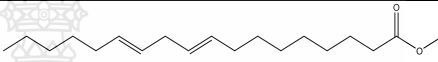
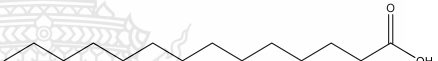
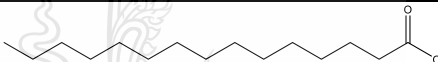

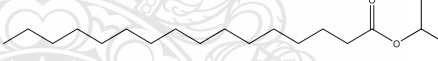
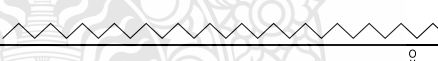



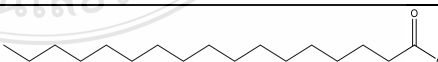

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
15	77.515	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
16	79.408	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
17	81.235	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
18	91.639	Octadecanamide		amide
19	93.955	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
20	98.736	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
21	109.71 6	Cholesterol		steroid

3. GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตั้ง

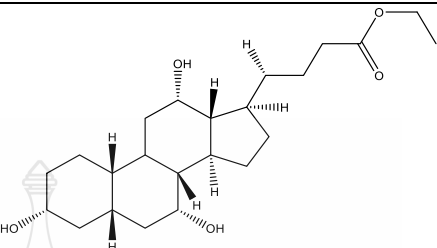
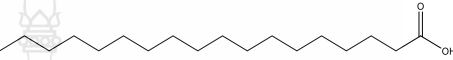
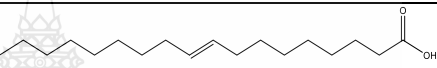
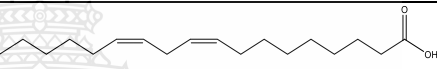
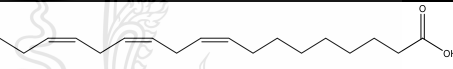
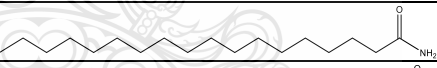
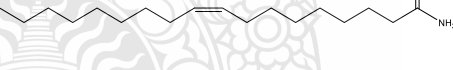

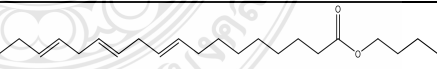

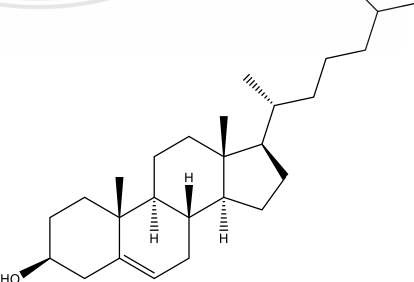
ตารางที่ 3.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตั้งชั้นเฮกเซน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	32.36	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
2	47.588	Octadecanoic acid, methyl ester		Ester

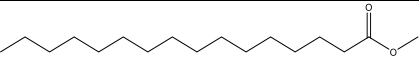
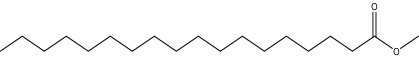
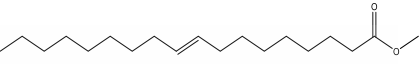
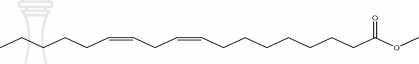
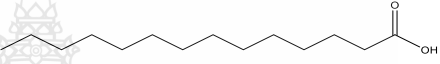
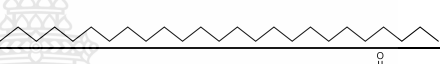
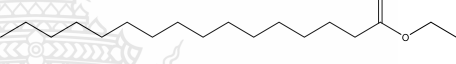
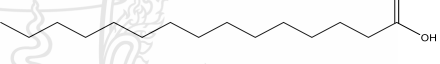
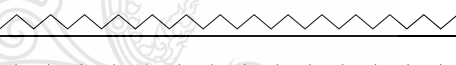


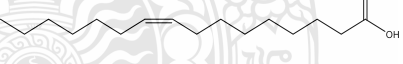
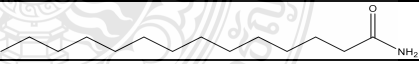
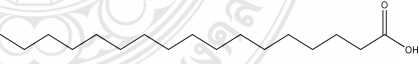
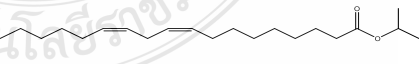

ตารางที่ 3.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตือชั้นเฮกเซน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
3	48.618	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Unsaturated Ester
4	50.514	Ethyl Oleate		Unsaturated Ester
5	50.992	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester		Unsaturated Ester
6	52.638	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester		Unsaturated Ester
7	59.07	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
8	62.482	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
9	62.835	Octacosane		Alkane
10	64.107	Isopropyl palmitate		Ester
11	64.448	Nonacosane		Alkane
12	65.807	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
13	66.825	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
14	68.336	Tetradecanamide		amide
15	69.179	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
16	71.214	Tetratriacontane		Alkane

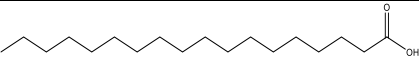
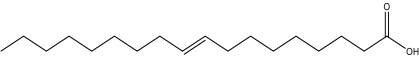
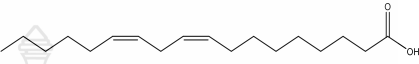
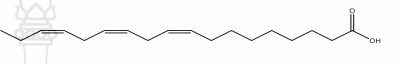
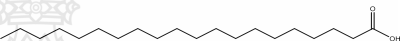
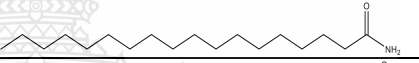
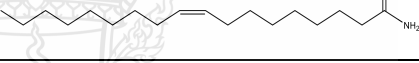
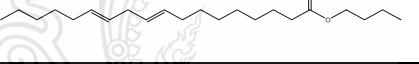
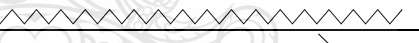
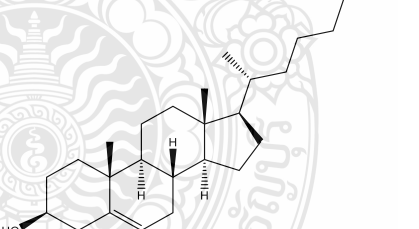
ตารางที่ 3.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตึงชั้นเฮกเซน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
17	72.456	Ethyl iso- allocholate		steroid
18	73.527	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
19	74.962	9-Octadecenoic acid, (E)-		Unsaturated Carboxylic acid
20	77.672	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
21	81.273	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
22	91.659	Octadecanamide		amide
23	93.97	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
24	94.603	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
25	98.726	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
26	101.27	Tetracontane		Alkane
27	109.698	Cholesterol		steroid

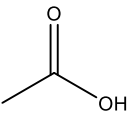
ตารางที่ 3.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตึงชั้นไดคลอโรมีเทน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	32.342	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
2	47.576	Octadecanoic acid, methyl ester		Ester
3	48.624	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Unsaturated Ester
4	51	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester		Unsaturated Ester
5	59.091	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
6	59.566	Pentacosane		Alkane
7	60.912	Hexadecanoic acid, ethyl ester		Ester
8	62.515	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
9	62.803	Octacosane		Alkane
10	64.4	Nonacosane		Alkane
11	65.902	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
12	66.782	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
13	68.377	Tetradecanamide		amide
14	69.199	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
15	70.433	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, 1-methylethyl ester		Unsaturated Ester
16	71.159	Tetratriacontane		Alkane

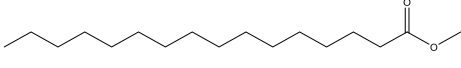
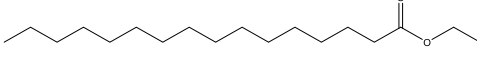
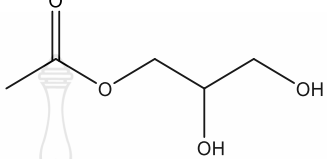
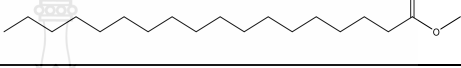
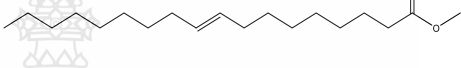
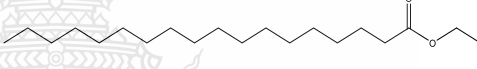
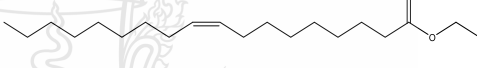
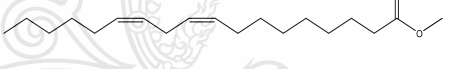
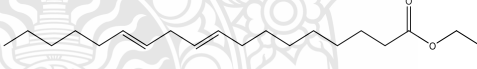


