

ความสามารถในการต้านออกซิเดชันและสารสำคัญ
ที่พบในสารสกัดจากพืชป่าบางชนิด

ANTIOXIDANT CAPACITIES AND ACTIVE CONSTITUENTS OF
SOME WILD PLANT EXTRACTS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-054

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความสามารถในการต้านออกซิเดชันและสารสำคัญ
ที่พบในสารสกัดจากพืชป่าบางชนิด

ANTIOXIDANT CAPACITIES AND ACTIVE CONSTITUENTS OF
SOME WILD PLANT EXTRACTS



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105500
วัน,เดือน,ปี...24 พ.ย. 2552

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-054

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ANTIOXIDANT CAPACITIES AND ACTIVE CONSTITUENTS OF
SOME WILD PLANT EXTRACTS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

KMITL-2009-AI-M-053-054

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันและสารสำคัญที่พบในสารสกัดจากพืชป่า
บางชนิด
Antioxidant Capacities and Active Constituents of Some Wild Plant Extracts

ชื่อนักศึกษา นางสาวนราพร พรหมไกรวาร

รหัสประจำตัว 49068504

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.วริทธิ์ อารีกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.วริทธิ์ อารีกุล	
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม	
ดร.ยุพร พิษกมฺุร	
ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
ผศ.ดร.พิชญ์ อโหมสุทิสกุล	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 7 ตุลาคม 2552 เวลา 09.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



(รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิทินธุ์)
รักษาการแทนคณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร
วันที่ 19 เดือน 10 พ.ศ. 2552

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 28 เดือน 01 พ.ศ. 52
ลงชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีพิมพ์เผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสามารถในการต้านออกซิเดชันและสารสำคัญ ที่พบในสารสกัดจากพืชป่าบางชนิด
นักศึกษา	นราพร พรหมไกรวร
รหัสประจำตัว	49068504
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.วริทธิ์ อารีกุล

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืชด้วยเอทานอลจำนวน 49 ตัวอย่าง เพื่อค้นหาพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูง ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content, TPC) วิเคราะห์ด้วยวิธี Folin – Ciocalteu reagent ส่วนความสามารถในการต้านออกซิเดชันทดสอบด้วย 4 วิธี คือ วิธี DPPH (DPPH free radical scavenging assay) วิธี TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) วิธี FRAP (ferric reducing/antioxidant power) และวิธี TBARS (thiobarbutyric acid reactive substances) จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดพืชมีความแปรผันของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันมาก โดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ส่วนของพืช และวิธีทดสอบ เมื่อพิจารณาสารสกัดพืชสดทั้งหมด พบว่า สารสกัดจากดอกตูมกล้วยไม้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด ส่วนสารสกัดใบมันปลามีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ยกเว้นวิธี TBARS ที่พบว่า สารสกัดใบผักสมรมีค่า TBARS สูงสุด

กระบวนการทำแห้ง เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันในสารสกัดพืชส่วนใหญ่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม สารสกัดพืชแห้งบางชนิด ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันเมื่อเทียบกับสารสกัดพืชสด ในขณะที่สารสกัดพืชบางชนิด กลับมีค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ และส่วนของพืช โดยขึ้นอยู่กับความคงตัวของสารพฤกษเคมีต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทั้งที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์และไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ตลอดจน การเกิดสารประกอบใหม่ๆ ในระหว่างการทำแห้ง

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ในทุกวิธีวิเคราะห์ ยกเว้น วิธี TBARS โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.364-0.585

ชี้ให้เห็นว่า นอกเหนือจากสารประกอบโพลีฟีนอลแล้ว ยังมีสารประกอบอื่นๆ ที่มีบทบาทในการต้านออกซิเดชันเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH, TEAC และ FRAP มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.854-0.900) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับวิธี TBARS จากความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ แสดงให้เห็นว่า สารสำคัญในสารสกัดพืชมีศักยภาพในการรีดิวซ์โลหะ และการทำลายอนุมูลอิสระมากกว่าการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกลูโซ

จากผลการศึกษาในขั้นแรก ได้คัดเลือกพืชจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ หมีเหม็น หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ ใบคิ้วเกลี้ยง เมียงป่า ผักสมุย มันปลา หน้าเอ็นเสือ กระโดน ก่อข้าว และ ทะโล้ ซึ่งพืชทั้งหมดนี้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูง และสามารถใช้เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันและสารประกอบฟีนอลิกจากธรรมชาติได้

การตรวจวิเคราะห์กลุ่มสารสำคัญทางพฤกษเคมีของสารสกัดพืชที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 10 ชนิด ทำโดยเทคนิคทีนเลเซอร์โครมาโทกราฟี ด้วยการใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกัน 3 ระบบ ทำให้โครมาโทแกรมที่ได้แยกองค์ประกอบออกจากกันได้ดี ผลการทดลองพบว่า โครมาโทแกรมของพืชมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์พืช แสดงให้เห็นถึง เอกลักษณ์ของพืชแต่ละชนิด ซึ่งสารสำคัญ เช่น สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์ปีน ซาโปนิน น้ำมันหอมระเหย และสารต้านอนุมูลอิสระเป็นองค์ประกอบในสารสกัดพืชทุกชนิด ส่วนแอลคาลอยด์และคูมาริน ตรวจพบได้ในพืชบางชนิดเท่านั้น นอกจากนี้ สารสำคัญบางกลุ่มมีบทบาทในการต้านออกซิเดชัน

Thesis Title	Antioxidant Capacities and Active Constituents of Some Wild Plant Extracts
Student	Miss Naraporn Phomkaivon
Student ID.	49068504
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2009
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Varipat Areekul

ABSTRACT

The total phenolic content and antioxidant capacities of 49 ethanolic plant extracts were examined for screening plants with high antioxidant capacities. Total phenolic content (TPC) was measured by Folin - Ciocalteu reagent method while four different assays; 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity, trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC), ferric reducing antioxidant power (FRAP) and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) assay were applied to determine their antioxidant capacities. The plant extracts showed large variations in TPC and antioxidant capacities on different plant species, plant parts antioxidant assays. Among fresh plant extracts, the extract of flower of *Cratogeomys cochinchinense* (Lour.) Blume showed highest TPC while that of leaves of *Glochidion sphaerogymum* (Müll. Arg.) Kurz showed highest antioxidant activities except TBARS. The highest TBARS was observed in the extract of leaves of *Micromelum minutum* Wight & Arn .

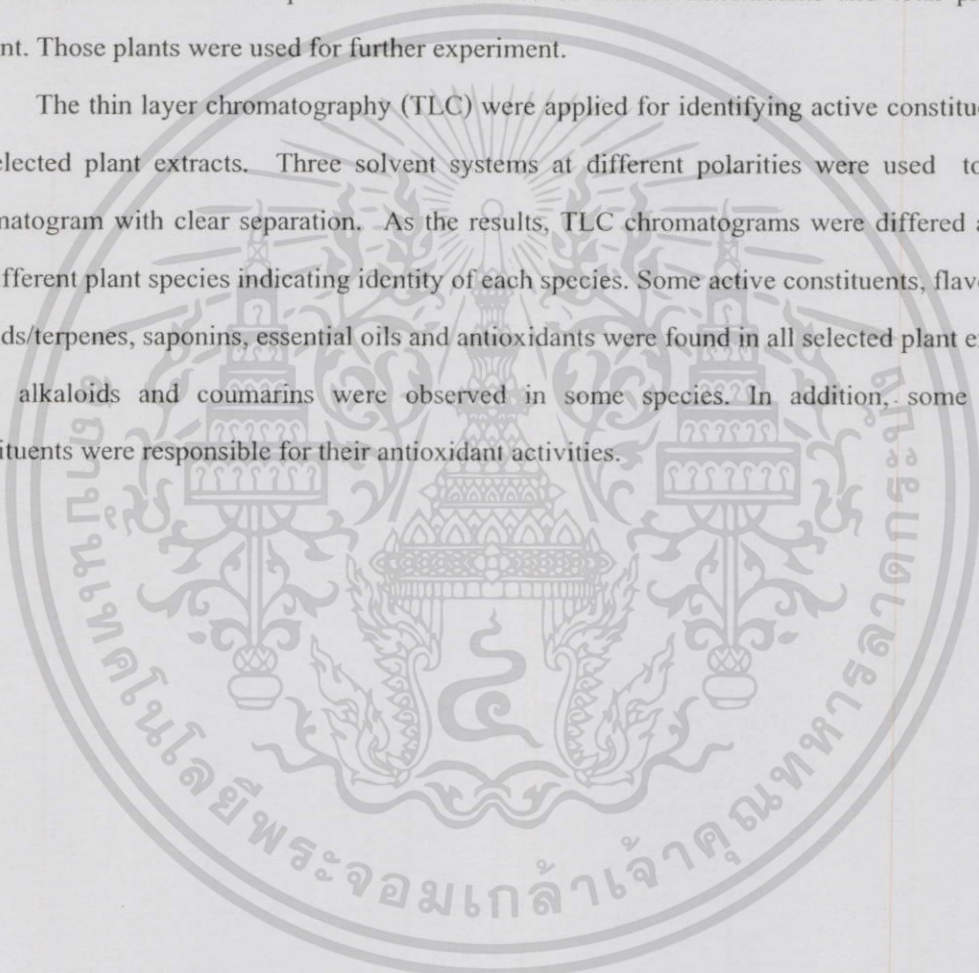
Drying process statistically affected on the reduction of TPC and antioxidant capacities in most dried plant extracts. However, compared with fresh ones, some dried plants showed no significant difference while some dried plants had higher values of TPC and antioxidant capacities ($p < 0.05$). The changes in their TPC and antioxidant capacities varied among plant species and plant parts which relied on the stability of their active constituents on enzymatic and non enzymatic oxidative reaction as well as formation of produced compounds during drying step.

The poor correlation coefficient (r) between TPC and all antioxidant assays except TBARS, ranged from 0.364-0.585, indicated that not only polyphenol but also other active compounds were responsible for antioxidant capacities. However, the three antioxidant assays (DPPH, TEAC and FRAP) showed a good correlation (0.854-0.900) but found no correlative with

TBARS. These correlations indicated that active compounds in plant extracts showed much better potential for chelating agent and free radical scavenging than break chain reactions.

From the first experimental results, the 10 selected plant; *Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. Rob., *Mimosa Phan Yai*, *Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume, *Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* (J. Masters) Kitam., *Micromelum minutum* Wight & Arn, *Glochidion sphaerogymum* (Müll. Arg.) Kurz, *Ya En Suea*, *Careya sphaerica* Roxb., *Castanopsis inermis* (Lindl. ex Wall.) Benth & Hook. f., *Schima wallichii* (D.C.) Korth. possessed high antioxidant activities and thus could be potential rich sources of natural antioxidants and total phenolic content. Those plants were used for further experiment.

The thin layer chromatography (TLC) were applied for identifying active constituents in 10 selected plant extracts. Three solvent systems at different polarities were used to yield chromatogram with clear separation. As the results, TLC chromatograms were differed among the different plant species indicating identity of each species. Some active constituents, flavonoids, steroids/terpenes, saponins, essential oils and antioxidants were found in all selected plant extracts while alkaloids and coumarins were observed in some species. In addition, some active constituents were responsible for their antioxidant activities.



กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิพีศย์ อารีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณา
สละเวลาอันมีค่าซึ่งมากคอยให้คำปรึกษา และดูแลเอาใจใส่การดำเนินงานของข้าพเจ้าเป็นอย่างดี
รวมถึง ให้คำชี้แนะในส่วนที่มีข้อบกพร่อง เสนอแนะแนวทางการวิจัย ตลอดจน ตรวจแก้ไขรูปเล่ม
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ อีกทั้งยังให้ความเมตตาคอยอบรมสั่งสอน มอบความรู้
ในด้านต่างๆ และสร้างทัศนคติที่ดีในการทำงานวิจัยแก่ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม ดร.ยุพร พิชกมุทร ดร.อพัชชา
จินดาประเสริฐ และ ผศ.ดร.พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหารและการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการ
ทำงานวิจัย ตลอดจน ตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างพืชป่า
สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณ ศ.ดร.สุธรรม อารีกุล และ คณะ ที่กรุณาคัดเลือก
และทำการตรวจสอบลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตัวอย่างพืชทั้งหมด

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้
ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือสำหรับการทดลอง ตลอดจน ให้คำแนะนำที่ทำให้การวิจัยสำเร็จ
ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องๆ ที่มอบความรัก ความเอาใจใส่ เป็นกำลังใจ
และคอยส่งเสริมการศึกษาของข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา และขอขอบคุณสำหรับความช่วยเหลือจาก
เพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการ VA ทุกคน ตลอดจน พี่ๆ น้องๆ ทุกสาขาวิชา รวมทั้ง นักวิทยาศาสตร์
และเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ และ
คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีที่สุดให้แก่ข้าพเจ้า

นราพร พรหมไกรวรรณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 พีชป่า.....	3
2.2 ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน.....	21
2.3 กลุ่มของสารสำคัญทางพฤกษเคมีในพืชและการตรวจสอบด้วย เทคนิคทินเลเยอร์ โครมาโทกราฟี.....	42
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	58
3.1 วัสดุดิบ.....	58
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	61
3.3 สถานที่ดำเนินงาน.....	61
3.4 วิธีการทดลอง.....	62
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	67
4.1 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ด้วยวิธีต่างๆ.....	67

สารบัญ (ต่อ)

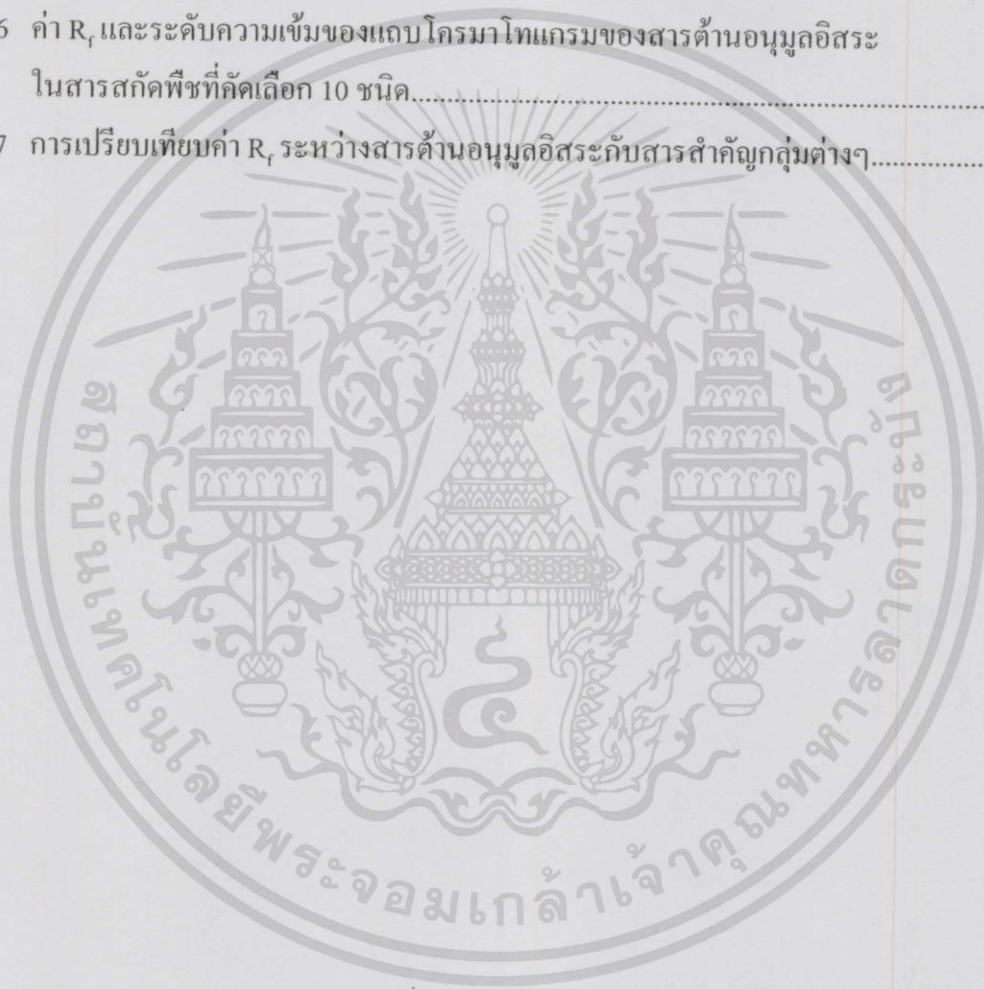
	หน้า
4.2 ผลของการทำแห้งต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืช.....	85
4.3 ผลของส่วนของพืชที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ.....	91
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ ที่พบในสารสกัดพืช.....	96
4.5 กลุ่มของสารสำคัญทางพฤกษเคมีในพืช.....	100
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	128
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	128
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	130
บรรณานุกรม.....	132
ภาคผนวก.....	150
ภาคผนวก ก.....	151
ภาคผนวก ข.....	155
ภาคผนวก ค.....	157
ประวัติผู้เขียน.....	158

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชชนิดต่างๆ.....	30
2.2 ความมีขี้ของตัวทำละลายที่ใช้ในการพัฒนาแผ่น TLC เรียงจากน้อยไปมาก.....	44
2.3 การใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีในการตรวจสอบสารสำคัญกลุ่มต่างๆ.....	46
3.1 ตัวอย่างพืช.....	58
3.2 สารมาตรฐานสำหรับทดสอบกลุ่มสารสำคัญทางพฤกษเคมีในพืช.....	65
3.3 การตรวจสอบสารสำคัญแต่ละกลุ่มด้วยรีเอเจนต์ตรวจสอบเฉพาะ.....	66
4.1 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด.....	68
4.2 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH.....	73
4.3 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS.....	77
4.4 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมด.....	80
4.5 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน.....	83
4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ภายหลังจากทำแห้ง.....	86
4.7 ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการ ต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืช.....	90
4.8 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของ สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผิวเกลี้ยงและบอนจัน.....	95
4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ด้วยวิธีต่างๆ.....	96
4.10 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบ โครมาโทแกรมแอลคาลอยด์ในสารสกัดพืช ที่คัดเลือก 10 ชนิด.....	102
4.11 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบ โครมาโทแกรมฟลาโวนอยด์ในสารสกัดพืช ที่คัดเลือก 10 ชนิด.....	106
4.12 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบ โครมาโทแกรมคูมารินในสารสกัดพืช ที่คัดเลือก 10 ชนิด.....	109
4.13 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบ โครมาโทแกรมสเตอรอยด์และเทอร์ปีน ในสารสกัดพืชที่คัดเลือก 10 ชนิด.....	112

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบโครมาโทแกรมซาโปนินในสารสกัดพืชที่คัดเลือก 10 ชนิด.....	115
4.15 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบโครมาโทแกรมน้ำมันหอมระเหยในสารสกัดพืชที่คัดเลือก 10 ชนิด.....	119
4.16 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดพืชที่คัดเลือก 10 ชนิด.....	123
4.17 การเปรียบเทียบค่า R_f ระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระกับสารสำคัญกลุ่มต่างๆ.....	125



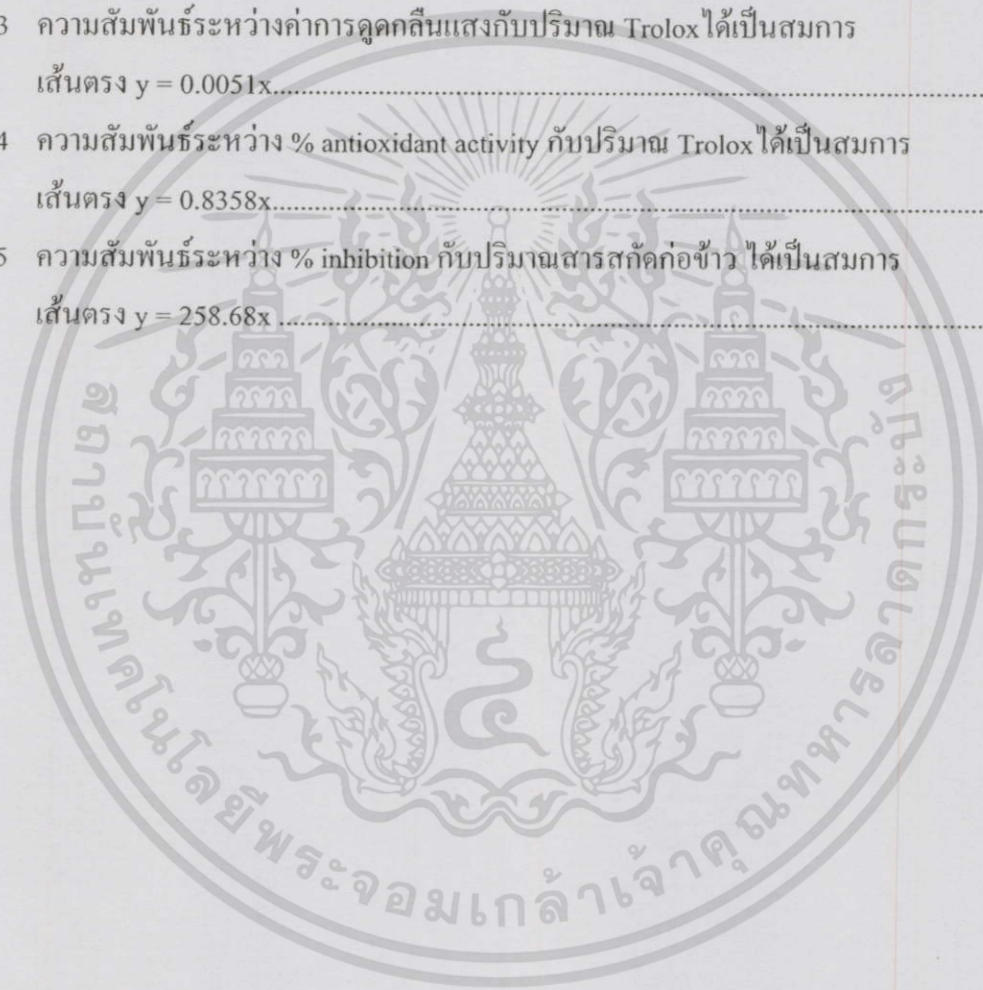
สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างพืชป่าบางชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้.....	20
2.2 โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์.....	23
2.3 ลักษณะโครงสร้างที่มีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชันของฟลาโวนอยด์.....	23
2.4 กรดฟีนอลิกที่มีโครงสร้างหลักแบบไฮดรอกซีเบนโซอิกและแบบไฮดรอกซีซินนามิก.....	24
2.5 การทำลายอนุมูล DPPH [•] ด้วยการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนจากสารต้านออกซิเดชัน.....	26
2.6 การทำลายอนุมูล ABTS ^{•+} ของสารต้านออกซิเดชัน.....	27
2.7 การรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อน Fe ³⁺ -TPTZ ของสารต้านออกซิเดชัน.....	28
2.8 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างมาลอนไดอิลดีไฮด์ (MDA) และกรดไทโอบาร์บิทูริก (TBA).....	30
2.9 โครงสร้างพื้นฐานของแอลคาลอยด์.....	48
2.10 ฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ.....	50
2.11 ตัวอย่างคูมารินบางชนิด.....	51
2.12 หน่วยไอโซฟรินและโครงสร้างของสเตอรอยด์บางชนิด.....	52
2.13 โครงสร้างหลักของซาโปนินทั้ง 2 ชนิด.....	53
2.14 โครงสร้างของน้ำมันหอมระเหยบางชนิด.....	54
4.1 จำนวนชนิดพืชแยกตามกลุ่มของปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่พบและส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	92
4.2 โครมาโทแกรมแอลคาลอยด์ที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด.....	102
4.3 โครมาโทแกรมฟลาโวนอยด์ที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด.....	104
4.4 โครมาโทแกรมคูมารินที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด.....	108
4.5 โครมาโทแกรมสเตอรอยด์และเทอร์ปีนที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด.....	111
4.6 โครมาโทแกรมซาโปนินที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด.....	115
4.7 โครมาโทแกรมน้ำมันหอมระเหยที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด.....	118
4.8 โครมาโทแกรมสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด.....	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ก1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกได้เป็นสมการ เส้นตรง $y = 0.003x$	151
ก2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณ Trolox ได้เป็นสมการ เส้นตรง $y = 0.007x$	151
ก3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณ Trolox ได้เป็นสมการ เส้นตรง $y = 0.0051x$	152
ก4 ความสัมพันธ์ระหว่าง % antioxidant activity กับปริมาณ Trolox ได้เป็นสมการ เส้นตรง $y = 0.8358x$	152
ก5 ความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับปริมาณสารสกัดก้อข้าว ได้เป็นสมการ เส้นตรง $y = 258.68x$	153



บทนำ

1.1 บทนำ

สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติกำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เนื่องจาก การใช้สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ในปริมาณที่สูงเกินมาตรฐาน จะเพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคร้ายแรงต่างๆ (Castenmiller และ คณะ, 2002; Kaur และ Kapoor, 2001) ในขณะที่สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติโดยเฉพาะจากพืชนั้น มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน เพราะมีสารพฤกษเคมี (phytochemicals) หลายชนิดเป็นองค์ประกอบ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคสูงกว่าสารสังเคราะห์ นอกจากนี้ สารพฤกษเคมียังมีบทบาทสำคัญในการลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดและหัวใจ รวมถึงโรคอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับอนุมูลอิสระ โดยสารพฤกษเคมี เช่น เมตา-แคโรทีน (β -carotene) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และกลุ่มสารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenol) เป็นต้น จะเข้ากำจัดหรือขัดขวางปฏิกิริยาถูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระ (Castenmiller และ คณะ, 2002; Kaur และ Kapoor, 2001) ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้เกิดการค้นคว้าและพัฒนาสารต้านออกซิเดชันจากพืชหลากหลายสายพันธุ์ทั่วโลก ทั้งพืชอาหาร พืชสมุนไพร เครื่องเทศและผลไม้ต่างๆ อย่างไรก็ตาม พืชหลายชนิดมีความคล้ายคลึงกันจึงจำเป็นต้องศึกษากลุ่มของสารสำคัญ (active constituents) ทางพฤกษเคมี เพื่อใช้ในการตรวจสอบเอกลักษณ์ (identification) ของพืชแต่ละชนิด ตลอดจน การแยกและการทำให้สารสำคัญบริสุทธิ์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เครื่องสำอาง หรือใช้ในทางการแพทย์ (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการต้านออกซิเดชัน และสารสำคัญทางพฤกษเคมีในพืชของประเทศไทยนั้นยังจำกัดอยู่ในกลุ่มของพืชพื้นบ้านที่บริโภคทั่วไป จึงทำให้ขาดโอกาสที่จะพัฒนาพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ ทั้งที่ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความหลากหลายของทรัพยากรทางชีวภาพ (biological diversity resources) และประชากรในภูมิภาคต่างๆก็มีความคุ้นเคยและใช้ประโยชน์จากพืชต่าง ๆ มาเป็นเวลานาน ทั้งการบริโภคและสรรพคุณทางยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งชาวเขาทางภาคเหนือของไทยที่นำพืชป่าหลายชนิดมาใช้ แต่ยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย ดังนั้น การศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันและกลุ่มของสารสำคัญทางพฤกษเคมี ทั้งในพืชป่าและพืชพื้นบ้านบางชนิด อาจทำให้ได้พืชที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาให้เป็นพืชเศรษฐกิจในด้านต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหารและอาหารเสริมสุขภาพ (functional food) การแพทย์ และ

โภชนาการ เป็นต้น ตลอดจน ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการสกัดและควบคุมคุณภาพของสารสกัดจากพืช โดยใช้ปริมาณและการตรวจเอกลักษณ์ของสารสำคัญเป็นเกณฑ์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ ของสารสกัดพืชป่า
- 1.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันแต่ละวิธีที่ศึกษา
- 1.2.3 ศึกษาองค์ประกอบของสารสำคัญในสารสกัดพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography, TLC)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การทดลองนี้ เป็นการศึกษาหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH (DPPH free radical scavenging assay) วิธี TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) วิธี FRAP (ferric reducing/antioxidant power) และ วิธี TBARS (thiobarbutyric acid reactive substances) ของสารสกัดพืชจำนวน 49 ตัวอย่าง โดยศึกษาเปรียบเทียบกันทั้งในพืชสดและพืชแห้งที่ผ่านขั้นตอนการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อคัดเลือกพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงจำนวน 10 ชนิด และนำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันแต่ละวิธี จากนั้น ศึกษากลุ่มของสารสำคัญทางพฤกษเคมีในสารสกัดพืชที่คัดเลือก ด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี และรายงานกลุ่มสารสำคัญที่ตรวจพบ

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชป่า

พืชป่า หมายถึง พืชใดๆ ที่ขึ้นอยู่ในป่าธรรมชาติหรือป่าปลูก ที่ผู้คนที่งัดได้นำมาใช้ประโยชน์เพื่อการยังชีพ แต่มีพืชบางชนิดซึ่งเป็นส่วนน้อยแต่เดิมเป็นพืชปลูก ต่อมาได้กระจายพันธุ์เข้าไปในป่ากลายเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ในธรรมชาติในป่า และถูกนำมาใช้ประโยชน์โดยไม่ได้ปลูกขึ้นเองก็ถูกรวมไว้เป็นพืชป่าด้วย (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก) จากกรวิจัยด้านพฤกษศาสตร์พบว่า ชาวเขา หรือกลุ่มชนตามท้องถิ่นนั้นๆ ได้นำพืชป่าจำนวนมากมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ แตกต่างกันไป ทั้งการบริโภคเป็นอาหาร เครื่องเทศ เครื่องดื่ม การสร้างที่อยู่อาศัย ใช้เป็นเครื่องนุ่งห่ม และการใช้เป็นยารักษาโรค แม้กระทั่งเป็นสมุนไพรเพื่อบำรุงร่างกาย (ปริทรรศน์ ไตรสนธิ และ คณะ, 2545) อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับพืชป่าที่ชาวเขาใช้ประโยชน์นั้นยังทำกันน้อย ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่พบจึงยังไม่ครอบคลุมทุกด้าน ในพืชป่าบางชนิดจึงพบเพียงการใช้ประโยชน์ของชาวเขาเท่านั้น สำหรับข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับชื่อและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ รวมถึง สรรพคุณและการใช้ประโยชน์ของพืชป่าที่ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้

2.1.1 ผักเผ็ด (*Acmella oleraceae* (L.) R.K. Jansen วงศ์ COMPOSITAE)

ผักเผ็ด สามารถใช้เป็นเครื่องเทศเพื่อเพิ่มรสเผ็ด โดยผสมกับผักอื่นๆ ทำแกงแค หรือแกงอื่นๆ และยังใช้เป็นยากลางบ้านในการแก้พิษ แก้ไข้ในเด็ก ส่วนชาวเขาเผ่ากระเหรี่ยงใช้ใบสดเคี้ยวอมแก้ปวดฟัน และ ดมกินแก้ปวดท้อง (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

สาร spilanthol ในช่อดอกและก้านช่อดอก มีฤทธิ์เป็นยาชา สามารถนำมาใช้อุดฟัน และแก้ปวดฟันได้ (อุไร จิรมงคลการ, 2547) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ

2.1.2 ผักเหยี่ยว (*Artemisia vulgaris* L. วงศ์ ASTERACEAE)

ผักเหยี่ยว ใช้เป็นยากลางบ้านในการรักษาโรคลม ขับเสมหะ แก้ไอ หืด และไข้ต่างๆ ส่วนชาวเขาเผ่ามูเซอและอีเก้อ ใช้ทั้งต้นตำพอกแก้ผื่นคันตามผิวหนัง หรือนำมาอังด้วยไอน้ำเพื่อสูดกลิ่นรักษาอาการปวดท้อง ปวดหัว เป็นหวัด คัดจมูก ชาวเขาเผ่าม้งใช้ต้มกับไก่หรือผสมพืชอื่นกินเป็นยาบำรุงกำลัง ในประเทศจีนและแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ใช้ใบและดอกเป็นยาเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหาร ระวังประสาท และขับพยาธิ ในอินเดียรักษาโรครุมตัก ส่วนจีนใช้เป็นยาแก้อาการตกเลือด และท้องร่วง (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

ผักเหี้ยมีฤทธิ์ด้านเชื้อมาเลเรีย *Plasmodium falciparum* (Hernandes และ คณะ, 1990) ไวรัส เชื้อรา แบคทีเรีย และอะมีบา มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง ยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ ลดการอักเสบ และยับยั้งการกลายพันธุ์ แต่ก่อให้เกิดการแพ้และเป็น สารก่อมะเร็ง องค์ประกอบทางเคมีที่พบ ได้แก่ aesculetin, aesculin, borneol, umbellulone คูมาริน เคอร์คูมิน อัลฟา-อะไมริน (α -amyrin) เบตา-อะไมริน (β -amyrin) ไชมิน (cymene) เจอราเนียม (geraniol) กรดกลูตามิก (glutamic acid) เบตา-ซิโตสเตอรอล (β -sitosterol) และสติกมาสเตอร์ (stigmasterol) เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ, 2539)

2.1.3 สะเดา (*Azadirachta indica* A. Juss. var. *siamensis* Valetton วงศ์ MELIACEAE)

โดยทั่วไป นิยมกินขอดอ่อนและดอกอ่อนด้วยการต้มเป็นอาหาร และยังสามารถใช้ทุกส่วนของสะเดาเป็นยากลางบ้าน โดยใช้รากแก้พิษงูกัด โรคผิวหนัง แก้ไข้ เปลือกใช้ยาเจริญอาหาร กระพี้แก้ไข้ตัวร้อน แก้ไข้ขับเสมหะ เป็นต้น ส่วนชาวเขาโดยเฉพาะกระเหรี่ยงและไทยใหญ่ กินขอดอ่อนและดอกอ่อนเป็นผักสด หรือ ผักจิ้ม และนำเปลือกมาคั้นน้ำอาบเพื่อแก้โรคผิวหนัง นอกจากนี้ ในต่างประเทศใช้ส่วนต่างๆ ของสะเดาเป็นยาฆ่าเชื้อ ยาขับพยาธิ ขับปัสสาวะ ถ่ายท้อง แก้โรคตับ และโรคผิวหนัง (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ (2543ก) รายงานว่า สะเดามีฤทธิ์ด้านเชื้อไวรัส เชื้อรา ยีสต์ แบคทีเรีย มาเลเรีย พยาธิ ลดการอักเสบ ลดไข้ แก้ปวด ขับปัสสาวะ สมานแผล รักษาแผล ในช่องปาก แผลในกระเพาะอาหาร ช่วยลดระดับน้ำตาลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด และเพิ่ม ภูมิคุ้มกันในร่างกาย โดยมีองค์ประกอบทางเคมีสำคัญหลายชนิด ได้แก่ astragalol, azadirachta, limocinin, เบตา-ซิโตสเตอรอล คูมาริน ฟลาโวนอยด์ กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) รูทีน (rutin) คาเทชิน ((+)-catechin) ไลซีน (lysine) กรดสเตียริก (stearic acid) และวาลีน (valine) เป็นต้น

Sithisarn และ คณะ (2007) รายงานว่า สารสกัดน้ำจากใบสะเดาจากจังหวัดต่างๆ ใน ประเทศไทย ได้แก่ ราชบุรี ร้อยเอ็ด นครปฐม มหาสารคาม อ่างทอง จันทบุรี ลำปาง ลพบุรี ปราจีนบุรี นครศรีธรรมราช สงขลา และเพชรบูรณ์ มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันแบบการ ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และ เคอควิเซติน (quercetin) เป็นสาร ต้านออกซิเดชันที่สำคัญ

2.1.4 ผักปลั่ง (*Basella alba* L. วงศ์ BASELLACEAE)

ผักปลั่งที่พบโดยทั่วไป สามารถแบ่งตามลักษณะใบออกเป็น 3 แบบ คือ ใบเป็นรูปไข่ เกือบกลม สีเขียวจัด ใบเป็นรูปหัวใจ สีเขียวจัด และ ใบเป็นรูปไข่เกือบกลม แต่มีลำต้นและใบเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีแดง สำหรับผักปลังที่มีใบเป็นสีเขียว มักเรียกว่า ผักปลังหรือผักปลังขาว ส่วนผักปลังที่มีลำต้นและใบเป็นสีแดง เรียกว่า ผักปลังแดง (*B. rubra* L.) โดยใช้ยอดและใบอ่อน กินเป็นผักสด หรือ ใช้ใบอ่อนและดอกใส่แกงต่างๆ รวมถึงใช้เป็นยากลางบ้านแก้ผื่นคัน กลากเกลื้อน ฝิ้อกเสบ โรคเรื้อน หรือใช้เป็นยาระบายอ่อนๆ ส่วนชาวเขาทุกเผ่าใช้ใบ กินเป็นผักสด เผ่าม้งใช้ยอดคั้นกินกับไก่เพื่อเป็นยารักษาไข้ แก้ไอและไทยใหญ่ใช้ใบรักษาแผลสด หรือคั้นน้ำทาแก้ปวดเมื่อย ใช้ทั้งต้นคั้นน้ำคั้นเป็นยาแก้ไอ และเป็นยารักษาไข้หลังคลอดบุตร ในจีนใช้ใบเป็นยาระบายอ่อนๆ หรือคั้นน้ำทาแก้ปวดอักเสบ ส่วนประเทศอื่นๆเช่น มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ประเทศในแถบเอเชียใต้ เป็นต้น จะใช้เป็นผักสด และปรุงอาหารต่างๆ (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

คุณค่าทางโภชนาการของยอดผักปลัง 100 กรัม ประกอบด้วย วิตามินเอ 6390 IU วิตามินซี 29-166 IU แคลเซียม 16-117 มิลลิกรัม และ เหล็ก 1.2-3.1 มิลลิกรัม (Siemonsma และ Piluek, 1994) นอกจากนี้ นันทวัน บุญประภัสร์ และ คณะ (2542) รายงานว่า ผักปลังมีฤทธิ์กดระบบประสาทส่วนกลาง และยังพบองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ melatonin แคโรทีน เคอวซีติน และวิตามินเค

ด้านการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการต้านออกซิเดชัน Maisuthisakul และ คณะ (2007a) รายงานว่า ผักปลังมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.48 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 15.5 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 6.2 มิลลิกรัมสมมูลย์ของรูทีนต่อกรัม (น้ำหนัก)

2.1.5 เสี้ยวดอกขาว (*Bauhinia bracteata* (Garham ex Benth.) Baker วงศ์ CAESALPINACEAE)

เปลือกลำต้นหรือเถาของเสี้ยวดอกขาว สามารถนำมาใช้ทาแก้ผื่นคัน หรือคั้นน้ำคั้นบำรุงโลหิต ฟอกโลหิต แก้ไข้เหลืองเสียว แก้ปวดเมื่อยตามร่างกาย ส่วนชาวไทยใหญ่ใช้ลำต้นหรือกิ่งแก้ค้ำน้ำคั้นทำให้น้ำมีรสหวาน ชุ่มคอคล้ายมะขามป้อม (สุธรรม อารีกุล และ อำนวย อ่อนละมุล, 2521) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.6 หญ้าแหลมนกไล่ (*Bidens bipinnata* L. วงศ์ ASTERACEAE)

ยอดอ่อนของหญ้าแหลมนกไล่ นำมากินเป็นผักสด หรือผักจิ้ม และสามารถใช้ทั้งต้นตำพอกบาดแผลเพื่อแก้พิษสัตว์ต่อย งูกัด รักษาบาดแผล และคั้นน้ำคั้นแก้ท้องร่วง (ก่องกานดา ชยามฤต, 2528) ส่วนชาวเขาเผ่าเย้าและเผ่าอื่นๆ กินใบอ่อนและยอดอ่อนเป็นผักจิ้มหรือปรุงใส่แกง นำทั้งต้นคั้นน้ำใช้เป็นยาแก้ปวด หรือ ตำพอกบาดแผลเพื่อห้ามเลือด และอุดหนองในแผลเปื่อย

แผลพุพอง หรือคุณน้ำเหลืองเสียจากฝี ในฟิลิปปินส์ใช้น้ำต้มใบขณะยังอ่อน หยอดแก้ตาเจ็บ หูเจ็บ และใช้เป็นยาห้ามเลือด (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

สารสกัดจากดอกและใบหญ้าแหลมนกไต้มีฤทธิ์ต้านเชื้อมาเลเรีย โดยพบองค์ประกอบสำคัญเป็นสารในกลุ่มอะเซทิลีน (acetylenes) จำนวน 9 ชนิด ซึ่งสาร phenyl-hepta-1,3,5-triene มีฤทธิ์ต้านเชื้อมาเลเรีย แบคทีเรีย และยีสต์ อีกทั้งยังเป็นพิษต่อหนอนกระทู้ *Spodoptera frugiperda* (de Padua และ คณะ, 1999)

2.1.7 ปีนนกไต้ (*Bidens pilosa* Linn. วงศ์ ASTERACEAE)

ป็นนกไต้เป็นชุกกลางบ้าน โดยใช้รากต้มน้ำดื่มแก้หวัด และใช้ใบตำพอกบาดแผลเพื่อห้ามเลือด สมานแผล ถิ่นน้ำหยอดตาแก้ตาเจ็บ หรือใช้ทั้งต้นต้มน้ำดื่มแก้ไอ จุกเสียด ปวดท้อง ชาวเขาเผ่าเข้าใช้ยอดอ่อนและใบเป็นผักจิ้ม หรือ ประุงใส่แกงกินเป็นยาแก้ปวดกล้ามเนื้อ ส่วนเผ่าม้ง กระเหรี่ยงและลีซอ ใช้ทั้งต้นตำพอกบาดแผลสดเพื่อห้ามเลือด หรือบริเวณที่มีการปวดกล้ามเนื้อ หรือ ต้มน้ำดื่มแก้หวัดและไข้ต่างๆ รวมทั้งอาการเจ็บปวดในร่างกาย ในต่างประเทศนิยมใช้ใบอ่อนหรือยอดอ่อนกินเป็นผักสด และใช้น้ำต้มหรือน้ำคั้นจากใบบรรเทาอาการปวด แก้ไข้ แก้ไอ แก้โรคเบาหวาน (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

องค์ประกอบสำคัญที่พบในป็นนกไต้ ได้แก่ สารในกลุ่ม acetylenes ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อมาเลเรีย รวมถึงสาร ไฟโตสเตอรอล (phytosterol เช่น เบตา-ซิโตสเตอรอล) ไตรเทอร์ปีน (triterpene เช่น friedelin friedelan-3 β -ol) และกรดคาเฟอิก (caffeic acid) เป็นต้น ในส่วนใบพบสารในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ ได้แก่ ออโรน (aurones) และชาลโคน (chalcones) ซึ่งมีฤทธิ์ระงับการอักเสบ จึงช่วยในการรักษาแผล ลดการอักเสบจากโรคต่างๆ และช่วยรักษาโรคที่เกิดจากแบคทีเรียในลำไส้ (de Padua และ คณะ, 1999) ส่วนองค์ประกอบอื่นๆที่พบในป็นนกไต้ ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก quercetin-3-*O*-rutinoside, 3,4-di-*O*-caffeoylquinic acid, jacein (Chiang และ คณะ, 2004) นอกจากนี้ ยังพบ caryphyllene และ τ -cadinene ในน้ำมันหอมระเหยจากดอกและใบอีกด้วย (Deba และ คณะ, 2007)

Deba และ คณะ (2007) รายงานว่า สารสกัดน้ำและน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากดอกหรือใบของป็นนกไต้ มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี โดยสารสกัดน้ำจากดอกของป็นนกไต้ มีฤทธิ์ทำลายอนุมูลได้ดีที่สุด รวมถึงสามารถด้านการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่วิเคราะห์ด้วยวิธีฟอสฟอรัสของ β -carotene และยังมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์อีกด้วย

2.1.8 ราชวดีป่า (*Buddleia asiatica* Lour วงศ์ BUDDLEJACEAE)

ราชวดีป่าเป็นชุกกลางบ้าน โดยใช้ทั้งต้นแก้โรคผิวหนัง ขับระดู และทำให้แห้ง ส่วนชาวเขาเผ่าต่างๆ เช่น ปะหล่อง กระเหรี่ยง ม้ง อีเก้อ และมูเซอ ใช้ส่วนต่างๆของแก้โรคผิวหนัง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผดผื่นคัน แก้เชื้อราตามตัว นอกจากนี้ ในประเทศฟิลิปปินส์และเวียดนาม ก็ใช้รากชาติป่าในการ แก้โรคผิวหนังเช่นเดียวกัน ส่วนจีนใช้รากแห้งแก้โรคมะเร็ง พม่าใช้ต้มน้ำดื่มเป็นยาบำรุงกำลัง (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

Lemmens และ Bunyapraphatsara (2003) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบมีฤทธิ์ยับยั้ง เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคหลอดลมและปอด โดยมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ β -caryophyllene epoxide, citalonellol และ β -caryophyllene เป็นต้น

2.1.9 เมี่ยงป่า (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* (J. Masters) Kitam. วงศ์ THEACAE)

ใบเมี่ยงป่าสดหรือแห้ง สามารถชงกับน้ำดื่มเป็นชาได้ หรือ นำใบสดไปนึ่ง ใช้เคี้ยวแก้ กระจายน้ำ แก้วงนอน ทำให้ชุ่มคอ กระตุ้นหัวใจ แก้ปวดเมื่อยตามร่างกาย ใช้เป็นยาแก้ท้องร่วง และขับปัสสาวะ นอกจากนี้ ใบสดยังช่วยสมานแผล ทั้งแผลสด แผลจากน้ำร้อนลวกหรือไฟไหม้ สำหรับชาวเขาพบการใช้ประโยชน์แบบเดียวกัน โดยใช้ใบตากแห้งชงดื่มเป็นชา หรือเอาใบไปนึ่ง ใช้เคี้ยวกินแทนหมาก และเพาะปลูกเพื่อขาย (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

ใบเมี่ยงที่นำมาเป็นชาเขียว พบสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มคาทิซินและอนุพันธ์หลายชนิด ประกอบด้วย อีพิแกลโลคาทิซินแกลเลท ((-)-Epigallocatechin 3-gallate) อีพิแกลโลคาทิซิน ((-)-Epigallocatechin) อีพิคาทิซินแกลเลท ((-)-Epicatechin 3-gallate) อีพิคาทิซิน ((-)-Epicatechin) และ คาทิซิน ((+)-catechin) (Yamamoto และ คณะ, 1997) ชาเมี่ยงจึงมีสารต้านออกซิเดชันสูงกว่าชา (van der Vossen และ Wessel, 2000) อย่างไรก็ตาม รายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของเมี่ยงป่านั้นมีอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับชา

2.1.10 กระโดน (*Careya sphaerica* Roxb. วงศ์ LECYTHIDACEAE)

กระโดน ใช้เป็นยากลางบ้าน โดยใช้เปลือกเป็นยาสมานแผล ใช้ใบผสมเครื่องยาอื่นๆ ปรุง เป็นน้ำมันสมานแผล ส่วนดอกและน้ำจากเปลือกสด นำมาผสมกับน้ำผึ้งรับประทาน ช่วยทำให้ ชุ่มคอ แก้ไอและหวัด ส่วนชาวเขาจะกินผลสุก ชาวเขาเผ่าอีก้อและกระเหรี่ยงใช้ใบ เปลือก ลำต้น หรือเนื้อไม้เป็นยากลางบ้าน โดยตำพอกบริเวณที่อักเสบจากน้ำร้อน หรือ ไฟลวก ต้มน้ำหยอด แก้กตาเจ็บ แก้โรคท้องร่วง หรือ ระงับเลือดหลังคลอดบุตร นอกจากนี้ ยังใช้ราก เปลือก และใบ ในการเบื่อปลา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

องค์ประกอบสำคัญที่พบในกระโดน ได้แก่ เคอวซีติน แทนนิน เบทูลิน (betulin) กรดเบทูลิก (betulinic acid) กรดเอลลาจิก (ellagic acid) ลูปีออล (lupeol) careaborin, taraxerol barringtogenol C และ D เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประภัสร์ และ คณะ, 2539) ส่วน Maisuthisakul และ คณะ (2007a) พบว่า กระโดนมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี มีค่า EC_{50} เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.43 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) อีกทั้งยังเป็นพืชที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงอีกด้วย โดยมีค่าเท่ากับ 54.5 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 20.5 มิลลิกรัมสมมูลย์ของรูทีนต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

2.1.11 ก่อข้าว (*Castanopsis inermis* (Lindl. ex Wall.) Benth & Hook. F. วงศ์ FAGACEAE)

ชาวเขาทุกเผ่าใช้ยอดอ่อนของก่อก้าวกินเป็นผักจิ้มหรือใส่แกงต่างๆ สามารถนำไปตากแห้งเพื่อใช้ชงดื่มแทนชา นำผลมากินเนื้อในคิบหรือคั่วกิน (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.12 ผักปราบใบเรียว (*Commelina diffusa* Burm.f. วงศ์ COMMELINACEAE)

ผักปราบใบเรียวเป็นยากลางบ้าน โดยใช้ทั้งต้นแก่ใช้ แก้วพิยผีเรือรัง และฝีมะม่วง ชาวเขาแทบทุกเผ่ากินยอดเป็นอาหารทั้งผักสดและผักดอง ปะหล่องและจินฮ่อใช้ขางในลำต้นทาแผลสด แผลเปื่อย ตุ่มพุพอง ฝีหนอง ส่วนอีก้อและม้ง ใช้ลำต้นและใบหรือทั้งต้นตำพอกแก้โรคผิวหนัง และห้ามเลือด ใช้น้ำทาริมฝีปากแก้ปากแห้ง ปากแตก ใช้น้ำหยอดหู แก้ปวดหู หรือ อาการหูอื้อ ไม่ได้ยิน ในมาเลเซียใช้ใบตำพอกเป็นยาระงับการอักเสบและแก้แผลเรื้อรัง (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก) และพบว่า ผักปราบใบเรียวมีฤทธิ์จับกับเม็ดเลือดแดง (นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ, 2542)

2.1.13 หญ้าข้าวใหม่ (*Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker วงศ์ ASTERACEAE)

ชาวเขาแทบทุกเผ่า เช่น กระเหรี่ยง มูเซอ เข่า ปะหล่อง จินฮ่อ ใช้ต้นอ่อน ใบอ่อนและยอดอ่อนกินเป็นอาหารประเภทผัก ไทยใหญ่ใช้ราก ต้นและใบคั้นอาบ ทำยาแก้ขาง แก้ขางในเด็ก ม้งใช้ใบตำพอกแก้ผด ผื่น คัน และโรคผิวหนัง ใช้หอมแก้ปวดฟัน โรคเหงือก และปากเปื่อย (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

องค์ประกอบที่พบในหญ้าข้าวใหม่ โดยเฉพาะ lachonophyllum lactone และ osthol มีคุณสมบัติไล้หอยทะเล (Lemmens และ Bunyapraphatsara, 2003) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* และจากรายงานของ Chai และ คณะ (2008) พบว่า ในหญ้าข้าวใหม่มีฟลาโวนอยด์หลายชนิดเป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ รูทีน เคอควิซิน ลูเทอีน (luteolin) quercetin-3-O-glycosides และ scutellrin เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.14 หล้าดอกปลิว (*Crassocephalum crepidioides* (Benth) S. Moore

วงศ์ COMPOSITAE)

ชาวเขาใช้ยอดอ่อนเป็นผักสด ผักจิ้ม หรือปรุงรสผสมกับผักอื่นในแกง แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

2.1.15 ติวเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume วงศ์ CLUSIACEAE)

โดยทั่วไป กิ่งยอดและใบอ่อนของติวเกลี้ยงเป็นผัก นอกจากนี้ ยังใช้ใบบดผสมกับน้ำมันพร้าวแก้โรคผิวหนังได้อีกด้วย ส่วนชาวเขากินยอดอ่อนเป็นผักสด ผักจิ้ม หรือปรุงเป็นแกงต่างๆ เผ่ามูเซอใช้รากต้มน้ำดื่มเป็นยารักษาอาการท้องเสีย แก้ท้องเฟ้อ โลหิตจาง ซีดผอม (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

แซนโทน เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มักพบในส่วนต่างๆ ของติวเกลี้ยง เช่น ในเปลือกพบแซนโทนและไฮดรอกซีฟีนอยด์ (Hao Dieu Nguyen และ Harrison, 1998) ส่วนรากประกอบด้วยแซนโทนและอนุพันธ์ คือ cochinchinones A-D (Mahabusarakam และ คณะ, 2006) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.16 ติวขาว (*Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer วงศ์ CLUSIACEAE)

โดยทั่วไป กิ่งยอดและใบอ่อนของติวขาวเป็นผัก ด้านการใช้เป็นยากลางบ้านพบว่า ยางจากเปลือกใช้แก้โรคหืดตามง่ามนิ้วมือ ส่วนใบนำมาบดผสมกับน้ำมันพร้าวใช้แก้โรคผิวหนัง ชาวเขาทุกเผ่าใช้ใบอ่อนและยอดอ่อนที่มีรสเปรี้ยวกินเป็นผักสด ผักจิ้ม กระหรี่ปั๊วใช้ใบเคี้ยวกินแก้ท้องเสีย กระหรี่ปั๊ว มูเซอและพม่าใช้ใบหรือทั้งต้น ต้มพอกเป็นยารักษาเชื้อ ห้ามเลือดในแผลสด อมแก้ปวดฟัน เคี้ยวกินหรือต้มน้ำดื่มแก้ปวดภายในร่างกาย วิงเวียนศีรษะ เป็นลม หน้ามืด หรือเลือดคั่งภายในร่างกาย แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

พัลลภา รัตนวราภรณ์ และ สุรางค์ พรพงษ์ (2543) รายงานว่า องค์ประกอบสำคัญที่พบใบ ได้แก่ แอนทราควิโนน ฟลาโวนอยด์ เทนนิน และ สารประกอบฟีนอลิกที่มีหมู่ 1,2-dihydroxyphenyl ต่อมา Boonak และ คณะ (2006) ได้แยกแซนโทนและแอนทราควิโนน จำนวน 10 ชนิด จากรากและเปลือกของติวขาว คือ pruniflorone A-J ส่วน Maisuthisakul และ คณะ (2007a) รายงานว่า ติวขาวมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี โดยมีค่า EC_{50} ต่ำที่สุดในกลุ่มผักและสมุนไพร เท่ากับ 0.23 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) อีกทั้งยังเป็นพืชที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุดในกลุ่มพืชพื้นบ้านที่ทดสอบอีกด้วย โดยมีค่าเท่ากับ 63.4 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 25.5 มิลลิกรัมสมมูลย์ของรูทีนต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และจากรายงานของ Maisuthisakul และ คณะ (2007b) พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารต้านออกซิเดชันสำคัญของคั่วขาว ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก กรดไดคาเฟอิลควินิก (dicaffeoylquinic acid) และ อนุพันธ์ของกรดเฟอร์ูลิก (ferulic acid) อีก 2 ชนิด ซึ่งสารสกัดเอทานอลจากคั่วขาว มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS^{•+} สูงกว่าสารมาตรฐาน α -tocopherol และ butylated hydroxytoluene (BHT)

2.1.17 เครือค้ำ (*Cuscuta australis* R. Br. วงศ์ CUSCUTACEAE)

ชาวเขาพวกพม่าใช้ทั้งคั้นคั้นน้ำคั้นแก้ปวดหลัง (Anderson, 1993) แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.18 ผักกูดขาว (*Diplazium esculentum* (Retz.) Sw. วงศ์ ATHYRIACEAE)

โดยทั่วไป กินยอดและใบอ่อนเป็นผักจิ้มน้ำพริกหรือผัดน้ำมัน และสามารถใช้น้ำคั้นจากใบ แก้ไข้ตัวร้อนและแก้พิษอักเสบ ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้ใบอ่อน ยอดอ่อน กินเป็นผักลวก ผักจิ้มหรือใส่แกงกิน มังใช้เหง้าและใบคั้นน้ำคั้นและอาบเป็นยาบำรุงกำลัง และบำรุงสุขภาพในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ใช้ใบและยอดอ่อนเป็นผัก คั้นน้ำให้สตรีหลังคลอดบุตรกินเพื่อบำรุงร่างกาย สามารถใช้เป็นยาแก้ไอ หรือใช้เหง้าบดผสมน้ำมันกินแก้ท้องร่วง ท้องเดิน (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

ด้านคุณค่าทางโภชนาการ Westphal และ Jansen (1993) รายงานว่า ผักกูดขาวเป็นพืชที่มีฟอสฟอรัสและเหล็กสูง มีแคลเซียมปานกลาง ส่วนใบอ่อนของผักกูดขาวจะมีกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) และ ฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก

2.1.19 ส้มจี้ (*Embelia ribes* Burm.f. วงศ์ MYRSINACEAE)

ส้มจี้ นำมาใช้เป็นยากลางบ้าน โดยใช้รากคั้นน้ำคั้นแก้เสมหะ แก้ไอ ช้ำใน ใช้เถาและเนื้อไม้เป็นยาระบายอ่อนๆ ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่า โดยเฉพาะ ไทยใหญ่ ปะหล่องใช้ยอดอ่อน ใบอ่อนที่มีรสเปรี้ยวเป็นผักสดและกินผลสุก ลิซอใช้กิ่งคั้นน้ำคั้นแก้อาการปวดระดู หรือช่วยให้คลอดบุตรง่าย ตลอดจนใช้เป็นยาร่งน้ำมัน ประเทศในคาบสมุทรอินโดจีนและคาบสมุทรมาเลย์ ใช้เมล็ดและผลเป็นยาขับพยาธิไส้ (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

