การศึกษาศักยภาพทางอัลลิโลพาทีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช

STUDY ON ALLELOPATHIC POTENTIAL AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM PLANTS

อภิญญา อิทธิเวชชัย
APINYA ITTIWECHCHAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2558
KMITL-2015-AG-M-065-177

การศึกษาศักยภาพทางอัลลีโลพาทีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช

STUDY ON ALLELOPATHIC POTENTIAL AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM PLANTS

อภิญญา อิทธิเวชชัย

APINYA ITTIWECHCHAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-AG-M-065-177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON ALLELOPATHIC POTENTIAL AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM PLANTS

APINYA ITTIWECHCHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2015

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาศักยภาพทางอัลลีโลพาทีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช

Study on Allelopathic Potential and Antioxidant Activity of Essential Oil from Plants

นักศึกษา นางสาวอภิญญา อิทธิเวชชัย

รหัสประจำตัว 55641151

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เกษตรศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.มณทินี ธีรารักษ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.อำมร	อินทร์สังข์	
รศ.ดร.ทรงยศ	ตันพิพัฒน์	
ผศ.ดร.มณทินี	ธีรารักษ์	
รศ.ดร.ถนิมนันต์	เจนอักษร	
รศ.ดร.จำรูญ	เล้าสินวัฒนา	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 21 มกราคม 2558

สถานที่สอบ ห้องประชุมคณะเทคโนโลยีการเกษตร (ชั้น 1 ตึกบุนนาค L)

คณบดีรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 12 **เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาศักยภาพทางอัลลีโลพาทีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช
นักศึกษา	นางสาวอภิญญา อิทธิเวชชัย
รหัสประจำตัว	55641151
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. จำรูญ เล้าสินวัฒนา

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพทางอัลลีโลพาทีของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ได้แก่ กานพลู กะเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พินเสน ไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน ขิง ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชย เทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว พบว่าความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิดที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามโดยการสร้าง dendrogram ในหญ้าข้าวนกที่มีความใกล้ชิดกัน 52.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มได้ 5 กลุ่มใหญ่ และในผักโขมหนามที่มีความใกล้ชิดกัน 57.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่มใหญ่ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบมากที่สุด จากนั้นจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm ในเมล็ดหญ้าข้าวนกและที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm ในเมล็ดผักโขมหนาม ต่อการงอก การเจริญเติบโต การดูดน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้สูงที่สุดและที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้อย่างสมบูรณ์ และผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง และในเมล็ดผักโขมหนามที่ระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าการดูดน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาแช่สารที่นานขึ้นและที่ระยะเวลาเดียวกันการดูดน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด โดยวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (DPPH radical scavenging activity) วัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะที่อยู่ในรูปของไอออน (Metal chelating activity) และวัดความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน การวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด มีค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่ยับยั้งปริมาณของอนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด หรือค่า IC_{50} เท่ากับ 5.35 ppm โดยเปรียบเทียบสารมาตรฐานสังเคราะห์คือวิตามินซี มีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.16 ppm และ BHT มีค่า IC_{50} เท่ากับ 25.23 ppm และ สำหรับการวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะที่อยู่ในรูปของไอออน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 150.16 ppm โดยเปรียบเทียบสารมาตรฐานสังเคราะห์คือ EDTA มีค่า IC_{50} เท่ากับ 18.32 ppm และการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด มีค่าความเข้มข้นของสารที่มีประสิทธิภาพการกระตุ้นการต้านอนุมูลอิสระได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด หรือค่า EC_{50} เท่ากับ 256.55 ppm โดยเปรียบเทียบสารมาตรฐานสังเคราะห์คือวิตามินซี มีค่า EC_{50} เท่ากับ 46.63 ppm จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชมีศักยภาพการกำจัดวัชพืชและมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Study on Allelopathic Potential and Antioxidant Activity of Essential Oil from Plants
Student name	Miss Apinya Ittiwechchai
Student ID	55641151
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2015
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chamroon Laosinwattana

Abstract

Allelopathic potential of essential oil from 29 plant species namely, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Juniperus viriniana*, *Vetiveria zizanoides*, *Zingiber officinale*, *Curcuma longa*, *Alpina officinarum*, *Citrus sinensis*, *Citrus bergamia*, *Citrus aurantifolia*, *Citrus paradise*, *Citrus nobilis*, *Ocimum basilicum*, *Ocimum sanctum*, *Pogostemon cablin*, *Mentha cordifolia*, *Eucalyptus globulus*, *Melaleuca leucadendra*, *Eugenia caryophyllus*, *Cinnamomum cassia*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Carum carvi*, *Myristica fragrans*, *Pinus mugo*, *Cananga odorata macrophylla*, *Illicium verum*, *Salacca wallichiana*, *Magnolia sirindhorniae*, and *Zingiber cassumunar* against two weed species, [*Echinochloa crus-galli* and *Amaranthus spinosus*] was evaluated when distilled water was used as the control. The coefficient of essential oil from 29 plant species at the concentration of 5 microlitre/petri dish on seed germination and seedling growth of weeds tested and a dendrogram was drawn using the unweighed pair-group method using arithmetic averages (UPGMA) of clustering. Data showed that essential oil had close relationship 52.5 % separated to 5 clusters of *E.crus-galli* and close relationship 57.5 % separated to 2 clusters of *A. spinosus*. The essential oil from *C. cassia* gave the highest inhibition on germination and seedling growth of both bioassay species. Then, natural herbicide product from *C. cassia* essential oil in emulsifier formulation was determined on seed germination, seed imbibition and α-amylase activities at concentrations of 50, 100, 200, 300 and 400 ppm of *E. crus-galli* and at concentrations of 25, 50, 100, 150 and 200 ppm of *A. spinosus*. The results

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

showed that essential oil from *C. cassia* had the highest inhibition on seed germination at concentration of 400 ppm of *E. crus-galli* and completely inhibited seed germination at concentration of 200 ppm of *A. spinosus.* Continuously running experiment was conducted to determine the inhibition mechanism of essential oil on seed germination at time 24, 36 and 48 hrs (*E. crus-galli*) and 6, 12 and 24 hrs (*A. spinosus*). The results showed that imbibition and α-amylase activities of weeds tested were decreased with the increasing of essential oil concentrations. These results indicated that the inhibitory effects on seed germination of weeds tested of essential oil from *C. cassia* might be resulted of inhibiting seed imbibiton and decrease of α-amylase activities of weeds tested. Further experiment was conducted to determine the antioxidant activity of essential oil from 29 plant species through 2,2-diphenyl-1-picrylhdrazyl (DPPH) radical scavenging activity, metal chelating activity and reducing power activity. The results showed that essential oil that caused the half maximal inhibitory concentration (IC_{50}) of DPPH radical scavenging assay was 5.35 ppm for *E. caryophyllus* essential oil while the IC_{50} values of the reference standard ascorbic acid (vitamin C) and butylated hydroxytoluene (BHT) were 3.16 ppm and 25.23 ppm, respectively. Moreover, the highest ability of metal chelating activity scavenging assay was 150.16 ppm for *E. globulus* essential oil and ethylene-diaminetetraacetic acid (EDTA) was used as standard of 18.32 ppm. Furthermore, caused the half maximal effective concentration (EC_{50}) of reducing power activity highest was 256.55 ppm for *O. sanctum* essential oil while the EC_{50} values of the reference standard vitamin C was 46.63 ppm. To conclude, results revealed that the essential oil from plants had potential as a natural herbicide and exhibited antioxidant activity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาศักยภาพทางอัลลีโลพาทีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืชเล่มนี้ สำเร็จอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา เป็นอย่างสูง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมถึง ผศ.ดร. มณทินี ธีรารักษ์ และคณาจารย์ท่านอื่น ๆ ที่ช่วยให้ความรู้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ด้วย

ขอขอบคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุก ๆ คนในครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมาจนสำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ท้ายสุดนี้หากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยเป็นอย่างสูง ในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้ คงมีประโยชน์ไม่มากก็น้อยสำหรับผู้ที่มีความสนใจในด้านนี้

อภิญญา อิทธิเวชชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III
กิตติกรรมประกาศ.....V
สารบัญ.....VI
สารบัญตาราง.....VIII
สารบัญภาพ.....X
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....3
1.3 ขอบเขตของงาน..... 3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 น้ำมันหอมระเหย.....4
2.2 วัชพืช.....8
2.3 อัลลีโลพาที.....9
2.4 กลไกการทำลายพืชของสารอัลลีโลพาที.....14
2.5 สารกำจัดวัชพืช.....17
2.6 อนุมูลอิสระ.....19
2.7 กลไกการทำงานของสารต้านการเกิดออกซิเดชัน.....21
2.8 ตัวอย่างสารต้านออกซิเดชันบางชนิด.....22
2.9 วิธีการวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ.....25
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....29
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....33
3.1 อุปกรณ์การทดลอง.....33
3.2 วิธีการทดลอง.....35
3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ระยะเวลาดำเนินการ.....45

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....46
4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพจากน้ำมันหอมระเหยจากพืช.....46
4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช.....57

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....79
5.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพจากน้ำมันหอมระเหยจากพืช.....79
5.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช.....81

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง..... 83
6.1 สรุปผลการทดลอง.....83
6.2 ข้อเสนอแนะ.....85

บรรณานุกรม.....86
ประวัติผู้เขียน.....93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างสารประกอบเบนซีนอยด์ที่พบในน้ำมันหอมระเหย.....7

4.1 ผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก.....50

4.2 ผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม.....52

4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging 58

4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ).....59

4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ).....60

4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ).....61

4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ).....62

4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ).....63

4.4 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารละลายมาตรฐานโดยวิธี DPPH radical scavenging 64

4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Metal chelating activity.....65

4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Metal chelating activity (ต่อ).....66

4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Metal chelating activity (ต่อ).....67

4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Metal chelating activity (ต่อ).....68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหย โดยวิธี Metal chelating activity (ต่อ).....69
4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหย โดยวิธี Metal chelating activity (ต่อ).....70
4.6 แสดงความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของสารละลาย มาตรฐานโดยวิธี Metal chelating activity 71
4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity 72
4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ) …...73
4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ).....74
4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ).....75
4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ).....76
4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ) 78
4.8 ความสามารถในการรีดิวซ์ของสารละลายมาตรฐานโดยวิธี Reducing power activity ……..79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ก.ไอโวพรีน (C_2H_2) และ ข. การต่อกันแบบ mead-to-tail ของไอโซพรีน 2 หน่วย.....6

2.2 โครงสร้างของ Ascorbic acid (วิตามินซี).....22

2.3 โครงสร้างของ Tocopherol (วิตามินอี).....23

4.1 เดนโดรแกรมความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหย 29 ชนิด ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง……..48

4.2 เดนโดรแกรมความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหย 29 ชนิด ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง…….....….49

4.3 ผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก.....51

4.4 ผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม.....52

4.5 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง.....54

4.6 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของผักโขมหนามที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง.....55

4.7 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง.....56

4.8 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของผักโขมหนามที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง.....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ปัจจุบันเกษตรกรที่ทำการเกษตรต้องประสบปัญหาด้านการจัดการศัตรูพืชอย่างมาก จึงต้องอาศัยสารเคมีเพื่อช่วยควบคุมกำจัดศัตรูพืชเป็นปริมาณมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมวัชพืช จากข้อมูลการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชปี 2556 พบว่ามีการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชทั้งหมด 96,793 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 13,228 ล้านบาท ซึ่งเป็นการนำเข้าสารกำจัดวัชพืช 77,122 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 8,188 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556) สารเคมีเหล่านี้ก่อให้เกิดสารพิษตกค้างในดินส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และระบบนิเวศ เกิดความไม่ยั่งยืนทางการเกษตร นอกจากนี้ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asian Economics Community : AEC) ในปี 2558 ทำให้มีการเคลื่อนย้ายสินค้าเกษตรอย่างเสรีมากขึ้น มาตรฐานด้านสุขอนามัยและความปลอดภัยด้านอาหารจึงถูกนำมาเป็นเงื่อนไขในการค้ามากขึ้น ทำให้การส่งออกสินค้าเกษตรของไทยได้รับผลกระทบโดยไม่อาจเลี่ยงได้เนื่องจากการออกกฎเกณฑ์กีดกันทางการค้า เพื่อให้ประเทศไทยเป็นประเทศส่งออกรายใหญ่ในกลุ่ม AEC รัฐบาลจึงได้จัดทำนโยบายครัวไทยสู่ครัวโลก สินค้าเกษตรและอาหารต้องมีความปลอดภัยและได้มาตรฐานจึงจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรตามระบบการจัดการคุณภาพที่ดีสำหรับพืช (Good Agriculture Practices : GAP) เพื่อตอบสนองทางด้านการค้าสินค้าเกษตรของประเทศต่างๆในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนและประเทศอื่นๆ รวมทั้งความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศที่ต้องการสินค้าเกษตรที่ปลอดภัยและได้มาตรฐาน บนพื้นฐานความยั่งยืนในระบบการผลิตและสิ่งแวดล้อมที่ให้คุณภาพ สุขภาพชีวิตที่ดี รวมถึงคนไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มการเสียชีวิตเกิดจากโรคเพิ่มสูงขึ้นทุกปีตั้งแต่ปี 2537 – 2554 เพิ่มขึ้นถึง 109,114 ราย (ซึ่งเป็นปัญหาด้านสุขภาพร่างกาย สาเหตุมาจากการบริโภคผลผลิตทางการเกษตรที่มีสารพิษจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างสะสมเป็นระยะเวลานานในร่างกายรวมถึงการต้านทานสารอนุมูลอิสระของคนไทยมีลดน้อยลงทำให้คนส่วนใหญ่หันมาสนใจดูแลสุขภาพของตนเอง โดยอาศัยวิธีทางธรรมชาติด้านการเลือกรับประทานอาหารที่ปลอดสารพิษซึ่งจะช่วยให้ร่างกายถูกทำร้ายจากสารเคมีน้อยที่สุดและความผิดปกติต่างๆในร่างกายรวมถึงโรคภัยไข้เจ็บลดลง การหาสารธรรมชาติเพื่อมาทดแทนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อลดปัญหาด้านสารพิษตกค้างในผักผลไม้และในขณะเดียวกันเป็นสารธรรมชาติที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ยังเป็นสิ่งที่นักวิจัยตระหนักถึงสิ่งเหล่านี้ ซึ่งปรากฏการณ์ อัลลีโลพาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติรูปแบบหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ด้านชีวเคมีระหว่างพืชรวมถึงจุลินทรีย์ โดยพืชหรือจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งผลิตและปลดปล่อยสารชีวเคมีออกสู่สภาพแวดล้อมแล้วก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจจะมีผลในด้านการยับยั้งหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหรือจุลินทรีย์ดังกล่าว (Rice. 1984) และสารต้านอนุมูลอิสระสามารถส่งเสริมและป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระได้จึงจัดเป็นสารที่มีหน้าที่ยับยั้งหรือต้านปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระ มีบทบาทในการลดการสร้างอนุมูลอิสระในร่างกาย และลดอันตรายที่เกิดจากอนุมูลอิสระชะลอการเกิดความเสียหายของเซลล์ให้ช้าลงได้

น้ำมันหอมระเหย เป็นผลิตผลจากการสกัดพืชสมุนไพรนานาชนิด มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบของพืช ซึ่งอาจจะสกัดมาจากส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชนั้นๆ เช่น สกัดมาจากผล ดอก ใบ เมล็ด เปลือก ก้าน เป็นต้น ส่วนที่มีกลิ่นอยู่ในเซลล์หรือในต่อมเฉพาะ พืชสร้างน้ำมันหอมระเหยไว้ในเซลล์พิเศษ ในผนังเซลล์ในต่อมหรือท่อภายในพืชเพื่อทำหน้าที่หลายอย่าง เช่น เป็นเกราะป้องกันการระเหยของน้ำ (ในกรณีที่สภาพของอากาศแห้งแล้ง) การไล่แมลงที่เป็นศัตรู และล่อแมลงให้ช่วยผสมเกสร น้ำมันหอมระเหยเกิดขึ้นมาจากกระบวนการเจริญเติบโต (ประเทืองศรี สินชัยศรี. 2543) ปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญอย่างรวดเร็ว แนวความคิดที่ว่าสารธรรมชาตินั้นเป็นสารที่มีความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารเคมีสังเคราะห์ (Copping. 1996; Rodcharoen et al. 1997) จึงมีการคิดค้นสารธรรมชาติทดแทนการใช้สารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้น และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมถึงผลผลิตทางการเกษตรซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และปัญหาสุขภาพเกิดจากโรคต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นจากการใช้สารเคมี น้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการกำจัดวัชพืชมีรายงานว่าสารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหย *Achillea gypsicola* Hub-Mor. สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของ *Amaranthus retroflexus*, *Cirsium arvense* และ *Lactuca serriola* (Kordali et al. 2009) และการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันหอมระเหยพบว่า นฤตยา นันยา (2554) ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยใช้วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ในน้ำมันหอมระเหยจากพริกไทย มีค่า IC_{50} อยู่ในช่วงระหว่าง 5,499.21 ถึง 5,576.99 ppm ซึ่งจากการรายงานการวิจัยชี้ให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชมีประสิทธิภาพในการเป็นสารอัลลีโลพาทีและสารต้านอนุมูลอิสระ การศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการพัฒนารูปแบบน้ำมันหอมระเหยให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ดีที่สุด 1 ชนิด ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส ของเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

1.2.4 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ด้วยวิธี DPPH radical scavenging, Metal chelating activity และ Reducing power activity เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการใช้น้ำมันหอมระเหยให้มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของงาน

1.3.1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

1.3.2 คัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ดีที่สุด 1 ชนิดศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืช การดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส ของเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

1.3.3 ศึกษาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนและความสามารถในการรีดิวซ์ ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถพัฒนาน้ำมันหอมระเหยจากพืช ที่เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ได้จากธรรมชาติ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.4.2 ทราบถึงความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นต่อการพัฒนาน้ำมันหอมระเหยให้สามารถต้านอนุมูลอิสระในร่างกายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อน ได้มาจากการสกัดน้ำมันที่พืชสร้างขึ้นมาจากขบวนการ metabolism แล้วเก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของต้น เช่น เมล็ด ดอก ใบ ผล เปลือกลำต้น หรือที่รากและเหง้า เป็นต้น ลักษณะทั่วไปของน้ำมันหอมระเหย จะเป็นของเหลว ใส ไม่มีสีหรือมีสีอ่อน ๆ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ และเมื่อได้รับความร้อนน้ำมันจะระเหยได้ดียิ่งขึ้น กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่ในพืชสมุนไพรแต่ละชนิด เช่น น้ำมันตะไคร้หอมประกอบด้วย genaniol, citronella และ borneol ซึ่งมีคุณสมบัติในการไล่แมลง หรือน้ำมันตะไคร้บ้านประกอบด้วย citral, linalool และ geraniol ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ มีคุณสมบัติยั้งยับการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์ได้ เป็นต้น โดยในปัจจุบันได้มีการนำพืชสมุนไพรไทยบางชนิดมากลั่นน้ำมันหอมระเหยและนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่นอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี และทางด้านเภสัชกรรม เป็นที่แพร่หลายมากยิ่งขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543) การพัฒนาน้ำมันหอมระเหยให้อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืช ได้มีการทำรูปของสาร (formulation) หรือสภาพของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชหลายแบบ โดยการทำรูปหรือปรุงแต่งผลิตภัณฑ์นั้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การละลายน้ำดีขึ้น การคงรูปดีขึ้น ให้สารผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้

การแบ่งกลุ่มของกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยอาจแบ่งได้ดังนี้

กลิ่นส้ม เป็นกลิ่นที่ให้ความรู้สึกสดชื่นและสะอาด เป็นกลิ่นของน้ำมันที่ได้จากพืชในตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาว มะกรูด

กลิ่นเครื่องเทศ เป็นกลิ่นที่ได้จากเครื่องเทศให้ความรู้สึกหนัก หวานและลึก เช่น น้ำมันที่ได้จากอบเชย กานพลู

กลิ่นดอกไม้ มีกลิ่นหอม ให้ความรู้สึกอ่อนหวาน นุ่มนวล เช่น กลิ่นกุหลาบ มะลิ

กลิ่นป่า เป็นพวกน้ำมันที่ได้จากเนื้อไม้ ให้ความรู้สึกแห้ง เบาสบาย เช่น น้ำมันสน

กลิ่นสมุนไพร ให้กลิ่นสีเขียวของใบไม้ เช่น น้ำมันโหระพา สะระแน่ ตะไคร้

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช ทำได้ 6 วิธี (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. 2543) คือ

2.1.1. การกลั่น (distillation) เป็นวิธีที่นิยมที่สุดเพราะทำง่ายประหยัด แบ่งออกเป็น

2.1.1.1 การกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) มักใช้กับพืชแห้งและสารในพืชไม่สลายเมื่อถูกความร้อน เช่น การกลั่นน้ำมันสน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation) ใช้กับพืชสดหรือพืชแห้งซึ่งอาจถูกทำลายได้ด้วยความร้อน ตัวอย่างเช่น การกลั่นน้ำมันอบเชย กานพลูโดยการหมักพืชในน้ำก่อนแล้วผ่านไอน้ำเข้าไป น้ำและน้ำมันจะถูกกลั่นออกมาด้วยกัน

2.1.1.3 การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) ใช้กับพืชสด เช่น การกลั่นน้ำมันมินต์ ระหว่างการกลั่นซึ่งใช้อุณหภูมิสูงองค์ประกอบบางชนิดจะถูกย่อยสลาย (hydrolyse) ได้จึงควรระวัง วิธีการกลั่นนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยปนกับน้ำแยกเป็น 2 ชั้น ซึ่งแยกออกได้ง่าย

2.1.2 การบีบ (mechanical expression) ใช้สำหรับพืชที่มีองค์ประกอบที่สลายตัวโดยความร้อนซึ่งมีถุงน้ำมันอยู่ใต้เปลือกตัวอย่างเช่น น้ำมันจากผิวส้มผิวมะนาว โดยนำเปลือกส้มบีบจะได้ W/O emulsion จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำมันหอมระเหยออกอีกที

2.1.3 โดยวิธี enfleurage มักใช้กับกลีบดอกไม้ซึ่งมีน้ำมันหอมระเหยปริมาณน้อยทำโดยใช้น้ำมันระเหยยาก (fixed oil) หรือไขมันชนิดที่ไม่มีกลิ่นมาแผ่เป็นฟิล์มบางๆบนกระจก นำกลีบดอกไม้มาโปรยบนฟิล์มนี้ตั้งทิ้งไว้ 2-3ชั่งโมง เก็บกลีบดอกไม้ออกโปรยชุดใหม่ลงไปแทน จากนั้นนำไขมันซึ่งดูดซับน้ำมันหอมระเหยไว้มาสกัดด้วยแอลกอฮอล์เพื่อแยกน้ำมันหอมระเหยออกมาวิธีนี้เคยนิยมใช้ในระดับอุตสาหกรรม การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกลีบดอกไม้อาจนำกลีบดอกไม้ไปต้มกับไขมันที่อุณหภูมิต่ำๆ แล้วกรองเอากลีบดอกออก นำไขมันไปสัดเอาน้ำมันระเหยด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมอีกที

2.1.4 การสกัด extraction เป็นการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมเช่น benzene หรือ petroleum ether วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นคงเดิมเพราะไม่เกิดการสลายตัว เหมาะสำหรับพืชที่ทนความร้อนสูงไม่ได้ เช่น มะลิ ไวโอเล็ต แต่ราคาแพง ปัจจุบันนิยมใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอม

2.1.5 การกลั่นแบบ destructive distillation นิยมใช้ในการกลั่นน้ำมันจากพืชวงศ์ pinaceae และ cupressaceae โดยนำพืชมาเผาในอากาศไม่เพียงพอ จะเกิดการสลายตัวได้สารระเหยออกมา ซึ่งแยกได้เป็น 2 ชั้นคือชั้นน้ำซึ่งประกอบด้วย methyl alcohol และ crude acetc acid กับชั้นของน้ำมันดิน (tarry liquid) เช่น pine tar หรือ juniper tar แล้วแต่ชนิดของพืชที่ใช้

2.1.6 ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวภายใต้ความดันสูง วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นหอมมาก เพราะประสิทธิภาพการสกัดสูง

หลักการในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยคือ ใช้น้ำเพื่อผลิตไอ ซึ่งไอน้ำนี้จะเป็นตัวดึงและพาสารอินทรีย์ที่ระเหยได้นั่นก็คือ น้ำมันหอมระเหยซึ่งจะออกมาจากพืชพร้อมกับไอน้ำ จากนั้นไอน้ำที่ผ่านออกมาจะถูกทำให้เย็นในเครื่องควบแน่น ได้เป็นของเหลวที่มีน้ำและน้ำมันหอมระเหยปะปนกันอยู่ โดยปกติน้ำมันหอมระเหยจะลอยอยู่เหนือน้ำ จากนั้นจึงทำการแยกน้ำออกจากน้ำมัน