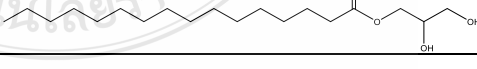
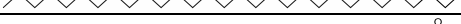
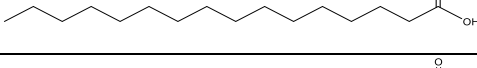
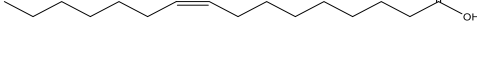
ตารางที่ 3.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะต๋ิงชั้นไคคลอโรมีเทน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
17	73.581	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
18	74.942	9-Octadecenoic acid, (E)-		Unsaturated Carboxylic acid
19	77.632	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
20	81.288	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
21	85.09	Eicosanoic acid		Carboxylic acid
22	91.668	Octadecanamide		amide
23	94.006	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
24	98.869	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
25	101.161	Tetratriacontane		Alkane
26	109.932	Cholesterol		steroid

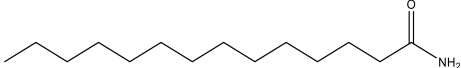
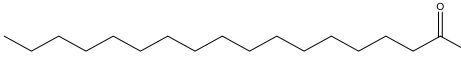

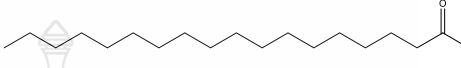
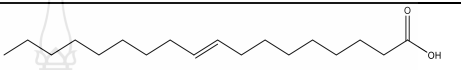
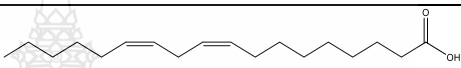
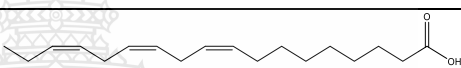
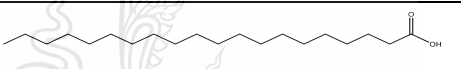
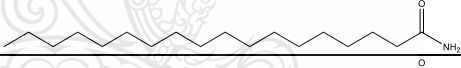
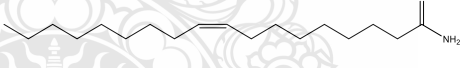
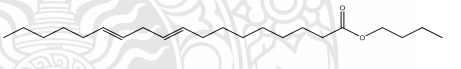
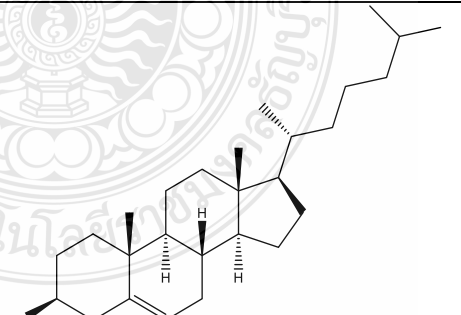
ตารางที่ 3.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตูดั้งชั้นเอธิลอะซีเตต

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.046	Acetic acid		Carboxylic acid

ตารางที่ 3.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตูดั้งชั้นเอธิลอะซีเตต (ต่อ)

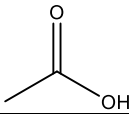
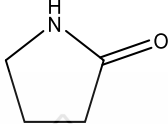
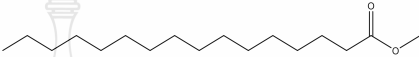
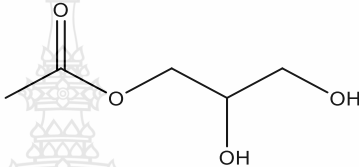
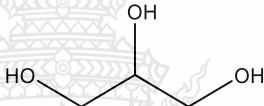
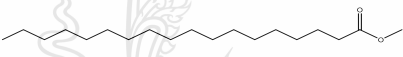

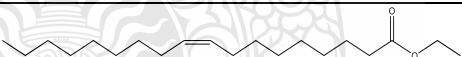
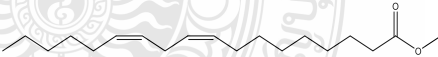

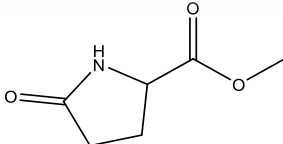
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
2	32.375	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
3	35.158	Hexadecanoic acid, ethyl ester		Ester
4	36.932	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate		Ester
5	47.606	Octadecanoic acid, methyl ester		Ester
6	48.639	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Unsaturated Ester
7	49.585	Octadecanoic acid, ethyl ester		Ester
8	50.514	9-Octadecenoic acid (Z)-, ethyl ester		Unsaturated Ester
9	51.01	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester		Unsaturated Ester
10	52.669	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester		Unsaturated Ester
11	59.108	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
12	60.94	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
13	64.108	Glycerol 1-palmitate		Ester
14	64.322	Triacontane		Alkane
15	65.833	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
16	66.749	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid

ตารางที่ 3.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตงชั้นเอธิลอะซีเตต (ต่อ)

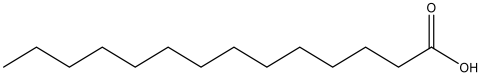
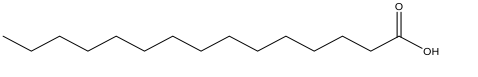
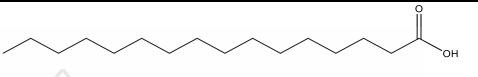
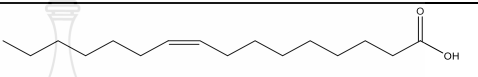
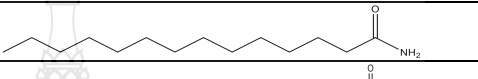
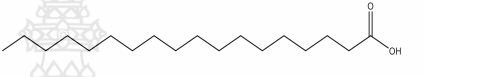
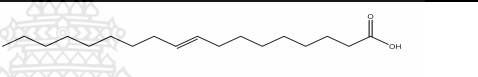
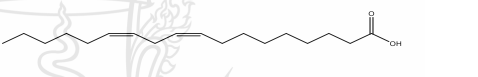

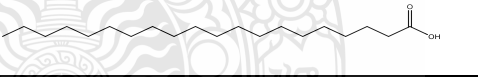
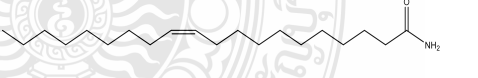
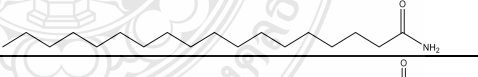
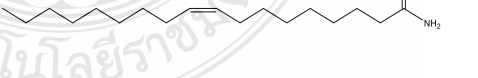
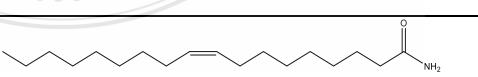
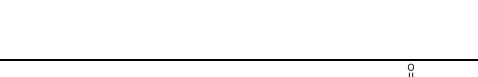
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
17	68.441	Tetradecanamide		amide
18	69.217	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
19	71.047	Tetratriacontane		Alkane
20	73.54	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
21	74.978	9-Octadecenoic acid, (E)-		Unsaturated Carboxylic acid
22	77.685	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
23	81.36	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
24	84.968	Eicosanoic acid		Carboxylic acid
25	91.843	Octadecanamide		amide
26	94.179	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
27	99.059	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
28	110.072	Cholesterol		steroid

ตารางที่ 3.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตู่ชั้นเมทานอล

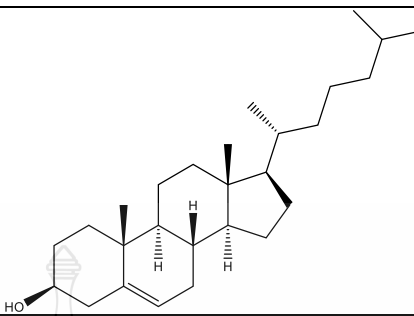


Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.077	Acetic acid		Carboxylic acid
2	24.153	2-Pyrrolidinone		Cyclic amide
3	32.355	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
4	36.805	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate		Ester
5	39.867	Glycerin		Alcohol
6	47.565	Octadecanoic acid, methyl ester		Ester
7	48.619	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Unsaturated Ester
8	50.501	Ethyl Oleate		Unsaturated Ester
9	50.987	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester		Unsaturated Ester
10	52.639	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester		Unsaturated Ester
11	55.506	DL-Proline, 5-oxo-, methyl ester		Cyclic ester

ตารางที่ 3.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตู่ชั้นเมทานอล (ต่อ)