สาร embelin ที่พบในส้มจี้มีฤทธิ์เกี่ยวกับการสับพันธู์ โดยด้านการผสมติดของตัวผู้ และสามารถลดขนาดเนื้องอกประเภท fibrosarcoma ในหนูทดลองได้ (de Padua และ คณะ, 1999) นอกจากนี้ยังพบว่า ส้มจี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งฟันผุ เบาหวาน ช่วยลดระดับน้ำตาล และไขมันในเลือด แต่จะมีพิษต่อตัวอ่อนในครรภ์ องค์ประกอบเคมีอื่นๆที่พบ ได้แก่ christenbine, quercitol, D-quercitol และ vilangin (นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ, 2543ก) ซึ่ง Joshi และ คณะ (2007)

รายงานว่ สาร embelin ในส้มจีมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical) และต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดี

2.1.20 ส้มกุ่ม (*Embelia sessiliflora* Kurtz วงศ์ MYRSINACEAE)

ชาวเขาแทบทุกเผ่ากินผลสุกและใช้ยอดอ่อน ดอกอ่อน และใบอ่อน กินเป็นผักสดหรือปรุงใส่แกง ปะหล่องใช้น้ำจากลำต้นหยอดตาแก้ตาแดง มังใช้รากต้มน้ำดื่ม แก้ท้องเสีย จีนสอใช้ใบอ่อนคั่วกับเหล้าขิงเป็นชาดื่มบำรุงกำลัง มูเซอใช้รากต้มน้ำดื่มเป็นยาเร่งน้ำนมสำหรับสตรีคลอดบุตร แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (สุธรรม อารีกุล และคณะ, 2551ก)

2.1.21 ผักกาดนกเขา (*Emilia sonchifolia* (L.) DC วงศ์ ASTERACEAE)

โดยทั่วไป ใบและยอดอ่อนของผักกาดนกเขาใช้กินเป็นผักสด และยังสามารถใช้ทุกส่วนเป็นยากลางบ้านได้อีกด้วย โดยใช้รากผสมกับน้ำตาลมาดื่มแก้ท้องเสีย ปวดหลัง ปวดเอว หรือคั้นน้ำจากใบหยอดหูหรือตา ใช้ทั้งต้นตำพอกบาดแผลสดหรือแผลเรื้อรัง ส่วนชาวเขาทุกเผ่าใช้ต้นอ่อนที่ยังไม่ออกดอกกินเป็นผักสด ใบแก่นำมาลวกกิน หรือปรุงใส่แกง ในประเทศตะวันออกเฉียงใต้จะกินเป็นผักเช่นเดียวกัน อีกทั้งยังใช้เป็นยากลางบ้าน แก้บวมและแผลเปื่อย คั้นน้ำหยอดแก้ปวดตา ปวดหู และคั้นน้ำดื่มแก้ไอ แก้ไข้และแก้ท้องเดิน (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ก)

ผักกาดนกเขามีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย และต้านไวรัสโรคนเรื้อรัง herpes simplex virus HSV II, ยับยั้งเอนไซม์กลูตาเมท-ไพรูเวท ทรานซามิเนส (glutamate-pyruvate transaminase) และลดการบีบตัวของลำไส้เล็ก ส่วนองค์ประกอบทางเคมีที่พบ ได้แก่ รูทีน เคอเวซีติน เบตา-ซิโตสเตอรอล กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) doronine, hexacosan-1-ol, hyperoside, simiaral และ trifolin เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ, 2543ข)

2.1.22 เตื่อหัว (*Ficus acuriculata* Lour. วงศ์ MORACEAE)

โดยทั่วไป นิยมกินผลสุกของเตื่อหัว ส่วนชาวเขาเผ่ามูเซอใช้ยอดอ่อนกินเป็นผักสด และกินผลสุกเช่นเดียวกัน ในอินเดีย มาเลเซียและอินโดนีเซียใช้ผลสุกกินเป็นผลไม้สด นำมาทำเป็นน้ำผลไม้หรือแยม เวียดนามใช้ผลดิบกินกับสลัด ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

2.1.23 มั่นปลา (*Glochidion sphaerogymum* (Müll. Arg.) Kurz วงศ์

EUPHORBIACEAE)

ชาวเขาจะกินผลสุก นำยอดอ่อนมากินเป็นผักสดหรือใส่แกง ส่วนจีนฮ่อและม้งใช้เปลือกลำต้นต้มน้ำอมแก้ปวดฟัน ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

2.1.24 ไคร้หน้า (*Homonoia riparia* Lour. วงศ์ EUPHOBACEAE)

ไคร้หน้า ใช้เป็นยากลางบ้าน แก้ปัสสาวะพิการ รักษามาเลเรีย และโรคผิวหนัง ส่วนชาวเขาเผ่ากระเหรี่ยง ไทยใหญ่ และพม่ากินใบและยอดอ่อนเป็นผักสด หรือใส่แกง น้ำคั้นจากใบใช้ทาแก้กลากเกลื้อนและโรคผิวหนัง ในฟิลิปปินส์กินใบเป็นผักเช่นเดียวกัน ชาวจีนนำต้มน้ำจากใบแก้ผื่นคันตามผิวหนัง ในกัมพูชาใช้กิ่งและใบเป็นยาระบาย และใช้น้ำคั้นจากเนื้อไม้แก้โรคมมาเลเรียและโรคหิด (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

สารสกัดเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์จากไคร้หน้ามีฤทธิ์คล้ายกลีมาโนเรียบบ ยางจากลำต้นมีสารพิษ crepitin ส่วนในเปลือกมีสารพิษไซยาไนด์ (cyanide) ส่วนต่างๆของไคร้หน้ามีสารแทนนินเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง โดยในเปลือกพบไซยาจีนิกไกลโคไซด์ (cyanogenic glycosides) นอกจากนี้ยังพบสารอื่นๆ ได้แก่ กรดแควิลิก quercetin-3-o-β-D-glucosyl (1-6) o-α-L- rhamnoside และ taraxerol (ลินา ผู้พัฒนาพงศ์, 2530)

2.1.25 เสนียด (*Justicia adhatoda* L. วงศ์ ACANTHACEAE)

เสนียดเป็นยากลางบ้าน โดยใช้รากแก้เสมหะ แก้ไอ แก้หอบหืด แก่นไม้แก้ตีพิการ ใบใช้เป็นยาห้ามเลือด แก้ฟกช้ำ บวม พิษฝี ใช้บำรุงปอด โลหิต และน้ำดี ผลแก้ฝีเฝ็น ทั้งต้นใช้ห้ามเลือด ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่า กินยอดอ่อนเป็นผักต้มหรือปรุงใส่แกง ใช้รากและใบตำพอกหรือคั้นน้ำทาแก้คันตามผิวหนัง บาดแผล และแก้บวมช้ำ จีนฮ่อเข้า ไทยใหญ่ และพม่าใช้ต้มน้ำดื่มแก้ไอและแก้ไข้ (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

แอลคาลอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ vasicine และ vasicinone ที่พบในเสนียด มีฤทธิ์ในการขยายหลอดลม น้ำคั้นจากใบเสนียดมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis* และ *Salmonella typhosa* ส่วนสารสกัดเอทานอลจากใบแห้งมีสารออกฤทธิ์คล้ายอโทรปีน (atropine) ซึ่งมีฤทธิ์ในการลดน้ำตาลในเลือด (de Padua และ คณะ, 1999) นอกจากนี้เสนียดยังมีฤทธิ์ต้านมะเร็ง ด้านไวรัส ด้านฮีสตามีน แก้วัด แก้วแพ้ แก้วหอบหืด โดย de Padua และ คณะ (1999) พบว่า สารสกัดน้ำจากใบมีกรดคาเฟอิก กรดเฟอร์ูลิก กรดวานิลลิก (vanillic acid) และกรดพาราความาริก (*p*-coumaric acid) เป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ ยังพบสารอื่นๆ อีกหลายชนิด

ได้แก่ อัลฟา-อะไมริน adhatodine, adhatonine, adhavasinone, androsin, aniflorine และ anisotine เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประกัศร และ คณะ, 2543ก)

2.1.26 ผักลิ้นห่าน (*Launaea sarmentosa* (Wild.) Sch. Bip. ex Kuntze

วงศ์ COMPOSITAE)

ผักลิ้นห่านเป็นผักพื้นเมืองทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยใช้ทั้งต้นและใบมาปรุงอาหารต่างๆ เช่น ผัดน้ำมันหอย ต้มกะทิ แกงเลียง หรือ รับประทานร่วมกับน้ำพริก (คำนวณ แก้วช่วง, 2543) อีกทั้ง สามารถใช้เป็นยากลางบ้านโดยนำไปตำผสมกับน้ำมันมะพร้าวและสารส้ม พอกบาดแผล แก้พิษงู (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542)

2.1.27 บอนจีน (*Limnocharis flava* (L.) Buchenau วงศ์ ALISMATACEAE)

โดยทั่วไป ใช้ช่อดออ่อน ก้านดอกและช่อดอก กินเป็นผักสด ผักลวก หรือทำแกงส้ม ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่าจะใช้เป็นอาหารสัตว์ แต่ในอินโดจีน ชวาตะวันตก และมาเลเซีย กินใบอ่อนพร้อมก้านใบ และดอกอ่อนที่ยังไม่บานเป็นผักเช่นเดียวกัน (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

Siemonsma และ Piluek (1994) รายงานว่า ในส่วนที่กินได้ของบอนจีน 100 กรัม มีวิตามินเอ 5,000 IU และวิตามินบี 10 IU แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.28 ผักแขยง (*Limnophila aromatica* Merr. วงศ์ SCROPHULARIACEAE)

โดยทั่วไป กินผักแขยงทั้งต้นเป็นผักสด หรือใส่แกงอ่อม แกงเลียง สามารถนำมาใช้เป็นยากลางบ้านโดยใช้น้ำคั้นจากต้นทากแก้คัน กลากเกลื้อน ฝี อาการบวม กินเป็นยาระบาย ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้ทั้งต้นกินเป็นผักสด ผักจิ้มหรือใส่แกงเป็นเครื่องเทศ อีกชื่อ มูเซอ มัง และลิซอคั้นน้ำจากใบทาบาดแผลหรือตำพอกบาดแผลเป็นยาห้ามเลือด ชำเชื้อ และสมานแผล ทั้งต้นใช้ต้มน้ำดื่มเป็นยาแก้ไข้ ในมาเลเซียและอินโดนีเซีย น้ำคั้นจากใบใช้เป็นยาฆ่าเชื้อ ล้างบาดแผล และน้ำคั้นจากต้นเป็นยาแก้ไข้ (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

น้ำมันหอมระเหยของผักแขยงจะมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Staphylococcus aureus* เทียบเท่าการใช้ streptomycin และ chloramphenicol และสามารถยับยั้งโรคพืช โดยมีองค์ประกอบสำคัญ คือ กรดคลอโรจีนิก กรดคาเฟอิก เทอร์ปีน (terpenes) ลิโมนีน (δ -limonene) δ -perillaldehyde, nevadensin (van Valkenburg และ Bunyaprapatsara, 2001) ส่วน Bui และ คณะ (2004) รายงานว่า สามารถแยก 8-oxygenated flavonoids ได้จากส่วนเหนือดินของผักแขยงในประเทศเวียดนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sribusarakum และ คณะ (2004) รายงานว่า สารสกัดเมทานอลและน้ำมันหอมระเหยจากผักแขยง มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สามารถต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมัน รวมถึงการทำลายอนุมูลไนตริกออกไซด์ (NO) โดยยูจีนอลและเทอร์พีนีน (γ -terpinene) เป็นสารต้านออกซิเดชันสำคัญที่พบในผักแขยง

2.1.29 กะออม (*Limnophila geoffrayi* Bonati วงศ์ SCROPHULARIACEAE)

โดยทั่วไป กะออมทั้งต้นกินเป็นผักสด หรือ ใช้เป็นเครื่องแต่งรสในอาหารต่างๆ สามารถเป็นยากลางบ้านในการลดไข้ ขับเสมหะ ช่วยขับน้ำนม และใช้ถอนพิษ (Saralamp และ Chuakul, 2000)

น้ำมันหอมระเหยของกะออม มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่ดี สามารถยับยั้งการเจริญของรา *Aspergillus niger* เทียบเท่าน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย หรือไทมอล (thymol) หรือวัตดูกันเสีย Bronidox องค์ประกอบสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยอยู่ในกลุ่มของโมโน และเซควิเทอร์ปีน (mono-, sesquiterpenes) รวมถึง ฟีนิล โพรพานอยด์ (phenylpropanoids) ได้แก่ ลิโมนีน δ -pulegone และ perillaldehyde เป็นต้น (Thongdon และ Inprakhon, 2009)

Suksamrarn และ คณะ (2003) รายงานว่า สารสกัดคลอโรฟอร์มจากส่วนเหนือดินของกะออมมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันและมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่คล้ายกัน อีกทั้งยังสามารถแยกฟลาโวน 2 ชนิด ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ nevadensin และ isothymusin

2.1.30 ตะไคร้ต้น (*Litsea cubeba* Pers. วงศ์ LAURACEAE)

ตะไคร้ต้นเป็นยากลางบ้าน โดยใช้รากแก้ขัดมา แก้ปัสสาวะพิการ ขับลมในลำไส้ ส่วนชาวเขาทุกเผ่า ใช้ผลดิบเป็นเครื่องเทศ คองน้ำปลาหรือน้ำเกลือกินเป็นกับแกล้ม หรือใส่ในแกงจืดใช้กึ่งต้มอาบและคั้นแก้โรคเกี่ยวกับมดลูก ในอินโดนีเซียใช้ผลดิบกินเป็นเครื่องเคียงและใช้แทนพริกหาง (*Piper cubeba*) เวียดนามผสมดอกในชาเพื่อให้มีกลิ่นหอม จีน ญี่ปุ่นและไต้หวัน สกัดน้ำมันหอมระเหยมาใช้ทำน้ำหอมและเครื่องหอม (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

น้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ต้นมีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นคล้ายส้มสด หรือ มะนาวสด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ ซิตรัล (citral) และพบลิโมนีน อัลฟา-ไพนีน (α -pinene) เบตา-ไพนีน (β -pinene) methyl-heptenone และ linalool เป็นต้น (Oyen และ Dung, 1999)

Hwang และ คณะ (2005) รายงานว่า สารสกัดเมทานอลจากเปลือกของตะไคร้ต้น มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้สูงกว่ากรดแอสคอร์บิก และ α -tocopherol อีกทั้งยังสามารถทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดี นอกจากนี้ สารสกัดจากเปลือกตะไคร้ต้นยังมีฤทธิ์ต้านการอักเสบอีกด้วย (Choi และ Hwang, 2004)

2.1.31 หมี่เหม็น (*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. Rob. วงศ์ LAURACEAE)

หมี่เหม็นเป็นยากลางบ้าน โดยใช้รากแก้ปวดกล้ามเนื้อ เปลือกลำต้นแก้อักเสบ ภูมิแพ้ หิด ใบตำพอกแก้ฝี ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้ผลดิบเป็นเครื่องเทศ นำเปลือกและใบมาตำพอกบริเวณที่ปวดกระดูกหรือแก้กระดูกหัก กระเทียมและมูเซอใช้เปลือกและใบตำพอกหรือดื่มน้ำอาบ แก้แผลพุพอง ขจัดเชื้อราตามร่างกาย รวมถึง เห็บและเหา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกหมี่เหม็น มีฤทธิ์ต้านเชื้อรา และแบคทีเรียบางชนิด โดยองค์ประกอบสำคัญที่พบในเปลือกและยางจากลำต้น ได้แก่ แอลคาลอยด์หลายชนิด เช่น laurelliptine, laurotetanine, irriodenene และ litseferine เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประภัศร และ คณะ, 2543ข; ก่องกานดา ชยามฤต, 2540) นอกจากนี้ เปลือกของหมี่เหม็น ยังให้ผลบวกในการทดสอบเบื้องต้นของสารในกลุ่มต่างๆ ได้แก่ สเตอรอยด์ ไตรเทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน (Mandal และ คณะ, 2000)

2.1.32 หมี่บัง (*Litsea salicifolia* Nees EX Roxb. วงศ์ LAURACEAE)

ชาวเขาใช้ผลหมี่บังคองน้ำเกลือกินเป็นเครื่องเทศ อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

2.1.33 สะเรียมดง (*Melicope pteleifolia* (Champ.ex Benth.) Hartley วงศ์ RUTACEAE)

ชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้ยอดอ่อนกินเป็นผักสด และปรุงกับผักอื่นๆ ในเวียดนามใช้รากต้มน้ำดื่มเป็นยาบำรุงร่างกาย เจริญอาหารและแก้ประจำเดือนมาผิดปกติ น้ำคั้นจากใบเป็นยาฆ่าเชื้อบาดแผล แก้แผลเปื่อย คุ่มพุพอง และแก้โรคหิด (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข) และองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของสะเรียมดง ได้แก่ ควินาริน เทอร์ปีน ควิโนลีน (quinolene) chromenes, dichromene (Lemmens และ Bunyaprapatsara, 2003)

2.1.34 ผักสมุย (*Micromelum minutum* Wight & Arn วงศ์ RUTACEAE)

โดยทั่วไป กินยอดอ่อนเป็นผักสดหรือเครื่องเคียง และสามารถใช้เป็นยากลางบ้านเพื่อขับเลือดลม บำรุงธาตุ แก้หนองใน ส่วนชาวเขาโดยทั่วไปใช้ยอดอ่อนและใบอ่อน กินเป็นผักสดหรือผักจิ้ม กระเทียม ไทยใหญ่ และพม่าใช้รากต้มน้ำดื่มแก้ท้องเสีย ท้องเดิน และใช้รากผสมใบต้มน้ำดื่มเป็นยาแก้ไข้ ปะหล่องใช้ทุกส่วนของต้นต้มน้ำอาบสำหรับผู้ที่อ่อนแรง ในมาเลเซียใช้ใบตำพอกแก้ผื่นคันและโรคผิวหนัง ในฟิลิปปินส์ใช้ใบและรากเป็นยาแก้ไข้ ส่วนฟิจิใช้ใบและเปลือกในการแก้ไข้ ลึนแตก เจ็บลิ้น ปากอักเสบด้วยเชื้อรา ปวดหัว ปวดท้อง ใช้ใบต้มน้ำดื่มเป็นยาบำรุงเสริมสุขภาพ (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

ในผักสมุย มีสาร micromilin และ microminutin ที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด P-388 lymphocytic leukemia (van Valkenburg และ Bunyaprapatsara, 2001) นอกจากนี้ ผักสมุย ยังมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ คูมารินอย่างน้อย 12 ชนิด เช่น micromarin A, B, C, F, G และ H, murrangatin, osthol และ murralongin เป็นต้น รวมทั้งสารอื่นๆ เช่น เบตา-ซิโตสเตอรอล hentriacontane, imperatorin, limettin และ melin A เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ, 2543ข) ส่วน Sohrab และ คณะ (2004) รายงานว่า สามารถแยก 5,7-dihydroxy-3,4',6,8'-tetramethoxyflavone และ อนุพันธ์ของกรดไดไฮโดรซินนามิก (dihydrocinnamic acid) จากผักสมุย ในประเทศบังกลาเทศ รวมถึง ยังพบรายงานการแยกแอลคาลอยด์จากใบ คือ 2',2'-dimethylpyrano-(5',6',-3,4)-2-quinolone ในใบผักสมุยด้วยเทคนิคทินเลเซอร์โครมาโทกราฟี (วิศิรา วัชศิริโรจน์, 2523) และคาร์บาโซล แอลคาลอยด์ (carbazole alkaloid) ในกิ่งผักสมุยด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี (Nakahara และ คณะ, 2002) ตลอดจน การแยกสเตอรอล (sterol) จากเปลือกต้นของผักสมุยอีกด้วย (วิมล ตันติไชยากุล, 2528)

2.1.35 มะระขี้นก (*Momordica charantia* L. วงศ์ CUCURBITACEAE)

โดยทั่วไป ใช้ยอดอ่อนและผลแก่ก่อนสุกกินเป็นผักสด และสามารถใช้เป็นยาแกกลางบ้านในการดับพิษร้อน แก้บิด ริดสีดวงทวาร เป็นยาคุมธาตุและบำรุงธาตุ เป็นยาระบายอ่อนๆ แก้หอบหืด แก้ไข้ ส่วนชาวเขาโดยทั่วไปจะใช้ยอดอ่อนและผลแก่ก่อนสุกกินเป็นผักทั้งสด ลวกหรือปรุงใส่แกงหมูช่อและมั่งใช้ใบแก้กินสดหรือต้มกินเป็นยาขับพยาธิ ในหลายประเทศใช้ผลอ่อนกินเป็นผัก และใช้เป็นยาพื้นบ้านโดยใช้น้ำคั้นจากราก ลำต้น ใบ และผลเป็นยาแก้ไข้หรือยาระบายอ่อนๆ น้ำคั้นใช้ทาแก้โรคผิวหนัง อินโดนีเซียใช้เป็นยาเจริญอาหาร ยาฟอกโลหิต ยาระบายอ่อนๆ แก้โรคตับและแก้ปวด ในอินเดียและปอร์โตริโกใช้แก้โรคเบาหวาน (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

นวลศรี รักอธิษธรรม และ อัญชญา เจนวิทีสุข (2546) รายงานคุณค่าทางโภชนาการของมะระขี้นก ดังนี้ มีเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินก่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพืชตระกูลแตงอื่นๆและยังพบว่า ยอดมะระขี้นกมีดัชนีแอนติออกซิแดนซ์เท่ากับ 6.28 สูงกว่าผล (1.72) ส่วนฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาพบว่า สารสกัดมะระขี้นกมีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ ต้านมะเร็ง ขับยั้งไวรัส และการก่อกลายพันธุ์ องค์ประกอบทางเคมีที่พบ ได้แก่ อะลานีน (alanine) อาร์จีนีน (arginine) แอสพาราจีน (asparagines) กรดแอสพาทิก (aspartic acid) เบตา-ซิโตสเตอรอล rubixanthin, squalene และ V-insulin เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ, 2542)

Maisuthisakul และ คณะ (2007a) รายงานว่า มะระขี้นกมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.59 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 50.9 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 21.6 มิลลิกรัมสมมูลย์ของรูทีนต่อกรัม (น้ำหนัก) ในปีต่อมา Kobula และ Sirimompun (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า สารสกัดน้ำจากส่วนต่างๆ ได้แก่ ใบ ลำต้น และผลของมะระขี้นก มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน โดยสารสกัดน้ำจากใบมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และมีความสามารถในการรีดิวซ์สูงที่สุด ส่วนสารสกัดจากผลดิบสามารถทำลายอนุมูลไฮดรอกซิล และฟลอกซีของ β -carotene ได้ดี รวมถึงมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด โดยสารประกอบฟีนอลิกสำคัญที่พบในมะระขี้นก ได้แก่ กรดแกลลิก กรดแทนนิก คาทชิน กรดคาเฟอิก กรดเฟอร์ูลิก กรดเบนโซอิก และกรดคูมาริก

2.1.36 ผักฮั่นน้ำ (*Mosia dianthera* (Buch-Ham. ex Roxb.) Maxim. วงศ์ LABIATAE)

โดยทั่วไป ใ้ยอดอ่อนเป็นเครื่องเทศใส่ในแกงต่างๆ ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่าใ้ยอดอ่อนเป็นเครื่องเทศเช่นเดียวกัน ปะหล่องใ้ยอดอ่อนให้เด็กที่หายใ้ยใหม่ๆ เพื่อช่วยฟื้นใ้ย ส่วนกะเหรี่ยง ใส่ใบตากแห้งลงในข้าวเปลือกเพื่อป้องกันเชื้อรา ในประเทศจีนใ้ยอดอ่อนจากทั้งต้นเป็นยาทาแก้โรคผิวหนังบางชนิด หรือ ดื่มเป็นยาแก้ลมและแก้ปวดศีรษะ แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

2.1.37 ผักฉืด (*Neptunia oleracea* Lour. วงศ์ MIMOSACEAE)

โดยทั่วไปใ้ยอดต้น ยอดอ่อน และใบอ่อนกินเป็นผัก และสามารถใ้ยเป็นยากลางบ้าน แก้เบื่อเมา ถอนพิษใ้ย ถอนพิษอักเสบ ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่ากินลำต้นและยอดอ่อนเป็นผักเช่นกัน มูเซอและอีโก้ใ้ยอดต้นดำพอกแผล และใ้ยอดต้นใ้ยอดแก๊พึงอีกด้วย ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใ้ยอดต้น ยอดอ่อน และใบอ่อนกินเป็นผักเช่นเดียวกัน ในแถบกะลันตันของประเทศมาเลเซียใ้ยอด แก๊เนื้อแข็งในบริเวณกระดูกและเพดานปาก แก้โรคนองใน น้ำคั้นจากลำต้นใ้ยอดหนูแก๊หูเจ็บ (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

ผักฉืด มีวิตามินเอ แคลเซียม และเหล็กสูง และพบว่า สาร pheophorbide A และอนุพันธ์ที่พบในใบของผักฉืดมีฤทธิ์ต้านเนื้องอก โดยมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ pheophorbide A methyl ester, pheophorbide B และ albizzin เป็นต้น (นันทวัน บุญชะประภัศร และ คณะ, 2542)

นวลศรี รักษาริยะธรรม และ อัญชญา เชนวิสิสุข (2546) รายงานว่า พบสารต้านออกซิเดชันหลายชนิด เช่น เบตา-แคโรทีน แซนโทฟิลล์ วิตามินซี วิตามินอี แทนนิน และสารประกอบฟีนอลิก แต่ที่จัดเป็นพืชที่มีดัชนีแอนติออกซิเดนต์ต่ำ คือ 1.21 ส่วนรายงานของ นันทน์ภัส เต็มวงศ์ (2551) พบว่า ผักฉืดมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS และมีความสามารถในการรีดิวซ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี รวมทั้งยังมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงอีกด้วย

2.1.38 ผักไผ่ (*Persicaria odorata* (Lour.) Soja'k วงศ์ POLYGONACEAE)

โดยทั่วไป กินยอด ใบ และลำต้นเป็นผักสด ผักจิ้ม เครื่องเคียง ตลอดจนใช้เป็นเครื่องเทศในแกงต่างๆ และเป็นยากกลางบ้าน โดยใช้ใบตำหรือคั้นน้ำผสมเหล้าโรงทาแก้ผื่นคัน ใบใช้ขับลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่ากินทั้งต้นเป็นผักสด ผักจิ้ม หรือใช้เป็นเครื่องเทศเช่นเดียวกัน ในประเทศเวียดนามใช้เป็นเครื่องเคียงในอาหารต่างๆ สามารถใช้ใบแก้ไข้ อาเจียนหรือคั้นน้ำทาแก้กลาก และแผลเปื่อย หรือคั้นน้ำแก้พิษงูกัด (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ข)

น้ำมันหอมระเหยของผักไผ่ มีสารในกลุ่มอัลเคนแอลดีไฮด์ (alkane aldehydes) เป็นองค์ประกอบสำคัญ ทำให้มีกลิ่นและรสคล้ายกลิ่นของใบมะนาว ผักชี และผักกาดหัวผสมกัน นอกจากนี้ นวลศรี รักษิณธรรม และ อัญญา เจนวิถีสุข (2546) รายงานว่า พบสารต้านออกซิเดชันในผักไผ่หลายชนิด เช่น เบตา-แคโรทีน แซนโทฟิลล์ วิตามินซี วิตามินอี แทนนิน และสารประกอบฟีนอลิก แต่จัดเป็นพืชที่มีดัชนีแอนติออกซิเดนต์ต่ำ คือ 3.68 และยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.39 ส้มสุก (*Saraca indica* L. วงศ์ CAESALPINACEAE)

โดยทั่วไป ส้มสุก ถือเป็นไม้พุ่มขนาดใหญ่ แต่บางแห่งใช้ดอกตูมซึ่งมีรสเปรี้ยวทำแกงส้ม ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่า กินใบอ่อนและดอกอ่อนเป็นผัก ในประเทศแถบอินโดจีนและคาบสมุทรมลายู กินยอดอ่อนและดอกอ่อนเป็นผักเช่นเดียวกัน (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ค)

สารสกัดจากเปลือกส้มสุกมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อไวรัสเอดส์ หรือ HIV-1 (Sasef และ คณะ, 1998) แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี

2.1.40 ทะโล้ (*Schima wallichii* (D.C.) Korth. วงศ์ THEACEAE)

ทะโล้ เป็นยากกลางบ้าน โดยใช้ดอกแห้งชงน้ำแทนชาให้สตรีหรือสตรีหลังคลอดดื่มแก้โรคเกี่ยวกับมดลูก แก้โรคขัดเบา ใช้เปลือกตำพอกแผล นอกจากนี้ยังพบว่า เปลือกทะโล้ใช้เบื่อปลาและกำจัดเหา ส่วนชาวเขาเผ่าจีนฮ่อใช้ใบอ่อนตากแห้งชงแทนชา ช่วยทำให้ชุ่มคอ แก้กระหายน้ำ กระหริ่งใช้ยอดอ่อนแช่น้ำดื่มแก้อาการปวดเมื่อย เนื่องจากอาการไข้ ใช้เปลือกตำคั้นน้ำดื่มแก้ไอ แก้ไข้ ปะหล่องใช้ยอดอ่อนคลุกเกลือกินเป็นยาแก้ปวดท้อง ท้องอืด ท้องเฟ้อ ส่วนมังและเข้าใช้ใบอมหรือเคี้ยวกินเป็นยาแก้ปวดฟัน แก้แผลในปาก เหงือกเป็นหนอง ดมน้ำดื่มแก้อาการปวดภายในร่างกาย แก้ท้องร่วง ท้องเดิน และม้ามโต ในหลายประเทศใช้ดอกเป็นยากกลางบ้าน แก้ปัสสาวะผิดปกติ ปัสสาวะติดขัด และมดลูกอักเสบ (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ค)

สารสกัดหยาบจากใบและผลของทะโล้ ประกอบด้วย ซาโปนินที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Epidermophyton floccosum*, *Crosporium gypseum* และ *Trichophyton mentagrophytes* (พรพิพัฒน์

ณ พัทลุง และ คณะ, 2529) ส่วนดอกทะเลีมีรายงานว่าพบแทนนิน คือ คือ schimawalin A และ B (Yoshida และ คณะ, 1991) แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.41 ขี้เหล็ก (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby วงศ์ LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE)

โดยทั่วไป ดอกอ่อนและใบอ่อนใช้ปรุงอาหาร และใช้เป็นยากลางบ้าน แก้ไข้ แก้เหน็บชา แก้โรคเกี่ยวกับธาตุ แก้กระษัย ขับโลหิตเสีย เป็นต้น ส่วนชาวเขาโดยทั่วไปใช้ดอกอ่อนต้มให้สุกกินเป็นผักจิ้ม หรือปรุงใส่แกง ในประเทศแถบอินโดจีนกินใบอ่อนและผลอ่อนเป็นผัก สามารถใช้เป็นยาระบาย ขับพยาธิลำไส้ กัมพูชาใช้น้ำต้มจากแก่นแก้โรคหิด พม่าใช้ดอกเป็นยาบำรุงร่างกาย และเป็นยาระบาย (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ค)

แอนทราควิโนน ที่พบในขี้เหล็กมีฤทธิ์เป็นยาระบาย และสามารถนำมาใช้แก้โรคผิวหนัง และโรคซีกกลาก ส่วนองค์ประกอบเคมีสำคัญอื่นๆ ได้แก่ เบตา-อะไมริน อะพิจีนิน ไดแอนโทรน (dianthron) cassiachrome, cerotic acid, chrysophanic acid, siaminine A, B และ C เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ, 2539)

สารต้านออกซิเดชันที่พบในใบขี้เหล็กหลายชนิด ได้แก่ เบตา-แคโรทีน แซนโทฟิลล์ วิตามินซี วิตามินอี แทนนิน และสารประกอบฟีนอลิก แต่จัดเป็นพืชที่มีดัชนีแอนติออกซิเดนต์ต่ำ คือ 2.63 (นวลศรี รักอริยะธรรม และ อัญชญา เชนวิทีสุข, 2546)

2.1.42 หนามเป่า (*Smilax ovalifolia* Roxb. syn. *Smilax macrophylla* Roxb. วงศ์ SMILACACEAE)

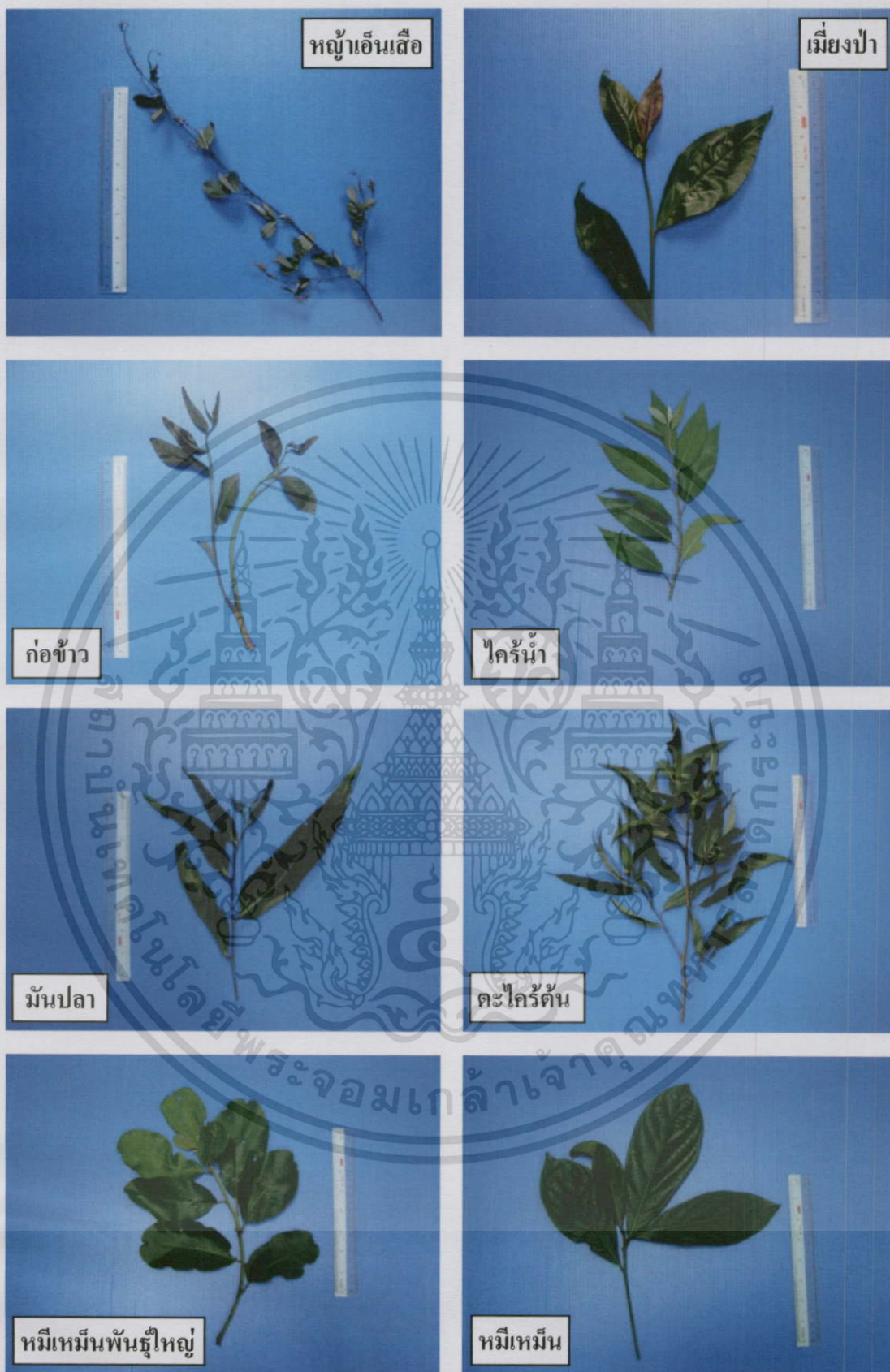
หนามเป่าเป็นยากลางบ้าน ใช้เป็นยาขับพิษ แก้เส้นเอ็นพิการ ฟอกเลือด และแก้กามโรค ส่วนชาวเขาแทบทุกเผ่า กินใบอ่อน ยอดอ่อนเป็นผักสด ผักจิ้มหรือปรุงใส่แกง มีง กระเหียง มูขอลิซอและเข้า ใช้เหง้า ใบ หรือทั้งต้นตำเป็นยาพอก หรือ คั้นน้ำทาแก้ผื่นคัน ตุ่มพุพอง โรคผิวหนัง ใช้ต้มน้ำดื่มเป็นยาบำรุงกำลังแก้ปวดภายในร่างกาย อาหารไม่ย่อย ใช้เป็นยาขับน้ำ ขับปัสสาวะ แก้ตกลือด และแก้กามโรค (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ค)

นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ (2541) รายงานว่า สารสกัดจากเหง้ามีฤทธิ์ในการลดปริมาณกรดยูริกในเลือด เพิ่มการขับกรดยูริกทางปัสสาวะ แต่ไม่มีฤทธิ์ในการขับปัสสาวะ และยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี

2.1.43 ย่านาง (*Tiliacora triandra* (Colebr.) Diels วงศ์ MENISPERMACEAE)

โดยทั่วไป น้ำคั้นจากใบย่านางใช้ใส่แกงต่างๆ และเป็นยากลางบ้าน โดยใช้บำรุงหัวใจ บำรุงธาตุ ถอนพิษผิดสำแดง ถอนพิษเบื่อเมา แก้ไข้ทุกชนิด ส่วนชาวเขาเผ่าเข้าใช้ทั้งต้น ต้มน้ำดื่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างพืชป่าบางชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นยาแก้ฟกช้ำภายในร่างกาย แก้ปวดกล้ามเนื้อ ข้อมือและเท้า และให้สตรีหลังคลอดบุตรดื่ม ส่วนเขมรใช้ช็อคอ่อนผสมกับสมุนไพรอื่นแก้ท้องเดิน (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ค)

สารสกัดจากย่านางมีฤทธิ์ต้านเชื้อมาเลเรีย ยับยั้งการหดเกร็งของลำไส้ และต้านฮีสตามีน องค์ประกอบทางเคมีที่พบ ได้แก่ แอลคาลอยด์หลายชนิด เช่น bisbenzylisoquinolines, tiliacorinine, nostiliacorinine, magnoflorine และ yanangine เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประภัสร์ และ คณะ, 2543ก) นอกจากนี้ ในใบย่านางแห้งมีสารต้านออกซิเดชันหลายชนิด ทั้งเบตา-แคโรทีน แซนโทฟิลล์ วิตามินซี วิตามินอี แทนนิน และสารประกอบฟีนอลิก แต่จัดเป็นพืชที่มีดัชนีแอนติออกซิเดนต์ต่ำ คือ 3.00 (นวลศรี รักอริยธรรม และ อัญชญา เจริญวิเศษ, 2546)

2.1.44 ส้มปี (*Vaccinium sprengelii* (D. Don) Sleum วงศ์ ERICACEAE)

ชาวเขาเผ่าไทยใหญ่ เข้า ปะหล่อง มูเซอ กระเหรี่ยงและจีนฮ่อกินใบอ่อนและช็อคอ่อนเป็นอาหารประเภทผัก ทั้งกินสด เป็นผักจิ้ม เครื่องเคียงหรือใส่แกง อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (สุธรรม อารีกุล และ คณะ, 2551ค)

อย่างไรก็ตาม ยังมีพืชป่าอีก 2 ชนิด ได้แก่ หมี่เหม็นพันธุใหญ่ และ หล้าเอ็นเสื่อ ที่ไม่พบการรายงานการใช้ประโยชน์ รวมถึงข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ต่างๆ ทั้งในด้านของชื่อวิทยาศาสตร์ ลักษณะของพืช รวมไปถึงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.2 ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

2.2.1 ความหมาย

สารต้านออกซิเดชัน (antioxidants) หมายถึง สารที่มีสมบัติในการยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอื่น (Mosby's Medical Dictionary, 2009) โดยสารต้านออกซิเดชันที่ดีนั้น ต้องสามารถยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี แม้ใช้ในปริมาณน้อยหรือที่ความเข้มข้นต่ำก็ตาม (Halliwell และ Gutteridge, 1995)

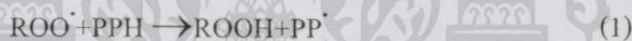
2.2.2 กลไกการต้านออกซิเดชัน

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้น จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับอนุมูลอิสระ และสารที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาทั้งกลุ่มที่มีออกซิเจน (reactive oxygen species, ROS) และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (reactive nitrogen species, RNS) โดยก่อให้เกิดภาวะที่เซลล์หรือร่างกายถูกออกซิไดซ์ (oxidative stress) ทำให้มีอนุมูลอิสระมากเกินไปจนเป็นสาเหตุของโรคร้ายแรงต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจ โรคเกี่ยวกับระบบประสาท และโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร เป็นต้น (Conerlli, 2009) โดยทั่วไปแล้ว สารต้านออกซิเดชันจะให้อิเล็กตรอน (e) หรือไฮโดรเจนอะตอม (H) แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้นเพื่อทำลายอนุมูลอิสระ หรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดออกซิเดชัน (วิวัฒน์ หวังเจริญ, 2545)

สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ แคโรทีนอยด์ วิตามินซี วิตามินอี สารประกอบฟีนอลิกต่างๆ ทั้งในกลุ่มของโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในปัจจุบัน สมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก จึงทำให้เกิดการศึกษาสารต้านออกซิเดชันชนิดใหม่ รวมถึงกลไกการต้านออกซิเดชันของสารกลุ่มนี้อย่างกว้างขวาง โดยกลไกการต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกนั้น มีกลไกสำคัญ 3 ประการ ดังนี้ (วิวัฒน์ หวังเจริญ, 2545; โอภา วัชรคุปต์, 2549)

1) เป็นตัวให้อิเล็กตรอนอะตอม (H) แก่อนุมูลอิสระ เช่น อนุมูลลิพิดอัลคอกซิล (lipid alkoxy) และเปอร์ออกซิล (peroxy) เป็นต้น จึงหยุดการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมัน ดังปฏิกิริยาที่ (1) และ (2) นอกจากนี้อนุมูลของสารประกอบฟีนอลิกที่เกิดขึ้น สามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่นๆ ได้อีกด้วย จึงช่วยลดจำนวนอนุมูลอิสระลงถึง 2 เท่า ดังปฏิกิริยาที่ (3) และ (4) (Bravo, 1998)

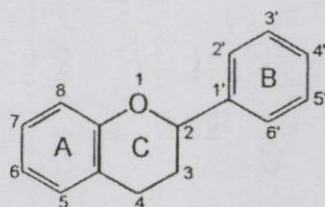


2) เป็นสารคีเลทโลหะ โดยสามารถจับกับไอออนของโลหะ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเร่งการเกิดอนุมูลอิสระและปฏิกิริยาลูกโซ่ เช่น เหล็ก ทองแดง เป็นต้น

3) สามารถรีดิวซ์อนุมูล α -tocopheroxyl ให้กลับเป็น α -tocopherol ที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันได้อีกครั้ง

อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลที่พบในโครงสร้าง รวมทั้ง การมีหมู่แทนที่ต่างๆ เช่น หมู่เมทอกซี (-OCH₃) การจับกับน้ำตาล เป็นต้น ซึ่งมีรายงานการศึกษาจำนวนมากเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก ที่ส่งผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์และกรดฟีนอลิก (Shahidi และ Naczki, 1995; Rice-Evans และคณะ, 1996; Heim และคณะ, 2002; Cai และคณะ, 2006)

ฟลาโวนอยด์ มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นแบบฟีนิลเบนโซไพโรน (2-phenylbenzopyrone) (C₆-C₃-C₆) ประกอบด้วยวงแหวน 2 วง เชื่อมกันด้วยคาร์บอน 3 อะตอม ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์

ที่มา: Pietta (2000)

ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของฟลาโวนอยด์ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลบนโครงสร้างหลัก โดยพบว่า โครงสร้างที่มีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชันแบ่งออกเป็น 3 แบบ (Cai และ คณะ, 2006) ได้แก่

1) โครงสร้างแบบ *ortho*-diphenolic หรือ catechol (ตำแหน่ง 3' และ 4' ที่วง B)

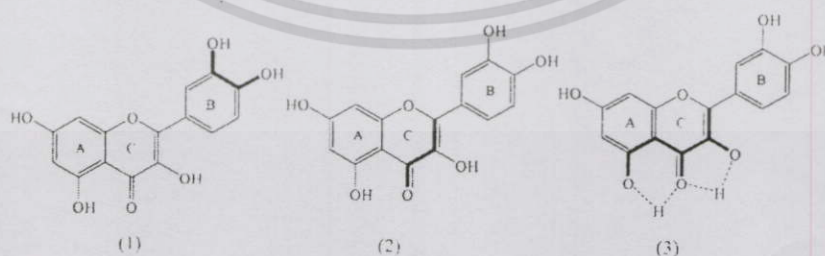
โครงสร้างแบบ *ortho*-diphenolic หรือ catechol เป็นโครงสร้างที่มีบทบาทมากที่สุดในการต้านออกซิเดชัน ทั้งการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระและการเกิดโลหะ โดยพบว่า การลดจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลบนวง B จะทำให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง

2) พันธะคู่ที่ตำแหน่ง 2-3 คอนจูเกต (conjugate) กับ 4-oxo

มีพันธะคู่ในวง C ที่ตำแหน่ง 2-3 คอนจูเกต (conjugate) กับ 4-oxo จะช่วยเพิ่มความเสถียรแก่อนุมูลฟลาโวนอยด์ฟีนอกซิล (flavonoid phenoxyl) ภายหลังให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ เนื่องจากอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนย้ายได้ทั่วทั้งโครงสร้าง

3) หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C₅ และ C₇ ในวง C

สารในกลุ่มฟลาโวนอลและฟลาวานอล จะมีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C₅ ทำให้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าฟลาโวนและฟลาโวนอน เนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุล โครงสร้างจึงมีลักษณะแบนราบในระนาบเดียวกัน ส่งผลให้การเคลื่อนย้ายของอิเล็กตรอนผ่านพันธะคู่ (π -bond) เกิดได้ดีขึ้น จึงช่วยเพิ่มความเสถียรให้แก่อนุมูลของฟลาโวนอยด์



ภาพที่ 2.3 ลักษณะ โครงสร้างที่มีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชันของฟลาโวนอยด์

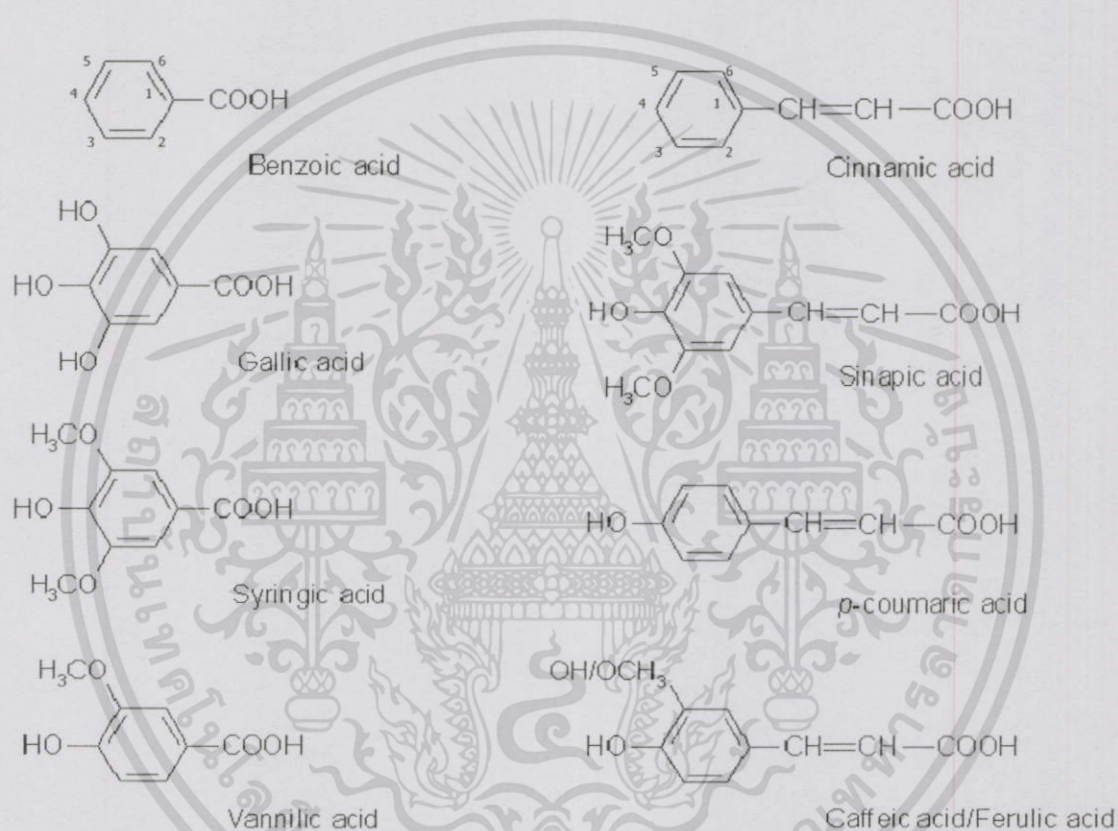
(1) โครงสร้างแบบ *ortho*-diphenolic หรือ catechol, (2) พันธะคู่ที่ตำแหน่ง 2-3 คอนจูเกต (conjugate) กับหมู่ 4-oxo,

(3) หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C₅ และ C₇

ที่มา: โอภา วัชรกุลป์ดี (2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนความสามารถในการต้านออกซิเดชันของกรดฟีนอลิก ไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับจำนวนและตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลที่พบในโครงสร้างแล้ว ยังขึ้นอยู่กับ โครงสร้างหลักของกรดฟีนอลิกอีกด้วย โดยพบว่า โครงสร้างแบบกรดไฮดรอกซีซินนามิก (hydroxycinnamic acids) จะมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่า โครงสร้างแบบไฮดรอกซีเบนโซอิก (hydroxybenzoic acids) เนื่องจาก การแทรกหมู่เอททีลีน (-CH=CH-) ระหว่างวงฟีนิลกับหมู่คาร์บอกซิลิก ช่วยเพิ่มความเสถียรให้แก่อนุมูลของฟลาโวนอยด์ เนื่องจากอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่แบบเรโซแนนซ์ได้ (โอภา วัชรคุปต์, 2549) โดยกรดฟีนอลิกชนิดต่างๆสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 กรดฟีนอลิกที่มีโครงสร้างหลักแบบไฮดรอกซีเบนโซอิก และแบบไฮดรอกซีซินนามิก ที่มา : คัดแปลจาก Marshall และ คณะ (2000)

ในกลุ่มของกรดฟีนอลิกที่มีโครงสร้างหลักแบบไฮดรอกซีเบนโซอิก พบว่า การเพิ่มจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลทำให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น โดยกรดแกลลิก ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ (3,4,5-OH) มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด นอกจากนี้ การมีหมู่เมทอกซีในโครงสร้าง ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมและการทำลายอนุมูลอิสระ (Cai และ คณะ, 2006)

ส่วนกรดฟีนอลิกที่มีโครงสร้างหลักแบบไฮดรอกซีซินนามิกนั้น พบว่า กรดฟีนอลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 2 หมู่ จะมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเพียงหมู่เดียว และการมีหมู่เมทอกซีในโครงสร้างจะช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านออกซิเดชันให้สูงขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตามพบว่า การมีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง *para*- (4-OH) จะมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าตำแหน่งอื่นๆ โดยพบว่า กรดพาราคูมาริก (*p*-coumaric acid) มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่า *m*- (2-OH) หรือ *o*-coumaric acid (3-OH) เนื่องจาก สามารถให้ไฮโดรเจนได้ดีกว่าตำแหน่งอื่นๆ นอกจากนี้ ยังพบว่า การมีหมู่แทนที่ที่มีคุณสมบัติเป็นหมู่ให้อิเลคตรอน เช่น หมู่อัลคิล หรือ เมทอกซี ที่ตำแหน่ง *ortho*- (3-OH) ช่วยเพิ่มความคงตัวของอนุมูล arylloxy[•] ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันของไขมันเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย (โอภา วัชรกุลป์, 2549)

2.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งการวัดปริมาณอนุมูลอิสระและสารที่มีความไวสูง เช่น H_2O_2 , O_3 , $ONOO^-$ โดยตรงด้วยเทคนิคอีพีอาร์สเปกโตรสโกปี (electron paramagnetic resonance spectroscopy, EPR) การวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกายตามธรรมชาติ การวัดปริมาณอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่ในการกำจัดอนุมูลอิสระ การวัดผลผลิตที่เกิดจากการที่สารชีวโมเลกุลสำคัญในร่างกายถูกออกซิไดซ์โดยอนุมูลอิสระ หรือการวัดความสามารถโดยรวมในการต้านออกซิเดชัน (โอภา วัชรกุลป์, 2549) ถึงแม้ว่า การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันจะทำได้หลายแบบ แต่ยังไม่มียุทธวิธีใดวิธีหนึ่งที่เหมาะสม หรือ เป็นวิธีมาตรฐานในการบ่งชี้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารต่างๆ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีวิเคราะห์หลายๆ วิธีร่วมกัน (Huang และ คณะ, 2005)

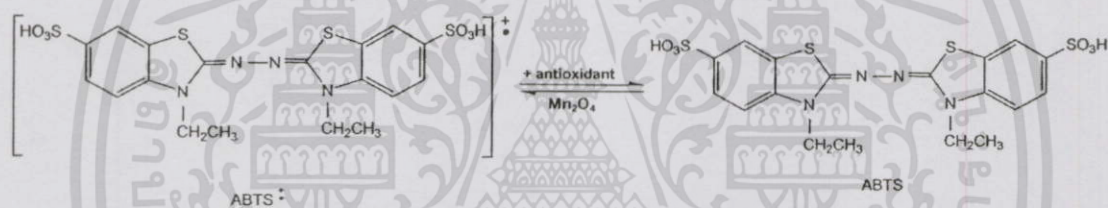
ในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารจากธรรมชาติแบบ *In vitro* นั้นเป็นการวัดความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยรวม โดยสามารถทำการวิเคราะห์ได้หลายวิธี และวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีรายละเอียดดังนี้

2.2.3.1 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH[•] (DPPH free radical scavenging assay)

วิธี DPPH เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด สำหรับการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารจากธรรมชาติ (Moon และ Shibamoto, 2009) อนุมูล 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH[•]) มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบมีสีม่วง และคงตัวดี ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้เป็นการบ่งชี้ถึงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ โดยวัดความสามารถในการรีดิวซ์ของสารต้านออกซิเดชันที่มีต่ออนุมูล DPPH[•] ผ่านการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (electron transfer) ร่วมกับการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอม (hydrogen atom transfer) โดยการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนจากสารต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมงกานีสไดออกไซด์ (Mn_2O_4) และโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) เป็นต้น จึงทำให้มีความสะดวก รวดเร็วในการเตรียมสารละลายมากขึ้น และสามารถวัดการรีดิวซ์ของสารต้านออกซิเดชันที่มีต่ออนุมูล $ABTS^{+}$ ได้โดยตรง (Prior และ คณะ, 2005) สารต้านออกซิเดชันจะทำลายอนุมูล $ABTS^{+}$ ผ่านกลไกการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (ภาพที่ 2.6) ส่งผลให้สารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวของอนุมูล $ABTS^{+}$ เป็นไม่มีสีของสารประกอบ ABTS จึงสามารถวัดการลดลงของสีเขียว หรือค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตรภายหลังการทำปฏิกิริยา 6 นาที ซึ่งความสามารถในการต้านออกซิเดชันแสดงในรูป Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน วิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว สามารถทนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงกว้าง อีกทั้งอนุมูล $ABTS^{+}$ สามารถละลายได้ทั้งในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ จึงทดสอบสารต้านออกซิเดชันได้ทั้งกลุ่มที่ละลายน้ำและกลุ่มที่ละลายไขมัน แต่โดยทั่วไปจะใช้น้ำในการเตรียมสารละลาย จึงนิยมนำมาใช้ทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารกลุ่มที่ละลายในน้ำมากกว่า (Pérez-Jiménez และ คณะ, 2008)



ภาพที่ 2.6 การทำลายอนุมูล $ABTS^{+}$ ของสารต้านออกซิเดชัน

ที่มา : คัดแปลงจาก Huang และ คณะ (2005)

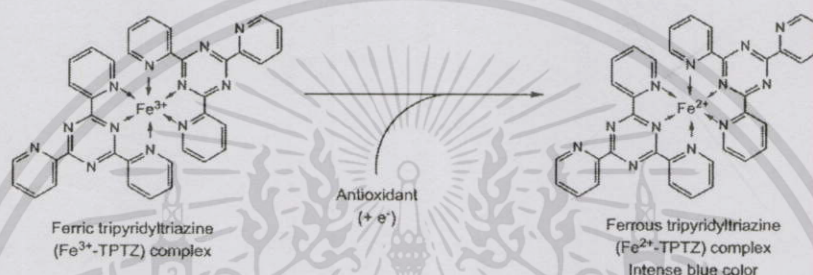
วิธีนี้มีข้อจำกัด คือ อนุมูล $ABTS^{+}$ เกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นเช่นเดียวกับอนุมูล DPPH จึงไม่พบตามธรรมชาติ ทำให้ไม่สามารถบอกถึงความไวของสารต้านออกซิเดชันที่มีต่ออนุมูลที่พบในเซลล์หรือร่างกายได้ และยังพบว่า สารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดจะเข้าทำปฏิกิริยาได้ช้า ซึ่งการอ่านค่า TEAC ที่เวลา 6 นาที อาจก่อนถึงจุดยุติของปฏิกิริยา ส่งผลให้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันต่ำกว่าความเป็นจริง นอกจากนี้ สารที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำกว่า 0.68 โวลต์ สามารถรีดิวซ์อนุมูล $ABTS^{+}$ ได้เช่นเดียวกับสารต้านออกซิเดชัน (Prior และ คณะ, 2005)