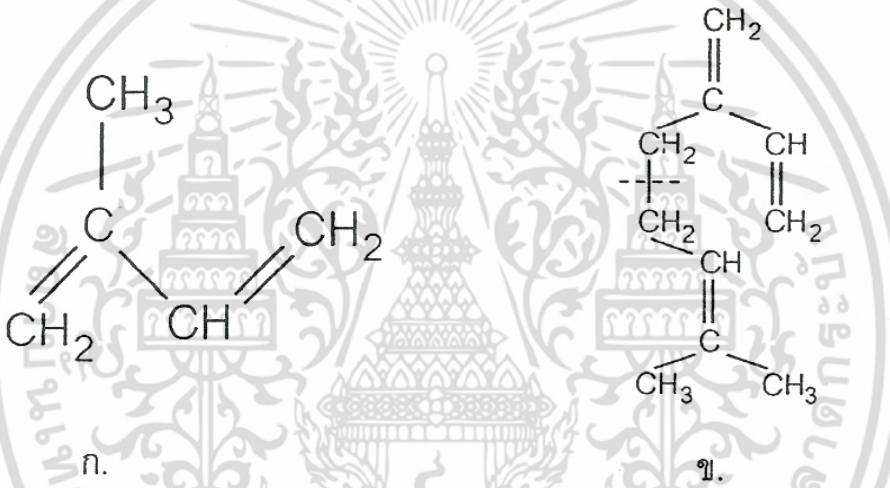
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารผสมที่มีความซับซ้อน ในบางครั้งประกอบด้วยสารเคมีนับร้อยชนิด สารประกอบเหล่านี้ส่วนมากสามารถแยกออกเป็น 2-3 ชั้นหลักแต่ก็มีองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยอีกมากที่ไม่สามารถจัดลงไว้ในชั้นเหล่านี้

น้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (John and Steven. 1993)

กลุ่มเทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง หรือเป็นวงแหวน ประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีน (isoprene) (ภาพที่ 2.1) ตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไปเรียกว่าเทอร์พีนไฮโดรคาร์บอน (terpene -hydrocarbons) การรวมกันของไอโซพรีนตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไปทำให้เกิดกลุ่มของสารประกอบเทอร์ปีนอยด์



ภาพที่ 2.1 ก. ไอโวพรีน ($C_2 H_4$) และ ข. การต่อกันแบบ head-to-tail ของไอโซพรีน 2 หน่วย
ที่มา: John and Steven (1993)

กลุ่มแอลิเฟติก (aliphatic) เป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งเป็นไฮโดรคาร์บอนโซ่ตรง และอนุพันธ์ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น แอลกอฮอล์ (alcohois), อัลดีไอด์ (aldehydes), อีเทอร์ (ethers) และเอสเทอร์ (esters) มีจำนวนอะตอมคาร์บอนตั้งแต่ 7-35 ซึ่งพวกที่มีอะตอมคาร์บอนสูงๆ อาจตกผลึกในขณะที่ให้เย็นหรือขณะเก็บไว้ ได้แก่ สารพวกสเทียโรปทีน (stearoptenes) น้ำมันหอมระเหยที่มีจุดเดือดต่ำจะพบสารประกอบพวกแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และคีโตน เช่น จากใบแอลกอฮอล์ (leaf alcohol) ซึ่งเป็นกลิ่นหญ้าหอมหรือใบไม้สีเขียว ชา ข้าวสาลี ไม้โอ๊ก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มเบนซีนอยด์ (benzenoids) น้ำหอมต่างๆมากมายมีเบนซีนอยด์เป็นส่วนประกอบ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างสารประกอบเบนซีนอยด์ที่พบในน้ำมันหอมระเหย

สารประกอบเบนซีนอยด์	แหล่งที่มา
Benzyl acetate	Jasmine, Gardenia, Ylang Ylang
Benzaldehyde	Almonds
Phenyl ethyl alcohol	Geranium, Neroli, Rose
Phenyl acetaldehyde	Hyacinth, Neroli,Rose
Phenyl ethyl acetate	Geranium, Neroli, Rose
Cinnamic alcohol	Balsamic
Cinnamic aldehyde	Cinnamon bark
Amyl cinnamic aldehyde	Jasmine petals
Coumarin	Balsamic
Acetophenone	Orange biossom
Methyl-β -naphthyl ketone	Orange biossom
Diphenyl ether	Geranium, Rose
Eugenol	Cloves,Cinnamon leaf,Bay,Pimento
Isoeugnol	Cloves,Cinnation, Nutmeg
Thymol	Thyma
Vanillin	Vanilla

ที่มา: ประเทืองศรี สินชัยศรี (2542)

กลุ่มสารหอมอื่นๆ ตัวอย่างของสารหอมในกลุ่มอื่นๆสามารถนำมาแสดงไว้เพียง 2-3 ชนิด สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลายชนิดมีผลต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยแม้ว่าจะมีอยู่ในน้ำมันหอมระเหย คอนกรีตส์และแอบโซลูทส์ในปริมาณความเข้มข้นต่ำว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีการนำสารไนโตรเจนบริสุทธิ์หรือสารสังเคราะห์มาใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรมในการปรุงแต่งน้ำมันหอมระเหยจากดอกมะลิ น้ำมันลาเวนดินและน้ำ มันเพททิทเกรน สารที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบพบน้อยมากในน้ำมันหอมระเหยแต่พบทั่วไปในกลิ่นที่ได้จากสัตว์ ตัวอย่างของสารที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ พบในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกระเทียม มัสตาร์ด และ *Ferula assa-foetida* มีการใช้สารสังเคราะห์ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบในระดับอุตสาหกรรม ในการปรุงแต่งน้ำมัน buchu, galbanum, blackcurrant และ rose oil (Bauer et al. 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วัชพืช

วัชพืช (weeds) ในทางเกษตร หมายถึงพืชที่ขึ้นผิดที่ หรือพืชที่ขึ้นในที่ที่ไม่ต้องการให้ขึ้น และทำให้มีผลกระทบต่อระบบการผลิตทางเกษตรในด้านที่เป็นโทษมากกว่าเป็นประโยชน์ (Craft. 1975) ในทางนิเวศน์วิทยา วัชพืช หมายถึงพืชที่ขึ้นและปรับตัวเข้ากับบริเวณที่ถูกรบกวนโดยมนุษย์ หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ (Baker. 1974; Harlan. 1975) และนอกจากนี้ รังสิต สุวรรณเขตนิคม (2547) ได้ให้คำจำกัดความของวัชพืชไว้ว่า เป็นพืชที่ไม่ต้องการให้ขึ้นในพื้นที่แห่งหนึ่งและในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งสามารถพบวัชพืชได้ทั่ว ๆ ไป ไม่ว่าในสนามหญ้า ข้างทาง ริมถนน ริมรั้ว คูน้ำ แหล่งน้ำ สวน บริเวณปลูกพืช ทุ่งหญ้า บริเวณสาธารณสถาน และในป่า

วัชพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่นับได้ว่ามีความสัมพันธ์กับมนุษย์ค่อนข้างมาก โดยที่ไม่ใช่เฉพาะการมีความเกี่ยวข้องกับการเกษตรเท่านั้น วัชพืชยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่มนุษย์ทั้งทางตรง และทางอ้อมมากมาย เช่น ปัญหาของวัชพืชที่เกิดต่อการประมง การทำป่าไม้ การชลประทาน การคมนาคม และสภาพแวดล้อม สาเหตุที่วัชพืชมีความสัมพันธ์กับมนุษย์ค่อนข้างมากก็เพราะว่า วัชพืชมีมากมายหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติ และลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันจนทำให้สามารถขึ้นแข่งขันได้ในสภาพต่าง ๆ ซึ่งในสภาพดังกล่าวจึงอาจเรียกว่าเป็นวัชพืชได้อย่างถาวร ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่าการที่วัชพืชมีโทษมากกว่าประโยชน์นั้นเอง ในสภาพธรรมชาติ ถึงแม้ว่าในบางกรณี วัชพืชจะมีประโยชน์บ้างก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางเศรษฐกิจ และปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วจะถูกเรียกว่าวัชพืชทันที (รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2547)

การงอกของเมล็ดวัชพืช ซึ่งวัชพืชมีทั้งวัชพืชล้มลุกหรือวัชพืชฤดูเดียว (annual weed) และวัชพืชยืนต้นหรือวัชพืชข้ามปี (perennial weed) ที่มีการขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual propragation) จะมีการออกดอกผลิตเมล็ดขึ้นในส่วนที่ได้รับการผสมของเกสรตัวผู้ และมีการพัฒนามาเป็นเมล็ด เพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ต่อไป เมล็ดของวัชพืชมีความสำคัญอย่างมาก เพราะเป็นตัวทำให้เกิดการแพร่ขยายพันธุ์ ซึ่งยากต่อการควบคุมและกำจัด สำหรับลักษณะการงอกของต้นวัชพืชจากเมล็ด แบ่งออกเป็น 2 แบบ (พรชัย เหลืองอาภาพงษ์. 2540) ได้แก่

2.2.1 การงอกแบบ epigeal germination เป็นการงอกแบบที่ต้นกล้ามีใบเลี้ยง (cotyledon) โผล่ขึ้นมาเหนือดิน โดยการยืดตัวของ ไฮโปคอติล (hypocotyl) ซึ่งไฮโปคอติลนี้ จะอยู่ระหว่างปลายรากกับข้อของใบเลี้ยง เมื่อมีการงอก รากอ่อนจะงอกโผล่พ้นเมล็ดออกทาง รูไมโครไพล์ (micropyle) เจริญสู่พื้นดิน จากนั้น ไฮโปคอติล จะยืดตัว และมีลักษณะโค้งงอ ดึงเอาส่วนของ ใบเลี้ยง (cotyledon) กับอิปิคอติล (epicotyl) ขึ้นมาเหนือดิน ต่อจากนั้นก็จะมีใบจริงเกิดขึ้น เช่น การงอกของพืชในเลี้ยงคู่ต่าง ๆ

2.2.2 การงอกแบบ hypogeal germination เป็นการงอกออกจากเมล็ดของวัชพืช โดยที่ส่วนของใบเลี้ยง (cotyledon) ยังคงอยู่ภายในเปลือกหุ้มเมล็ดและตกค้างอยู่ในดิน ส่วนใหญ่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัชพืช ใบเลี้ยงเดี่ยว ในการงอกนั้นรากจะแทงทะลุเปลือกที่หุ้มเมล็ด ส่วนของไฮโปคอติล (hypocotyl) มีการยืดตัวน้อยมาก จึงทำให้ใบเลี้ยงตกค้างอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด โดยที่ส่วนของเอพิคอติล (epicotyls) เท่านั้นที่มีการยืดตัว ดึงเอายอดอ่อน (plumule) โผล่ขึ้นมาเหนือดิน และเจริญยืดยาวได้อย่างรวดเร็ว เช่น เมล็ดข้าว ข้าวโพด และหญ้า เป็นต้น

2.3 อัลลีโลพาที

อัลลีโลพาที (allelopathy) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก 2 คำคือ allelon หมายถึง ซึ่งกันและกัน และ Pathos หมายถึง เดือดร้อนหรือทำให้เกิดความเสียหาย ซึ่ง Hans Molish เป็นผู้บัญญัติศัพท์ขึ้นในปี ค.ศ.1937 โดยได้ให้ความหมายว่าเป็นความเสียหายและความเป็นประโยชน์จากปฏิสัมพันธ์ด้านชีวเคมีระหว่างพืชกับพืช รวมทั้งจุลินทรีย์ (Rice. 1984) ส่วน Putnum (1988) ได้ให้ความหมายของอัลลีโลพาทีว่าเป็นผลกระทบจากพืชชนิดหนึ่งที่มีต่อพืชซึ่งอาจเป็นพืชคนละชนิด (heterrotoxicity) หรือชนิดเดียวกัน (autotoxicity) โดยอาจจะมีผลดีในการกระตุ้น หรือผลเสียในการยับยั้งการงอก การเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช ซึ่งเรียกสารที่ปลดปล่อยออกมาและไปมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชว่า สารอัลลีโลเคมิคอล (allelochemical) (Rice. 1984)

การปลดปล่อยสารอัลลีโลพาที

การปลดปล่อยสารอัลลีโลพาทีจากพืชออกสู่สิ่งแวดล้อม คือ การที่สารจากพืชชนิดหนึ่งมีผลต่อพืชอีกชนิดหนึ่งนั้นต้องมีการปลดปล่อยสารจากพืชผู้ให้ไปสู่พืชผู้รับ (Rice. 1984) ซึ่งมีหลายทาง ได้แก่

2.3.1 การระเหย (volatilization) สารอัลลีโลพาทีที่พืชสร้างขึ้นจะระเหยออกมาจากส่วนต่างๆ ของพืชสู่บรรยากาศ แล้วไปมีผลกระทบต่อพืชอื่น ๆ และแมลงด้วย เช่น สารกลุ่มเทอร์พีน (terpene) จาก *Salvia leucophylla* และสารเทอร์พีนอยด์จาก *Artemisia califormia* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้หลายชนิด (Rice. 1984) นอกจากนี้ยังพบสารระเหยจากมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ซึ่งเมื่อนำมาแยกด้วยวิธี Gas chromatography พบสารประกอบที่เป็นพิษต่อพืช 40 ชนิด เช่น trans-2-hexenal, α-terpineol, linalool, phenylacetaldehyde, methylsalicylic acid และ tetradecanoic acid ซึ่งมีผลยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) และทำให้การเจริญเติบโตขององุ่นลดลงเมื่อขึ้นใกล้ต้นมะเขือเทศ

2.3.2 การปลดปล่อยทางราก (exudation from roots) พืชสามารถปลดปล่อยสารอัลลีโลพาทีออกจากรากสู่สิ่งแวดล้อม สารที่ถูกปลดปล่อยออกมาทางรากอาจไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่น เช่น ข้าว (*Oryza sativa*) สามารถปลดปล่อยสาร momilactone B ออกมาทางรากและส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของรากและลำต้นของเมล็ด cress นอกจากนี้สาร momilactone b ยังส่งผลกระทบต่อพืชที่อยู่ใกล้เคียงอีกด้วย (Kato-Noguchi. 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การชะล้าง (leaching) เกิดจากการชะล้างโดยหมอก น้ำฝนหรือน้ำค้าง ทำให้สารที่ละลายน้ำได้จากส่วนของต้นพืชละลายลงดิน การชะล้างเกิดได้จากหลายส่วน เช่น ใบสด รากหรือแม้กระทั่งส่วนของซากที่อยู่ในดิน เช่น น้ำชะล้างจากใบ *Chenopodium murale* ที่สะสมอยู่บริเวณดินซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้นข้าว (Inderjit. 2005)

2.3.4 การสลายตัวของซากพืช (decay of plant material, decomposition of plant residue) เป็นการปลดปล่อยสารออกจากส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ร่วงหล่นลงบนพื้นดิน หรือทับถมในดินจนเกิดการเน่าเปื่อยตามธรรมชาติหรือถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดินในสภาพที่มีออกซิเจนทำให้มีการปลดปล่อยสารอัลลีโลพาทีออกมาหลายชนิด ทำให้เกิดผลกระทบต่อพืชชนิดอื่นทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การสลายตัวของราก alfalfa มีผลทำให้การเจริญเติบโตของเมล็ดหญ้าคาลดลง

สารที่พืชปลดปล่อยออกมาทางปฏิกิริยาชีวเคมี เป็นสารประกอบเคมีที่ได้จากขบวนการเมตาบอลิซึมของพืช และมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของพืช แต่ในระดับปริมาณต่ำสามารถกระตุ้นและเร่งการเจริญ ซึ่งสารอัลลีโลเคมิคอลที่มีการพิสูจน์ทราบแล้ว Rice (1984) และ Putnam (1985) ได้แบ่งออกเป็น 11 กลุ่ม ได้แก่

1. ก๊าซพิษ (toxic gas) ส่วนใหญ่เป็นพวก mono-terpen และ ses-quiterpene ซึ่งสารนี้อาจถูกดูดซึมเข้าไปเหมือนก๊าซอื่นทั่วไปรวมกับความชื้น หรืออาจลงไปในดินอาจเข้าสู่ราก เช่น ในพืชพวกยูคาลิปตัส เป็นต้น

2. กรดอินทรีย์และอัลดีไฮด์ (organic acid and aldehydes) เช่น กรด malic, citric, acetic และ tartaric ซึ่งพบว่าในผลไม้พบสารนี้ในปริมาณที่มากพอที่จะยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ (evenari. 1949)

3. คูมาริน (coumarins) เป็นน้ำตาลแลคโตสของกรด o-hydroxycinnamic ได้จาก isoprenoids ซึ่ง robinson (1983) พบว่า สารพวก coumarin, escurin และ prosalen สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดในพืชตระกูลถั่วและธัญพืช

4. กรดอะโรมาติก (aromatic acids) เช่น กรด chlorogenic, *p*-coumarin, ferulic และ caffeic acids

5. น้ำตาลแลคโตสไม่อิ่มตัว (simple unsaturated lactonres) เช่น parasorbic

6. ควิโนน (quinones) juglone เป็น quinine ที่พบในพืชชั้นสูง เช่น วอนัท สารนี้เป็นพิษอย่างมากในมะเขือเทศ

7. ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) พบหลายชนิดในพืชแต่ไม่กี่ชนิดที่เป็นสารอัลลีโลเคมิคอล เช่น glycoside ซึ่งเป็นชนิดของ flavonoids ในทุ่งหญ้าซึ่งมีคุณสมบัติการยับยั้งการงอกของเมล็ดและการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. แทนนิน (tannins) สารยับยั้งการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียในพืชหลายชนิดและลดการเจริญของต้นอ่อนพืช

9. อัลคาลอยด์ (alkaloids) เป็นสารสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ยับยั้งการงอกของเมล็ดยาสูบ (*nicotiana tabacum*) กาแฟ (*coffea arabica*) และโกโก้ (*theobroma cacao*)

10.เทอร์ปีนอยด์และสเตอรอยด์ (terpenoids and steroids) มี monoterpenoids เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยในพืชชั้นสูง (robinson. 1983)

11. สารอื่นๆ ได้แก่ ไขมันโมเลกุลใหญ่ แอลกอฮอล์ โพลีเปปไตด์ และนิวคลีโอไซด์ เป็นต้น

รูปของสารป้องกันกำจัดวัชพืชมีรูปต่างๆ กันนั้นมีสาเหตุต่างๆ ดัง (1) ความสามารถของสารออกฤทธิ์ที่ถูกทำให้ละลายในน้ำ น้ำมัน หรือตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ (2) วิธีการที่ต้องการนำสารนั้นไปใช้ เช่น ใช้น้ำผสม หรือทำให้เป็นรูปเม็ดเพื่อนำไปหว่าน ซึ่งพอที่จะจำแนกรูปของสารป้องกันกำจัดวัชพืช (รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2547)ได้ดังนี้

สารละลายน้ำ (water-soluble หรือ S, WS) สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ละลายได้ในน้ำจะประกอบด้วยตัวสาร และน้ำที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย ซึ่งอาจจะมีสารอื่นๆ หลายชนิดที่เป็นของเหลวผสมอยู่ เช่น สารจับผิวที่เหมาะสมซึ่งอาจจะมีมากกว่า 1 ชนิด เพื่อให้สารทะลุผ่านผิวใบได้ดี และสารอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่นสารป้องกันการแข็งตัวหรือสารป้องกันการตกตะกอน ซึ่งสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่อยู่ในรูปนี้เมื่อต้องการใช้ต้องนำไปผสมน้ำเท่านั้น

สารละลายในน้ำมัน (oil-soluble หรือ OS) สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ละลายได้ในน้ำมันจะใช้เป็นตัวพาเท่านั้น เช่น น้ำมันดีเซล ส่วนประกอบที่อยู่ในรูปสารจะประกอบด้วยสารป้องกันกำจัดวัชพืช และน้ำมัน เช่น เคโรซีน (kerosene) หรือตัวทำละลายอื่นๆ เช่น ไซลีน (xylene) เป็นตัวทำละลายสารป้องกันกำจัดวัชพืช และมีสารอื่นๆ ที่เป็นของเหลวรวมทั้งสารจับผิวรวมอยู่ด้วย

อีมัลสิฟิเอเบิลเข้มข้น (emulsifiable concentrate หรือ E หรือ EC) สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ไม่ละลายน้ำจะอยู่ในรูปอีมัลสิฟิเอเบิลเข้มข้น (รูปที่สามารถเกิดเป็นอีมัลชัน(emulsion)) เพื่อให้สารกระจายตัวในน้ำอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง ซึ่งส่วนประกอบของรูปสารจะประกอบด้วยสารป้องกันกำจัดวัชพืช ตัวทำละลาย (ให้สารป้องกันกำจัดวัชพืชละลาย) สารอีมัลสิฟายเออร์ (emulsifier) หรืออีมัลสิฟายอิงเอเยนท์ (emulsifying agent) ซึ่งปกติเป็นสารจับผิวที่ไม่แตกตัว (nonionic surfactant) สารจับตัวที่เหมาะสมอาจใช้มากกว่า 1 ชนิด เพื่อช่วยให้สารป้องกันกำจัดวัชพืชทะลุผิวใบ นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติให้สารป้องกันกำจัดวัชพืชเกาะติดผิวใบได้ดี เช่น สารลดการเกิดโฟม น้ำมัน (เคโรซีน) ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น ไซลีน ปกติรูปอีมัลสิฟิเอเบิลเข้มข้น ใช้น้ำเป็นตัวพา หรืออาจใช้น้ำมัน หรือน้ำมันผสมน้ำเป็นตัวพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยูแอลวี (ULV หรือ ultra-low-volume) สารเคมีจะถูกพ่นจากเครื่องพ่นโดยแรงอัดอากาศผ่านรูพ่นกระจายออกมา เป็นฝอยละอองขนาดเล็กมาก

ผง (เปียก) แขวนลอยในน้ำ (wettable powder หรือ W หรือ WP) สารป้องกันกำจัดวัชพืชซึ่งละลายน้ำหรือน้ำมันหรือตัวทำละลายอื่นๆ ได้น้อย จะถูกทำให้อยู่ในรูปผงแขวนลอยได้น้ำ (wettable power หรือ water-dispersible powder) ซึ่งภายในผงจะประกอบด้วยสารป้องกันกำจัดวัชพืช (ถูกบดเป็นผงละเอียด) ส่วนผสมอื่นอาจจะเป็นแร่ดินเหนียวที่แขวนลอยได้ในน้ำ (hydrophilic) เบนโทไนท์ (bentonite) หรือ แอททาพัลไจท์ (attapulgite) ที่บดเป็นผงละเอียด และสารจับผิวชนิดต่างๆ หลายชนิด ปกติจะมีสารออกฤทธิ์อยู่ประมาณ 50-80 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักที่เหลือจะเป็นดินเหนียวและสารจับผิว สารจับผิวที่ใช้กับสารรูปผงแขวนลอยในน้ำนี้จะเป็นของแข็งซึ่งจะไม่ตกตะกอนเมื่อผสมน้ำ และเป็นตัวทำให้สารป้องกันกำจัดวัชพืชกระจายตัวในน้ำอย่างสม่ำเสมอและไม่ตกตะกอน นอกจากนี้ยังทำให้สารป้องกันกำจัดวัชพืชสามารถเปียกผิวใบได้มากขึ้นกระจายตัวทั่วผิวใบ ยึดติดผิวใบและทะลุผ่านผิวใบได้มากขึ้น เมื่อนำสารนั้นมาใช้ทางใบ ปกติสารที่อยู่รูปนี้ใช้น้ำเป็นตัวพา เมื่อผสมน้ำสารจะแขวนลอยในน้ำ แต่ถ้าทิ้งไว้นานๆ อาจจะตกตะกอนได้ดังนั้นจึงต้องมีการเขย่าถังฉีดหลังการผสม เนื่องจากการตกตะกอนของสารป้องกันกำจัดวัชพืชเป็นเรื่องที่สำคัญจึงมีการป้องกันการตกตะกอนของสาร โดยผสมสาร โซเดียมลิกนินซัลเฟทหรือซัลไฟท์ (sodium lignin หรือ sulfate) เมทธิลเซลลูโลส (methylcellulose) อัลลูมินัมซิลิเกท (aluminum silicate) โพลีไวนิล แอสซีเทท (polyvynilacetate) และกรดแนฟธาลีนซัลโฟนิกฟอร์มัลดีฮายด์ (naphthalene sulfonic acid formaldehyde) สารเหล่านี้ไม่เปียกน้ำจึงต้องอาศัยสารจับผิวช่วย และสารจับผิวที่ใช้ในรูปสารแขวนลอยในน้ำปกติเป็นสารจับผิวที่ไม่แตกตัวและเป็นของแข็ง ซึ่งได้แก่โซเดียมลอริลซัลเฟท (sodium lauryl sulfate) โซเดียมไดอัลคิลซัลโฟซักซิเนท (sodium dialkylsulfosuccinate) อัลคิเลทิด แนฟธาลีน (alkylated naphthalene) และเบนซีนซัลโฟเนท (benzene sulfonate) ปกติผงละเอียดที่นำมาผสมจะมีความละเอียดเพียงพอที่จะผ่านรูตะแกรงขนาด 50 เมช (mesh) แต่ไม่ผ่านรูขนาด 100 เมช

โฟลเวเบิลเหลว (liquid flowable หรือ L หรือ LF) โฟลเวบิลเหลวเป็นสารที่อยู่ในรูปที่มีความหนืดสูง (ทำให้รินยาก) หรืออาจเรียกว่ามีลักษณะเหมือนครีมหรือแป้งเปียก ซึ่งเป็นผลจากการนำเอาสารรูปผงแขวนลอยมาผสมน้ำในปริมาณพอสมควร ดังนั้นเมื่อเก็บไว้นานๆ หรือเวลาขนส่งจึงมีโอกาสแยกน้ำ และสารที่แขวนลอยออกจากกัน โดยสารจะตกตะกอน ดังนั้นอาจจะต้องเขย่าขวดก่อนใช้ สารรูปโฟลเวเบิลเหลวนี้ใช้น้ำเป็นตัวพา

โฟลเวเบิลแห้ง (dry flowable หรือ DF) โฟลเวเบิลแห้งเป็นรูปของสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ เพื่อนำมาผสมน้ำก่อนฉีดพ่น สารจะกระจายตัวแขวนลอยจนทั่วน้ำเช่นเดียวกับรูปผงแขวนลอยในน้ำ ข้อที่ดีของโฟลเวเบิลแห้งคือใช้สะดวก เมื่ออยู่ในรูปเม็ดจะง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อการชั่งหรือตวง และไม่ปลิวเหมือนรูปผง เมื่อใช้ในสภาพไร่ที่มีลมแรง ปกติใช้นำเป็นตัวพาสารรูปโฟลเวเบิลแห้ง แต่สารบางชนิดอาจจะแนะนำให้ผสมกับปุ๋ยไนโตรเจนรูปน้ำ