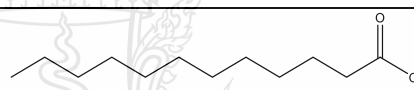

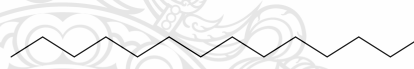

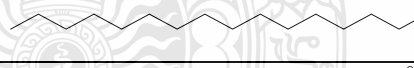


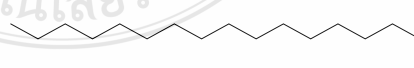
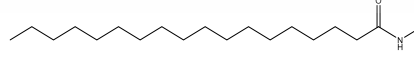
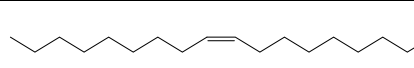
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
12	59.093	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
13	60.93	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
14	65.724	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
15	66.721	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
16	68.378	Tetradecanamide		amide
17	73.449	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
18	74.815	9-Octadecenoic acid, (E)-		Unsaturated Carboxylic acid
19	77.449	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
20	79.515	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
21	84.945	Eicosanoic acid		Carboxylic acid
22	85.843	cis-11-Eicosenamide		Unsaturated amide
23	91.734	Octadecanamide		amide
24	94.087	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
25	94.754	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
26	98.963	Methyl 5,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester

ตารางที่ 3.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากแมงสะตือชั้นเมทานอล (ต่อ)

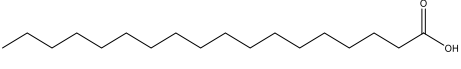
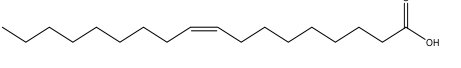
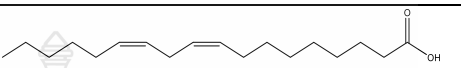
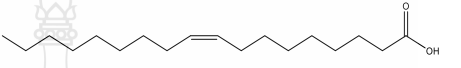
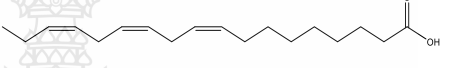
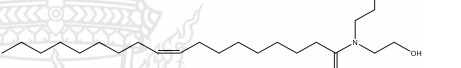
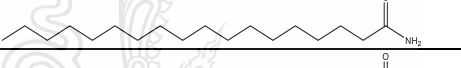

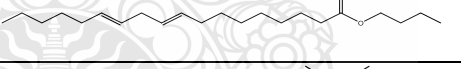
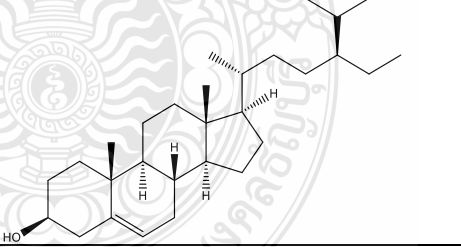
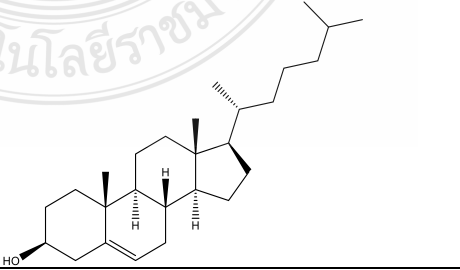
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
27	110.082	Cholesterol		steroid

#### 4. GC-MS ของสารสกัดจากตักแตนป่าทั้งก้า

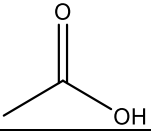
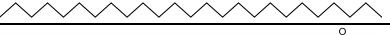
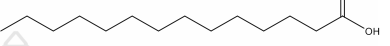

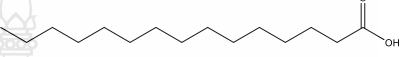
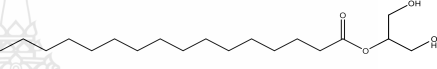
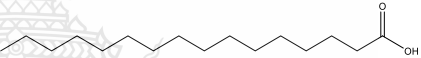
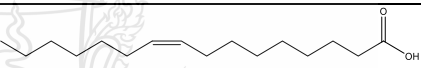

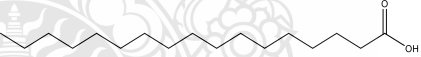
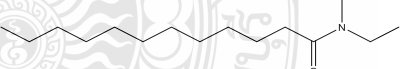

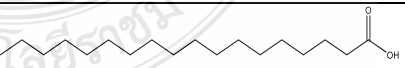
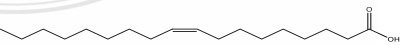
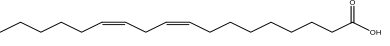
ตารางที่ 4.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแตนป่าทั้งก้าชั้นเฮกเซน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	50.531	Dodecanoic acid		Carboxylic acid
2	51.648	Pentacosane		Alkane
3	59.07	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
4	59.525	Heptacosane		Alkane
5	65.672	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
6	66.789	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
7	68.319	Tetradecanamide		amide
8	69.174	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
9	70.626	Octadecanamide, N-butyl-		amide
10	72.38	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid

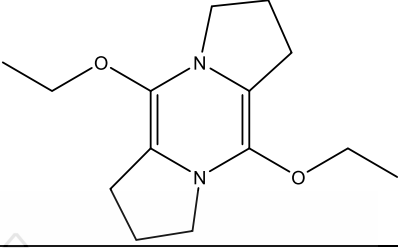
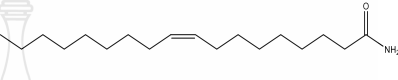
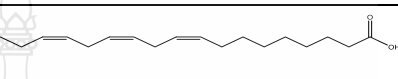
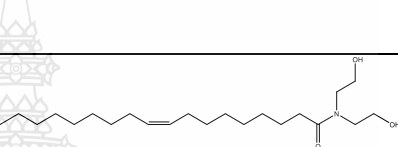
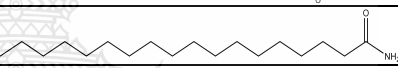
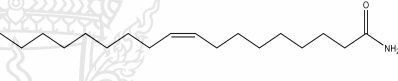
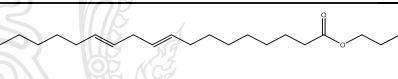
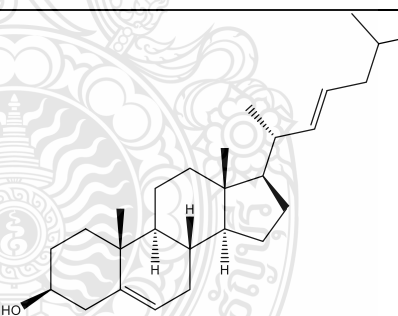
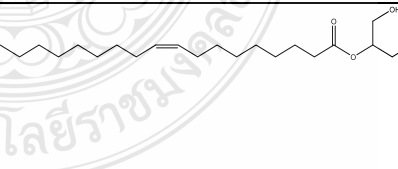
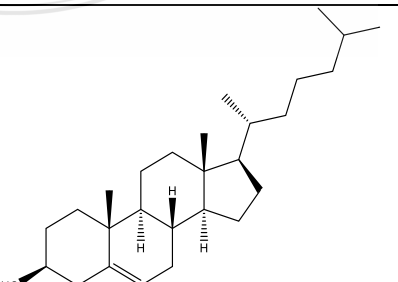
ตารางที่ 4.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแตนป่าทั้งก้าชั้นเฮกเซน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
11	73.408	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
12	74.769	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
13	77.372	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
14	79.39	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
15	81.268	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
16	90.779	Oleic diethanolamide		Unsaturated amide
17	91.55	Octadecanamide		amide
18	93.894	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
19	98.726	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
20	104.904	$\beta$ -Sitosterol		steroid
21	109.855	Cholesterol		steroid

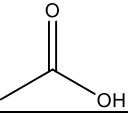
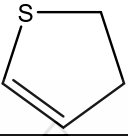
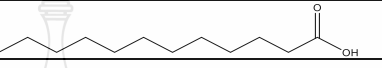
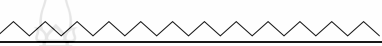
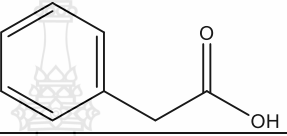
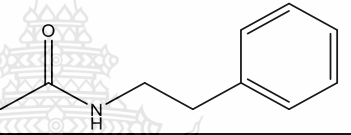
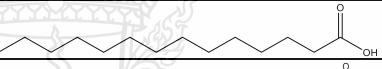
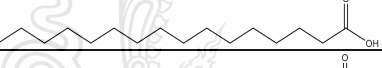

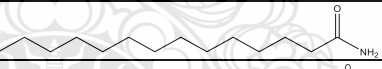
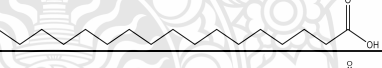
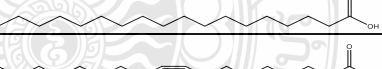