2.2.3.3 ความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมด ferric reducing antioxidant capacity (FRAP) assay

วิธีนี้เป็นวิธีวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยตรง และไม่มีอนุมูลอิสระเกี่ยวข้องในปฏิกิริยา แต่จะแสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์โลหะของสารต้านออกซิเดชัน (Pérez-Jiménez และ คณะ, 2008) การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันเกิดจากการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (electron transfer) จากสารต้านออกซิเดชันในการรีดิวซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{3+} -TPTZ (สีเหลืองส้ม) เป็น Fe^{2+} -TPTZ (สีน้ำเงิน) ในสภาวะที่เป็นกรด ดังภาพที่ 2.7 ซึ่งการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินนี้ สามารถวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 593 นาโนเมตร ภายหลังจากทำปฏิกิริยา 8 นาที ความสามารถในการต้านออกซิเดชันอาจเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox สารต้านออกซิเดชันอื่นๆ หรือสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต วิธีนี้จึงจัดว่าเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ใช้เวลาในการทดสอบน้อย และนิยมนำมาใช้ทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารกลุ่มที่ละลายในน้ำเช่นเดียวกับวิธี TEAC (Pérez-Jiménez และ คณะ, 2008)



ภาพที่ 2.7 การรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อน Fe^{3+} -TPTZ ของสารต้านออกซิเดชัน
ที่มา : Moon และ Shibamoto (2009)

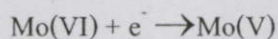
วิธีนี้มีข้อจำกัด เนื่องจาก เป็นการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ Fe^{3+} -TPTZ ซึ่งอาจไม่สัมพันธ์กับกลไกที่พบในร่างกาย รวมทั้งค่าความเป็นกรด-ด่างที่ใช้ในการทดสอบนั้น มีความแตกต่างจากสภาวะในร่างกายอีกด้วย นอกจากนี้ยังไม่สามารถใช้วิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่อาศัยการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอม เช่น กลูตาไทโอน (glutathione) เป็นต้น และยังพบว่า สารที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำกว่า 0.77 โวลต์สามารถรีดิวซ์ Fe^{3+} -TPTZ ได้เช่นเดียวกับสารต้านออกซิเดชัน อีกทั้งสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิด เช่น กรดคาเฟอิก กรดแทนนิก และ กรดเฟอรูลิก เป็นต้น จะเข้าทำปฏิกิริยาได้ช้า ส่งผลให้ค่าที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าต่ำกว่าเป็นจริง (Prior และ คณะ, 2005)

2.2.3.4 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu Reagent

วิธีนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างรีเอเจนต์ Folin Ciocalteu (phosphomolybdic-phosphotungstic acid) กับไทโรซีน ซึ่งมีหมู่ฟีนอลในโครงสร้าง (Folin และ Ciocalteu, 1927) ในเวลาต่อมา Singleton และ คณะ (1999) ได้ประยุกต์วิธีนี้ในการหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในไวน์ จากนั้นได้ใช้หาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารจากธรรมชาติรวมถึงพืชชนิดต่างๆ อย่างแพร่หลาย (Prior และ คณะ, 2005; Tabart และ คณะ, 2009) เนื่องจาก ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างไม่ก็มีความสัมพันธ์ที่ดีกับความสามารถในการต้านออกซิเดชัน อีกทั้ง สารประกอบฟีนอลิก ก็เป็นสารประกอบสำคัญที่พบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทุกส่วนของพืช โดยวิธีนี้เป็นารวัดความสามารถในการรีดิวซ์ของสารต้านออกซิเดชันโดยตรง เช่นเดียวกับวิธีวิเคราะห์อื่นๆ ทั้งวิธี DPPH วิธี TEAC และ วิธี FRAP เป็นต้น การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดนั้น อาศัยการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจากหมู่ฟีนอลิก (phenolic group) เพื่อรีดิวซ์โมลลิบเดต (molybdates) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของรีเอเจนต์ Folin Ciocalteu ในสภาวะที่เป็นเบส ดังปฏิกิริยา (Prior และ คณะ, 2005)

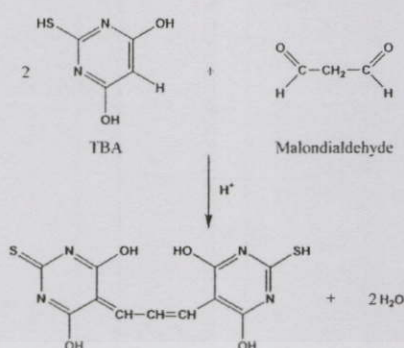


ปฏิกิริยาการรีดิวซ์โมลลิบเดต ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินที่สามารถวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร และนำไปคำนวณปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก หรือ สารประกอบฟีนอลิกอื่นๆ ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการวิเคราะห์ แต่มีข้อจำกัด คือ สารกลุ่มอื่นๆที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิก สามารถรีดิวซ์รีเอเจนต์ Folin Ciocalteu ได้ ทั้งในกลุ่มของน้ำตาล กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ หรือโลหะทรานซิชันที่ไวต่อการทำปฏิกิริยา ยกตัวอย่างเช่น อะดีนีน (adenine) อะลานีน (alanine) อะนิลีน (aniline) กรดอะมิโน กรดเบนโซอิก อีดีทีเอ ฟรุคโตส กรดยูริก ไฮดรอกซิน โปแทสเซียมไนไตรต์ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบว่า สารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิดจะมีความไวต่อการทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ Folin Ciocalteu ได้แตกต่างกัน (Huang และ คณะ, 2005)

2.2.3.5 ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี Thiobarbutyric acid reactive substances (TBARS)

วิธีนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน ทั้งในสารต้านออกซิเดชันจากพืชต่างๆ รวมไปถึงองค์ประกอบของพืช (Moon และ Shibamoto, 2009) โดยอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ซึ่งเป็นผลผลิตในขั้นสุดท้ายของการเกิดออกซิเดชันของไขมันกับกรดไทโอบาร์บิวริก (thiobarbutyric acid, TBA) ในสภาวะที่เป็นกรด เกิดเป็นสารประกอบที่มีสีชมพู เรียกว่า Thiobarbutyric acid reactive substances (TBARS) ที่สามารถวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร การต้านออกซิเดชันของไขมันเป็นผลจากกลไกหลายกลไกร่วมกัน เช่น การเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอมจากสารต้านออกซิเดชันไปยังอนุมูลเปอร์ออกไซด์ หรือ อัลคอกไซด์ เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมัน จากนั้นปฏิกิริยาระหว่าง MDA ที่เกิดขึ้นกับ TBA จะใช้ทดสอบปริมาณการออกซิเดชันของไขมัน (ภาพที่ 2.8) ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมัน อาจแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (% antioxidant activity, AOA) หรือ เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (% inhibition) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน เช่น BHT วิตามินเอ หรือ วิตามินซี เป็นต้น วิธีนี้นิยมใช้วัดความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน เนื่องจาก ไขมันเป็นชีวโมเลกุลที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (โอภา วัชรคุปต์, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างมาลอนไดอัลดีไฮด์ (MDA) และกรดไทโอบาร์บิทูริก (TBA)

ที่มา : Antolovich และ คณะ (2001)

วิธีนี้มีข้อจำกัด คือ เป็นวิธีที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับผลผลิตทั้งหมดที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมัน อีกทั้ง กรดไทโอบาร์บิทูริกยังสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ เช่น น้ำตาล เกิดเป็นสารประกอบที่มีสีได้เช่นเดียวกัน (Antolovich และ คณะ, 2001) จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ให้มีเจาะจงมากยิ่งขึ้น โดยวิเคราะห์ร่วมกับการวัดแสงฟลูออเรสเซนส์ หรือ เครื่อง LC-MS

ตัวอย่างวิธีวิเคราะห์ที่นำมาใช้วิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันจากพืชชนิดต่างๆ และองค์ประกอบสำคัญที่พบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชชนิดต่างๆ

พืชที่ทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง	วิธีทดสอบ	สารประกอบที่พบ
พืชสมุนไพรของอินเดีย	133	ABTS, DPPH, FRAP	กรดฟีนอลิก แทนนิน ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ลิกนิน เคอร์คูมินอยด์
พืชสมุนไพร	70	FRAP, DPPH, ABTS	สารประกอบฟีนอลิก
ผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้	11	DPPH, TBA	สารประกอบโพลีฟีนอล
ผัก	43	β -carotene/linoleic acid	สารประกอบโพลีฟีนอล
ข้าวฟ่างสายพันธุ์ต่างๆ	50	ABTS	โปรแอนโทไซยานิดิน ฟลาโวนอล คือออกซีแอนโทไซยานิดิน
พืชสมุนไพรของจีน	112	ABTS	สารประกอบฟีนอลิก
พืชจากประเทศโบลิเวีย	54	DPPH	สารประกอบฟีนอลิก
พืชสมุนไพรของจีน	68	FRAP, DPPH	สารประกอบฟีนอลิก
ผักสดของเกาหลี	13	DPPH	สารประกอบฟีนอลิก
พืชสมุนไพร	45	FRAP	สารประกอบฟีนอลิก
พืชจากประเทศอาร์เจนตินา	41	FRAP	สารประกอบฟีนอลิก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Moon และ Shibamoto (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชต่างๆ (ตารางที่ 2.1) พบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน มีความเกี่ยวข้องกับสารประกอบฟีนอลิกที่พบ และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ จึงจำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิเคราะห์ต่างๆ เพื่อช่วยให้เข้าใจกลไกการต้านออกซิเดชัน ตลอดจน คุณสมบัติบางประการของสารต้านออกซิเดชันที่พบในตัวอย่าง

2.2.3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ต่างๆ

Huang และ คณะ (2005) รายงานว่า วิธีวิเคราะห์ที่ใช้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในการต้านออกซิเดชัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมากในเชิงเส้นตรง โดยพบความสัมพันธ์ในระดับสูงระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP, TEAC หรือ DPPH และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.99 เนื่องจาก กลไกที่ใช้ในการทดสอบเกี่ยวข้องกับความสามารถในการรีดิวซ์ของสารต้านออกซิเดชันเหมือนกัน สอดคล้องกับรายงานของ Pérez-Jiménez และ คณะ (2008) ที่พบว่า การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างด้วยวิธีที่ใช้กลไกแบบเดียวกัน จะให้แนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน นอกเหนือจาก ความแตกต่างของกลไกการต้านออกซิเดชันของวิธีวิเคราะห์แต่ละวิธีแล้ว ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์นั้นยังแตกต่างกันออกไปตามตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ โดย Wong และ คณะ (2006) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดน้ำจากพืชอาหาร 25 ชนิดในประเทศสิงคโปร์ ด้วยวิธี DPPH, FRAP และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า วิธี DPPH และวิธี FRAP มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9495) แต่ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับวิธีวิเคราะห์ทั้งสองในระดับปานกลาง และ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.5480-0.5656 แสดงว่า สารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชอาหารทั้ง 25 ชนิดนี้ มีบทบาทในการต้านออกซิเดชันร่วมกับสารประกอบอื่นๆ ที่พบในพืช

ส่วน Surveswaran และ คณะ (2007) พบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TEAC, DPPH และ FRAP ของพืชสมุนไพรในประเทศอินเดียจำนวน 133 ชนิด มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในช่วง 0.8810-0.9866) และวิธี TEAC มีความสัมพันธ์กับวิธี DPPH มากที่สุด แสดงให้เห็นว่า วิธีวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธีนี้ มีความเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสมุนไพรทั้ง 133 ชนิด นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับวิธีวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี ในระดับสูงเช่นกัน (มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในช่วง 0.8941-0.9690) ดังนั้นสารประกอบฟีนอลิกจึงเป็นกลุ่มสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชันของสมุนไพรทั้ง 133 ชนิด ในขณะที่ Yawadio Nsimba และ คณะ (2008) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดผักโขมและข้าวคั่วด้วยวิธี DPPH, FRAP และ β -carotene พบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของเมล็ดผักโขมและข้าวคั่ว มีแนวโน้มที่แตกต่างกันไปในวิธีวิเคราะห์แต่ละวิธี อีกทั้งยังพบความสัมพันธ์ในระดับต่ำระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดกับวิธี DPPH (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

เท่ากับ 0.4526) ส่วนวิธีอื่น ๆ มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง (มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในช่วง 0.6951-0.6993) แสดงว่า สารต้านออกซิเดชันสำคัญของเมล็ดผักโขมและข้าวคั่วเป็น สารกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิก

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน จึงต้องเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ที่มี กลไกแตกต่างกันอย่างน้อย 2 วิธี โดยนิยมใช้วิธีที่มีการทำลายอนุมูลอิสระ หรือ ใช้การเคลื่อนย้าย อิเลคตรอน เช่น TEAC, FRAP หรือ DPPH ร่วมกับวิธีที่ใช้วิเคราะห์การต้านออกซิเดชันของไขมัน เช่น TBARS หรือวิธีฟอกสีของ β -carotene เป็นต้น (Pérez-Jiménez และ คณะ, 2008; Moon และ Shibamoto, 2009)

2.2.3.7 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

1) สายพันธุ์ของพืช

ในปัจจุบัน พบรายงานการศึกษาวิจัยถึงความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วย วิธีต่างๆ ตลอดจน ความสัมพันธ์กับองค์ประกอบต่างๆ ของพืชหลากหลายสายพันธุ์ทั่วโลกอย่าง กว้างขวาง ทั้งในกลุ่มของพืชสมุนไพร พืชอาหาร เครื่องเทศ หรือ ผลไม้ โดยพบว่า พืชแต่ละสาย พันธุ์จะมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันออกไป เช่น Mantle และ คณะ (2000) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสมุนไพรพื้นเมืองในประเทศอังกฤษ จำนวน 41 ชนิด ด้วยวิธี ABTS และ Superoxide dismutase (SOD) พบว่า สารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ของ cranesbill (*Geranium pratensis*) มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงสุด รองลงมา คือ herb bennet (*Geum urbanum*), heartsease (*Viola tricolor*) และ sorrell (*Rumex acetosa*) ตามลำดับ Zheng และ Wang (2001) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันและ สารประกอบฟีนอลิกของสมุนไพร 39 ชนิด ที่ใช้เป็นยารักษาโรคและประกอบอาหารในประเทศ สหรัฐอเมริกา พบว่า สมุนไพรที่ใช้ในการประกอบอาหารมีความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ด้วยวิธี ORAC สูงกว่าสมุนไพรที่ใช้เป็นยารักษาโรค โดย mexican oregano (*Poliomintha longiflora*) มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันในเชิงบวก แสดง ว่า สมุนไพรเหล่านั้นเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูง และการ บริโภคสมุนไพรอย่างเหมาะสมจะก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพ ต่อมา Wojdyło และ คณะ (2007) ได้ ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันและสารประกอบฟีนอลิกของพืชสมุนไพร 32 ชนิดใน ประเทศโปแลนด์ พบว่า สารสกัด *Echinacea purpurea* มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด ส่วน สารสกัดของ *Epilobium hirsutum* สามารถทำลายอนุมูลอิสระ ABTS และ DPPH ได้ดีที่สุดใน นอกจากนี้ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับวิธีวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธีในเชิงบวก ซึ่งให้เห็นว่า พืชสมุนไพรของโปแลนด์เป็นแหล่งสำคัญของสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดรวมทั้งฟลาโวนอยด์ ที่มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันที่ดี และเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในประเทศแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น อินเดีย จีน เป็นต้น ก็พบงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการต้านออกซิเดชัน เป็นจำนวนมากเช่นกัน โดยในประเทศญี่ปุ่น Katsube และคณะ (2004) ได้ประเมินความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชอาหารจำนวน 52 ชนิด พบว่า akamegashiwa (*Mallotus japonicus*), japanese privet (*Ligustrum japonicum*) ชาเขียว และผล astringent persimmon มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าในกลุ่มของพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงมีความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี ในเชิงบวก โดยปริมาณฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับวิธี DPPH สูงที่สุด แสดงว่า ปริมาณฟีนอลิกสามารถใช้ทำนายความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในพืชทั้ง 52 ชนิดนี้ได้ ส่วนในประเทศอินเดีย ก็นำพืชสมุนไพรพื้นบ้านมาศึกษาเช่นกัน โดย Surveswaran และ คณะ (2007) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชสมุนไพรพื้นเมืองจำนวน 133 ชนิด พบว่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS, DPPH และ FRAP มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช แต่พืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงในวิธีใดวิธีหนึ่ง มีแนวโน้มที่จะมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีอื่นๆ สูงเช่นเดียวกัน อีกทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่พบนั้น มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันในเชิงบวก แสดงว่า สารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบที่สามารถต้านออกซิเดชันได้

Li และ คณะ (2008) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของพืชสมุนไพรจีน 45 ชนิด พบว่า *Sargentodoxa cuneata* Rehd. Et Wils, *Fraxinus rhynchophylla* Hance, *Paeonia lactiflora* Pall, *Paeonia suffruticosa* Andr และ *Scutellaria baicalensis* Georgi เป็นพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูง สามารถใช้เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่า การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS มีความสัมพันธ์กับวิธี FRAP ในเชิงบวก แสดงให้เห็นว่า สารต้านออกซิเดชันที่พบในพืชสมุนไพรเหล่านี้ มีทั้งความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระและการรีดิวซ์ ส่วนสารประกอบฟีนอลิกที่พบก็มีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชัน เนื่องจาก มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันในเชิงบวก ในปีเดียวกัน Liu และ คณะ (2008) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของพืชสมุนไพรจีน จำนวน 68 ชนิด โดยพบพืชจำนวน 6 ชนิด คือ chinese white olive, เปลือก pricklyash, ผล villous amomum กานพลู โป๊ยกั๊ก และ ดอกลิลาวดี ที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูง อีกทั้งยังพบว่า สารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันในเชิงบวก จึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชกลุ่มนี้ได้

ในประเทศไทยนั้น Maisuthisakul และ คณะ (2007a) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระในพืชพื้นบ้านของไทย 26 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแบ่งพืชที่ทำการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ผลไม้ ผักและสมุนไพร หมากและเครื่องเคียง พบว่า เมล็ดของมะเมี (Antidesma velutinum Tulas.) มะเกี๋ยง (Cleistocalyx operculatus var. paniala (Roxb.)) และ ชมพู่ (Eugenia siamensis Craib.) กับพืชในกลุ่มหมากและเครื่องเคียง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูง และสามารถทำลายอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ได้ดี ส่วนผักและสมุนไพรชนิดต่างๆ กลับมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ต่ำที่สุด และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในพืช มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันในเชิงบวก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.83 และ 0.79 ตามลำดับ

2) ส่วนของพืชที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์

โดยทั่วไป ส่วนต่างๆ ของพืชมีลักษณะที่แตกต่างกัน ทั้งด้านโครงสร้าง และสารประกอบที่พบ รวมถึง หน้าที่ในกระบวนการต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การลำเลียงน้ำ เป็นต้น จึงทำให้เซลล์พืชสร้างสารประกอบต่างๆ ที่แตกต่างกันออกไป (Oksman-Caldentey และ Inzéz, 2004) จากลักษณะดังกล่าวย่อมส่งผลให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์แตกต่างกันตามไปด้วย โดย Llobera และ Cañellas (2007) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของลำต้นและกากองุ่นแดงพันธุ์ Manto Negro (*Vitis vinifera*) พบว่า ส่วนลำต้นมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าส่วนของกากองุ่น และมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระสูงกว่าฝรั่ง แอปเปิ้ล และแอปเปิ้ลคอตอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า กากองุ่นและลำต้นมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงถึง 74.5 และ 77.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จึงสามารถนำมาใช้เป็นใยอาหารประเภท antioxidant dietary fiber ได้

Silva และ คณะ (2007) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของพืชพื้นเมือง 15 สายพันธุ์ที่พบในแถบลุ่มน้ำอะเมซอน พบว่า สารสกัดจากใบของ *Byrsonima crassifolia* มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ORAC และ ABTS สูงที่สุด โดยสารสกัดจากใบมีแนวโน้มว่า มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าส่วนอื่นๆ ใดๆก็ตาม พบว่าใบและเปลือกของ *Byrsonima crassifolia*, *Inga edulis*, *Davilla kunthii* และ *Cecropia palmata* มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันที่ดีเช่นกัน ต่อมา Barreira และ คณะ (2008) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ได้แก่ ส่วนดอก ใบ เปลือก และผลของเกาลัด (chestnut) พบว่า ส่วนดอกและใบของเกาลัดมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี และส่วนใบยังมีความสามารถในการรีดิวซ์สูงที่สุด ส่วนเปลือกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด อีกทั้งยังมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี β -carotene และ TBARS รวมถึงฤทธิ์ป้องกันการแตกของเม็ดเลือดแดงได้ดีที่สุด ในขณะที่ส่วนผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกาลัดพบความสามารถในการต้านออกซิเดชันต่ำที่สุดในทุกวิธี นอกจากนี้ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์มีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการต้านออกซิเดชัน เช่นเดียวกับ รายงานของ Kobula และ Sirimompun (2008) พบว่าส่วนต่างๆ ได้แก่ ใบ ลำต้น และผลของ มะระจีนก็มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน โดยส่วนใบมีฤทธิ์ในการทำลาขอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์สูงที่สุด ส่วนผลดิบของมะระจีนสามารถทำลายอนุมูล ไฮดรอกซิลและฟอสซีของ β -carotene ได้ดี รวมถึงมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด

Froehlicher และ คณะ (2009) ได้ศึกษาชนิดสารประกอบฟีนอลิกและ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันจากส่วนต่างๆ ได้แก่ ผลสด (ส่วนสีแดงและส่วนสีเหลือง) ผลแห้ง ดอกตูม และช่อดอกของ hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) พบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชันในแต่ละส่วนของ hawthorn มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณโพรแอนโทไซยานิดิน และปริมาณฟลาโวนอยด์ที่พบ โดยผลสดส่วนสีแดงมีฤทธิ์ในการ ต้านออกซิเดชันสูงที่สุด โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และโพรแอนโทไซยานิดินสูง ส่วนดอกตูม และช่อดอก พบว่ามีความสามารถในการต้านออกซิเดชันใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โพรแอนโทไซยานิดินและฟลาโวนอยด์สูง ในขณะที่ส่วนผลทั้งสดและแห้งพบว่า มีความสามารถในการ ต้านออกซิเดชันต่ำ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โพรแอนโทไซยานิดินและฟลาโวนอยด์ต่ำ และผลสดส่วนสีเหลืองจะมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันต่ำที่สุด

3) การทำแห้ง

นอกเหนือจาก ความแตกต่างด้านสายพันธุ์และส่วนต่างๆของพืชที่ใช้ในการ วิเคราะห์ รวมถึง สภาพการเพาะปลูกแล้ว ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างต่างๆ ทั้งการทำแห้ง การลด ขนาดพืช การเลือกใช้ตัวทำละลาย และวิธีการสกัด ล้วนแต่เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดการสูญเสีย ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชได้อีกด้วย

กระบวนการทำแห้ง เป็นกระบวนการแปรรูปที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาของ พืชสมุนไพรต่างๆ เพื่อลดการเสื่อมเสียในพืชสด รวมถึงการลดปริมาตรและน้ำหนักของพืชเพื่อให้ สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษา แต่กระบวนการทำแห้ง ก็เป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำให้เกิด การสลายตัว ตลอดจน เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของสารสำคัญที่พบในพืชได้เช่นกัน (Capecka และ คณะ, 2005) โดยทั่วไป อุณหภูมิในการทำแห้งอยู่ระหว่าง 50 - 60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และนิยมใช้ระยะเวลาในการทำแห้งให้น้อยที่สุด เพื่อรักษาคุณภาพของ องค์ประกอบต่างๆในพืชไว้ให้ได้มากที่สุด การทำแห้งมีผลโดยตรงต่อลักษณะทางกายภาพของพืช ทำให้โครงสร้างของเซลล์พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงไป โดยเซลล์พืชจะหดตัวลง มีลักษณะแข็งและ เปราะ เมื่อบดเป็นผงแล้วจะมีขนาดสม่ำเสมอ ทำให้ตัวทำละลายแทรกซึมเข้าไปสกัดสารภายในผง พืชได้ดี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีสกัดและตัวทำละลายที่ใช้ (Pérez-Jiménez และ คณะ, 2008) อย่างไรก็ตาม พบว่า การทำแห้งเป็นสาเหตุของการลดลงขององค์ประกอบต่างๆ รวมถึงก่อให้เกิดการสูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการต้านออกซิเดชันในพืชหลายชนิด โดย Capecka และ คณะ (2005) รายงานว่า เปเปอร์มินต์ เลมอนบาล์ม และออริกาโน ที่ผ่านการทำแห้งในอากาศที่อุณหภูมิระหว่าง 25 - 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิก และแคโรทีนอยด์ลดลง อีกทั้งยังมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ส่วน Garau และ คณะ (2007) ได้ศึกษาการทำแห้งสั้ด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 30 - 90 องศาเซลเซียส พบว่า การทำแห้งสั้ที่อุณหภูมิสูงถึง 80 และ 90 องศาเซลเซียส หรือ อุณหภูมิต่ำ 30 และ 40 องศาเซลเซียส แต่ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน ส่งผลให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง ส่วนการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียสนั้น มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันใกล้เคียงกับสั้สด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Katsube และ คณะ (2009) ที่รายงานว่า เมื่อทำแห้งใบหม่อนด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบ รวมถึงความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ถึงแม้ว่า การทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียสก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อองค์ประกอบ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชน้อยกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิอื่นๆ แต่ก็พบรายงานการลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เช่น สมุนไพรลูกใต้ใบ (*Phyllanthus amarus*) (Lim และ Murtijaya, 2007) หรือ ใบของพืชตระกูลขิง 4 ชนิด ได้แก่ ข่าดำ (*Alpinia zerumbet*) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) *Etingera elatior* และ *Kaempferia galangal* อีกด้วย (Chan และ คณะ, 2009) โดยมีสาเหตุมาจากการสลายตัวของสารฟลาโวนอยด์ อันเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ในช่วงเริ่มต้นของการทำแห้ง หรือ เกิดจากความร้อนที่ได้รับในระหว่างการทำแห้ง (Lim และ Murtijaya, 2007)

นอกจากนี้ ยังพบรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบบางชนิด รวมถึง ความสามารถในการต้านออกซิเดชันภายหลังการทำแห้งในพืชบางชนิดอีกด้วย โดย Al-Farsi และคณะ (2005) รายงานว่า การทำแห้งอินทผลัมด้วยแสงแดด ทำให้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและกรดฟีนอลิกเพิ่มขึ้น รวมถึง มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจาก เมื่อได้รับความร้อนในระหว่างการทำแห้ง ทำให้เกิดการสลายตัวของแทนนิน และการสลายพันธะระหว่างกรดพาราคูมาริก (*p-coumaric acid*) กับกลิกอนิน หรือ พันธะระหว่างกรดเฟอรูลิก กับอะราบินอสไซแลน เกิดเป็นกรดฟีนอลิกอิสระ (free phenolic acid) หลายชนิด รวมไปถึงการสลายตัวของกรดฟีนอลิกที่อยู่ในโครงสร้าง (bound phenolic acid) ส่วน Wojdylo และ คณะ (2009) รายงานว่า สดอเบอร์รี่มีปริมาณโพรแอนโทไซยานิดิน และคาทีชินเพิ่มขึ้นภายหลังการทำแห้ง เนื่องจากการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกออกจากเมทริกซ์ในระหว่างการทำแห้ง ส่งผลให้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มขึ้นของความสามารถในการต้านออกซิเดชันภายหลังจากทำแห้ง ไม่เพียงแต่ เป็นผลจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นจากการสลายตัวขององค์ประกอบในผนังเซลล์ เช่น แทนนิน ลิกนิน เป็นต้น ยังเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด ให้ทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้น รวมไปถึง การเกิดสารประกอบชนิดใหม่ ที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันมากกว่าสารพฤษเคมีที่มีอยู่เดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารตัวกลางจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Millard reaction products) ซึ่งมีฤทธิ์ที่ดีในการต้านออกซิเดชันด้วยการยับยั้งปฏิกิริยาลูกลูโซ (Manzocco และ คณะ, 2001)

4) การลดขนาดพืช

การลดขนาดพืชก่อนการสกัด เป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการลดขนาดพืช และการสัมผัสกับอากาศ ทำให้เกิดการสลายตัวและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผงพืช ซึ่งเป็นสาเหตุให้สูญเสียความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้ อย่างไรก็ตาม การลดขนาดพืชเป็นการทำลายผนังเซลล์ของพืช จึงมีส่วนสำคัญในการปลดปล่อยสารต้านออกซิเดชัน ที่อยู่ในเมทริกซ์ของเซลล์พืช รวมทั้งยังช่วยลกระยะทางในการออกมาสู่พื้นที่ผิวสัมผัส ทำให้ตัวทำละลายสามารถละลายองค์ประกอบต่างๆ ได้ง่ายขึ้น (Pérez-Jiménez และ คณะ, 2008)

สำหรับพืชสดนิยมลดขนาดด้วยการหั่นหรือปั่นรวมกับตัวทำละลาย ส่วนพืชแห้งจะถูกบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้มีขนาดสม่ำเสมอ โดยในระหว่างการลดขนาดพืชจะต้องระวังความร้อนที่เกิดขึ้น เพื่อป้องกันการเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของสารต้านออกซิเดชัน

5) การเลือกใช้ตัวทำละลาย

ตัวทำละลายที่นิยมนำมาใช้ในการสกัดพืชนั้นมีหลายชนิด เช่น น้ำ เอทานอล เมทานอล หรือ สารละลายผสมของน้ำกับเอทานอล รวมถึง ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ เช่น เฮกเซน ปิโตรเลียมอีเทอร์ เอทิลอะซิเตต เป็นต้น โดยความสามารถในการละลายของสารสำคัญแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไปตามความมีขั้วของตัวทำละลาย ในเบื้องต้น มักใช้สารละลายเอทานอลหรือเมทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการสกัด เนื่องจาก สามารถละลายได้ทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้ว จึงสกัดสารสำคัญในพืชได้หลายกลุ่ม (Pietta และ คณะ, 1998) โดย Suzuki และ คณะ (2002) รายงานว่า การใช้สารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ 40 - 80 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกดีกว่าการใช้น้ำ เอทานอล หรือ เมทานอลเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mukhopadhyay และ คณะ (2006) ที่พบว่า การใช้น้ำในตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดให้สูงขึ้น

ตัวทำละลายมีผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชชนิดต่างๆ โดย Kaur และ Kapoor (2002) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผักในภูมิภาคอาเชียนจำนวน 36 ชนิด พบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี β -carotene ของสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าสารสกัดน้ำ โดยสามารถแบ่งผักที่วิเคราะห์ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ผักที่สามารถต้านออกซิเดชันได้สูง กลาง และต่ำ ซึ่งสารสกัดจากขมิ้น (turmeric) มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ส่วนสารสกัดจากใบมินต์ (*Mentha spicata*) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด กลุ่มของผักที่สามารถต้านออกซิเดชันได้ดี ได้แก่ ขมิ้น แครอทม่วง ใบมินต์ ลูกชืด (fenugreek) anola และ kachnar เป็นต้น ต่อมา Cai และ คณะ (2004) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของพืชสมุนไพรจีน 112 ชนิดที่ใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง โดยเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วยน้ำและเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สารสกัดเมทานอลมีแนวโน้มที่จะมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS สูงกว่าสารสกัดน้ำ และยังพบว่า สารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันในเชิงบวก แสดงว่า สารประกอบฟีนอลิกมีบทบาทสำคัญต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสมุนไพรเหล่านี้

จากรายงานของ Pilarski และ คณะ (2006) พบว่า สารสกัดเอทานอลของ *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC. มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าสารสกัดน้ำ ส่วน Tabart และคณะ (2007) พบว่า การผสมเอทานอล 38.4 เปอร์เซ็นต์ลงในอะซิเดบัพเฟอไรท์พีเอช 4 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบ black currant ให้สูงขึ้น คล้ายคลึงกับรายงานของ Chan และ คณะ (2009) ที่พบว่า สารสกัดเมทานอลและสารสกัดเมทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ จากใบขมิ้นชัน (*C. longa*) และใบ *E. elatior* ก็มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่า สารสกัดเอทิลอะซิเตด และสารสกัดไคคลอโรมีเทน

อย่างไรก็ตาม มีรายงานการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า สารสกัดน้ำของพืชบางชนิดมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่ดี โดย Ferreira และ คณะ (2006) พบว่า สารสกัดน้ำจากพืชสมุนไพรพื้นเมืองของโปรตุเกส 10 ชนิด มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase และมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ β -carotene สูงกว่าสารสกัดเอทานอล และน้ำมันหอมระเหย นอกจากนี้ ยังพบว่าสารสกัดน้ำของ *Hypericum undulatum* ที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ได้สูงถึง 82 เปอร์เซ็นต์ แต่สารสกัดทั้ง 3 ชนิดที่ได้จาก *Sanguisorba minor* มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ส่วน Tahawa และ คณะ (2007) พบว่า สารสกัดน้ำจากพืชอาหาร 51 ชนิดของประเทศจอร์แดนมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS และ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และสามารถใช้ *Arbutus andrachne*, *Hypericum triquetrifolium* และ *Rosmarinus officinalis* เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันได้ สอดคล้องกับที่พบในสมุนไพร *Aspalathus linearis* ที่ใช้ทำชาสมุนไพร rooibos (Joubert และ คณะ, 2004) และ

สมุนไพรลูกใต้ใบ (Lim และ Murtijaya, 2007) ที่มีรายงานว่า สารสกัดน้ำมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าสารสกัดเอทานอล

6) วิธีการสกัด

การสกัดสารจากพืชสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่สกัด การทนต่อความร้อนของสาร ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ โดยวิธีที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ การต้ม (decoction) การย่อย (digestion) หรือ การแช่ (infusion) ซึ่งมีความสะดวก รวดเร็ว แต่สารสกัดที่ได้จะเน่าเสียได้ง่าย อีกทั้งการสกัดแบบนี้มักใช้ความร้อนร่วมด้วย จึงเหมาะสำหรับสารต้านออกซิเดชันที่ทนต่อความร้อน หรือ เป็นสารที่ละลายออกมาได้ดีที่อุณหภูมิสูง เช่น สารประกอบฟีนอลิกในชาอู่หลง (Su และ คณะ, 2007) เป็นต้น

มาเซอร์ชัน (marceration) เป็นการหมักพืชกับตัวทำละลายในภาชนะปิด เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับคามนิยม เนื่องจาก ใช้ตัวทำละลายน้อย และไม่ใช้ความร้อนจึงเหมาะต่อการสกัดสารที่ไม่ทนต่อความร้อน แต่วิธีการสกัดนี้มักจะไม่สมบูรณ์ เนื่องจาก เมื่อสารในพืชละลายออกมาจนถึงระดับหนึ่ง จะเกิดสมดุลระหว่างองค์ประกอบภายในพืช กับตัวทำละลายที่ใช้สกัด ทำให้อัตราเร็วในการสกัดลดลง (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

เพอร์ โคลเลชัน (percolation) เป็นการสกัดโดยปล่อยให้ตัวทำละลายไหลผ่านผงพืชอย่างช้าๆ ด้วยเครื่องมือเพอร์ โคลเลเตอร์ (percolator) ในระหว่างการเคลื่อนที่ ตัวทำละลายจะละลายองค์ประกอบจากพืชออกมา จึงสกัดสารได้อย่างสมบูรณ์ และไม่มีการใช้ความร้อน แต่มีข้อเสียคือ ใช้เวลาในการสกัดนาน และสิ้นเปลืองตัวทำละลาย (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

การสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous extraction) ใช้หลักการในการสกัดเช่นเดียวกับเพอร์ โคลเลชัน แต่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วย โดยใช้ซอกซ์เลตเอ็กซ์แทรกเตอร์ (soxhlet extractor) ซึ่งเป็นระบบปิด บรรจุด้วยตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ เมื่อได้รับความร้อนตัวทำละลายจะระเหยแล้วกลั่นตัวลงในทิมเบอ์ (thimble) ที่มีผงพืชบรรจุอยู่ วิธีนี้ใช้ตัวทำละลายน้อย ไม่สิ้นเปลือง แต่เหมาะสำหรับการสกัดสารที่ทนต่อความร้อน (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

วิธีการสกัดและขั้นตอนต่างๆในการสกัด ข้อมส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน โดย Vogel และ คณะ (2005) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันและองค์ประกอบเคมีของ *Haplopappus* 4 ชนิด ที่สกัดด้วยวิธีต่างกัน 3 วิธี คือ การแช่ (infusion) การสกัดด้วยเมทานอล และแยกจากเรซิน ไปทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมันและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า สารสกัดเมทานอลของ *Haplopappus multifolius* จะมีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และทำลายอนุมูลอิสระได้ดีกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ

ส่วน บดินทร์ เศรษฐินไกร และ คณะ (2550) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากสมุนไพร 4 ชนิด คือ หนุ้าคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(*Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv.) หญ้าคิง (*Hedyotis corymbosa* Lamk.) หญ้าปังกิ่ง (*Murdannia loriformis* (Hassk.) Rolla Rao et Kammathy) และหญ้าหนวดแมว (*Orthosiphon aristatus* Miq.) โดยใช้วิธีแช่ (infusion) ที่อุณหภูมิ 70 - 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 - 60 นาที พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดสูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณกรดแอสคอร์บิกของสารสกัดทั้ง 4 ชนิดลดลง ซึ่งตรงข้ามกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น โดยสารสกัดจากหญ้าหนวดแมว มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด แต่สารสกัดจากหญ้าน้ำผึ้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด

Tabart และ คณะ (2007) ได้ทำการวิเคราะห์หาขึ้นตอนสกัดที่เหมาะสมต่อการสกัดสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านออกซิเดชันจากใบและยอดอ่อนของ black currant พบว่าการสกัดใบของ black currant ด้วยอะซิโตน 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณเอทานอลของในอะซิเดตบัพเฟอร์ที่ใช้สกัดใบ black currant พบว่า การสกัดด้วยอะซิเดตบัพเฟอร์ที่พีเอช 3 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ส่วนการเติมเอทานอล 38.4 เปอร์เซ็นต์ในอะซิเดตบัพเฟอร์ที่พีเอช 4 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดให้ดีขึ้น

7) สารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

สารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่พบในพืชชนิดต่างๆ ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก โดย Zheng และ Wang (2001) รายงานว่า mexican oregano (*Poliomintha longiflora*) มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด โดยมีองค์ประกอบสำคัญ คือ กรดวานิลลิก กรดคาเฟอิก ลูทีน อะพิจินีน crismaritin และ rutoside เป็นต้น ต่อมาในปี 2004 Cai และ คณะ รายงานว่า ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของพืชสมุนไพรจีนขึ้นอยู่กับกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกที่พบ ได้แก่ กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แทนนิน คูมาริน ลิกนิน ควิโนน สตีลบิน และเคอร์คูมินอยด์ โดยพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ *Rhus chinensis* Mill. มีแกลโลแทนนิน และกรดแกลลิกเป็นองค์ประกอบ ส่วน *Acacia catechu* (L.) Willd. มีแทนนิน คาทิน และ อีพิคาทินเป็นองค์ประกอบ และ *Punica granatum* L. มีเอลลาจิทแทนนิน (ellagitannins) เคอซีติน กรดแกลลิก และกรดคลอโรจีนิกเป็นองค์ประกอบ

ต่อมา Surveswaran และ คณะ (2007) ได้รายงานว่ พบกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกในพืชสมุนไพรอินเดีย ประกอบด้วย แทนนิน ฟลาโวนอยด์ เคอร์คูมินอยด์ คูมาริน ลิกนิน และ ควิโนน คล้ายคลึงกับรายงานของ Cai และ คณะ (2004) โดยพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ได้แก่ *Terminalia chebula* Retz. มีเอลลาจิทแทนนิน แกลโลแทนนิน กรดเอลลาจิก กรดเชบูริก (chebulic acid) และ กรดแกลลิก ส่วน Wojdyło และ คณะ (2007) พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชสมุนไพรจากโปแลนด์ ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ที่พบ โดยพืชสมุนไพรที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูง ได้แก่ *Epilobium hirsutum* มีองค์ประกอบของกรควานิลลิก กรดคาเฟอิก กรดคูมาริก และ เคอวซีติน ส่วน *Syzygium aromaticum* ประกอบด้วย เคอวซีติน และ *Echinacea purpurea* มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด สูงที่สุด โดยพบกรดคาเฟอิก กรดคูมาริก กรดเฟอรูลิก เคอวซีติน และกรดนีโอคลอโรจีนิก (neochlorogenic acid) เป็นองค์ประกอบสำคัญ ต่อมา Kobula และ Sirimornpun (2008) พบว่า ส่วนต่างๆของมะระขี้นก ได้แก่ ใบ ลำต้น ผลดิบและผลสุก มีปริมาณกรดแกลลิก กรดแทนนิก คาทิซิน กรดคาเฟอิก กรดคูมาริก กรดเฟอรูลิก และกรดเบนโซอิกแตกต่างกัน ส่งผลให้ส่วนต่างๆ ของมะระขี้นก มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันออกไป

นอกจากนี้จากกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกแล้ว ยังพบรายงานความสามารถ ในการต้านออกซิเดชันของสารกลุ่มอื่นๆ โดย Choi และ คณะ (2000) รายงานว่า เจอรานิออล เทอร์พีนีน (γ -terpinene) และ terpinolene ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยจาก พืชตระกูลส้มมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี ส่วน Chanwitheesuk และ คณะ (2005) พบว่า องค์ประกอบเคมีหลายชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินอี แครโทีนอยด์ แซนโทฟิลล์ แทนนิน มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชพื้นบ้านของไทยทั้ง 43 ชนิด แสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบเหล่านี้ ส่วนมีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชัน

ในปีเดียวกัน Keawpradub และ คณะ (2005) พบว่า palmatine, jatrorrhizine และ berberine ซึ่งเป็นแอลคาลอยด์ในกลุ่มไอโซควิโนลีน (isoquinoline) ในขมิ้นเครือ 3 ชนิด (*Arcangelisia flava*, *Coscinium blumeinum* และ *Fibraurea tinctoria*) มีฤทธิ์ในการต้าน ออกซิเดชันและแสดงความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง MCF-7 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Maiza-Benabdesselam (2007) ที่พบว่า แอลคาลอยด์กลุ่มนี้ใน *Fumaria capreolata* และ *F. bastardii* มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยสูงกว่าเคอวซีติน คาเฟอีน และ กรดแกลลิก ต่อมา Thaipong และ คณะ (2006) พบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของฝรั่ง 4 ชนิด มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดแอสคอร์บิกและสารประกอบฟีนอลิกในเชิงบวก หรือ มีค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.61-0.92 และระหว่าง 0.81-0.97 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า กรดแอสคอร์บิกและสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชันของฝรั่ง ส่วน Wu และ คณะ (2007) รายงานว่า คูมาริน 4 ชนิดที่เป็นองค์ประกอบของ *Cortex Fraxini* ได้แก่ esculin, esculetin, fraxin และ fraxetin มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันดีกว่า หรือใกล้เคียงกับคาทิซิน เคอวซีติน กรดแอสคอร์บิก Trolox และ BHT เช่นเดียวกับรายงาน Dini และ คณะ (2009) ที่พบว่า ซาโปนินที่แยกได้จากมันฝรั่งหวาน (*Ipomoea batatas*) มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันใกล้เคียงกับ กรดแอสคอร์บิก

ดังนั้น ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชต่างๆ จะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ สายพันธุ์และชนิดของพืช ส่วนที่นำมาทำการวิเคราะห์ ชนิดและ ปริมาณขององค์ประกอบต่างๆที่พบในพืชแต่ละชนิด รวมไปถึง ภูมิประเทศ สภาพการเพาะปลูก อายุเก็บเกี่ยว ตลอดจน การทำแห้ง การเตรียมตัวอย่าง และวิธีการสกัด

2.3 กลุ่มของสารสำคัญทางพฤกษเคมีในพืช และ การตรวจสอบด้วยเทคนิคทินเลเยอร์ โครมาโทกราฟี

ในพืชมีองค์ประกอบเคมีต่างๆมากมายหลายชนิด อีกทั้งพืชบางชนิดอาจมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่คล้ายกันได้ การศึกษาของกลุ่มของสารสำคัญทางพฤกษเคมีจึงมีบทบาทสำคัญ ทั้งในการตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชแต่ละชนิด รวมไปถึง การแยกและการทำให้สารสำคัญบริสุทธิ์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) ซึ่งเทคนิคทินเลเยอร์ โครมาโทกราฟี (Thin layer chromatography, TLC) เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยม และนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการพิสูจน์เอกลักษณ์ การตรวจสอบความบริสุทธิ์ และการแยกสารประกอบต่างๆจากสารสกัดพืชและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ

2.3.1 เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (Thin layer chromatography, TLC)

ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี สามารถแยกและตรวจสอบสารในปริมาณ ไมโครกรัม ถึง มิลลิกรัม หรือ มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1-1 เปอร์เซ็นต์ (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) โดยใช้เฟสคงที่ แผ่นรองรับซึ่งทำด้วยแก้วหรือลูมิเนียม เมื่อหยดสารตัวอย่างลงบนเฟสคงที่ จึงนำแผ่น TLC ดังกล่าวใส่ในแท่งที่บรรจุเฟสเคลื่อนที่หรือระบบตัวทำละลายที่เหมาะสม ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเฟสเคลื่อนที่ไปบนเฟสคงที่ ซึ่งเรียกว่า การพัฒนาแผ่น TLC (development) และเกิดการแยกสารประกอบต่างๆออกจากกันที่สุดในที่สุด สารแต่ละชนิดสามารถเคลื่อนที่ไปบนเฟสเคลื่อนที่ด้วยระยะทางที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสาร ชนิดของเฟสคงที่และเฟสเคลื่อนที่ โดยตำแหน่งที่ปรากฏของสารแต่ละจุด แสดงได้ด้วยค่า R_f โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 การใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีในการตรวจสอบสารต่างๆ มีขั้นตอนดังนี้ (ปนัดดา พัฒนาวิน, 2550)

2.3.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมสารตัวอย่างต้องอยู่ในรูปสารละลาย ที่มีความเข้มข้นในช่วง 25 - 50 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร และมีปริมาตรตัวอย่างต่อจุดประมาณ 2 - 10 ไมโครลิตร การเตรียมสารตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป ทำให้แยกองค์ประกอบออกจากกันได้ไม่สมบูรณ์ แถบที่ได้มี

ขนาดใหญ่ และเกิดการซ้อนทับกันที่บริเวณขอบ ในขณะที่ถ้ามีความเข้มข้นของสารตัวอย่างน้อยเกินไป ก็ไม่สามารถตรวจพบสารทุกตัวที่เป็นองค์ประกอบได้ การจุดสารตัวอย่างบนแผ่น TLC ควรจุดเป็นวงขนาดเล็กสม่ำเสมอ สำหรับตัวอย่างที่มีองค์ประกอบซับซ้อน ควรจุดสารตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นแถบแคบๆ สั้นๆ ซึ่งช่วยให้แยกสารออกจากกันได้อย่างชัดเจนมากขึ้น เนื่องจาก สารแต่ละชนิดจะแยกออกจากกันในลักษณะที่เป็นแถบ นอกจากนี้ ควรเว้นระยะห่างจากขอบด้านล่างและด้านข้างประมาณ 1.5 เซนติเมตร เนื่องจาก การจุดตัวอย่างชิดด้านข้าง แนวของสารที่แยกออกจากกันปรากฏเป็นแนวเฉียง ส่วนการจุดตัวอย่างชิดขอบล่างมากเกินไปตัวอย่างอาจจะละลายปนเปื้อนในเฟสเคลื่อนที่ และทำให้ขนาดวงที่จุดสารขยายใหญ่ขึ้น

2.3.1.2 เฟสคงที่

เฟสคงที่ ทำหน้าที่ในการดูดซับสารไว้ชั่วคราว โดยเฟสคงที่ต้องมีอนุภาคขนาดเล็ก ละเอียด เคลื่อนอยู่บนแผ่นรองรับอย่างสม่ำเสมอ การเลือกใช้เฟสคงที่ขึ้นอยู่กับสมบัติการละลายของสาร ความเป็นกรด-ด่างของสารตัวอย่าง และปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเฟสคงที่กับสารตัวอย่าง หรือ ระหว่างสารตัวอย่างกับตัวทำละลาย โดยทั่วไป สารที่ชอบน้ำหรือไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) ใช้เฟสคงที่ เช่น เซลลูโลส (cellulose) คีเซลแก้ว (kieselguhr) เป็นต้น ส่วนที่ไม่ชอบน้ำหรือไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) เช่น อะลูมินา (alumina) ซิลิกา เจล (silica gel) เป็นต้น

ซิลิกา เจล เป็นเฟสคงที่ ที่นิยมใช้มากที่สุดในงานวิเคราะห์ต่างๆ โดย ซิลิกา เจล สามารถแยกสารออกจากกันได้ตามคุณสมบัติความมีขั้ว ซึ่งสารที่มีขั้วสูงจะถูกดูดซับบนแผ่นซิลิกา เจล ด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonding) หรือ ด้วยอันตรกิริยาไดโพล (dipole interaction) ที่หมู่ซิลานอล (silanol group, Si-OH) ได้ดีกว่าจึงเคลื่อนที่ไปได้ระยะทางสั้นกว่าสารที่มีขั้วต่ำ

2.3.1.3 เฟสเคลื่อนที่

เฟสเคลื่อนที่ มีบทบาทสำคัญในการพาสารให้เคลื่อนที่บนแผ่น TLC ซึ่งสารแต่ละชนิดจะเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับอันตรกิริยาและสัมพรรคภาพระหว่างสารตัวอย่างกับเฟสเคลื่อนที่ สารละลายที่ใช้ในโครมาโทกราฟี แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) ไอโซครติก (isocratic) เป็นการใช้ตัวทำละลายเดี่ยวหรือเป็นส่วนผสมของตัวทำละลายตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โดยส่วนผสมดังกล่าวคงที่ตลอดเวลาที่ทดลอง

2) เกรเดียนต์ (gradient) เป็นการใช้ตัวทำละลายผสมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งส่วนผสมนี้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่ทำการทดลอง

การเลือกตัวทำละลายเพื่อใช้ในการพัฒนาแผ่น TLC จำเป็นต้องคำนึงถึงความแรง (solvent strength) และความจำเพาะ (solvent selectivity) ของตัวทำละลาย โดยความมีขั้ว (polarity) ของตัวทำละลายต่างๆ เรียงจากน้อยไปมาก ตามค่าคงที่ไดอิเล็กตริก แสดงได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความมีขั้วของตัวทำละลายที่ใช้ในการพัฒนาแผ่น TLC เรียงจากน้อยไปมาก

ตัวทำละลาย	ค่าคงที่ไดโพลไดโพล
n-Hexane	1.9
Isooctane	1.9
Cyclohexane	2.0
Carbontetrachloride	2.2
Dioxane	2.2
Benzene	2.3
Xylene	2.3
Toluene	2.4
Carbondisulfide	2.6
di-iso-propylether	3.9
Diethylether	4.3
Chloroform	4.8
n-Butylacetate	5.0
Phenyl chloride	5.7
Dioxane	2.2
Ethyl acetate	6.0
Acetic acid	6.3
Tetrahydrofuran	7.6
Dichloromethane	9.1
Pyridine	13.2
iso-propane	13.8
n-butanol	17.9
Acetone	21.5
n-propanol	22.5
Ethanol	25.0
Methanol	33.6
Acetonitrile	38.8
Water	81

ที่มา: ธวัชชัย ศรีวิบูลย์ (2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.4 การพัฒนาแผ่น TLC

การพัฒนาแผ่น TLC สามารถทำได้หลายวิธี (ปนัดดา พัฒนวิสิน, 2550) แบ่งออกเป็น

1) การพัฒนาแนวตั้ง โดยให้เฟสเคลื่อนที่เคลื่อนจากล่างขึ้นบน (ascending development) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้มากที่สุด

2) การพัฒนาแผ่นแนวนอน (horizontal development) เป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ที่ใช้แผ่น TLC ขนาดใหญ่ (20×40 เซนติเมตร) ซึ่งช่วยลดเวลาในการพัฒนาแผ่นลง เนื่องจากเฟสเคลื่อนที่ไม่ต้องเคลื่อนที่ด้านแรงโน้มถ่วงของโลก

3) การพัฒนาแผ่นหลายครั้ง (multiple development) เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่นิยมใช้เพื่อช่วยให้สารแยกออกจากกันได้ดีขึ้น ส่วนใหญ่นิยมพัฒนาแผ่นซ้ำสองถึงสามครั้ง เทคนิคนี้เหมาะสำหรับแยกสารที่มีกลุ่มค่อนข้างมีขั้วสูงและขั้วต่ำผสมกันอยู่ ในกรณีที่ใช้แผ่น TLC ชนิดซิลิกา เจล การพัฒนาแผ่นครั้งแรกจะใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วสูงกว่า และใช้ระยะทางสั้นกว่าการพัฒนาแผ่นครั้งที่สอง ซึ่งสารที่มีขั้วสูงที่แยกออกจากกันในการพัฒนาครั้งแรก จะไม่เคลื่อนที่ไปจากเดิมมากนัก ในขณะที่สารที่มีขั้วต่ำจะเคลื่อนที่แยกออกจากกันในการพัฒนาแผ่นครั้งที่สอง

4) การพัฒนาแผ่นแบบสองระนาบ (two-dimensional development) เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เป็นสารผสมและมีองค์ประกอบซับซ้อน โดยจุดสารตัวอย่างบนแผ่น TLC ขนาด 20×20 เซนติเมตรที่มุมด้านหนึ่ง จุ่มแผ่นลงในเฟสเคลื่อนที่ ให้เฟสเคลื่อนที่เคลื่อนไปถึงตำแหน่งที่ต้องการ จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้ง หมุนแผ่นเป็นมุม 90 องศาและทำการพัฒนาแผ่นซ้ำในอีกระนาบ เทคนิคนี้จะช่วยให้เห็นการแยกองค์ประกอบต่างๆ ออกจากกันได้อย่างชัดเจน

2.3.1.5 การตรวจสอบสาร

การตรวจสอบสารภายหลังการพัฒนาแผ่น สามารถทำได้ทั้งวิธีทางกายภาพและวิธีทางเคมี โดยวิธีทางกายภาพจะเป็นการดูด้วยตาภายใต้แสงธรรมชาติหรือแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่ความยาวคลื่น 254 และ 366 นาโนเมตร โดยซิลิกา เจล ที่ผสมสารเรืองแสง (silica gel GF₂₅₄) สามารถเรืองแสงสีเขียวที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร สารบางชนิดมีคุณสมบัติทำลายแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ความยาวคลื่นนี้ (fluorescence quenching) ปรากฏเป็นแถบทึบแสงบนพื้นหลังเรืองแสงสีเขียว ส่วนสารบางกลุ่มอาจมีคุณสมบัติเรืองแสงภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร เกิดเป็นแถบเรืองแสงสีแดง เหลือง ส้ม เขียว หรือ สีนํ้าเงินบนพื้นสีเข้ม

อย่างไรก็ตาม สารที่แยกได้ส่วนใหญ่เป็นสารที่ไม่มีสี จึงจำเป็นต้องใช้รีเอเจนต์ตรวจสอบในการบอกตำแหน่งหรือกลุ่มของสารที่แยกได้โดยวิธีทางเคมี (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) ซึ่งสารเคมีที่ใช้ตรวจสอบสารสำคัญนั้นมีหลายชนิด ทั้งกลุ่มที่ทำปฏิกิริยาจำเพาะกับหมู่โครงสร้าง เช่น การตรวจสอบแอลคาลอยด์ ซาโปนิน คูมาริน น้ำมันหอมระเหย และกลุ่มที่ไม่เจาะจง เช่น สารละลายกรดซัลฟูริก 5 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นจุดสีดำ เป็นต้น ภายหลังจากตรวจสอบสารสำคัญด้วยรีเอเจนต์ตรวจสอบชนิดต่างๆแล้ว สารที่แยกได้แต่ละตัวจะเคลื่อนที่บนแผ่น TLC ด้วยความเร็วเฉพาะ ซึ่งแสดงออกเป็นค่า Retardation factor (R_f value) สามารถคำนวณได้จาก