เม็ดละลายน้ำ (water-soluble granules หรือ SG) สารรูปเม็ดละลายน้ำมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ เมื่อนำมาผสมน้ำสารจะละลายในน้ำทันที เช่นเดียวกับเกลือหรือน้ำตาลละลายน้ำโดยไม่ต้องเขย่าภาชนะที่ใช้ผสม

เม็ดแขวนลอยในน้ำ (water-dispersible granules หรือ DG หรือ WDG) สารรูปเม็ดแขวนลอยในน้ำก็มีลักษณะเช่นเดียวกับโฟลเวเบิลแห้ง สารออกฤทธิ์ถูกทำให้เป็นเม็ด เมื่อนำมาผสมน้ำสารจะแตกตัวแพร่กระจายไปทั่วน้ำ เช่นเดียวกันรูปผงแขวนลอยในน้ำ มีข้อดีคือใช้สะดวก

เพลเลทละลายน้ำ (water-soluble pellets หรือ SP) เพลเลทละลายน้ำ เป็นรูปของสารที่มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดใหญ่ เวลาใช้ไม่ต้องผสมน้ำ แต่ใช้หว่านไปบนผิวดินโดยตรง เมื่อฝนตกก็ทำให้เพลเลทนี้แตกตัว สารก็ถูกชะล้างลงไปในดิน

เม็ดเคลือบสาร (herbicide-coated granules/pellets) สารป้องกันกำจัดวัชพืชบางชนิดถูกนำมาทำเป็นรูปเม็ดขนาดเล็ก (granule) หรือขนาดใหญ่ (pellet) โดยเคลือบสารออกฤทธิ์ไว้โดยรอบวัสดุบางชนิด ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการเลือกทำลายและสะดวกในการใช้โดยอาจจะนำแร่ดินเหนียวเวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) หรือทรายมาเคลือบสาร ซึ่งจะมีสารออกฤทธิ์น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด สารรูปเม็ดเคลือบนี้ไม่ต้องใช้น้ำเป็นตัวพา ใช้หว่านไปที่ผิวดินโดยตรง

เม็ดที่มีน้ำหนักเบา (ultra low weight granules)

เม็ดที่ปลดปล่อยสารช้า (control-released granules/pellets) รูปเม็ดที่ปลดปล่อยสารช้ามีลักษณะเป็นเม็ดวัสดุเคลือบสารเมื่อนำไปใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชจะค่อยๆ ถูกปลดปล่อยลงสู่ดินหรือน้ำอย่างช้าๆ เพื่อให้ควบคุมวัชพืชได้ยาวนานขึ้น มีความปลอดภัยต่อพืชปลูกและสภาพแวดล้อม โดยสารจะไม่ถูกชะล้างลงสู่ดินชั้นล่างมากนัก และจะไม่ไหลบ่าออกจากผิวหน้าดิน ข้อเสียคือมีราคาแพง อย่างไรก็ตามงานวิจัยของเอฟเอโอ-ไอเออีเอ (FAO-IAEA) ได้ศึกษาวัสดุเพื่อนำสารคุมวัชพืชบิวทาคลอร์มาเคลือบ ผลปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยวัสดุที่นำบิวทาคลอร์มาเคลือบนั้นจะค่อยๆ ปลดปล่อยสารออกมา ทำให้สารอยู่ในน้ำระดับความเข้มข้นที่ไม่เป็นพิษต่อปลา แต่สารยังควบคุมวัชพืชในนาข้าวได้ตามปกติ จึงมีการแนะนำให้ใช้ในประเทศจีนและอินโดนีเซีย ซึ่งมีการเลี้ยงปลาในนาข้าว

สาร allelochemical ที่ถูกปลดปล่อยออกมานี้จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของสิ่งมีชีวิตหลายอย่าง (Rice. 1984) เช่น

1. ผลต่อเซลล์วิทยาและโครงสร้างของพืช (cytology and ultrastructure)

2. ผลต่อฮอร์โมนและสมดุลของฮอร์โมน (phytohormones and their balance)

3. ผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์และความสามารถในการซึมผ่าน (membrane and its permeability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลต่อการงอกของละอองเรณูหรือสปอร์ (germination of pollens or spores)

5. ผลต่อการดูดซับธาตุอาหาร (mineral uptake)

6. ผลต่อการเปิด-ปิดปากใบ (stomatal movement)

7. ผลต่อการสังเคราะห์รงควัตถุและการสังเคราะห์แสง (pigment synthesis and photosynthesis)

8. ผลต่อการหายใจ (respiration)

9. ผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis)

10. ผลต่อสังเคราะห์เล็กฮีโมโกลบินและการตรึงไนโตรเจน (leghaemoglobin synthesis and nitrogen fixation)

2.4 กลไกการทำลายพืชของสารอัลลีโลพาที

สารอัลลีโลพาทีจะทำลายพืชโดยการที่โมเลกุลของสารไปรบกวนขบวนการทางสรีรวิทยา (physiological processs) ของพืช ซึ่งรังสิต สุวรรณเขตนิคม (2547) ได้แบ่งไว้ดังนี้ คือ

2.4.1. การรบกวนการเจริญเติบโต (growth and development interference) ซึ่งสารอัลลีโลพาทีมีผลต่อการเจริญเติบโต คือ

2.4.1.1 ยับยั้งการแบ่งเซลล์ (mitotic poison) การแบ่งเซลล์เป็นกระบวนการที่ทำให้พืชเจริญเติบโต ซึ่งมีการกระตุ้นและถูกควบคุมโดยนิวเคลียสภายในเซลล์ เมื่อเกิดการแบ่งเซลล์ขึ้นเซลล์ลูกที่ได้จะมีลักษณะเหมือนเซลล์แม่เรียกว่า ไมโทซีส (mitosis) สารอัลลีโลพาทีหลายชนิดสามารถยับยั้งการแบ่งเซลล์โดยจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาดังนี้

1) การชะงักการแบ่งเซลล์ในขั้นโพรเมทาเฟส (prometaphase) จะมีคล้ายคลึงกับผลกระทบของโคซิซิน

2) ยับยั้งการทำงานของเส้นใยไมโครทูบูลส์ (spindle microtubules)

3) ยับยั้งการทำงานของแฟรกโมพลาส (phragmoplast) ไมโครทูบูลส์ ซึ่งสารที่ทำให้การแบ่งเซลล์ในระยะโพรเมทาเฟสหยุดชะงักลงนั้นแบ่งได้อีกสองกลุ่มคือ 1. กลุ่มที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการยับยั้ง กระบวนการโพลีเมอไรเซชั่นของไมโครทูบูลส์อย่างสมบูรณ์ 2. สารกลุ่มที่ทำให้คิเนโทคอร์ ของไมโครทิวบูลส์สั้นลง

4) ยับยั้งการทำงานของ spindle fiber ทำให้ nucleus ไม่สามารถแยกตัวได้ สารอัลลีโลพาทีหลายชนิดสามารถยับยั้งและขัดขวางการแบ่งเซลล์แบบ mitosis นี้ได้ ซึ่งเรียกสารพวกนี้ว่า mitotic poison เช่น การยับยั้งขั้นตอนการแบ่งเซลล์ในระยะ metaphase และ anaphase ซึ่งเป็นขั้นตอนการแบ่งโครโมโซมในเซลล์ หรือสารไปทำให้ไม่มีการสร้างผนังเซลล์ ในระยะ telophase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เซลล์วัชพืชมีนิวเคลียส 2 อัน ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้เซลล์ของวัชพืชเจริญผิดปกติ และทำให้ตายได้

2.4.1.2 กระตุ้นการเจริญเติบโต (growth regulation) สารอัลลีโลพาทีหลายชนิด มีคุณสมบัติเป็นฮอร์โมนพืช

2.4.1.3 ยับยั้งการสร้างคลอโรฟิลล์ (chlorophyll inhibitor) ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นแหล่งสร้างพลังงานให้กับพืช เมื่อการสร้างคลอโรฟิลล์ถูกยับยั้ง การเจริญเติบโตของพืชก็จะถูกยับยั้งด้วย

2.4.1.4 ยับยั้งไขของเซลล์พืช (cuticular wax) เป็นชั้นที่อยู่บนผิวใบของวัชพืช ทำหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียของน้ำออกจากใบพืช และป้องกันไม่ให้สารพิษเข้าสู่ใบพืชง่าย การที่ไขของเซลล์พืชถูกทำลายหรือมีปริมาณที่น้อยลงสามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตของวัชพืช และสามารถทำให้วัชพืชตายได้

2.4.1.5 การทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อเมมเบรน (permeable membrane) ผลของสารอัลลีโลพาทีที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ สารอัลลีโลพาทีนั้นมีผลกระทบต่อการทำงานหรือการทำหน้าที่ของเยื่อเมมเบรน สารที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเยื่อเมมเบรนโดยยอมให้สารบางชนิดซึมผ่านหรือเกิดการรั่วของเมมเบรนนั้น อาจมีความเป็นพิษต่อเซลล์พืชอย่างรุนแรงและอาจทำให้เซลล์พืชตายได้

2.4.1.6 การดูดซึมธาตุอาหารของพืช (mineral uptake) น้ำที่พืชดูดขึ้นมาใช้จะมีแร่ธาตุต่าง ๆ ปะปนอยู่ด้วย แต่เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์มักจะไม่ยอมให้ไอออนต่าง ๆ เคลื่อนที่ผ่านไปได้อย่างอิสระ ดังนั้นการลำเลียงแร่ธาตุต่าง ๆ จึงมีความซับซ้อนมากกว่าการลำเลียงน้ำ เมื่อพืชได้รับสารอัลลีโลพาที สารนั้นอาจไปรบกวนในขั้นตอนต่าง ๆ ของการลำเลียงธาตุอาหาร ทำให้พืชไม่ได้รับธาตุอาหารมากเท่าที่ต้องการ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้

2.4.1.7 การปิดเปิดของปากใบ การเปิดของปากใบขึ้นอยู่กับความเต่งของเซลล์คุม ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์คุม ซึ่งมีคลอโรพลาสต์อยู่ภายใน จะมีกระบวนการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น ทำให้ภายในเซลล์คุมมีระดับน้ำตาลสูงขึ้น น้ำจากเซลล์ใกล้เคียงจะเกิดการออสโมซิสผ่านเข้า เซลล์คุม ทำให้เซลล์คุมอยู่ในสภาพเต่ง ปากใบจึงเปิด ทำให้เกิดช่องว่างตรงกลางซึ่งพืชสามารถคายน้ำออกมาทางปากใบ และเมื่อระดับน้ำตาลลดลงเนื่องจากไม่มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง น้ำก็จะออสโมซิสออกจากเซลล์คุม หรือระดับที่พืช สูญเสียน้ำมาก จะทำให้เซลล์คุมมีลักษณะลีบลง ปากใบจึงปิด การปิดเปิดของปากใบพืชมีผลต่อการคายน้ำของพืช ปากใบจึง เปรียบเสมือนประตูควบคุมปริมาณน้ำภายในต้นพืช ซึ่งสารอัลลีโลพาทีอาจไปมีผลต่อการปิดเปิดของปากใบ

2.4.2 รบกวนขบวนการเมทาโบลิซึม (metabolic process interference) ซึ่งแบ่งได้เป็นลักษณะใหญ่ ๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1 ยับยั้งการสังเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้ายอิเล็คตรอน (photosynthetic inhibition and electron transport) กระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการในต้นพืชซึ่งพลังงานแสงถูกนำมาใช้ประโยชน์ โดยพลังงานแสงนั้นเป็นตัวกระตุ้นอิเล็คตรอนให้เคลื่อนย้ายจากโมเลกุลของสารชนิดหนึ่ง ไปสู่โมเลกุลของสารชนิดอื่นภายในต้นพืช สำหรับหน้าที่หลักของคลอโรพลาสต์ คือ การสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) การทำลายคลอโรฟิลล์ลักษณะอาการที่ปรากฏให้เห็นคือ วัชพืชจะมีลักษณะเหลืองซีด (chlorosis) และตายในที่สุด ตรวจสอบการยับยั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชทดสอบสามารถดำเนินการได้โดยการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ ในใบพืช เป็นลักษณะที่โมเลกุลของสารอัลลีโลพาทีไปขัดขวางหรือยับยั้งการถ่ายทอดประจุลบอิสระ (electron transfer) ใน photosystem I และ photosystem II ของขบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งอาจไปยับยั้ง hill reaction หรือปฏิกิริยาอื่น ๆ ในขบวนการก็ได้

2.4.2.2 การยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ และเอนไซม์เอชพีพีดี การยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ กลไกสารปฐมภูมิที่ทำให้พืชเปลี่ยนเป็นสีขาว คือการยับยั้งการสร้าง แคโรทีนอยด์ และการทำลายสารสี การยับยั้งเอนไซม์เอชพีพีดี ซึ่งเอนไซม์เอชพีพีดีเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยน พาราไฮดรอกซีเมทธิลไพรูเวท (*p*-hydroxemethyl pyruvate) ไปเป็นโฮโมเจนทิเสท (homogentisate) ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญ ที่นำไปสู่การสังเคราะห์พลาสโทควิโนนภายในต้นพืช การยับยั้งเอนไซม์เอชพีพีดี ในเนื้อเยื่อเจริญ เป็นผลให้ยอดอ่อนที่แตกมาใหม่มีสีขาวซีด ซึ่งเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ถูกยับยั้ง

2.4.2.3 ยับยั้งขบวนการสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis inhibition) เป็นลักษณะที่โมเลกุลของสารอัลลีโลพาทีไปยับยั้งกิจกรรมของเอ็นไซม์ DNase และ RNase ใน DNA ตามลำดับ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนในพืช

2.4.2.4 รบกวนกิจกรรมของน้ำย่อย (enzyme activity) เป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมปกติของน้ำย่อยต่าง ๆ ภายในพืช ทำให้ขบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ภายในพืชเปลี่ยนแปลงไป

2.4.2.5 การยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์เซลลูโลส

2.4.2.6 การยั้งกระบวนการขนส่งและเมทาบอลิซึมของกรดนิวคลีอิค สารอัลลีโลพาทีมีผลต่อการขนส่งธาตุอาหารและสารที่สังเคราะห์ได้ภายในต้นพืช รวมไปถึงเนื้อเยื่อท่อลำเลียง โดยเฉพาะโฟลเอมจะเจริญเติบโตผิดปกติแล้วเกิดการอุดตัน การขนส่งสารที่สังเคราะห์จากใบไม่สะดวก ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตและตายในที่สุด

2.4.2.7 การยับยั้งขบวนการหายใจ (respiration inhibition) เป็นลักษณะที่โมเลกุลของสารอัลลีโลพาทีไปขัดขวางขบวนการต่าง ๆ เช่น glycolysis ใน cytoplasm หรือ Kreb's cycle ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

mitochondria ทำให้เกิดการยับยั้งการ phosphorylation ขัดขวางการใช้พลังงานที่ปลดปล่อยจากขบวนการหายใจ (uncoupler)

2.4.2.8 การยับยั้งเอนไซม์โพรโทพอร์ไฟริเจนออกซิเดสเอนไซม์ มีการปลดปล่อยเอทิลีน อีเทน และผลสุดท้ายคลอโรพลาสก์จะเปลี่ยนเป็นสีขาว เนื่องจากโพรทอกซ์ เป็นเอนไซม์ที่ยึดติดกับเมมเบรนซึ่งก็คือซองของเม็ดสี ดังนั้นตำแหน่งของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาจึงอยู่ที่ซองของเม็ดสี

2.4.2.9 การยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ไขมันเอสซีโทแลกเททซินเธส

2.4.2.10 การยับยั้งวิถีกรดชิคิมิก และ โดยการยับยั้งส่วนใหญ่จะไปยับยั้งเอนไซม์ที่อยู่ในระหว่างวิถีของกรดชิคิมิ เช่นการยับยั้ง เอนไซม์ EPSPS ซึ่งจะทำให้กรดอะมิโน เช่น เฟนิลาลานีน ทริพโทเฟน และไทโรซีน ก็ไม่ถูกสร้างขึ้น

2.4.2.11 การยับยั้งเอนไซม์กลูทามีนซินเธเทส เมื่อพืชซึ่งได้รับสารอัลลีโลพาทีถูกโมเลกุลของสารเหล่านั้นทำลาย ก็จะแสดงผลอันเนื่องจากถูกทำลายในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น เกิดอาการใบเหลืองซีด ใบร่วง ลำต้น ราก หรือใบหงิกงอโค้งลง หรือโค้งขึ้น ใบหรือต้นตาย ใบหรือต้นแห้งตาย การเติบโตผิดปกติ หรือ การเกิดอาการผิดปกติอื่น ๆ

2.5 สารกำจัดวัชพืช

สารกำจัดวัชพืช (herbicides) หมายถึง สารเคมีชนิดใดก็ตามที่นำมาใช้เพื่อฆ่าทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช ไม่ว่าจะเป็นในขณะที่วัชพืชงอกขึ้นมาแล้ว หรือยังเป็นเมล็ดอยู่ตลอดจนชิ้นส่วนต่าง ๆ ของวัชพืชที่ขยายพันธุ์ได้ทั้งที่อยู่ในดินหรืออยู่บนดิน

สารกำจัดวัชพืชสามารถแบ่งออกเป็นประเภทหรือกลุ่ม โดยยึดหลักหรือเกณฑ์ต่าง ๆ (พรชัย เหลืองอาภาพงษ์. 2540) คือ

2.5.1 แบ่งตามขอบเขตของชนิดพืชที่ถูกควบคุม ตามเกณฑ์นี้จะสามารถแบ่งสารกำจัดวัชพืชออกได้ 2 ประเภท คือ

2.5.1.1 ประเภทเลือกทำลาย (selective herbicides) หมายถึง สารเคมีที่มีผลในการควบคุมพืชบางชนิด แต่ไม่มีผลหรือมีผลน้อยกับพืชอีกบางชนิด สารกำจัดวัชพืชที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นสารประเภทเลือกทำลายคือ สามารถควบคุมกำจัดวัชพืช แต่ไม่เป็นอันตรายหรือเป็นอันตรายเพียงเล็กน้อยต่อพืชปลูก โดยมีทั้งแบบเลือกทำลายใบแคบ และแบบเลือกทำลายใบกว้าง

2.5.1.2 ประเภทไม่เลือกทำลาย (non - selective herbicides) หมายถึง สารเคมีที่มีผลในการควบคุมกำจัดหรือเป็นอันตรายกับพืชทุกชนิดที่รับสารประเภทนี้เข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148273

2.5.2 แบ่งตามลักษณะการใช้กับพืช ตามเกณฑ์นี้จะสามารถแบ่งสารกำจัดวัชพืชออกได้ 2 ประเภท คือ

2.5.2.1 ประเภทใช้ทางใบ (foliar application) หมายถึง สารกำจัดวัชพืชที่เข้าสู่พืชทางใบ หรือยอดอ่อน ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้อีก คือ

1) ประเภทสัมผัสหรือถูกตาย (contact herbicides) หมายถึง สารประเภทที่สามารถทำลายพืชได้เฉพาะส่วนที่สารไปสัมผัสเท่านั้น ไม่มีการเคลื่อนย้ายของสารไปสู่ส่วนอื่น ๆ ของพืช

2) ประเภทดูดซึม (systemic หรือ translocated herbicides) หมายถึง สารที่เมื่อเข้าสู่พืชแล้วสามารถเคลื่อนย้ายไปสู่ส่วนอื่นของพืชได้ โดยจะเคลื่อนย้ายไปตามท่ออาหาร (phloem) เป็นส่วนใหญ่ และจะแสดงผลในการทำลายในจุดต่าง ๆ ที่สารประเภทนี้เคลื่อนย้ายไปถึง

2.5.2.2 ประเภทใช้ทางดิน (soil application) หมายถึง สารกำจัดวัชพืชที่เข้าสู่พืชทางรากหรือส่วนอื่น ๆ ของพืชที่อยู่ใต้ดิน ซึ่งรวมถึงใบเลี้ยงหรือยอดอ่อนก่อนจะโผล่พ้นพื้นผิวดินด้วย มีผลทำให้ส่วนขยายพันธุ์ของพืช ซึ่งเริ่มจะงอกหรือกำลังงอกได้รับอันตราย สารกำจัดวัชพืชประเภทใช้ทางดินมักจะมีผลตกค้างในดิน (residue) สารบางชนิดอยู่ในดินได้นานเป็นปี ขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของสาร และสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นและชนิดของดิน

2.5.3 แบ่งตามกลุ่มทางเคมี

2.5.3.1 ประเภทสารอนินทรีย์ (inorganic herbicides) เช่น ammonium sulfamate (ams), copper sulfate, calcium cyanamide, copper chelate, sodium chlorate และ hexaflurate เป็นต้น มีผลต่อพืชในลักษณะทำลายเซลล์พืชเป็นส่วนใหญ่

2.5.3.2 ประเภทสารอินทรีย์ (organic herbicides) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามโครงสร้างหลักขององค์ประกอบทางชีวเคมี คือ aliphatic, amides, benzoics, bipyridiliums, carbamates, dinitroanilines, nitriles, diphenyl ethers, phenoxys, thiocarbamate, triazines, ureas, uracils และสารชนิดอื่น ๆ ที่การจัดกลุ่มยังไม่ชัดเจน

2.5.4 แบ่งตามช่วงเวลาการใช้ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะคือ

2.5.4.1 สารที่ใช้แบบก่อนปลูก (pre - planting herbicide) หรือสารที่ใช้ทางดิน (soil applied herbicide) หมายถึงสารที่ใช้ฉีดพ่นไปที่ผิวดินก่อนที่เมล็ดพืชปลูกและวัชพืชจะงอก

2.5.4.2 สารที่ใช้แบบก่อนงอก (pre - emergence herbicide) จะใช้หลังปลูกพืช แต่ก่อนวัชพืชงอก สารเหล่านี้จะเข้าทำลายวัชพืชทางราก หรือยอดอ่อนใต้ดินที่กำลังงอก แต่สารไม่สามารถเข้าสู่ต้นพืชทางใบ และจำแนกได้เป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามกลไกการทำลายของพืช และโครงสร้างทางเคมี แม้ว่าสารบางชนิดจะแนะนำให้ใช้ทางดิน แต่เมื่อนำไปฉีดพ่นทางใบ อาจจะมีผลกระทบต่อวัชพืชหรือพืชปลูกเพียงเล็กน้อย เช่น ใบเหลือง หรือไหม้แต่ไม่ตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.3 สารที่ใช้แบบหลังงอก (post - emergence herbicide) หรือสารที่ใช้ทางใบ (foliar applied herbicides) หมายถึง สารที่ใช้ฉีดพ่นเมื่อวัชพืชงอกขึ้นมาแล้วหรือใช้ฉีดพ่นไปที่ใบวัชพืช สารเหล่านี้จะเข้าสู่ต้นพืชได้ทั้งทางใบ และส่วนอื่น ๆ เช่น ยอดอ่อน หรือกิ่งอ่อน ที่อยู่เหนือดิน แต่ในทางปฏิบัติสารส่วนใหญ่จะไม่เข้าสู่ราก หรือยอดอ่อนของต้นกล้าวัชพืชที่อยู่ใต้ดิน ทั้งนี้เพราะสารจะถูกดูดยึดไว้กับเม็ดดินหรือสารอาจเคลื่อนย้ายลงไปในดินระดับลึกอย่างรวดเร็ว ราก หรือต้นกล้าวัชพืชจึงไม่สามารถดูดเอาสารไว้ได้ อย่างไรก็ตามสารบางกลุ่มที่ใช้ทางใบแต่มีผลทางดิน เช่นสารที่อยู่ในกลุ่มเป็นฮอร์โมนพืช ซึ่งจะถูกชะล้างไปในดินจนเป็นพิษต่อพืชยืนต้นที่มีรากลึกได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระมัดระวังเมื่อใช้สารกลุ่มดังกล่าว นอกจากนี้สารที่ใช้ทางใบบางกลุ่มจะมีผลทางดินเมื่อใช้ในอัตราที่สูงก็จะควบคุมการงอกของเมล็ดวัชพืชได้ และเป็นพิษต่อพืชปลูกวงศ์หญ้าด้วย

2.6 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radical) คืออะตอม หรือสารประกอบที่มีอิเล็คตรอนเดี่ยวอยู่ในออร์บิทัลวงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูง รวมถึงอะตอมของไฮโดรเจนและอิออนของโลหะทรานซิชันส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังรวมถึงโมเลกุลของออกซิเจน ซึ่งนับว่าเป็นอนุมูล เพราะมีอิเล็คตรอนจำนวน 2 อิเล็คตรอน แต่ละอิเล็คตรอนจะแยกกันอยู่เป็นอิเล็คตรอนเดี่ยวในแต่ละออร์บิทัล ทั้งนี้การหมุนรอบตัวของอิเล็คตรอนทั้งสองจะเป็นแบบคู่ขนานในทิศทางเดียวกัน อนุมูลอิสระมีทั้งอยู่ในสภาวะเป็นกลางทางไฟฟ้า และอนุมูลในสภาวะที่มีประจุไฟฟ้า โดยมีทั้งประจุบวกและประจุลบ สัญลักษณ์ทางเคมีของอนุมูลอิสระ คือ อิเล็คตรอนเดี่ยวของอนุมูลซึ่งจะแสดงด้วยจุดในตำแหน่งข้างบนของสัญลักษณ์ทางเคมี เช่น $A^{\cdot}$ อนุมูล $A^{-\cdot}$ และ อนุมูล $A^{+\cdot}$ โดยเฉพาะอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จะไวต่อการเกิดปฏิกิริยามากกว่าอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุล เนื่องจากอิเล็คตรอนเดี่ยวจะไม่เสถียรและพยายามจับคู่กับอิเล็คตรอนเดี่ยวอื่น ดังนั้นอนุมูลอิสระจึงมีคุณสมบัติเฉพาะ คือ มีความไวสูงในการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ อย่างไรก็ตามยังคงมีอนุมูลอิสระบางชนิดที่มีความเสถียร ไม่ไวในการเกิดปฏิกิริยา สามารถคงอยู่ในสภาพอนุมูลได้นาน อนุมูลที่มีความเสถียรมีจำนวนน้อยชนิดมาก (โอภา วัชระคุปต์ และคณะ. 2549)