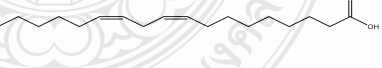
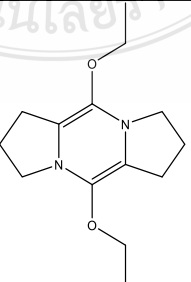
ตารางที่ 4.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแตนป่าทั้งกำชั้นไดคลอโรมีเทน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.072	Acetic acid		Carboxylic acid
2	51.554	Pentacosane		Alkane
3	59.111	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
4	59.439	Heptacosane		Alkane
5	60.945	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
6	64.082	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester		Ester
7	65.701	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
8	66.838	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
9	68.403	Tetradecanamide		amide
10	69.227	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
11	70.65	Dodecanamide, N,N-diethyl-		amide
12	72.421	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
13	73.441	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
14	74.851	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
15	77.441	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid

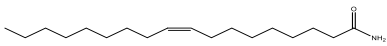
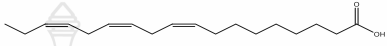
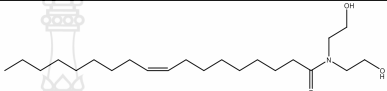
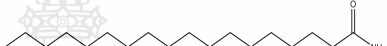
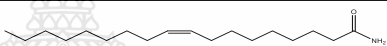
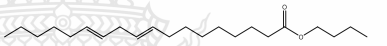

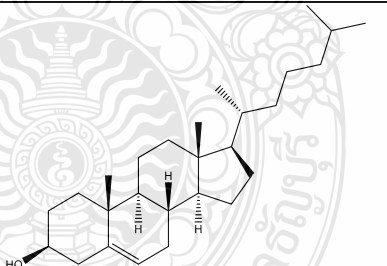
ตารางที่ 4.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแตนป่าทั้งกำซันไดคลอโรมีเทน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
16	78.917	5,10-Diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrolo[1,2-a:1',2'-d]pyrazine		Heterocyclic aromatic
17	79.553	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
18	81.349	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
19	90.912	Oleic diethanolamide		Unsaturated amide
20	91.828	Octadecanamide		amide
21	94.146	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
22	99.044	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
23	105.209	Cholesta-5,22-dien-3-ol, (3β)-		steroid
24	106.802	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester		Unsaturated Ester
25	110.169	Cholesterol		steroid

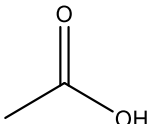
ตารางที่ 4.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากต้วกแตนป่าทั้งก้านเอธิลอะซีเตด

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.423	Acetic acid		Carboxylic acid
2	44.062	Thiophene, 2,3-dihydro-		Heterocyclic
3	50.537	Dodecanoic acid		Carboxylic acid
4	51.59	Pentacosane		Alkane
5	53.343	Benzeneacetic acid		Carboxylic acid
6	54.77	Acetamide, N-(2-phenylethyl)-		amide
7	59.073	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
8	65.683	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
9	66.8	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
10	68.324	Tetradecanamide		amide
11	69.197	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
12	73.418	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
13	74.779	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
14	77.37	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
15	78.716	5,10-Diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrolo[1,2-a:1',2'-d]pyrazine		Heterocyclic Aromatic

ตารางที่ 4.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแตนป่าทั้งกำชั้นเอธิลอะซีเตด (ต่อ)

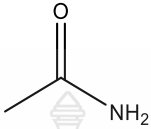
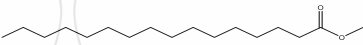
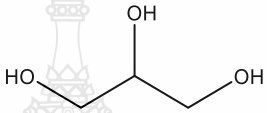
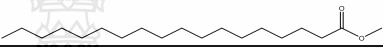
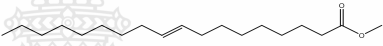
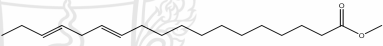
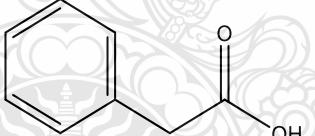
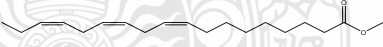

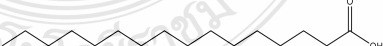

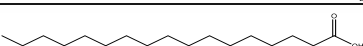
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
16	79.408	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
17	81.286	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
18	90.769	Oleic diethanolamide		Unsaturated amide
19	91.683	Octadecanamide		amide
20	93.963	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
21	98.868	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
22	106.454	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester		Unsaturated Ester
23	109.678	Cholesterol		steroid

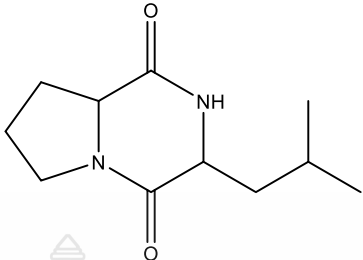
ตารางที่ 4.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแตนป่าทั้งกำชั้นเมทานอล

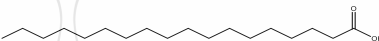
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.405	Acetic acid		Carboxylic acid



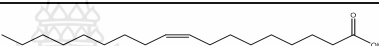

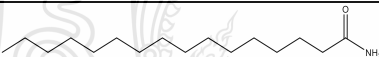
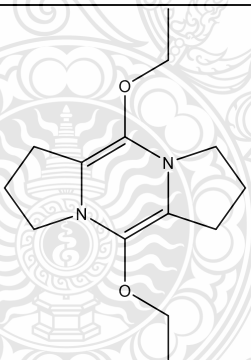
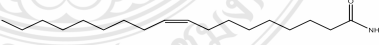
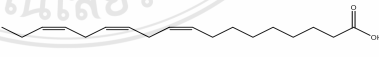
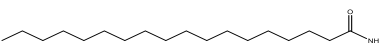
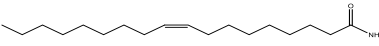
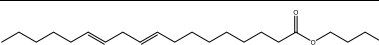
ตารางที่ 4.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแตนป่าทั้งกำ้าชั้นเมทานอล (ต่อ)

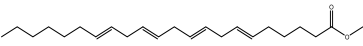
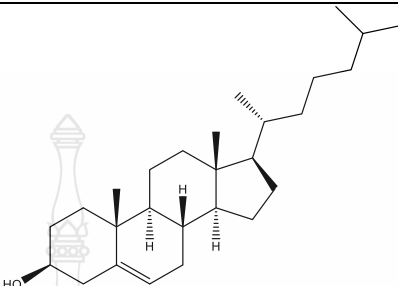
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
2	16.372	Acetamide		amide
3	32.345	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
4	39.71	Glycerin		Alcohol
5	47.573	Methyl stearate		Ester
6	48.621	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Ester
7	50.98	12,15-Octadecadienoic acid, methyl ester		Ester
8	53.354	Benzeneacetic acid		Carboxylic acid
9	53.951	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Ester
10	59.098	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
11	65.675	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
12	68.38	Tetradecanamide		amide
13	69.21	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
14	70.841	Pyrrolo[1,2-a]pyrazine-1,4-dione, hexahydro-3-(2-methylpropyl)-		cyclic amide

15	73.401	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
----	--------	-------------------	--	-----------------




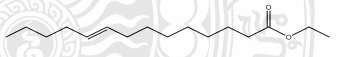



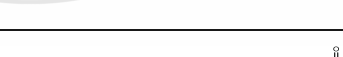
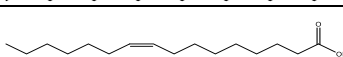
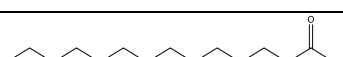
ตารางที่ 4.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากตักแตนป่าทั้งกำชั้นเมทานอล (ต่อ)

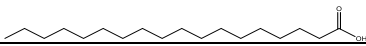
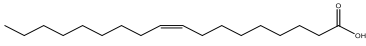
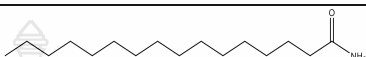
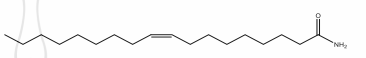
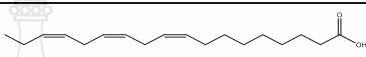
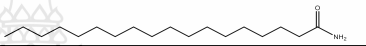
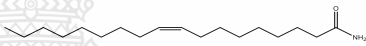
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
16	74.797	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
17	77.401	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
18	77.619	Hexadecanamide		amide
19	78.836	5,10-Diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrolo[1,2-a:1',2'-d]pyrazine		Heterocyclic aromatic
20	79.469	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
21	81.301	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
22	91.754	Octadecanamide		amide
23	94.054	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
24	98.945	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
25	106.66	6,9,12,15-Docosatetraenoic acid, methyl ester		Unsaturated Ester
26	109.986	Cholesterol		steroid


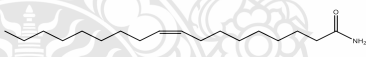
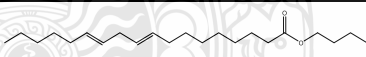
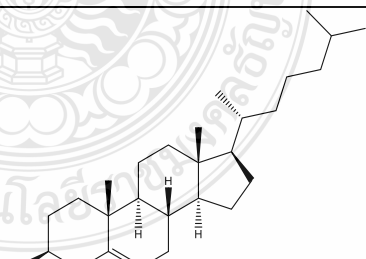
## 5. GC-MS ของสารสกัดจากรถด่วน