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น}}$$

ค่า R_f สามารถใช้บอกได้ว่าเป็นสารมาตรฐานชนิดนั้น จากการเปรียบเทียบค่า R_f ของสารตัวอย่างที่แยกได้กับค่า R_f ของสารมาตรฐาน โดยค่า R_f ที่ดีจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.8 อย่างไรก็ตาม ค่า R_f นั้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ธรรมชาติของเฟสคงที่และเฟสเคลื่อนที่ อุณหภูมิ ขณะทำการทดลอง ปริมาณสารตัวอย่างที่ใช้ เป็นต้น

ตัวอย่างการตรวจสอบสารสำคัญกลุ่มต่างๆ ที่พบในพืช ด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี แสดงได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีในการตรวจสอบสารสำคัญกลุ่มต่างๆ

สารประกอบ	เฟสคงที่	ระบบตัวทำละลาย	รีเอเจนต์ตรวจสอบ
น้ำมันหอมระเหย	ซิลิกา เจล	โทลูอิน : เอทิลอะซิเตต (93 : 7)	วานิลลิน - กรดซัลฟูริก (vanillin- H_2SO_4) ให้สีแดง เหลือง น้ำตาล หรือน้ำเงิน
แอลคาลอยด์	ซิลิกา เจล	เมทานอล : คลอโรฟอร์ม (85 : 15) หรือ โทลูอิน : เอทิลอะซิเตต : ไดเอทิลเอไมด์ (70 : 20 : 10)	คราเจนดอร์ฟ (dragendorff's reagent) ให้สีส้ม
ฟลาโวนอยด์	ซิลิกา เจล	คลอโรฟอร์ม : อะซีโตน : กรดฟอร์มิก (75 : 16.5 : 8.5) หรือ เอทิลอะซิเตต : เมทานอล : น้ำ (100 : 13.5 : 10) หรือ โทลูอิน : คลอโรฟอร์ม (9 : 11)	เนเซอร์ส โปรดักส์ (ไดฟีนิลโบรโลเอทิลามีน) ออกซีเอทิลลามีน-พอลิเอทิลีน ไกลคอล (natural products (diphenylboryloxyethylamine)-polyethylene glycol) เรืองแสงสีเหลือง ส้ม หรือ เขียวที่ความยาวคลื่น 366 nm
คูมาริน	ซิลิกา เจล	โทลูอิน : อะซีโตน : คลอโรฟอร์ม (40 : 25 : 35) หรือ โทลูอิน : คลอโรฟอร์ม (9 : 11)	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) หรือ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (ammonium hydroxide) เรืองแสง สีน้ำเงิน หรือ เขียวที่ความยาวคลื่น 366 nm

ที่มา : ดัดแปลงจากรัตนา อินทรานุกกรณ์ (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

สารประกอบ	เฟสคงที่	ระบบตัวทำละลาย	รีเอเจนต์ตรวจสอบ
แอนทราควิโนน	ซิลิกา เจล	โทลูอิน : คลอโรฟอร์ม (9 : 11) หรือ โทลูอิน : อะซีโตน : คลอโรฟอร์ม (40 : 25 : 35) เอทิลอะซิเตต : เมทานอล : น้ำ (100 : 13.5 : 10)	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) แอนทราควิโนนให้สีแดงหรือเรืองแสงสีแดงที่ความยาวคลื่น 366 nm ส่วนแอนโทรน (anthrone) ให้สีเหลืองหรือเรืองแสงสีเหลือง
ซาโปนิน	ซิลิกา เจล	ไซโคลเฮกเซน : ไดเอทิลเอมีน (9 : 1) หรือ คลอโรฟอร์ม : เมทานอล : น้ำ (64 : 50 : 10)	วานิลลิน - กรดซัลฟูริก (vanillin-H ₂ SO ₄) ให้สีน้ำเงิน

ที่มา : คัดแปลงจากรัตนา อินทรานุปกรณ์ (2547)

2.3.2 สารสำคัญทางพฤกษเคมีที่พบในพืช

สารประกอบเคมีต่างๆ ที่พบในพืช แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สารปฐมภูมิ (primary metabolites) ซึ่งได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช และใช้เป็นแหล่งอาหารของมนุษย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เป็นต้น ส่วนอีกกลุ่มหนึ่ง คือ สารทุติยภูมิ (secondary metabolites) เป็นสารที่พืชสังเคราะห์ขึ้นด้วยกระบวนการชีวสังเคราะห์ (biosynthesis) ที่จำเพาะ มีคุณสมบัติและลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไปในพืชแต่ละชนิด โดยมากจะมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา หรือมีความเป็นพิษ เช่น แอลคาลอยด์ ไกลโคไซด์ และน้ำมันหอมระเหย เป็นต้น (วันดี กฤษณพันธ์, 2538) ส่วนสารพฤกษเคมี (phytochemical) จัดอยู่ในกลุ่มของสารทุติยภูมิเช่นกัน โดยเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการกำจัดอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมถึง ส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด (ปิ่นมณี ขวัญเมือง, 2548) โดยทั่วไปแล้ว สารสำคัญ (active constituents) หมายถึง สารประกอบเคมีที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (pharmacological action) สามารถนำมาใช้เป็นยา นอกจากนี้ ยังนำมาใช้เป็นองค์ประกอบในอาหาร และเครื่องสำอาง (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

Cai และ คณะ (2006) รายงานว่า การเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่างๆ เช่น ฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์ ด้านการก่อมะเร็ง ด้านการอักเสบ ด้านการแพ้ ด้านแบคทีเรียต้านไวรัส เป็นต้น ล้วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ด้วยเหตุนี้ สารสำคัญหลายชนิดจึงถูกนำมาศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันของอย่างแพร่หลาย เช่นเดียวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน น้ำมันหอมระเหย เป็นต้น

2.3.2.1 แอลคาลอยด์ (alkaloids) (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

แอลคาลอยด์ มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (organic nitrogen compounds) มีคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ มีรสขม เป็นด่าง ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ พบได้ในทุกส่วนของพืชชั้นสูง โดยเฉพาะในพืชใบเลี้ยงคู่ เช่น ใบ ดอก ผล เมล็ด ราก และเปลือก สามารถแบ่งออกเป็น

1) แอลคาลอยด์แบบอย่างหรือแอลคาลอยด์ที่แท้จริง

แอลคาลอยด์กลุ่มนี้ มีไนโตรเจนอยู่ในวงแหวนเฮเทอโรไซคลิก โดยมีโครงสร้างพื้นฐานทั้งหมด 14 แบบ ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างพื้นฐานของแอลคาลอยด์

- (1) ไพริดีน, (2) ทิเพอริดีน, (3) เพอโรลิดีน, (4) เพอโรล, (5) อิมิดาโซล, (6) พูรีน, (7) เพอโรลิซิน, (8) ควิโนลีน,
(9) ไอโซควิโนลีน, (10) โทรเพน, (11) อะพอร์ฟีน, (12) นอร์-ลูทีเนน, (13) อินโดล, (14) ซาร์โคซีน

ที่มา: รัตนา อินทรานุปกรณ์ (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) โพรโทแอลคาลอยด์ (proto-alkaloids)

แอลคาลอยด์กลุ่มนี้ มีในโตรเจนอยู่นอกวงแหวนเฮเทอโรไซคลิก โดยอยู่ในโซ่ข้าง (side chain) เช่น ephedrine และ mescaline เป็นต้น

3) ซูดอแอลคาลอยด์ (pseudo-alkaloids)

แอลคาลอยด์ที่ไม่มีกระบวนการชีวสังเคราะห์มาจากกรดอะมิโนโดยตรง ได้แก่ แอลคาลอยด์กลุ่มสเตอรอยด์ และแอลคาลอยด์กลุ่มเทอร์พีนอยด์

แอลคาลอยด์ เป็นสารสำคัญที่ได้ศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง โดยมีฤทธิ์ครอบคลุมเกือบทุกระบบของร่างกาย เช่น ใช้เป็นยาระงับปวด ยาชาเฉพาะที่ ยาแก้ไอ แก้อหวน้ำคั่ง ยารักษาแผลในกระเพาะและลำไส้ ยาลดความดัน ยาหยุดตา ตลอดจน ยาที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แอลคาลอยด์บางชนิดก็มีฤทธิ์เป็นพิษต่อร่างกาย จึงนำมาใช้เป็นยาฆ่าแมลง ยาพิษ เป็นต้น

การตรวจสอบแอลคาลอยด์เบื้องต้นด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี นิยมใช้รีเอเจนต์ดราเจนดอร์ฟ (dragendorff's reagent) ซึ่งมีบิสมัทไนเตรต (bismuth nitrate) ในกรดไนตริก (nitric acid) และโพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide) เป็นองค์ประกอบ โดยเกลือของโลหะหนักในรีเอเจนต์ดราเจนดอร์ฟจะรวมตัวกับไนโตรเจนของแอลคาลอยด์ เกิดเป็นสีส้มจนถึงแดง และให้สีส้มอมน้ำตาล เมื่อทดสอบกับแอลคาลอยด์ที่มีโครงสร้างแบบสเตอรอยด์ อย่างไรก็ตาม แอลคาลอยด์บางชนิดมีสมบัติการทำลายแสงฟลูออเรสเซนซ์ เมื่อตรวจสอบภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เช่น อินโดล (indoles) ควิโนลีน (quinolines) ไอโซควิโนลีน (isoquinolines) พูรีน (purine) และโทรเพน (tropine) เป็นต้น อีกทั้ง ควินิน cinchonine และ epiquinidine สามารถเรืองแสงสีน้ำเงิน ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร จึงอาจรบกวนและให้ผลบวกอำพราง (false positive) ในการตรวจสอบสารสำคัญกลุ่มอื่นๆ ได้ (Wagner และ Bladt, 1996; Baerheim-Svendson และ Verpoorte, 1983)

2.3.2.2 ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

ฟลาโวนอยด์ มีสูตรโครงสร้างพื้นฐานเป็น $C_6-C_3-C_6$ เชื่อมเกาะอยู่กับไกลโคซิล ฟลาโวนอยด์เป็นรงควัตถุ (pigment) ที่พบได้ในพืช ทั้งในกลีบดอก กลีบเลี้ยง ใบไม้ และผลไม้อย่าง รุทีน เควอซิทิน และ ลูเทออิน เป็นต้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

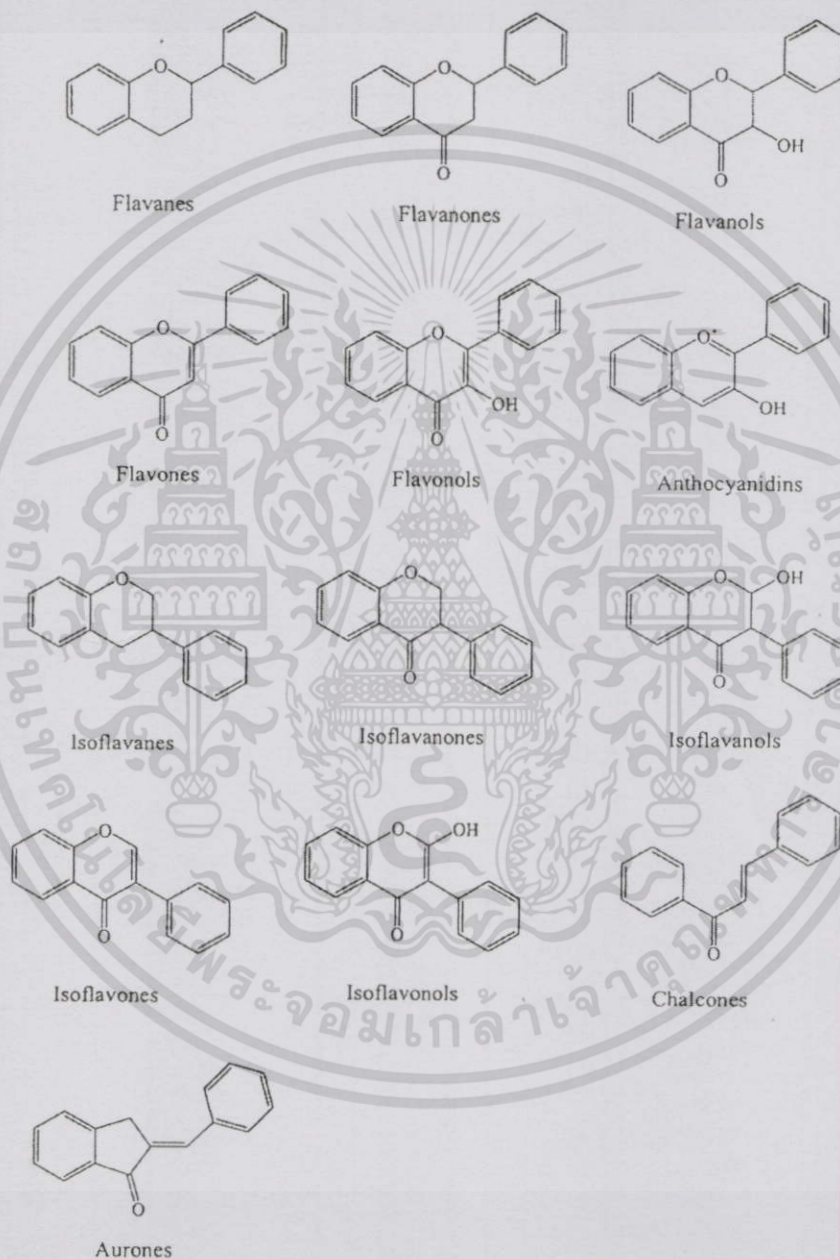
1) กลุ่มที่มีโครงสร้างฟลาโวนอยด์แท้

สารประกอบกลุ่มนี้ มีนิวเคลียสเป็นฟีนิลเบนโซไพโรน (2-phenylbenzopyrone) โดยมีวงแหวนไพแรน (pyran ring) เชื่อมติดกับวงแหวนเบนซีน (benzene ring) ได้แก่ ฟลาโวน ฟลาโวนอล ฟลาโวนอน และ คาทิซิน เป็นต้น

2) กลุ่มที่มีโครงสร้างสัมพันธ์

สารประกอบกลุ่มนี้ไม่มีนิวเคลียสเป็นฟีนิลเบนโซไฟโรน แต่ยังมีโครงสร้างหลักเป็น $C_6-C_3-C_6$ ได้แก่ ชาลโคน และ ออโรน เป็นต้น

ตัวอย่างของฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างฟลาโวนอยด์บางชนิด

ที่มา: คัดแปลงจากรัตนา อินทรานุปกรณ์ (2547)

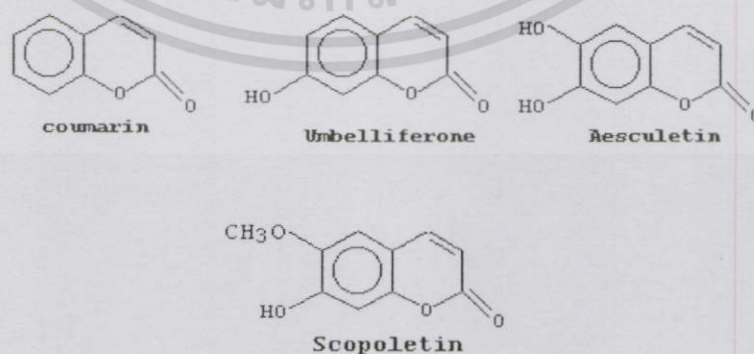
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของฟลาโวนอยด์ ได้แก่ การใช้รักษาโรคเส้นเลือดฝอย เพราะ ฟลาโวนอยด์ใน Buchu เป็นยาขับปัสสาวะ ไอโซฟลาโวนในกานพลู มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมน เอสโตรเจนอ่อนๆ ส่วนฟลาโวนอยด์บางชนิดมีฤทธิ์ฆ่าแมลง ด้านเชื้อรา แก้อักเสบ และต้าน เซลล์มะเร็ง เป็นต้น นอกจากนี้ ฟลาโวนอยด์ยังมีประสิทธิภาพสูงในการต้านออกซิเดชันอีกด้วย (Yanishlieva-Maslarova, 2001)

ฟลาโวนอยด์ทุกชนิด มีสมบัติในการทำลายแสงฟลูออเรสเซนซ์ เรียกว่า fluorescence quenching ในการตรวจสอบฟลาโวนอยด์ด้วยเทคนิคทินเลเซอร์โครมาโทกราฟี ทำได้โดยใช้ซิลิกา เจล ที่ผสมสารเรืองแสง และปรากฏแถบที่บ่งชี้ค่าของฟลาโวนอยด์บนพื้นเรืองแสงสีเขียว เมื่อตรวจสอบภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร นอกจากนี้ การตรวจสอบด้วยรีเอเจนต์เนเชอรัลโปรดักส์ (natural products (diphenylboryloxyethylamine)-polyethylene glycol, NP/PEG) ภายใต้แสงยูวีที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร สามารถใช้แยกชนิดของฟลาโวนอยด์จากสีที่ปรากฏ เช่น ฟลาโวนอลเรืองแสงสีเหลือง หรือ สีเขียว ฟลาโวนอลเรืองแสงสีส้ม และกรดฟีนอลิกเรืองแสงสีฟ้า เป็นต้น แต่การเรืองแสงจะอยู่ในระยะเวลาจำกัด อย่างไรก็ตามพบว่า แอลคาลอยด์ และคูมาริน หรือ สารประกอบที่มีพันธะคู่อย่างน้อย 2 คู่ในโครงสร้าง อาจรบกวนการตรวจสอบได้ เนื่องจาก มีสมบัติเช่นเดียวกับฟลาโวนอยด์ (Wagner และ Blatt, 1996) อีกทั้งฟลาโวนอยด์บางชนิด เช่น โพรแอนโทไซยานิดิน สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีแดง หรือ สีม่วงอมแดง เมื่อตรวจสอบด้วยรีเอเจนต์ควานิลลีน-กรดซัลฟูริก

2.3.2.3 คูมาริน (coumarins) (วินา จิรัจฉริยากุล และ คณะ, 2534)

คูมาริน เป็นสารจำพวกแลคโตนไกลโคไซด์ (lactone glycoside) มีนิวเคลียสแบบ เบนโซไพโรน (benzo- α -pyrone nucleus) สารในกลุ่มนี้เป็นแลคโตนของกรดไฮดรอกซีซินนามิก (*O*-hydroxycinnamic acid) มีลักษณะเฉพาะตัว คือ เป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นหอม เช่น คูมาริน aesculetin, umbelliferone และ scopoletin เป็นต้น ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างคูมารินบางชนิด

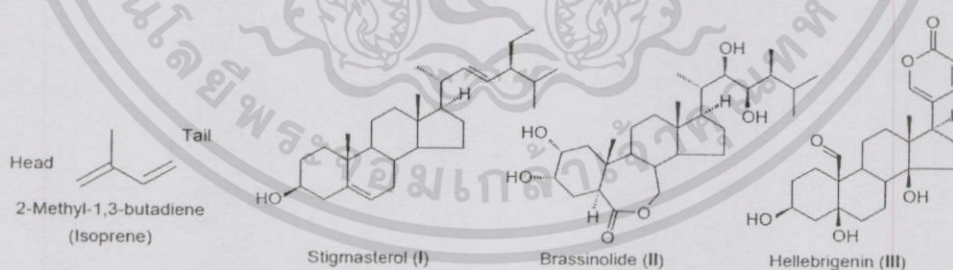
ที่มา: Friedli (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบคูมารินเบื้องต้นด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี สามารถตรวจสอบได้โดยใช้รีเอเจนต์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โดยเมื่อทำปฏิกิริยากับด่าง ส่งผลให้วงแหวนแลคโตนของคูมารินเปิดออกได้เป็นเกลือของด่าง และกรดไฮดรอกซีซินนามิกในรูปซิส (cis-form) ซึ่งเปลี่ยนเป็นรูปทรานส์ (trans-form) เมื่อได้รับแสงอัลตราไวโอเล็ต และเกิดการเรืองแสงสีเขียวเหลืองหรือสีน้ำเงินได้ แต่คูมารินบางชนิดที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระบนวงแหวนเบนซีน มีคุณสมบัติเรืองแสงได้โดยไม่ต้องใช้รีเอเจนต์ตรวจสอบ เช่น umbelliferone หรือ esculetin สามารถเรืองแสงสีน้ำเงิน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบคูมารินอาจเกิดผลบวกอำพรางจากกรดฟีนอลิกที่มีโครงสร้างแบบไฮดรอกซีซินนามิก เช่น กรดคาเฟอิก กรดคลอโรจีนิก หรือ แอลคาลอยด์บางชนิด (กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.3.2.1) ที่มีสมบัติการเรืองแสงสีน้ำเงินเหมือนกัน

2.3.2.4 สเตอรอยด์และเทอร์ปีน (steroids/terpenes) (de Padua และ คณะ, 1999; วิชา จิรัจรรย์กุล และ คณะ, 2534)

สเตอรอยด์และเทอร์ปีน ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า ไอโซพรีน (isoprene unit) จำนวน 6 หน่วย เชื่อมกันเป็นวงแหวน ซึ่งไอโซพรีนมีลักษณะเป็นโซ่แขนงของคาร์บอน 5 ตัว ที่มีพันธะคู่ไม่อิ่มตัว 2 พันธะ (ภาพที่ 2.12) และพบว่า สเตอรอยด์ก็มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับ ไตรเทอร์ปีน แต่เกิดจากวิถีชีวสังเคราะห์ที่ต่างกัน ซึ่งสเตอรอยด์ได้จากกระบวนการชีวสังเคราะห์ของอะซิเตทผ่านวิถี mevalonic acid โดยทั่วไปแล้ว สเตอรอยด์และเทอร์ปีน เป็นกลุ่มของสารที่ละลายในไขมันได้ดี มีโครงสร้างคล้ายฮอร์โมนหลายชนิด และมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลายด้าน เช่น ลดความดันโลหิต ลดระดับคอเลสเตอรอล และ ต้านการอักเสบ เป็นต้น จึงนำสารกลุ่มนี้ ทั้งจากธรรมชาติหรือที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์มาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง



ภาพที่ 2.12 หน่วยไอโซพรีนและ โครงสร้างของสเตอรอยด์บางชนิด

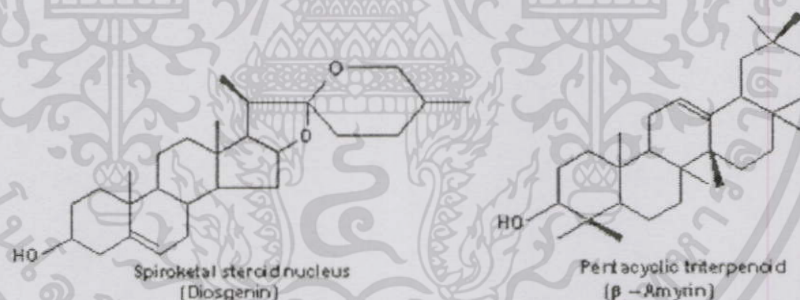
ที่มา: Waksmundzka-Hajnos และ คณะ (2008)

การตรวจสอบสเตอรอยด์และเทอร์ปีนด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี นิยมใช้รีเอเจนต์อะนิซัลดีไฮด์-กรดซัลฟูริก (anisaldehyde- H_2SO_4) ในการทำปฏิกิริยาได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินม่วง สีแดง หรือสีม่วงแดง นอกจากนี้ ยังพบการตรวจสอบสารกลุ่มนี้ด้วยรีเอเจนต์ตรวจสอบอื่นๆ อีกด้วย เช่น วานิลลิน-กรดซัลฟูริก (vanillin- H_2SO_4) หรือ รีเอเจนต์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Liebermann-Burchard เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การใช้รีเอเจนต์อะนิซัลดีไฮด์-กรดซัลฟูริก รวมทั้งรีเอเจนต์ตรวจสอบชนิดอื่นๆ เช่น วานิลลิน-กรดซัลฟูริก ก็ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสเตอรอยด์และเทอร์ปีนได้ (บุปผาชาติ พตด้วง และ คณะ, 2546) นอกจากนี้ หน่วยไอโซพรีนยังเป็นองค์ประกอบในกลุ่มของสารสำคัญอื่นๆ เช่น แอลคาลอยด์ ซาโปนิน น้ำมันหอมระเหย คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ และ เรซิน เป็นต้น (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) จึงอาจรบกวนการตรวจสอบสเตอรอยด์และเทอร์ปีนได้

2.3.2.5 ซาโปนิน (saponins) (ปราณี นันทศรี และ วาสนา ภาวะเวช, 2549)

ซาโปนิน มีโครงสร้างที่แตกต่างกันไปตามส่วนอะไกลโคน หรือ ซาโปจีนิน (sapogenin) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีส่วนอะไกลโคนเป็นสารจำพวกสเตอรอยด์ เรียกว่า spiroketal steroid nucleus และกลุ่มที่ 2 มีอะไกลโคนเป็นสารในกลุ่มเทอร์ปีนอยด์ที่มีโครงสร้างแบบ pentacyclic rings แสดงได้ดังภาพที่ 2.13 โดยซาโปนินมีคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงแตกได้ และเกิดฟองได้ดีเมื่อเขย่ากับน้ำ จึงเป็นสารลดแรงตึงผิว หรือใช้เป็นสารฟ้นดับไฟ ตลอดจน ใช้ในการเมือปลา นอกจากนี้ สามารถใช้ซาโปนินเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยาจำพวกสเตอรอยด์ฮอร์โมน (steroid hormones) อีกด้วย เช่น dioscin และ sarsaponin เป็นต้น



ภาพที่ 2.13 โครงสร้างหลักของซาโปนินทั้ง 2 ชนิด

ที่มา: Friedli (2009)

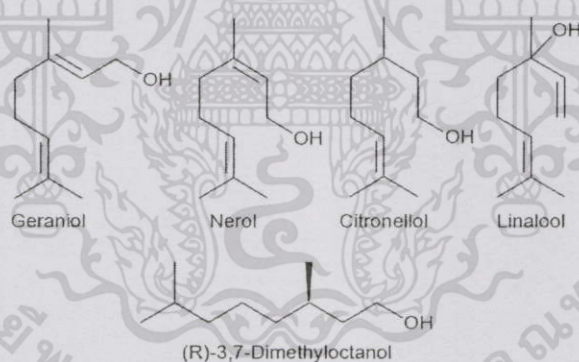
การตรวจสอบซาโปนินเบื้องต้น สามารถทดสอบคุณสมบัติการเกิดฟอง หรือ สมบัติการทำให้เม็ดเลือดแดงแตกได้ แต่การทดสอบคุณสมบัติทั้งสองนี้ มักเกิดความผิดพลาดได้ง่ายจากสารรบกวนต่างๆ เช่น การเกิดฟองจากกรดหรือโปรตีนในพืชบางชนิด หมู่ฟีนอลิกของแทนนินจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโปรตีนที่ผนังเม็ดเลือดแดง จึงขัดขวางการเข้าทำปฏิกิริยาของซาโปนิน เป็นต้น การทดสอบซาโปนินด้วยรีเอเจนต์ตรวจสอบ ที่เข้าทำปฏิกิริยากับโครงสร้างโดยตรงจึงให้ผลที่ถูกต้องมากกว่า ดังนั้น เทคนิคทินเลเซอร์ โครมาโทกราฟีจึงถูกนำมาใช้ตรวจสอบซาโปนิน โดยนิยมใช้รีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริก (vanillin-H₂SO₄) ทำปฏิกิริยาเกิดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลเงิน อย่างไรก็ตาม สารบางชนิด เช่น foliamenthin, quassin, marrubiin และ thujone สามารถให้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลเงินได้เช่นเดียวกัน (Wagner และ Bladt, 1996) อีกทั้งสารที่มีหน่วยไอโซพรีนในโครงสร้าง สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีต่างๆ กับรีเอเจนต์นี้ได้เช่นกัน จึงอาจรบกวนการตรวจสอบซาโปนินได้

2.3.2.6 น้ำมันหอมระเหย (essentail oils) (ปราณี นันทศรี และ วาสนา ภาละเวช, 2549)

น้ำมันหอมระเหย สามารถพบได้ในส่วนต่างๆของพืช เช่น ดอก ใบ ผล กลีบเลี้ยง เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยโมโนเทอร์ปีน (monoterpenes) หรือเซควิเทอร์ปีน (sesquiterpenes) และมีหมู่แทนที่จับที่ตำแหน่งต่างๆ แบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ คีโตน ฟีนอล ฟีนอลิกอีเทอร์ ออกไซด์ และเอสเทอร์ โดยสามารถแสดงตัวอย่างของน้ำมันหอมระเหยบางชนิดได้ดังภาพที่ 2.14 น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจึงมีลักษณะเฉพาะตัวเนื่องจากมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน สามารถระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิธรรมดา และไม่มีสี โดยทั่วไป มักใช้น้ำมันหอมระเหยในการแต่งกลิ่นเครื่องสำอางและตำรับยา นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยบางชนิดมีคุณสมบัติขับลม แก้ปวดท้อง และแก้ปวดหัว เช่น น้ำมันอบเชย น้ำมันกานพลู และน้ำมันจากผิวมะนาว เป็นต้น



ภาพที่ 2.14 โครงสร้างของน้ำมันหอมระเหยบางชนิด

ที่มา: Waksmundzka-Hajnos และ คณะ (2008)

การตรวจสอบน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิคทินเลเซอร์โครมาโทกราฟี นิยมใช้รีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริก (vanillin- H_2SO_4) โดยเกิดปฏิกิริยาควบแน่น (condensation reaction) ระหว่างหมู่แอลดีไฮด์ของวานิลลินกับหมู่ CH หรือ CH_2 ที่ตำแหน่งต่างๆในโครงสร้างของน้ำมันหอมระเหย เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีเหลือง สีแดง สีส้มเงิน หรือ สีน้ำตาล นอกจากนี้รีเอเจนต์ดังกล่าวสามารถใช้ตรวจสอบสารสำคัญกลุ่มอื่นๆ เช่น สเตอรอยด์ เทอร์ปีน ซาโปนินและแอลคาลอยด์บางชนิด รวมไปถึง สารที่สามารถละลายในไขมันได้อีกด้วย แต่ไม่สามารถอธิบายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างชัดเจนถึงตำแหน่งและหมู่ที่ทำปฏิกิริยา รวมถึง สีที่เกิดขึ้น (Waskmundzka-Hajnos และคณะ, 2008) อย่างไรก็ตาม การทดสอบน้ำมันหอมระเหยด้วยรีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริกสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินได้เช่นเดียวกับซาโปนิน เนื่องจาก สารทั้ง 2 กลุ่มมีหน่วยไอโซพรีนซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานของเทอร์ปีนเป็นองค์ประกอบเหมือนกัน ดังนั้น การแยกสารทั้ง 2 กลุ่มออกจากกัน จำเป็นต้องอาศัยความเป็นขั้วของสารในระบบตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ มีความเป็นขั้วต่ำจึงเคลื่อนที่ไปกับเฟสเคลื่อนที่ได้ดี และมีค่า R_f สูง ส่วนซาโปนินที่มีความเป็นขั้วสูงกว่า จะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่า (วิมา จิรจรรยากุล และ คณะ, 2534)

การตรวจสอบสารสำคัญทางพฤกษเคมีด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี จึงมีความเฉพาะเจาะจงกับสารสำคัญแต่ละกลุ่ม สามารถประยุกต์ใช้ในการแยก หรือ การตรวจเอกลักษณ์ของสารสำคัญจากพืชและยังทำให้ทราบถึงชนิดและปริมาณที่พบโดยประมาณ ตลอดจนสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม สำหรับการแยกสารในปริมาณมากด้วยเทคนิคอื่นๆต่อไป

2.3.3 การตรวจสอบสารสำคัญในพืชด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี

การตรวจสอบสารสำคัญในพืชด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีนั้น Vogel และ คณะ (2005) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันและองค์ประกอบเคมีของ *Haplopappus* 4 ชนิด ด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี ซึ่ง *Haplopappus* หรือ *Bailahu'en* เป็นพืชสมุนไพรพื้นเมืองของประเทศชิลี โดยพบว่า ฟลาโวนอยด์และคูมาริน เป็นองค์ประกอบสำคัญที่พบใน *Haplopappus* ทั้ง 4 ชนิด โดย *H. taeda* พบฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบหลัก *H. multifolius* พบคูมารินเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนอีกสองชนิด คือ *H. baylahuen* และ *H. remyanus* พบองค์ประกอบทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และ ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า สารสกัดเมทานอลของ *H. multifolius* ที่สกัดด้วยเมทานอลมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด

ปราณี นันทศรี และ วาสนา ภาระเวช (2549) ได้ศึกษาสารพฤกษเคมีในพืชสมุนไพร 24 ชนิด ด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี ประกอบด้วย หม่อน มะเมา ผักเป็ดแดง ทับทิม พลับพลึงดินเป็ด สายน้ำผึ้ง เห้วหมู สมอพิเภก มะตูม เพกา กำลิ่งเสื่อโคร่ง นอ คนทา หนุ้าคา มะนาว ดีปลี พริกไทย กระจับปี่ ขี้พลู่ ขัดมอญ ย่านาง ชิงชี รำข้าว และมะระขี้นก พบว่า สมุนไพรทั้งหมดมีสารต้านออกซิเดชันเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยพบ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน และซาโปนิน ในสมุนไพรทุกชนิด แต่มีสมุนไพรเพียง 9 ชนิด ที่ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก นอกจากนี้ยังพบสารในกลุ่มคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ในสมุนไพร 17 ชนิด รวมทั้ง ตรวจพบสารในกลุ่มแอนทราควิโนนและแทนนินในสมุนไพร 13 ชนิด ซึ่งสารพฤกษเคมีที่พบในพืชสมุนไพร 24 ชนิด สามารถใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมคุณภาพของสมุนไพรแต่ละชนิดได้ ต่อมา ธารินี สืบปาละ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะ (2550) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทางเภสัชเวทของพืชสมุนไพร 3 ชนิด ในสกุล *Murdannia* คือ หนุ่ยป่ากั้ง (*M. bracteata*) ผักลิ้มผิวใหญ่ (*M. loriformis*) และกินกุ่มน้อย (*M. nudiflora*) พบว่าสามารถใช้ลักษณะโครมาโทแกรมที่ได้ในการแยกพืชทั้ง 3 ชนิดออกจากกัน โดยกินกุ่มน้อยตรวจพบแถบเรืองแสงของฟลาโวนอยด์ที่ชัดเจนแตกต่างจากพืชอีก 2 ชนิด และยังพบว่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชทั้ง 3 ชนิด ขึ้นอยู่กับปริมาณฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกที่พบ ซึ่งสารสกัดเมทานอลของหนุ่ยป่ากั้ง มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงที่สุด ในขณะที่สารสกัดน้ำของกินกุ่มน้อยมีความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีที่สุด

การเปรียบเทียบกลุ่มของสารสำคัญทางพฤกษเคมีในส่วนต่างๆของพืช โดย บุพผาชาติ พตด้วง และ คณะ (2546) ได้ศึกษากลุ่มสารหลักในข้าวหลามดง [*Goniothalamus laoticus* (Finet and Gagnep.) Ban] ซึ่งเป็นสมุนไพรหายากและใกล้สูญพันธุ์ของไทยด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี พบว่า ใบข้าวหลามดงประกอบด้วยสารกลุ่มสเตอรอยด์และเทอร์ปีนอย่างน้อย 11 ชนิด แอลคาลอยด์อย่างน้อย 6 ชนิด ฟลาโวนอยด์อย่างน้อย 7 ชนิด และกรดฟีนอลิกอย่างน้อย 6 ชนิด ส่วนเนื้อไม้ข้าวหลามดง ประกอบด้วยสารกลุ่มสเตอรอยด์และเทอร์ปีนอย่างน้อย 3 ชนิด แอลคาลอยด์อย่างน้อย 3 ชนิด ฟลาโวนอยด์อย่างน้อย 7 ชนิด และกรดฟีนอลิกอย่างน้อย 2 ชนิด ซึ่งกลุ่มของสารหลักที่ตรวจสอบได้จะมีลักษณะจำเพาะ สามารถนำมาใช้ในการตรวจเอกลักษณ์เพื่อจำแนกส่วนต่างๆข้าวหลามดง และยังสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการแยกสารสำคัญจากสมุนไพรปริมาณมาก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

นอกเหนือจาก การใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีในการตรวจสอบสารสำคัญต่างๆที่พบในพืชแล้ว ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบปริมาณสารทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณได้อีกด้วย โดย Potterat และ คณะ (2007) ใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีตรวจสอบชนิดสารสำคัญที่พบในผลิตภัณฑ์จากลูกข่อย (*Monrinda citrifolia*, noni) โดยใช้ 3-methyl-1,3-butanediol เป็นตัวชี้วัด พบว่า โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์น้ำลูกข่อย, สารสกัดจากลูกข่อย และลูกข่อยผงมีความแตกต่างกัน แต่ในผลิตภัณฑ์กลุ่มเดียวกันย่อมมีความคล้ายคลึงกัน เมื่อตรวจสอบ 3-methyl-1,3-butanediol ด้วยรีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริก พบว่า สารสกัดจากลูกข่อยไม่มีสารดังกล่าวเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำโครมาโทแกรมที่ได้ไปวิเคราะห์ร่วมกับวิธี HPLC-MS พบว่า ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดตรวจพบสารสำคัญในกลุ่ม asperulosidic acid, deacetylasperulosidic acid และ รูทีน เป็นองค์ประกอบ ส่วนสารสกัดจากลูกข่อย และน้ำลูกข่อย พบ fatty acid glycosides, noniside B และ C เป็นต้น ในขณะที่น้ำลูกข่อยพบ scopoletin เป็นหลัก

Zhang และ คณะ (2008) ได้วิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของเหง้าขมิ้น 4 สายพันธุ์ ด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีแบบพัฒนาแผ่นสองครั้ง (twice development) ระบบตัวทำละลายแรก คือ คลอโรฟอร์ม : เมทานอล : กรดฟอร์มิก (80:4:0.8) และระบบตัวทำละลายที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอง คือ ปีโตรเลียมอีเทอร์ : เอทิลอะซีเตต (90:10) เนื่องจาก สารสำคัญที่พบในขมิ้นมีทั้งสารที่มี
 ขี้วามากและขี้วต่ำผสมกันอยู่ ไม่สามารถแยกออกได้ในระบบตัวทำละลายระบบเดียว ซึ่งพบว่า
 โครมาโทแกรมของขมิ้น 4 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกัน โดยสามารถใช้ในการตำแหน่งและปริมาณ
 ที่ตรวจพบของ bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin, curcumin, curcumenol, curcumol,
 curdione, furanodienone และ curzerene เป็นตัวบ่งชี้ชนิดของขมิ้นได้ และสามารถนำเทคนิค
 ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีนี้มาใช้ประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมคุณภาพของเหง้าขมิ้นได้อีกด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบ

3.1.1 ตัวอย่างพืช

ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการทดลองจำนวน 47 ชนิด จาก 27 วงศ์ มีพืชจำนวน 2 ชนิดที่ใช้ส่วนของพืช 2 ส่วน รวมเป็นตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทั้งหมด 49 ตัวอย่าง สามารถแบ่งตามส่วนของพืชออกเป็น ส่วนดอก 5 ตัวอย่าง ส่วนใบ 29 ตัวอย่าง และส่วนลำต้น/ใบ 15 ตัวอย่าง โดยได้รับจาก 3 แหล่งที่มา คือ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 37 ชนิด จังหวัดสกลนคร 8 ชนิด และจังหวัดสุราษฎร์ธานีจำนวน 2 ชนิด รายชื่อพืชทั้งหมดเรียงลำดับตามชื่อวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างพืช

ลำดับ	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	ชื่อวิทยาศาสตร์	แหล่งที่มา
1	ผักเผ็ด	ใบ	<i>Acmella oleraceae</i> (L.) R.K. Jansen	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
2	ผักเหี้ย	ลำต้น/ใบ	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
3	สะเดา	ดอก	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss. Var. <i>siamensis</i> Valeton	สกลนคร
4	ผักปลังขาว	ใบ	<i>Basella alba</i> L.	สกลนคร
5	ผักปลังแดง	ใบ	<i>Basella rubra</i> L.	สกลนคร
6	เสี้ยวดอกขาว	ดอก	<i>Bauhinia bracteata</i> L.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
7	หญ้าแหลมนกไส้	ลำต้น/ใบ	<i>Bidens bipinnata</i> L.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
8	ปิ่นนกไส้	ลำต้น/ใบ	<i>Bidens pilosa</i> Linn.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
9	ราชวดีป่า	ใบ	<i>Buddieia asiatica</i> Lour	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
10	เมี่ยงป่า	ใบ	<i>Camellia sinensis</i> (L.) Kuntze var. <i>assamica</i> (J. Masters) Kitam.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
11	กระโดน	ใบ	<i>Careya sphaerica</i> Roxb.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
12	ก้อข้าว	ใบ	<i>Castanopsis inermis</i> (Lindl. ex Wall.) Benth & Hook. f.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
13	ผักปราบใบเรียว	ลำต้น/ใบ	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
14	หญ้าข้าวใหม่	ลำต้น/ใบ	<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) Walker	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
15	หญ้าดอกปลิว	ลำต้น/ใบ	<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth) S. Moore	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	ชื่อวิทยาศาสตร์	แหล่งที่มา
16	คิ้วเกลี้ยง	ดอก, ใบ	<i>Cratoxylum cochinchinense</i> (Lour.) Blume	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
17	คิ้วขาว	ใบ	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jack) Dyer	สกลนคร
18	เครือค้ำ	ลำต้น/ใบ	<i>Cuscuta australis</i> R. Br.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
19	ผักกูดขาว	ใบ	<i>Diplazium esculentum</i> (Retz.) Sw.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
20	ส้มจี	ใบ	<i>Embelia ribes</i> Burm.f.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
21	ส้มกุ่ม	ใบ	<i>Embelia sessiliflora</i> Kurtz	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
22	ผักกาดนก	ลำต้น/ใบ	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
23	เดื่อหัว	ใบ	<i>Ficus acuriculata</i> Lour.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
24	มันปลา	ใบ	<i>Glochidion sphaerogymum</i> (Müll. Arg.) Kurz	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
25	ไคร้หน้า	ใบ	<i>Homonoia riparia</i> Lour.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
26	เสนียด	ใบ	<i>Justicia adhatoda</i> L.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
27	ผักลิ้นห่าน	ใบ	<i>Launaea sarmentosa</i> Sch. Bip. ex O. Kze.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
28	บอนจีน	ดอก, ลำต้น/ใบ	<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau	สกลนคร
29	กะอ่อม	ใบ	<i>Limnophila geoffrayi</i> Bonati	สกลนคร
30	ผักแขยง	ลำต้น/ใบ	<i>Limnophila aromatica</i> Merr.	สกลนคร
31	หมี่เหม็น	ใบ	<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C.B. Rob.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
32	หมี่บัง	ใบ	<i>Litsea salicifolia</i> Nees EX Roxb.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
33	ตะไคร้คั้น	ใบ	<i>Litsea cubeba</i> Pers.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
34	สะเรียมดง	ใบ	<i>Melicope pteleifolia</i> (Champ. ex Benth.) Hartley	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
35	ผักสมุย	ใบ	<i>Micromelum minutum</i> Wight & Arn	สุราษฎร์ธานี
36	มะระขี้เทย	ลำต้น/ใบ	<i>Momordica charantia</i> L.	สกลนคร
37	ผักฮ้านน้ำ	ลำต้น/ใบ	<i>Mosia dianthera</i> (Buch-Ham. ex Roxb.) Maxim.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
38	ผักฉืด	ลำต้น/ใบ	<i>Neptunia oleracea</i> Lour.	สุราษฎร์ธานี
39	ผักไผ่	ลำต้น/ใบ	<i>Persicaria odorata</i> (Lour.) Soja'k	สกลนคร
40	ส้มสุก	ใบ	<i>Saraca indica</i> L.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
41	ทะโล้	ใบ	<i>Schima wallichii</i> (D.C.) Korth.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
42	ขี้เหล็ก	ดอก	<i>Senna siamea</i> (Lam.) Irwin & Barneby	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
43	หนามเป้า	ใบ	<i>Smilax macrophylla</i> Roxb.	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
44	ย่านาง	ใบ	<i>Tiliacora triandra</i> (Colebr.) Diels	สกลนคร
45	ส้มปี้	ใบ	<i>Vaccinium sprengelii</i> (D. Don) Sleum	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
46	หมี่เหม็นพันธุ์ใหญ่	ใบ	-	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
47	หญ้าเอ็นเสื่อ	ลำต้น/ใบ	-	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 สารเคมี

- กรดแกลลิก	(Fluka, ประเทศเยอรมัน)
- กรดไขมันลิโนเลอิก (linoleic acid)	(Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- กรดซัลฟูริก	(Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- กรดไตรคลอโรอะซีติก (trichloroacetic acid)	(Merck, ประเทศเยอรมัน)
- กรดไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid)	(Merck, ประเทศเยอรมัน)
- กรดไฮโดรคลอริก	(Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- ซิลิกา เจต 60 GF ₂₅₄	(Merck, ประเทศเยอรมัน)
- โซเดียมคาร์บอเนต	(Carlo, ประเทศอิตาลี)
- ไดคลอโรมีเทน	(Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- โทลูอีน	(Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	(Merck, ประเทศเยอรมัน)
- เมทานอล	(Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- อะซีโตนไนไตรต์	(Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- อะซีโตน	(Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- เอทานอล	(Lab-scan, ประเทศไอร์แลนด์)
- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH)	(Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ)	(Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)	(Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox)	(Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- Anisaldehyde	(Fluka, ประเทศเยอรมัน)
- Atropine	(Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- Catechin hydrate	(Fluka, ประเทศเยอรมัน)
- Coumarin	(Fluka, ประเทศเยอรมัน)
- Diosgenin	(Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- Dragendorff's reagent spray solution	(Merck, ประเทศเยอรมัน)
- Escin	(Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- Eugenol	(Merck, ประเทศเยอรมัน)
- Folin – Ciocalteu reagent	(Carlo, ประเทศอิตาลี)
- Geraniol	(Aldrich, ประเทศเยอรมัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Iron (III) chloride hydrate (Fisher, ประเทศอังกฤษ)
- Quinine hemisulfate monohydrate (Fluka, ประเทศเยอรมัน)
- Quercetin dehydrate (Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- β -sitosterol (Fluka, ประเทศเยอรมัน)
- Stigmasterol (Sigma, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- Tween 40 (Merck, ประเทศเยอรมัน)
- Umbeliferone (Aldrich, ประเทศเยอรมัน)
- Vanillin (Merck, ประเทศเยอรมัน)

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- เครื่องชั่ง (4 ตำแหน่ง) (Sartorius TE 214, ประเทศเยอรมัน)
- เครื่องชั่ง (2 ตำแหน่ง) (Mettler Toledo PE 3000, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
- ตู้บลูมร็อน (Memmert UFB 400, ประเทศเยอรมัน)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert WB 29, ประเทศเยอรมัน)
- เครื่องปั่นเหวี่ยง (Beckman coulter, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- ออโตปีเปต (Eppendorf, ประเทศเยอรมัน)
- 96 well microtiter plate (Sero-Wel, Bibby Sterilin, ประเทศอังกฤษ)
- Microtiter Plate Reader (Multimode Detector DTX 880, Beckman coulter, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- TLC developing tanks (Desaga Heidelberg, ประเทศเยอรมัน)
- TLC spreader (Desaga Heidelberg, ประเทศเยอรมัน)
- UV-Betrachter (Camag, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
- Vortex mixer (Vortex genie 2 G-560E, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.3 สถานที่ดำเนินงาน

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดสอบ

3.4.1 การคัดเลือกพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูง

3.4.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างพืชสดมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ ฝั่ให้แห้ง จากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นการสกัดตัวอย่างสด ด้วยการนำพืชไปตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้ง ก่อนการสกัด และส่วนที่ 2 เป็นการสกัดตัวอย่างแห้ง ด้วยการนำพืชไปอบด้วยตู้อบลมร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงบดเป็นผงขนาดประมาณ 60 เมช (mesh) ก่อนนำไปสกัด

การสกัดตัวอย่างคั้ดแปลงจากวิธีของ Pilarski และ คณะ (2006) โดยชั่งตัวอย่างพืช 10 กรัม ผสมกับเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:10) ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นนาน 1 นาที ให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 เก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

3.4.2 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ

3.4.2.1 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin - Ciocalteu reagent method ของ Singleton และคณะ (1999)

นำสารสกัดตัวอย่างมาเจือจางด้วยน้ำกลั้่น ปีเปิดสารสกัดปริมาตร 250 ไมโครลิตร ลงในหลุมไมโครเพลท จากนั้นเติมรีเอเจนต์ Folin Ciocalteu 12.5 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 10 เปอร์เซ็นต์ 50 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีในที่มืด นำไปวัดค่าการดูดกลั้่นแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร โดยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (microtiter plate reader)

นำค่าการดูดกลั้่นแสงของสารละลายตัวอย่างไปคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

3.4.2.2 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging assay ที่ดัดแปลงมาจาก Brand-Williams และคณะ (1995)

นำสารสกัดตัวอย่างมาเจือจางด้วยน้ำกลั้่น 4 ระดับ ปีเปิดสารสกัดปริมาตร 70 ไมโครลิตรลงในหลุมไมโครเพลท แล้วเติมสารละลาย DPPH (ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์) 210 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท นำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างไปคำนวณหา %inhibition ดังสมการ

$$\%inhibition = (1 - A_{sample} / A_{control}) \times 100$$

โดย %inhibition หมายถึง ความสามารถในการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ

A_{sample} หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

$A_{control}$ หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง

จากนั้นนำค่า %inhibition เขียนกราฟความสัมพันธ์กับปริมาณสารสกัดตัวอย่าง เพื่อหาสมการความสัมพันธ์และจุดตัดแกน Y ที่ 50 จะได้ค่า EC_{50} (effective concentration)

3.4.2.3 Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) โดยวัดความสามารถ

ในการทำลายอนุมูลอิสระ $ABTS^{+}$ ตามวิธีของ Zhou และ Yu (2004)

นำสารสกัดตัวอย่างมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ปิเปตสารสกัดปริมาตร 30 ไมโครลิตร ลงในหลุมไมโครเพลท แล้วเติมสารละลาย $ABTS^{+}$ (ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์) 300 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท

นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง ไปคำนวณหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ $ABTS^{+}$ โดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลาย Trolox

3.4.2.4 ความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดด้วยวิธี Ferric reducing/antioxidant power (FRAP) ของ Benzie และ Strain (1999)

นำสารสกัดตัวอย่างมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ปิเปตสารสกัดปริมาตร 10 ไมโครลิตร ลงในหลุมไมโครเพลท แล้วเติมสารละลาย FRAP 300 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 8 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท

นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง ไปคำนวณหาความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมด โดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลาย Trolox

3.4.2.5 ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี Thiobarbutyric acid reactive substances (TBARS) ที่ดัดแปลงมาจาก McDonald และ Hultin (1987)

นำสารสกัดตัวอย่างมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ปิเปตสารสกัดปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมอิมัลชันของกรดไขมันลิโนเลอิก 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลาย TCA-TBA-HCl 2 มิลลิลิตร ต้มจนเดือดเป็นเวลา 15 นาที ทิ้งให้เย็น จากนั้นปิเปตสารละลาย 300 ไมโครลิตร ลงในหลุมไมโครเพลท แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร โดยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท

นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง ไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (antioxidant activity, AOA) ด้วยสมการ

$$\%AOA = (1 - A_{\text{sample}} / A_{\text{control}}) \times 100$$

จากนั้นนำค่า %AOA ไปคำนวณหาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน โดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลาย Trolox

3.4.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.4.3.1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และคำนวณค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นคัดเลือกพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงสุด 10 ลำดับแรกในทุกวิธีวิเคราะห์ มาศึกษาในกลุ่มสารพฤษเคมีที่สำคัญด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีในหัวข้อ 3.4.4 ต่อไป

3.4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ

นำผลการทดลองที่ได้จากแต่ละวิธี มาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ด้วย โปรแกรม SPSS version 11.0

3.4.4 การวิเคราะห์กลุ่มสารสำคัญทางพฤษเคมีด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี

3.4.4.1 การเตรียมแผ่น Thin layer chromatography (TLC)

การเตรียมแผ่น TLC ได้ดัดแปลงจากวิธีของปราณี นันทศรี และ วาสนา ภาวะเวช (2549) โดยนำแผ่นกระจกขนาด 20×20 เซนติเมตร มาทำความสะอาดด้วยเอทานอล ทิ้งไว้ให้แห้งเตรียมสารแขวนตะกอนของซิลิกา เจล GF₂₅₄ (silica gel GF₂₅₄) กับน้ำในอัตราส่วน 30 : 70 ผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันภายในเวลา 45 วินาที จากนั้นทำการเคลือบสารแขวนตะกอนลงบนแผ่นกระจกด้วยเครื่องสเปรดเดอร์ ทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บแผ่น TLC ไว้ในเดสซิเคเตอร์ (dessicator)

3.4.4.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

การเตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับสารสำคัญกลุ่มต่างๆ 6 กลุ่ม จำนวนทั้งหมด 12 ชนิด สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 สารมาตรฐานสำหรับทดสอบกลุ่มสารสำคัญในพืช

กลุ่มสารสำคัญ	สารมาตรฐาน	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อมิลลิตร)	ตัวทำละลาย	ปริมาตรที่ใช้ (ไมโครลิตร)
แอลคาลอยด์	Quinine sulfate	1	เมทานอล	3
	Atropine	50	เมทานอล	3
ฟลาโวนอยด์	Quercetin dihydrate	2	เอทานอล	2
	Catechin	1	เอทานอล	2
คูมาริน	Coumarin	10	เอทานอล	1
	Umbelliferone	1	เอทานอล	1
ซาโปนิน	Escin	10	เอทานอล	2
	Diosgenin	10	ไดคลอโรมีเทน	3
สเตอรอยด์และ เทอร์ปีน	β -sitosterol	10	ไดคลอโรมีเทน	3
	Stigmasterol	10	ไดคลอโรมีเทน	3
น้ำมันหอมระเหย	Eugenol	25	เอทานอล	1
	Geraniol	1	เอทานอล	1

3.4.4.3 เทคนิคทีนเลเยอร์โครมาโทกราฟีแบบพัฒนาแผ่นหลายครั้ง (multiple development)

นำสารสกัดของพืชแห้งที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด มาทำการวิเคราะห์สารสำคัญด้วยเทคนิคทีนเลเยอร์โครมาโทกราฟีแบบพัฒนาแผ่นหลายครั้ง ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Zhang และคณะ (2008) โดยนำสารสกัดพืชปริมาณ 5 ไมโครลิตร มาจุดลงบนแผ่น TLC (silica gel GF₂₅₄) ที่เตรียมไว้ (ข้อ 3.4.4.1) ให้มีลักษณะเป็นแถบที่มีความยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร และความกว้างประมาณ 3 มิลลิเมตร ทิ้งให้แห้ง จากนั้นนำไปวางในแทงค์ที่บรรจุระบบตัวทำละลาย 3 ระบบต่อเนื่องกันเรียงลำดับ ดังนี้

ระบบที่ 1 คือ น้ำกลั่น : อะซีโตนไนไตรล์ : โทลูอิน (23.0:72.5:5.5) เมื่อแนวเฟสเคลื่อนที่เคลื่อนที่เป็นระยะทาง 6 เซนติเมตร นำแผ่น TLC ออกจากแทงค์ของตัวทำละลายและวางไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวางในแทงค์ที่บรรจุตัวทำละลายในระบบที่ 2

ระบบที่ 2 คือ อะซีโตน : อะซีโตนไนไตรล์ : โทลูอิน : ไดคลอโรมีเทน (23.0:23.0:38.5:15.5) เมื่อแนวเฟสเคลื่อนที่เคลื่อนที่ต่อไปอีกเป็นระยะทาง 4 เซนติเมตร จึงนำแผ่น TLC ออก และวางไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวางในแทงค์ที่บรรจุตัวทำละลายในระบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบที่ 3 คือ โทลูอิน : ไคคลอโรมีเทน : เมทานอล (64.0:29.0:7.0) กำหนดระยะทางเคลื่อนที่ต่อไปอีก 6 เซนติเมตรจากแนวเฟสเคลื่อนที่ของระบบเดิม รวมระยะทางในการเคลื่อนที่ทั้งหมด 16 เซนติเมตร นำแผ่น TLC ไปทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปตรวจสอบหาสารสำคัญกลุ่มต่างๆต่อไป

3.4.4.4 การตรวจสอบสารสำคัญ

นำแผ่น TLC มาทำการตรวจสอบสารสำคัญทั้ง 7 กลุ่ม คือ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน สเตอรอยด์และเทอร์ปีน ซาโปนิน น้ำมันหอมระเหย และสารต้านอนุมูลอิสระด้วยรีเอเจนต์ตรวจสอบชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การตรวจสอบสารสำคัญแต่ละกลุ่มด้วยรีเอเจนต์ตรวจสอบเฉพาะ