ตัวอย่างของอนุมูลที่มีความสำคัญในทางชีวภาพ ได้แก่ อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออน ($O_2^{\cdot}$) อนุมูลไฮดรอกซี ($^{\cdot}OH$) อนุมูลอัลคอกซี ($RO^{\cdot}$) และอนุมูลเปอร์ไฮดรอกซี ($HO_2^{\cdot}$) อนุมูลอิสระเหล่านี้จัดเป็นอนุมูลที่ไวในการเกิดปฏิกิริยาสูงมาก และขณะที่ไนตริกออกไซด์ (NO) หรือ อนุมูลไนตริกออกไซด์ ($^{\cdot}NO$) อนุมูลวิตามินอี และอนุมูลวิตามินซี เป็นอนุมูลอิสระที่มีความไวสูงรองลงมา การเกิด อนุมูลอิสระมีได้หลายกลไกที่แตกต่างกัน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การแตกของพันธะโควาเลนท์แบบโฮโมไลซีส

$$A : B \longrightarrow A^{\cdot} + B^{\cdot}$$

2.6.2 การเพิ่มอิเล็กตรอน 1 ตัวให้แก่อะตอมที่เป็นกลาง (ทางไฟฟ้า)

$$A + e^{-} \longrightarrow A^{\cdot -}$$

2.6.3 การสูญเสียอิเล็กตรอน 1 ตัวจากอะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า

$$A \longrightarrow A^{+\cdot} + e^{-}$$

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำลายสารชีวโมเลกุลภายในเซลล์ และทำให้เกิดโรคต่างๆ ตามมา อนุมูลที่สำคัญ ได้แก่ superoxide radical, hydroxyl radical และสารอัลดีไฮด์ต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) เป็นต้นจึงมีการคิดวิธีสังเคราะห์อนุมูลอิสระเหล่านี้ในหลอดทดลอง และทดสอบความสามารถของสารในการยับยั้งอนุมูลอิสระเหล่านี้ (พรทิพย์ วิรัชวงศ์. 2550)

สารต้านการเกิดออกซิเดชันคือสารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับเหล็ก (Fe^{2+}) ป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ เป็นต้น ปกติร่างกายคนเรานั้นจะมีสารต้านการเกิดออกซิเดชันตามธรรมชาติหลากหลายชนิดทั้งที่เป็นเอนไซม์ เช่น superoxide dismutase, catalase และ glutathione peroxidase เป็นต้น และสารต้านการเกิดออกซิเดชันที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น urate, bilirubin และ transferring เป็นต้น เนื่องจากสารเหล่านี้มีจำนวนจำกัด ดังนั้นเมื่อใดก็ตามที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นเกินกว่ากำจัดได้หมด อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ ดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้พวกวิตามินบางชนิด เช่น เบตาแคโรทีน (β-carotene) วิตามินซี (vitamin C) วิตามินอี (vitamin E) รวมทั้งสารประกอบกลุ่ม polyphenols ต่างๆ ซึ่งมีรายงานพบมากในพืช ผัก ผลไม้ ทั่วไปยังจัดเป็นสารออกฤทธิ์ต้านการเกิดออกซิเดชันจากแหล่งธรรมชาติที่ดีที่สุดอีกหนึ่งกลุ่มสารต้านการเกิดออกซิเดชันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการออกฤทธิ์ คือ

1. สารต้านการเกิดออกซิเดชันปฐมภูมิ

เป็นสารที่หยุดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระโดยการให้อนุมูลไฮโดรเจน ($H^{\cdot}$) หรืออิเล็คตรอน แก่อนุมูลโดยตรงเป็นผลให้อนุมูลนั้นกลายเป็นสารที่มีความเสถียรขึ้นสารออกฤทธิ์ในลักษณะดังกล่าวได้แก่ สารประกอบกลุ่ม phenolic เช่น flavonoids, eugenol และ vanillin เป็นต้น มีรายงานว่าสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้จะทำหน้าที่ได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นต่ำๆ แต่เมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้นอาจกลายเป็นสารเสริมฤทธิ์ออกซิเดชันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารต้านการเกิดออกซิเดชันทุติยภูมิ

สารต้านการเกิดออกซิเดชันประเภทนี้ไม่ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระแต่จะช่วยการทำงานของสารต้านการเกิดออกซิเดชันปฐมภูมิในลักษณะต่างๆ เช่น จับกับ Fe^{2+} ดักจับออกซิเจน ดูดซับรังสียูวีไว้ เป็นต้น

2.7 กลไกการทำงานของสารต้านการเกิดออกซิเดชัน

สารต้านการเกิดออกซิเดชันมีกลไกการทำงานแบ่งได้เป็น 6 แบบใหญ่ๆคือ

2.7.1 ดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging)

โดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระ (สมการที่ 1-4)

$$R^{\cdot} + AH \longrightarrow RH + A^{\cdot} \quad (1)$$

$$RO^{\cdot} + AH \longrightarrow ROH + A^{\cdot} \quad (2)$$

$$R^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow RA \quad (3)$$

$$RO^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow ROA \quad (4)$$

2.7.2 ยับยั้งการทำงานของ singlet oxygen (singlet oxygen quenching)

สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) สามารถยับยั้งการทำงานของ singlet oxygen โดยการเปลี่ยน singlet oxygen ($^1O_2^*$) ให้อยู่ในรูป triplet oxygen ($^3O_2$) (สมการที่ 5) และปล่อยพลังงานที่ได้รับออกไปในรูปความร้อน (สมการที่ 6) โดยที่แคโรทีนอยด์ (Car) 1 โมเลกุลสามารถทำปฏิกิริยากับ singlet oxygen ได้ถึง 10,000 โมเลกุล

$$^1O_2^* + {}^1Car \longrightarrow {}^3O_2 + {}^3Car^* \quad (5)$$

$$^3Car^* \longrightarrow {}^1Car + \text{thermal energy} \quad (6)$$

2.7.3 จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation)

สารที่สามารถจับโลหะที่สำคัญเหล่านี้คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} ได้แก่ flavonoids, phosphoric acid และ citric acid เป็นต้น

2.7.4 หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking)

วิตามินอีสามารถป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid-auto oxidation) โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็คตรอน (electron-acceptor) จากอนุมูล peroxyl ($ROO^{\cdot}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 เสริมฤทธิ์

สารชนิดนี้จะช่วยสนับสนุนให้สารต้านการเกิดออกซิเดชันทำงานได้ดีขึ้น

2.7.6 ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (enzyme inhibition)

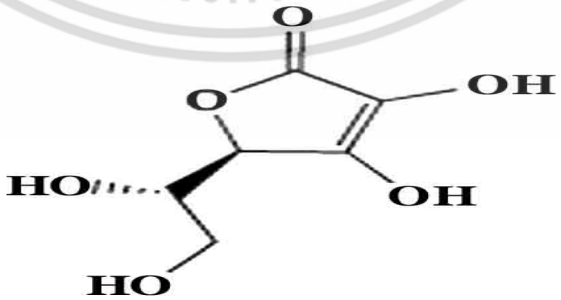
สารประกอบ phenolic บางชนิด เช่น flavonoids, phosphoric acid และ gallates สามารถยับยั้ง lipoxygenase โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ (co-factor) มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว

2.8 ตัวอย่างสารต้านออกซิเดชันบางชนิด

2.8.1 วิตามินเอ ในธรรมชาติวิตามินเอจะพบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น แต่ในพืชจะมีสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ จัดเป็น precursor ของวิตามินเอ เรียกว่า โปรวิตามินเอ มักพบในพืชผักใบเขียว ผักและผลไม้ที่มีสีเหลือง หรือสีส้มแดง (Packer et al. 1999)

2.8.2 วิตามินซี มีชื่อทางเคมีว่า กรดแอสคอร์บิค (ascorbic acid) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ จะสลายตัวเมื่อถูกความร้อนหรือทิ้งไว้ในอากาศที่มีความชื้น (ภาพที่ 2.2) วิตามินซีมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูล hydroxyl และอนุมูล peroxyl (Basu et al. 1999) นอกจากวิตามินซีสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสริมประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชัน ของวิตามินอีด้วย โดยทำให้อนุมูล α-tocopherol˙ (TO˙) เปลี่ยนกลับไปเป็น α-tocopherol (TOH) ดังเดิม ดังสมการ (Cadenas and Packer. 1996)

$$TO^{\cdot} + AH^{-} \longrightarrow TOH + A^{\cdot} \qquad (7)$$



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของ Ascorbic acid (วิตามินซี)

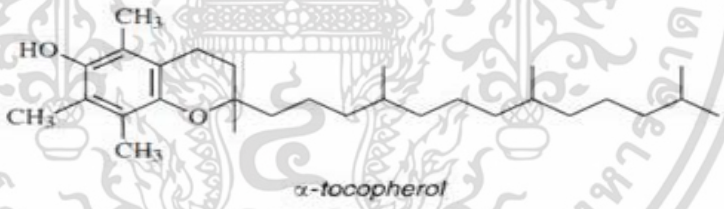
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 วิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมันเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ โดยวิตามินอีทำงานร่วมกับสารต้านออกซิเดชัน ตัวอื่นๆ เช่น วิตามินซีและซิลิเนียมเป็นต้น วิตามินอีช่วยปรับให้ร่างกายสามารถนำเอาวิตามินเอมาใช้ ซึ่งจะช่วยในการป้องกันสารที่เป็นพิษที่มีผลมาจากโลหะ เช่น ตะกั่ว ในธรรมชาติมีวิตามินอีอยู่หลายชนิด ปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ โทโคฟีรอล และ โทโคไทอินอล แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อยๆ อีก 4 ชนิด ได้แก่ อัลฟ่า (α-) เบต้า (β-) แกมม่า (γ-) และเดลต้า (δ-) วิตามินอีทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูล Peroxyl ดังสมการ

$$\alpha\text{- tocopherol} + LOO^{\cdot} \longrightarrow \alpha\text{- tocopherol}^{\cdot} + LOOH \qquad (8)$$

อนุมูล α- tocopherol• (ภาพที่ 2.3) ที่เกิดขึ้น สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูล peroxyl ตัวอื่นทำให้ได้สารที่มีความเสถียร (LOO-α- tocopherol) ดังสมการ เป็นผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันหยุดลง(Basu et al. 1999)

$$\alpha\text{- tocopherol}^{\cdot} + LOO^{\cdot} \longrightarrow LOO\text{-}\alpha\text{- tocopherol} \qquad (9)$$



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของ Tocopherol (วิตามินอี)

2.8.4 ซิลิเนียม ทองแดง และสังกะสี เป็นสารต้านออกซิเดชันทางอ้อม เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน มีการศึกษาวิจัยที่แสดงว่าการใช้ซิลิเนียม และวิตามินอีร่วมกันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการป้องกันการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด ซึ่งพบได้ในอาหารตามธรรมชาติ เนื่องจากสารต้านออกซิเดชันมีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวขับไล่อนุมูลอิสระจับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยหน้าที่ต่างๆเหล่านี้ จึงทำให้มีผลต่อการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ และทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร หรือเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกต่อไป หรือเป็นสารที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ (non-radical product) (Basu et al. 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.5 แคโรทีนอยด์ แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในธรรมชาติ จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในคลอโรพลาสต์ของพืช และพบมากในผักและผลไม้สุก (Tomas-Barberan and Robins. 1997) โครงสร้างพื้นฐานของแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่เรียกว่า tetraterpene skeleton ซึ่งอาจมีวงแหวนที่บริเวณปลาด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านของโมเลกุล วงแหวนนี้อาจเป็นวงแหวนห้าหรือหกเหลี่ยมก็ได้แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามองค์ประกอบของโครงสร้างในโมเลกุลดังนี้ (Packer et al. 1999)

2.8.6 แคโรทีน (carotene) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น เช่น เบต้า-แคโรทีน (β-carotene) อัลฟ่า-แคโรทีน (α-carotene) แกมม่า-แคโรทีน (γ-carotene) ไลโคปีน (lycopene) เป็นต้น และซึ่ง เบต้า-แคโรทีน เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ การเปลี่ยนรูปจากเบต้า-แคโรทีนไปเป็นวิตามินเอโดยการแตกพันธะคู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของโมเลกุล โดยเอนไซม์ carotene deoxygenase

เมื่อเบต้า-แคโรทีน สามารถดักจับอนุมูลอิสระเข้าไว้ในโมเลกุลแล้ว โมเลกุลของเบต้า-แคโรทีนจะอยู่ในลักษณะที่มีความเสถียร

2.8.7 ออกโซแคโรทีนอยด์ (oxocarotenoid) หรือ แซนโทฟิล (xanthophyll) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลบริเวณวงแหวนประกอบด้วยกลุ่มอื่นนอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจน เช่นเบต้า-คริบโทแซนทิน (β-cryptoxanthin) และลูทีน (lutein) (Packer et al. 1999)

2.8.8 สารประกอบฟีโนลิก (phenolic compounds) สารประกอบฟีโนลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่หรือมากกว่านั้น สามารถละลายน้ำได้ ที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycosides) และพบได้ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ (cell vacuole) สารประกอบ ฟีโนลิกที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด มีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบจะเป็นสารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoids) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่างๆ เช่น simple monocyclic phenol, phenyl propanoid, phenolic quinine และ polyphenolic ซึ่งได้แก่พวก lignin, tannin เป็นต้น รวมทั้งยังพบว่ามีสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล (phenolic unit) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนอัลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น (อัญชนา เจนวิถีสุข. 2544)

พบว่าสารประกอบฟีโนลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีโนลิก และ แทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีโนลิกทำหน้าที่เป็นตัวขับไล่อนุมูลอิสระที่สำคัญคืออนุมูล peroxyl (Packer et al. 1999) โดยมีกลไก 2 แบบคือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับสารออกซิไดซ์ สารประกอบฟีโนลิกจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขั้นตอนพลอพาเกชันได้ นอกจากนี้สารประกอบฟีโนลิกบางชนิดยังทำหน้าที่เป็นสารคีเลต ดักจับไอออนของโลหะเข้าไว้ในโมเลกุล เช่น เคอร์ซิทิน (quercetin) สารประกอบฟีโนลิกยังทำหน้าที่ทั้งเป็นสารให้อิเล็กตรอน หรือเป็นตัวให้ไฮโดรเจน และกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอคทีฟ ด้วยหน้าที่ต่างๆ ดังกล่าวจึงทำให้สารประกอบฟีโนลิกเป็นสารต้านออกซิเดชัน ที่สำคัญชนิดหนึ่งในพืชทั่วไป (Rice-Evans and Miller. 1996)

2.9 วิธีการวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ 7 วิธี ได้แก่

2.9.1 วิธี Scavenging activity of ABTS radical (Re et al. 1999) วิธีนี้เป็นวิธีวัดทางอ้อมโดยใช้สาร 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) หรือ ABTS มีสูตรโมเลกุล $C_{18}H_{18}N_4O_6S_4$ มาทำให้เป็นอนุมูลอิสระโดยการถูกออกซิไดซ์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ให้กลายเป็น $ABTS^{+\bullet}$ ซึ่งเป็นอนุมูลที่มีสีฟ้า-เขียว มี λ_{max} ที่ 660, 734 และ 820 nm แต่จะนิยมวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 nm โดยปรับค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้น $ABTS^{+\bullet}$ ให้เป็น 0.700±0.02 เมื่อเติมสารทดสอบที่มีกิจกรรมต้านออกซิเดชัน จะทำให้ $ABTS^{+\bullet}$ ลดลง ซึ่งทำให้สีจางลงและสามารถนำไปคำนวณเป็น % inhibition ได้ตามสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{734 \text{ control}} - A_{734 \text{ test sample}}) / A_{734 \text{ control}}] \times 100 \qquad (10)$$

ผลการวิเคราะห์จะคำนวณเป็นค่าที่สัมพันธ์กับสารต้านออกซิเดชันมาตรฐาน Trolox จึงมีชื่อว่า Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC)

ข้อดีของวิธีนี้ คือ ทำได้ง่าย อนุมูล $ABTS^{+\bullet}$ จะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับสารต้านออกซิเดชันอนุมูล $ABTS^{+\bullet}$ ละลายได้ทั้งในน้ำและสารทำละลายอินทรีย์ จึงทำให้ศึกษาได้ทั้งในสารที่ละลายในน้ำหรือละลายในไขมัน ส่วนข้อเสียของวิธีนี้ คือ ABTS ไม่เป็นสารตามธรรมชาติที่ก่อให้เกิดอนุมูลในเซลล์

$$\underset{\lambda_{max\,734\,nm}}{ABTS^{+\bullet}} \xrightarrow{+\text{ antioxidant}} \underset{\text{colourless}}{ABTS} \qquad (11)$$

2.9.2 วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical (Hou et al. 2001) อนุมูล $DPPH^{\bullet}$ เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วง อยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้ว โดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูลเหมือนกับกรณีอนุมูล $ABTS^{+\bullet}$ การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถของสารทดสอบในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำจัดอนุมูลอิสระ โดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอม การวัดทำโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) วัดการลดลงของสี เมื่อเติมสารต้านออกซิเดชันลงไป โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

DPPH radical ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง (scavenging activity) สารละลายของ DPPH$^{\cdot}$ มีสีม่วงในเอทานอล และเมื่อได้รับ H จะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลือง ตามสมการดังนี้ (Blois, 1958)

$$\underset{\text{สีม่วง}}{DPPH^{\cdot}} + \underset{\text{ตัวอย่างทดสอบ}}{RH} \longrightarrow \underset{\text{สีเหลือง}}{DPPH\text{-}H} + R^{\cdot} \qquad (12)$$

ค่าที่วัดได้จะแสดงความสามารถในการสารต้านออกซิเดชันออกมาในค่า % inhibition ตามสมการดังนี้

$$\% \text{ inhibition} = [(A_{517 \text{ control}} - A_{517 \text{ test sample}})/ A_{517 \text{ control}})] \times 100 \qquad (13)$$

ข้อดีของวิธีนี้คือ ทำได้ง่าย นิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ

ข้อเสียของวิธีนี้คือ อนุมูล DPPH$^{\cdot}$ มีความคงตัวไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้

2.9.3 วิธี Hydroxyl (OH) radical scavenging activity (Ohkawa et al. 1979) Hydroxyl radical (OH$^{\cdot}$) เป็นอนุมูลอิสระที่ว่องไว สามารถจู่โจมชีวโมเลกุลที่สำคัญในร่างกายโดยการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างต่อเนื่อง (Spencer et al. 1994) สิ่งมีชีวิตสามารถสร้าง OH$^{\cdot}$ radical โดย 2 กลไก ได้แก่

2.9.3.1 ปฏิกิริยาของไอออนโลหะทรานซิชันกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) แม้ว่าเกลือของโลหะทรานซิชันทั่วไปทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 ได้ OH$^{\cdot}$ แต่ในร่างกายนั้น เป็นไปได้ว่าเกิดจากเหล็ก Fe^{2+} ทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 ได้ OH$^{\cdot}$ โดยเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Fenton reaction ดังสมการ

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{2+} + OH^{\cdot} + OH^{-} \text{ (Fenton reaction)} \qquad (14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3.2 การแตกตัวของน้ำ เนื่องจากการถูกแสงหรือรังสี ดังสมการ

$$H_2O + h\nu \longrightarrow H_2O^{+\bullet} + e^- \quad (15)$$

$$H_2O^{+\bullet} + H_2O \longrightarrow OH^{\bullet} + H_3O^+ \quad (16)$$

ในการศึกษาความสามารถในการยับยั้ง $OH^{\bullet}$ radical ของสารตัวอย่าง ต้องทำการสังเคราะห์ Hydroxyl radical ($OH^{\bullet}$) จากน้ำตาล deoxyribose โดยปฏิกิริยา fenton reaction model system เมื่อเติมสาร thiobarbituric acid (TBA) และ trichloroacetic acid จะเกิดเป็นสีชมพู เมื่อเติมสารที่ต้องการทดสอบที่มีความสามารถในการยับยั้ง $OH^{\bullet}$ radical ลงไป จะทำให้สีชมพูของสารละลายจางลง โดยสามารถตรวจสอบได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 nm (Mathew and Abraham. 2006) จากนั้นนำไปคำนวณเป็น % inhibition ได้ตามสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{532 \text{ control}} - A_{532 \text{ test sample}}) / A_{532 \text{ control}}] \times 100 \quad (17)$$

2.9.4 วิธี Lipid peroxidation in liver homogenates (Halliwell et al. 1987) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบลูกโซ่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว อนุมูลอิสระเพียง 1 อนุมูลสามารถทำให้เกิดลิปิดเปอร์ออกไซด์ เป็นจำนวนหลายร้อยโมเลกุลก่อนที่จะสิ้นสุดปฏิกิริยา เนื่องจากปฏิกิริยา lipid peroxidation สามารถเกิดได้ง่ายกับเยื่อหุ้มเซลล์ ที่ประกอบด้วยลิปิด 2 ชั้นการเกิดลิปิดออกซิเดชันกับลิปิดในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ มีคุณสมบัติที่เปลี่ยนไป ยังส่งผลกระทบต่อเอนไซม์และรีเซพเตอร์ที่ฝังตัวอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เอนไซม์และรีเซพเตอร์มีการทำงานที่เสียไปเป็นสาเหตุในเกิดโรคต่างๆได้อีกด้วย ผลผลิตที่เกิดขึ้นมาจาก lipid peroxidation ได้แก่ สารไฮโดรคาร์บอน เช่น อีเทน อีทีน และเพนเทน รวมถึง สารคีโตน และสารอัลดีไฮด์ เป็นต้น ซึ่งสารอัลดีไฮด์ที่มีความสำคัญ คือ มาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) lipid peroxidation เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ปฏิกิริยาเริ่มต้นของการเกิดโซ่ ปฏิกิริยาการทวีเพิ่มขึ้น และการสิ้นสุดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาลูกโซ่เริ่มต้นด้วยการมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้น และอนุมูลอิสระนี้เข้าทำปฏิกิริยากับลิปิดและทำให้เกิดอนุมูลลิปิด ($L^{\bullet}$ หรือ $R^{\bullet}$)

วิธีนี้เป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้ง Lipid peroxidation ของสารสกัดทดสอบ โดยใช้ตับหนูมาทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แล้วทำให้เกิดผลผลิตจากปฏิกิริยา lipid peroxidation ได้เป็นสารมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) จากนั้นเติมกรดไทโอบาร์บิทูริกในสภาวะกรดสาร MDA จะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริก ได้เป็นสารมีสีเรียกว่า TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) เมื่อเติมสารสกัดทดสอบที่มีความสามารถในการยับยั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

lipid peroxidation ลงไป จะทำให้สารสีจางลง จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 nm (โอภา วัชระคุปต์ และคณะ. 2549)

ข้อดีของวิธีการนี้ คือ ทำการศึกษาง่าย สะดวก ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง แต่มีข้อเสีย คือต้องใช้สิ่งมีชีวิตในการทำการทดลอง ทำให้ลดความนิยมลงเมื่อได้ค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำไปคำนวณหา % inhibition ตามสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{532 \text{ control}} - A_{532 \text{ test sample}}) / A_{532 \text{ control}}] \times 100 \quad (18)$$

2.9.5 วิธี Metal chelating activity (Dinis et al. 1994) การวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการหาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารที่ต้องการทดสอบ เพราะโลหะไอออนเป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระต่างๆ มากมายหลายชนิด โดยเฉพาะธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัส หรือ Fe^{2+} จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นสารอนุมูล superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระตัวเริ่มต้นที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระตัวอื่นๆต่อไป ดังนั้นวิธีการวัดความสามารถในการแย่งจับโลหะ Fe^{2+} ของสารที่ต้องการทดสอบนั้น อาศัยจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 562 nm ที่มีค่าลดลง โดยเมื่อเติมสาร Ferrozine ลงไป สารนี้จะไปจับกับ Fe^{2+} แล้วอยู่ในรูป Ferrozine - Fe^{2+}complex ซึ่งจะให้สีแดง และถ้าสารที่ต้องการทดสอบมีความสามารถในการแย่งจับกับ Fe^{2+} จะอยู่ในรูป antioxidant – Fe^{2+} complex แล้วจะทำให้สีแดงของ Ferrozine – Fe^{2+}complex จางลงได้เมื่อได้ค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำไปคำนวณหา % inhibition ตามสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{562 \text{ control}} - A_{562 \text{ test sample}}) / A_{562 \text{ control}}] \times 100 \quad (19)$$

2.9.6 วิธี Superoxide radical scavenging (Nikishimi et al. 1972) superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$) เป็นอนุมูลเริ่มแรกที่เกิดขึ้นในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตและเป็นตัวเริ่มต้นที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระตัวอื่นๆอีกมากมายจากการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ นอกจากจะทำให้อนุมูลอิสระมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นแล้ว ฤทธิ์และความแรงของอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาลูกโซ่เป็นอันตรายสูงขึ้นด้วย แต่ตัวของ $O_2^{\cdot-}$ จะมีความว่องไวน้อยกว่า $OH^{\cdot}$ ซึ่งการเกิด $O_2^{\cdot-}$ เป็นดังสมการ

$$O^2 + e^- \longrightarrow O_2^{\cdot-} \quad (20)$$

$$O_2^{\cdot-} + O_2^{\cdot-} + 2H^+ \longrightarrow H_2O_2 + O_2 \quad (21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $O_2^{\cdot-}$ ทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 จะทำให้เกิด $OH^{\cdot}$ เรียกปฏิกิริยานี้ว่า Haber-Weiss reaction (Kappus. 1992) ดังสมการ

$$O_2^{\cdot-} + H_2O_2 + H^+ \longrightarrow OH^{\cdot} + O_2 + H_2O \qquad (22)$$