### ตารางที่ 5.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากรถด่วนชั้นเฮกเซน

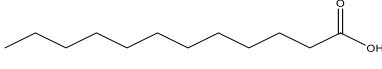
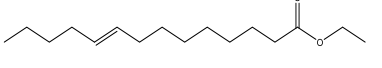
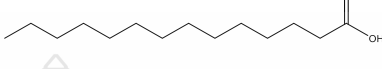
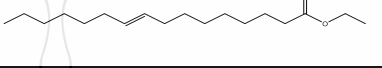
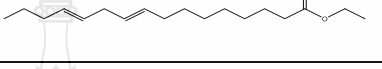
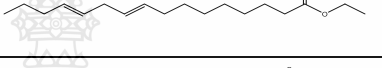
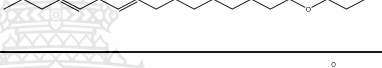


Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	50.582	Dodecanoic acid		Carboxylic acid
2	51.407	Ethyl 9-tetradecenoate		Unsaturated Ester
3	59.093	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
4	59.456	Ethyl 9-hexadecenoate		Unsaturated Ester
5	59.792	Ethyl 9,12-hexadecadienoate		Unsaturated Ester
6	64.069	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester		Ester
7	65.68	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
8	66.797	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
9	68.318	Tetradecanamide		amide
10	72.379	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-		Unsaturated Ester

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
		(hydroxymethyl)ethyl ester		
11	73.362	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
12	74.761	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
13	77.529	Hexadecanamide		amide
14	79.372	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
15	81.222	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
16	81.687	Octadecanamide		amide
17	85.761	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide

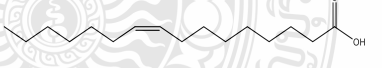
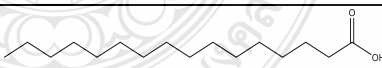
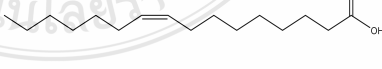
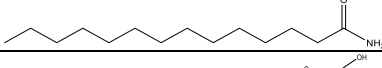
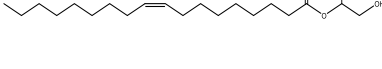
ตารางที่ 5.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากรถด่วนชั้นเฮกเซน (ต่อ)

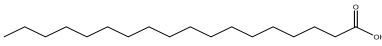
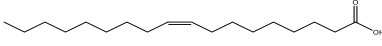
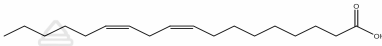
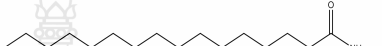
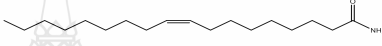
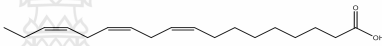
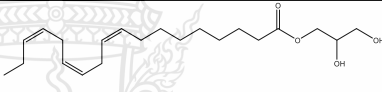


Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
18	91.598	Octadecanamide		amide
19	93.97	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
20	98.756	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
21	109.769	Cholesterol		steroid

ตารางที่ 5.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากรถด่วนชั้นไดคลอโรมีเทน

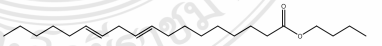
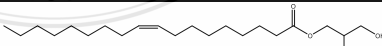
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	50.611	Dodecanoic acid		Carboxylic acid
2	51.458	Ethyl 9-tetradecenoate		Unsaturated Ester
3	59.116	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
4	59.503	Ethyl 9-hexadecenoate		Unsaturated Ester
5	59.818	Ethyl 9,12-hexadecadienoate		Unsaturated Ester
6	60.284	Ethyl 9,12-hexadecadienoate		Unsaturated Ester
7	60.851	n-Propyl 9,12-hexadecadienoate		Unsaturated Ester
8	61.706	Methyl 5,13-docosadienoate		Unsaturated Ester
9	64.092	Glycerol 1-palmitate		Ester

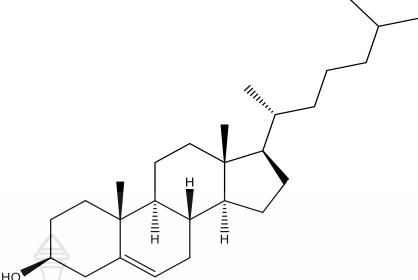
ตารางที่ 5.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากกรดไขมันชั้นไตรกลีเซอไรด์ (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
10	65.075	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
11	65.795	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
12	66.858	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
13	68.39	Tetradecanamide		amide
14	72.42	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester		Unsaturated Ester

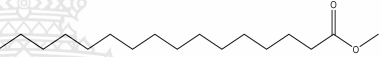
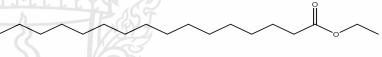
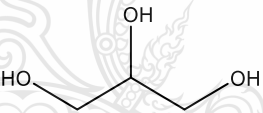
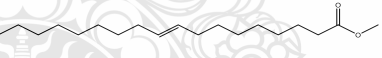
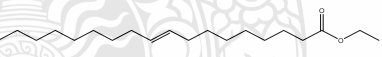



Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
15	73.441	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
16	74.881	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
17	77.443	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
18	77.652	Hexadecanamide		amide
19	79.53	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
20	81.344	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
21	81.756	Linolenic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester (Z,Z,Z)-		Unsaturated Ester
22	91.754	Octadecanamide		amide
23	94.108	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide

ตารางที่ 5.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากรถด่วนชั้นไดคลอโรมีเทน (ต่อ)

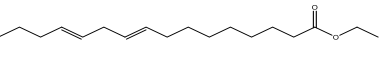
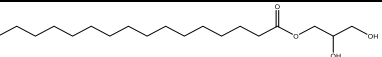
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
24	98.978	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
25	106.815	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester		Unsaturated Ester

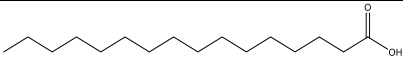
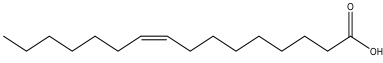
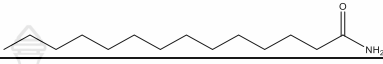
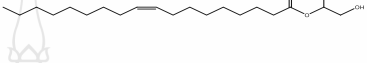
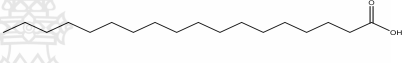
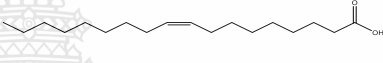
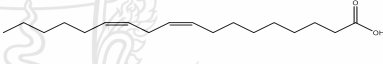
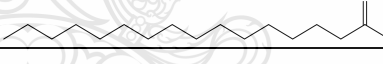
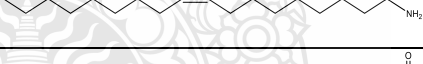

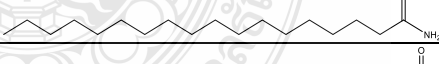

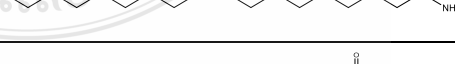
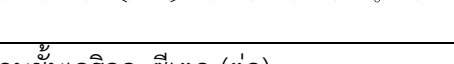
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
26	109.878	Cholesterol		steroid

ตารางที่ 5.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากกรดไขมันชั้นเอธิลอะซีเตต

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	32.335	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
2	35.135	Hexadecanoic acid, ethyl ester		Ester
3	39.811	Glycerin		Alcohol
4	48.623	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Unsaturated Ester
5	50.481	(E)-9-Octadecenoic acid ethyl ester		Unsaturated Ester
6	51.46	Ethyl 9-tetradecenoate		Unsaturated Ester
7	59.113	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
8	59.487	Ethyl 9-hexadecenoate		Unsaturated Ester

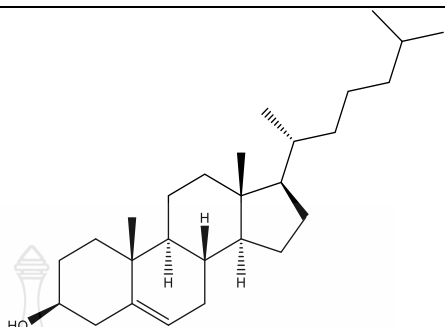
ตารางที่ 5.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากกรดไขมันชั้นเอธิลอะซีเตต (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
9	59.808	Ethyl 9,12-hexadecadienoate		Unsaturated Ester
10	64.102	Glycerol 1-palmitate		Ester