กลุ่มสารสำคัญ	รีเอเจนต์ตรวจสอบ	สีที่พบ
แอลคาลอยด์	ดราเจนดอร์ฟ (dragendorff's reagent)	แถบสีส้มบนพื้นสีเหลือง
ฟลาโวนอยด์	-	แถบที่บดแสงบนพื้นเรืองแสงสีเขียว ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต 254 nm
คูมาริน	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	แถบเรืองแสงสีเขียวหรือสีน้ำเงิน ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต 366 nm
สเตอรอยด์และเทอร์ปีน	อะนิซัลดีไฮด์-กรดซัลฟูริก (anisaldehyde-H ₂ SO ₄)	แถบสีน้ำเงินม่วง สีแดง หรือสีม่วงแดง
ซาโปนิน	วานิลลิน-กรดซัลฟูริก (vanillin-H ₂ SO ₄)	แถบสีน้ำเงิน
น้ำมันหอมระเหย	วานิลลิน-กรดซัลฟูริก (vanillin-H ₂ SO ₄)	แถบสีแดง สีน้ำตาล หรือ สีน้ำเงิน
สารต้านอนุมูลอิสระ	สารละลาย DPPH	แถบสีเหลืองบนพื้นสีม่วง

3.4.4.5 คำนวณค่า R_f

ภายหลังการตรวจสอบสารสำคัญด้วยรีเอเจนต์ตรวจสอบชนิดต่างๆแล้ว สารที่แยกได้แต่ละตัวจะเคลื่อนที่บนแผ่น TLC ด้วยความเร็วเฉพาะซึ่งแสดงออกเป็นค่า Retardation factor (R_f value) สามารถคำนวณได้จาก

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น}}{\text{ระยะทางทั้งหมดที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ

สารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ของพืชจำนวน 49 ตัวอย่าง ประกอบด้วย พืชทั้งหมด 47 ชนิด และมีพืช 2 ชนิดที่ใช้ส่วนของพืชแตกต่างกัน ได้แก่ ตั๊กแตนและบอนจีน ที่นำมาวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content, TPC) และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH, TEAC, FRAP และ TBARS ทั้งในพืชสดและพืชแห้งที่ผ่านขั้นตอนการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด จะแสดงค่าเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TEAC, FRAP และ TBARS จะแสดงค่าเป็นมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนวิธี DPPH จะแสดงในรูปค่า EC_{50} (effective concentration) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณตัวอย่าง (มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง)) ที่ใช้ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จำนวน 11.7 ไมโครกรัม หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเริ่มต้น ดังนั้น ตัวอย่างที่มีค่า EC_{50} ต่ำ จะบ่งบอกถึงการมีปริมาณตัวอย่างพืชน้อยในการทำลายอนุมูลอิสระ ดังนั้น ความสามารถในการต้านออกซิเดชันจึงสูงกว่าตัวอย่างที่มีค่า EC_{50} สูง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ค่า EC_{50} แปรผกผันกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืช

4.1.1 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ในการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin Ciocalteu อาศัยการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนของสารประกอบฟีนอลิกเข้าทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ Folin Ciocalteu ในสภาวะที่เป็นเบส ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของพืชสดทั้ง 49 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของพืชสดมีค่าอยู่ระหว่าง 5.997-710.6 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนพืชแห้งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.082-185.2 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จึงได้แบ่งสารสกัดพืชออกเป็น 4 กลุ่ม (ตารางที่ 4.1) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณฟีนอลิกต่ำ (มีค่าน้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) และเป็นกลุ่มที่มีจำนวนสารสกัดพืชมากที่สุด คือ 70 ตัวอย่าง แบ่งเป็น สารสกัดจากพืชสดจำนวน 30 ตัวอย่าง และพืชแห้งจำนวน 40 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.1 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

TPC		สารสกัดพืช
	สด	หญ้าดอกปลิว (5.997), มะระจีนก (6.878), ผักกาดนก (7.017), ลำต้น/ใบบอนจีน (8.247), ย่านาง (8.480), กะออม (8.566), ผักลิ้นห่าน (9.149), ผักเผ็ด (9.244), ปั่นนงไต้ (9.824), ผักฮ่านน้ำ (12.38), ดอกบอนจีน (12.93), ผักปลังขาว (13.87), ผักเหี้ย (14.05), ผักกูดขาว (14.20), หญ้าข้าวใหม่ (15.11), ผักปลังแดง (18.91), ผักปราบใบเรียวย (19.46), หมี่บั้ง (21.20), ส้มกุ่ม (24.46), เสี้ยวดอกขาว (26.43), หญ้าแหลมรกไต้ (27.21), ตะไคร้ต้น (30.85), ขี้เหล็ก (31.04), เครือคำ (31.42), ส้มจี้ (40.28), สะระยมคง (45.39), ผักฉืด (45.91), เสนียด (46.05), ผักแขยง (48.66), เตื่อหัว (49.03)
<50	แห้ง	ผักปราบใบเรียวย (2.082), มะระจีนก (2.939), กะออม (3.501), ผักกูดขาว (4.711), สะเดา (5.238), ดอกบอนจีน (6.46), ผักปลังขาว (7.107), ลำต้น/ใบบอนจีน (7.299), หมี่บั้ง (7.798), เครือคำ (8.012), หญ้าข้าวใหม่ (8.359), เสนียด (9.903), ย่านาง (10.13), ปั่นนงไต้ (11.39), ขี้เหล็ก (11.93), ส้มจี้ (12.05), ผักลิ้นห่าน (12.77), ผักปลังแดง (13.78), ตะไคร้ต้น (14.55), เสี้ยวดอกขาว (14.61), ราชวดีป่า (15.81), ส้มกุ่ม (17.30), ผักเผ็ด (17.97), ส้มสุก (19.99), ผักฉืด (22.38), ผักสมุย (24.00), ผักกาดนก (26.56), หนามเป่า (26.86), กระจโคน (28.15), ผักไผ่ (28.60), หมี่เหม็น (29.96), สะระยมคง (32.11), เตื่อหัว (34.30), ส้มปี (40.68), ผักแขยง (41.73), ใบคิ้วเกลี้ยง (44.07), คิ้วขาว (46.89), ไคร้หน้า (47.78), หญ้าแหลมรกไต้ (48.38), หมี่เหม็นพันธุ์ใหญ่ (49.85)
50-100	สด	ราชวดีป่า (50.74), ไคร้หน้า (56.75), มันปลา (59.36), ผักสมุย (60.34), สะเดา (69.33), ผักไผ่ (85.31), ส้มปี (94.14), หมี่เหม็นพันธุ์ใหญ่ (95.23)
	แห้ง	หญ้าดอกปลิว (50.46), ผักเหี้ย (59.75), ก่อข้าว (60.98), เมี่ยงป่า (66.24), หญ้าเอ็นเสือ (72.79), ผักฮ่านน้ำ (86.50)
100-200	สด	หมี่เหม็น (106.3), หนามเป่า (106.4), หญ้าเอ็นเสือ (111.2), ส้มสุก (117.1), เมี่ยงป่า (140.6), ก่อข้าว (158.3), ใบคิ้วเกลี้ยง (171.4)
	แห้ง	ทะโล้ (105.4), มันปลา (153.1), ดอกคิ้วเกลี้ยง (185.2)
>200	สด	ทะโล้ (213.8), กระจโคน (449.3), คิ้วขาว (469.1), ดอกคิ้วเกลี้ยง (710.6)
	แห้ง	-

หมายเหตุ ตัวเลขใน () แสดงค่า TPC ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)
ตัวเลขใน [] แสดงจำนวนสารสกัดพืชที่พบ

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณฟีนอลิกปานกลาง (50-100 มิลลิกรัมต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง)) โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 14 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสารสกัดพืชสดและพืชแห้ง จำนวน 8 และ 6 ตัวอย่าง ตามลำดับ

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณฟีนอลิกสูง (100-200 มิลลิกรัมต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง)) มีจำนวนทั้งสิ้น 10 ตัวอย่าง ได้แก่ สารสกัดพืชสดจำนวน 7 ตัวอย่าง คือ ใบหมีเหม็น ใบหนามเป่า ใบส้มสุก ใบเมี่ยงป่า ใบก้อข้าว และใบต้วเกลี้ยง และสารสกัดพืชแห้งจำนวน 3 ตัวอย่าง คือ ใบทะเลไล่ ใบมันปลา และ ดอกต้วเกลี้ยง

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณฟีนอลิกสูงมาก (มีค่ามากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง)) โดยพบสารสกัดพืชสดเพียง 4 ตัวอย่างเท่านั้น และเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ดอกต้วเกลี้ยง ใบต้วขาว ใบกระโดน และใบทะเลไล่

สารสกัดจากส่วนดอกต้วเกลี้ยง มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดในตัวอย่างที่ทดสอบ โดยมีค่าเท่ากับ 710.6 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) อย่างไรก็ตามไม่พบรายงานที่เกี่ยวข้องกับสารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชชนิดนี้ นอกจากนี้ยังพบว่า ภายหลังจากทำแห้งปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดดอกต้วเกลี้ยงลดลงถึง 3.8 เท่า ซึ่งจะอภิปรายผลของการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกอย่างละเอียดในหัวข้อ 4.2 ต่อไป

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดดอกต้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume) มีค่าสูงที่สุด (710.6 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) และสารสกัดใบต้วเกลี้ยงมีค่า 171.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนพืชสกุลเดียวกัน ได้แก่ ต้วขาว (*C. formosum* (Jack) Dyer) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงเช่นกัน (469.1 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) และพบอีกว่า พืชสกุล *Basella* ได้แก่ ยอดอ่อน/ใบของผักปลังขาว (*B. alba* L.) และผักปลังแดง (*B. rubra* L.) ก็มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดใกล้เคียงกัน คือ 15.5 และ 18.91 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ เช่นเดียวกับในสกุล *Bidens* ได้แก่ หญ้าแหลมนกไล่ (*B. bipinnata* L.) และปิ่นนกไล่ (*B. pilosa* Linn.) สกุล *Embelia* ได้แก่ ส้มจี (*E. ribes* Burm.f.) และส้มกุ่ม (*E. sessiliflora* Kurtz) สกุล *Limnophila* ได้แก่ กะออม (*L. geoffrayi* Bonati) และผักแขยง (*L. aromatica* Merr.) ที่มีปริมาณฟีนอลิกอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ส่วนสกุล *Litsea* ได้แก่ หมีบัง (*L. salicifolia* Nees EX Roxb.) และตะไคร้ต้น (*L. cubeba* Pers.) มีปริมาณฟีนอลิกน้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง) แต่ หมีเหม็น (*L. glutinosa* (Lour.) C.B. Rob.) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 106.3 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า พืชต่างสายพันธุ์จะมีปริมาณฟีนอลิกที่ใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันก็ได้ แต่พืชที่อยู่ในสกุลเดียวกันย่อมมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณฟีนอลิกใกล้เคียงกัน

สารสกัดต้วขาวมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 469.1 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญในต้วขาวได้แก่ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และ สารประกอบฟีนอลิกที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมู่ 1,2-dihydroxyphenyl (พัตถภา รัตนวราภรณ์ และ สุรางค์ พรพงษ์, 2543) อย่างไรก็ตาม Maisuthisakul และ คณะ (2007a) รายงานว่า ยอดอ่อน/ใบของด้วงขาว มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 63.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผลการทดลองอย่างมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของวิธีการสกัด และตัวทำละลายที่ใช้ โดยการทดลองนี้ใช้เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับการให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียสในการสกัด ซึ่ง Suzuki และ คณะ (2002) รายงานว่า การสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 40-80 เปอร์เซ็นต์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกให้สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ หรือ เอทานอล หรือ เมทานอลเป็นตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ การให้ความร้อนในระหว่างการสกัดนั้น ยังส่งผลให้ประสิทธิภาพของการสกัดเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจาก ความร้อนจะทำให้เนื้อเยื่อพืชอ่อนนุ่ม ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกออกจากเนื้อเยื่อพืชได้มากขึ้น (Katalinic และ คณะ, 2007)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดกระโดนมีค่า 449.3 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ Maisuthisakul และ คณะ (2007a) รายงานปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 54.5 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในการทดลองนี้มาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก วิธีการสกัดและตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกันดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ ปริมาณฟีนอลิกที่แตกต่างกันนี้อาจเป็นผลจากสภาพแวดล้อม พื้นที่เพาะปลูก ตลอดจน อายุการเก็บเกี่ยว (Witzell และ คณะ, 2003) อย่างไรก็ตาม สารสกัดจากยอดอ่อน/ใบของผักปลังขาวในการทดลองครั้งนี้ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 15.5 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีค่าใกล้เคียงกับที่รายงานโดย Maisuthisakul และ คณะ (2007a) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.87 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

ในทางกลับกัน พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของพืชที่ทำการทดลองในครั้งนี้มีค่าต่ำกว่ารายงานอื่นๆ เช่น สารสกัดผักฉืด และ สารสกัดจากมะระขี้นก เป็นต้น โดยสารสกัดผักฉืดสดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 45.91 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) แต่ นันทน์ภัส เดิมวงศ์ (2551) รายงานว่า มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงถึง 177.5 มิลลิโมลาร์ (กรดแกลลิก) หรือคิดเป็น 30.19 กรัมต่อกรัม (น้ำหนักสด) ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากผลการทดลองนี้อย่างมาก อีกทั้งในการทดลองดังกล่าวยังคิดในฐานของพืชสด ส่วนสารสกัดจากมะระขี้นก (ทั้งต้น/ราก) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 6.878 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) แต่ Maisuthisakul และ คณะ (2007a) รายงานว่า ยอดอ่อน/ใบของมะระขี้นกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงถึง 50.9 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทดลองนี้ใช้ทั้งต้นและรากในการศึกษา จึงอาจมีความแตกต่างกันระหว่างส่วนของพืช รวมทั้งการให้ความร้อนในการสกัดอาจส่งผลให้สารสำคัญที่ไวต่อความร้อนสูญเสียไปบางส่วนได้ ส่วนรายงานของ Kubola และ Siriamompun (2008) พบว่า สารสกัดจากใบมะระขี้นกด้วยน้ำ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงถึง 474 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) แสดงว่า น้ำอาจเป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพสูง และเหมาะสมสำหรับสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบมะระขี้นก นอกจากนี้ ยังอาจมีสาเหตุจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่เพาะปลูก อายุการเก็บเกี่ยว อีกด้วย เช่น มะกอกที่เพาะปลูกในสถานที่ที่แตกต่างกัน (Vinha และ คณะ, 2005) และใบและยอดอ่อนของ *Quercus resinosa* (Rocha-Guzmán และ คณะ, 2009) จะมีปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกที่แตกต่างกัน

ส่วนสารสกัดดอกสะเดาศด มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 69.33 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่รายงานโดย Maisuthisakul และ คณะ (2008) เพียงเล็กน้อย คือ 40.3 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) แสดงว่า สะเดาจัดเป็นพืชที่มีปริมาณฟีนอลิกปานกลาง โดยประกอบด้วย กรดแกลลิก คาทชิน เคอวซิดิน รูทีน และ rhynchosin-glucoside (Siddiqui และ คณะ, 1992; Nair และ คณะ, 1997) นอกเหนือจากสารประกอบฟีนอลิกที่พบในส่วนดอกแล้ว ใบสะเดาจากจังหวัดต่างๆของไทยก็มีสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบเช่นกัน (Sithisarn และ คณะ, 2007)

ในพืชอื่นๆ อีกหลายชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้ ก็มีรายงานเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น สารสกัดผักสมุยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 60.34 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่ง Sohrab และ คณะ (2003) รายงานว่า ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะในกลุ่มของฟลาโวนอยด์หลายชนิด ได้แก่ 5,7-dihydroxy-3,4',6,8'-tetramethoxy และอนุพันธ์ของกรดไดไฮโดรซินนามิก (dihydrocinnamic acid) เป็นต้น ส่วนสารสกัดป่านกไส้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 9.824 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดย Chiang และคณะ (2004) รายงานสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิด เช่น quercetin 3-O-rutinoside, 3,4-di-O-caffeoylquinic acid, jacein กรดคลอโรจีนิก รวมทั้ง ฟลาโวนอยด์และฟลาโวนโกลโคไซด์ ในสารสกัดหญ้าข้าวใหม่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 15.11 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มของฟลาโวนอยด์หลายชนิดเป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ รูทีน เคอวซิดิน ลูเทออิน quercetin-3-O-glycosides และ scutellrin เป็นต้น (Chai และ คณะ, 2008)

ในสารสกัดผักแขยงมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด คือ 48.66 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยมีฟลาโวนหลายชนิด และ 8-oxygenated flavonoids เป็นองค์ประกอบสำคัญ (Bui และ คณะ, 2004) ส่วนกะอ่อมมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 8.566 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่ง Suksamrarn และ คณะ (2003) รายงานสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มฟลาโวน 2 ชนิดเป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ nevadensin และ isothymusin

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่างประกอบกัน ทั้งสายพันธุ์ของพืช ชนิดและปริมาณสารพฤกษเคมี วิธีการสกัด และตัวทำละลายที่ใช้ นอกจากนี้วิธีการวิเคราะห์ก็มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น สารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิดจะมีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยาแตกต่างกัน รวมถึง สารที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิกก็อาจสามารถทำปฏิกิริยานี้ได้เช่นกัน (Huang และ คณะ, 2005) และเมื่อพิจารณาจากกลุ่มพืชที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง) จะมีพืชจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ คิ้วเกลี้ยง คิ้วขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระโดน ทะโล้ หมีเหม็น หนามเป่า ส้มสุก เมี่ยงป่า ก่อข้าว และ มันปลา ที่สามารถใช้เป็นแหล่งที่ดีของสารประกอบฟีนอลิกที่พบตามธรรมชาติได้ และผลการทดลองยังสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่แสดงให้เห็นว่า คิ้วขาว คิ้วเกลี้ยง และกระโดนเป็นพืชที่สามารถใช้เป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิกได้ดี

4.1.2 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

การวัดความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH อาศัยการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนร่วมกับการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอมจากสารต้านออกซิเดชันให้แก่อนุมูล DPPH[•] ทำให้สูญเสียสมบัติการเป็นอนุมูลอิสระ การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืชด้วยวิธี DPPH จะแสดงในรูปค่า EC_{50} (effective concentration) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณตัวอย่าง (มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง)) ที่ใช้ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จำนวน 11.7 ไมโครกรัม หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเริ่มต้น ดังนั้น ค่า EC_{50} จึงมีค่าผกผันกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืช ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า สารสกัดพืชสดมีค่า EC_{50} อยู่ระหว่าง 0.0620-13.37 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนสารสกัดพืชแห้งมีค่า EC_{50} อยู่ระหว่าง 0.1311-39.87 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จึงได้แบ่งสารสกัดพืชออกเป็น 4 กลุ่ม (ตารางที่ 4.2) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำ (มีค่า EC_{50} มากกว่า 1.3 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง)) และเป็นกลุ่มที่มีจำนวนสารสกัดพืชมากที่สุด คือ 52 ตัวอย่าง โดยมีสารสกัดพืชสดจำนวน 23 ตัวอย่าง และสารสกัดพืชแห้งจำนวน 29 ตัวอย่าง

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ปานกลาง (มีค่า EC_{50} ในช่วง 0.7-1.3 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง)) โดยมีจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 19 ตัวอย่าง แบ่งเป็น สารสกัดพืชสดจำนวน 9 ตัวอย่าง และสารสกัดพืชแห้งจำนวน 10 ตัวอย่าง

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูง (มีค่า EC_{50} ในช่วง 0.1-0.7 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง)) มีจำนวนทั้งสิ้น 24 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสารสกัดพืชสดจำนวน 14 ตัวอย่าง ได้แก่ ใบกระโดน ใบส้มสุก ลำต้น/ใบหญ้าเอ็นเสื่อ ใบคิ้วขาว ใบเมี่ยงป่า ดอกหรือใบของคิ้วเกลี้ยง ใบหนามเป่า ลำต้น/ใบผักไผ่ ใบหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ ใบหมีเหม็น ใบส้มปี ใบส้มจี และลำต้น/ใบผักแขยง และสารสกัดพืชแห้งอีก 10 ตัวอย่าง ได้แก่ ใบทะโล้ ลำต้น/ใบหญ้าเอ็นเสื่อ ใบก่อกข้าว ใบหนามเป่า ใบหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ ใบเมี่ยงป่า ใบส้มสุก ใบเคื่อหว้า ใบคิ้วขาว และ ลำต้น/ใบผักแขยง

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงมาก (มีค่า EC_{50} น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง)) โดยพบสารสกัดพืชสดเพียง 3 ตัวอย่างเท่านั้น และเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ใบมันปลา ใบก่อกข้าว และใบทะโล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

DPPH	สารสกัดพืช
	สด เสนียด (1.377), ตะไคร้ต้น (1.433), สะเดา (1.706), ขี้เหล็ก (1.748), ดอกบอนจีน (2.047), หนุ่ยข้าวใหม่ (2.167), ลำต้น/ใบบอนจีน (2.293), หมี่บัง (2.727), ผักปราบใบเรียว (3.026), ผักกูดขาว (3.405), ผักฮั่นน้ำ (3.425), ผักลิ้นห่าน (4.130), ผักปลั่งแดง (4.353), ปั่นนกลี (4.562), ผักเหี่ยว (5.043), กะออม (5.148), ผักเผ็ด (6.263), หนุ่ยดอกปลิว (6.323), ย่านาง (8.199), ผักกาดนก (8.339), ผักปลั่งขาว (10.82), มะระขี้นก (12.81), สะระแหน่ (13.37)
>1.3	แห้ง ดอกคิ้วเกลี้ยง (1.419), ส้มกุ่ม (1.441), ราชวดีป่า (1.460), เต็มดอกขาว (1.516), ส้มปี่ (1.573), ใบคิ้วเกลี้ยง (2.129), ผักปราบใบเรียว (2.173), ส้มจี่ (2.240), ขี้เหล็ก (3.231), ปั่นนกลี (3.343), หนุ่ยข้าวใหม่ (3.986), หมี่บัง (4.361), ย่านาง (4.429), ผักกาดนก (4.441), ตะไคร้ต้น (5.254), เกรือคำ (6.318), ผักเผ็ด (8.239), ลำต้น/ใบบอนจีน (9.306), หนุ่ยดอกปลิว (12.18), ผักกูดขาว (12.59), เสนียด (13.29), ผักลิ้นห่าน (14.84), สะเดา (15.67), ดอกบอนจีน (16.79), กะออม (16.83), มะระขี้นก (17.62), ผักปลั่งแดง (23.73), ผักปลั่งขาว (25.33), สะระแหน่ (39.87)
0.7-1.3	สด หนุ่ยแหลมนกลี (0.7457), เต็มหัว (0.7667), ผักจืด (0.7746), ผักสมุย (0.8155), เติ้มดอกขาว (0.8832), ส้มกุ่ม (0.8839), เกรือคำ (0.9157), ราชวดีป่า (1.031), ไคร้หน้า (1.083)
[19]	แห้ง ผักไผ่ (0.7152), ผักจืด (0.7217), หมี่เหม็น (0.7311), ผักฮั่นน้ำ (0.7359), มันปลา (0.7923), ผักเหี่ยว (0.9091), กระจับปี่ (0.9482), หนุ่ยแหลมนกลี (1.068), ไคร้หน้า (1.213), ผักสมุย (1.268)
0.1-0.7	สด กระจับปี่ (0.1218), ส้มสุก (0.1314), หนุ่ยเอ็นเสือ (0.1382), คิ้วขาว (0.1498), เมี่ยงป่า (0.1665), ใบคิ้วเกลี้ยง (0.1737), หนามเป่า (0.2459), ผักไผ่ (0.2762), หมี่เหม็นพันธุ์ใหญ่ (0.2890), หมี่เหม็น (0.3122), ดอกคิ้วเกลี้ยง (0.4771), ส้มปี่ (0.5265), ส้มจี่ (0.6024), ผักแขยง (0.6219)
[24]	แห้ง ทะโล้ (0.1311), หนุ่ยเอ็นเสือ (0.2047), ก่อข้าว (0.2691), หนามเป่า (0.2896), หมี่เหม็นพันธุ์ใหญ่ (0.3429), เมี่ยงป่า (0.4137), ส้มสุก (0.4232), เต็มหัว (0.4933), คิ้วขาว (0.5835), ผักแขยง (0.6807)
<0.1	สด มันปลา (0.0620), ก่อข้าว (0.0749), ทะโล้ (0.0751)
[3]	แห้ง -

หมายเหตุ ตัวเลขใน () แสดงค่า EC₅₀ ในหน่วยมิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง)
ตัวเลขใน [] แสดงจำนวนสารสกัดพืชที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง พบว่า สารสกัดมันปลา (สด) มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH สูงที่สุด แต่มีสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในกลุ่มที่มีปริมาณฟีนอลิกปานกลาง ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรม ไม่พบการศึกษาสารพฤกษเคมีที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในพืชชนิดนี้

ผลของสกุลพืชต่อค่า EC_{50} ให้ผลคล้ายคลึงกับสารประกอบฟีนอลิก เช่นพืชในสกุล *Cratoxylum* ได้แก่ สารสกัดใบต้วเกลี้ยง (*C. cochinchinense* (Lour.) Blume) และใบต้วขาว (*C. formosum* (Jack) Dyer) พบว่า มีค่า EC_{50} ใกล้เคียงกัน คือ 0.1737 และ 0.1498 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) และจัดอยู่ในกลุ่มพืชที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงเหมือนกัน ซึ่งคล้ายคลึงกับพืชในอีกสกุลได้แก่ ผักปลังขาว (*B. alba* L.) และผักปลังแดง (*B. rubra* L.) ที่จัดเป็นพืชที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ต่ำเหมือนกัน อย่างไรก็ตามพบว่า สารสกัดจากพืชในอีก 4 สกุล ได้แก่ สกุล *Bidens* (หญ้าเหลมบนกไส้และป็นนกกไส้) สกุล *Embelia* (ส้มจี๋และส้มกุ่ม) สกุล *Limnophila* (กะอ่อมและผักแขยง) และสกุล *Litsea* (หมีบั้ง ตะไคร้ดิน และหมีเหม็น) มีแนวโน้มในการทำลายอนุมูลอิสระแตกต่างกันไป โดยความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของพืชแต่ละชนิดจัดอยู่คนละกลุ่มกัน แสดงให้เห็นว่า พืชจะมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันออกไปตามสายพันธุ์ แต่ในพืชบางสกุลอาจมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันไปในทิศทางเดียวกันได้ ดังที่พบในพืชสกุล *Cratoxylum* และ สกุล *Basella*

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดต้วขาว พบว่า มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.1498 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่รายงานโดย Maisuthisakul และ คณะ (2007b) คือ มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.23 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) และในรายงานนี้ยังระบุสารต้านออกซิเดชันสำคัญที่พบในต้วขาว คือ กรดคลอโรจีนิก กรดไดคาเฟอิลลิกวินิก และอนุพันธ์ของกรดเฟอร์ูลิกอีก 2 ชนิดด้วย ผลการทดลองนี้จึงยืนยันให้เห็นว่า ต้วขาวเป็นพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่ดี

ค่า EC_{50} ของสารสกัดกระโดนที่วิเคราะห์ได้ คือ 0.1218 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.43 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ที่รายงานไว้ โดย Maisuthisakul และ คณะ (2007a) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ความแตกต่างของวิธีสกัดและตัวทำละลายที่ใช้ ที่ส่งผลต่อความสามารถของสารสกัดพืชในการทำลายอนุมูลอิสระ ซึ่งคล้ายคลึงกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยการใช้สารละลายเอทานอลทำให้สกัดสารพฤกษเคมีในพืช ได้ครอบคลุมทั้งกลุ่มที่มีขี้ผึ้งและไม่มีขี้ผึ้ง (Pietta และ คณะ, 1998) ส่วนการให้ความร้อนจะเพิ่มอัตราการแพร่และความสามารถในการละลายของสารพฤกษเคมีและช่วยเพิ่มอัตราเร็วในการสกัดอีกด้วย (Cacace และ Mazza, 2002) ดังนั้น วิธีสกัดและตัวทำละลายที่ใช้ จึงอาจส่งผลให้สกัดสารพฤกษเคมีได้มากขึ้น ทำให้ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น หรือมีค่า EC_{50} น้อย นอกจากนี้ ยังอาจเป็นผลจากความเข้มข้นของอนุมูล DPPH ที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างกัน ซึ่งถ้าปริมาณอนุมูลอิสระแตกต่างกัน ค่าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณได้จะแตกต่างกันด้วยเช่นกัน โดยการทดลองนี้คำนวณค่า EC_{50} จากปริมาณพืชที่ใช้ในการทำลายอนุมูล DPPH จำนวน 11.7 ไมโครกรัม

ในทางตรงกันข้าม ค่า EC_{50} ของสารสกัดพืชบางชนิดที่นำมาศึกษามีค่าสูงกว่าค่าที่รายงานไว้ เช่น สารสกัดยอดอ่อน/ใบผักปลังขาวมีค่า EC_{50} เท่ากับ 10.82 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) แต่ Maisuthisakul และ คณะ (2007a) รายงานค่า EC_{50} ไว้เท่ากับ 1.48 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในการทดลองนี้มาก ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพแวดล้อม การเพาะปลูก และอายุการเก็บเกี่ยว (Witzell และ คณะ, 2003) และการให้ความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัด ยังอาจทำลายสารต้านออกซิเดชันที่ไวต่อความร้อนด้วยเช่นกัน (บดินทร์ เศรษฐรัตน์ ไกร และ คณะ, 2550)

ส่วนค่า EC_{50} ของสารสกัดมะระขี้นก (ทั้งต้น/ราก) มีค่าเท่ากับ 12.81 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ Maisuthisakul และ คณะ (2007a) รายงานว่า ยอดอ่อน/ใบของมะระขี้นกมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.59 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) และ นวลศรี รักจริยะธรรม และ อัญชญา เจนวิถีสุข (2546) รายงานเช่นกันว่า ยอดอ่อนมะระขี้นก มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าส่วนผล ซึ่งให้เห็นว่า นอกเหนือจากปัจจัยด้านวิธีการสกัด และการเพาะปลูกดังที่กล่าวมาแล้วนั้น การใช้ส่วนของพืชที่ใช้ทดสอบแตกต่างกัน อาจส่งผลต่อความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระด้วยเช่นกัน ดังที่พบว่า ใบอ่อนของ *Q. resinosa* มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าส่วนอื่นๆ (Rocha-Guzmán และ คณะ, 2009) อย่างไรก็ตาม ทุกส่วนของมะระขี้นกทั้งใบ ลำต้น และผลล้วนมีความสามารถในการทำลายอนุมูล DPPH ทั้งสิ้น (Kubola และ Siriamompun, 2008)

ในพืชอื่นๆอีกหลายชนิด ก็พบรายงานความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH แต่ค่าที่ใช้รายงานมีความแตกต่างกันจึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้อย่างชัดเจน เนื่องจากคำนวณในหน่วยที่แตกต่างกัน และความเข้มข้นของอนุมูล DPPH ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยังสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนเกี่ยวกับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของพืชต่างๆ เช่น สารสกัดหมีเหม็น จัดอยู่ในกลุ่มในที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูง มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.3122 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ Hwang และ คณะ (2005) รายงานว่าความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ถึง 90.57 เปอร์เซ็นต์ ในสารสกัดจากเปลือกหมีเหม็น นอกจากนี้ยังพบรายงานของสารสกัดพืชที่ใช้ในการทดลองนี้ ในรูปของความเข้มข้นของการทำลายอนุมูล DPPH ลง 50 เปอร์เซ็นต์ (inhibitory concentration, IC_{50}) อีกด้วย เช่น สารสกัดส้มจี จัดอยู่ในกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูง มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.6024 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยพบว่า สาร embelin เป็นองค์ประกอบสำคัญของส้มจี และมีรายงานค่า IC_{50} เท่ากับ 25.5 ไมโครโมลาร์ต่อมิลลิลิตร (Joshi และ คณะ, 2007) ส่วนสารสกัดผักแขยงที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับสารสกัดจากส้มจี มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.6219 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) และพบรายงานค่า IC_{50} เท่ากับ 133 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Sribusarakum และ คณะ, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำ เช่น สารสกัดปืนนกไส้ มีค่า EC_{50} เท่ากับ 4.562 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่ง Deba และ คณะ (2007) ได้รายงานไว้ว่า สารสกัดน้ำจากใบปืนนกไส้มีค่า IC_{50} เท่ากับ 61 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารสกัดกะอ่อมมีค่า EC_{50} เท่ากับ 5.148 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) แต่สาร isothymusin ที่แยกได้จากกะอ่อม มีค่า IC_{50} 7.7 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Suksamram และ คณะ, 2003) ซึ่งการรายงานในรูปแบบของความเข้มข้นของการทำลายอนุมูล DPPH ทำให้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองนี้ อีกทั้งยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างอีก ไม่ว่าจะเป็นวิธีการสกัด และ รายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์ เป็นต้น

ดังนั้น จากผลการทดลองพบว่า ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่างประกอบกัน ทั้งสายพันธุ์ของพืช ชนิดและปริมาณสารพฤกษเคมี วิธีการสกัด และ ตัวทำลายที่ใช้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อจำกัด คือ อนุมูล DPPH เป็นอนุมูลที่สังเคราะห์ขึ้น จึงไม่สามารถบอกถึงความไวของสารต้านออกซิเดชันที่มีต่ออนุมูลที่พบในเซลล์ หรือ ร่างกายได้ รวมทั้งสารต้านออกซิเดชันที่ทำลายอนุมูลเปอร์ออกซิลได้ดี จะทำปฏิกิริยาได้ช้ากว่าที่ควรจะเป็น และสารประกอบหลายชนิดสามารถดูดกลืนแสงช่วงเดียวกับที่ทำการทดสอบ เช่น แคโรทีนอยด์ (Prior และ คณะ, 2005) และเมื่อพิจารณาพืชที่มีค่า EC_{50} น้อยกว่า 0.7 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) มีสารสกัดพืชจำนวน 17 ชนิด ประกอบด้วย มันปลา ก่อข้าว ทะโล้ กระโดน ส้มสุก หนุ่ยเอ็นเสื่อ ดี้วขาว เมียงป่า ดี้วเกลี้ยง หนามเป่า ผักไผ่ หมี่เหม็นพันธุ์ใหญ่ หมี่เหม็น ส้มปี ส้มจี ผักแขยง และ เตื่อหัว ที่สามารถใช้เป็นแหล่งสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติได้ และผลการทดลองยังมีความสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่แสดงให้เห็นว่า สารสกัดดี้วขาว และกระโดน เป็นพืชที่สามารถใช้เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันที่ดีจากธรรมชาติได้

4.1.3 Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) โดยวัดความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ $ABTS^{+}$

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TEAC เป็นการวัดความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับคามนิยมอย่างแพร่หลายเช่นเดียวกับวิธี DPPH แต่วิธีนี้ใช้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจากสารต้านออกซิเดชันเพื่อรีดิวซ์อนุมูล $ABTS^{+}$ แทนที่จะเป็นการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอม ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า สารสกัดพืชสดมีค่า TEAC อยู่ระหว่าง 2.390-742.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนสารสกัดพืชแห้งมีค่า TEAC อยู่ระหว่าง 1.220-499.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จึงได้แบ่งสารสกัดพืชออกเป็น 4 กลุ่ม (ตารางที่ 4.3) ดังนี้

ตารางที่ 4.3 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามความสามารถในการทำลาซออนุมูลอิสระ ABTS⁺⁺

TEAC	สารสกัดพืช
สด	ย่านาง (2.390), ผักกาดนก (2.450), ผักเผ็ด (2.840), สะระแหนง (3.760) กะออม
[31]	(3.940), ผักปลังขาว (4.320), มะระขี้นก (5.090), ผักเหี่ยว (5.690), ผักปลังแดง (6.190), ผักลิ้นห่าน (7.440), ลำต้น/ใบบอนจีน (11.18), เสี้ยวดอกขาว (11.53), ปั่นนงไต้ (14.77), ผักกูดขาว (14.97), ดอกบอนจีน (16.38), หนุ่ยข้าวใหม่ (17.47), เกรือคำ (17.95) หมี่บั้ง (18.31), ผักฮั่นน้ำ (18.41), หนุ่ยดอกปลิว (19.09), ผักแขยง (22.49), หนุ่ยแหลมกไต้ (22.60), ตะไคร้ต้น (24.05), ผักปราบใบเรียว (27.08), เตื่อหว่า (27.79), ขี้เหล็ก (27.84), เสนียด (28.71), สะเดา (37.45), ผักไผ่ (39.54), ผักสมุย (40.30), ดอกตัวเกลี้ยง (47.84)
<50	
[70]	แห้ง
[39]	ย่านาง (1.220), ผักปลังขาว (1.380), ผักกูดขาว (1.550), มะระขี้นก (1.670), กะออม (2.650), ดอกบอนจีน (2.660), ผักปลังแดง (2.960), ลำต้น/ใบบอนจีน (3.480), สะเดา (3.500), เสนียด (6.150), สะระแหนง (6.230), ขี้เหล็ก (6.470), ผักเผ็ด (7.660), ผักลิ้นห่าน (7.800), เสี้ยวดอกขาว (7.860), เกรือคำ (9.230), หนุ่ยข้าวใหม่ (11.00), หมี่บั้ง (11.16), ผักกาดนก (11.58), ปั่นนงไต้ (16.29), ผักไผ่ (17.46), ใบตัวเกลี้ยง (18.58), ผักฉืด (21.70), ตะไคร้ต้น (21.98), ด้วขาว (23.64), ราชาวดีป่า (26.77), หนุ่ยเอ็นเสือ (26.95), ส้มสุก (30.51), หนุ่ยดอกปลิว (30.54), ส้มจี (35.44), ผักแขยง (36.22), ผักปราบใบเรียว (36.35), หนุ่ยแหลมกไต้ (39.01), ส้มปี (40.64), ผักสมุย (41.12), ผักฮั่นน้ำ (44.97), หนามเป่า (45.91), หมี่หมื่นพันธุ์ใหญ่ (47.99), เมี่ยงป่า (49.31)
50-100	สด
[8]	ไคร้หน้า (55.02), หมี่หมื่นพันธุ์ใหญ่ (61.30), ส้มกุ่ม (64.18), ราชาวดีป่า (71.00), ส้มสุก (78.63), เมี่ยงป่า (85.73), ผักฉืด (89.19), ด้วขาว (98.22)
[15]	แห้ง
[7]	ส้มกุ่ม (50.34), ไคร้หน้า (51.04), เตื่อหว่า (68.93), ดอกตัวเกลี้ยง (70.03), กระโดน (79.37), หมี่หมื่น (80.91), ผักเหี่ยว (87.07)
100-300	สด
[5]	ส้มปี (113.3), ส้มจี (118.8), หนามเป่า (131.2), ใบตัวเกลี้ยง (232.8), หมี่หมื่น (249.7)
[6]	แห้ง
[1]	ก้อข้าว (161.7)
>300	สด
[5]	กระโดน (311.9), หนุ่ยเอ็นเสือ (376.7), ก้อข้าว (473.0), ทะโล้ (525.6), มันปลา (742.4)
[7]	แห้ง
[2]	ทะโล้ (306.3), มันปลา (499.4)

หมายเหตุ ตัวเลขใน () แสดงค่า TEAC ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

ตัวเลขใน [] แสดงจำนวนสารสกัดพืชที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ ABTS⁺ ต่ำ (มีค่า TEAC น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) โดยเป็นกลุ่มที่จำนวนสารสกัดพืชมากที่สุด คือ 70 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสารสกัดพืชสดจำนวน 31 ตัวอย่าง และสารสกัดพืชแห้งจำนวน 39 ตัวอย่าง

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ ABTS⁺ ปานกลาง (มีค่า TEAC ในช่วง 50-100 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) มีจำนวนทั้งสิ้น 15 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสารสกัดพืชสดจำนวน 8 ตัวอย่าง และสารสกัดพืชแห้งจำนวน 7 ตัวอย่าง

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ ABTS⁺ สูง (มีค่า TEAC ในช่วง 100-300 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสารสกัดพืชสดจำนวน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ ใบส้มป่อย ใบส้มจี๊ ใบหนามเป่า ใบตัวเกลี้ยง และใบหมีเหม็น และพบสารสกัดพืชแห้งเพียงชนิดเดียว คือ ใบก้อข้าว

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ ABTS⁺ สูงมาก (มีค่า TEAC มากกว่า 300 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) โดยพบตัวอย่างทั้งสิ้น 7 ตัวอย่าง ได้แก่ สารสกัดพืชสดจำนวน 5 ตัวอย่าง เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ใบมันปลา ใบทะเลใต้ ใบก้อข้าว ลำต้น/ใบหญ้าเอ็นเสื่อ และใบกระโดน ตามลำดับ ส่วนสารสกัดพืชแห้งพบจำนวน 2 ตัวอย่าง คือ ใบมันปลาและใบทะเลใต้

ผลการวิเคราะห์ค่า TEAC ของสารสกัดพืชทั้งหมด พบว่า สารสกัดมันปลามีค่า TEAC สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มสารสกัดพืชสด (ตารางที่ 4.3) และให้ผลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ทั้งนี้เนื่องจาก วิเคราะห์ทั้งสองวิธี เป็นวิธีที่ทำลายอนุมูลอิสระเช่นเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การใช้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน หรือ ไฮโดรเจนอะตอมของสารต้านออกซิเดชัน ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า สารต้านออกซิเดชันที่พบในพืชชนิดนี้มีแนวโน้มการทำลายอนุมูลอิสระได้ดี

พืชในสกุลเดียวกันอาจมีค่า TEAC ที่ใกล้เคียงกัน หรือ แตกต่างกันได้ โดยพืชในสกุล Basella (ผักปลังขาวและผักปลังแดง) สกุล Bidens (หญ้าแหลมอกไล่และป็นอกไล่) และสกุล Limnophila (กะออมและผักแขยง) มีค่า TEAC อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ในขณะที่พืชในสกุล Cratoxylum (ใบตัวเกลี้ยง และใบตัวขาว) และสกุล Embelia (ส้มจี๊และส้มกุ่ม) มีค่า TEAC อยู่ในกลุ่มที่แตกต่างกัน แต่พืชในสกุล Litsea (หมีบัง ตะไคร้ดิน และหมีเหม็น) มีค่า TEAC อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ยกเว้นหมีเหม็น ดังนั้น การใช้สายพันธุ์ของพืช ในการบ่งบอกความสามารถในการต้านออกซิเดชันนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช

สารสกัดจากใบตัวขาวมีค่า TEAC เท่ากับ 98.22 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วน Maisuthisakul และ คณะ (2007b) รายงานไว้เท่ากับ 668.3 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในใบ/ช่อดออ่อน ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของวิธีการสกัด ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดในการทดลองนี้อาจทำลายสารต้านออกซิเดชันที่ไวต่อความร้อนได้ รวมถึงความแตกต่างของความแก่อ่อนในพืช ก็อาจมีผลต่อปริมาณและชนิดของสารพฤกษเคมีที่พบได้เช่นกัน (Rocha-Guzmán และ คณะ, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสารต้านออกซิเดชันสำคัญของตัวขาว คือ กรดคลอโรจีนิก กรดโคคาเฟอิลลิกวินิก และอนุพันธ์ของกรดเฟอรูลิกอีก 2 ชนิด (Maisuthisakul และ คณะ, 2007b) จากผลการทดลองแสดงว่าตัวขาวเป็นพืชที่สามารถต้านออกซิเดชันได้ดี

ในสารสกัดหักฉีกมีค่า TEAC เท่ากับ 89.19 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่นันทน์ภัส เดิมวงศ์ (2551) รายงานไว้สูงถึง 95.4 มิลลิโมลาร์ (Trolox) หรือ คิดเป็น 23.87 กรัมต่อกรัม (น้ำหนักสด) ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่วิเคราะห์ในการทดลองนี้อย่างมาก อีกทั้งในการทดลองดังกล่าวยังคิดในฐานของพืชสด ดังนั้น ความแตกต่างนี้อาจขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ เช่น วิธีการสกัด ความแก่/อ่อนของพืช รวมถึงปัจจัยด้านภูมิศาสตร์ และวิธีการเพาะปลูกดังที่ได้อภิปรายไว้ข้างต้นแล้ว อย่างไรก็ตามข้อมูลนี้ก็นับสนับสนุนความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TEAC ของสารสกัดหักฉีก

อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} จะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญหลายๆ ปัจจัยประกอบกัน ทั้งสายพันธุ์ของพืช ชนิดและปริมาณสารพฤกษเคมี วิธีการสกัด และตัวทำละลายที่ใช้ นอกจากนี้ วิธีนี้ยังมีข้อจำกัด คือ อนุมูล ABTS^{•+} เป็นอนุมูลสังเคราะห์เช่นเดียวกับอนุมูล DPPH[•] จึงอาจไม่สามารถใช้ออกถึงความไวของสารต้านออกซิเดชันที่มีต่ออนุมูลที่พบในเซลล์หรือร่างกายได้ และสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดจะเข้าทำปฏิกิริยาได้ช้า ค่าที่วิเคราะห์ได้จึงต่ำกว่าความเป็นจริง อีกทั้งสารอื่นๆ ที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำกว่า 0.68 โวลต์ สามารถรีดิวซ์อนุมูล ABTS^{•+} ได้เช่นกัน (Prior และ คณะ, 2005) และเมื่อพิจารณาพืชที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} สูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) พบพืชจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ มันปลา ก่อข้าว ทะโล้ หลู่เอนเสื่อ กระจับปี่ ส้มปี่ ส้มจี๊ หนามเป่า ใบดิวเกลี้ยง และหมีเหม็นที่สามารถใช้เป็นแหล่งสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติได้

4.1.4 ความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมด

การวัดความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP เป็นการแสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์โลหะ โดยใช้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจากสารต้านออกซิเดชันเพื่อรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนของ Fe³⁺-TPTZ จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดพืชหักฉีกมีค่า FRAP อยู่ระหว่าง 4.570-352.0 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่สารสกัดพืชแห้งมีค่า FRAP อยู่ระหว่าง 2.400-252.9 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จึงได้แบ่งสารสกัดพืชออกเป็น 4 กลุ่ม (ตารางที่ 4.4) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดต่ำ (มีค่า FRAP น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) และเป็นกลุ่มที่มีจำนวนสารสกัดพืชมากที่สุด คือ 68 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสารสกัดพืชสดจำนวน 31 ตัวอย่าง และสารสกัดพืชแห้งจำนวน 37 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมด

FRAP	สารสกัดพืช
	สด มะระขี้นก (4.570), กะออม (5.160), ผักปลังขาว (5.660), หนุ่ยดอกปลิว (5.800), [31] ข่านาง (6.960), ผักกูดขาว (7.270), ผักปลังแดง (8.260), สะระียมดง (8.670), ผักเผ็ด (8.920), ผักกาดนก (8.960), ผักลิ้นห่าน (10.01), ดอกบอนจีน (11.06), ลำต้น/ใบ บอนจีน (11.20), ปั่นนงไต้ (13.22), ผักฮั่นน้ำ (13.53), ผักปราบใบเรียว (14.94), ผักเห็บ (15.85), หนุ่ยข้าวใหม่ (16.38), เสนียด (21.32), เสี้ยวดอกขาว (22.02), หมี่บั้ง (23.90), ตะไคร้ต้น (24.86), หนุ่ยแหลมนกไต้ (26.11), สะเดา (27.20), ขี้เหล็ก (28.58), ผักสมุย (32.51), ไคร้หน้า (35.11), ส้มกุ่ม (35.88), เครือคำ (37.63), ผักฉืด (42.87), เตื่อหัว (45.51)
<50	
[68]	แห้ง กะออม (2.400), สะเดา (2.640), ผักกูดขาว (2.760), ข่านาง (2.980), มะระขี้นก (3.380), ดอกบอนจีน (3.820), ผักปลังขาว (3.850), สะระียมดง (4.100), ลำต้น/ใบ บอนจีน (4.230), เสนียด (5.340), ผักปลังแดง (5.390), เครือคำ (6.980), ผักลิ้นห่าน (10.18), หมี่บั้ง (10.22), หนุ่ยข้าวใหม่ (10.60), เสี้ยวดอกขาว (13.69), ส้มจี้ (13.81), ตะไคร้ต้น (14.78), ปั่นนงไต้ (15.19), ขี้เหล็ก (15.27), ผักปราบใบเรียว (18.45), ผักเผ็ด (21.59), ส้มกุ่ม (22.97), ผักฉืด (28.81), ส้มปี (29.64), หมี่เหม็น (31.83), ราชวดีป่า (32.05), ไคร้หน้า (32.89), หนามเป่า (33.53), ผักสมุย (34.01), หนุ่ยแหลมนกไต้ (34.63), ผักกาดนก (37.04), ผักไผ่ (38.49), กระจับโคน (42.23), เตื่อหัว (43.35), ใบตัวเกลี้ยง (45.45), ผักฮั่นน้ำ (46.05)
50-120	
[19]	สด ผักแขยง (54.39), ราชวดีป่า (60.42), ส้มจี้ (62.84), ผักไผ่ (83.91), ส้มปี (85.98), หนามเป่า (96.17), หมี่เหม็นพันธุ์ใหญ่ (100.4), หมี่เหม็น (104.5), ดอกตัวเกลี้ยง (116.7)
[19]	แห้ง ตั้วขาว (52.55), ดอกตัวเกลี้ยง (54.67), ผักแขยง (55.24), ส้มสุก (56.21), หมี่เหม็นพันธุ์ใหญ่ (66.05), หนุ่ยดอกปลิว (76.77), ผักเห็บ (84.12), เมี่ยงป่า (101.0), ก่อข้าว (101.1), หนุ่ยเอ็นเสือ (101.8)
120-250	
[3]	สด ส้มสุก (147.9), เมี่ยงป่า (176.7), กระจับโคน (211.5)
[4]	แห้ง ทะโล้ (222.2)
	[1]
>250	
[6]	สด ใบตัวเกลี้ยง (253.6), ตั้วขาว (261.8), ทะโล้ (275.5), ก่อข้าว (277.5), หนุ่ยเอ็นเสือ (293.0), มันปลา (352.0)
[7]	แห้ง มันปลา (252.9)
	[1]

หมายเหตุ ตัวเลขใน () แสดงค่า FRAP ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

ตัวเลขใน [] แสดงจำนวนสารสกัดพืชที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดปานกลาง (มีค่า FRAP ในช่วง 50-120 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 19 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสารสกัดพืชสดจำนวน 9 ตัวอย่าง และสารสกัดพืชแห้งจำนวน 10 ตัวอย่าง

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดสูง (มีค่า FRAP ในช่วง 120-250 มิลลิกรัม ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) พบตัวอย่างสารสกัดพืชเพียง 4 ตัวอย่าง ได้แก่ สารสกัดพืชสดจำนวน 3 ตัวอย่าง คือ ใบส้มสุก ใบเมี่ยงป่า และใบกระโดน แต่พบสารสกัดพืชแห้งเพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้น คือ ใบทะเล

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดสูงมาก (มีค่า FRAP มากกว่า 250 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) พบตัวอย่างพืชทั้งสิ้น 7 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสารสกัดพืชสดจำนวน 6 ตัวอย่าง เรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ใบมันปลา ลำต้น/ใบหญ้าเอ็นเสือ ใบก้อข้าว ใบทะเล ใบข้าว และใบต้วเกลี้ยง ตามลำดับ ใบสารสกัดพืชแห้งพบ 1 ตัวอย่าง คือ ใบมันปลา

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดด้วยวิธี FRAP พบว่า สารสกัดจากมันปลาสดมีค่า FRAP สูงที่สุด (352.0 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) และมีค่าสูงสุดเช่นเดียวกับวิธี DPPH และ TEAC ที่เป็นการวิเคราะห์ความสามารถทำลายอนุมูลอิสระ จึงแสดงให้เห็นว่า สารต้านออกซิเดชันในมันปลาไม่เพียงแต่มีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระได้ดี แต่ยังสามารถในการรีดิวซ์ที่อีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า ภายหลังจากการทำแห้ง สารสกัดจากใบมันปลาแห้งยังคงมีค่า FRAP และ TEAC สูงที่สุดในกลุ่มสารสกัดพืชแห้ง แต่วิธี DPPH จะลดลงอย่างมาก แสดงว่า สารที่แสดงสมบัติในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน ยังคงมีกิจกรรมที่ดีภายหลังจากการทำแห้ง ส่วนสมบัติในการให้ไฮโดรเจนอะตอมจะสูญเสียไปในระหว่างการทำแห้ง ซึ่งจะได้อภิปรายรายละเอียดในข้อ 4.2 ต่อไป

เมื่อพิจารณาพืชในสกุลเดียวกันทั้ง 6 สกุลที่ทดสอบ พบว่า อาจมีค่า FRAP ในกลุ่มเดียวกันหรือต่างกันก็ได้ (ตารางที่ 4.4) เช่น กลุ่มที่มีค่า FRAP อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ได้แก่ สกุล Basella (ผักปลังขาว และผักปลังแดง) สกุล Bidens (หญ้าแหลมบก ไล่และป็นนกก ไล่) และสกุล Cratoxylum (ใบต้วเกลี้ยงและใบข้าว) ส่วนกลุ่มที่มีค่า FRAP แตกต่างกันได้แก่ พืชสกุล Litsea (หมีบัง ตะไคร้ดิน และหมีเหม็น) สกุล Embelia (ส้มจี๋และส้มกุ่ม) และสกุล Limnophila (กะออมและผักแขยง) ดังนั้น ชนิดและส่วนของพืช จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยการรีดิวซ์โลหะ ให้มีความเหมือนหรือต่างกันออกไป

ผลการวิเคราะห์สามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดของสารสกัดพืชที่ทำกรทดลองครั้งนี้ พบรายงานในรูปแบบอื่นๆ เช่น จำนวนในรูปของสมมูลย์เฟอร์รัส (ferrous) หรือน้ำหนักพืชสด เป็นต้น จากผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า สารสกัดมะระขี้นก มีค่า FRAP เท่ากับ 4.570 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วน Kubola และ Siriamornpun (2008) รายงานไว้ 433 มิลลิโมลาร์ (เฟอร์รัส) ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในใบมะระขี้นก ในขณะที่สารสกัดผักฉืดมีค่า FRAP ที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42.87 มิลลิกรัม ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีรายงาน 100 มิลลิโมลาร์ (เฟอรัรัส) ต่อกรัม (น้ำหนักสด) (นันทน์ภัส เดิมวงศ์, 2551) ซึ่งผลการทดลองนี้ ไม่สามารถเปรียบเทียบค่าที่วิเคราะห์กันได้นี้ เนื่องจาก การใช้สารมาตรฐานคนละชนิดกัน และการแสดงผลในหน่วยที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะ น้ำหนักสดและแห้ง ส่วนส่งผลต่อค่าที่วิเคราะห์ได้

ความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่างประกอบกัน ทั้งสายพันธุ์ของพืช ปริมาณสารพฤกษเคมี วิธีการสกัด และตัวทำละลายที่ใช้ อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ กลไกการทดสอบอาจไม่สัมพันธ์กับกลไกที่พบในร่างกาย และไม่สามารถใช้วิเคราะห์สารต้านออกซิเดชันที่อาศัยการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอมได้ เช่น กลูตาไทโอน (glutathione) เป็นต้น อีกทั้งสารที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำกว่า 0.77 โวลต์ สามารถรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อน Fe^{3+} -TPTZ ได้เช่นกัน อีกทั้ง สารประกอบฟีนอลิกหลายชนิด จะเข้าทำปฏิกิริยาได้ช้า ค่าที่วิเคราะห์ได้จึงต่ำกว่าความเป็นจริง (Prior และ คณะ, 2005) และเมื่อพิจารณาพืชที่มีความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดสูงกว่า 120 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) พบพืชจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ มันปลา หลู่เอ็นเสื่อ ก่อข้าว ทะโล้ ติวขาว ติวเกลี้ยง กระโดน เมียงป่า และส้มสุก ที่สามารถใช้เป็นแหล่งสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติได้

4.1.5 ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS เป็นการใช้อย่างหลายกลไก เช่น การเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอม จากสารต้านออกซิเดชันไปยังอนุมูลเปอร์ออกซิดหรือ อัลคอกซิด เป็นต้น เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมัน จากนั้นวัดปริมาณสารประกอบมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ด้วยการทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิวริก (Thiobarbutyric acid, TBA) ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพู-แดงของ Thiobarbutyric acid reactive substances (TBARS) โดยความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันนี้ แสดงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (Antioxidant activity, AOA) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดพืชสด และพืชแห้งมีค่า TBARS อยู่ระหว่าง 0.7530-72.95 และ 0.4134-46.52 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จึงได้แบ่งสารสกัดพืชออกเป็น 4 กลุ่ม (ตารางที่ 4.5) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ต้านออกซิเดชันของไขมันต่ำ (มีค่า TBARS น้อยกว่า 5 มิลลิกรัม ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) และเป็นกลุ่มที่จำนวนสารสกัดพืชมากที่สุด คือ 47 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสารสกัดพืชสดจำนวน 16 ตัวอย่าง และสารสกัดพืชแห้งจำนวน 31 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.5 การแบ่งกลุ่มสารสกัดพืชตามความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน

TBARS	สารสกัดพืช
สด	ขี้เหล็ก (0.7530), ส้มปี้ (1.323), มะระขี้นก (2.406), เตื่อหว่า (2.440), กะออม (2.561),
[16]	ผักไผ่ (2.723), สะเรียมคง (2.858), หนุ้าข้าวใหม่ (3.066), ผักกูดขาว (3.151), ย่านาง (3.255), หนามเป่า (3.276), ส้มจี้ (3.307), กระจโคน (3.414), ติ้วขาว (3.717), เตี้ยวดอกขาว(4.067), มันปลา (4.212)
แห้ง	ส้มปี้ (0.4134), ลำคั้น/ใบบอนจีน (0.5290), ดอกบอนจีน (0.6519), ติ้วขาว (0.7795),
<5	[31] เครือค้ำ (0.8428), หนามเป่า (1.129), ดอกติ้วเกลี้ยง (1.434), กะออม (1.528),
[47]	สะเดา (1.605), ขี้เหล็ก (1.632), ส้มสุก (1.781), ผักปลั่งแดง (1.871), เมี่ยงป่า (2.030), ผักปลั่งขาว (2.228), เตื่อหว่า (2.487), ก่อข้าว (2.963), เสนียด (3.087), ผักเผ็ด (3.507), มะระขี้นก (3.597), หนิเหม็น (3.625), ไคร้หน้า (3.927), ส้มจี้ (3.975), สะเรียมคง (3.986), ผักปราบใบเรียว (4.117), ปั้นนงไส้ (4.200), กระจโคน (4.238), มันปลา (4.253), หนุ้าข้าวใหม่(4.378), ผักแขยง (4.440), ผักกูดขาว (4.519), ใบติ้วเกลี้ยง (4.606)
สด	ดอกติ้วเกลี้ยง (5.675), เมี่ยงป่า (5.723), ไคร้หน้า (5.773), ผักปราบใบเรียว (5.898),
[23]	หนิเหม็น (6.137), ผักเผ็ด (6.410), ผักเหี้ย (6.567), ผักปลั่งขาว (6.579), หนิเหม็นพันธุ์ใหญ่ (6.803), ผักกาดนค (7.476), เสนียด (7.516), ดอกบอนจีน (7.542), ผักปลั่งแดง (7.559), ผักฉืด (7.575), ผักลิ้นห่าน (8.667), ส้มสุก (9.457), สะเดา (10.54), ส้มก้วย (10.84), ผักแขยง (10.97), ลำคั้น/ใบบอนจีน(11.31), ปั้นนงไส้ (11.37), ผักฮ้านน้ำ (12.01), หนุ้าดอกปลิว (14.09)
5-15	[33]
แห้ง	ผักฉืด (5.453), ผักลิ้นห่าน (6.467), ผักไผ่ (7.225), ผักกาดนค (7.290), หนิบัง (7.579),
[11]	เตี้ยวดอกขาว (7.959), ราชวดีป่า (8.133), หนิเหม็นพันธุ์ใหญ่ (9.263), ย่านาง (9.542), ตะไคร้ดิน (11.88), ส้มก้วย (12.74)
สด	ตะไคร้ดิน (16.69), ทะโล้ (18.81), ใบติ้วเกลี้ยง (19.19), หนุ้าเอ็นเตื่อ (19.88), เครือค้ำ (20.08), หนิบัง (25.18), ก่อข้าว (29.12)
15-40	[7]
[13]	แห้ง หนุ้าเอ็นเตื่อ (15.29), หนุ้าแหลมนกไส้ (16.33), หนุ้าดอกปลิว (16.40), ทะโล้ (17.69), ผักเหี้ย (20.41), ผักฮ้านน้ำ (33.19)
[6]	
สด	หนุ้าแหลมนกไส้ (40.25), ราชวดีป่า (40.49), ผักสมุย (72.95)
>40	[3]
[4]	แห้ง ผักสมุย (46.52)
[1]	

หมายเหตุ ตัวเลขใน () แสดงค่า TBARS ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

ตัวเลขใน [] แสดงจำนวนสารสกัดพืชที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ด้านออกซิเดชันของไขมันปานกลาง (มีค่า TBARS ในช่วง 5-15 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) มีจำนวนทั้งสิ้น 33 ตัวอย่าง ได้แก่ สารสกัดพืชสดจำนวน 23 ตัวอย่าง และสารสกัดพืชแห้งจำนวน 11 ตัวอย่าง

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ด้านออกซิเดชันของไขมันสูง (มีค่า TBARS ในช่วง 15-40 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) มีจำนวนทั้งสิ้น 13 ตัวอย่าง โดยมีสารสกัดพืชสดจำนวน 7 ตัวอย่าง ได้แก่ ใบก๋อข้าว ใบหมีขี้ง ลำต้น/ใบเครือคำ ลำต้น/ใบหญ้าเอ็นเสื่อ ใบตัวเกลี้ยง ใบทะเล่ และ ใบตะไคร้ดิน ส่วนสารสกัดพืชแห้งมีจำนวน 6 ตัวอย่าง ได้แก่ ลำต้น/ใบผักฮ้าน้ำ ลำต้น/ใบผักเหี้ย ใบทะเล่ ลำต้น/ใบหญ้าดอกปลิว ลำต้น/ใบหญ้าแหลมนกไล่ และ ลำต้น/ใบหญ้าเอ็นเสื่อ

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มที่การด้านออกซิเดชันของไขมันสูงมาก (มีค่า TBARS มากกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) โคพบตัวอย่างพืชทั้งสิ้น 4 ตัวอย่าง ได้แก่ สารสกัดพืชสดจำนวน 3 ตัวอย่าง เรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ใบผักสมุย ใบราชาวดีป่า และ ลำต้น/ใบหญ้าแหลมนกไล่ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดพืชแห้งพบเพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้น คือ ใบผักสมุย

เมื่อเปรียบเทียบพืชสกุลต่างๆ พบว่า พืชในสกุล *Basella* (ผักปลังขาวและผักปลังแดง) มีค่า TBARS ใกล้เคียงกัน คือ 6.579 และ 7.559 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ซึ่งคล้ายคลึงกับผลการทดลองที่พบในพืชสกุล *Litsea* คือ หมีขี้งและตะไคร้ดิน โดยตัวอย่างพืชในสองสกุลนี้ มีความสามารถในการด้านออกซิเดชันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน อย่างไรก็ตามพบว่า พืชในสกุลอื่นๆ ได้แก่ พืชสกุล *Bidens* (หญ้าแหลมนกไล่และปืนนกไล่) พืชสกุล *Cratogeomys* (ใบตัวเกลี้ยงและใบตัวขาว) พืชสกุล *Embelia* (ส้มจี๋และส้มขุย) พืชสกุล *Limnophila* (กะอ่อมและผักเขยง) รวมทั้ง หมีเหม็น มีความสามารถในการด้านออกซิเดชันของไขมันอยู่กลุ่มที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.5) แสดงให้เห็นว่า พืชต่างสายพันธุ์ย่อมมีความสามารถในการด้านออกซิเดชันของไขมันที่ต่างกัน ส่วนพืชสกุลเดียวกันอาจมีฤทธิ์ด้านออกซิเดชันเหมือนหรือต่างกันได้

ในพืชอื่นๆอีกหลายชนิด มีรายงานเกี่ยวกับความสามารถในการยับยั้งการออกซิเดชันของไขมัน แต่ค่าที่รายงานไว้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง เนื่องจาก หน่วยที่ใช้คำนวณและระบบอิมัลชันของไขมันมีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ยังสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนถึงฤทธิ์ด้านออกซิเดชันของไขมันของพืชที่ทำการทดสอบได้ เช่น สารสกัดส้มจี๋มีค่า TBARS เท่ากับ 3.307 มิลลิกรัม ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) จัดอยู่ในกลุ่มที่ด้านออกซิเดชันของไขมันต่ำ แต่สาร embelin ที่พบในส้มจี๋ สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในไมโทคอนเดรียของเซลล์ตับหนูทดลองได้ (Joshi และ คณะ, 2007)

สารสกัดหมีเหม็นมีค่า TBARS เท่ากับ 6.137 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) จัดอยู่ในกลุ่มที่ด้านออกซิเดชันของไขมันต่ำ แต่ Hwang และ คณะ (2005) รายงานว่า เปลือกหมีเหม็นมีฤทธิ์ยับยั้งการออกซิเดชันของไขมันได้ใกล้เคียงกับ α -tocopherol จากรายงานนี้ อาจบ่งบอกได้ว่า ส่วนของเปลือกหมีเหม็น มีแนวโน้มที่มีความสามารถในการด้านออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใบ ส่วนสารสกัดผักแขยงมีค่า TBARS เท่ากับ 10.97 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) จัดอยู่ในกลุ่มที่ต้านออกซิเดชันของไขมันปานกลาง ในขณะที่ผักแขยงสามารถต้านออกซิเดชันของไขมันในเซลล์สมองของหนูทดลอง (Sribusarakum และ คณะ, 2004) จึงน่าจะสนับสนุนว่าผักแขยงสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันทั้งในอาหารและสิ่งมีชีวิตได้ สำหรับสารสกัดปืนนกไส้มีค่า TBARS เท่ากับ 11.37 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) จัดอยู่ในกลุ่มที่ต้านออกซิเดชันของไขมันปานกลาง สอดคล้องกับสารสกัดน้ำและน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยเช่นกัน (Deba และ คณะ, 2007) แสดงว่า ปืนนกไส้มีองค์ประกอบของสารพฤกษเคมีทั้งที่มีขี้และไม่มีขี้ในการยับยั้งการออกซิเดชันของไขมันได้

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันของสารสกัดพืชนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่างประกอบกัน ทั้งสายพันธุ์ของพืช ปริมาณสารพฤกษเคมี วิธีการสกัด และตัวทำละลายที่ใช้ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัด คือ เป็นวิธีที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับผลผลิตทั้งหมดที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมัน อีกทั้ง สารอื่นๆในพืชอาจทำปฏิกิริยากับกรดโทโอบาร์บิทริกได้เช่นกัน (Antolovich และ คณะ, 2001) และพบพืชจำนวน 13 ชนิด ที่สามารถต้านออกซิเดชันของไขมันได้สูงกว่า 15 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ได้แก่ ผักสมุย ราชวดีป่า หล้าแหลมนกไส้ ผักฮ่านน้ำ ผักเหี้ย ทะโล้ หล้าดอกปลิว ก่อขี้วัว หมีบัง เครือดำ หล้าเอ็นเสื่อ ใบคิ้วเกลี้ยง และตะไคร้ต้น

4.2 ผลของการทำแห้งต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืช

เมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หรือมีความชื้นในตัวอย่างอยู่ระหว่าง 3.32-12.84 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สารสกัดจากพืชส่วนใหญ่จะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง เช่น สารสกัดตัวเกลี้ยงมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในพืชสดเท่ากับ 710.6 ลดลงเหลือ 185.2 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) หรือ 3.84 เท่า และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TEAC ในสารสกัดจากมันปลา ลดลงจาก 742.4 เหลือ 499.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) หรือ 1.49 เท่า แสดงว่า กระบวนการทำแห้งเป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืช โดยสารพฤกษเคมีในพืชแต่ละชนิดมีความไวต่อการถูกทำลายด้วยความร้อนในระหว่างการทำแห้งแตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดพืชแห้งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (ตารางที่ 4.6) คือ กลุ่มพืชที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น จำนวน 8 ตัวอย่าง กลุ่มพืชที่ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดคงที่ หรือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวน 5 ตัวอย่าง และกลุ่มพืชที่มี

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน
ภายหลังการทำแห้ง

วิธีวิเคราะห์	การเปลี่ยนแปลงของผลการวิเคราะห์*		
	ลดลง	คงที่	เพิ่มขึ้น
TPC	มะระขี้นก, กะออม, ดอกบอนจีน, ผักปลังขาว, ผักกูดขาว, ลำต้น/ใบบอนจีน, ย่านาง, หนุ่ยข้าวใหม่, ผักปลังแดง, ผักปราบใบเรียว, หนิมบัง, ส้มกุ่ม, เสี้ยวดอกขาว, ตะไคร้ดิน, ขี้เหล็ก, เครือคำ, ส้มจี้, สะระเบียงแดง, ผักจืด, เสนียด, เตื่อหว่า, ราชวดีป่า, ผักสมุย, สะเดา, ผักไผ่, ส้มปี้, หนิมเหม็นพันธุใหญ่, หนิมเหม็น, หนามเป่า, หนุ่ยเอ็นเสื่อ, ส้มสุก, เมี่ยงป่า, ก่อข้าว, ทะโล้, กระจับปี่, ด้วงขาว, ดอกคิ้วเกลี้ยง, ใบคิ้วเกลี้ยง	ป็นนกลี, ผักแขยง, ไคร้หน้า	หนุ่ยดอกปลิว, ผักกาดคนกเขา, ผักลิ้นห่าน, ผักเผ็ด, ผักฮั่น, ผักเหี่ยว, หนุ่ยแหลมกลี, มันปลา
	[36]	[5]	[18]
DPPH	หนุ่ยดอกปลิว, มะระขี้นก, กะออม, ผักลิ้นห่าน, ผักเผ็ด, ผักจืด, ผักแขยง, ไคร้หน้า, ดอกบอนจีน, ลำต้น/ใบบอนจีน, ผักปลังขาว, ผักกูดขาว, หนิมเหม็นพันธุใหญ่, หนามเป่า, หนุ่ยข้าวใหม่, ผักปลังแดง, หนิมบัง, ส้มกุ่ม, เสี้ยวดอกขาว, หนุ่ยแหลมกลี, ตะไคร้ดิน, ขี้เหล็ก, เครือคำ, ส้มจี้, สะระเบียงแดง, เสนียด, ราชวดีป่า, มันปลา, ผักสมุย, สะเดา, ผักไผ่, ส้มปี้, หนิมเหม็น, หนุ่ยเอ็นเสื่อ, ส้มสุก, เมี่ยงป่า, ก่อข้าว, ทะโล้, กระจับปี่, ด้วงขาว, ดอกคิ้วเกลี้ยง, ใบคิ้วเกลี้ยง	หนิมเหม็นพันธุใหญ่, หนามเป่า	ผักกาดคนกเขา, ย่านาง, ป็นนกลี, ผักฮั่น, ผักเผ็ด, ผักฮั่น, ผักเหี่ยว, ผักปราบใบเรียว
	[36]	[6]	[17]
TEAC	มะระขี้นก, ย่านาง, กะออม, ดอกบอนจีน, ลำต้น/ใบบอนจีน, ผักปลังขาว, ผักกูดขาว, หนุ่ยข้าวใหม่, ผักปลังแดง, หนิมบัง, ส้มกุ่ม, เสี้ยวดอกขาว, ขี้เหล็ก, เครือคำ, ส้มจี้, ผักจืด, เสนียด, ราชวดีป่า, มันปลา, สะเดา, ผักไผ่, ส้มปี้, หนิมเหม็นพันธุใหญ่, หนิมเหม็น, หนามเป่า, หนุ่ยเอ็นเสื่อ, ส้มสุก, เมี่ยงป่า, ก่อข้าว, ทะโล้, กระจับปี่, ด้วงขาว, ดอกคิ้วเกลี้ยง, ใบคิ้วเกลี้ยง	ผักลิ้นห่าน, ป็นนกลี, ตะไคร้ดิน, ไคร้หน้า, ผักสมุย	หนุ่ยดอกปลิว, ผักกาดคนกเขา, ผักเผ็ด, ผักฮั่น, ผักเหี่ยว, ผักปราบใบเรียว, เตื่อหว่า, หนุ่ยแหลมกลี, สะระเบียงแดง, ผักแขยง
	[34]	[5]	[10]
FRAP	มะระขี้นก, ย่านาง, กะออม, ดอกบอนจีน, ลำต้น/ใบบอนจีน, ผักปลังขาว, ผักกูดขาว, หนุ่ยข้าวใหม่, ผักปลังแดง, หนิมบัง, ส้มกุ่ม, เสี้ยวดอกขาว, ตะไคร้ดิน, ขี้เหล็ก, เครือคำ, ส้มจี้, สะระเบียงแดง, ผักจืด, เสนียด, ราชวดีป่า, มันปลา, สะเดา, ผักไผ่, ส้มปี้, หนิมเหม็นพันธุใหญ่, หนิมเหม็น, หนามเป่า, หนุ่ยเอ็นเสื่อ, ส้มสุก, เมี่ยงป่า, ก่อข้าว, ทะโล้, กระจับปี่, ด้วงขาว, ดอกคิ้วเกลี้ยง, ใบคิ้วเกลี้ยง	ผักลิ้นห่าน, ป็นนกลี, ผักแขยง, เตื่อหว่า, ไคร้หน้า, ผักสมุย	หนุ่ยดอกปลิว, ผักกาดคนกเขา, ผักเผ็ด, ผักฮั่น, ผักเหี่ยว, ผักปราบใบเรียว, หนุ่ยแหลมกลี
	[36]	[6]	[17]
TBARS	กะออม, ผักลิ้นห่าน, ผักเผ็ด, ป็นนกลี, ดอกบอนจีน, ลำต้น/ใบบอนจีน, ผักปลังขาว, ผักปลังแดง, ผักปราบใบเรียว, หนิมบัง, หนุ่ยแหลมกลี, ตะไคร้ดิน, เครือคำ, ผักจืด, เสนียด, ผักแขยง, ราชวดีป่า, ไคร้หน้า, ผักสมุย, สะเดา, ส้มปี้, หนิมเหม็น, หนามเป่า, หนุ่ยเอ็นเสื่อ, ส้มสุก, เมี่ยงป่า, ก่อข้าว, ด้วงขาว, ดอกคิ้วเกลี้ยง, ใบคิ้วเกลี้ยง	หนุ่ยดอกปลิว, ผักกาดคนกเขา, ส้มกุ่ม, เตื่อหว่า, มันปลา, ทะโล้	มะระขี้นก, ย่านาง, ผักฮั่น, ผักเหี่ยว, ผักกูดขาว, หนุ่ยข้าวใหม่, เสี้ยวดอกขาว, ขี้เหล็ก, ส้มจี้, สะระเบียงแดง, ผักไผ่, กระจับปี่, หนิมเหม็นพันธุใหญ่
	[30]	[6]	[13]

หมายเหตุ * เป็นค่าที่เปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) ระหว่างสารสกัดพืชสด และพืชแห้ง
ตัวเลขใน [] แสดงจำนวนสารสกัดพืชที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ซึ่งเป็นกลุ่มที่ใหญ่ที่สุด มีจำนวน 36 ตัวอย่าง สารสกัดพืชแห้งที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงสูงสุด ได้แก่ สารสกัดกระโดนที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงจาก 449.3 เป็น 28.15 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) หรือ ลดลง 15.96 เท่า และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดระหว่างการทำแห้ง จะแตกต่างกันไปตามชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในแต่ละสายพันธุ์ของพืช ที่มีความไวหรือความต้านทานต่อการทำแห้งที่แตกต่างกัน การลดลงของปริมาณฟีนอลิกในพืชระหว่างการทำแห้งนั้น อาจเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกเมื่อได้รับความร้อน ดังเช่นการทดลองของ Lim และ Murtijaya (2007) ที่รายงานการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสมุนไพรรูปลูกไต่ใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chan และ คณะ (2009) ที่ทดลองในใบพืชตระกูลขิง 4 ชนิดที่อุณหภูมิเดียวกัน นอกจากนี้ Katsube และ คณะ (2009) รายงานว่า การแห้งใบหม่อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะทำลายสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบสำคัญหลายชนิด เช่น kaempferol 3-(6-malonylglucoside), astragaloside, quercetin 3-(6-malonylglucoside) ไอโซเคอร์ซิติน (isoquercitrin) รุทีน และ กรดคลอโรจีนิก เป็นต้น

นอกจากนี้ ระยะเวลาในการทำแห้ง ก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการลดลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ ซึ่งการทำแห้งที่ใช้ระยะเวลานาน ส่งผลเกิดการสูญเสียสารประกอบต่างๆ ในพืชได้เช่นเดียวกับการทำให้แห้งที่อุณหภูมิสูง (Garau และ คณะ, 2007) สอดคล้องกับรายงานของ Roy และ คณะ (2007) ที่พบการลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในผักหลายชนิด เช่น ผักขม กะหล่ำปลี เป็นต้น เมื่อผ่านการให้ความร้อนสูง ตั้งแต่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสขึ้นไป เป็นระยะเวลานาน ดังนั้น การทำแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำและใช้ระยะเวลาด้าน จึงช่วยรักษากิจกรรมของสารประกอบต่างๆ ในพืชไว้ได้ดีกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูง หรือ ใช้เวลาการทำแห้งนาน นอกจากนี้ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ที่พบทั่วไปในพืชจะยังคงมีกิจกรรมในระหว่างการเริ่มขั้นตอนการทำแห้ง (Lim และ Murtijaya, 2007) เช่นเดียวกับรายงานของ Ferreira และ คณะ (2002) ที่ได้สรุปว่า กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สารสกัดแห้งที่มีปริมาณกรดคาเฟอิลควินิก (caffeoylquinic acid) และกรดพาราความาโรลิก (*p*-coumaroylmalic acid) ลดลงมากถึง 96 เปอร์เซ็นต์

นอกเหนือจากเอนไซม์แล้ว ปฏิกิริยาออกซิเดชันในสภาวะที่มีอากาศ ในขณะที่ทำแห้งด้วยลมร้อนก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ลดลงจน สารพฤกษเคมีต่างๆ ในพืชลดลง เนื่องจาก สภาวะที่ใช้ในการทำแห้งมีอากาศหรือออกซิเจน ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อสารประกอบต่างๆ ในเซลล์พืชได้ (Kwok และ คณะ, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับที่พบปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการทำแห้งของผลิตภัณฑ์มะเขือเทศแปรรูปหลายชนิด (Giovannelli และ คณะ, 2002) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดพืชสดที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผ่านการทำแห้งแล้ว ยังคงมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าในกลุ่มสารสกัดพืชแห้งที่มีปริมาณฟีนอลิกในพืชสดเริ่มต้นต่ำ ดังนั้น พืชสดที่มีความเข้มข้นของสารพฤกษเคมีมาก เมื่อผ่านการทำแห้ง มีแนวโน้มที่จะมีสารพฤกษเคมีคงเหลืออยู่มากกว่า

สำหรับพืชกลุ่มที่ภายหลังการทำแห้ง มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น มีจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ กล้วยาคอกปลิว ผักกาดนกเขา ผักลิ้นห่าน ผักเผ็ด ผักฮั่นน้ำ ผักเหี้ย กล้วยาแหลมนกไส้ และมันปลา (ตารางที่ 4.6) ซึ่งลำดับของพืชสดบางชนิด มีลักษณะที่แข็ง เหนียว และมีปริมาณเส้นใยสูงกว่าส่วนอื่นๆ จึงทำให้การสกัดสารพฤกษเคมีได้ยากกว่า แต่เมื่อผ่านขั้นตอนการทำแห้ง ส่งผลให้ลักษณะของเซลล์พืชเปลี่ยนแปลงไป โดยเซลล์พืชหดตัวลง มีลักษณะแข็ง เปราะ อีกทั้งยังเป็นการทำลายผนังเซลล์ของพืช ทำให้เซลล์แตกออก และเกิดเป็นโพรงขนาดใหญ่อยู่ภายใน (Gutiérrez และ คณะ, 2008) จึงช่วยให้บดพืชเป็นผงที่มีขนาดสม่ำเสมอได้ง่ายขึ้น พื้นที่ผิวในการสัมผัสกับตัวทำละลายจึงเพิ่มมากขึ้น (Gawlik-Dziki และ คณะ, 2008; Pérez-Jiménez และ คณะ, 2008) และความร้อนในการทำแห้ง ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบในผนังเซลล์ จึงปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกออกจากเมทริกซ์ของพืชได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการสกัดให้สูงขึ้น (Gawlik-Dziki และ คณะ, 2008) นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกในพืชบางชนิด อาจเกิดจากการสลายตัวของกรดฟีนอลิกที่พบในโครงสร้าง (bound phenolic acid) เมื่อได้รับความร้อน เกิดเป็นกรดฟีนอลิกในรูปอิสระ (free phenolic acid) ตลอดจนการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดออกจากเมทริกซ์ (Al-Farsi และ คณะ, 2005; Wojdyło และ คณะ, 2009)

การทำแห้งยังส่งผลให้เกิดการลดลงของความสามารถในการต้านออกซิเดชัน และสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม เช่นเดียวกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (ตารางที่ 4.6) คือ กลุ่มพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นด้วยวิธี DPPH, TEAC, FRAP และ TBARS จำนวน 7, 10, 7 และ 13 ตัวอย่าง ตามลำดับ ส่วนกลุ่มพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันคงที่มิใกล้เคียงกันคือ 5-6 ตัวอย่าง และกลุ่มพืชที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง ซึ่งเป็นกลุ่มที่พบมากที่สุด โดยพบไม่ต่ำกว่า 30 ตัวอย่างในทุกๆ วิธีการวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.6) อีกทั้งยังพบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชันในแต่ละวิธีจะลดลงสูงสุดใกล้เคียงกัน โดยวิธี DPPH, TEAC และ FRAP ลดลงสูงสุด 12.78, 13.98 และ 10.30 เท่า ตามลำดับ ส่วนวิธี TBARS ลดลงมากถึง 21.39 เท่า แสดงให้เห็นว่า การทำแห้งส่งผลต่อกิจกรรมความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่แตกต่างกันของพืชแต่ละชนิด ทั้งนี้เนื่องมาจากสารประกอบที่แตกต่างกันในพืช จะมีความไวต่อการทำแห้งที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิก และสารพฤกษเคมีอื่นๆ ที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดี แต่มีความไวต่อความร้อน จะเกิดการสลายตัวในระหว่างการทำแห้ง (Roy และ คณะ, 2007) ซึ่งเป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่า สารประกอบฟีนอลิกนั้น มีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี (Cai และ คณะ, 2006) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลิกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการทำแห้งจากเหตุผลดังที่อภิปรายมาแล้วข้างต้น อาจเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชแห้งเปลี่ยนแปลง ทั้งการเพิ่มขึ้น คงที่ หรือลดลง

การเพิ่มความสามารถในการต้านออกซิเดชันภายหลังการทำแห้ง อาจเป็นผลจากปัจจัยที่สำคัญสองประการ สารพฤกษเคมีที่มีสมบัติในการต้านออกซิเดชันที่ดี และทนต่อความร้อนสูงเป็นองค์ประกอบ เช่น แคลโรทีนอยด์ โพลีฟีนอล ถูกลดปล่อยออกมาจากเซลล์เมทริกซ์ได้มากขึ้น (Nicoli และ คณะ, 1999) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของโพลีฟีนอลหลังผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนสูง (Dewanto และ คณะ, 2002) นอกจากนี้ ยังอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดในระหว่างการให้ความร้อน ทำให้เกิดสารตัวกลาง (Maillard reaction products) ชนิดใหม่ที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดี และมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาคัดขี้ (Piga และ คณะ, 2003; Del Caro และ คณะ, 2004) และสารตัวกลางนี้ ยังมีรายงานถึงฤทธิ์ที่ดีในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Manzocco และ คณะ, 2001) แต่ความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้น จากสารตัวกลางที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดนั้น อาจไม่สามารถทดแทนความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่ลดลงจากการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกได้ (Wojdylo และ คณะ, 2009) ส่งผลให้สารสกัดพืชส่วนใหญ่ที่ทดสอบในการทดลองนี้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง

การเพิ่มขึ้น หรือ ลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด อาจไม่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของพืชภายหลังการทำแห้ง เช่น สารสกัดใบมันปลาแห้งมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูง แต่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH, TEAC และ FRAP ต่ำ ส่วนวิธี TBARS ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ตรงข้ามกับการทดลองของ Li และ คณะ (2007) ที่พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในรำข้าวสาลีจะลดลง แต่ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Ismail และ คณะ (2004) รายงานว่า การให้ความร้อนแก่กะหล่ำปลี และ หอมแดงนั้น ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในบางส่วน แต่ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี β -carotene ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด อาจไม่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของพืชในแต่ละวิธีวิเคราะห์ เช่น สารสกัดหนามเป่ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง ยกเว้นวิธี DPPH มีค่าคงที่ ส่วนสารสกัดผักสมุยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ TBARS ลดลง แต่ TEAC และ FRAP มีค่าคงที่

การทำแห้ง ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์แตกต่างกันไป (Llobera และ Cañellas, 2007) ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกัน โดยพบว่า ส่วนต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ของพืช จะสูญเสียปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันไป ส่วนดอกพบการสูญเสียปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันมากที่สุด รองลงมา คือ ส่วนใบและส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำต้น/ใบ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนลำต้น/ใบของพืชบางชนิด เช่น หนุ่ยดอกปลิว ผักเหี่ยว ผักกาดคนกเขา ผักฮั่นน้ำ และหนุ่ยแหลมหนักไต้ มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันภายหลังการทำแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ความอ่อนนุ่มของเนื้อเยื่อพืช รวมทั้งชนิดและปริมาณสารพฤกษเคมี ดังที่ได้อภิปรายไปแล้วข้างต้น

ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ ของสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ของพืชจำนวน 49 ตัวอย่าง สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.7 โดยสารสกัดพืชสดที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดทั้งในพืชสดและพืชแห้ง ได้แก่ ตั้วเกลี้ยง และสารสกัดพืชสดที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงสุด ได้แก่ มันปลา ยกเว้นการทดสอบด้วยวิธี TBARS ที่พบว่า สารสกัดจากผักสมุยที่มีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดพืชที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันต่ำที่สุดในแต่ละวิธีจะแตกต่างกันทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า สารพฤกษเคมีที่แสดงสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจะตอบสนองการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันดังที่ได้อภิปรายไปแล้ว และเมื่อผ่านขั้นตอนการทำแห้ง พบว่า สารสกัดจากพืชแห้งที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงสุด ได้แก่ มันปลา ยกเว้น การทดสอบด้วยวิธี DPPH และ TBARS ที่พบว่า สารสกัดจากทุเรียนและผักสมุยมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด

ตารางที่ 4.7 ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืช

		TPC	DPPH	TEAC	FRAP	TBARS
สด	ค่าสูงสุด	ตั้วเกลี้ยง(ดอก) (710.6)	มันปลา (0.0620)	มันปลา (742.4)	มันปลา (352.0)	ผักสมุย (72.95)
	ค่าต่ำสุด	หนุ่ยดอกปลิว (5.997)	สะเรียมคง (13.37)	ย่านาง (2.390)	มะระขี้นก (4.570)	ขี้เหล็ก (0.7530)
แห้ง	ค่าสูงสุด	ตั้วเกลี้ยง(ดอก) (185.2)	ทุเรียน (0.1311)	มันปลา (499.4)	มันปลา (252.9)	ผักสมุย (46.52)
	ค่าต่ำสุด	ผักปราบใบเขียว (2.082)	สะเรียมคง (39.87)	ย่านาง (1.220)	กะออม (2.400)	ส้มปี้ (0.4130)

หมายเหตุ TPC แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

DPPH แสดงค่า EC_{50} ในหน่วยมิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง)

TEAC แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

FRAP แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

TBARS แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

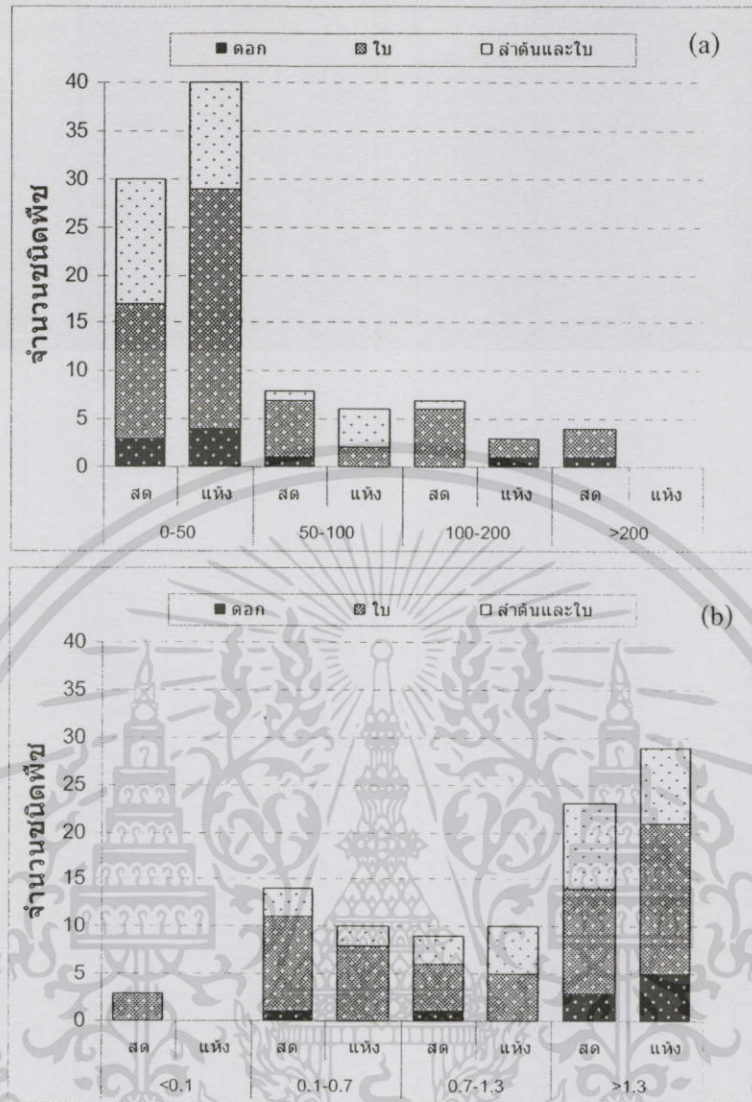
ดังนั้น การทำแห้งพืช จึงทำให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ของพืช และส่วนต่างๆของพืช รวมทั้ง ยังมีความแตกต่างกันในแต่ละวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทั้งของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของพืช เป็นผลรวมจากการสูญเสียและการเพิ่มขึ้นของสารพฤษเคมี รวมทั้ง การเกิดสารประกอบชนิดใหม่ในขั้นตอนการทำแห้ง และการสกัด

4.3 ผลของส่วนของพืชที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ

เมื่อนำสารสกัดพืช มาจำแนกตามส่วนของพืชที่ใช้ สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ดอก 5 ตัวอย่าง ใบ 29 ตัวอย่าง และลำต้น/ใบ 15 ตัวอย่าง การวิเคราะห์ผลของส่วนของพืชที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันในแต่ละวิธีทดสอบ ผลการทดลองแสดงได้ดังภาพที่ 4.1

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแยกตามส่วนต่างๆของพืชที่นำมาวิเคราะห์ พบว่า ในส่วนใบของพืชจะมีความผันแปรของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในทุกระดับของการจัดแบ่งกลุ่ม ตั้งแต่กลุ่มที่มีค่าต่ำถึงกลุ่มที่มีค่าสูงมาก และเมื่อพิจารณาจากส่วนลำต้น/ใบ พบว่า จะมีแนวโน้มมีค่าอยู่ในกลุ่มที่มีค่าต่ำถึงกลุ่มที่มีค่าสูง แสดงว่า ในส่วนของลำต้น/ใบ อาจมีแนวโน้มว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าในส่วนของใบเพียงอย่างเดียว แต่ในส่วนดอกนั้น มีจำนวนตัวอย่างพืชที่วิเคราะห์เพียง 5 ชนิด และพบสารสกัดดอกตัวเกลี้ยงเพียงชนิดเดียวที่มีปริมาณฟีนอลิกสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังนั้น จึงอาจไม่เป็นตัวแทนในการบ่งบอกความน่าจะเป็นของปริมาณฟีนอลิกในส่วนของดอก นอกจากนี้ยังพบว่า โดยภาพรวมแล้ว การทำแห้งจะทำให้เกิดการลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยเฉพาะในส่วนของใบ (ภาพที่ 4.1a)

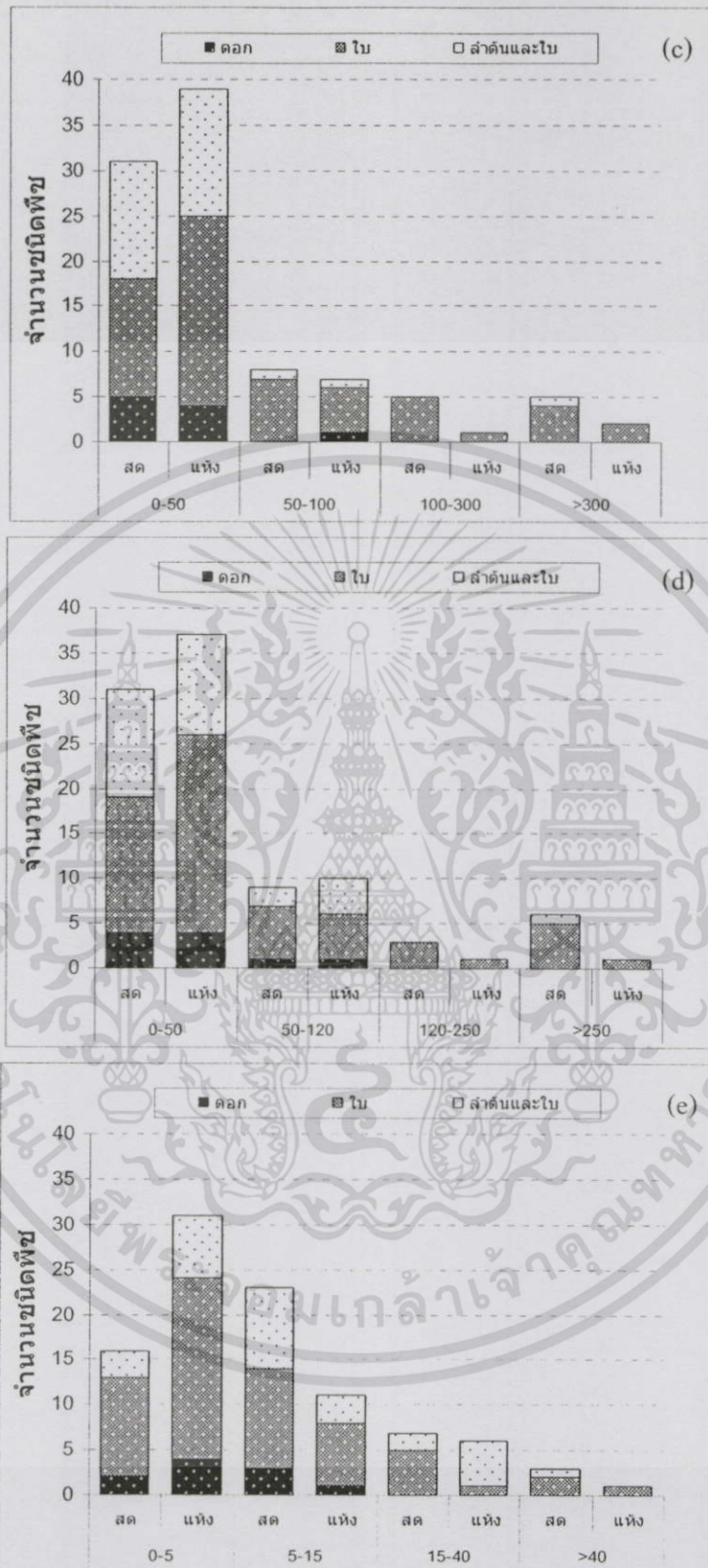
ส่วนความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TEAC และ FRAP ก็ให้ผลที่คล้ายคลึงกันกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (ภาพที่ 4.1c-d) กล่าวคือ มีความผันแปรสูง โดยส่วนใบ และลำต้น/ใบของสารสกัดพืชจะมีความผันแปรของทั้ง 2 วิธี ตั้งแต่กลุ่มที่มีค่าต่ำ ถึงกลุ่มที่มีค่าสูงมาก นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนของดอกมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีทั้ง 2 นี้ อยู่ในกลุ่มที่มีค่าต่ำถึงกลุ่มที่มีค่าปานกลาง ซึ่งแตกต่างจากปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แสดงว่า สารพฤษเคมีในส่วนของสารสกัดดอกจะมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ หรือรีดิวซ์โลหะได้ไม่ดี ส่วนการทำแห้งก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และในวิธี TBARS (ภาพที่ 4.1e) ให้ผลเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 4.1 จำนวนชนิดพืชแยกตามกลุ่มของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่พบและส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดย

- (a) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง))
- (b) วิธี DPPH (ค่า EC₅₀; มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง))
- (c) วิธี TEAC (มิลลิกรัมสมมูลย์ของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง))
- (d) วิธี FRAP (มิลลิกรัมสมมูลย์ของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง))
- (e) วิธี TBARS (มิลลิกรัมสมมูลย์ของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับวิธีวิเคราะห์ทั้งสอง แต่มีค่าต่ำกว่าวิธีการทั้งสองมาก ทั้งนี้ เนื่องจากกลไกในการวิเคราะห์นั้นแตกต่างกันดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

สำหรับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่วิเคราะห์ด้วยการหาค่า EC_{50} หรือความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระลง 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ค่าที่ได้จะแปรผกผันกับค่าที่วิเคราะห์ได้จากวิธีอื่นๆ แต่ก็ให้ผลที่คล้ายคลึงกันกับค่าอื่นๆ เช่นกัน (ภาพที่ 4.1b) โดยส่วนต่างๆ ของพืชจะมีความผันแปรสูง และพบว่า สารสกัดจากส่วนของใบสดเท่านั้น ที่มีค่า EC_{50} ในกลุ่มที่ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงมาก โดยในส่วนของดอกและลำต้น/ใบ มีค่า EC_{50} ในกลุ่มที่มีค่าต่ำถึงกลุ่มที่มีค่าสูง

จากผลวิเคราะห์โดยการใช้ส่วนของพืช ได้แก่ ดอก ใบ และลำต้น/ใบ พบว่า ส่วนใบของพืชเป็นส่วนที่อาจมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ สูงกว่าส่วนอื่นๆ ของพืช ทั้งนี้เนื่องจาก ใบประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ที่ทำหน้าที่สำคัญในการสังเคราะห์แสง จึงต้องมีสารพฤกษเคมีอื่นๆ ทำหน้าที่ในการป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของคลอโรฟิลล์ ดังนั้น ส่วนใบจึงมีการสะสมสารประกอบฟีนอลิกไว้ในปริมาณมาก (Masuda และคณะ, 1999; Silva และ คณะ, 2007) อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถทำนายได้อย่างชัดเจนว่า ส่วนใดของพืชจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันมากหรือน้อยเพียงใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการชีวสังเคราะห์ของพืชที่มีความแตกต่างกัน รวมถึง ความสามารถของพืชแต่ละชนิดในการสะสมสารพฤกษเคมีต่างๆ ทั้งในแง่ของชนิดและปริมาณของสารพฤกษเคมี และส่วนที่ทำการสะสมไว้ (Pietta, 2000; Silva และ คณะ, 2007; Matkowski, 2008) นอกจากนี้ จำนวนของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ยังมีจำนวนน้อยเกินไปจึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของพืชทุกชนิดได้

ในการทดลองนี้ ใช้สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของพืชแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ด้วงเกลี้ยง และบอนจิ้น ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน แสดงดังตารางที่ 4.8 จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากดอกและใบของด้วงเกลี้ยง มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 710.6 และ 171.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ สอดคล้องกับสารสกัดส่วนดอกและลำต้น/ใบของบอนจิ้นที่พบว่า มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 12.93 และ 8.247 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ แสดงว่า ส่วนของพืชที่แตกต่างกัน ย่อมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่แตกต่างกัน และความแตกต่างนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืชเป็นสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Barreira และ คณะ (2008) ที่สรุปว่าส่วนของดินเกาลัด (chestnut) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกัน โดยส่วนเปลือกพบมากที่สุด และส่วนดอกของเกาลัดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าส่วนใบ ซึ่งคล้ายคลึงกับที่พบในการทดลองนี้ อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า ส่วนดอกของพืชมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าส่วนอื่นๆ เนื่องจาก ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบมีเพียง 2 ตัวอย่างจึงไม่เป็นตัวแทนของพืชทุกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจาก ส่วนต่างๆ ของตัวเก๋ลิ้งและบอนจิ้น

		TPC	DPPH	TEAC	FRAP	TBARS
ตัวเก๋ลิ้ง	ดอก	710.6	0.4771	47.84	253.6	5.675
	ใบ	171.4	0.1737	232.8	261.8	19.19
บอนจิ้น	ดอก	12.93	2.047	16.38	11.06	7.542
	ลำต้น/ใบ	8.247	2.293	11.18	11.20	11.31

หมายเหตุ TPC แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

DPPH แสดงค่า EC_{50} ในหน่วยมิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง)

TEAC แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

FRAP แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

TBARS แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)

ส่วนต่างๆ ของพืชสายพันธุ์เดียวกันก็มีผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH เช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอลิก โดยพบว่า สารสกัดดอกและใบของตัวเก๋ลิ้ง มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.4771 และ 0.1737 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่สารสกัดของดอกและลำต้น/ใบของบอนจิ้นมีค่า EC_{50} ใกล้เคียงกัน คือ 2.047 และ 2.293 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) สอดคล้องกับรายงานของ Barreira และ คณะ (2008) ได้สรุปว่าส่วนต่างๆของต้นเกาลัด มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน ส่วนการวิเคราะห์ค่า TEAC ให้ผลสอดคล้องกับวิธี DPPH โดยสารสกัดดอกและใบของตัวเก๋ลิ้ง มีความสามารถในการทำปฏิกิริยาลดอนุมูลอิสระ $ABTS^{•+}$ เท่ากับ 47.84 และ 232.8 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ แต่สารสกัดจากดอกและลำต้น/ใบของบอนจิ้น มีค่า TEAC ใกล้เคียงกัน คือ 16.38 และ 11.18 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) สอดคล้องกับรายงานในพืช *Byrsonima erassifolia* ที่ความสามารถในการทำปฏิกิริยาลดอนุมูลอิสระ $ABTS^{•+}$ แตกต่างกันในส่วนต่างๆของพืช โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ใบ เปลือก และ ผล ตามลำดับ (Silva และ คณะ, 2007)

นอกจากนี้ ค่า FRAP ก็ให้ผลเช่นเดียวกับที่พบในวิธีอื่นๆ โดยสารสกัดดอกและใบตัวเก๋ลิ้ง มีค่า FRAP ที่อยู่ในกลุ่มที่แตกต่างกัน ส่วนสารสกัดดอกและลำต้น/ใบของบอนจิ้นจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (ตารางที่ 4.8) สอดคล้องกับผลของส่วนต่างๆของ bambangan ต่อค่า FRAP ที่รายงานโดย Abu Baker และ คณะ (2009) นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดจากส่วนใบของตัวเก๋ลิ้งและบอนจิ้น มีความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดสูงกว่าส่วนอื่นๆ คล้ายคลึงกับที่พบในเกาลัดอีกด้วย (Barreira และ คณะ, 2008) อย่างไรก็ตาม การสะสมของสารพฤกษเคมีทั้งชนิด และ ปริมาณในส่วนต่างๆ ของพืช ย่อมแตกต่างกันไปตามกระบวนการชีวสังเคราะห์ของพืชชนิดนั้นๆ และในการทดลองครั้งนี้ยังพบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันจากส่วนต่างๆ

ของพีช ก็มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกับการวิเคราะห์อื่นๆ โดยสารสกัดจากใบตัวเกลี้ยงและลำต้น/ใบบอนจีน มีค่า TBAR สูงกว่าในส่วนดอกของพีชชนิดอื่นๆ (ตารางที่ 4.8) ดังนั้น ส่วนของพีชมีผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันในไขมัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในส่วนต่างๆ ของเกาลัดที่สารสกัดใบสามารถยับยั้งการออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่าส่วนดอก (Barreira และ คณะ, 2008) ดังนั้น ส่วนของพีชที่แตกต่างกัน ย่อมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ ที่แตกต่างกัน และความแตกต่างนี้จะมากหรือน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพีชเป็นสำคัญ

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ ที่พบในสารสกัดพีช

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และค่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้ง 4 วิธี ในสารสกัดพีช 49 ตัวอย่าง ทั้งในรูปพีชสดและพีชแห้ง โดยวิธี DPPH ลิดจากส่วนกลับของค่า EC_{50} ($1/EC_{50}$) พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.119-0.900 (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ

	TPC	TEAC	FRAP	TBARS
TEAC	0.364**			
FRAP	0.585**	0.879**		
TBARS	0.025	0.119**	0.136**	
DPPH	0.452**	0.854**	0.900**	0.125

หมายเหตุ ** หมายถึง ค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ ($p < 0.01$)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ต่อความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทุกวิธี ยกเว้น วิธี TBARS พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.364-0.585 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 4.9) แสดงว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดนี้ มีแนวโน้มความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันแต่มีความสัมพันธ์กันต่ำ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Yawadio Nsimba และ คณะ (2008) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กับ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ FRAP ของเมล็ดผักโขมและข้าวคั่วในระดับต่ำ หรือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.4526 และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.6951 ตามลำดับ และ Wong และ คณะ (2006) ก็รายงานเช่นเดียวกันในพืชอาหาร 25 ชนิดของประเทศสิงคโปร์ โดยปริมาณฟีนอลิกมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับวิธี DPPH และ FRAP ($r = 0.5656$ และ 0.5480 ตามลำดับ) ในทางตรงกันข้าม Maisuthisakul และ คณะ (2007a) รายงานว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในพืชพื้นบ้านของไทยจำนวน 26 ชนิด มีความสัมพันธ์ที่ดีกับวิธี DPPH โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.83 นอกจากนี้ นันทน์ภัต เดิมวงศ์ (2551) รายงานแนวโน้มความสัมพันธ์ในระดับสูงมากระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TEAC และ FRAP ในผักและผลไม้จำนวน 10 ชนิด ($r = 0.927-0.994$) ส่วน Wojdyło และ คณะ (2007) พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของพืชในวงศ์ Labiatae จะมีความสัมพันธ์ในระดับสูงถึงสูงมาก กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH, TEAC และ FRAP ($r = 0.8352-0.9263$)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และค่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่วิเคราะห์ได้นั้นมีค่าต่ำ แสดงว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ที่ดี ถึงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากพืชได้ ทั้งนี้เนื่องจาก ชนิดของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชแต่ละสายพันธุ์ ย่อมมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน จึงมีความจำเป็นต่อการทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่แตกต่างกันตามไปด้วย (Tabart และ คณะ, 2009) นอกจากนี้ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันยังขึ้นอยู่กับหมู่ไฮดรอกซิล และหมู่แทนที่ต่างๆ ในตำแหน่งต่างๆ ที่พบบนโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิด โดยเฉพาะ การมีโครงสร้างแบบ catechol หรือ *O*-diphenolic ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการรีดิวซ์สูงขึ้น ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการทำลายอนุมูลอิสระและการเกิดโลหะ (Frankel และ คณะ, 1995; Pietta, 2000) อีกทั้งการเพิ่มหรือลดจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งต่างๆ บนโครงสร้าง หรือ การมีหมู่แทนที่หมู่อื่นๆ เช่น หมู่เมทิล (CH_3) หรือ การจับกับน้ำตาล ล้วนส่งผลกระทบต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ทั้งต่อความสามารถในการให้ไฮโดรเจน หรือ ความคงตัวของอนุมูลสารประกอบฟีนอลิกภายหลังทำปฏิกิริยา (Seceram และ Nair, 2002) ดังนั้น พืชที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูง จึงไม่จำเป็นต้องมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่พบ

นอกจากนี้ ในพืชยังมีสารต้านออกซิเดชันชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่กลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก และมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันที่ดี เป็นองค์ประกอบอีกด้วย เช่น แคโรทีนอยด์ วิตามินอี วิตามินซี อนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ แอลคาลอยด์ (Larson, 1988) น้ำมันหอมระเหย (Javanmardi และ คณะ, 2003) แซนโทฟิลล์ (Chanwitheesuk และ คณะ, 2005) คูมาริน (Yu และ คณะ, 2005) ชาโปนิน (Dini และ คณะ, 2009) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืช

จึงเป็นความสามารถร่วมกันระหว่างสารต้านออกซิเดชันต่างๆ ที่พบในพืชทั้งกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกและกลุ่มที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิก

ถึงแม้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กับ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชที่พบในการศึกษาครั้งนี้ จัดอยู่ในระดับต่ำ แต่จากความสัมพันธ์ที่พบนี้ ยังแสดงให้เห็นว่า สารประกอบฟีนอลิกที่พบในสารสกัดจากพืช เป็นสารกลุ่มหนึ่งที่มีบทบาทในการต้านออกซิเดชันของพืช

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง แต่ละวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืช พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของทุกวิธีวิเคราะห์ ยกเว้นวิธี TBARS มีค่าอยู่ระหว่าง 0.854-0.900 และในทุกวิธีวิเคราะห์ก็มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ในการทดลองครั้งนี้พบว่า วิธี DPPH กับวิธี FRAP มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด คือ 0.900 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Wong และคณะ (2006) ที่พบว่า ความสามารถในการต้านออกซิเดชันทั้งสองวิธีของพืชอาหาร 25 ชนิดในประเทศสิงคโปร์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก ($r=0.9495$) ในขณะที่ Surveswaran และ คณะ (2007) ก็รายงานเช่นเดียวกันในพืชสมุนไพรในประเทศอินเดียจำนวน 133 ชนิด ($r=0.8810$) ความสัมพันธ์ที่สูงระหว่างวิธีวิเคราะห์ทั้งสองวิธีนี้ เนื่องจาก กลไกที่ใช้ในการทดสอบมีความคล้ายคลึงกัน โดยวิธี DPPH สารต้านออกซิเดชันใช้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนร่วมกับการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอมเพื่อทำลายอนุมูลอิสระ ส่วนวิธี FRAP แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์โลหะผ่านการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจากสารต้านออกซิเดชัน เพื่อรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{3+} -TPTZ (Prior และ คณะ, 2005) นอกจากนี้ การสกัดพืชด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ในการทดลองนี้จะทำให้ได้สารที่มีขี้ และวิธีการทั้งสองสามารถใช้ในการทดสอบสารที่มีขี้ แต่วิธี DPPH สามารถทดสอบสารต้านออกซิเดชันได้ทั้งกลุ่มที่มีขี้และไม่มีขี้ ดังนั้นสารต้านออกซิเดชันที่พบในสารสกัดพืช จึงมีแนวโน้มเป็นกลุ่มที่มีขี้ที่สามารถทำลายอนุมูลอิสระและรีดิวซ์โลหะได้ดี

สำหรับวิธี DPPH กับวิธี TEAC มีความสัมพันธ์ในระดับสูงเช่นกัน และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.854 ซึ่ง Surveswaran และ คณะ (2007) รายงานว่า ในพืชสมุนไพรอินเดียจำนวน 133 ชนิด มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก ($r=0.9866$) ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างวิธีวิเคราะห์ทั้งสองวิธีนี้ เป็นผลจากความคล้ายคลึงของกลไกที่ใช้ในการทดสอบ โดยวิธี DPPH ใช้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนร่วมกับการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอม เพื่อทำลายอนุมูลอิสระดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ส่วนวิธี TEAC ก็ใช้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจากสารต้านออกซิเดชันเพื่อรีดิวซ์อนุมูล $ABTS^{•+}$ เช่นกัน (Prior และ คณะ, 2005) อีกทั้ง วิธี TEAC นิยมนำมาใช้ทดสอบสารต้านออกซิเดชันที่มีขี้หรือละลายน้ำได้ดี

ส่วนวิธี FRAP กับวิธี TEAC มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.879 ซึ่ง Li และคณะ (2008) พบว่า การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชสมุนไพรจีน 45 ชนิด ด้วยวิธีทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก ($r=0.9669$) ความสัมพันธ์ที่ดีนี้อาจเนื่องจาก ทั้งสองวิธีใช้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในการทดสอบและนิยมใช้ในการทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารกลุ่มที่มีขี้ (Prior และคณะ, 2005) ดังนั้น สารต้านออกซิเดชันในพืชเป็นสารกลุ่มที่มีขี้ และสามารถรีดิวซ์โลหะได้ดี

จากตารางที่ 4.9 ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก สารประกอบฟีนอลิกที่ละลายได้ดีในไขมัน จะมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TBARS และ β -carotene ที่ดี (Chun และ คณะ, 2005) สอดคล้องกับ Frankel และ คณะ (1995) พบว่า สารต้านออกซิเดชันที่มีขี้ต่ำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ได้ดีกว่าสารที่มีขี้สูง จากรายงานทั้งสองแสดงให้เห็นว่า สารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของไขมัน ได้ดีเป็นสารมีขี้ต่ำหรือละลายได้ดีในไขมัน แต่สารสกัดพืชในการทดลองนี้ใช้เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์เป็นตัวทำละลาย ดังนั้น สารพฤษเคมีที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขี้จึงละลายออกมาได้ดีกว่า ส่วนสารพฤษเคมีที่มีขี้ต่ำหรือไม่มีขี้ถูกสกัดออกมาได้น้อย ทำให้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กับ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน

นอกจากนี้ ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีการอื่นๆ มีความสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.119-0.136 ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของกลไกที่ใช้ในการทดสอบ และกลุ่มของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาดังวิธี TBARS อาศัยกลไกหลายอย่างๆ ร่วมกัน เช่น การเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอมจากสารต้านออกซิเดชันให้แก่อนุมูลเปอร์ออกซิล หรือ อัลคอกซิลในการยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมัน สารที่เข้าทำปฏิกิริยาได้ดีจึงเป็นสารที่มีขี้ต่ำหรือไม่มีขี้ (Antolovich และ คณะ, 2001) ถึงแม้ว่า สารต้านออกซิเดชันสามารถใช้การเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนอะตอมเพื่อทำลายอนุมูล DPPH \cdot ได้เช่นกัน แต่สารต้านออกซิเดชันที่สามารถทำลายอนุมูลเปอร์ออกซิลได้ดี จะทำปฏิกิริยากับอนุมูล DPPH \cdot ได้ช้า (Prior และ คณะ, 2005) ส่วนวิธี FRAP และ TEAC ใช้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน จึงอาจทำให้ความสามารถของสารพฤษเคมีที่เข้าทำปฏิกิริยามีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ในสารสกัดพืชบางชนิด เช่น ใบตัวเกลี้ยงและก้อข้าว ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มี FRAP และ TEAC สูง ก็สามารถต้านการออกซิเดชันของไขมันได้สูงเช่นกัน ดังนั้น ความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์จึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารสำคัญที่สกัดได้ และชนิดของพืช