การศึกษาสมบัติการเป็นสารจับ $O_2^{\cdot-}$ ของสารตัวอย่าง ซึ่ง $O_2^{\cdot-}$ จะผลิตมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารในระบบ phenazine methosulphate (PMS) – nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) อนุมูล $O_2^{\cdot-}$ ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับสาร nitroblue tetrazolium (NBT) ซึ่งมีสีเหลือง โดยมีปฏิกิริยาระหว่าง $O_2^{\cdot-}$ กับสาร NBT ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสาร diformazan (DF) ที่มีสีน้ำเงิน และสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ 560 nm จากนั้นนำไปคำนวณเป็น % inhibition ได้ตามสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{560 \text{ control}} - A_{560 \text{ test sample}}) / A_{560 \text{ control}}] \times 100 \qquad (23)$$

2.9.7 วิธี Reducing power (Oyaizu. 1986) ความสามารถของการเป็นตัวให้อิเล็กตรอนในปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสารที่ต้องการทดสอบ สามารถใช้ในการหาความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้

วิธีนี้เป็นการศึกษาความสามารถในการรีดิวซ์ หรือให้อิเล็กตรอนของสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบแก่สารอนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ขึ้นภายในระบบ โดยสารที่ต้องการทดสอบจะเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระแล้วทำให้เปลี่ยนเป็นสารที่คงตัว อีกทั้งยังสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระอีกด้วย โดยอาศัยจากการวัดปฏิกิริยา reduction ของ $Fe^{3+}(CN^-)_6$ ไปเป็น $Fe^{2+}(CN^-)_6$ ซึ่งจะทำให้มีสีน้ำเงินที่เข้มขึ้น สามารถตรวจสอบความสามารถในการรีดิวซ์ได้ จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 nm ค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นแสดงถึง ความสามารถในการรีดิวซ์ที่มากขึ้น

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประภัสสร วีระพันธ์ และวัชรี คุณกิตติ (2554) ศึกษาฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา กานพลู ตะไคร้หอม ตะไคร้บ้าน แฝกหอม มะนาว โรสแมรี่ และอบเชย ด้วยวิธี DPPH พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรามีสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.037 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณัฐกิติ ภู่รื่น และคณะ (2556) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus* (De.) Stapf.) ที่ระดับความเข้มข้น 500, 750, 1,000, 1,200, 1,500, 1,750 และ 2,000 ppm พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้าน มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระหรือค่า IC_{50} เท่ากับ 1,011.14 ppm

Kohli et al. (1997) ศึกษาผลความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus glohulus* และ *Eucalyptus citriodora* ต่อ *Parthenium hystewphotus* พบว่าน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดส่งผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ *Parthenium hystewphotus* และยังส่งต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และขบวนการหายใจของวัชพืชด้วย

Bainard et al. (2006) ได้ศึกษาผลความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชได้ทุกชนิดและสามารถยับยั้งการรั่วไหลของประจุไฟฟ้าในเยื่อหุ้มเมมเบรนของ Broccoli

Batish et al. (2007) ได้ศึกษาการควบคุม Littleseed canary grass โดยการใช้น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัสที่ระดับความเข้มข้น 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัสส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์แสงของ littleseed canary grass

Loizzo et al. (2007) ได้ศึกษาผลยับยั้งกิจกรรมอัลฟา-อะไมเลสจากน้ำมันหอมระเหยจาก *Cedrus libani* จากส่วนต่างๆ คือ Wood leaves และ Cones พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *Cedrus libani* จากเปลือกสามารถยับยั้งกิจกรรมอัลฟา-อะไมเลสได้สูงที่สุดคือมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

Salamci et al. (2007) ได้ศึกษาผลของ *Tanacetum aucheranum* และ *Tanacetum chiliophyllum* var. chiliophyllum ในการเป็นสารกำจัดวัชพืช พบว่าสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* และ *Rumex crispus* ได้อย่างสมบูรณ์

Setia et al. (2007) ได้ศึกษาผลความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus citriodora* กับ *Bidens pilosa*, *Amaranthus viridis*, *Rumex nepalensis* และ *Leucaena leucocephala* ที่ระดับความเข้มข้น 0.0012-0.06 เปอร์เซ็นต์ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus citriodora* ที่ระดับความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชได้ทุกชนิด และตั้งแต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ *A. viridis* ได้อย่างสมบูรณ์

Ramezani et al. (2008) ศึกษาผลทางอัลลีโลพาทีของน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus nicholii*, *Rosmarinus officinalis*, *Chamaecyparis lowsoniana* และ *Thuja occidentalis* ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ *Amaranthus retroflexus*, *Portulaca oleracea* และ *Acroptilon repens* ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเข้มข้น 100, 200, 300 และ 400 ppm พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *E. Nicholii* ตั้งแต่ที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm ขึ้นไป สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทุกชนิดได้อย่างสมบูรณ์

Singh et al. (2008) ได้ศึกษาผลความเป็นพิษของใบจากน้ำมันหอมระเหย *Artemisia scoparia* พบว่าน้ำมันหอมระเหย *Artemisia scoparia* มีผลต่อการงอก การเจริญเติบโตและปริมาณคลอโรฟิลล์ของ *Avena sativa* และ *Triticum aestivum*

Kaur et al. (2010) ได้ศึกษาผลความเป็นพิษของ *Artemisia scoparia* กับวัชพืช 5 ชนิด ได้แก่ *Achyranthes aspera*, *Cassia occidentalis*, *Parthenium hysterophorus*, *Echinochloa crus-galli* และ *Ageratum conyzoides* ที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 ไมโครลิตร พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้า *P. Hysterophorus* ได้สูงที่สุด

Mutlu et al. (2011) ได้ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจาก *Nepeta meyeri* ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช 7 ชนิดได้แก่ *Amaranthus retroflexus*, *Bromus danthoniae*, *Bromus intermedius*, *Chenopodium album*, *Cynodon dactylon*, *Lactuca serriola*, และ *Portulaca oleracea* พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *Nepeta meyeri* สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ *B. Danthoniae*, *B. intermedius* และ *L. Serriola* ได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

Batish et al. (2012) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจาก *Anisomeles indica* พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจาก *Anisomeles indica* มี α-Bisabolol oxide-B เป็นสาระสำคัญ 21.6 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันหอมระเหยจาก *Anisomeles indica* สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ *Amaranthus* viridis ได้สูงที่สุดคือ 82 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ *Bidens pilosa*, *Echinochloa crus-galli* และ *Cassia occidentalis* ตามลำดับ

Poonpaiboonpipat et al. (2013) ได้ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจาก *Cymbopogon citratus* ที่ระดับความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ต่อการงอก การเจริญเติบโต การดูดน้ำ และกิจกรรมอัลฟา-อะไมเลสของเมล็ดหญ้าข้าวนก โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจาก *Cymbopogon citratus* เพิ่มสูงขึ้น สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตได้เพิ่มสูงขึ้นและมีผลกระทบต่อการดูดน้ำและกิจกรรมอัลฟา-อะไมเลสของเมล็ดหญ้าข้าวนก

Oke et al. (2009) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Satureja cuneifolia* ที่ระดับความเข้มข้น 600-1400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยวิธี DPPH radical scavenging, Reducing power activity และ Metal chelating activity รวมถึง ปริมาณของกลุ่มฟีนอลด้วยเท่ากับ 185.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Joshi et al. (2010) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Neolitsea pallens*, *Lindera pulcherrima*, *Dodecadenia grandiflora*, *Persea duthiei*, *Persea odoratissima*, *Persea gamblei* และ *Phoebe lanceolata* โดยวิธี DPPH radical scavenging, Reducing power activity และ Lipid peroxidation พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *D. Grandiflora* และ *L. Pulcherrima* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยวิธี DPPH radical scavenging มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.032 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.087 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และ Lipid peroxidation มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.44 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.74 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

Singh et al. (2010) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากใบสมบูรณ์และใบอ่อนของ *Artemisia scoparia* โดยวิธี DPPH radical scavenging ที่ระดับความเข้มข้น 25-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบสมบูรณ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าใบอ่อน

Prakash et al. (2011) การวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ด และผลของ *Skimmia anquetilia* มีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันสูงและเอสเทอร์ของกรดไขมัน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำจากเมล็ดและผลถูกนำมาวิเคราะห์โดย 2,2-diphenyl-1-picryalhydrazide (DPPH) และกิจกรรมการจับของ Fe^{2+} สารสกัดทั้ง 2 ส่วนแสดงให้เห็นว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลาง

Giirsoy et al. (2012) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Salvia palaestina* และ *S. ceratophylla* โดยวิธี DPPH radical scavenging, Reducing power activity และ Metal chelating activity พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *S. palaestina* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยวิธี DPPH radical scavenging มีค่าเท่ากับ 80.57 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยวิธี Reducing power activity มีค่าเท่ากับ 0.362 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธี Metal chelating activity ไม่พบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

Rather et al. (2012) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากใบ *Juglans regia* พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบ *Juglans regia* โดยวิธี DPPH radical scavenging มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Ascorbic acid และ Butylated hydroxyl toluene (BHT) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 34.5 และ 56.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Singh et al. (2012) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus citriodora* ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant (FRAP), Ferrous ion chelating activity, Hydrogen peroxide, DPPH radical scavenging และ Lipid peroxidation พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus citriodora* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในระดับปานกลางในทุกการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. น้ำมันหอมระเหย

ชื่อ	common name	ชื่อวิทยาศาสตร์
1. ตะไคร้บ้าน	Lemon grass	*Cymbopogon citratus*
2. ตะไคร้หอม	Citronella	*Cymbopogon nardus*
3. ซีดาร์วูด	Cederwood	*Juniperus viriniana*
4. แฝกหอม	Vetiver	*Vetiveria zizanoides*
5. ขิง	Ginger	*Zingiber officinale*
6. ขมิ้นชัน	Turmeric root	*Curcuma longa*
7. ข่า	Galanga	*Alpina officinarum*
8. ส้ม	Orange	*Citrus sinensis*
9. มะกรูด	Bergamot	*Citrus bergamia*
10. มะนาว	Lime	*Citrus aurantifolia*
11. เกรทฟรุ๊ต	Grape fruit	*Citrus paradisi*
12. ส้มแก้ว	Neck orange	*Citrus nobilis*
13. โหระพา	Sweet basil	*Ocimum basilicum*
14. กะเพรา	Holy basil	*Ocimum sanctum*
15. พิมเสน	Patchouli	*Pogostemon cablin*
16. สะระแหน่	Kitchen mint	*Mentha cordifolia*
17. ยูคาลิปตัส	Eucalyptus	*Eucalyptus globulus*
18. สะเม็ดขาว	Cajuput	*Melaleuca leucadendra*
19. กานพลู	Clove	*Eugenia caryophyllus*
20. อบเชยจีน	Cassia	*Cinnamomum cassia*
21. อบเชยเทศ	Cinnamon	*Cinnamomum zeylanicum*
22. ยีหร่า	Fennel oil sweet	*Carum carvi*
23. จันทน์เทศ	Nutmeg	*Myristica fragrans*
24. สน	Pine	*Pinus mugo*
25. ดอกกระดังงา	Cananga	*Cananga odorata macrophylla*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ	common name	ชื่อวิทยาศาสตร์
26. โป๊ยกั๊ก	Anise	*Illicium verum*
27. ระกำ	Winter green	*Salacca wallichiana*
28. จำปี	Jampee	*Magnolia sirindhorniae*
29. ไพล	Plai	*Zingiber cassumunar*

2. พืชทดสอบ ได้แก่ หญ้าข้าวนก (*Echinochloa cruss-galli*) และ ผักโขมหนาม (*Amaranthus spinosus*)

3. สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ ethanol 99 %, tween 80, calcium chloride, dinitrosalicylic reagent, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), Ferrous sulfate ($FeSO_4$), 3-(2-pyrydyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine-4,4,disulfonic acid sodium salt (Ferrozine), Phosphate buffer, Potassium ferricyanide [$K_3Fe(CN_6)$], Trichloroacetic acid (TCA), Ferric chloride ($FeCl_3$), Ascorbic acid และ Citrate buffer

4. อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ บีกเกอร์ แท่งแก้วคนสาร ขวดกลม ขวดรูปชมพู่ แก้วขนาดเล็ก 60 มิลลิลิตร ขวดแก้วขนาดเล็ก ขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร กระบอกตวง หลอดหยด หลอดวัด Spectrophotometer จานทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร หลอดทดลองขนาด 1.5, 5, 15 และ 20 มิลลิลิตร พาราฟิล์ม แก้วพลาสติก โกร่งบด ปากคีบปลายแหลม ที่เจาะกระดาษ กระดาษกรอง Whatman No.1 กรรไกร และมีด

5. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องระเหยสูญญากาศ (vacuum rotary evaporator) เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย (spectrophotometer) ไมโครปิเปต (micropipette) ตู้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (growth chamber) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ตู้อบความร้อน (hot air oven) เครื่องชั่งอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง และเครื่องเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน (centrifuge)

6. อุปกรณ์อื่น ๆ ได้แก่ หม้อต้มน้ำ เตาแก๊ส ไม้บรรทัด อุปกรณ์ถ่ายภาพ ผ้าขาวบาง และกล่องทึบแสงขนาด 30x20x10 (กว้างxยาวxสูง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพจากน้ำมันหอมระเหยจากพืช

ทำการศึกษาประสิทธิภาพจากน้ำมันหอมระเหยจากพืช เพื่อหาความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบและคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ดีที่สุด 1 ชนิดเพื่อศึกษากลไกการเข้าทำลายของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะสามารถนำมาเป็นสารกำจัดวัชพืชทดแทนสารเคมีสังเคราะห์

การทดลองที่ 1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

1.1.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหย

นำพืชตัวอย่างตะไคร้ ตะไคร้หอม ซีดาร์วูด ขิง ส้ม มะนาว มะกรูด ส้มโอ โหระพา สะระแหน่ กานพลู ยูคาลิปตัส สะเม็ดขาว อบเชยเทศ ยี่หร่า จันทร์เทศ สน อบเชยจีน จำปี ระกำ กระดังงา กะเพรา พิมเสนไพล ส้มแก้ว แฝกหอม ข่า ขมิ้นชัน และโป๊ยกั๊ก มาสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) เติมน้ำพอท่วม ต้มจนเดือดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ไขส่วนที่เป็นน้ำมันหอมระเหยเก็บไว้ในภาชนะทึบแสงในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.1.2 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้ น้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรและน้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)

1.1.3 การเตรียมเมล็ดพืชทดสอบ

เมล็ดวัชพืชทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ คือ เมล็ดหญ้าข้าวนก เป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และเมล็ดผักโขมหนาม เป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงคู่ เลือกเมล็ดที่มีขนาดเท่า ๆ กัน มีสมบูรณ์แข็งแรงวางจำนวน 20 เมล็ดต่อจานทดลอง

1.1.4 การทดสอบน้ำมันหอมระเหย

เพาะเมล็ดหญ้าข้าวนกและเมล็ดผักโขมหนามในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่มีกระดาษเพาะเมล็ดรองพื้น วางเมล็ดจำนวน 20 เมล็ด และใส่น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรต่อจานทดลอง ติดกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร บริเวณกึ่งกลางของฝาจานทดลอง ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยโดยการหยดน้ำมันหอมระเหยตามความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงกลางกระดาษเพาะที่ติดอยู่บริเวณกึ่งกลางของฝาจานทดลอง โดยใช้น้ำกลั่นที่ไม่ได้หยดน้ำมันหอมระเหยเป็นวิธีการเปรียบเทียบ จากนั้นปิดฝาจานทดลองแล้วใช้พาราฟิล์มปิดด้านข้างของจานทดลอง

1.1.5 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

นับจำนวนการงอกของเมล็ดโดยกำหนดรากต้องงอกอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดที่งอก วัดความยาวลำต้นและความยาวรากของต้นกล้าในวันที่ 7 หลังวันเพาะเมล็ด นำข้อมูลการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบมาวิเคราะห์ผลการทดลองโดยโปรแกรม NTYS-PC version 2.1 M

การทดลองที่ 1.2 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

1.2.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย

ทำการคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1.1 มาแปรรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ น้ำมันหอมระเหยจากพืช 40-70 เปอร์เซ็นต์ สารกลุ่ม nonionic surfactant 5-10 เปอร์เซ็นต์ และ ตัวทำละลาย 30-60 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากัน จนกว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของสารละลายน้ำมัน (emuisifiable concentrate)

1.2.2 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

1.2.2.1 น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)
1.2.2.2 ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm ในหญ้าข้าวนก
1.2.2.3 ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm ในหญ้าข้าวนก
1.2.2.4 ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm ในหญ้าข้าวนก
1.2.2.5 ที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm ในหญ้าข้าวนก
1.2.2.6 ที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm ในหญ้าข้าวนก
1.2.2.7 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm ในผักโขมหนาม
1.2.2.8 ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm ในผักโขมหนาม
1.2.2.9 ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm ในผักโขมหนาม
1.2.2.10 ที่ระดับความเข้มข้น 150 ppm ในผักโขมหนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2.11 ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm ในผักโขมหนาม

1.2.3 การเตรียมเมล็ดพืชทดสอบ

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1.3

1.2.4. การทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย

เพาะเมล็ดหญ้าข้าวนกและเมล็ดผักโขมหนามจำนวน 20 เมล็ด วางเมล็ดในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่มีกระดาษเพาะเมล็ดรองพื้น 2 ชั้น ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยตามความเข้มข้น จานทดลองละ 5 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม

1.2.5. การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

นับจำนวนการงอกโดยกำหนดรากต้องงอกอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดที่งอก วัดความยาวลำต้นและความยาวรากของต้นกล้าในวันที่ 7 หลังวันเพาะเมล็ด นำข้อมูลการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 1.3 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

1.3.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.2.1

1.3.2 การวางแผนการทดลอง

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.2.2

1.3.3 การเตรียมเมล็ดพืชทดสอบ

เมล็ดวัชพืชทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ คือ เมล็ดหญ้าข้าวนก เป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และเมล็ดผักโขมหนาม เป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงคู่ เลือกเมล็ดที่มีขนาดเท่า ๆ กัน สมบูรณ์แข็งแรง เมล็ดหญ้าข้าวนก จำนวน 30 เมล็ด และเมล็ดผักโขมหนาม 100 เมล็ดต่อจานทดลอง (เนื่องจากขนาดของเมล็ดวัชพืชทดสอบมีขนาดไม่เท่ากัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 การทดสอบการดูดน้ำ

นำเมล็ดหญ้าข้าวนกจำนวน 30 เมล็ด และเมล็ดผักโขมหนาม จำนวน 100 เมล็ด ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น แล้วนำเมล็ดแช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชที่เตรียมไว้ ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการเปรียบเทียบ ในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร หญ้าข้าวนก แช่เป็นระยะเวลา 12, 24 และ 48 ชั่วโมง และเมล็ดผักโขมหนาม แช่เป็นระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง วางในกล่องทึบแสง นำไปวางไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต ที่ตั้งค่าแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่ครบตามเวลาที่กำหนด นำเมล็ดมาซับให้แห้งด้วยกระดาษกรองนาน 30 วินาที จากนั้นชั่งน้ำหนักโดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ (Maity et al. 2009)

$$\text{การดูดน้ำของเมล็ด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่ - น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100 \qquad (24)$$

1.3.5 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการบันทึกข้อมูล และนำข้อมูลการดูดน้ำของเมล็ด (%) มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 1.4 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ

1.4.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.2.1

1.4.2 การวางแผนการทดลอง

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.2.2

1.4.3 การเตรียมเมล็ดพืชทดสอบ

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.4 การทดสอบกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส

นำเมล็ดหญ้าข้าวนกจำนวน 30 เมล็ด และเมล็ดผักโขมหนาม จำนวน 100 เมล็ด ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น แล้วนำเมล็ดไปแช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชที่เตรียมไว้ ในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร โดยหญ้าข้าวนก แช่เป็นระยะเวลา 12, 24 และ 48 ชั่วโมง และเมล็ดผักโขมหนาม แช่เป็นระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง วางในกล่องทึบแสง แล้วนำไปวางไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต ที่ตั้งค่าแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม เมื่อแช่ครบตามเวลาที่กำหนด นำเมล็ดมาซับให้แห้งด้วยกระดาษกรองนาน 30 วินาที จากนั้นนำไปเมล็ดไปบดให้ละเอียด เติมแคลเซียมคลอไรด์ (แช่เย็น) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยง ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะได้สารละลายในรูปของเหลวใสซึ่งแยกชั้นกับกากตะกอนของเมล็ดพืชทดสอบ ดูดสารละลายของเหลวใส 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร และใส่สารละลายแป้ง 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นใส่ dinitrosalicylic reagent 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบกำหนดแล้วให้นำมาผ่านน้ำ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (Maity et al. 2009) นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส

โดยใช้สูตร

$$X = (Y + 0.005)/0.0026 \quad (27)$$

โดยกำหนดให้ X = ความเข้มข้นของอะไมเลส

Y = ค่าการดูดกลืนแสง

จากนั้นให้นำค่าความเข้มข้นของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส (X) ไปคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส โดยใช้สูตร

$$\alpha\text{-amylase } (\mu mol/min/g\ (FW)) = \frac{X \times V}{T \times g\ (FW) \times M\ (maltose) \times 0.25} \quad (28)$$

โดยกำหนดให้ X = ความเข้มข้นของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส

V = ปริมาตรสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T = เวลาที่ใช้ในการบ่ม

g (FW) = น้ำหนักของเมล็ด

M (maltose) = มวลโมเลกุลของ maltose (342.31)

1.4.5 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการบันทึกข้อมูล และนำข้อมูลกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช

ทำการศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด โดยการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี DPPH radical scavenging, Metal chelating activity และ Reducing power activity เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นต่อการพัฒนาน้ำมันหอมระเหยให้สามารถป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดโรคต่างๆในร่างกาย

การทดลองที่ 2.1 การทดสอบวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (DPPH radical scavenging activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

2.1.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหย

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1.1

2.1.2 การเตรียมสารละลายมาตราฐาน

เตรียมสารละลายวิตามินซีละลายในน้ำ ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1, 2.5, 5, 7.5 และ 10 ppm ตามลำดับ และสารละลาย BHT ละลายในเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 10, 20, 25, 50, 75 และ 100 ppm ตามลำดับ

2.1.3 การวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เตรียมน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ได้แก่

2.1.3.1 ตะไคร้บ้าน ที่ระดับความเข้มข้น 100, 500, 1,000, 5,000 และ 10,000 ppm

2.1.3.2 ตะไคร้หอม ที่ระดับความเข้มข้น 750, 1,000, 1,250, 1,500 และ 2,000 ppm

2.1.3.3 แฝกหอม ที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 ppm

2.1.3.4 ขมิ้นชัน ที่ระดับความเข้มข้น 2,000, 3,000, 4,000, 5,000 และ 6,000 ppm

2.1.3.5 กะเพรา ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 50, 100 และ 500 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.6 กานพลู ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4, 8, 16 และ 36 ppm

2.1.3.7 อบเชยจีน ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 250, 500 และ 1,000 ppm

2.1.3.8 จันทน์เทศ ที่ระดับความเข้มข้น 100, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm

2.1.3.9 ดอกกระดังงา ที่ระดับความเข้มข้น 500, 1,000, 2,000, 4,000 และ 8,000 ppm

2.1.3.10 ซีดาร์วูด ขิง ข่า ส้ม มะกรูด มะนาว ส้มโอ ส้มแก้ว โหระพา พิมเสน สะระแหน่ ยูคาลิปตัส สะเม็ดขาว อบเชยเทศ ยี่หร่า สน โป๊ยกั๊ก ระกำ จำปี และไพล ที่ระดับความเข้มข้น 500, 1,000, 2,000, 10,000 และ 20,000 ppm

ละลายในเอทานอลจากนั้นเติมน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 100 μM ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำมันหอมระเหยแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทันทีบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ทำการทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ บันทึกค่าการดูดกลืนแสง และนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน DPPH (scavenging activity) (Rohman et al. 2010)

$$\text{DPPH scavenging activity (\%)} = \frac{(A-B)-(C-D)}{(A-B)} \times 100 \qquad (29)$$

โดยกำหนดให้

A = ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหอมระเหยจากพืช

B = ค่าดูดกลืนแสงของเอทานอล

C = ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหอมระเหยจากพืช

D = ค่าดูดกลืนแสงของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในเอทานอล

2.1.4 การบันทึกผลการทดลอง

คำนวณค่า IC_{50} จากกราฟระหว่างค่า log ของความเข้มข้นและเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากพืชกับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2.2 การทดสอบวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะที่อยู่ในรูปของไอออน (Metal chelating activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช

2.2.1. การสกัดน้ำมันหอมระเหย

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1.1

2.2.2 การเตรียมสารละลายมาตราฐาน

เตรียมสารละลาย EDTA ละลายในเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15, 25, 50, 75 และ 100 ppm ตามลำดับ

2.2.3. วัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออน

เตรียมน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ได้แก่

2.2.3.1 ซีดาร์วูด มะกรูด และอบเชยเทศ ที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 2,500, 5,000, 10,000 และ 20,000 ppm

2.2.3.2 ขมิ้นชัน ที่ระดับความเข้มข้น 3,000, 4,000, 5,000, 6,000 และ 7,000 ppm

2.2.3.3 ส้ม และโป๊ยกั๊ก ที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 5,000, 10,000, 20,000 และ 30,000 ppm

2.2.3.4 มะนาว ที่ระดับความเข้มข้น 750, 1,250, 2,500, 5,000 และ 10,000 ppm

2.2.3.5 ส้มโอ ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 500, 1,000 และ 5,000 ppm