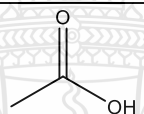
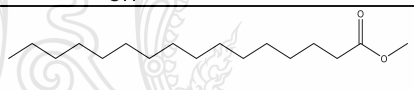
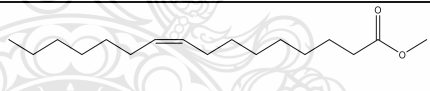
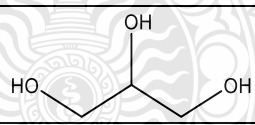
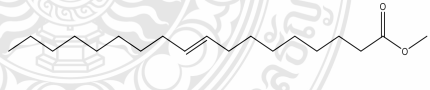

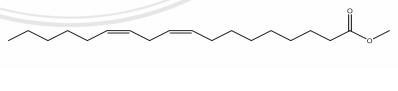
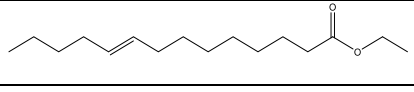
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
11	65.856	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
12	66.861	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
13	68.418	Tetradecanamide		amide
14	72.415	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester		Unsaturated Ester
15	73.418	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
16	74.856	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
17	77.431	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
18	77.667	Hexadecanamide		amide
19	79.52	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
20	81.38	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
21	91.815	Octadecanamide		amide
22	94.158	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
23	94.817	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
24	99.008	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester

ตารางที่ 5.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากกรดไขมันชั้นเอธิลอะซีเตต (ต่อ)

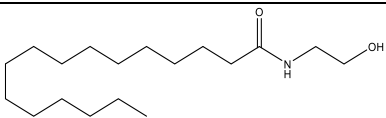
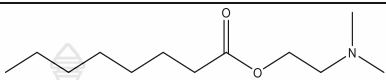
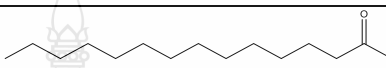
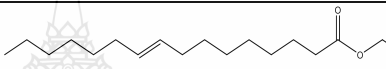
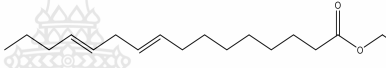
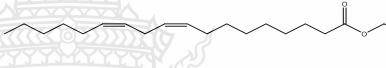
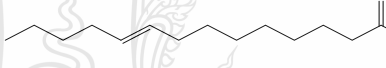


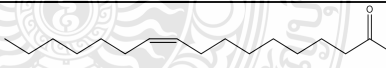

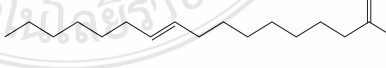
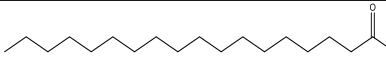
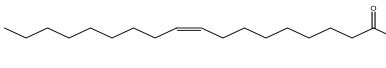


Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
25	109.899	Cholesterol		steroid

ตารางที่ 5.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากรถด่วนชั้นเมทานอล

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.525	Acetic acid		Carboxylic acid
2	32.353	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
3	34.235	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-		Unsaturated Ester
4	39.722	Glycerin		Alcohol
5	48.621	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Unsaturated Ester
6	50.555	Dodecanoic acid		Carboxylic acid
7	50.975	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester		Unsaturated Ester
8	51.433	Ethyl 9-tetradecenoate		Unsaturated Ester

ตารางที่ 5.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากรถด่วนชั้นเมทานอล (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
9	53.967	Palmidrol		amide
10	56.569	Octanoic acid, 2-dimethylaminoethyl ester		Ester
11	59.093	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
12	59.47	Ethyl 9-hexadecenoate		Unsaturated Ester
13	59.798	Ethyl 9,12-hexadecadienoate		Unsaturated Ester
14	60.271	Linoleic acid ethyl ester		Unsaturated Ester
15	63.273	E-9-Tetradecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
16	64.126	Octanoic acid, 2-dimethylaminoethyl ester		Ester
17	65.721	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
18	66.841	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
19	68.375	Tetradecanamide		amide
20	70.283	9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
21	73.403	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
22	74.823	Oleic Acid		Unsaturated Carboxylic acid

ตารางที่ 5.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากรถด่วนชั้นเมทานอล (ต่อ)

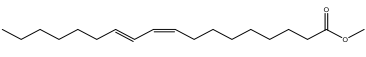
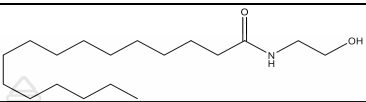
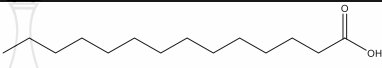
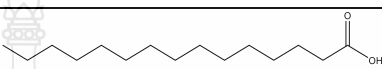
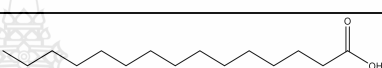
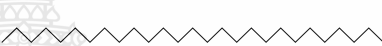
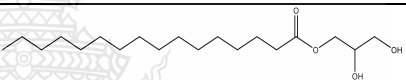
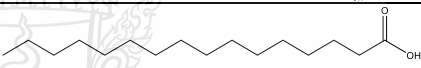
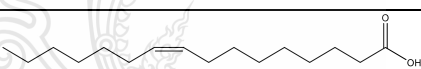

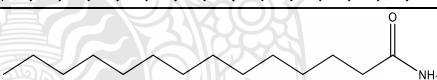
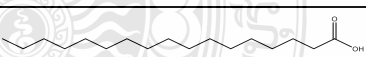

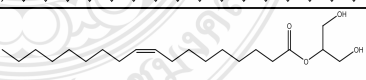
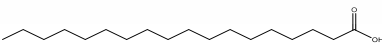
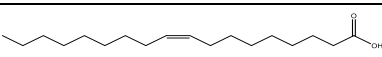
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
23	77.612	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
24	79.454	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
25	81.314	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
26	91.708	Octadecanamide		amide
27	93.978	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
28	98.907	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
29	109.741	Cholesterol		steroid

6. GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งโกร่ง

ตารางที่ 6.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งโกร่งชั้นเฮกเซน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	17.643	Hexanoic acid		Carboxylic acid
2	32.342	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
3	48.608	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Unsaturated Ester

ตารางที่ 6.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งโกร่งชั้นเฮกเซน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
4	50.969	Methyl 9-cis,11-trans-octadecadienoate		Unsaturated Ester
5	53.979	Palmidrol		amide
6	59.055	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
7	60.899	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
8	62.474	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
9	63.914	Heptacosane		Alkane
10	64.1	Glycerol 1-palmitate		Ester
11	65.759	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
12	66.777	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
13	67.858	Triacontane		Alkane
14	68.329	Tetradecanamide		amide
15	69.176	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
16	70.522	Tetratriacontane		Alkane
17	72.408	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester		Unsaturated Ester
18	73.461	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
19	74.891	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid

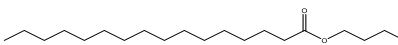
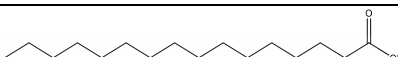
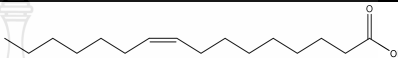

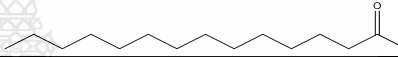
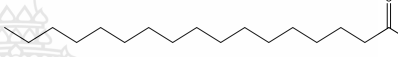

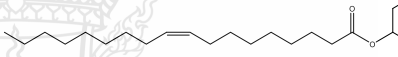

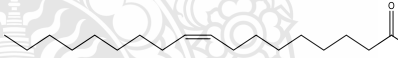
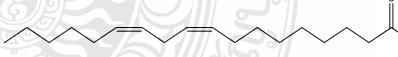

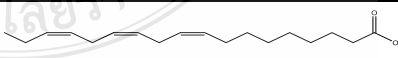
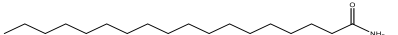
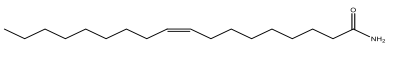
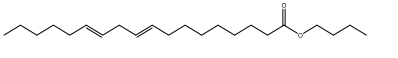
ตารางที่ 6.1 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งโกร่งชั้นเฮกเซน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
20	77.436	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
21	81.25	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
22	84.881	Eicosanoic acid		Carboxylic acid
23	91.603	Octadecanamide		amide
24	93.952	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
25	98.736	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
26	109.55	Cholesterol		steroid

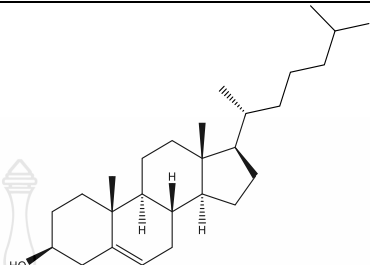
ตารางที่ 6.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากจิ้งโกร่งชั้นไดคลอโรมีเทน

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	53.992	Palmidrol		amide
2	59.085	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
3	60.922	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
4	61.472	i-Propyl 12-methyltetradecanoate		Ester
5	62.5	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid

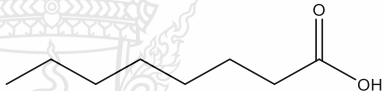
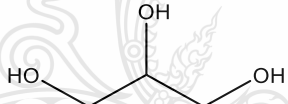
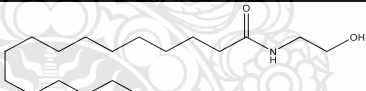
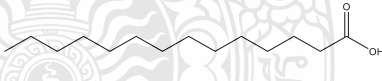
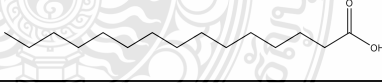
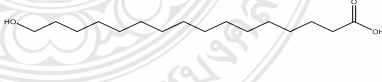
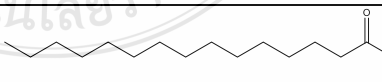
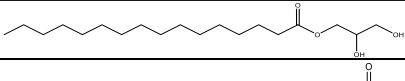
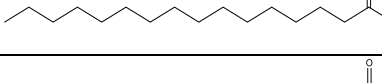
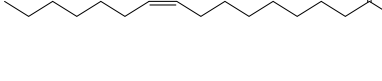
ตารางที่ 6.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากงไกร่้งชั้นไคคลอโรมีเทน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
6	64.082	Hexadecanoic acid, butyl ester		Ester
7	65.744	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
8	66.795	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
9	67.739	Tetratriacontane		Alkane
10	68.35	Tetradecanamide		amide
11	69.21	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
12	70.357	Tetratriacontane		Alkane
13	72.408	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester		Unsaturated Ester
14	73.451	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
15	74.864	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
16	77.456	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
17	79.482	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
18	81.255	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
19	91.713	Octadecanamide		amide
20	94.085	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
21	98.823	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester

ตารางที่ 6.2 ผล GC-MS ของสารสกัดจากงไกร่ข้้นไคโคลโรมีเทน (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
22	109.965	Cholesterol		steroid

ตารางที่ 6.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากงไกร่ข้้นเอธิลอะซีเตด

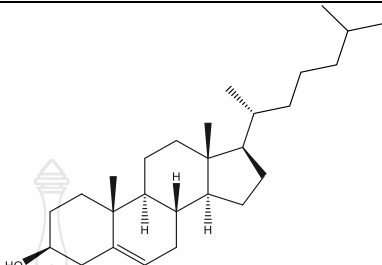
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	23.823	Octanoic acid		Carboxylic acid
2	39.783	Glycerin		Alcohol
3	54	Palmidrol		amide
4	59.101	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid
5	60.933	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
6	61.503	16-Hydroxyhexadecanoic acid		Carboxylic acid
7	62.523	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
8	64.108	Glycerol 1-palmitate		Ester
9	65.792	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
10	66.856	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid

ตารางที่ 6.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากงไกร่้งชั้นเอธิลอะซีเตต (ต่อ)

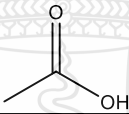

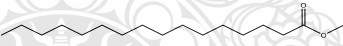
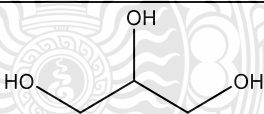
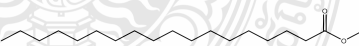
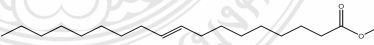
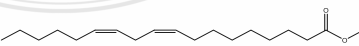
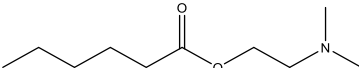
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
11	67.785	Triacontane		Alkane
12	68.411	Tetradecanamide		amide
13	69.217	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
14	70.421	Octacosane		Alkane
15	72.428	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester		Ester
16	73.472	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
17	74.899	9-Octadecenoic acid, (E)-		Unsaturated Carboxylic acid
18	77.495	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
19	79.53	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
20	81.332	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
21	91.767	Octadecanamide		amide
22	94.123	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
23	98.996	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
24	106.856	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester		Unsaturated Ester

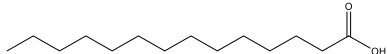


ตารางที่ 6.3 ผล GC-MS ของสารสกัดจากงีโริงชั้นเอธิลอะซีเตด (ต่อ)

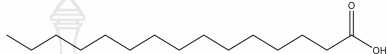
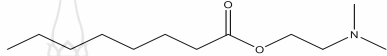
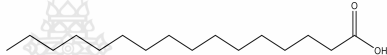
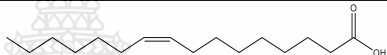
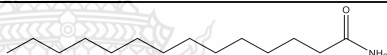


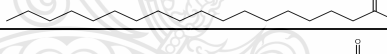

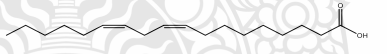





Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
25	109.795	Cholesterol		steroid

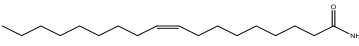
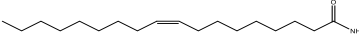
ตารางที่ 6.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากงีโริงชั้นเมทานอล

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
1	13.029	Acetic acid		Carboxylic acid
2	17.677	Hexanoic acid		Carboxylic acid
3	32.34	Hexadecanoic acid, methyl ester		Ester
4	39.684	Glycerin		Alcohol
5	47.558	Octadecanoic acid, methyl ester		Ester
6	48.616	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-		Unsaturated Ester
7	50.982	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester		Unsaturated Ester
8	56.559	Hexanoic acid, 2-dimethylaminoethyl ester		Ester

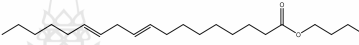
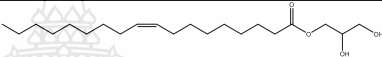
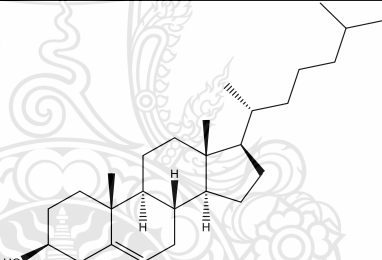
Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
9	59.083	Tetradecanoic acid		Carboxylic acid

ตารางที่ 6.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากงไกร่้งชั้นเมทานอล (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
10	60.915	Pentadecanoic acid		Carboxylic acid
11	64.095	Octanoic acid, 2-dimethylaminoethyl ester		Ester
12	65.688	n-Hexadecanoic acid		Carboxylic acid
13	66.79	cis-9-Hexadecenoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
14	68.362	Tetradecanamide		amide
15	69.207	Heptadecanoic acid		Carboxylic acid
16	70.276	Octacosane		Alkane
17	73.393	Octadecanoic acid		Carboxylic acid
18	74.8	9-Octadecenoic acid (Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
19	77.405	cis-9,cis-12-Octadecadienoic acid		Unsaturated Carboxylic acid
20	79.464	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
21	81.276	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-		Unsaturated Carboxylic acid
22	81.744	9,12,15-Octadecatrienoic acid, 2,3-dihydroxypropyl		Unsaturated Carboxylic acid
23	85.858	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
24	91.696	Octadecanamide		amide

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
25	94.07	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide
26	94.66	9-Octadecenamide, (Z)-		Unsaturated amide

ตารางที่ 6.4 ผล GC-MS ของสารสกัดจากงโรงแ้งขึ้นเมทานอล (ต่อ)

Peak Number	RT	ชื่อสาร	โครงสร้างสาร	หมู่ฟังก์ชัน
27	98.861	Butyl 9,12-octadecadienoate		Unsaturated Ester
28	106.571	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester		Unsaturated Ester
29	109.739	Cholesterol		steroid

ภาคผนวก ค

นำเสนอผลงาน Poster



The screenshot shows the top navigation bar of the STT47 KU KASETSART UNIVERSITY website. It includes contact information: 'CALL US +(66)2 252 7987', 'EMAIL US stt@scisoc.or.th', and 'AVAILABLE FROM Mon - Fri, 8AM to 5PM'. Below the navigation bar is a banner for the '47<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENCE, TECHNOLOGY AND TECHNOLOGY-BASED INNOVATION'. The banner features a central text area with a background of pink flowers and a molecular structure. The text reads: '47<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENCE, TECHNOLOGY AND TECHNOLOGY-BASED INNOVATION', '"Sciences for SDGs: Challenges and Solutions"', '5-7 OCTOBER 2021', and 'Wuttichai Kapikran Building, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand'. A note at the bottom of the banner states: '(In light of the on-going COVID-19 pandemic globally and after our thoughtful discussions, the organizing committee have decided to move the STT47 congress to a fully online during October 5-7, 2021, to ensure the health and safety of the participants, speakers, staff, and community.)'