ดังนั้น จากผลการทดลองพบว่า สารต้านออกซิเดชันที่พบในสารสกัดพืช เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระที่ดี โดยเฉพาะ อนุมูล DPPH และ ABTS อีกทั้งยังสามารถรีดิวซ์โลหะได้ดีด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม สารต้านออกซิเดชันที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของไขมันที่ดีนั้น อาจเป็นสารคนละกลุ่มกับสารต้านออกซิเดชันที่สามารถทำลายอนุมูลอิสระ หรือ รีดิวซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลหะได้ดี ทำให้สารสกัดพืชที่มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันไขมันที่ดี อาจไม่มี ความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธีอื่นๆ ดังนั้น ความสามารถในการต้าน ออกซิเดชันของพืช จึงเป็นความสามารถร่วมกันระหว่างสารประกอบต่างๆที่พบในพืช ทั้งในกลุ่ม ของสารประกอบฟีนอลิก และกลุ่มที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของพืช

4.5 กลุ่มของสารสำคัญทางพฤกษเคมีในพืช

ในการศึกษากลุ่มของสารสำคัญทางพฤกษเคมีด้วยเทคนิคThin Layer Chromatography (TLC) ทำโดย คัดเลือกตัวอย่างพืชหนึ่งที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่อยู่ในเกณฑ์สูงถึงสูงมาก ของทุกวิธีการทดสอบ จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ หมีเหม็น หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ ใบต้วเกลี้ยง เมี่ยงป่า ผักสมุย มันปลา หญ้าเอ็นเสื่อ กระโดน ก่อข้าว และ ทะโล้ เพื่อหากลุ่มสารสำคัญ ดังนี้ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน สเตอรอยด์และเทอร์ปีน ซาโปนิน น้ำมันหอมระเหย และ สารต้านอนุมูล ออิสระ เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานในแต่ละกลุ่ม ดังนั้น จึงทำให้ทราบเบื้องต้นถึงองค์ประกอบ สำคัญของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมา โดยทำการแยกสารสำคัญด้วยการปรับเปลี่ยนระบบ ตัวทำละลาย 3 ระบบ (3 development) ตามลำดับดังนี้

ระบบที่ 1 คือ น้ำกลั่น : อะซีโตไนไตรล์ : โทลูอิน (23.0:72.5:5.5)

ระบบที่ 2 คือ อะซีโตไนไตรล์ : อะซีโตไนไตรล์ : โทลูอิน : ไดคลอโรมีเทน (23.0:23.0:38.5:15.5)

ระบบที่ 3 คือ โทลูอิน : ไดคลอโรมีเทน : เมทานอล (64.0:29.0:7.0)

ระบบตัวทำละลายที่ 1 เป็นระบบที่มีน้ำกลั่นเป็นองค์ประกอบ จึงมีความเป็นขั้วมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ ทำให้การแยกสารสำคัญในระบบนี้ เหมาะกับการแยกสารที่มีขั้วปาน กลางหรือต่ำออกจากสารที่มีขั้วสูง เนื่องจาก สารที่มีขั้วปานกลางหรือต่ำจะเคลื่อนที่เร็วกว่าและ รวมกันเป็นแถบยาว (broad band) ด้านบนของเพลท แต่สารที่มีขั้วสูงสามารถแยกออกจากกันได้ดี และการเพิ่มระยะทางในการเคลื่อนที่บนเพลท ก็ไม่สามารถแยกสารที่มีขั้วปานกลางหรือต่ำได้ ดังนั้น ระบบนี้จึงใช้ได้ดีในการแยกสารกลุ่มแอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ และซาโปนินที่มีขั้วสูง บางชนิด (Waskmundzka-Hajnos และ คณะ, 2008) ส่วนระบบตัวทำละลายที่ 2 เป็นระบบ ตัวทำละลายมีความเป็นขั้วปานกลาง การแยกสารด้วยระบบนี้ทำให้เกิดแถบยาวของสารที่มีขั้วสูง ที่จุดเริ่มต้น หรือ จุดที่หยด (spot) สาร รวมถึงเกิดแถบยาวของสารที่มีขั้วต่ำบริเวณด้านบนของเพลท เคลื่อนที่ จึงไม่สามารถแยกได้ว่า สารที่สะสมรวมกันที่จุดเริ่มต้น หรือ ด้านบนของเพลทเคลื่อนที่นั้น ประกอบด้วยสารกี่ชนิด โดยระบบตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลางเหมาะสำหรับการแยกฟลาโวนอยด์ และซาโปนิน (Waskmundzka-Hajnos และ คณะ, 2008)

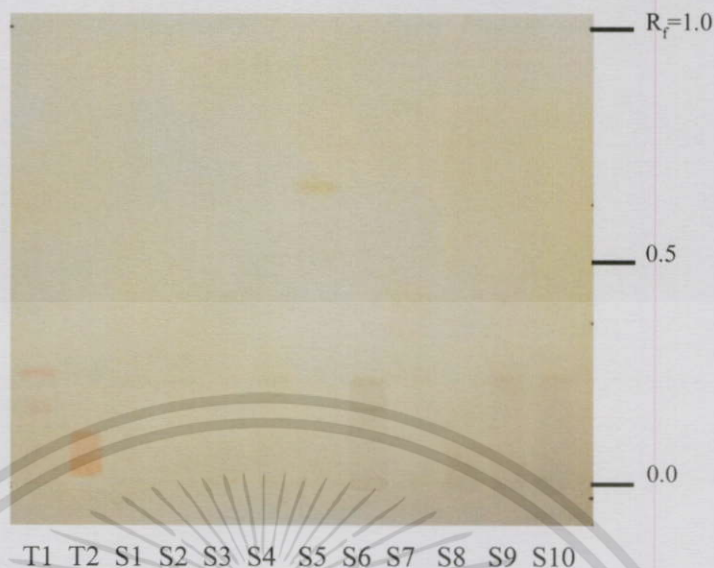
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้ระบบตัวทำละลายที่ 3 ซึ่งเป็นระบบตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วต่ำ ทำให้สามารถแยกสารที่มีขั้วต่ำออกจากกันได้ดี แต่พบแถบยาวจากบริเวณจุดที่หยดสารเช่นเดียวกับที่พบในระบบที่ 2 และเมื่อเพิ่มระยะทางการเคลื่อนที่ให้มากขึ้น สารที่แยกได้จะเคลื่อนตัวห่างจากกันมากขึ้น แต่ไม่พบจำนวนแถบเพิ่มขึ้น ระบบนี้จึงใช้แยกสารที่มีขั้วต่ำ เช่น น้ำมันหอมระเหย คูมาริน สเตอโรยด์และเทอร์ปีน (Wagner และ Bladt, 1996) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ระบบตัวทำละลายเพียง 1 ระบบ ในการแยกสารพฤษเคมีของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมานั้น ไม่สามารถแยกแถบของสารที่ต้องการทดสอบออกจากกันได้ จึงจำเป็นต้องแยกแถบของสารที่ต้องการด้วยระบบตัวทำละลายมากกว่า 1 ระบบ ในการวิเคราะห์โครมาโทแกรมจาก TLC ซึ่ง Zhang และ คณะ (2008) พบว่า การใช้ระบบตัวทำละลาย 2 ระบบ หรือ การพัฒนาแผ่นแบบสองครั้ง (twice development) ในเทคนิค TLC ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบสารสำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพของเหง้าขมิ้น

ภายหลังการพ่นรีเอเจนต์ตรวจสอบของสารสำคัญแต่ละชนิดแล้ว แถบสารในตำแหน่งต่างๆ จะปรากฏขึ้น ผลการทดลองแสดงในค่า R_f ซึ่งเป็นค่าเฉพาะตัวในการเคลื่อนที่ของสารประกอบแต่ละชนิด และสามารถแบ่งแถบสารออกเป็น 3 ลักษณะ คือ สารที่มีขั้วสูง (มีค่า R_f น้อยกว่า 0.3) สารที่มีขั้วปานกลาง (มีค่า R_f อยู่ระหว่าง 0.3-0.6) และสารที่มีขั้วต่ำ (มีค่า R_f มากกว่า 0.6) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากพืชประกอบด้วยสารที่มีขั้วแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ การแยกสารสำคัญจากสารสกัดพืชจึงไม่สามารถแยกด้วยการใช้ตัวทำละลายใดๆ เพียง 1 ระบบเท่านั้น และการแยกสารสำคัญด้วยระบบตัวทำละลาย 3 ระบบจะให้ผลดีที่สุดในการทดลองนี้

4.5.1 แอลคาลอยด์

แอลคาลอยด์ เป็นสารพฤษเคมีกลุ่มใหญ่ที่ได้รับการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอย่างกว้างขวาง ทั้งในแง่ของยารักษาโรคหรือด้านความเป็นพิษต่างๆ (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) การตรวจสอบทำได้โดยใช้รีเอเจนต์คราเจนคอร์ด์ ทำปฏิกิริยากับสารประกอบแอลคาลอยด์ได้สีส้มหรือ สีนํ้าตาลอมส้ม ดังภาพที่ 4.2 ซึ่งสารสกัดจากพืช 4 ชนิด คือ หมี่เหม็น หมี่เหม็นพันธุ์ใหญ่ ด้วเกลี้ยงและกระโดน ตรวจไม่พบแอลคาลอยด์เป็นองค์ประกอบ แต่สารสกัดพืชจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ เมียงป่า ผักสมุย มันปลา หู้าเอ็นเสื่อ ก่อข้าว และ ทะโล้ ตรวจพบแอลคาลอยด์ที่ส่วนใหญ่เป็นประเภทที่มีขั้วสูง (มีค่า R_f น้อยกว่า 0.3) เป็นองค์ประกอบ โดยสามารถแสดงในค่า R_f และความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของพืชทั้ง 10 ชนิด ได้ดังตารางที่ 4.10



ภาพที่ 4.2 โครมาโทแกรมแอลคาลอยด์ที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด (T1=ควินีนซัลเฟต, T2=อีโทรพีน, S1=หมีเหม็น, S2=หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่, S3=ตัวเกลี้ยง, S4=เมี่ยงป่า, S5=ผักสมุย, S6=มันปลา, S7=หญ้าเอ็นเสือ, S8=กระโดน, S9=ก้อข้าว, S10=ตะไค้)

ตารางที่ 4.10 ค่า R_f และ ระดับความเข้มของแถบ โครมาโทแกรมแอลคาลอยด์ในสารสกัดพืชที่คัดเลือก 10 ชนิด

ตำแหน่งที่พบ	ค่า R_f และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช											
	ควินีนซัลเฟต	อีโทรพีน	หมีเหม็น	หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่	ตัวเกลี้ยง	เมี่ยงป่า	ผักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเสือ	กระโดน	ก้อข้าว	ตะไค้
1		0.11 (+++)										
2								0.18 (++)				
3						0.23 (+)						
4								0.24 (++)			0.24 (++)	0.24 (++)
5	0.25 (+++)											
6									0.33 (+)			
7									0.39 (+)			
8								0.66 (++)				
จำนวนแถบ	1	1	-	-	-	1	1	2	2	-	1	1

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_f เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม

เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาค่า R_f ของสารมาตรฐาน 2 ชนิด คือ อโทรปีน (atropine) และ คิวินีนซัลเฟต (quinine sulfate) เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมของพืช พบว่า อโทรปีน (ค่า R_f เท่ากับ 0.11) ที่ใช้เป็นสารมาตรฐานชนิดหนึ่งนั้น ตรวจไม่พบตำแหน่งที่ใกล้เคียงของสารสกัดจากพืชทุกชนิดที่ทำการทดสอบ (ตารางที่ 4.10) ส่วนคิวินีนซัลเฟต (ค่า R_f เท่ากับ 0.25) เป็นแอลคาลอยด์ที่ตรวจพบตำแหน่งใกล้เคียงกับแถบแอลคาลอยด์ที่พบในสารสกัดจากพืช 5 ชนิด ได้แก่ เมียงป่า (S4) ผักสมุย (S5) มันปลา (S6) ก่อข้าว (S9) และ ทะโล้ (S10) ที่มีค่า R_f อยู่ระหว่าง 0.23-0.24 (ตารางที่ 4.10) ซึ่งการตรวจพบแอลคาลอยด์ในตำแหน่งที่แตกต่างกันนั้น เกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างพื้นฐานของแอลคาลอยด์ทั้ง 14 กลุ่ม (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

จากการอ้างอิงจำนวนแถบโครมาโทแกรมของแอลคาลอยด์ของสารสกัดพืช พบว่า สารสกัดมันปลา และหญ้าเอ็นเสื่อ ประกอบด้วยแอลคาลอยด์อย่างน้อย 2 ชนิด ส่วนสารสกัดเมียงป่า ผักสมุย ก่อข้าว และทะโล้ ประกอบด้วยแอลคาลอยด์อย่างน้อย 1 ชนิด ในการศึกษารั้งนี้ ตรวจพบแอลคาลอยด์ในสารสกัดผักสมุยอย่างน้อย 1 ชนิด สอดคล้องกับรายงานแอลคาลอยด์ 2',2'-dimethyl-pyrano-(5',6',-3,4)-2-quinolone ในใบผักสมุยด้วยเทคนิค TLC (วิริสรา วัชศิริโรจน์, 2523) และคาร์บาไซด แอลคาลอยด์ในกิ่งผักสมุยด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี (Nakahara และ คณะ, 2002) แต่ในสารสกัดใบหมีเหม็นไม่พบแอลคาลอยด์ ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Mandal และ คณะ (2000) ที่รายงานผลบวกในการทดสอบแอลคาลอยด์เบื้องต้นในเปลือกต้นหมีเหม็น อีกทั้ง ในยางและเปลือกต้นของหมีเหม็นประกอบด้วยแอลคาลอยด์หลายชนิด ได้แก่ laurelloptine, laurotetanine, irriodenene, litseferine และ sebiferine (นันทวัน บุญยะประกฤษ และ คณะ, 2543)

การตรวจพบแอลคาลอยด์ของสารสกัดพืชเพียงบางชนิด อาจเนื่องจาก พืชแต่ละชนิด จะสร้างและสะสมแอลคาลอยด์ในส่วนต่างๆ รวมทั้งระยะการเจริญในวงจรของพืช จึงพบการเปลี่ยนแปลงทั้งชนิดและของปริมาณแอลคาลอยด์อยู่ตลอด (วิณา จิรัญรียากุล และ คณะ, 2534) เป็นผลให้แอลคาลอยด์ที่สะสมในพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน และปริมาณแอลคาลอยด์ที่พบในสารสกัดพืชชนิดต่างๆ นั้น อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืช เช่น กลุ่มไอโซควิโนลีน (isoquinoline) สามารถทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และริดิคว์โพแทสเซียมเพอร์ริกไซยาไนด์ (potassium ferricyanide) รวมถึงยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันสูงกว่า เควอซีติน คาเฟอีน (caffeine) และกรดแกดลิก (Maiza-Benabdesselam และ คณะ, 2007) นอกจากนี้ Keawpradub และ คณะ (2005) รายงานสอดคล้องกันว่า แอลคาลอยด์กลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และมีฤทธิ์ต้านมะเร็งเต้านม MCF-7 ที่ดี

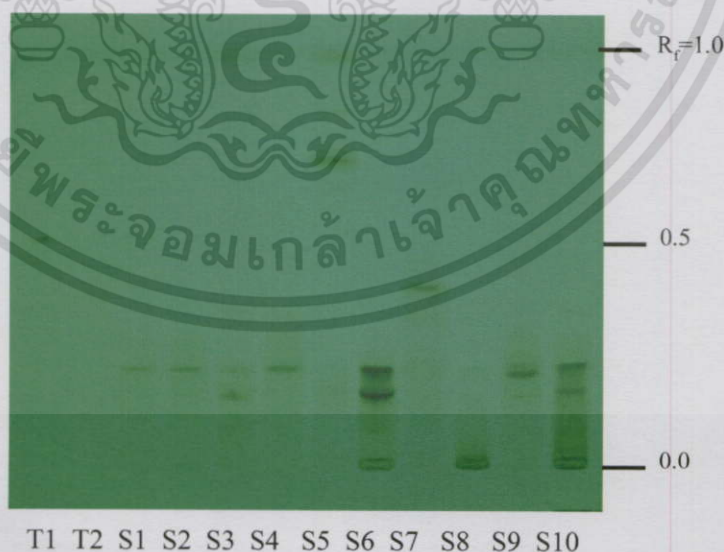
อย่างไรก็ตาม การใช้เทคนิค TLC ตรวจสอบสารสำคัญทางพฤกษเคมี มีข้อจำกัดในกรณีที่สารที่แยกได้มีสมบัติบางประการเหมือนกัน จึงต้องตรวจสอบควบคู่ไปกับวิธีมาตรฐานตรวจสอบที่ทำปฏิกิริยาเฉพาะกับสารแต่ละชนิด นอกจากนี้ ในการวิเคราะห์โครมาโทแกรมของแอลคาลอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และฟลาโวนอยด์ พบว่า สารสกัดพืช 3 ชนิด ตรวจพบตำแหน่งแอลคาลอยด์ (ตารางที่ 4.10) ตรงกับตำแหน่งที่ปรากฏของฟลาโวนอยด์ที่ตรวจสอบภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (ตารางที่ 4.11) ได้แก่ สารสกัดเมี่ยงป่า ก่อข้าว และทะเล่ ซึ่ง Wagner และ Bladt (1996) ได้ระบุว่า แอลคาลอยด์บางกลุ่ม มีสมบัติทำลายแสงฟลูออเรสเซนซ์ เมื่อตรวจสอบภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตรได้ เช่น อินโดล (indoles) ควิโนลีน (quinolines) ไอโซควิโนลีน (isoquinolines) พูรีน (purine) และโทรเพน (tropine) เป็นต้น จึงอาจทำให้การอ่านค่าผิดพลาด หรือ เกิดผลบวกอำพราง (false positive) ในการตรวจสอบฟลาโวนอยด์ได้ และนิยมใช้รีเอเจนต์คราเจนคอร์ฟเป็นตัวบ่งชี้ แอลคาลอยด์ ดังที่พบในสมุนไพรข้าวหลามดง (บุปผาชาติ พตค้วง และ คณะ, 2546)

4.5.2 ฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารพฤษเคมีที่มีบทบาทในการต้านออกซิเดชันและมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลายประการเช่น แก้อักเสบ ต้านเซลล์มะเร็ง ต้านเชื้อรา เป็นต้น (Yanishlieva-Maslarova, 2001; รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) ฟลาโวนอยด์ทุกชนิดมีสมบัติในการทำลายแสงฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence quenching) จึงปรากฏเป็นแถบที่บดบังแสงบนพื้นเรืองแสงสีเขียว เมื่อตรวจสอบภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (ภาพที่ 4.3) จากผลการทดลองพบว่า ฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบที่พบได้ในสารสกัดพืชทุกชนิด โดยตรวจพบจำนวนแถบของฟลาโวนอยด์ 2-6 แถบ และฟลาโวนอยด์เกือบทั้งหมดที่ตรวจพบในสารสกัดพืชเป็นสารที่มีขั้วสูง (มีค่า R_f น้อยกว่า 0.3)



ภาพที่ 4.3 โครมาโทแกรมฟลาโวนอยด์ที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด

(T1=เคอวซิดิน, T2=คาทิจิน, S1=หมีเหม็น, S2=หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่, S3=ตัวเกลี้ยง, S4=เมี่ยงป่า, S5=ผักสมุย, S6=มันปลา, S7=หญ้าเอ็นเสื่อ, S8=กระโดน, S9=ก่อก้าว, S10=ทะเล่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาค่า R_f ของสารมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด คือ เควอซีติน (quercetin) และคาทิจิน (catechin) เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมของสารสกัดพืชทั้ง 10 ชนิด (ตารางที่ 4.11) พบว่า สารมาตรฐานคาทิจิน (มีค่า R_f เท่ากับ 0.39) นั้น มีตำแหน่งใกล้เคียงกับแถบที่พบในสารสกัดหญ้าเอ็นเสื่อ (S7, R_f เท่ากับ 0.40) แต่แถบที่แยกได้จากหญ้าเอ็นเสื่อมีความเข้มมากกว่าแถบของคาทิจิน แสดงว่า มีความเข้มข้นมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารมาตรฐานเควอซีติน (มีค่า R_f เท่ากับ 0.51) เป็นฟลาโวนอยด์ที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกับแถบที่แยกได้จากสารสกัดหมีเหม็น (S1) ที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.52 สำหรับสารสกัดพืชอื่นๆ อีก 8 ชนิดนั้น ไม่พบแถบใดที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกับสารมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด

จากโครมาโทแกรมของฟลาโวนอยด์ของสารสกัดพืชที่แยกได้ (ตารางที่ 4.11) พบว่า สารสกัดก่อข้าว (S9) ตรวจพบฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบมากที่สุด และพบอย่างน้อย 6 ชนิด รองลงมาคือ สารสกัดตัวเกลี้ยง (S3) เมียงป่า (S4) ผักสมุย (S5) และหญ้าเอ็นเสื่อ (S7) พบอย่างน้อย 5 ชนิด ส่วนสารสกัดมันปลา (S6) และสารสกัดทะเลใต้ (S10) พบอย่างน้อย 4 ชนิด ในขณะที่ สารสกัดหมีเหม็น (S1) และหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ (S2) ตรวจพบอย่างน้อย 3 ชนิด แต่สารสกัดกระโดน (S8) ตรวจพบฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบน้อยที่สุด คือ อย่างน้อย 2 ชนิด ลักษณะของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช 7 ชนิด ได้แก่ หมีเหม็น (S1) หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ (S2) ตัวเกลี้ยง (S3) เมียงป่า (S4) มันปลา (S6) ก่อข้าว (S9) และทะเลใต้ (S10) มีความคล้ายคลึงกัน โดยแถบโครมาโทแกรมที่ตำแหน่ง 3 และ 4 (มีค่า R_f อยู่ระหว่าง 0.21-0.24) พบว่า มีความเข้มมาก (+++) (ตารางที่ 4.11) ซึ่งความเข้มของแถบที่แยกได้นั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารที่พบ รวมถึงฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันอีกด้วย (ธารินี สืบปาละ และ คณะ, 2550)

ในการศึกษาครั้งนี้ ตรวจพบฟลาโวนอยด์ในสารสกัดเมียงป่าอย่างน้อย 4 ชนิด แต่ไม่พบแถบบริเวณตำแหน่งของสารมาตรฐานคาทิจิน ((+)-catechin) ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ Yamamoto และ คณะ (1997) ที่ตรวจพบ ((+)-catechin) และคาทิจินอื่นๆ เช่น (-)-epigallocatechin 3-gallate, (-)-epigallocatechin, (-)-epicatechin 3-gallate และ (-)-epicatechin เป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทดสอบด้วยเทคนิค TLC นี้ มีความไวต่อการวิเคราะห์สารที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ (รัตนา อินทรานุกุล, 2547) ดังนั้น สารสกัดเมียงป่าอาจมีความเข้มข้นต่ำ จนไม่สามารถตรวจสอบได้ อีกทั้ง คาทิจินที่มีอนุพันธ์แตกต่างกัน อาจเคลื่อนที่ได้แตกต่างกัน หรือ มีค่า R_f ที่แตกต่างกันก็ได้ นอกจากนี้ สารสกัดกระโดนที่ตรวจพบฟลาโวนอยด์จำนวนอย่างน้อย 2 ชนิด แต่กลับไม่พบตำแหน่งที่ตรงกับเควอซีติน ดังที่ นันทวัน บุญยประภัสร์ และ คณะ (2539) รายงานไว้ ซึ่งนอกเหนือจากความเข้มข้นของสารสกัดที่อาจต่ำเกินกว่าที่จะตรวจพบด้วยเทคนิค TLC แล้ว ยังอาจมีปัจจัยอื่นๆ เช่น ความแตกต่างของสภาพแวดล้อม การเพาะปลูก การสังเคราะห์ และสะสม

ตารางที่ 4.11 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบโครมาโทแกรมฟลาโวนอยด์ในสารสกัดพืชที่คัดเลือก 10 ชนิด

ตำแหน่งที่พบ	ค่า R_f และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช											
	เคอร์ซีติน	คาทีชิน	หมึมหั่น	หมึมหั่นพันธุ์ใหญ่	ตัวกลีบ	เมียงป่า	ผักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเดือ	กระโดน	ก่องข้าว	ทะโล้
1					0.09 (++)							
2									0.14 (+)			
3										0.16 (+)		
4						0.17 (+)	0.17 (+)	0.17 (+)			0.17 (+)	
5			0.18** (+)	0.18** (++)	0.18 (+++)							
6												0.19 (+)
7											0.21 (+++)	
8				0.22** (+++)						0.22 (+)		
9			0.23 (+++)		0.23 (+++)	0.23* (+++)		0.23 (+++)	0.23 (++)			
10											0.24* (+++)	0.24* (+++)
11									0.26 (+)			0.26 (+)
12								0.28 (+)			0.28 (+++)	
13						0.29 (+)						
14								0.31 (+)			0.31 (+)	
15						0.34 (+)			0.34 (+)			
16				0.36 (+)	0.36 (+)	0.36 (+)					0.37 (+)	
17		0.39 (++)										
18									0.40 (+++)			
19												0.45 (+)
20	0.51 (+++)											
21			0.52 (+)									
22								0.65 (+++)				
23								0.68 (+)				
24								0.76 (+)				
25					0.89 (+)		0.89 (+++)					
จำนวนแถบ	1	1	3	3	5	5	5	4	5	2	6	4

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_f เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม

เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เครื่องหมาย *, ** หมายถึง ตำแหน่งที่ตรวจพบแอลคาลอยด์, คูมาริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

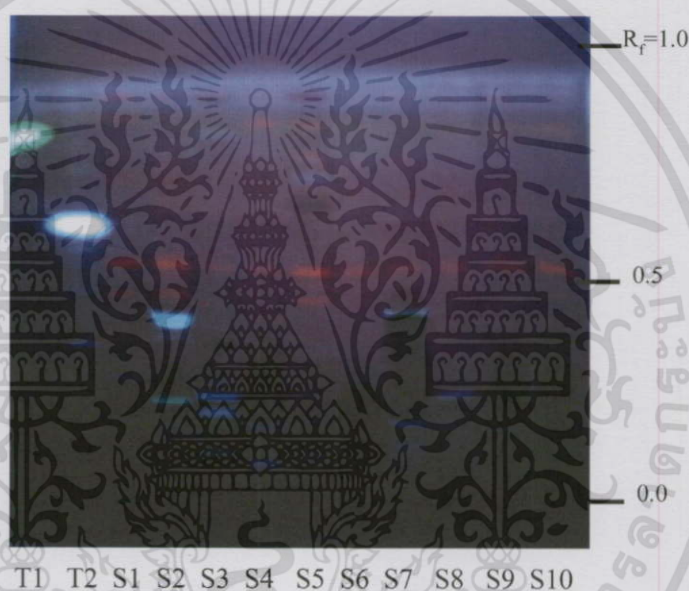
สารในพืช ตลอดจน อายุการเก็บเกี่ยว (Witzell และ คณะ, 2003) รวมถึง วิธีการสกัดด้วย (Vogel และ คณะ, 2005) ส่วนการตรวจพบฟลาโวนอยด์อย่างน้อย 5 ชนิดในสารสกัดผักสมุย อาจเป็น ฟลาโวน 5,7-dihydroxy-3,4',6,8'-tetramethoxyflavone และอนุพันธ์ของกรดไดไฮโดรซินนามิก (dihydrocinnamic acid) ที่รายงานในผักสมุยของประเทศบังกลาเทศ (Sohrab และ คณะ, 2004)

ฟลาโวนอยด์ที่ตรวจพบบนโครมาโทแกรมของพืชทั้ง 10 ชนิด อาจเป็นสารพฤกษเคมีที่มีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชัน เช่น เควซีตินมีความสามารถในการรีดิวซ์โลหะและทำลายอนุมูล ABTS^{•+} (Wojdyło และ คณะ, 2007) หรือไมริซีติน (myricetin) และ myricetin-3-rhamnoside สามารถทำลายอนุมูล DPPH ได้สูงกว่า Trolox ถึง 2 เท่า (Tabart และ คณะ, 2009) และ ฟลาโวนอยด์ในพืชสกุล Haplopappus ก็มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยเช่นกัน (Vogel และ คณะ, 2005) ซึ่งความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืช ขึ้นอยู่กับจำนวนและปริมาณของฟลาโวนอยด์ ตลอดจน สารประกอบฟีนอลิกอื่นๆ (ชาวินี สืบปาละ และ คณะ, 2550) นอกจากนี้ โครงสร้างที่ต่างกันของฟลาโวนอยด์ ก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันเช่นกัน (Cai และ คณะ, 2006; Tabart และ คณะ, 2009)

การใช้เทคนิค TLC ยังมีข้อจำกัดอยู่มาก เนื่องจาก ไม่สามารถแยกสารประกอบที่มีความเป็นขั้วใกล้เคียงกันออกจากกันและรีเอเจนต์หรือวิธีการตรวจสอบอาจไม่จำเพาะกับสารสำคัญนั้นๆ จึงอาจพบตำแหน่งฟลาโวนอยด์ซ้อนทับ หรือ อยู่บนตำแหน่งเดียวกับสารสำคัญอื่นๆ ได้ เช่น แอลคาลอยด์ และ คูมาริน หรือสารประกอบที่มีพันธะคู่อย่างน้อย 2 คู่ในโครงสร้าง ก็มีสมบัติเช่นเดียวกับฟลาโวนอยด์ได้ (Wagner และ Bladt, 1996) ส่งผลให้ตรวจพบฟลาโวนอยด์บนตำแหน่งเดียวกับแอลคาลอยด์ (ในสารสกัดเมี่ยงป่า ก่อข้าว และทะเล่) และคูมาริน (ในสารสกัดหมีเหม็น และ หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้รีเอเจนต์อื่นๆ ในยืนยันผลอีกครั้ง หรือ อาจใช้รีเอเจนต์เนเชอรัลโพรดักส์ (NP/PEG) เพื่อทดสอบชนิดของฟลาโวนอยด์ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร โดยฟลาโวนอลจะเรืองแสงสีเหลือง หรือ สีเขียว ส่วนฟลาโวนเรืองแสงสีส้ม แต่คูมารินบางชนิดจะเรืองแสงในสีอื่นๆ เช่น scopoletin เรืองแสงสีน้ำเงิน และการเรืองแสงจะเกิดขึ้นในระยะเวลาที่จำกัด (Wagner และ Bladt, 1996) ซึ่งในการทดลองนี้มีข้อจำกัดหลายประการ จึงไม่ได้ทำการยืนยันผลการตรวจสอบอีกครั้ง อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ก็มีความสะดวก และรวดเร็วมากกว่า อีกทั้งยังไม่ทำให้สารประกอบที่แยกได้เสียหาย จึงสามารถนำไปวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิคอื่นๆ ต่อไป เช่น Nuclear magnetic resonance (NMR) หรือ Mass spectrometer (MS) ต่อไป (Sherma, 2000)

4.5.3 คูมาริน

คูมาริน เป็นสารพฤกษเคมีที่มีกลิ่นหอม นิยมใช้แต่งกลิ่น ตลอดจน เป็นยารักษาโรค (วิมา จิรัจฉริยากุล และ คณะ, 2534) คูมารินสามารถตรวจสอบด้วยรีเอเจนต์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เกิดการเรืองแสงสีเขียว หรือ สีส้มเงินภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร จากผลการทดลองในภาพที่ 4.4 พบว่า สารสกัดมันปลา ก่อข้าว และทะเล่ ตรวจสอบไม่พบ คูมารินเป็นองค์ประกอบ แต่ในสารสกัดพืชอีก 7 ชนิด คือ หมีเหม็น หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ ตั้วเกลี้ยง เมี่ยงป่า ผักสมุย หล้าเอ็นเสือ และกระโดน ตรวจพบคูมารินเป็นองค์ประกอบสำคัญ และคูมาริน ส่วนใหญ่ของพืชทั้ง 7 ชนิด ล้วนแต่เป็นสารที่มีขั้วสูง (มีค่า R_f น้อยกว่า 0.3)



ภาพที่ 4.4 โครมาโทแกรมคูมารินที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด

(T1=คูมาริน, T2=umbelliferone, S1=หมีเหม็น, S2=หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่, S3=ตั้วเกลี้ยง, S4=เมี่ยงป่า, S5=ผักสมุย, S6=มันปลา, S7=หล้าเอ็นเสือ, S8=กระโดน, S9=ก่อก้าว, S10=ทะเล่)

ผลการวิเคราะห์ค่า R_f ของสารมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด คือ คูมาริน (coumarin) และ umbelliferone เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช (ตารางที่ 4.12) พบว่า คูมาริน เป็นองค์ประกอบที่สามารถพบได้พืชบางชนิด โดยตรวจพบคูมาริน (มีค่า R_f เท่ากับ 0.81) ที่ตำแหน่งเดียวกับแถบที่แยกได้จากสารสกัดตั้วเกลี้ยง (S3) ส่วน umbelliferone (มีค่า R_f เท่ากับ 0.61) ก็มีตำแหน่งใกล้เคียงกับแถบที่พบในสารสกัดเมี่ยงป่า (S4) และผักสมุย (S5) ซึ่งมีค่า R_f อยู่ระหว่าง 0.58-0.59 นอกจากนี้ แถบเรืองแสงส่วนใหญ่ของคูมารินมีสีน้ำเงิน ยกเว้นที่ตรวจพบในสารสกัดหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ (S2) มีสีน้ำเงิน-เขียวในทุกตำแหน่ง แสดงว่า คูมารินที่เป็นองค์ประกอบในพืชนั้นมีโครงสร้างอย่างง่าย (simple coumarins) (Wagner และ Bladt, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบโครมาโทแกรมคูมารินในสารสกัดพืชที่คัดเลือก
10 ชนิด

ตำแหน่ง ที่พบ	ค่า R_f และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช											
	คูมาริน	umbelliferone	หมีเหม็น	หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่	ตัวเกลี้ยง	เมี่ยงป่า	ผักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเสื่อ	กระโดน	ก่อขาว	ทะโล้
1			0.09 (+)	0.09 (+)			0.09 (+)					
2						0.10 (++)						
3					0.11 (++)							
4						0.16 (++)			0.16 (+)			
5					0.17 (++)		0.17 (+)					
6			0.18 (++)	0.18 (++)								
7					0.20 (++)							
8				0.22 (+++)					0.22 (+)			
9					0.24 (+)					0.24 (+)		
10									0.42 (++)			
11							0.58 (+)					
12							0.59 (+)					
13		0.61 (+++)										
14	0.81 (+++)				0.81 (+)							
จำนวนแถบ	1	1	2	3	5	3	3		3	1	-	-

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_f เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม

เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

สารสกัดพืชประกอบด้วยคูมารินอย่างน้อย 1-5 ชนิด (ตารางที่ 4.12) และสารสกัดตัวเกลี้ยง (S3) ตรวจพบจำนวนคูมารินมากที่สุด คือ อย่างน้อย 5 ชนิด รองลงมา คือ สารสกัดหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ (S2) เมี่ยงป่า (S4) ผักสมุย (S5) และหญ้าเอ็นเสื่อ (S7) ที่มีคูมารินอย่างน้อย 3 ชนิด ได้แก่ ส่วนสารสกัดหมีเหม็น (S1) และกระโดน (S8) ตรวจพบอย่างน้อย 2 และ 1 ชนิด ตามลำดับ และในศึกษาครั้งนี้ ตรวจพบคูมารินอย่างน้อย 3 ชนิดในสารสกัดผักสมุย ซึ่งอาจได้แก่ micromilin, microminutin และ micromarin เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประภัสร์ และ คณะ, 2543; van Valkenburg และ Bunyapratsara, 2001; Rahmani และ คณะ, 2003)

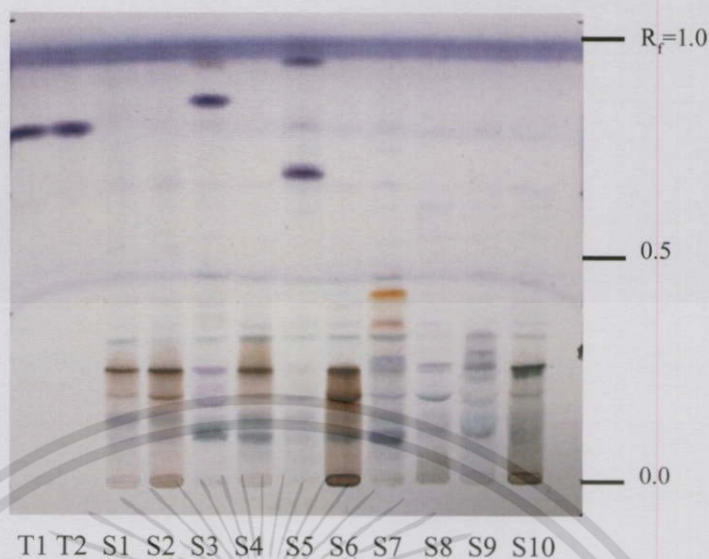
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ยังพบรายงานเกี่ยวกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันของควมาริน ดังเช่น ควมารินในพืชสมุนไพรของไต้หวัน (Wu และ คณะ, 2007) ส่วน Cavar และ คณะ (2009) รายงานว่า โครงสร้างของควมารินแตกต่างกัน ส่งผลให้ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และ ความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมดด้วยวิธี FRAP แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม รายงานของ Yu และ คณะ (2005) พบว่า ควมารินในพืชตระกูลส้มมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันต่ำ แสดงว่า ควมารินที่พบ ในพืชแต่ละชนิดนั้น มีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชด้วยเช่นกัน

การทดสอบควมารินด้วยเทคนิค TLC อาจเกิดผลบวกอำพราง (false positive) จากสารสำคัญ ในกลุ่มอื่นๆ เนื่องจาก กรดฟีนอลิกที่มีโครงสร้างแบบไฮดรอกซีซินนามิก เช่น กรดคาเฟอิก กรดคลอโรจีนิค หรือ แอลคาลอยด์บางชนิด เช่น ควินิน cinchonine และ epiquinidine เป็นต้น ที่สามารถเรืองแสงสีน้ำเงิน ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร ได้ เช่นเดียวกับควมาริน (Wagner และ Blatt, 1996; Baerheim-Svensen และ Verpoorte, 1983) อีกทั้ง ควมารินเอง ก็มีสมบัติการทำลายฟลูออเรสเซนต์เช่นเดียวกับฟลาโวนอยด์และแอลคาลอยด์ ดังที่ อภิปรายมาแล้ว ดังนั้น การตรวจสอบควมารินจึงต้องมีการเปรียบเทียบตำแหน่งโครมาโทแกรม ร่วมกับการใช้รีเอเจนต์ตรวจสอบที่จำเพาะ เพื่อบ่งชี้สารในกลุ่มนี้

4.5.4 สเตอรอยด์และเทอร์ปีน

สเตอรอยด์และเทอร์ปีนเป็นกลุ่มของสารที่ละลายได้ดีในไขมัน มีโครงสร้างคล้ายฮอร์โมน และมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลายด้าน เช่น ลดความดันโลหิต ลดระดับคอเลสเตอรอล ด้านอักเสบ เป็นต้น (วิภา จิริงกรยากุล และ คณะ, 2534) ซึ่งการตรวจสอบสเตอรอยด์และเทอร์ปีนใช้รีเอเจนต์ อะนิซัลดีไฮด์-กรดซัลฟูริก (anisaldehyde-H₂SO₄) ในการทำปฏิกิริยา เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน สีน้ำเงินม่วง สีแดง หรือสีม่วงแดง (ภาพที่ 4.5) สารสกัดจากพืชทุกชนิดประกอบด้วย สเตอรอยด์ และเทอร์ปีน และการอ้างอิงจำนวนจากแถบโครมาโทแกรม ซึ่งตรวจพบสเตอรอยด์และเทอร์ปีน ในสารสกัดพืชอยู่ไม่น้อยกว่า 5-11 ชนิด โดยเฉพาะ สารสกัดผักสมุย (S5) และ ด้วงเกลี้ยง (S3) ประกอบด้วยสเตอรอยด์และเทอร์ปีนมากที่สุด คือ อย่างน้อย 11 ชนิด รองลงมาคือ สารสกัดหญ้า เอ็นเสื่อ (S7) กระโดน (S8) และ ก่อข้าว (S9) พบอย่างน้อย 9 ชนิด และ สารสกัดทะเล่ (S10) พบอย่างน้อย 8 ชนิด ส่วนสารสกัดหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ (S2) และเมี่ยงป่า (S4) พบอย่างน้อย 7 ชนิด ในขณะที่สารสกัดมันปลา (S6) และหมีเหม็น (S1) พบอย่างน้อย 5 และ 3 ชนิด ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 โครมาโทแกรมสเตอรอยด์และเทอร์ปีนที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด (T1=สติกมาสเตอร์อล, T2=เบตา-ซิโตสเตอร์อล, S1=หมีเหม็น, S2=หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่, S3=ตัวเกลี้ยง, S4=เมี่ยงป่า, S5=ผักสมุย, S6=มันปลา, S7=หญ้าเอ็นเสือ, S8=กระโดน, S9=ก้อข้าว, S10=ทะเล)

ผลการวิเคราะห์ค่า R_f และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของพืชทั้ง 10 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.13 โดยค่า R_f ของสารมาตรฐานสติกมาสเตอร์อล (stigmasterol) และเบตา-ซิโตสเตอร์อล (β -sitosterol) ที่ใช้เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมของสารสกัดพืชมีค่าเท่ากับ หรือ เท่ากับ 0.77 ตำแหน่งของสารมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด ใกล้เคียงกับแถบที่พบได้ในสารสกัดพืช 5 ชนิด ได้แก่ ตัวเกลี้ยง (S3) ผักสมุย (S5) หญ้าเอ็นเสือ (S7) กระโดน (S8) และ ก้อข้าว (S9) ซึ่งมีค่า R_f อยู่ระหว่าง 0.76-0.78

ในการศึกษาครั้งนี้ ตรวจพบสเตอรอยด์และเทอร์ปีนในสารสกัดใบผักสมุยสอดคล้องกับรายงานการแยกสเตอรอล (sterol) จากเปลือกต้นผักสมุยด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีของ วิมล ตันติไชยากุล (2528) ด้วย นอกจากนี้ การพบสเตอรอยด์และเทอร์ปีนในสารสกัดใบหมีเหม็น ยังสอดคล้องกับ Mandal และ คณะ (2000) ที่รายงานในเปลือกต้นหมีเหม็น ส่วนผลของสารสกัดใบตัวเกลี้ยงประกอบด้วยสารกลุ่มนี้อย่างน้อย 10 ชนิด ซึ่ง Hao Dieu Nguyen และ Harrison (1998) รายงานการพบลูพ็อดอล (lupeol) และ (13E,17E)-polypoda-7,13,17,21-tetraen-3 β -ol เป็นองค์ประกอบในเปลือกต้นตัวเกลี้ยง ส่วนสเตอรอยด์และเทอร์ปีนที่ตรวจพบในสารสกัดกระโดน อย่างน้อย 10 ชนิด อาจเป็นไตรเทอร์ปีน เช่น ลูพ็อดอล บิวทาลิน (betulin) และ taraxerol เป็นต้น (นันทวัน บุญยประภัศร และ คณะ, 2539)

ตารางที่ 4.13 ค่า R_r และระดับความเข้มของแถบโครมาโทแกรมสเตอรอยด์และเทอร์ปีน
ในสารสกัดพืชที่คัดเลือก 10 ชนิด

ตำแหน่ง ที่พบ	ค่า R_r และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช											
	สเตอรอล	เบตา-ซิโตสเตอรอล	หมิ่นหมิ่น	หมิ่นหมิ่นพันธุ์ใหญ่	ตัวกลึง	เรียงป่า	ฝักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเสื่อ	กระโดน	ก้อข้าว	ทะเลใต้
1				0.10 (+)		0.10 (++)						
2					0.11 (++)		0.11 (+)	0.11 (+)		0.11 (+)	0.11 (+)	
3									0.12 (++)			
4			0.14 (+)	0.14 (+)		0.14 (+)						
5							0.15 (+)	0.15 (+)	0.15 (+)			
6											0.17 (+)	
7					0.19 (+)		0.19 (+)			0.19 (++)		
8									0.20 (+)			
9					0.22 (+)							
10											0.23 (+)	
11					0.25 (+)		0.25 (+)				0.25 (++)	0.25 (+++)
12									0.27 (+)			
13									0.28 (+)		0.28 (++)	
14									0.30 (+)			
15			0.31 (++)	0.31 (++)	0.31 (++)	0.31 (++)	0.31 (++)				0.31 (++)	0.31 (++)
16								0.32 (++)				
17				0.33 (+)					0.33 (++)	0.33 (+)		
18						0.34 (+)	0.34 (+)					0.34 (+)
19								0.35 (+)			0.35 (+)	
20						0.36 (+)			0.36 (++)	0.36 (+)		
21					0.37 (+)							
22				0.38 (+)								
23						0.39 (+)	0.39 (+)	0.39 (+)				0.39 (+)
24			0.40 (+)								0.40 (+)	
25					0.41 (+)							
26									0.42 (++)			

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_r เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม

เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

ตำแหน่ง ที่พบ	ค่า R_f และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช											
	สติกาเตอรอล	เบตา-ซิโตสเตอรอล	หมีเหม็น	หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่	ตัวเกลี้ยง	เมี่ยงป่า	ฝักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเสื่อ	กระโดน	ก่อข้าว	ทะเล่
27						0.45 (+)			0.45 (+)			0.45 (+)
28					0.46 (+)							
29				0.51 (+)						0.50 (+)		
30												0.54 (+)
31										0.61 (+)		0.61 (+)
32				0.64 (+)								0.64 (+)
33							0.67 (+)					
34							0.69 (+++)					
35											0.76 (+)	
36	0.77 (+++)	0.77 (+++)								0.77 (+)		
37					0.78 (+)		0.78 (+)		0.78 (+)			
38					0.83 (+++)							
39					0.91 (+)		0.91 (+++)					
จำนวนแถบ	1	1	3	7	11	7	11	5	9	9	9	8

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_f เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะ โครมาโทแกรมของสารสกัดพืชทั้ง 10 ชนิด (ตารางที่ 4.13) พบว่า สารสกัดตัวเกลี้ยง (S3) และฝักสมุย (S5) มีสเตอรอยด์และเทอร์ปีนที่มีขั้วต่ำเป็นองค์ประกอบ (มีค่า R_f สูงกว่า 0.6) โดยตำแหน่งที่ 18 ของสารสกัดตัวเกลี้ยงและตำแหน่งที่ 16 กับ 19 ของสารสกัดฝักสมุยนั้น มีความเข้มของแถบโครมาโทแกรมใกล้เคียงกับสารมาตรฐานสติกาเตอรอลและเบตา-ซิโตสเตอรอล ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารสกัดพืชชนิดอื่นๆ มีสเตอรอยด์และเทอร์ปีนที่มีขั้วสูงถึงปานกลางเป็นองค์ประกอบ

นอกจากนี้ แถบสีส้มบริเวณตำแหน่งที่ 26 หรือ มีค่า R_f เท่ากับ 0.42 ของโครมาโทแกรมของสารสกัดหญ้าเอ็นเสื่อ (S7) หรือ แถบสีน้ำตาลของโครมาโทแกรมของสารสกัดหมีเหม็นหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ เมี่ยงป่า และ มันปลา มีสีที่แตกต่างจากสีน้ำเงินม่วงที่เป็นสีของสารมาตรฐาน (ภาพที่ 4.5) แสดงถึง ความแตกต่างของโครงสร้างสารประกอบสเตอรอยด์และเทอร์ปีนที่พบในพืชแต่ละชนิด โดยโครงสร้างของสเตอรอยด์และเทอร์ปีนเกิดจากหน่วยไอโซพรีน (isoprene units)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

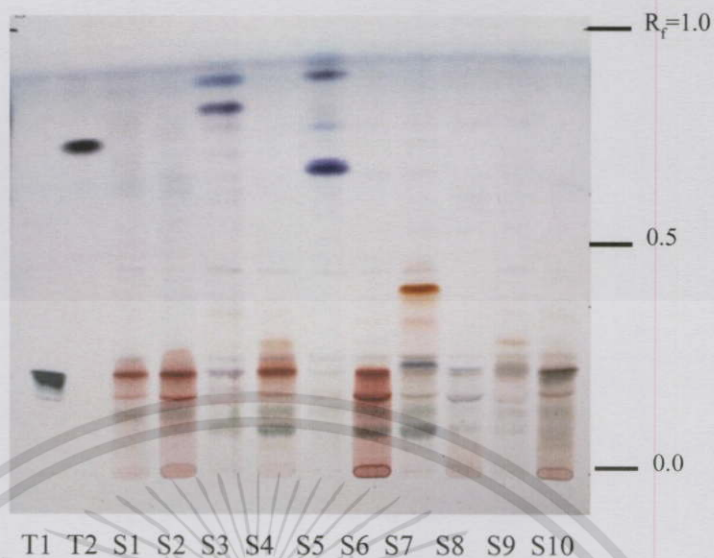
จากกระบวนการชีวสังเคราะห์ของอะซิเตทผ่านวิถี mevalonic acid และสามารถแบ่งโครงสร้างของเทอร์ปีน ออกเป็นโมโนเทอร์ปีน ไดเทอร์ปีน ไตรเทอร์ปีน และเซควิเทอร์ปีน (de Padua และคณะ, 1999) ซึ่งจากโครงสร้างที่แตกต่างกันนี้ ไม่เพียงส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกันดังที่ปรากฏบนโครมาโทแกรมแล้ว ความแตกต่างของสารประกอบนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์อะนิซิลดีไฮด์-กรดซัลฟูริก ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีแตกต่างกันอีกด้วย และการใช้รีเอเจนต์ตรวจสอบชนิดอื่นๆ เช่น วานิลลิน-กรดซัลฟูริก ก็ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสเตอรอยด์และเทอร์ปีนได้ (บุปผาชาติ พตด้วง และ คณะ, 2546) นอกจากนี้ ยังพบหน่วยไอโซพรีนเป็นองค์ประกอบในกลุ่มของสารสำคัญอื่นๆ เช่น คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แอลคาลอยด์ซาโปนิน น้ำมันหอมระเหย และ เรซิน เป็นต้น (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอื่นๆ ที่มีความจำเพาะต่อไป นอกจากนี้ การแยกสเตอรอยด์และเทอร์ปีนด้วย TLC ยังมีข้อจำกัดในกรณีที่สารมีขนาด หรือ มวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับที่พบในการแยกสารมาตรฐานทั้งสองชนิด

4.5.5 ซาโปนิน

ซาโปนิน เป็นสารพฤษเคมีที่มีสมบัติเฉพาะตัว และเมื่อฉีดเข้าสู่กระแสเลือด ส่งผลให้เม็ดเลือดแดงแตก นอกจากนี้ ยังใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยาในกลุ่มสเตียรอยด์ฮอร์โมน (ปราณี นันทศรี และ วาสนา ภาวะเวช, 2549) การตรวจสอบซาโปนินทำได้โดยใช้รีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริก (vanillin-H₂SO₄) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ดังภาพที่ 4.6 ผลการทดลองพบว่า สารสกัดพืชทั้ง 10 ชนิด ตรวจพบซาโปนินเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับฟลาโวนอยด์ และสเตอรอยด์และเทอร์ปีน ซึ่งจากโครมาโทแกรมของสารสกัดพืชตรวจพบซาโปนินไม่น้อยกว่า 5-11 ชนิด โดยสารสกัดพืช 2 ชนิดตรวจพบองค์ประกอบสูงสุดที่สุด คือ อย่างน้อย 11 ชนิด ได้แก่ ดีวเกลียง (S3) และผักสมุย (S5) รองลงมาคือ สารสกัดหญ้าเอ็นเสื่อ (S7) ตรวจพบอย่างน้อย 7 ชนิด ส่วนสารสกัดพืชที่พบซาโปนินอย่างน้อย 6 ชนิด ได้แก่ เมี่ยงป่า (S4) และก้อข้าว (S9) ในขณะที่สารสกัดหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ (S2) มันปลา (S6) และทะเล่ (S10) พบอย่างน้อย 5 ชนิด และสารสกัดกระโดน (S8) และหมีเหม็น (S1) ตรวจพบอย่างน้อย 4 และ 3 ชนิดตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบค่า R_f ของสารมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด คือ escin และ diosgenin พบว่าตำแหน่งที่ตรวจพบสารมาตรฐาน diosgenin หรือมีค่า R_f เท่ากับ 0.74 นั้น ไม่ตรงกับตำแหน่งของแถบที่ตรวจพบในสารสกัดพืชชนิดใดๆ ในขณะที่ตำแหน่งที่ตรวจพบสารมาตรฐาน escin (ค่า R_f เท่ากับ 0.22) เป็นตำแหน่งเดียวกับสารสกัดดีวเกลียง (S3) และใกล้เคียงกับสารสกัดกระโดน (S8) ที่มี R_f เท่ากับ 0.23 (ตารางที่ 4.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 โครมาโทแกรมซาโปนินที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด
(T1= escin, T2= diosgenin, S1=หมีเหม็น, S2=หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่, S3=ตัวกิ้งก่า,
S4=เมี่ยงป่า, S5=ผักสมุย, S6=มันปลา, S7=หญ้าเอ็นเสือ, S8=กระโดน, S9=ก้อข้าว, S10=ทะโล้)

ตารางที่ 4.14 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบโครมาโทแกรมซาโปนินในสารสกัดพืช
คัดเลือก 10 ชนิด

ตำแหน่งที่พบ		ค่า R_f และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช											
		Escin	Diosgenin	หมีเหม็น	หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่	ตัวกิ้งก่า	เมี่ยงป่า	ผักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเสือ	กระโดน	ก้อข้าว	ทะโล้
1				0.09 (+)	0.09 (+)	0.09 (+)	0.09 (++)	0.09 (+)	0.09 (++)				0.09 (+)
2										0.10 (++)	0.10 (+)		
3												0.11 (+)	
4						0.13 (+)	0.13 (++)						
5				0.14 (++)	0.14 (++)			0.14 (+)	0.14 (++)	0.14 (++)		0.14 (+)	0.14 (+)
6						0.15 (+)	0.15 (+)						
7						0.18 (+)		0.18 (+)					
8		0.22 (+++)				0.22 (++)							
9											0.23 (+)		
10								0.24 (+)					

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_f เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม

เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ตำแหน่งที่พบ	ค่า R_f และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช											
	escin	diosgenin	หมีเหม็น	หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่	ตัวเกลี้ยง	เหมียงป่า	ผักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเสื่อ	กระโดน	ก้อข้าว	ทะโล้
11					0.25 (+)	0.25 (+)			0.25 (++)			0.25 (+)
12							0.26 (+)	0.26 (+)	0.26 (+++)			
13										0.27 (+)		
14			0.29 (+)									
15											0.31 (++)	
16									0.34 (++)			
17					0.35 (+)	0.35 (+)						
18											0.36 (+)	0.36 (+)
19								0.39 (+)				
20				0.40 (+)								
21												0.43 (+)
22												
23					0.45 (+)				0.45 (+)			
24				0.46 (+)			0.46 (+)	0.46 (+)			0.46 (+)	0.46 (+)
25			0.47 (+)									
26									0.48 (+)			
27				0.66 (+)								
28								0.68 (+++)	0.68 (+)			
29								0.70 (++)				
30					0.71 (+)							
31		0.74 (+++)										
32					0.76 (+++)							
33								0.77 (+)				
34										0.78 (+)		
35					0.81 (+++)			0.81 (+++)				
36								0.89 (+)				
จำนวนแถบ	1	1	3	5	11	6	11	5	7	4	6	5

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_f เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม

เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาครั้งนี้ ตรวจพบซาโปนินในสารสกัดหยาบได้อย่างน้อย 8 ชนิด สอดคล้องกับ รายงานสารสกัดหยาบจากใบและผลของทะเล่ ประกอบด้วย ซาโปนินที่มีฤทธิ์ด้านเชื้อรา *Epidermophyton floccosum*, *Crosporium gypseum* และ *Trichophyton mentagrophytes* (พรพิพัฒน์ ณ พัทลุง และ คณะ, 2529) นอกจากนี้ ในสารสกัดใบหมีเหม็น ตรวจพบสารกลุ่มนี้อย่างน้อย 5 ชนิด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบซาโปนินเบื้องต้นของส่วนเปลือกหมีเหม็น (Mandal และ คณะ, 2000) ส่วนสารสกัดใบกระโดนตรวจพบซาโปนินอย่างน้อย 5 ชนิด และอาจเป็น *barringtonol C* และ *D* ที่พบมากในส่วนใบ (นันทวัน บุญประภัสร์ และ คณะ, 2539)