2.2.3.6 สะระแหน่ ที่ระดับความเข้มข้น 500, 1,000, 2,500, 5,000 และ 10,000 ppm

2.2.3.7 ยูคาลิปตัส ที่ระดับความเข้มข้น 10, 100, 500, 1,000 และ 5,000 ppm

2.2.3.8 สะเม็ดขาว และสน ที่ระดับความเข้มข้น 100, 500, 1,000, 5,000 และ 10,000 ppm

2.2.3.9 ตะไคร้บ้าน ตะไคร้หอม แฝกหอม ขิง ข่า ส้มแก้ว กะเพรา พิมเสน กานพลู อบเชยจีน ยี่หร่า จันทน์เทศ ดอกกระดังงา ระกำ จำปี และไพล ที่ระดับความเข้มข้น 10,000, 20,000, 30,000, 40,000 และ 50,000 ppm

ละลายในเอทานอลจากนั้นเติมน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติมเอทานอลปริมาตร 1.5 มิลลิลิตรต่อหลอด เติมสารละลายเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากันและเติมสารละลาย ferrozine ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ในหลอดทดลอง เขย่าส่วนผสมให้เข้ากันทันที บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ทำการทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ บันทึกค่าการดูดกลืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสง และนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออน (metal chelating activity) (Rohman et al. 2010)

$$\text{Chelating rate (\%)} = \frac{(A-B)-(C-D)}{(A-B)} \times 100 \qquad (30)$$

โดยกำหนดให้

A = ค่าดูดกลืนแสงของ Ferrozine ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหอมระเหยจากพืช

B = ค่าดูดกลืนแสงของเอทานอล

C = ค่าดูดกลืนแสงของ Ferrozine ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหอมระเหยจากพืช

D = ค่าดูดกลืนแสงของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในเอทานอล

2.2.4. การบันทึกผลการทดลอง

คำนวณค่า IC_{50} จากกราฟระหว่างค่า log ของความเข้มข้นและเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนเพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากพืชกับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

การทดลองที่ 2.3 การทดสอบวัดความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช

2.3.1. การสกัดน้ำมันหอมระเหย

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1.1

2.3.2. การเตรียมสารละลายมาตราฐาน

เตรียมสารละลายวิตามินซีละลายในน้ำ ที่ระดับความเข้มข้น 40, 50, 60, 70 และ 80 ppm ตามลำดับ

2.3.3. วัดความสามารถในการรีดิวซ์

เตรียมน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ได้แก่

2.3.3.1 ตะไคร้หอม และดอกกระดังงา ที่ระดับความเข้มข้น 2,500, 5,000, 10,000, 15,000 และ 20,000 ppm

2.3.3.2 กะเพรา อบเชยจีน และกานพลู ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 500, 1,000 และ 2,000 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.3 ไพล ที่ระดับความเข้มข้น 100, 500, 1,000, 2,000 และ 3,000 ppm

2.3.3.4 ตะไคร้บ้าน ซีดาร์วูด แฝกหอม ขิง ขมิ้นชัน ข่า ส้ม มะกรูด มะนาว ส้มโอ ส้มแก้ว โหระพา พิมเสน สะระแหน่ ยูคาลิปตัส สะเม็ดขาว อบเชยเทศ ยี่หร่า จันทน์เทศ สน โป๊ยกั๊ก ระกำ และจำปี ที่ระดับความเข้มข้น 100, 1,000, 2,500, 5,000 และ 7,500 ppm

ละลายในเอทานอลเตรียมน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากการทดลองที่ 2.1 ให้ได้ตามความเข้มข้นในเอทานอล จากนั้นเติมน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Phosphate buffer ความเข้มข้น 0.2 โมล ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย $K_3Fe(CN)_6$ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียล นาน 20 นาที และใส่สารละลาย Trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เขย่าส่วนผสมให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนบนปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เติมเอทานอล ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย $FeCl_3$ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ทำการทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ บันทึกค่าการดูดกลืนแสง และนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) (Rohman et al. 2010)

2.3.4. การบันทึกผลการทดลอง

ถ้าความเข้มข้น 7,500 ppm มีผลทำให้ค่าความสามารถในการรีดิวซ์โดยวัดจากค่า OD ที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร มากกว่า 1 ทำการคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากพืชเพื่อลดความเข้มข้นให้ค่าดูดกลืนแสงได้ไม่เกิน 1 จากนั้นคำนวณค่า EC_{50} จากกราฟระหว่างค่า log ของความเข้มข้นและเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการรีดิวซ์ เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากพืชกับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระยะเวลาดำเนินการ

ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 24 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพจากน้ำมันหอมระเหยจากพืช

4.1.1 การทดลองที่ 1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

หญ้าข้าวนก

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกโดยการสร้าง dendrogram (ภาพที่ 4.1) พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีความใกล้ชิดกันที่ 52.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มได้ 5 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

กลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโต มีน้ำมันหอมระเหยจากพืช 3 ชนิด ประกอบด้วย ส้ม มะนาว และส้มโอ เป็นกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอก 95-100 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโต 104.8-114.95 เปอร์เซ็นต์ ในหญ้าข้าวนก

กลุ่มไม่ยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโต มีน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิด ประกอบด้วย มะกรูด สะเม็ดขาว ยูคาลิปตัส แฝกหอม สน ดอกกระดังงา ขิง ขมิ้นชัน ซีดาร์วูด และส้มแก้ว เป็นกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอก 91.25-100 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโต 72.5-98.5 เปอร์เซ็นต์ ในหญ้าข้าวนก

กลุ่มไม่ยับยั้งการงอกแต่ยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำมันหอมระเหยจากพืช 4 ชนิด ประกอบด้วย โหระพา จันทน์เทศ พิมเสน และไพล เป็นกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอก 91.25-100 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโต 25.75-49.75 เปอร์เซ็นต์ ในหญ้าข้าวนก

กลุ่มไม่ยับยั้งการงอกแต่ยับยั้งการเจริญเติบโต มีน้ำมันหอมระเหยจากพืช 2 ชนิด ประกอบด้วย ยี่หร่าและโป๊ยกั๊ก เป็นกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอก 93.75 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโต 10.5-17.12 เปอร์เซ็นต์ ในหญ้าข้าวนก

กลุ่มยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโต มีน้ำมันหอมระเหยจากพืช 9 ชนิด ประกอบด้วย กะเพรา สะระแหน่ ข่า กานพลู อบเชยเทศ อบเชยจีน ระกำ ตะไคร้บ้าน และตะไคร้หอม เป็นกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอก 0-62.5 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโต 0-11.42 เปอร์เซ็นต์ ในหญ้าข้าวนก

ไม่จัดอยู่ในกลุ่มคือ จำปี มีเปอร์เซ็นต์การงอก 83.75 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโต 52 เปอร์เซ็นต์ ในหญ้าข้าวนกโดยทุกกลุ่มทำการเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักโขมหนาม

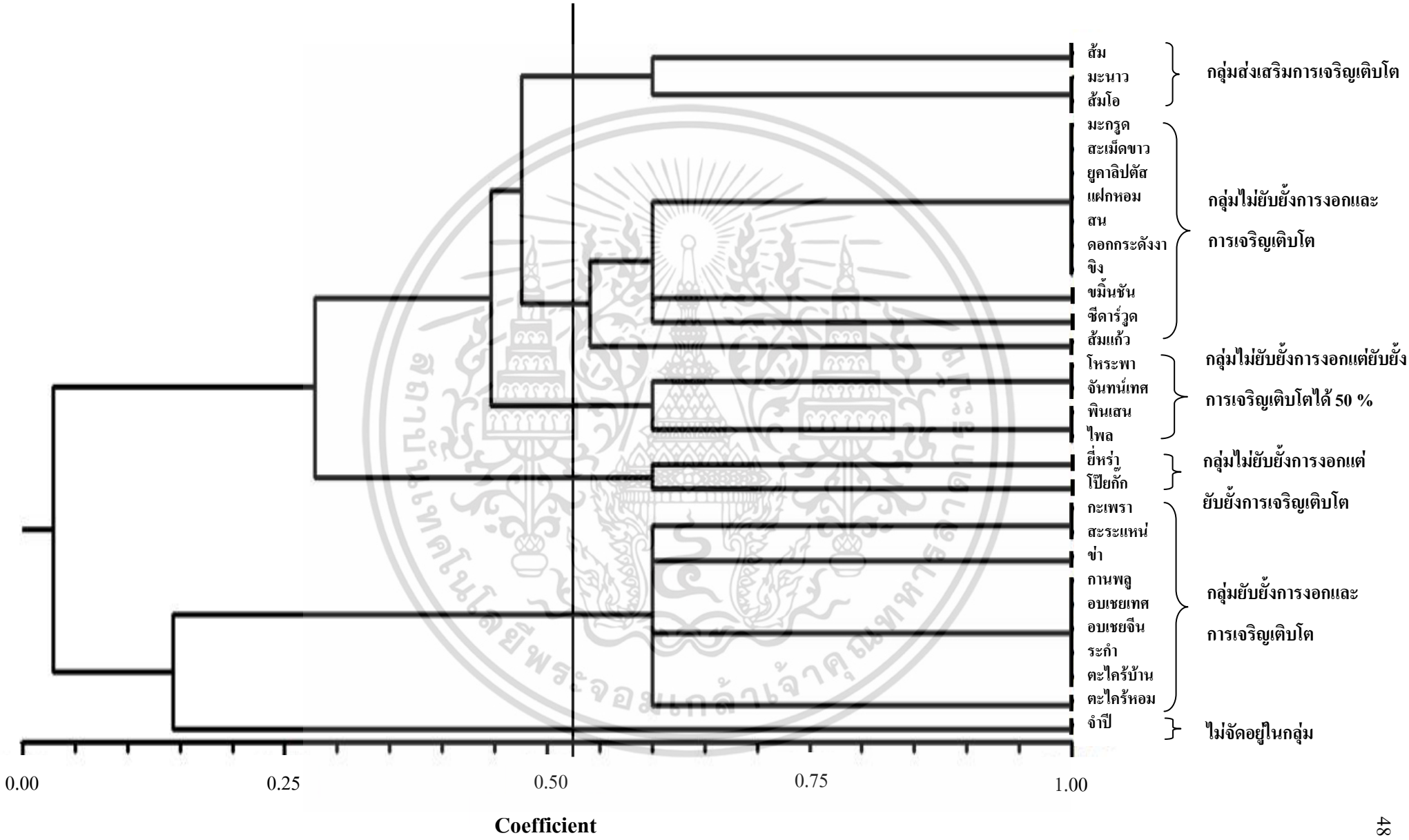
จากการศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามโดยการสร้าง dendrogram (ภาพที่ 4.2) พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีความใกล้ชิดกันที่ 57.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

กลุ่มไม่ยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโต มีน้ำมันหอมระเหยจากพืช 2 ชนิด ประกอบด้วย ส้มและส้มโอ เป็นกลุ่มที่ผักโขมหนามมีเปอร์เซ็นต์การงอก 72.75-82.5 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโต 100 เปอร์เซ็นต์

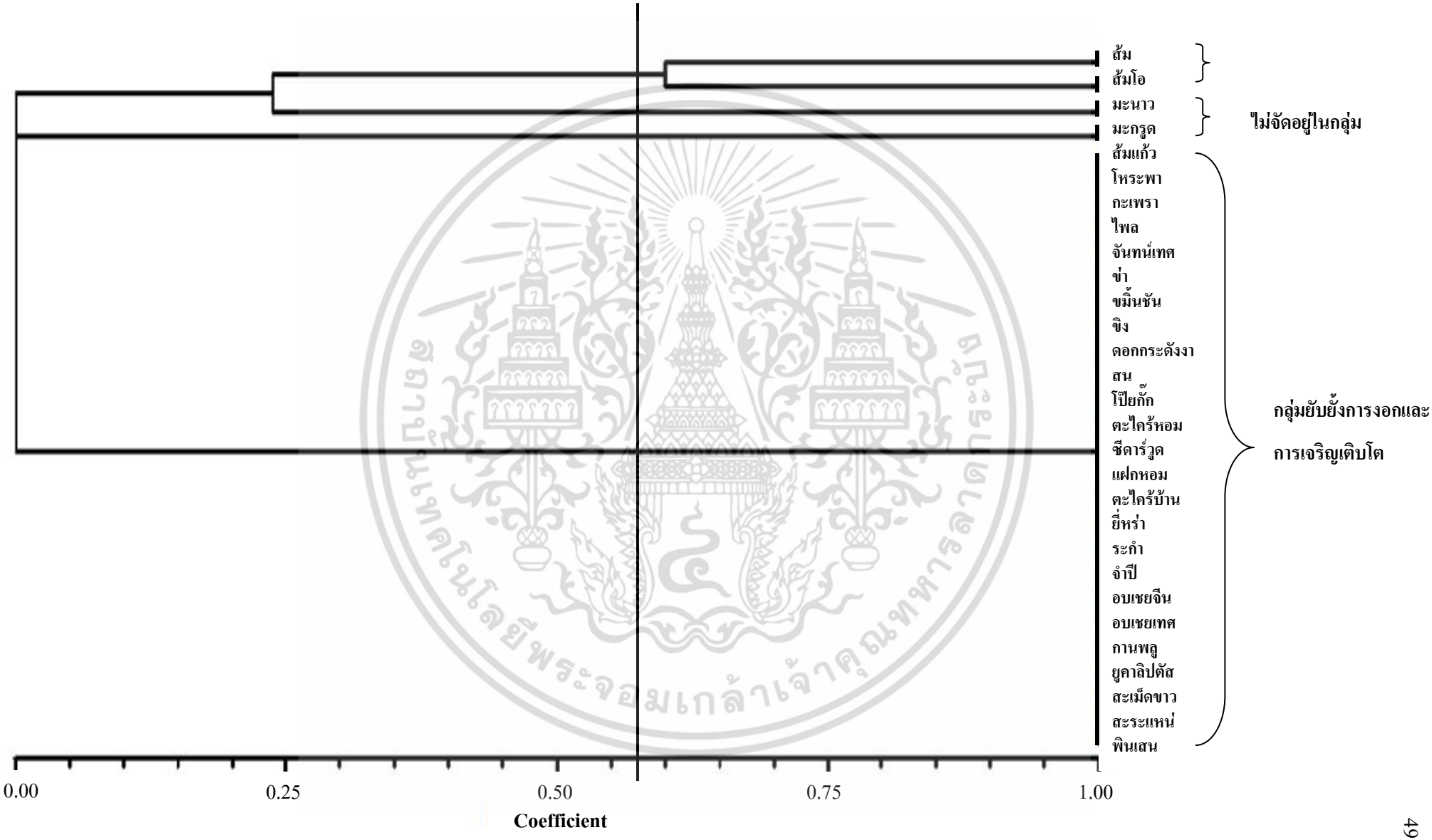
กลุ่มยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโต มีน้ำมันหอมระเหยจากพืช 25 ชนิด ประกอบด้วย สะเม็ดขาว ยูคาลิปตัส แฝกหอม สน ดอกกระดังงา ขิง ขมิ้นชัน ซีดาร์วูด ส้มแก้ว โหระพา จันทน์เทศ จำปี พิมเสน ไพล กะเพรา สะระแหน่ ข่า กานพลู อบเชยเทศ อบเชยจีน ระกำ ตะไคร้บ้าน และตะไคร้หอม เป็นกลุ่มที่ผักโขมหนามมีเปอร์เซ็นต์การงอกและการเจริญเติบโต 0 เปอร์เซ็นต์

ไม่จัดอยู่ในกลุ่มคือน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวมีเปอร์เซ็นต์การงอก 18.5 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโต 39.5 เปอร์เซ็นต์และน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด มีเปอร์เซ็นต์การงอก 36 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโต 60.5 เปอร์เซ็นต์ ในผักโขมหนามโดยทุกกลุ่มทำการเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 Dendrogram แสดงความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหย 29 ชนิด ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง



ภาพที่ 4.2 Dendrogram แสดงความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหย 29 ชนิด ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง

4.1.2 การทดลองที่ 1.2 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

หญ้าข้าวนก

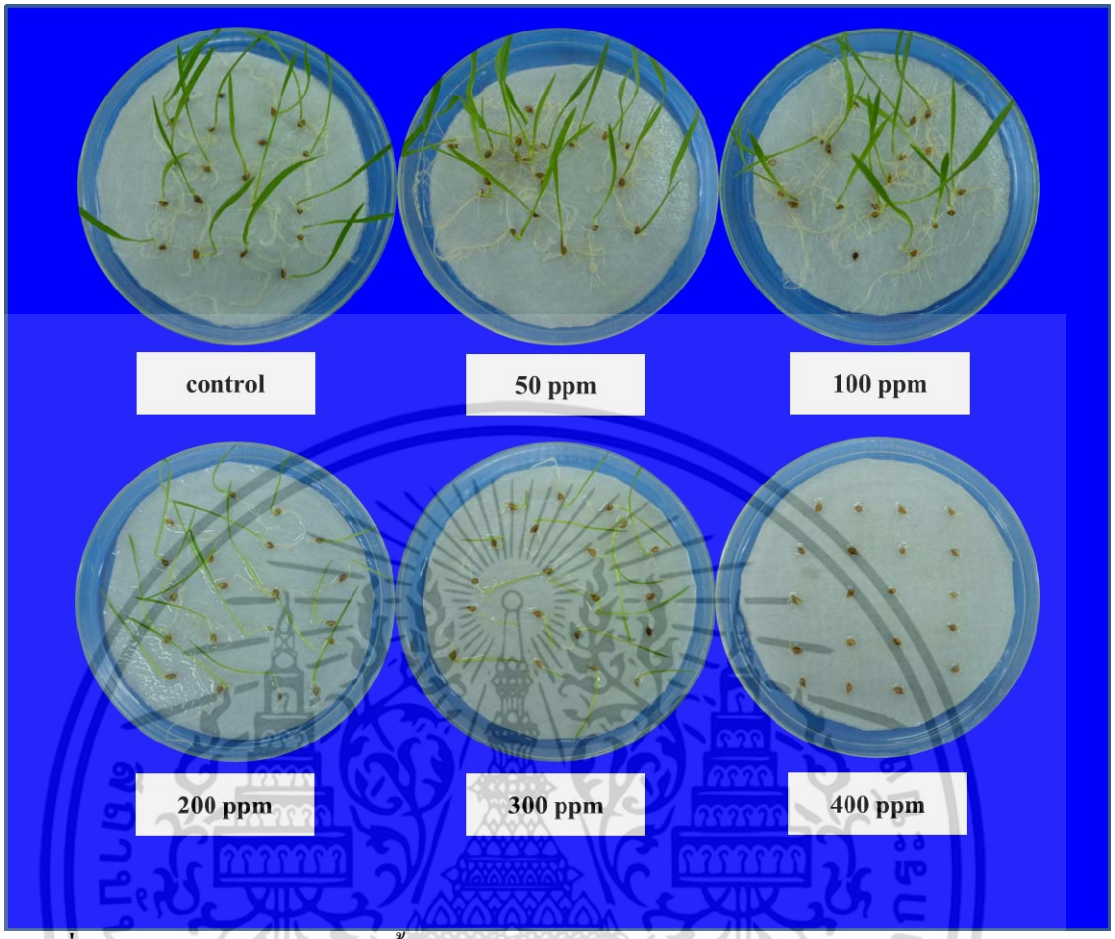
จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกทุกระดับความเข้มข้น (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3) ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกสูงที่สุดได้ 92.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนด้านการเจริญเติบโตสามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากของหญ้าข้าวนกได้ 80.94 และ 97.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ 42.5 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ppm มีผลยับยั้งการงอกได้ไม่แตกต่างกันคือ 2.50, 3.75 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนด้านการเจริญเติบโตที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 35.6 เปอร์เซ็นต์ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้ 57.52 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 10.61, 11.11 และ 13.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้ 32.49, 41.56 และ 46.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก

ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง		
	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
50	2.50c	10.61c	32.49c
100	3.75c	11.11bc	41.56c
200	15.00c	13.28bc	46.95bc
300	42.50b	35.60b	57.52b
400	92.50a	80.94a	97.70a

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก

ผักโขมหนาม

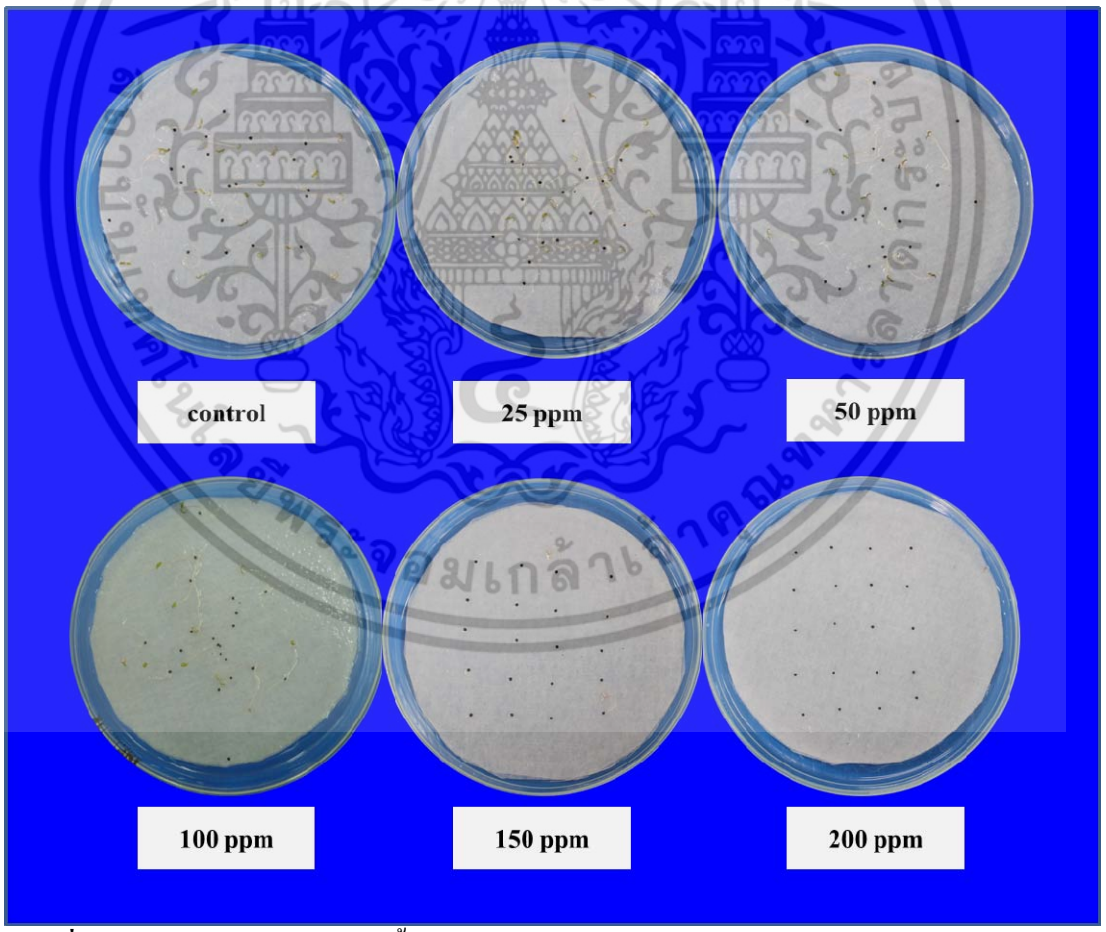
ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.4) พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 150 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้ไม่แตกต่างกันคือ สามารถยับยั้งการงอกได้ 93.75 และ 97.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนด้านการเจริญเติบโตสามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 79.56 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ 6.25 และ 63.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนด้านการเจริญเติบโตสามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 7.41 และ 39.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้ 37.22 และ 68.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม

ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง		
	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
25	6.25c	7.41c	37.22c
50	63.75b	39.75bc	68.61b
100	93.75a	79.26ab	100.00a
150	97.50a	100.00a	100.00a
200	100.00a	100.00a	100.00a

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)



ภาพที่ 4.4 ผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม

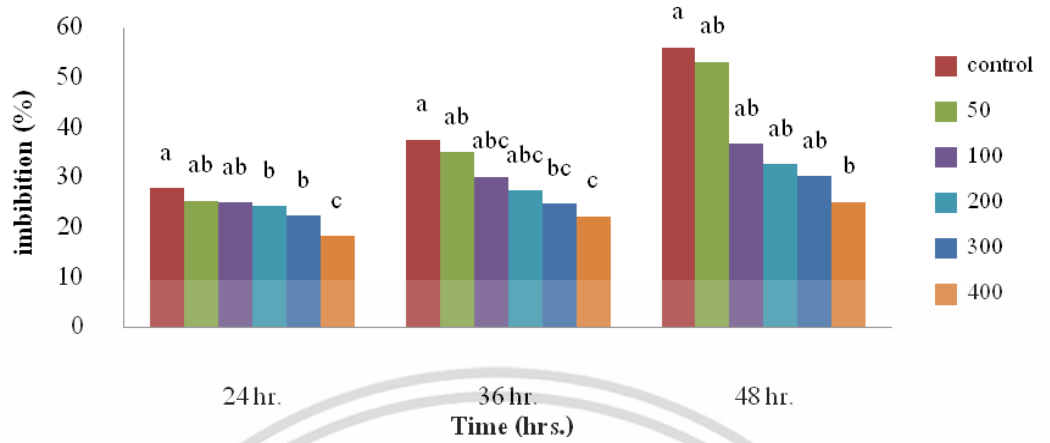
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1. การทดลองที่ 1.3 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

หญ้าข้าวนก

จากการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm ที่แช่เป็นระยะเวลา 24, 36 และ48 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.5) โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm ที่แช่เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์ การดูดน้ำเท่ากับ 18.43 เปอร์เซ็นต์ และรองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 300 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำไม่แตกต่างกันคือ 24.32 และ 22.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 ppm เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำไม่แตกต่างกันคือ 25.44 และ 25.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม ส่วนเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นเวลา 36 ชั่วโมง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 22.37 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200 และ 300 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 35.24, 30.28, 27.46 และ 24.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 25.21 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200 และ 300 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 53.26, 36.80, 32.72 และ 30.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