## **ANTIOXIDANT AND ANTIDIABETIC INHIBITORY ACTIVITY OF CRUDE EXTRACTS FROM EDIBLE INSECTS**

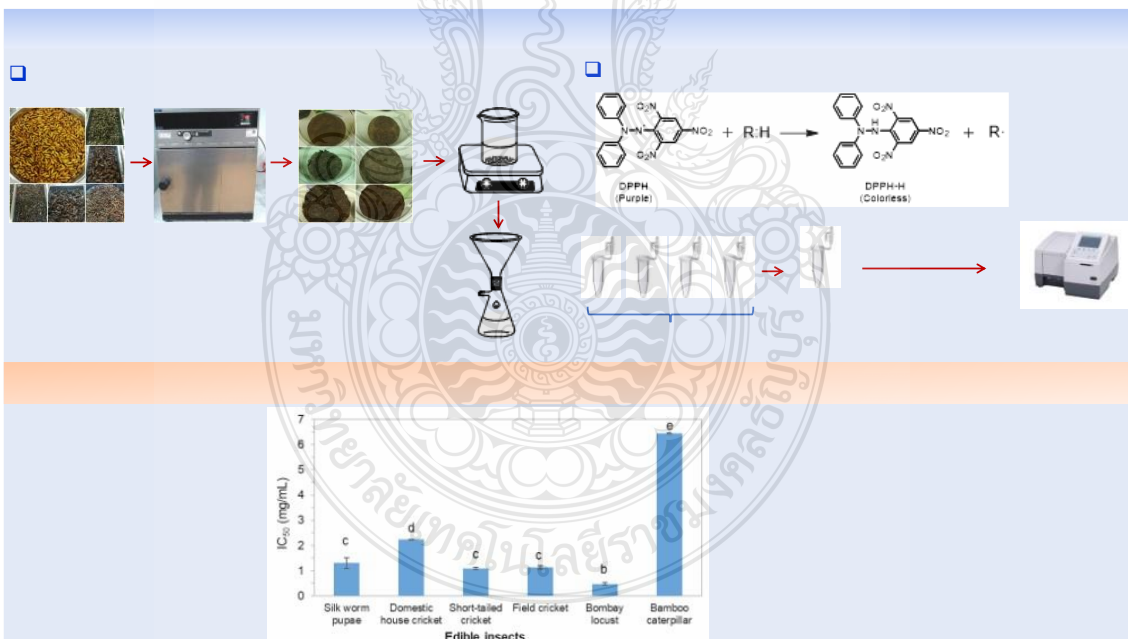
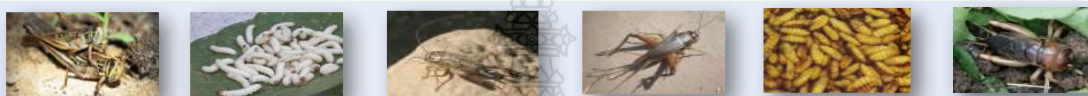
Jintana Masoongnoen, Sompong Sansenya, Kanokorn Wechakorn\*

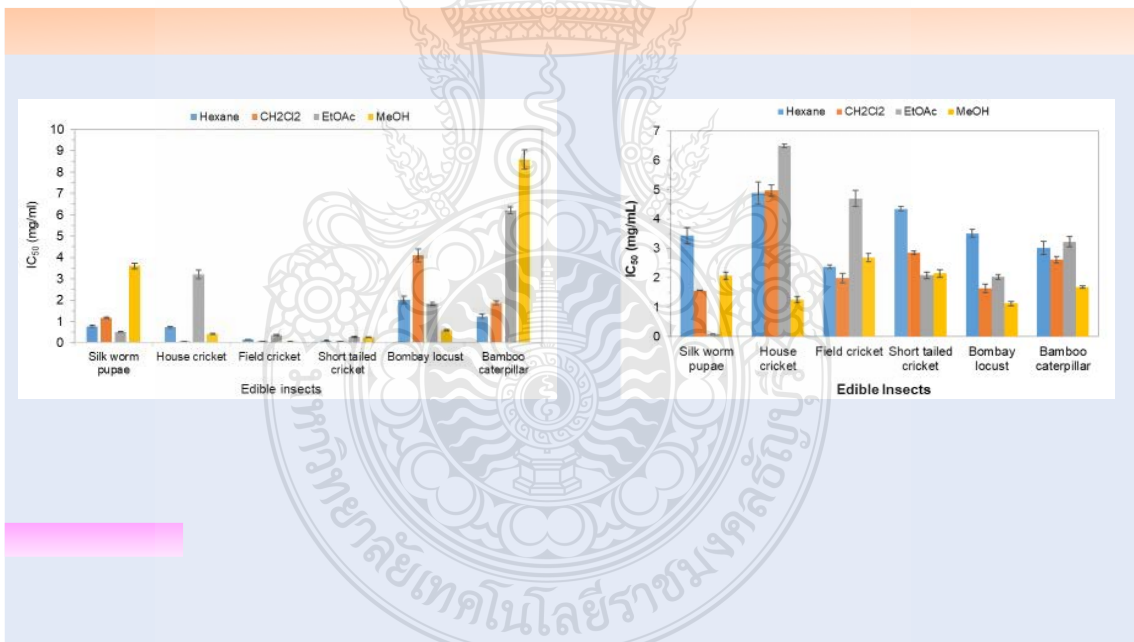
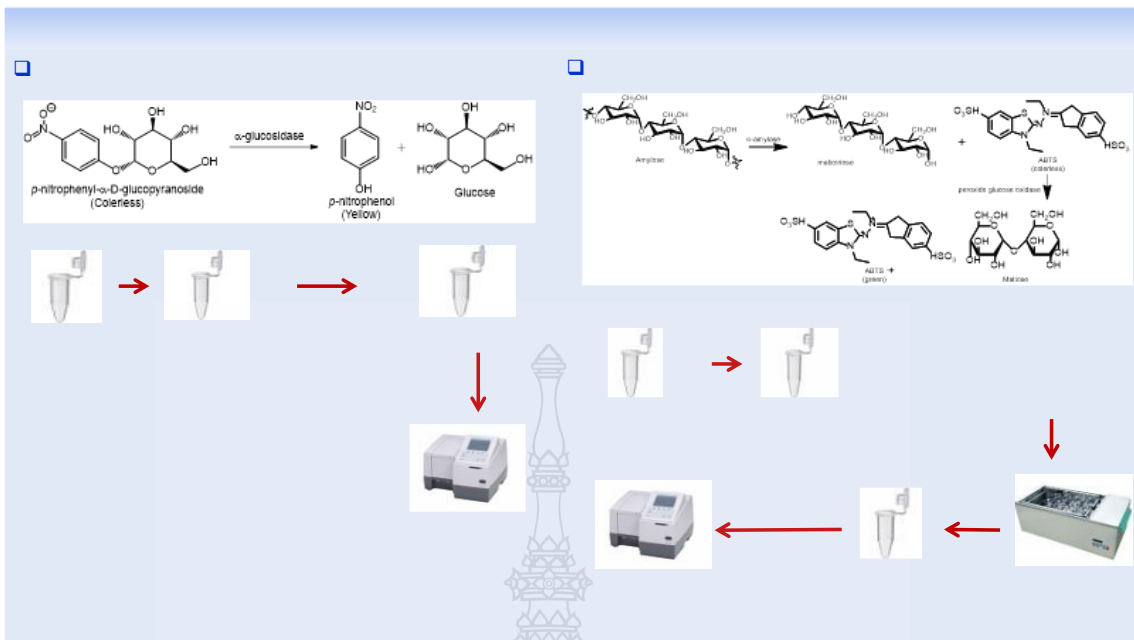
<sup>1</sup>Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

\*e-mail: kanokorn\_w@rmutt.ac.th

### **Abstract:**

The consumption of edible insects has been significantly increased in Thailand due to their high protein contents and nutritional values. In this work, several edible insect extracts, including silkworm pupae, house cricket, short-tailed cricket, field cricket, bamboo caterpillar, and Bombay locust, were investigated the biological activities such as free radical scavenging activity (DPPH) as well as  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase inhibitory activities. The edible insect powder was extracted by using hexane, dichloromethane, ethyl acetate, and methanol, respectively. The methanolic extracts of Bombay locust showed the highest free radical scavenging activity among other insects but lower than the ascorbic acid as the standard inhibitor. For the antidiabetic inhibition, almost crude extracts of field cricket and short-tailed cricket exhibited the potent  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity as same as the acarbose. In comparison, the  $\alpha$ -amylase inhibitory activity of ethyl acetate extract from silkworm pupae was as same as that of acarbose. From these results, the crude extract of diverse edible insects revealed a variety of potent biological activities.





## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล                    จินตนา มาสูงเนิน

วัน เดือน ปี                1 เมษายน 2539

ที่อยู่                        987/43 หมู่บ้านสิวารมณ หมู่ 4 ต.บางปู อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10280

การศึกษา                    ปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเคมี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เบอร์โทร                      086-7894011

E-mail                        Masoongnoen84@gmail.com