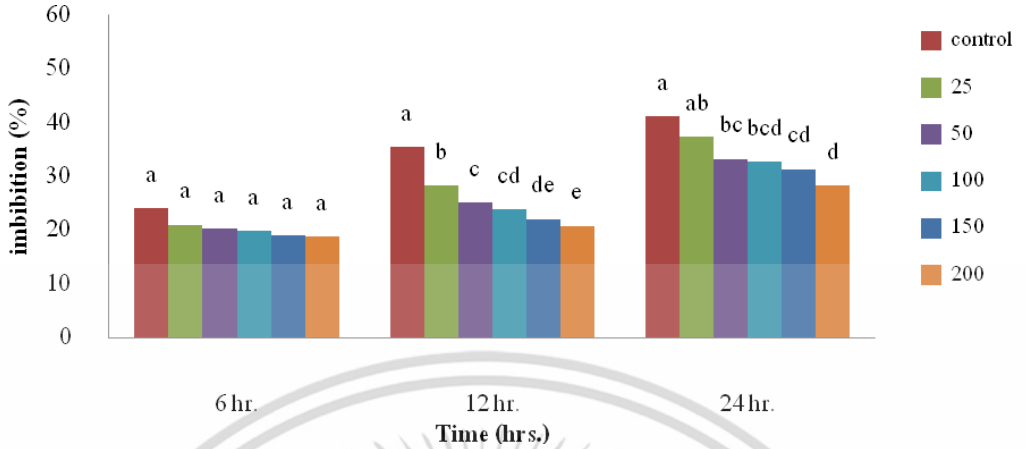


ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ48 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงที่เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

ผักโขมหนาม

จากการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของผักโขมหนามที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm ที่แช่เป็นระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.6) โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนทุกระดับความเข้มข้นที่แช่เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุมคือ 18.84, 21.09, 20.36, 19.97 และ 19.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดผักโขมหนามที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่แช่เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมหนามได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 20.93 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 150 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 28.36, 25.20, 23.99 และ 22.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดผักโขมหนามที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่แช่เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมหนามได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 28.30 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 150 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 37.37, 33.34, 32.45 และ 31.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

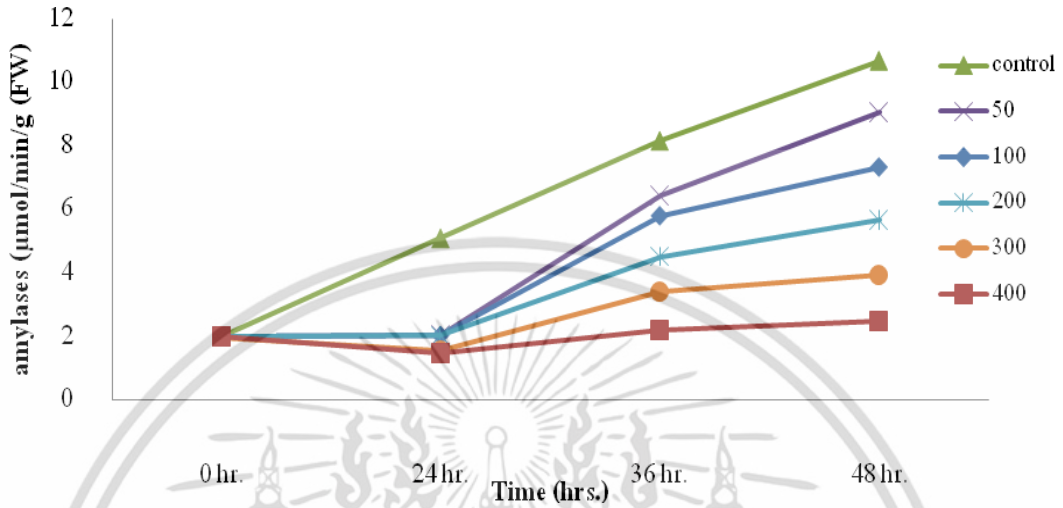


ภาพที่ 4.6 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของผักโขมหนามที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงที่เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

4.1.4 การทดลองที่ 1.4 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ หญ้าข้าวนก

จากการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส ของหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm ที่แช่สารที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.7) เมื่อแช่เมล็ดหญ้าข้าวนกในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นมีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส คือ 2.04, 2.03, 2.01, 1.56 และ 1.49 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธีควบคุมและเมื่อแช่เมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส น้อยที่สุดเท่ากับ 2.19 (µmol/min/g(FW)) รองลงที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 300 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกันคือ 4.52 และ 3.43 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกันคือ 6.43 และ 5.80 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ ส่วนเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสน้อยที่สุดเท่ากับ 2.47 (µmol/min/g(FW)) และที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

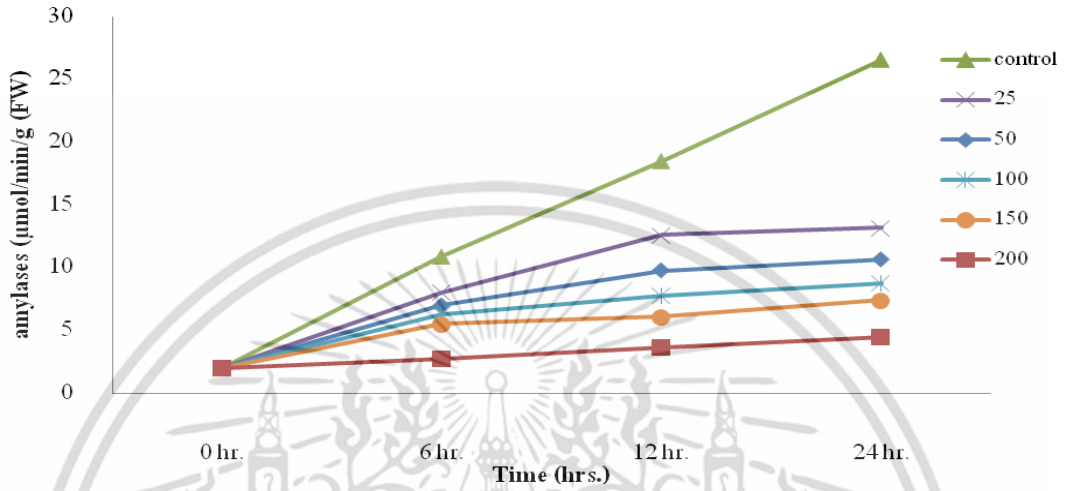


ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ผักโขมหนาม

จากการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส ของผักโขมหนามที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm ที่แช่เป็นระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.8) เมื่อแช่เมล็ดผักโขมหนามในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสน้อยที่สุดเท่ากับ 2.75 (µmol/min/g(FW)) รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 150 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกันคือ 6.99, 6.27 และ 5.49 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 8.01 (µmol/min/g(FW)) ส่วนเมล็ดผักโขมหนามในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสน้อยที่สุดเท่ากับ 3.63 (µmol/min/g(FW)) รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 150 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกันคือ 7.74 และ 6.07 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 12.58 และ 9.79 (µmol/min/g(FW)) และเมล็ดผักโขมหนามในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสน้อยที่สุดเท่ากับ 4.46 (µmol/min/g(FW)) รองลงมาคือที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของผักโขมหนามที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช

4.2.1 การทดลองที่ 2.1 การทดสอบวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (DPPH radical scavenging activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

จากการศึกษาการทดสอบวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ได้แก่ กานพลู กระเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พิมเสนไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน ขิง ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว โดยวิธี DPPH radical scavenging (ตารางที่ 4.3) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน คือ BHT และวิตามินซีแล้วนำค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันไปคำนวณค่า IC_{50} คือความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่ยับยั้งปริมาณของอนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด โดยพิจารณาจากค่า IC_{50} ถ้ามีน้อยแสดงว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ผลจากการศึกษาพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมากที่สุด คือเท่ากับ 5.35 ppm รองลงมาคือ กะเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พิมเสนไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน และขิง มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชันเท่ากับ 53.76, 100.01, 270.71, 956.24, 1,090.35, 1,713.58, 3,060.38, 3,256.40, 4,066.79, 4,325.92, 5,079.41, 6,224.91 และ 7,533.67 ppm ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊กและส้มแก้ว พบว่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่า 20,000 ppm โดยเปรียบเทียบสารมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานคือ วิตามินซี มีค่าเท่ากับ 3.159 ppm และ BHT มีค่าเท่ากับ 25.232 ppm (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
1. ตะไคร้บ้าน	10,000	75.96	4,066.79
	5,000	50.64	
	1,000	13.26	
	500	10.92	
	100	5.32	
2. ตะไคร้หอม	2,000	71.91	956.24
	1,500	64.21	
	1,250	56.84	
	1,000	51.68	
	750	42.83	
3. ซีดาร์วูด	20,000	40.77	>20,000
	10,000	30.01	
	2,000	10.31	
	1,000	10.00	
	500	5.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
4. แฝกหอม	5,000	95.25	>20,000
	4,000	93.85	
	3,000	89.79	
	2,000	74.00	
	1,000	43.12	
5. ขิง	20,000	75.00	7,533.67
	10,000	45.51	
	2,000	24.35	
	1,000	16.91	
	500	8.01	
6. ขมิ้นชัน	6,000	53.48	6,224.91
	5,000	40.54	
	4,000	31.93	
	3,000	26.24	
	2,000	15.75	
7. ข่า	20,000	87.40	3,256.40
	10,000	73.68	
	2,000	38.49	
	1,000	25.73	
	500	12.40	
8. ส้ม	20,000	17.27	>20,000
	10,000	10.00	
	2,000	9.95	
	1,000	2.41	
	500	0.15	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
9. มะกรูด	20,000	11.46	>20,000
	10,000	8.83	
	2,000	7.24	
	1,000	6.06	
	500	0.79	
10. มะนาว	20,000	17.85	>20,000
	10,000	13.04	
	2,000	9.70	
	1,000	8.47	
	500	6.70	
11. ส้มโอ	20,000	17.85	>20,000
	10,000	13.04	
	2,000	9.70	
	1,000	8.47	
	500	6.70	
12. ส้มแก้ว	20,000	5.41	>20,000
	10,000	3.2	
	2,000	1.73	
	1,000	0.54	
	500	0.04	
13. โหระพา	20,000	45.67	>20,000
	10,000	30.07	
	2,000	11.44	
	1,000	9.80	
	500	5.56	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
14. กะเพรา	500	90.94	53.76
	100	63.31	
	50	41.51	
	10	20.61	
	5	13.28	
15. พิมเสน	20,000	92.51	1,713.58
	10,000	78.95	
	2,000	58.40	
	1,000	43.57	
	500	22.60	
17. ยูคาลิปตัส	20,000	28.88	>20,000
	10,000	26.54	
	2,000	11.49	
	1,000	7.38	
	500	4.58	
18. สะเม็ดขาว	20,000	32.61	>20,000
	10,000	21.00	
	2,000	16.54	
	1,000	10.34	
	500	9.51	
19. กานพลู	36	88.07	5.35
	16	76.03	
	8	67.86	
	4	38.28	
	2	28.15	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
20. อบเชยจีน	1,000	81.62	100.01
	500	67.88	
	250	58.35	
	100	56.66	
	50	40.21	
21 อบเชยเทศ	20,000	6.44	>20,000
	10,000	2.91	
	2,000	1.23	
	1,000	0.61	
	500	0.04	
22. ยี่หร่า	20,000	18.35	>20,000
	10,000	12.46	
	2,000	3.46	
	1,000	5.33	
	500	2.02	
23. จันทร์เทศ	1,000	87.07	270.71
	750	77.19	
	500	64.96	
	250	45.25	
	100	19.01	
24. สน	20,000	5.80	>20,000
	10,000	4.51	
	2,000	3.40	
	1,000	1.54	
	500	0.24	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี DPPH radical scavenging (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
25. ดอกกระดังงา	8,000	85.91	4,325.92
	4,000	56.83	
	2,000	31.17	
	1,000	24.41	
	500	15.27	
26 โป๊ยกั๊ก	20,000	14.74	>20,000
	10,000	8.83	
	2,000	1.71	
	1,000	1.35	
	500	0.61	
27. ระกำ	20,000	0.13	>20,000
	10,000	0	
	2,000	0	
	1,000	0	
	500	0	
28. จำปี	20,000	92.60	5,079.49
	10,000	58.98	
	2,000	19.09	
	1,000	6.41	
	500	5.64	
29. ไพล	20,000	79.25	3,060.38
	10,000	77.04	
	2,000	41.91	
	1,000	25.49	
	500	21.16	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารละลายมาตรฐานโดยวิธี DPPH radical scavenging

สารละลายมาตรฐาน	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
วิตามินซี	10	91.53	3.159
	7.5	83.42	
	5	63.54	
	2.5	35.44	
	1	14.11	
	0.5	8.29	
BHT	100	86.903	25.232
	75	86.313	
	50	67.906	
	25	51.740	
	20	40.649	
	10	23.835	

4.2.2 การทดลองที่ 2.2 การทดสอบวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออน (Metal chelating activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

จากการศึกษาการทดสอบวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันระเหยหอมจากพืช 29 ชนิด ได้แก่ กานพลู กะเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พิมเสน ไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน ขิง ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว (ตารางที่ 4.5) นำค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนไปคำนวณค่า IC_{50} คือความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่ยับยั้งปริมาณของอนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด โดยพิจารณาจากค่า IC_{50} ถ้ามีน้อยแสดงว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ผลจาการศึกษาพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส มีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนมากที่สุด คือเท่ากับ 150.16 ppm รองลงมาคือ ส้มโอ สน สะระแหน่ ซีดาร์วูด มะนาว สะเม็ดขาว ขมิ้นชัน อบเชยเทศ มะกรูด ตะไคร้หอม ส้ม โป๊ยกั๊ก และแฝกหอม มีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 178.35, 837.82, 989.24, 1,803.32, 1,936.39, 2,120.53, 3,196.99, 3,223.52, 3,330.41, 15.243.57, 17,352.53, 20,091.64 และ 41,081.86 ppm ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากส้มแก้ว ข่า ขิง อบเชยจีน กะเพรา จันทน์เทศ โหระพา ไพล จำปี ดอกกระดังงา ตะไคร้บ้าน ยี่หร่า ระกำ กานพลูและพิมเสน พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกกว่า 50,000 ppm โดยเปรียบเทียบสารละลายมาตรฐานคือ EDTA มีค่าเท่ากับ 18.32 ppm (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Metal chelating activity

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
1. ตะไคร้บ้าน	50,000	17.37	>50,000
	40,000	15.21	
	30,000	13.21	
	20,000	10.21	
	10,000	0.84	
2. ตะไคร้หอม	50,000	80.72	15,243.57
	40,000	68.24	
	30,000	60.25	
	20,000	45.49	
	10,000	40.12	
3. ซีดาร์วูด	20,000	80.12	1,803.32
	10,000	71.59	
	5,000	64.29	
	2,500	56.31	
	1,000	40.56	
4. แฝกหอม	50,000	56.72	41,081.86
	40,000	48.14	
	30,000	42.06	
	20,000	37.32	
	10,000	28.12	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Metal chelating activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
5. ขิง	50,000	24.90	>50,000
	40,000	8.01	
	30,000	6.35	
	20,000	1.58	
	10,000	0.97	
6. ขมิ้นชัน	7,000	98.54	3,196.99
	6,000	90.31	
	5,000	85.79	
	4,000	67.33	
	3,000	43.13	
7. ข่า	50,000	17.60	>50,000
	40,000	12.63	
	30,000	10.15	
	20,000	4.54	
	10,000	0.31	
8. ส้ม	30,000	61.97	17,352.53
	20,000	57.66	
	10,000	40.73	
	5,000	12.81	
	1,000	6.05	
9. มะกรูด	20,000	81.55	3,330.41
	10,000	79.31	
	5,000	58.16	
	2,500	46.12	
	1,000	22.26	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยโดย วิธี Metal chelating activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
10. มะนาว	10,000	81.33	1,936.39
	5,000	71.91	
	2,500	61.12	
	1,250	45.49	
	750	21.98	
11. ส้มโอ	5,000	87.51	178.35
	1,000	83.88	
	500	78.13	
	100	32.07	
	50	29.95	
12. ส้มแก้ว	50,000	9.75	>50,000
	40,000	6.86	
	30,000	5.78	
	20,000	4.33	
	10,000	2.86	
13. โหระพา	50,000	29.08	>50,000
	40,000	25.82	
	30,000	20.21	
	20,000	12.86	
	10,000	9.84	
14. กะเพรา	50,000	8.91	>50,000
	40,000	4.59	
	30,000	3.54	
	20,000	2.11	
	10,000	1.78	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Metal chelating activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
15. พิมเสน	50,000	16.19	>50,000
	40,000	13.16	
	30,000	11.78	
	20,000	9.38	
	10,000	5.06	
16. สะระแหน่	10,000	86.80	989.24
	5,000	79.75	
	2,500	70.19	
	1,000	51.22	
	500	31.59	
17. ยูคาลิปตัส	5,000	87.28	150.16
	1,000	84.63	
	500	73.82	
	100	40.03	
	10	11.19	
18. สะเม็ดขาว	10,000	83.62	2,120.53
	5,000	67.11	
	1,000	28.45	
	500	17.03	
	100	1.21	
19. กานพลู	50,000	4.02	>50,000
	40,000	2.29	
	30,000	1.91	
	20,000	1.00	
	10,000	0.05	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหย โดยวิธี Metal chelating activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
20. อบเชยจีน	50,000	32.90	>50,000
	40,000	27.59	
	30,000	18.33	
	20,000	9.93	
	10,000	4.51	
21. อบเชยเทศ	20,000	90.85	3,223.52
	10,000	83.93	
	5,000	78.61	
	2,500	49.43	
	1,000	23.93	
22. ยี่หร่า	50,000	15.42	>50,000
	40,000	12.47	
	30,000	10.53	
	20,000	8.60	
	10,000	1.40	
23. จันทร์เทศ	50,000	35.30	>50,000
	40,000	31.30	
	30,000	24.70	
	20,000	20.5	
	10,000	17.08	
24. สน	10,000	86.16	837.82
	5,000	84.96	
	1,000	56.11	
	500	35.42	
	100	16.78	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอระเหย โดยวิธี Metal chelating activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
25. ดอกกระดังงา	50,000	17.91	>50,000
	40,000	15.24	
	30,000	13.21	
	20,000	12.24	
	10,000	10.21	
26. โป๊ยกั๊ก	30,000	63.84	20,091.64
	20,000	49.71	
	10,000	33.84	
	5,000	17.21	
	1,000	2.97	
27. ระกำ	50,000	21.58	>50,000
	40,000	16.38	
	30,000	14.09	
	20,000	13.84	
	10,000	10.18	
28. จำปี	50,000	23.29	>50,000
	40,000	20.57	
	30,000	17.24	
	20,000	11.48	
	10,000	10.21	
29. ไพล	50,000	12.35	>50,000
	40,000	9.97	
	30,000	5.57	
	20,000	3.21	
	10,000	2.14	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของสารละลายมาตรฐานโดยวิธี Metal chelating activity

สารละลายมาตรฐาน	ความเข้มข้น	กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (%)	IC_{50}
EDTA	100	95.97	18.32
	75	95.75	
	50	78.77	
	25	59.69	
	1.5	39.65	
	10	30.72	
	5	14.12	

4.2.3 การทดลองที่ 2.3 การทดสอบวัดความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ของ น้ำมันหอมระเหยจากพืช

จากการศึกษาการทดสอบวัดความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ได้แก่ กานพลู กระเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พิมเสน ไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน ขิง ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้วโดยวิธี Reducing power activity (ตารางที่ 4.7) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน คือ วิตามินซีแล้วนำค่าดูดกลืนแสงมาพิจารณาหาค่า EC_{50} (Effective Concentration) คือความเข้มข้นของสารที่มีประสิทธิภาพกระตุ้นการต้านอนุมูลอิสระได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด ผลจากการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา มีวัดความสามารถในการรีดิวซ์มากที่สุด คือเท่ากับ 256.55 ppm รองลงมาคือ กานพลู อบเชยจีน ไพล จันทน์เทศ แฝกหอม ตะไคร้บ้าน ตะไคร้หอม และดอกกระดังงา มีวัดความสามารถในการรีดิวซ์เท่ากับ 329.36, 410.89, 656.05, 712.34, 780.46, 6,174.53, 7,944.86 และ 19,002.90 ppm ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากขิง ขมิ้นชัน ข่า พิมเสน จำปี ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว พบว่ามีวัดความสามารถในการรีดิวซ์มากกกว่า 7,500 ppm โดยเปรียบเทียบสารละลายมาตรฐานคือ วิตามินซี มีค่าเท่ากับ 46.634 ppm (ตารางที่ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	ความสามารถในการรีดิวซ์ (OD)	EC_{50}
1. ตะไคร้บ้าน	7,500	0.600	6,174.53
	5,000	0.514	
	2,500	0.311	
	1,000	0.155	
	100	0.032	
2. ตะไคร้หอม	20,000	0.733	7,944.86
	15,000	0.672	
	10,000	0.544	
	5,000	0.377	
	2,500	0.217	
3. ซีดาร์วูด	7,500	0.141	>7,500
	5,000	0.128	
	2,500	0.088	
	1,000	0.028	
	100	0.011	
4. แฝกหอม	7,500	0.876	780.46
	5,000	0.763	
	2,500	0.629	
	1,000	0.552	
	100	0.199	
5. ขิง	7,500	0.098	>7,500
	5,000	0.085	
	2,500	0.065	
	1,000	0.044	
	100	0.004	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	ความสามารถในการรีดิวซ์ (OD)	EC_{50}
6. ขมิ้นชัน	7,500	0.096	>7,500
	5,000	0.077	
	2,500	0.050	
	1,000	0.047	
	100	0.030	
7. ข่า	7,500	0.182	>7,500
	5,000	0.169	
	2,500	0.145	
	1,000	0.121	
	100	0.096	
8. ส้ม	7,500	0.129	>7,500
	5,000	0.081	
	2,500	0.062	
	1,000	0.042	
	100	0.016	
9. มะกรูด	7,500	0.094	>7,500
	5,000	0.069	
	2,500	0.060	
	1,000	0.054	
	100	0.050	
10. มะนาว	7,500	0.200	>7,500
	5,000	0.160	
	2,500	0.129	
	1,000	0.101	
	100	0.073	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	ความสามารถในการรีดิวซ์ (OD)	EC_{50}
11. ส้มโอ	7,500	0.187	>7,500
	5,000	0.159	
	2,500	0.135	
	1,000	0.115	
	100	0.040	
12. ส้มแก้ว	7,500	0.071	>7,500
	5,000	0.032	
	2,500	0.014	
	1,000	0.004	
	100	0.002	
13. โหระพา	7,500	0.271	>7,500
	5,000	0.245	
	2,500	0.163	
	1,000	0.097	
	100	0.053	
14. กะเพรา	2,000	1.102	256.55
	1,000	0.761	
	500	0.552	
	100	0.278	
	50	0.163	
15. พิมเสน	7,500	0.114	>7,500
	5,000	0.088	
	2,500	0.051	
	1,000	0.021	
	100	0.005	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	ความสามารถในการรีดิวซ์ (OD)	EC_{50}
16. สะระแหน่	7,500	0.074	>7,500
	5,000	0.054	
	2,500	0.041	
	1,000	0.026	
	100	0.004	
17. ยูคาลิปตัส	7,500	0.117	>7,500
	5,000	0.105	
	2,500	0.035	
	1,000	0.031	
	100	0.013	
18. สะเม็ดขาว	7,500	0.164	>7,500
	5,000	0.151	
	2,500	0.058	
	1,000	0.027	
	100	0.006	
19. กานพลู	2,000	1.010	329.36
	1,000	0.636	
	500	0.427	
	100	0.180	
	50	0.077	
20. อบเชยจีน	2,000	1.000	410.89
	1,000	0.618	
	500	0.344	
	100	0.112	
	50	0.039	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	ความสามารถในการรีดิวซ์ (OD)	EC_{50}
21. อบเชยเทศ	7,500	0.100	>7,500
	5,000	0.092	
	2,500	0.072	
	1,000	0.042	
	100	0.021	
22. ยี่หร่า	7,500	0.152	>7,500
	5,000	0.135	
	2,500	0.128	
	1,000	0.107	
	100	0.100	
23. จันทร์เทศ	7,500	1.062	712.34
	5,000	0.715	
	2,500	0.332	
	1,000	0.116	
	100	0.064	
24. สน	7,500	0.100	>7,500
	5,000	0.090	
	2,500	0.051	
	1,000	0.032	
	100	0.021	
25. ดอกกระดังงา	20,000	0.546	19,002.90
	15,000	0.459	
	10,000	0.323	
	5,000	0.189	
	2,500	0.120	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Reducing power activity (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	ความเข้มข้น	ความสามารถในการรีดิวซ์ (OD)	EC_{50}
26. โป๊ยกั๊ก	7,500	0.101	>7,500
	5,000	0.089	
	2,500	0.070	
	1,000	0.021	
	100	0.011	
27. ระกำ	7,500	0.149	>7,500
	5,000	0.140	
	2,500	0.129	
	1,000	0.106	
	100	0.047	
28. จำปี	7,500	0.163	>7,500
	5,000	0.124	
	2,500	0.079	
	1,000	0.061	
	100	0.013	
29. ไพล	3,000	1.021	656.05
	2,000	0.957	
	1,000	0.440	
	500	0.156	
	100	0.034	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการรีดิวซ์ของสารละลายมาตรฐานโดยวิธี Reducing power activity

สารละลายมาตรฐาน	ความเข้มข้น	ความสามารถในการรีดิวซ์ (OD)	EC_{50}
วิตามินซี	80	0.823	46.634
	70	0.725	
	60	0.629	
	50	0.529	
	40	0.426	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพจากน้ำมันหอมระเหยจากพืช

5.1.1 การทดลองที่ 1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ โดยการสร้าง dendrogram พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีความใกล้ชิดกันที่ 52.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มได้ 5 กลุ่มใหญ่ในหญ้าข้าวนก และมีความใกล้ชิดกันที่ 57.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่มใหญ่ในผักโขมหนาม ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบมากที่สุดในหญ้าข้าวนกอยู่ในกลุ่ม 3 และในผักโขมหนามอยู่ในกลุ่ม 2

5.1.2 การทดลองที่ 1.2 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก และที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามโดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุมพบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกสูงที่สุดได้ 92.5 เปอร์เซ็นต์ ความยาวต้นและความยาวรากได้ 80.94 และ 97.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีรายงานการวิจัยเกี่ยวข้องกับน้ำมันหอมระเหยของ Kaur et al. (2010) ได้ศึกษาผลความเป็นพิษของ *Artemisia scoparia* กับวัชพืช 5 ชนิดได้แก่ *Achyranthes aspera*, *Cassia occidentalis*, *Parthenium hysterophorus*, *Echinochloa crus-galli* และ *Ageratum conyzoides* ที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 ไมโครลิตร พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้า *P. Hysterophorus* ได้สูงที่สุดเช่นเดียวกับ Batish et al. (2012) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจาก *Anisomeles indica* พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *Anisomeles indica* สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ *Amaranthus viridis* ได้สูงที่สุดคือ 82 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ *Bidens pilosa*, *Echinochloa crus-galli* และ *Cassia occidentalis* ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 การทดลองที่ 1.3 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm ต่อการดูดน้ำของหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง และที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm ต่อการดูดน้ำของผักโขมหนามที่ 6, 12 และ24 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเพิ่มสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำในเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามจะมีปริมาณลดลง และเมื่อระยะเวลาเพิ่มสูงขึ้นเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำในเมล็ดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุมซึ่งมีรายงานการวิจัยเกี่ยวข้องกับการดูดน้ำของ Poonpaiboonpipat et al. (2013) ทดสอบประสิทธิภาพจากน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้านในการควบคุมหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 4 และ 8 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งการดูดน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกตามระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น

5.1.4 การทดลองที่ 1.4 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ

จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm ต่อกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง และที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm ต่อกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของผักโขมหนามที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเพิ่มสูงขึ้น กิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามจะมีปริมาณลดลง และเมื่อระยะเวลาเพิ่มสูงขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Kato-Noguchi and Macias (2005) ซึ่งรายงานว่า 6-methoxy-2-benzoxazolinoe (MBOA) มีผลในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดผักกาดหอม ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสลงตามความเข้มข้นของสาร MBOA ที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับ Loizzo et al. (2007) ได้ศึกษาผลยับยั้งกิจกรรมอัลฟา-อะไมเลสจากน้ำมันหอมระเหยจาก *Cedrus libani* จากส่วนต่างๆคือ wood leaves และ cones พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *Cedrus libani* จากเปลือกสามารถยับยั้งกิจกรรมอัลฟา-อะไมเลสได้สูงที่สุดคือมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากพืช

5.2.1 การทดลองที่ 2.1 การทดสอบวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (DPPH radical scavenging activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

จากการศึกษาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ได้แก่ กานพลู กะเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พิมเสน ไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน ขิง ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว โดยวิธี DPPH radical scavenging พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมากที่สุด รองลงมาคือ กะเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พิมเสน ไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน ขิง ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว สอดคล้องกับ Joshi et al. (2010) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Neolitsea pallens*, *Lindera pulcherrima*, *Dodecadenia grandiflora*, *Persea duthiei*, *Persea odoratissima*, *Persea gamblei* และ *Phoebe lanceolata* โดยวิธี DPPH radical scavenging พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *D. Grandiflora* และ *L. Pulcherrima* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยวิธี DPPH radical scavenging มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.032 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.087 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และ Manjamalai and Grace (2012) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเบญจมาศ (*Wedelia chinensis* (Osbeck)) มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical scavenging เท่ากับ 48 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่วิตามินซีเป็นสารละลายมาตรฐานมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ที่มีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจะมีผลสอดคล้องกับการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบซึ่งแสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบส่วนใหญ่จะมีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย

5.2.2 การทดลองที่ 2.2 การทดสอบวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออน (Metal chelating activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

จากการศึกษาความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ได้แก่ กานพลู กะเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พิมเสน ไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน ขิง ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส มีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอ สน สะระแหน่ ซีดาร์วูด มะนาว สะเม็ดขาว ขมิ้นชัน อบเชยเทศ มะกรูด ตะไคร้หอม ส้ม โป๊ยกั๊ก แฝกหอม ส้มแก้ว ข่า ขิง อบเชยจีน กะเพรา จันทน์เทศ โหระพา ไพล จำปี ดอกกระดังงา ตะไคร้บ้าน ยี่หร่า ระกำ กานพลู และพิมเสน เช่นเดียวกับ ณัฐกิติ และคณะ (2556) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus* (De.) Stapf.) พบว่า มีความสามารถในการจับกับโลหะ เท่ากับ 68.61 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้มีกลไกการต้านอนุมูลอิสระ โดยอาจลดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation และลดการเกิดอนุมูลอิสระ เนื่องจากธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัส (Fe^{2+}) เป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยา lipid peroxidation การทดสอบความสามารถในการคีเลตไอออนของโลหะ เป็นการทดสอบความสามารถของสารในการแย่งจับกับโลหะไอออนทำให้ปริมาณอนุมูลอิสระอยู่ในสมดุล ซึ่งเป็นอีกกลไกหนึ่งในการต้านอนุมูลอิสระโดยที่สารต้านอนุมูลอิสระจะจับกับ Fe^{2+} ทำให้ลดการเกิดอนุมูลอิสระ (Rice-Evans et al. 1995)

5.2.3 การทดลองที่ 2.3 การทดสอบวัดความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ของ น้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

จากการศึกษาวัดความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ได้แก่ กานพลู กะเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พิมเสน ไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน ขิง ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว โดยวิธี Reducing power activity พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา มีความสามารถในการรีดิวซ์มากที่สุด รองลงมาคือ กานพลู อบเชยจีน ไพล จันทน์เทศ แฝกหอม ตะไคร้บ้าน ตะไคร้หอม ดอกกระดังงา ขิง ขมิ้นชัน ข่า พิมเสน จำปี ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊กและส้มแก้ว เช่นเดียวกับ Gursoy et al. (2012) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Salvia palaestina* และ *S. ceratophylla* โดยวิธี Reducing power activity พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *S. palaestina* ที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.36 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ที่มีความสามารถในการรีดิวซ์จะมีผลสอดคล้องกับการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบส่วนใหญ่จะมีความสามารถในการรีดิวซ์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบโดยการสร้าง dendrogram พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีความใกล้ชิดกันที่ 52.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มได้ 5 กลุ่มใหญ่ในหญ้าข้าวนก และ ที่มีความใกล้ชิดกันที่ 57.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่มใหญ่ในผักโขมหนาม ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบมากที่สุดในหญ้าข้าวนกอยู่ในกลุ่ม 3 และในผักโขมหนามอยู่ในกลุ่ม 4 การจัดกลุ่มสามารถใช้แสดงความแตกต่างกันของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนพบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกสูงที่สุดได้ และผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้อย่างสมบูรณ์ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีประสิทธิภาพการเป็นสารกำจัดวัชพืช

การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนพบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเพิ่มสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำในเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามจะลดลง และเมื่อระยะเวลาเพิ่มสูงขึ้นเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำในเมล็ดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เมล็ดพืชทั้งสองชนิดมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสรีรวิทยาของเมล็ดพืชนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ

จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามลดลงตามความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่เพิ่มขึ้นและตามระยะเวลาทดสอบที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม

การทดสอบวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (DPPH radical scavenging activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

จากการศึกษาวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมากที่สุด รองลงมาคือ กะเพรา อบเชยจีน จันทน์เทศ ตะไคร้หอม แฝกหอม พิมเสน ไพล ข่า ตะไคร้บ้าน ดอกกระดังงา จำปี ขมิ้นชัน ขิง ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว

การทดสอบวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออน (Metal chelating activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

จากการศึกษาวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนของน้ำหอมจากพืช 29 ชนิด พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส มีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอ สน สะระแหน่ ซีดาร์วูด มะนาว สะเม็ดขาว ขมิ้นชัน อบเชยเทศ มะกรูด ตะไคร้หอม ส้ม โป๊ยกั๊ก แฝกหอม ส้มแก้ว ข่า ขิง อบเชยจีน กะเพรา จันทน์เทศ โหระพา ไพล จำปี ดอกกระดังงา ตะไคร้บ้าน ยี่หร่า ระกำ กานพลู และพิมเสน

การทดสอบวัดความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ของ น้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด

จากการศึกษาวัดความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 29 ชนิด พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา มีวัดความสามารถในการรีดิวซ์มากที่สุด รองลงมาคือ กานพลู อบเชยจีน ไพล จันทน์เทศ แฝกหอม ตะไคร้บ้าน ตะไคร้หอม ดอกกระดังงา ขิง ขมิ้นชัน ข่า พิมเสน จำปี ยี่หร่า มะนาว ซีดาร์วูด ยูคาลิปตัส สะระแหน่ มะกรูด สน ระกำ ส้ม ส้มโอ อบเชยเทศ โหระพา สะเม็ดขาว โป๊ยกั๊ก และส้มแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรมีการศึกษาถึงสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเพื่อประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดวัชพืช

6.2.2 ควรมีการพัฒนาน้ำมันหอมระเหยจากพืชให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. **คู่มือสมุนไพรและเครื่องเทศ. ชุดที่ 3 พืชสมุนไพรน้ำมันหอมระเหย.** กรุงเทพฯ หน้า 12-13.

กระทรวงสาธารณสุข. 2555. **จำนวนและอัตราผู้เสียชีวิตจากโรคสำคัญปี พ.ศ. 2537 – 2554.** [online].Avaible:http://social.nesdb.go.th/SocialStat/StatReport_Final.aspx?reportid=367&template=1R2 C&yeartype =M&subcatid=15

ชบา ทองไผ่ใหญ่ อนุชา วงศ์ปราณีกุล และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2555. “ความหลากหลายและสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างอ้อยพันธุ์การค้าในประเทศไทย.” **แก่นเกษตร** 40 (3) ฉบับพิเศษ : 60-67.

ณัฐกิติ ภู่รื่น อภิญญา อิทธิเวชชัย นีรนุช พุทไธสง มณทินี ธีรารักษ์ และจำรูญ เล้าสินวัฒนา. 2556. “ผลของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้านต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ.” หน้า 1465-1472. ใน **เรื่องเต็มการประชุมอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11**. ขอนแก่น: เซ็นทาราคอนเวนชันเซนเตอร์.

นฤตยา นันยา. 2554. “การศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลองของน้ำมันหอมระเหยจากพริกไทย.” ปัญหาพิเศษปริญญาตรี หลักสูตรพืชสวน สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประเทืองศรี สินชัยศรี. 2542. **พรรณไม้หอมและน้ำมันหอมระเหย.สำนักวิจัยและพัฒนาพืชน้ำมันและผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชอุตสาหกรรมเกษตร.** กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร. 130 หน้า.

ประเทืองศรี สินชัยศรี. 2543. **การสกัดน้ำมันพืชและน้ำมันหอมระเหยโดยเทคนิคของการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะเหนือจุดวิกฤติ.** เอกสารโรเนียว. สำนักวิจัยและพัฒนาพืชน้ำมันและผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชเพื่ออุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

ประภัสสร วีระพันธ์ และวัชรี คุณกิตติ. 2554. “คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยในหลอดทดลอง.” **วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน** 7(3) : 30-38.

พรชัย เหลืองอาภาพงษ์. 2540. **วัชพืชศาสตร์.** กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์ลินคอร์น.

พรทิพย์ วิรัชวงศ์. 2550. **อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ.** [Online]. Avilable : http://www.gpo.or.th/rdi/html/antioxidants.html [19/2/2014]

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. 2543. **เครื่องสำอางธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์สำหรับผิวหนัง**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2547. **สารป้องกันกำจัดวัชพืช: กลไกการเข้าทำลาย.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล ประพิศ วองเทียม ศุภชัย สารกาญจน์ และเพียงเพ็ญ ศรวัต. 2554. การจำแนกพันธุ์มันสำปะหลังที่รวบรวมไว้ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล. เทคโนโลยีพืชไร่. **ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น** จังหวัดขอนแก่น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. **ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช ปี 2556.** [online]. Avaible : http://www.oae.go.th/ewt_new.php.nid = 146. 22/03/56.

อัญชนา เจนวิถีสุข. 2544. “การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้านและสมุนไพรไทย.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โอภา วัชระคุปต์ ปรีชา บุญจูง จันทนา บุณยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2549. **สารต้านอนุมูลอิสระ**. กรุงเทพฯ: พี.เอส.พริ้นท์.

Bainard, L. D., Isman, M. B. and Upadhyaya, M. K. 2006. “Phytotoxicity of clove oil and its primary constituent eugenol and the role of leaf epicuticular wax in the susceptibility to these essential oils.” **Weed Science**. 54: 833-837.

Baker, H.J. 1974. “The evolution of weeds.” **Annual Review of Ecology and Systematics.** 5: 1-24.

Basu, T. K., Temple N. J. and Garg, M. L. 1999. **Antioxidant in human health and disease**. U.K: CABI publishing.

Batish, D. R., Singh, H. P., Kaur, M., Kohli, R. K. and Singh, S., 2012. “Chemical characterization and phytotoxicity of volatile essential oil from leaves of *Anisomeles indica* (Lamiaceae).” **Biochemical Systematics and Ecology**. 41: 104-109.

Batish, D. R., Singh, H. P., Setia, N., Kohli, R. K., Kaur, S. and Yadav, S. S. 2007. “Alternative control of littleseed canary grass using eucalypt oil.” **Agronomy for Sustainable Development.** 27: 171-177.

Bauer, K., Garbe, D. and Surburg, H. 1990. **Common Frangrance and Flavor Materials.** VCH Publisher, New York. 365 p.

Blois, M. S. 1958. “Antioxidant determinations by the use of a stable free radical**.” Nature**. 181: 1199-1200.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Copping, L.G. 1996. **Crop Protection Agents From Nature: Natural Products And Analogues**. U.K.: The royal society of chemistry. Cambridge.

Craft, A.S. 1975. **Modern Weed Control**. USA : University of Califlonia Press. Berkley. CA.

Dinis, T. C. P., Madeira, V. M. C. and Almeida, L. M. 1994. "Action of phenolic derivates (acetoaminophen, salycilate, and 5-aminosalycilate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxyl radical scavengers." **Archives of Biochemistry and Biophysics**. 315: 161-169.

Evenari, M. 1949. **Germination inhibitors**. Cited by E.L. Rice. Allelopathy. 2 nd ed., Academic press, Inc., Orlando. 422 p.

Gursoy, N., Tepe, B. and Akpulat, H. A. 2012. "Chemical composition and antioxidant activity of the essential oils of *Salvia palaestina* (Bentham) and *S. ceratophylla* (L.)." **Records of Natural Products.** 6(3): 278-287.

Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C. and Aruoma, L. 1987. "The deoxyribose method: a simple test tube assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals**."** **Journal Analytical Biochemistry.** 165(1): 215-219.

Harlan, J.R. 1975. **Crops and Management**. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. 295 p.

Hou, W. C., Chen, Y. C., Lin, Y. H., Yang, L. L. and Lee, M. H. 2001. "Antioxidant activities of trypsin inhibitor a 33 kDa root strorage protein of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam cv. Tainong 57)." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 49: 2978-2981.

Inderjit, S. and Duke, S. O. 2005. "Ecophysiological aspects of allelopathy." **Planta**. 217: 529-639.

John, K. and Steven, P. 1993. The Handbook of Cosmetic Science & Technology. 1st ed., **Elsevier Advanced Technology**, Oxford, UK. 581 p.

Joshi, S. C., Verma, A. R. and Mathela, C. S. 2011. "Antioxidant and antibacterial activities of the leaf essential oils of *Himalayan Lauraceae* species." **Food and Chemical Toxicology**. 48: 37-40.

Kappus, H. 1992. **Oxidative stress in chemical toxicity.** In Free radicals and the liver. Csomos, G. and Feher, J. (Eds). pp. 13. Berlin: Springer-Verleg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kato-Noguchi, H. and Kanesawa, T. 2003. "Allelopathic. substranc in rice root exudates: rediscovery of momilactone B as an allelochemical." **Plant Physiology**. 161: 271-276.

Kato-Noguchi, H. and Macías, F. A. 2005. "Effects of 6-methoxy-2-benzoxazolinone on the germination and α-amylase activity in lettuce seeds." **Journal of Plant Physiology**. 162: 1304-1307.

Kaur, S., Singh, H. P., Mittal, S., Batish, D. R. and Kohli, R. K. 2010. "Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide." **Industrial Crops and Products**. 32: 54-61.

Kohli, R. K., Batish, D. R. and Singh, H. P. 1997. "Eucalypt oils for the control of *Parthenium* (*Parthenium hysterophorus* L.)." **Crop Protection**. 17: 119-122.

Kordali, S., Cakir, A., Akcin, T.A., Mele, E., Akcin, A., Aydin, T. and Kilic. H. 2009. "Antifungal and herbicidal properties of essential oils and *n*-hexane extracts of *Achillea gypsicola* Hub-Mor.and *Achillea biebersteinii* Afan. (Asteraceae)." **Industrial Crops and Products.** 29: 562-570.

Loizzo, M. R., Saab, A. M., Statti, G. A. and Menichini, F. 2007. "Composition and α-amylase inhibitory effect of essential oils from *Cedrus libani*." **Fitoterapia.** 78: 323-326.

Maity, J. P., Chakraborty, S., Kar, S., Jiin-Shuh, J., Samal, A. C., Chakraborty, A. and Santa, S. C. 2009. "Effects of gamma irradiation on edible seed protein, amino acids and genomic DNA during sterilization." **Food Chemistry** 114: 1237-1247.

Manjamalai, A. V. M. and Grace, B. 2012. "Antioxidant activity of essential oils from *Wedelia chinensis* (Osbeck) in vitro and in vivo lung cancer bearing C57BL/6 mice." **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention**. 13: 3065-3071.

Mutlu, S., Atici, O., Esim, N. and Mete, E. 2011. "Essential oils of catmint (*Nepeta meyeri* Benth.) induce oxidative stress in early seedlings of various weed species." **Acta Physiologiae Plantarum.** 33: 943-951.

Narumol, T., Rujirek, N. and Theerachai, T. 2011. "Using random amplified polymorphic dna technique for studying the genetic relationship of *gardenia* spp." **Burapha science journal**. 1: 41-46.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nikishimi, M., Rao, N. and Yagi, K. 1972. "The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulphate and molecular oxygen." **Journal of Biochemistry and Biophysics Research Communications.** 46: 849-854.

Ohkawa, H., Ohishi, N. and Yagi, K. 1979. "Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction**." Journal Analytical Biochemistry.** 95: 351-358.

Oke, F., Aslim, B., Ozturk, S. and Altundag, S. 2009. "Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten." **Food Chemistry.** 112: 874-879.

Oyaizu, M. 1986. "Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine." **Japanese Journal of Nutrition.** 44: 307-315.

Packer, L., Hiramatsu, M. and Yoshikawa, T. 1999. **Antioxidant food supplements in human health.** U.S.A.: Academic Press.

Poonpaiboonpipat, T., Pangnakorn, U., Suvunnamek, U., Teerarak, M., Charoenying P. and Laosinwattana, C. 2013. "Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*)." **Industrial Crops and Products.** 41: 403-407.

Prakash, O., Gondwal, M. and Pant, A. K. 2011. "Essential oils composition and antioxidant activity of water extract from seeds and fruit pulp of *Skimmia anquetilia* N.P. Taylor and Airy Shaw." **Indian Journal of Natural Products and Resources**. 2 (4): 435-441.

Putnam, A.R. 1985. "Weed Allelopathy**". Weed Physiology.** Reproduction and Ecophysiology. Florida : CRC Press. Inc. 131-155.

Putnum, A. R. 1988. "Allelochemicals from plants as herbicides." **Weed Technology.** 2: 510-518.

Ramezani, S., Saharkhiz, M. J., Ramezani, F. and Fotokian, M. H. 2008. "Use of Essential Oils as Bioherbicides." **Jeobp**. 11 (3): 319-327.

Rathera, M. A. , Dara, B. A., Darb, M. Y., Wanic, B. A., Shahb, W. A., Bhata, B. A., Ganaic, B.A., Bhata, K. A., Anandd, R. and Qurishib, M.A. 2012. "Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the leaf essential oil of *Juglans regia* L. and its constituents." **Phytomedicine**. 19: 1185-1190.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., and Rice-Evan, C. 1999. "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorisation assay." **Journal of Free Radicals in Biology and Medicine**. 26(9-10): 1231-1237.

Rice, E.L. 1984. **Allelopathy.** 2 nd edition. Acadecmic Press, Inc. Olendo.

Rice-Evans, C. A. and Miller, N. J. 1996. "Antioxidant acitivities of flavonoids as bioactive compounds of foods." **Journal Biochemical Society Transactions.** 24(3): 790-795.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., Bolwell, P. G., Bramley, P. M. and Pridham, J. B. 1995. "The relative antioxidant activities of plant derived polyphenolic flavonoids." **Free Radical Research.** 22: 375-383.

Rodcharoen, J., Wongsiri, S. and Mulla, M. S. 1997. "Biopesticides: toxicity, safety, development and proper use." **Proceedings First International Symposium on Biopesticides.** Chulalongkorn University Press. Bangkok. Thailand.

Rohman, A., Riyanto, S., Yuniarti, N., Saputra, W. R., Utami, R. and Mulatsih, W. 2010. "Antioxidant activity, total phenolic, and total flavaonoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam)." **International Food Research Journal**. 17: 97-106.

Ronbinson, T. 1983. **The organic constituents of higher plants.** Cited by E.L. Rice. Allelopathy. 2 nd ed., 1 Academic press, Inc., Orlando. 422 p.

Salamci, E., Kordali S., Kotan, R. and Kaya, Y. 2007. "Chemical compositions, antimicrobial and herbicidal effects of essential oils isolated from turkish *Tanacetum aucheranum* and *Tanacetum chiliophyllum* var. *chiliophyllum*.' **Biochemical Systematics and Ecology.** 35: 569-581.

Setia, N., Batish, D. R., Singh, H.P. and Kohli, R. K. 2007. "Phytotoxicity of volatile oil from *Eucalyptus citriodora* against some weedy species." **Journal of Environmental Biology**. 28(1): 63-66

Singh, H. P., Kaur, S., Mittal, S., Batish, D. R. and Kohli, R. K. 2008. "Phytotoxicity of major constituents of the volatile oil from leaves of *Artemisia scoparia* Waldst and Kit. Verlag der Zeitschrift fur Naturforschung." **Tubingen**. 63: 663-666.

Singh, H. P., Kaur, S., Mittal, S., Batish, D. R. and Kohli, R. K. 2010. "In vitro screening of essential oil from young and mature leaves of *Artemisia scoparia* compared to its major

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

constituents for free radical scavenging activity." **Food and Chemical Toxicology**. 48: 1040-1044.

Singh, H.P., Kaur, S., Negi, K., Kumari, S., Saini, V., Batish, D. R. and Kohli, R. K. 2012. "Assessment of in vitro antioxidant activity of essential oil of *Eucalyptus citriodora* (lemon-scented Eucalypt; Myrtaceae) and its major constituents." **Food Science and Technology.** 48: 237-241.

Spencer, J. P. E., Jenner, A., Aruoma, O. I., Evans, P. J., Kaur, H. and Dexter, D. T. 1994. "Intense oxidative DNA damage promoted by LL-DOPA and its metabolites, implications for neurogegenerative disease." **FEBS Letters.** 353: 246-250.

Tomas-Barberan, F. A. and Robins, R. J. 1997. **Phytochemistry of Fruits and Vegetables.** Oxford University Press Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอภิญญา อิทธิเวชชัย
วัน เดือน ปีเกิด	9 พฤษภาคม 2532 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	43/195 ซอยลาดพร้าว 80 แยก 26 แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง จังหวัด กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544	มัธยมศึกษา โรงเรียนเทพลีลา กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2550	ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อมพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานวิจัย

2014 1. งานวิจัยเรื่อง Effects of essential oil from *Cinnamomum cassia* on seed germination, imbibition and α-amylase activity of *Amaranthus spinosus* ในงาน The 12th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology. วันที่ 11-13 ธันวาคม 2014 ณ KMITL วิทยาเขตชุมพร จังหวัดชุมพร

2. งานวิจัยเรื่อง Potential of essential oil from cassia (*Cinnamomum cassia*) on seed germination, imbibition and α-amylase activity of *Echinochloa crus-galli* ในงาน Seoul International Conference on Biological Engineering & Natural Science (SICBENS) วันที่ 29-31 สิงหาคม 2014 ณ Courtyard by Marriott Seoul Times Square ประเทศเกาหลีใต้

2013 3. งานวิจัยเรื่อง ผลของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจาก *Aglaia odorata* ต่อการงอก การดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนก ในงานการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 “อารักขาพืชไทย ก้าวไกลในประชาคมอาเซียน” วันที่ 26-28 พฤศจิกายน 2013 ณ โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. งานวิจัยเรื่อง ผลของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้านต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ในงานการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 “อารักขาพืชไทย ก้าวไกลในประชาคมอาเซียน” วันที่ 26-28 พฤศจิกายน 2013 ณ โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

2012 5. งานวิจัยเรื่อง The effects of essential oil from certain plants on weed germination and growth of two weed species. ในงาน The 10th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology. วันที่ 27-30 ธันวาคม 2012 ณ Harbin Institute of Technology, Harbin ประเทศจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้