การที่สารสกัดจากพืชทั้ง 10 ชนิด มีซาโปนินเป็นองค์ประกอบ อาจส่งผลให้มีฤทธิ์ ด้านออกซิเดชันที่ค้ำขึ้น เช่น ไตรเทอร์พีนอยด์ซาโปนินที่พบในมันฝรั่งหวาน (*Ipomoea batatas*) มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันใกล้เคียงกับกรดแอสคอร์บิก และโครงสร้างของซาโปนิน มีอิทธิพลต่อฤทธิ์ด้านออกซิเดชันมากกว่าปริมาณที่พบ (Dimi และ คณะ, 2009) ดังนั้น โครงสร้าง ของซาโปนินที่พบในสารสกัดพืชแต่ละชนิด อาจมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงต่อความสามารถในการ ต้านออกซิเดชันของพืชอีกด้วย

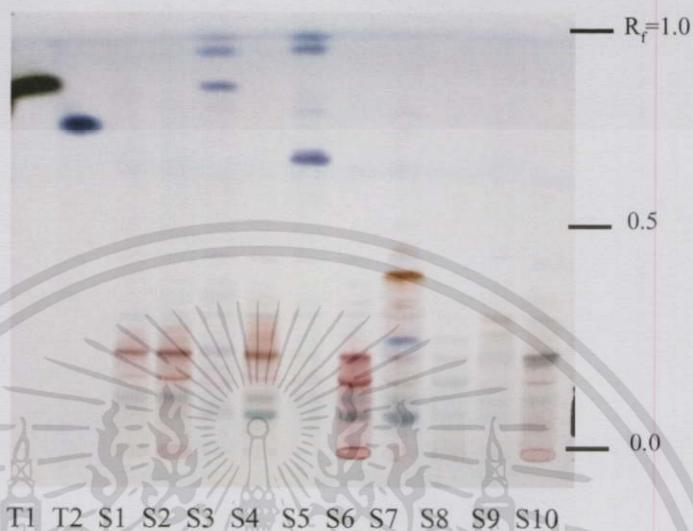
อย่างไรก็ตาม การใช้รีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริกตรวจสอบซาโปนิน มีข้อจำกัด คือ สารที่ประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีนในโครงสร้าง สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีกับ รีเอเจนต์นี้ได้ ซึ่งสารสำคัญแต่ละกลุ่มจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีแตกต่างจากสีน้ำเงินที่ ปรากฏของสารประกอบเชิงซ้อนของซาโปนิน แต่สารบางชนิด เช่น *foliamenthin*, *quassin*, *marrubiin* และ *thujone* สามารถให้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินได้เช่นเดียวกัน (Wagner และ Bladt, 1996) ถึงแม้ว่า การใช้สารแขวนลอยของเมล็ดเลือดแดง สามารถตรวจสอบซาโปนินได้ เช่นกัน (Sherma, 2000) แต่การใช้รีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริกได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจาก มีความสะดวก รวดเร็ว และขั้นตอนการเตรียมที่ง่ายกว่า

4.5.6 น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย มีสมบัติสำคัญหลายประการแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบที่พบ ทั้ง การฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการอักเสบ หรือ ลดความเครียด กระตุ้นให้สดชื่น (ปราณี นันทศรี และ วาสนา ภาระเวช, 2549) การตรวจสอบน้ำมันหอมระเหย ทำโดยใช้รีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริก ($\text{vanillin-H}_2\text{SO}_4$) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีแดง สีน้ำตาล หรือ สีน้ำเงิน (ภาพที่ 4.7) ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยเป็นสารสำคัญอีกกลุ่มหนึ่งที่พบในสารสกัดพืช ทุกชนิด นอกเหนือจาก สเตอรอยด์และเทอร์ปีน เป็นต้น อีกทั้งชนิดของน้ำมันหอมระเหยของ สารสกัดพืชทั้ง 10 ชนิด ตรวจพบจำนวนชนิด (แถบ) มากที่สุดจากการทดสอบสารสำคัญทุกกลุ่ม โดยตรวจพบไม่น้อยกว่า 6-15 ชนิด โดยสารสกัดหญ้าเอ็นเสื่อ (S7) ตรวจพบมากที่สุด คือ อย่างน้อย 15 ชนิด รองลงมาคือ สารสกัดผักสมุย (S5) ด้วงเกลี้ยง (S3) และสารสกัดทะเล่ (S10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจพบอย่างน้อย 12, 11 และ 10 ชนิด ตามลำดับ ในขณะที่ตรวจพบในสารสกัดหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ (S2) มันปลา (S6) กระโดน (S8) และก๋อข้าว (S9) อย่างน้อย 9 ชนิด ส่วนสารสกัดหมีเหม็น (S1) และเมี่ยงป่า (S4) ตรวจพบน้ำมันหอมระเหยน้อยที่สุดคือ อย่างน้อย 6 ชนิด



ภาพที่ 4.7 โครมาโทแกรมน้ำมันหอมระเหยที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด

(T1=ยูจีนอล, T2=เจอร์รานีออล, S1=หมีเหม็น, S2=หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่, S3=คิ้วเกลี้ยง, S4=เมี่ยงป่า, S5=ผักสมุย, S6=มันปลา, S7=หญ้าเอ็นเสือ, S8=กระโดน, S9=ก๋อข้าว, S10=ทะเล)

ค่า R_f ที่วิเคราะห์ได้และความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืชทั้ง 10 ชนิด สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.15 โดยเมื่อเปรียบเทียบค่า R_f ของสารมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด คือ ยูจีนอล (eugenol) และเจอร์รานีออล (geraniol) พบว่า ค่า R_f ของยูจีนอล เท่ากับ 0.83 มีค่าใกล้เคียงกับสารสกัดคิ้วเกลี้ยง (S3) และผักสมุย (S5) ที่มีค่า R_f อยู่ระหว่าง 0.81-0.83 ส่วนสารมาตรฐานเจอร์รานีออลมีค่า R_f เท่ากับ 0.74 พบตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับแถบที่แยกได้จากสารสกัดผักสมุย (S5) และมันปลา (S6) โดยมี ค่า R_f อยู่ระหว่าง 0.69-0.71 นอกจากนี้ สารสกัดผักสมุย อาจประกอบด้วย ยูจีนอล และ เจอร์รานีออล เนื่องจาก ตรวจพบแถบที่ตำแหน่งใกล้เคียงกับค่า R_f ของสารมาตรฐานทั้งสอง ในการศึกษาครั้งนี้ ตรวจพบชนิดน้ำมันหอมระเหยในใบของหมีเหม็นจำนวนอย่างน้อย 6 ชนิด อาจสอดคล้องกับรายงานในเมล็ดที่ประกอบด้วย laurostearin และ โอเลอิน (olein) (ก่องกานดา ชยามฤต, 2540)

ตารางที่ 4.15 ค่า R_p และระดับความเข้มของแถบโครมาโทแกรมน้ำมันหอมระเหยในสารสกัดพืชที่
คัดเลือก 10 ชนิด

ตำแหน่ง ที่พบ	ค่า R_p และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช											
	ยูจีนอล	เจอราโนล	หมีเหม็น	หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่	ตัวตึง	เมียงป่า	ผักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเตอ	กระโดน	ก้อข้าว	ทะไ้
1									0.08 (+++)			
2					0.09 (+++)	0.09 (+)	0.09 (+)	0.09 (+++)		0.09 (+)	0.09 (+)	
3				0.10 (+)								
4			0.13 (++)						0.13 (++)		0.13 (+)	0.13 (+)
5				0.14 (++)	0.14 (+)	0.14 (++)	0.14 (+)	0.14 (++)		0.14 (+)		
6											0.16 (+)	
7									0.17 (++)	0.17 (++)		
8			0.18 (+)	0.18 (+++)				0.18 (+++)				0.18 (++)
9					0.20 (++)							
10											0.21 (++)	
11									0.22 (++)			0.22 (+++)
12						0.23 (+++)	0.23 (++)	0.23 (+++)		0.23 (++)		
13			0.24 (+++)	0.24 (+++)	0.24 (++)						0.24 (++)	
14											0.25 (++)	
15									0.26 (+++)			
16										0.27 (+)		
17			0.31 (+)			0.31 (+)			0.31 (+)		0.31 (+)	0.31 (+)
18				0.32 (+)	0.32 (+)					0.32 (+)		
19							0.33 (+)	0.33 (+)				
20									0.34 (++)			
21			0.35 (+)	0.35 (+)		0.35 (+)		0.35 (+)				0.35 (+)
22					0.36 (+)		0.36 (+)		0.36 (+)	0.36 (+)	0.36 (+)	
23				0.40 (+)	0.40 (+)			0.40 (+)				
24									0.41 (+++)			
25												0.43 (+)

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_p เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม

เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

ตำแหน่งที่พบ	ค่า R_f และ ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช											
	ยูจีนอล	เจอราเนียม	หมีเหม็น	หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่	ตัวแดง	เมียงป่า	ผักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเสอ	กระโดน	ก้อข้าว	ทะโล้
26						0.44 (++)	0.44 (+)	0.44 (+)	0.44 (+)			
27					0.45 (++)						0.45 (+)	0.45 (+)
28			0.46 (+)	0.46 (+)					0.46 (+)			
29									0.47 (+)			
30									0.53 (+)	0.53 (+)		0.53 (+)
31									0.59 (+)			0.59 (+)
32							0.69 (++)					
33									0.71 (+)			
34		0.74 (+++)										
35									0.77 (+)			
36					0.78 (+)		0.78 (++)					
37							0.81 (+)					
38	0.83 (+++)				0.83 (+++)							
39					0.91 (+++)							
40							0.92 (+++)					
41									0.94 (+++)			
จำนวนแถบ	1	1	6	9	11	6	12	9	15	9	9	10

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_f เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบ โครมาโทแกรม เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบ โครมาโทแกรม เรียงลำดับจากน้อยไปมาก

น้ำมันหอมระเหยนั้น มีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชัน ซึ่งในสารสกัดพืชที่ทำการศึกษาทั้งหมดก็พบรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหย โดยน้ำมันหอมระเหยจากดอกและใบป๊อปเปอร์มีฤทธิ์ที่ดีในการทำลาซอนุมูลอิสระ DPPH และต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี β -carotene โดยมีองค์ประกอบสำคัญคือ β -caryphyllene และ τ -cadinene (Deba และ คณะ, 2007) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากผักแขยงมีฤทธิ์ในการทำลาซอนุมูลอิสระ DPPH ช่วยต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมัน รวมถึง ทำลาซอนุมูลไนตริกออกไซด์ (NO) โดยประกอบด้วย ยูจีนอล และเทอร์ปีนีน (γ -terpinene) เช่นเดียวกับพืชตระกูลส้มที่พบเจอราเนียม เทอร์ปีนีน (γ -terpinene และ terpinolene ซึ่งมีฤทธิ์ในการทำลาซอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดีเช่นกัน (Choi และ

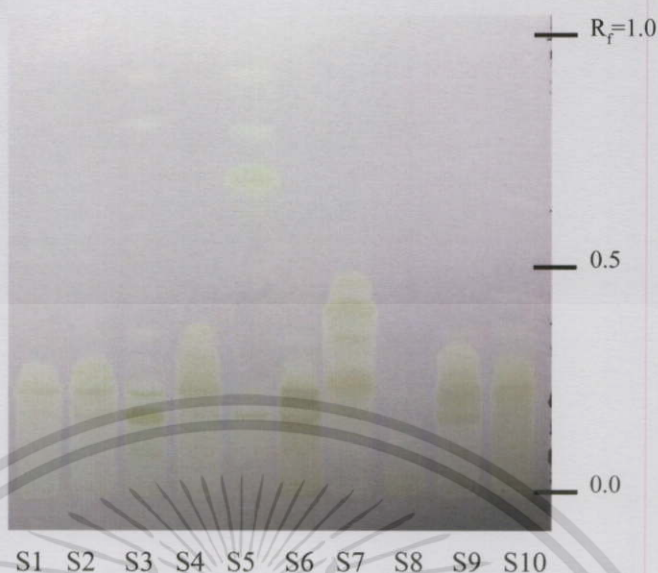
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะ, 2000) นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่างชนิดกัน ยังมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของน้ำมันหอมระเหยที่พบ (Wei และ Shibamoto, 2007) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณและชนิดของน้ำมันหอมระเหยที่พบในสารสกัดพืชแต่ละชนิด ล้วนส่งผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืช เช่นเดียวกับที่พบในสารสำคัญอื่นๆ

การตรวจสอบน้ำมันหอมระเหยและซาโปนินในการศึกษาครั้งนี้ ใช้รีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริก ทำให้ไม่สามารถจำแนกกลุ่มของสารพฤษเคมีในพืชบางชนิดได้ เนื่องจาก น้ำมันหอมระเหยจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีแดง สีน้ำตาล หรือ สีน้ำเงิน ในขณะที่ซาโปนินจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินเท่านั้น ดังนั้น แลบที่แสดงผลเป็นสีน้ำเงินเหมือนกัน จะไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นสารกลุ่มใด เนื่องจาก สารสำคัญทั้ง 2 กลุ่มมีหน่วยไอโซพรีน ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานของเทอร์ปีนเป็นองค์ประกอบ โดยน้ำมันหอมระเหยประกอบด้วย โมโนเทอร์ปีนหลายชนิด ส่วนซาโปนินมีโครงสร้างหลัก 2 แบบ คือ ไตรเทอร์พีนอยด์ซาโปนิน และ สเตอรอยด์ซาโปนิน (de Padua และ คณะ, 1999) ด้วยเหตุนี้ การวิเคราะห์สารทั้ง 2 กลุ่มนี้ ต้องอาศัยความเป็นขั้วของสารในระบบตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ มีความเป็นขั้วต่ำจึงเคลื่อนที่ไปกับเฟสเคลื่อนที่ได้ดีและมีค่า R_f สูง ส่วนซาโปนินที่มีความเป็นขั้วสูงกว่า จะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่า (วิภา จิรัจฉริยากุล และ คณะ, 2534) การบ่งชี้ชนิดของสารพฤษเคมี จึงจำเป็นต้องทดสอบในระบบตัวทำละลายที่แตกต่างกัน (Wagner และ Bladt, 1996) อย่างไรก็ตาม การเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่แอลดีไฮด์ของวานิลลิน กับ หมู่ต่างๆ ในโครงสร้างของน้ำมันหอมระเหย หรือ ซาโปนิน ไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนถึงตำแหน่งและหมู่ที่ทำปฏิกิริยา รวมถึง สีที่เกิดขึ้น (Waskmundzka-Hajnos และ คณะ, 2008) ดังนั้น การตรวจสอบสารด้วยรีเอเจนต์ชนิดนี้ ต้องอาศัยความเป็นขั้วของสารร่วมกับสีของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นในการอ้างอิงกลุ่ม นอกจากนี้ การใช้เทคนิค TLC ในการตรวจสอบน้ำมันหอมระเหย มีข้อจำกัดคือ สารประกอบที่มีหน่วยไอโซพรีนใดๆ อาจรบกวนและให้ผลบวกอำพรางได้ (วิภา จิรัจฉริยากุล และ คณะ, 2534) การตรวจสอบน้ำมันหอมระเหย ควรเลือกเฟสเคลื่อนที่ รวมถึง วิธีการสกัด และตัวทำละลายที่เหมาะสม

4.5.7 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ สามารถตรวจสอบโดยใช้สารละลาย DPPH สารประกอบใดที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูล DPPH จะเกิดเป็นแถบสีเหลืองบนพื้นสีม่วง โดยสารสกัดพืชทุกชนิด ตรวจพบสารต้านอนุมูลอิสระเป็นองค์ประกอบสำคัญและจากจำนวนแถบโครมาโทแกรมที่แยกได้ พบว่า สารสกัดพืชที่ทดสอบตรวจพบสารต้านอนุมูลอิสระไม่น้อยกว่า 2-8 ชนิดเป็นองค์ประกอบ (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 โครมาโทแกรมสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในสารสกัดพืชที่คัดเลือกจำนวน 10 ชนิด (S1=หมีเหม็น, S2=หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่, S3=ตัวกลิ้ง, S4=เมืองป่า, S5=ผักสมุย, S6=มันปลา, S7=หญ้าเอ็นเสือ, S8=กระโดน, S9=ก้อข้าว, S10=ทะเลใต้)

ผลการวิเคราะห์ค่า R_f และความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช แสดงได้ดังตารางที่ 4.16 โดยพบว่า สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในสารสกัดพืชทุกชนิดเป็นสารที่มีขั้วสูง (มีค่า R_f น้อยกว่า 0.3) และมีขั้วปานกลาง (มีค่า R_f อยู่ระหว่าง 0.3-0.6) มากกว่าสารที่มีขั้วต่ำ (มีค่า R_f มากกว่า 0.6) ยกเว้นที่ตรวจพบในสารสกัดผักสมุย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TBARS ที่พบว่าสารสกัดผักสมุย (S5) มีค่า TBARS สูงที่สุด (72.95 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการดังกล่าวเป็นการวัดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งสารต้านออกซิเดชันที่มีขั้วต่ำ จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่าสารที่มีขั้วสูง (Frankel และ คณะ, 1995; Chun และ คณะ, 2005) ส่วนสารสกัดมันปลา (S6) ที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันในวิธีการทดสอบอื่นๆ สูงที่สุด มีค่า TBARS อยู่ในกลุ่มต่ำ (4.212 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)) สอดคล้องกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจพบในโครมาโทแกรมซึ่งเป็นสารที่มีขั้วสูง (มีค่า R_f อยู่ระหว่าง 0.18-0.34) นอกจากนี้ วิธีการทดสอบหาสารต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค TLC ยังบ่งชี้ได้ว่า สารที่มีขั้วต่ำที่ตรวจพบในสารสกัดผักสมุยสามารถทำลายอนุมูล DPPH ได้ แต่ยังไม่ให้ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมน้อยกว่าที่ตรวจพบในสารสกัดมันปลา ดังนั้น ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืช จึงแตกต่างกันออกไป ตามความเป็นขั้วของสารต้านอนุมูลอิสระ ที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัดพืช วิธีการสกัดและ วิธีการทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ค่า R_f และระดับความเข้มของแถบโครมาโทแกรมของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดพืชที่คัดเลือก 10 ชนิด

ค่า R_f และ ความเข้มของแถบที่ปรากฏของสารสกัดพืช										
ตำแหน่งที่										
พบ	หมื่นหมื่น	หมื่นหมื่นพันผู้ใหญ่	ตัวกลึง	เมียงป่า	ผักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเตือ	กระโดน	ก้อข้าว	ทะเลโต้
1			0.11 (+++)							
2		0.17 (+++)		0.17 (+++)						
3			0.18 (+++)		0.18 (+++)	0.18 (+++)		0.18 (+++)	0.18 (+++)	0.18 (+++)
4		0.22 (+++)								
5	0.23 (+++)			0.23 (+++)	0.23 (+++)				0.23 (+++)	0.23 (+++)
6			0.24 (+++)			0.24 (+++)	0.24 (+++)	0.24 (+)		
7		0.28 (+)			0.28 (+)					
8						0.29 (+++)				
9			0.30 (+)							0.30 (+++)
10									0.31 (+++)	
11						0.34 (+++)	0.34 (+++)			
12		0.35 (+)								
13			0.36 (+)	0.36 (+)						0.36 (+++)
14									0.37 (+++)	
15							0.41 (+++)			
16										0.43 (++)
17				0.44 (+)						
18							0.46 (+++)		0.46 (++)	
19			0.47 (+)							
20	0.52 (+)									
21										0.64 (++)
22					0.68 (+++)					

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_f เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม

เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

ตำแหน่งที่	ค่า R_f และ ความเข้มของแถบที่ปรากฏของสารสกัดพืช										
	พบ	หมีเหม็น	หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่	ตัวเกลี้ยง	เมี่ยงป่า	ผักสมุย	มันปลา	หญ้าเอ็นเตือ	กระโดน	ก้อข้าว	ทะเลใต้
23						0.70 (+++)					
24						0.79 (++)					
25				0.81 (++)							
26										0.83 (++)	
27				0.92 (++)		0.92 (++)					
จำนวนแถบ	2	4	8	4	7	4	4	2	5	7	

หมายเหตุ ตัวเลข หมายถึงค่า R_f เรียงตามตำแหน่งที่พบแถบโครมาโทแกรม

เครื่องหมาย +, ++, +++ ในวงเล็บ หมายถึง ความเข้มของแถบโครมาโทแกรมเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

สารสกัดตัวเกลี้ยง (S3) ตรวจพบชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด หรือ อย่างน้อย 8 ชนิด รองลงมา ได้แก่ สารสกัดผักสมุย (S5) และทะเลใต้ (S10) ตรวจพบอย่างน้อย 7 ชนิด ส่วนสารสกัดจากก้อข้าว (S9) พบอย่างน้อย 5 ชนิด ในขณะที่ สารสกัดจากหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ (S2) เมี่ยงป่า (S4) มันปลา (S6) และหญ้าเอ็นเตือ (S7) พบอย่างน้อย 4 ชนิด ส่วนสารสกัดหมีเหม็น (S1) และกระโดน (S8) ตรวจพบเพียงอย่างน้อย 2 ชนิด (ตารางที่ 4.16) เมื่อเปรียบเทียบความเข้มของแถบบนโครมาโทแกรมพบว่า บริเวณตำแหน่งที่ 2 และ 3 ของสารสกัดพืชเกือบทุกชนิดมีความเข้มของแถบมาก (+++) แสดงว่า สารที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูล DPPH เป็นสารที่มีขั้วสูง ส่งผลให้การวิเคราะห์ความสามารถของสารสกัดพืชที่ทดสอบในระบบที่มีขั้ว เช่น วิธี TEAC และ FRAP รวมทั้ง DPPH มีประสิทธิภาพสูงถึงสูงมาก ดังนั้น ความแตกต่างของจำนวนและความเข้มของแถบบนโครมาโทแกรมของสารสกัดพืช นอกเหนือจาก จะสัมพันธ์กับชนิดและปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบแล้ว ยังส่งผลให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชแตกต่างกันอีกด้วย

เมื่อพิจารณาค่า R_f ของโครมาโทแกรมการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมของสารสำคัญทางพฤกษเคมีกลุ่มต่างๆ ทั้ง 6 กลุ่ม พบว่า สามารถระบุชนิดของสารพฤกษเคมีที่มีสมบัติในการทำลายอนุมูล DPPH ได้ เช่น ฟลาโวนอยด์ 2 ชนิด เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญในสารสกัดหมีเหม็น หรือ คูมารินและน้ำมันหอมระเหย เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญในสารสกัดหมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ (ตารางที่ 4.17) อย่างไรก็ตาม มีสารพฤกษเคมีหลายชนิดที่มีการซ้อนทับ หรือ อยู่บนตำแหน่งเดียวกัน ทำให้ไม่สามารถระบุว่าเป็นสารใดที่มีฤทธิ์

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบค่า R_f ระหว่างสารด้านอนุมูลอิสระกับสารสำคัญกลุ่มต่างๆ

สารสกัดพืช	สารสำคัญ*						
	ค่า R_f	ALK	STE	FLA	SAP	COU	ESO
หมีเหม็น	0.23	-	-	/	-	-	-
	0.52	-	-	/	-	-	-
หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่	0.17	-	-	-	-	-	-
	0.22	-	-	-	-	/	-
	0.28	-	-	-	-	-	-
	0.35	-	-	-	-	-	/
	0.11	-	/	-	-	/	-
คิ้วเกลี้ยง	0.18	-	-	/	/	-	-
	0.24	-	-	-	-	/	/
	0.30	-	-	-	-	-	-
	0.36	-	-	/	-	-	/
	0.47	-	-	-	-	-	-
	0.81	-	-	-	/	/	-
	0.92	-	-	-	-	-	-
	0.17	-	-	/	-	-	-
เมี่ยงป่า	0.23	/	-	-	-	-	/
	0.36	-	/	/	-	-	/
	0.44	-	-	-	-	-	/
ฝักสมุย	0.18	-	-	-	-	-	/
	0.23	-	-	-	-	-	/
	0.28	-	-	-	-	-	-
	0.68	-	-	/	/	-	-
	0.70	-	-	-	-	-	-
มันปลา	0.79	-	-	-	-	-	-
	0.92	-	-	-	-	-	-
	0.18	/	-	-	-	-	/
	0.24	/	-	-	-	-	/
หญ้าเอ็นเสือ	0.29	-	-	-	-	-	-
	0.34	-	-	-	-	-	-
	0.24	-	-	-	-	-	-
ก้อข้าว	0.34	-	-	/	-	-	/
	0.41	-	-	-	-	-	/
	0.46	-	-	-	-	-	/
	0.18	-	-	-	-	-	-
ทะโล้	0.23	-	/	-	-	-	-
	0.31	-	/	/	/	-	/
	0.37	-	-	-	-	-	-
	0.46	-	-	-	/	-	-
	0.18	-	/	-	-	-	/
	0.23	-	-	-	/	-	-
ทะโล้	0.30	-	/	-	-	-	-
	0.36	-	-	-	-	-	-
	0.43	-	-	-	/	-	/
	0.64	-	/	-	-	-	-
	0.83	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ * หมายถึง สารสำคัญกลุ่มต่างๆ ALK คือ แอลคาลอยด์; STE คือ สเตอรอยด์และเทอร์ปีน;
FLA คือ ฟลาโวนอยด์; SAP คือ ซาโปนิน; COU คือ คูมาริน; ESO คือ น้ำมันหอมระเหย
-, / หมายถึง ตรวจไม่พบ, ตรวจพบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการด้านอนุมูลิสรระ เช่น สารสกัดตัวเกลี้ยง ตำแหน่งที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.11 เป็นตำแหน่งเดียวกับ ที่พบสเตอรอยด์และเทอร์ปีน และ คูมาริน แต่จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า สารพฤษเคมีที่สำคัญทั้ง 6 กลุ่ม ล้วนความสัมพันธ์กับความสามารถในการด้านออกซิเดชัน และ เมื่อพิจารณาความเป็นขั้ว พบว่า สารที่มีขั้วสูง หรือ R_f น้อยกว่า 0.3 เช่น ฟลาโวนอยด์ แอลคาลอยด์ และคูมาริน มีแนวโน้มเป็นสารด้านอนุมูลิสรระที่สำคัญในสารสกัดหมีเหม็น หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ เมียงป่า มั่นปลา หญ้าเอ็นเสื่อ กระโดน และ ก่อข้าว แต่ในสารสกัดตัวเกลี้ยง ผักสมุย และทะเล ไล่ อาจเป็นผลร่วมกันระหว่างสารที่มีขั้วสูง กับสารที่มีขั้วต่ำ (ค่า R_f มากกว่า 0.6) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของน้ำมันหอมระเหย ซาโปนิน สเตอรอยด์และเทอร์ปีน

การที่ตรวจพบสารสำคัญทางพฤษเคมีคนละกลุ่มซ้อนทับ หรือ อยู่บนตำแหน่งเดียวกัน แสดงให้เห็นว่า สารที่แยกได้อาจมีโครงสร้างใกล้เคียงกัน หรือ มีขั้วเท่ากัน ซึ่งเป็นข้อจำกัดของเทคนิค TLC ที่ไม่สามารถแยกสารที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันออกจากกันได้ (ปราณี นันทศรี และวาสนา ภาระเวช, 2549) แต่ในบางกรณีอาจเกิดจกวิธีการตรวจสอบที่ให้ผลบวกอำพราง เช่น โครงสร้างบางชนิดที่ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ตรวจสอบได้ โดยแอลคาลอยด์ที่มีโครงสร้างแบบสเตอรอยด์ สามารถทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริก และให้ผลบวกในการทดสอบน้ำมันหอมระเหย ดังที่ตรวจพบในตำแหน่งซึ่งมีค่า R_f เท่ากับ 0.18 ของสารสกัดมันปลา หรือ การตรวจพบสารสำคัญถึง 4 ชนิด ที่ตำแหน่งเดียวกัน หรือ มีค่า R_f เท่ากับ 0.31 ในสารสกัดก่อก้าวได้แก่ สเตอรอยด์และเทอร์ปีน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และน้ำมันหอมระเหย (ตารางที่ 4.17) อาจเกิดเนื่องจาก หน่วยไอโซพรีนสามารถทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ทดสอบ อีกทั้งยังสามารถทำลายแสงฟลูออเรสเซนส์ได้เช่นเดียวกับฟลาโวนอยด์ (Wagner และ Bladt, 1996) ในกรณีเหล่านี้จำเป็นต้องแยกสารเพื่อนำไปพิสูจน์โครงสร้างด้วยเทคนิคอื่นๆต่อไป

นอกจากนี้ยังพบว่า แถบของสารด้านอนุมูลิสรระในพีชบางชนิด ไม่ตรงกับตำแหน่งที่พบสารสำคัญทางพฤษเคมีทั้ง 6 กลุ่มที่ทดสอบ (ตารางที่ 4.17) แสดงให้เห็นว่า สารสกัดพีชยังประกอบด้วย สารพฤษเคมีกลุ่มอื่นๆ ที่มีความสามารถในการด้านออกซิเดชันที่ดี เช่น แซนโทน ที่พบในเปลือกต้นและรากตัวเกลี้ยง (Hao Dieu Nguyen และ Harrison, 1998; Mahabusarakam และคณะ, 2006) หรือ แทนนินในดอกทะเล ไล่ (Yoshida และ คณะ, 1991) เป็นต้น

สารสกัดพีชที่ผ่านการคัดเลือกทั้งหมด 10 ชนิด มีลักษณะโครมาโทแกรมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว แต่มีองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นคล้ายคลึงกัน คือ ตรวจพบฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน สเตอรอยด์และเทอร์ปีน น้ำมันหอมระเหย และสารด้านอนุมูลิสรระเป็นองค์ประกอบ ยกเว้นสารสกัดพีชบางชนิดเท่านั้นที่ตรวจพบแอลคาลอยด์หรือคูมารินเป็นองค์ประกอบ และจากผลการทดลองพบพีชเพียง 3 ชนิดเท่านั้นที่ตรวจพบสารสำคัญทั้ง 7 กลุ่มที่ทดสอบ ได้แก่ สารสกัดเมียงป่า ผักสมุย และ หญ้าเอ็นเสื่อ ถึงแม้ว่า การศึกษากลุ่มสารสำคัญด้วย TLC ยังมีข้อจำกัดบางประการในการแยกสารที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกัน แต่วิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว มีความจำเพาะในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบสารสำคัญแต่ละกลุ่ม อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบสารตัวอย่างได้เป็นจำนวนมากต่อการทดสอบหนึ่งครั้ง จึงเหมาะสำหรับการตรวจเอกลักษณ์สารสำคัญทางพฤกษเคมี เพื่อบ่งชี้ชนิดและปริมาณสารพฤกษเคมีในเบื้องต้น ตลอดจน อาจใช้ในการจำแนกชนิดของพืช นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนชนิดและปริมาณของสารสำคัญทางพฤกษเคมีในกลุ่มต่างๆ ที่ตรวจพบ ย่อมมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ของพืช และส่งผลต่อความสามารถของพืชในการต้านออกซิเดชันหรือฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา รวมถึง ความเป็นพิษของพืชอีกด้วย ดังนั้น จึงควรศึกษาในเชิงลึกเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของสารพฤกษเคมีเหล่านี้ ตลอดจน แนวทางการแยกสารสำคัญ เพื่อหาทางนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

สารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ของพืชจำนวน 49 ตัวอย่าง ประกอบด้วย พืชทั้งหมด 47 ชนิด และมีพืช 2 ชนิดที่ใช้ส่วนของพืชแตกต่างกัน ได้แก่ ติ้วเกลี้ยงและบอนจีน มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content, TPC) และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH, TEAC, FRAP และ TBARS แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ส่วนของพืช และวิธีทดสอบ โดยสารสกัดพืชสดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด มีค่าระหว่าง 5.997-710.6 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ได้ด้วยวิธี DPPH มีค่า EC_{50} อยู่ระหว่าง 0.0620-13.37 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีค่า TEAC, FRAP และ TBARS อยู่ระหว่าง 2.390-742.4, 4.570-352.0 และ 0.7530-72.95 มิลลิกรัม ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ สามารถแบ่งพืชออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ต่ำ ปานกลาง สูง และ สูงมาก พบว่าพืชส่วนใหญ่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันต่ำ แต่สารสกัดพืชที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ อยู่ในกลุ่มที่สูงมาก ได้แก่

- กลุ่มที่มีปริมาณฟีนอลิกสูงมาก มีจำนวน 4 ชนิด คือ ทะโล้ กระโดน ติ้วขาว และดอกติ้วเกลี้ยง
- กลุ่มที่ทำลาขออนุมูลอิสระ DPPH สูงมาก หรือ มีค่า EC_{50} ต่ำมาก มีจำนวน 3 ชนิด คือ มันปลา ก่อข้าว และทะโล้
- กลุ่มที่ทำลาขออนุมูลอิสระ ABTS^{•+} หรือ มีค่า TEAC สูงมาก มีจำนวน 5 ชนิด คือ มันปลา ก่อข้าว ทะโล้ หนุ่ยเอ็นเสื่อ และกระโดน
- กลุ่มที่มีความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมด หรือ มีค่า FRAP สูงมาก มีจำนวน 6 ชนิด คือ มันปลา หนุ่ยเอ็นเสื่อ ก่อข้าว ทะโล้ ติ้วขาว และใบติ้วเกลี้ยง
- กลุ่มที่สามารถต้านออกซิเดชันของไขมัน หรือ มีค่า TBARS สูงมาก มีจำนวน 3 ชนิด คือ ผักสมุย ราชวดีป่า และ หนุ่ยแหลมนกไต้

การทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ส่งผลให้สารสกัดพืชส่วนใหญ่สูญเสียปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ระหว่าง 2.082-185.2 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีค่า EC_{50} อยู่ระหว่าง 0.1311-39.87 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(น้ำหนักแห้ง) ส่วนค่า TEAC, FRAP และ TBARS อยู่ระหว่าง 1.220-499.4, 2.400-252.9 และ 0.4134-46.52 มิลลิกรัม ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกับสารสกัดพืชสด พบว่าสามารถแบ่งการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีค่าลดลง ค่าคงที่ และค่าเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆในขั้นตอนการทำแห้งนี้เป็นผลรวมของการสูญเสียและการสร้างสารประกอบขึ้นใหม่ หรือ เกิดการปลดปล่อยสารออกมาจากเมทริกซ์พืชได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์ กับความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของพืชภายหลังการทำแห้ง นอกจากนี้ สารสกัดจากส่วนใบพืชแห้งส่วนใหญ่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง ในทางตรงกันข้ามพบการเพิ่มขึ้นในสารสกัดพืชแห้งจากส่วนลำต้น/ใบ

เมื่อแบ่งสารสกัดพืชตามส่วนของพืช ได้แก่ ดอก ใบ และลำต้น/ใบ พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชจะมีความผันแปรสูงมาก แต่ในส่วนของลำต้น/ใบ อาจมีแนวโน้มว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าในส่วนของใบเพียงอย่างเดียว ส่วนของดอกนั้นมีจำนวนตัวอย่างพืชจำกัด จึงไม่สามารถบ่งบอกแนวโน้มได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการชีวสังเคราะห์ของแต่ละชนิดพืช รวมถึง ความสามารถในการสะสม ทั้งในแง่ของชนิดและปริมาณของสารพฤษเคมี และส่วนของพืชที่ทำการสะสมไว้ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันทั้ง 4 วิธีมีค่าต่ำ ยกเว้นวิธี TBARS มีค่าอยู่ระหว่าง 0.364-0.585 ($p < 0.01$) แต่สารประกอบฟีนอลิกที่พบในสารสกัดพืช เป็นสารกลุ่มหนึ่งที่มีบทบาทในการต้านออกซิเดชัน โดยมีฤทธิ์ที่ดีในการรีดิวซ์โลหะ และทำลายอนุมูลอิสระ และพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันมีความสัมพันธ์กันสูง (มีค่าอยู่ระหว่าง 0.854-0.900) ยกเว้นวิธี TBARS ซึ่งสารต้านออกซิเดชันที่พบในสารสกัดพืช เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระที่ดี และสามารถรีดิวซ์โลหะได้ดีด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า พืชที่สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันไขมันที่ดี อาจไม่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยกลไกอื่นๆ

การศึกษาของกลุ่มของสารสำคัญทางพฤษเคมีของพืช ด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี ในกลุ่มตัวอย่างพืชแห้งที่คัดเลือกมาจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ หมีเหม็น หมีเหม็นพันธุ์ใหญ่ ใบดิวเกลี้ยง เมี่ยงป่า ผักสมุย มันปลา หญ้าเอ็นเสื่อ กระโดน ก่อข้าว และทะเล่ พบว่า สารสกัดพืชแต่ละชนิด มีลักษณะโครมาโทแกรมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ทำให้สามารถแยกพืชแต่ละชนิดออกจากกันได้ อย่างไรก็ตาม สารสกัดพืชมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน สเตอรอยด์และเทอร์ปีน น้ำมันหอมระเหย และสารต้านอนุมูลอิสระ ยกเว้น สารสกัดพืชบางชนิดที่ประกอบด้วยแอลคาลอยด์หรือคูมาริน ซึ่งจำนวนชนิดและปริมาณของสารสำคัญในกลุ่มต่างๆของพืชที่ตรวจพบ มีผลต่อความสามารถของพืชในการต้านออกซิเดชันและด้านอื่นๆ อีกด้วย จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่า พืชทั้ง 10 ชนิดที่คัดเลือก สามารถใช้เป็นแหล่งของสารต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชันจากธรรมชาติที่ได้ ทั้งความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ การรีดิวซ์โลหะและยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน รวมถึง ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณสูง อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาแนวทางการแยกสารต้านออกซิเดชันของพืชทั้ง 10 ชนิดนี้ รวมถึงความเป็นพิษ การออกฤทธิ์ด้านเภสัชวิทยา หรือ ด้านอื่นๆ รวมทั้งปริมาณและสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ เพื่อนำไปใช้ประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ ทั้งในด้านอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง ตลอดจน การพัฒนาให้เป็นพืชเศรษฐกิจต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การนำพืชมาใช้ในการทดสอบ ต้องตรวจสอบชื่อ ชนิด หรือพันธุ์พืชให้ถูกต้องชัดเจนจากผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจาก พืชบางชนิดมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่คล้ายกัน รวมถึง มีชื่อเรียกที่แตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น อาจทำให้เกิดความสับสนได้ อีกทั้งต้องเลือกใช้ส่วนต่างๆของพืชให้เหมาะสม เนื่องจาก องค์ประกอบในแต่ละส่วนมีชนิดและปริมาณของสารพฤกษเคมีแตกต่างกันออกไป

5.2.2 การศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ควรเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ที่มีกลไกแตกต่างกันในการเปรียบเทียบกัน เนื่องจาก สารพฤกษเคมีแต่ละชนิดมีความไว และกลไกการเข้าทำปฏิกิริยาต่อการทดสอบในวิธีวิเคราะห์แต่ละวิธีแตกต่างกัน การเลือกวิธีวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ทำให้ทราบถึงสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ความสามารถในการรีดิวซ์ หรือ ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาคลอไซ์ เป็นต้น

5.2.3 การวิเคราะห์สารสำคัญทางพฤกษเคมีด้วยเทคนิคThin layerโครมาโทกราฟี ต้องเตรียมตัวอย่าง ระบบตัวทำละลาย และวิธีการตรวจสอบให้เหมาะสมต่อการวิเคราะห์สารแต่ละกลุ่มซึ่งสามารถประยุกต์ได้จากหนังสือต่างๆ เช่น Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, Plant Drug Analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas และ Thin-layer Chromatography: A Modern Practical Approach เป็นต้น

5.2.4 การใช้เทคนิคThin layerโครมาโทกราฟีในเอกสารสำคัญทางพฤกษเคมีที่มีน้ำหนักโมเลกุลและความเป็นขั้วที่ใกล้เคียงกัน เป็นข้อจำกัด เนื่องจาก ไม่สามารถแยกแถบสารออกจากกันได้ รวมทั้ง ในพืชบางชนิดอาจมีสารประกอบมากกว่าหนึ่งชนิดที่มีขั้วใกล้เคียงกันมาก การศึกษาสารสำคัญเหล่านี้ อาจทำได้โดยการแยกสารออกมาทดสอบซ้ำ ด้วยเทคนิคThin layerโครมาโทกราฟีหรืออาศัยการวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่นๆร่วมด้วย เช่น คอลัมน์โครมาโทกราฟี เป็นต้น

5.2.5 การนำสารด้านออกซิเดชันจากพืชไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ จำเป็นต้องศึกษาความเป็นพิษ การออกฤทธิ์ด้านต่างๆ และปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ ตลอดจน สภาวะที่เหมาะสมในการออกฤทธิ์ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากสารด้านออกซิเดชันที่พบในพืชให้ได้สูงที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ก่องกานดา ชยามฤต. 2528. สมุนไพรไทย ตอนที่ 4. ฝ่ายพฤกษศาสตร์ป่าไม้ กองบำรุง กรมป่าไม้. ชุดีมาการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 290-515 หน้า.
- ก่องกานดา ชยามฤต. 2540. สมุนไพรไทย ตอนที่ 6. ฝ่ายพฤกษศาสตร์ป่าสำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. ไคมอนด์ พรินต์ติ้ง. กรุงเทพฯ. 175 หน้า.
- คำนวน แก้วช่วง. 2543. พรรณไม้พื้นเมืองปักษ์ใต้. มติชน. กรุงเทพฯ. หน้า 97-99.
- เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย: ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2544. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการ กรมป่าไม้. 810 หน้า
- ธารินี สืบปาละ, สุพิตรา ปรสุพัฒนา, ศรีสมพร ปรีเปรม และ ทวีศักดิ์ ชาติเมธาโรจน์. 2550. การศึกษาเปรียบเทียบทางเภสัชวิทยาและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของพืช 3 ชนิดในสกุล *Murdannia* (วงศ์ Commelinaceae). วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (บัณฑิตศึกษา). 7(2): 98-110.
- ธวัชชัย ศรีวิบูลย์. 2551. เทคนิคการแยก. มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ. 356 หน้า.
- นันทวัน บุญยประภัสร์ และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. (บรรณาธิการ.) 2539. สมุนไพร: ไม้พื้นบ้าน (1). สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ประชาชน. กรุงเทพฯ. 895 หน้า.
- นันทวัน บุญยประภัสร์ และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. (บรรณาธิการ.) 2541. สมุนไพร: ไม้พื้นบ้าน (2). สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ประชาชน. กรุงเทพฯ. 640 หน้า.
- นันทวัน บุญยประภัสร์ และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. (บรรณาธิการ.) 2542. สมุนไพร: ไม้พื้นบ้าน (3). สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ประชาชน. กรุงเทพฯ. 823 หน้า.
- นันทวัน บุญยประภัสร์ และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. (บรรณาธิการ.) 2543ก. สมุนไพร: ไม้พื้นบ้าน (4). สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ประชาชน. กรุงเทพฯ. 740 หน้า.
- นันทวัน บุญยประภัสร์ และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. (บรรณาธิการ.) 2543ข. สมุนไพร: ไม้พื้นบ้าน (5). สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ประชาชน. กรุงเทพฯ. 508 หน้า.
- นันทน์ภัส เดิมวงศ์. 2551. ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอลิกส์กับความสามารถรวมในการต้านอนุมูลอิสระในพืช. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 8(2): 114-124.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นวลศรี รักอริยะธรรม และ อัญชญา เชนวิถีสุข. 2546. แอนติออกซิแดนซ์ : สารต้านมะเร็งในผัก-
สมุนไพรไทย. นพบุรีการพิมพ์. เชียงใหม่. 218 หน้า.

บดินทร์ เดชะรัตนไกร, สายวรุฬ รัชวานิชศิริ และ กัลยา เลหาสงคราม. 2550. ผลของอนุภูมิและ
เวลาในการสกัดต่อกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของน้ำสกัดจากสมุนไพร. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้
จาก : http://www.scisoc.or.th/stt/33/sec_g/paper/stt33_G_G0028.pdf (วันที่ 15 พฤศจิกายน
2551)

บุปผชาติ พตด้วง, ธัญรัตน์ กาจสงคราม, มณีรัตน์ มีพลอย และ พงศธร หลิมศิริวงษ์. 2546.

การวิจัยข้าวหลามดง (1) : การวิเคราะห์กลุ่มสารหลัก. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก :

<http://opac.tistr.or.th/Multimedia/STJN/4604/4604-13.pdf> (วันที่ 7 พฤศจิกายน 2551)

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2548. พืชชั้นน้ำปลูกส์ : อาหารเพื่อสุขภาพ. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม.
4 (2) : 43 -50.

ปนัดดา พัฒนาศิน. 2550. รงคเลขพิวบาง การประยุกต์ใช้ในงานวิจัยและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ.
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 143 หน้า.

ปราณี นันทศรี และ วาสนา ภาระเวช. 2549. แผนที่โครมาโทกราฟีพิวบางของพฤษเคมีในพืช
สมุนไพรไทย 24 ชนิด. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. 120 หน้า.

ปริทรรศน์ ไตรสนธิ, พิทยา สรวมศิริ, นุชนารถ จงเลขา, ชุศรี ไตรสนธิ, เกียรติศักดิ์ ไชยโรจน์,
กฤษณา กุตะคาม, ญาณี พงศ์ไพบุลย์, ไพโรจน์ วิริยาริ และ พรสวรรค์ ดิษยบุตร. 2545. การใช้
ประโยชน์พืชสมุนไพรในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
311 หน้า

พรพิพัฒน์ ณ พัทลุง, นวลจิรา ภักดิ์รุ่งรอง และ พิเชษฐ์ วิริยะจิตรา. 2529. ฤทธิ์ต้านเชื้อราของ
สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/medplantdatabase/pdf/1986/19860060.pdf> (วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552)

พัลลภา รัตนวารภรณ์ และ สุรางค์ พรพงษ์. 2543. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบตัวแดง
[ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/medplantdatabase/pdf/2000/20000082.pdf> (วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552)

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2547. การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร.
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 215 หน้า.

ลีนา ผู้พัฒนาพงศ์. 2530. สมุนไพรไทย ตอนที่ 5. ฝ่ายพฤกษศาสตร์ป่าไม้ กองบำรุง กรมป่าไม้. ชุดนิมา
การพิมพ์. กรุงเทพฯ. หน้า 516-731.

วงศ์สถิต ฉั่วสกุล, อุบลวรรณ บุญเปล่ง และ พัชราวดี พรรณเนตร. 2550. ชื่อท้องถิ่นของ
พรรณไม้ไทย (8). ไทยเกษตรศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ. 2(1): 1-8.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิณา จิรัชฌริยากุล. (บรรณาธิการ.) 2534. ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ. ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 499 หน้า.
- วันดี กฤษณพันธ์. 2538. สมุนไพรสารพัดประโยชน์. ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 264 หน้า.
- วิมล คันดิไชยากุล. 2528. อัลคาลอยด์และคูมารินจากต้นส่องฟ้าแดงและต้นหัสคุณไทย.[ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/medplantdatabase/pdf/1985/19850097.pdf> (วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552)
- วิศรา วัชรโรจน์. 2523. อัลคาลอยด์จากใบหัสคุณ.[ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/medplantdatabase/pdf/1980/19800042.pdf> (วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552)
- วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2545. บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ. วารสารอาหาร. 32(4): 245-253.
- สุธรรม อารีกุล, จำรัส อินทร, สุวรรณ ทาเขียว และ อ่องเต็ง นันทแก้ว. 2551ก. องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม ๑. มูลนิธิโครงการหลวง. อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 978 หน้า.
- สุธรรม อารีกุล, จำรัส อินทร, สุวรรณ ทาเขียว และ อ่องเต็ง นันทแก้ว. 2551ข. องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม ๒. มูลนิธิโครงการหลวง. อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 920 หน้า.
- สุธรรม อารีกุล, จำรัส อินทร, สุวรรณ ทาเขียว และ อ่องเต็ง นันทแก้ว. 2551ค. องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม ๓. มูลนิธิโครงการหลวง. อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 886 หน้า.
- สุธรรม อารีกุล และ อำนวย อ่อนละมูล. 2521. พืชอาหารและยาของชาวเขา ณ ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. รายงานประจำปี มูลนิธิโครงการหลวง. 150 หน้า
- สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2542. ผักพื้นบ้านภาคใต้. กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 279 หน้า.
- โอภา วัชรคุปต์. (บรรณาธิการ.) 2549. สารต้านอนุมูลอิสระ. พี.เอส.พริ้นท์. นนทบุรี. 190 หน้า.
- อุไร จิรมงคลการ. 2547. ผักพื้นบ้าน 1. บ้านและสวน. กรุงเทพฯ. 224 หน้า.
- Abu Baker, M.F., Mohamed, M., Rahmat, A. and Fry, J. 2009. Phytochemicals and antioxidant activity of different parts of bambangan (*Mangifera pajang*) and tarap (*Artocarpus odoratissimus*). *Food Chemistry*. 113: 479-483.

- Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M. and Shahidi, F. 2005. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 53: 7592-7599.
- Anderson, E.F. 1993. Plants and people of the golden triangle : Ethnobotany of the hill tribes of Northern Thailand. Dioscorides Press. Portland. Oregon. 279 pp.
- Antolovich, M., Prenzler, P.D., Patsalides, E., McDonald, S. and Robards, K. 2002. Methods for testing antioxidant activity. **The Royal Society of Chemistry**. 127: 183-193.
- Arabshahi-D, S., Devi, D.V. and Urooj, A. 2007. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability. **Food Chemistry**. 100: 1100-1105.
- Awika, J.M., Rooney, L.W., Wu, X.L., Prior, R.L. and Cisneros-Zevallos, L. 2003. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51: 6657-6662.
- Baerheim-Svendsen, A. and Verpoorte, R. 1983. Chromatography of alkaloids: part A. Thin-layer chromatography. Elsevier Scientific Pub. Co. New York. 550 pp.
- Barreira, J.C.M., Ferreira, I.C.F.R., Oliveira, M.B.P.P. and Pereira, J.A. 2008. Antioxidant activities of the extracts from chestnut flower, leaf, skins and fruit. **Food Chemistry**. 107: 1106-1113.
- Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assays: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version of simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. **Methods in Enzymology**. 299: 15-27.
- Boonnak, N., Karalai, C., Chantrapromma, S., Ponglimanont, C., Fun, H.-K., Kanjana-Opas., A. and Laphookhieo, S. 2006. Bioactive prenylated xanthenes and anthraquinones from *Cratogeomys formosus* ssp. *Pruniflorum*. **Tetrahedron**. 62: 8850-8859.
- Borneo, R., Leom, A., Aguirre, A., Ribotta, P. and Cantero, J.J. 2009. Antioxidant capacity of medicinal plants from Province of Cordoba (Argentina) and their *in vitro* testing in a model food system. **Food Chemistry**. 112: 664-670.
- Boskou, D. 2006. Sources of natural phenolic antioxidants. **Trends in Food Science and Technology**. 17: 505-512.

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**. 28: 25-30.
- Bravo, L. 1998. Polyphenol: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**. 56(11): 317-333.
- Bui, M.-L., Grayer, R.J., Veitch, N.C., Kite, G.C., Tran, H. and Nguyen, Q.-C.K. 2004. Uncommon 8-oxygenated flavonoids from *Limnophila aromatica* (Scrophulariaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**. 32: 943-947.
- Cacace, J.E. and Mazza, G. 2002. Extraction of anthocyanins and other phenolics from black currants with sulfured water. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 5939-5946.
- Cai, Y.Z., Luo, Q., Sun, M. and Corke, H. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. **Life Sciences**. 74: 2157-2184.
- Cai, Y.Z., Sun, M., Jie, X., Luo, Q., and Corke, H. 2006. Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. **Life Sciences**. 78: 2872-2888.
- Capecka, E., Mareczeek, A. and Leja, M. 2005. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. **Food Chemistry**. 93: 223-226.
- Castenmiller, J.J.M., Linsen, J.P.H., Heinonen, I.M., Hopia, A.I., Schwarz, K., and Hollmann, P.C.H. 2002. Antioxidant properties of differently processed spinach products. **Nahrung**. 46: 290-293.
- Ćavar, S., Kovač, F., Maksimović, M. 2009. Synthesis and antioxidant activity of selected 4-methylcoumarins. **Food Chemistry**. 117: 135-142.
- Chai, X., Su, Y.-F., Guo, L.-P., Wu, D., Zhang, J.-F., Si C.-L., Kim, J.-K. and Bae Y.-S. 2008. Phenolic constituents from *Conyza sumatrensis*. **Biochemical Systematics and Ecology**. 36: 216-218.
- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y. and Chew, Y.L. 2007. Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from lowland plantation in Malaysia. **Food Chemistry**. 102: 1214-1222.
- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, F.S. and Yong, M.Y. 2009. Effect of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. **Food Chemistry**. 113: 166-172.

- Chanwitheesuk, A., Teerawutgulrag, A. and Rakariyatham, N. 2005. Screening of antioxidant activity and antioxidant compound of some edible plants of Thailand. **Food Chemistry**. 92:491-497.
- Chiang, Y.M., Chuang, D.Y., Wang, S.Y., Kuo, Y.H., Tsai, P.W. and Shyur, L.F. 2004. Metabolite profiling and chemopreventive bioactivity of plant extracts from *Bidens pilosa*. **Journal of Ethnopharmacology**. 95: 409-419.
- Choi, E.-M. and Hwang, J.-K. 2004. Effects of methanolic extract and fractions from *Litsea cubeba* bark on the production of inflammatory mediators in RAW264.7 cells. **Fitoterapia**. 75: 141-148.
- Choi, H.-S., Song, H.-S., Ukeda, H. and Sawamura, M. 2000. Radical-scavenging activities of citrus essential oils and their component: Detection using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 48: 4156-4161.
- Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee, H.B. and Lee, J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. **Food Chemistry**. 99: 381-387.
- Chon, S.-U., Heo, B.-G., Park, Y.-S. Cho, J.-Y. and Gorinstein, S. 2008. Characteristics of the leaf parts of some traditional Korean salad plants used for food. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 88: 1963-1968.
- Chu, Y.-F., Sun, J., Wu, X. and Liu, R.H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 6910-6916.
- Chun, S.-S., Vatter, D.A., Lin, Y.-T. and Shetty, K. 2005. Phenolic antioxidants from clonal oregano (*Origanum vulgare*) with antimicrobial activity against *Helicobacter pylori*. **Process Biochemistry**. 40: 809-816.
- Cornelli, U. 2009. Antioxidant use in nutraceuticals. **Clinics in Dermatology**. 27: 175-194
- Darmstadt, M.E. 1980. Dyeing reagents for thin layer and paper chromatography. Federal Republic of Germany. 114 pp.
- Deba, F., Xuan, T.D., Yasuda, M. and Tawata, S. 2008. Chemical composition and antioxidant, antibacterial and antifungal activities of the essential oil from *Bidens pilosa* Linn. Var. *Radiata*. **Food Control**. 19: 346-352.

- Del Caro, A. Piga, A. and Corda, G. 2004. Effect of drying conditions and storage period on polyphenolic content, antioxidant capacity, and ascorbic acid of prunes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 52: 4780-4784.
- de Padua, L.S., Bunyaphatsara, N. and Lemmens, R.H.M.J. (Editors.) 1999. Plant resources of South-East Asia No.12(1) : Medicinal and poisonous plants 1. Backhuys Publishers. Leiden. the Netherlands. 711 pp.
- Dewanto, V., Wu, X.Z., Adom, K.K. and Liu, R.H. 2002. Thermal processing enhances the nutritions value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 3010-3014.
- Dicko, M.H., Gruppen, H., Traore, A.S., Van Berkel, W.J.H. and Voragen, A.G.J.. 2005. Evaluation of the effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 53: 2581-2588.
- Dini, I., Tenore, G.C. and Dini, A. 2009. Saponins in *Ippomoea batatas* tubers: Isolations, characterization, quantification and antioxidant properties. **Food Chemistry**. 113:411-419.
- Ferreira, D., Guyot, S., Marnet, N., Delgadillo, I., Renard, C.M.G.C. and Coimbra, M.A. 2002. Composition of phenolic compounds in a Portuguese pear (*Pyrus communis* L. var. S. Bartolomeu) and changes after sun-drying. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 4537-4544.
- Ferreira, A., Proença, C., Serralheiro, M.L.M. and Araújo, M.E.M. 2006. The *in vitro* screening for acetylcholinesterase inhibition and antioxidant activity of medicinal plants from Portugal. **Journal of Ethnopharmacology**. 108: 31-37.
- Folin, O. and Ciocalteu, V. 1927. Tyrosine and tryptophan determinations proteins. **The Journal of Biological Chemistry**. 73: 627.
- Frankel, E.N., Waterhouse, A.L. and Teissedre, P.L. 1995. Principal phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 43: 890-894.
- Friedli, G.-L. 2009. Coumarins. [online.]. available : <http://www.friedli.com/herbs/phytochem/coumarins.html> (Accessed 10 October 2009).
- Friedli, G.-L. 2009. Saponin glycosides. [online.]. available : <http://www.friedli.com/herbs/phytochem/glycosides.html#saponin> (Accessed 10 October 2009).

- Froehlicher, T., Hennebelle, T., Martin-Nizard, F., Cleenewerck, P., Hilbert, J.-L., Trotin, F. and Grec, S. 2009. Phenolic profiles and antioxidative effects of hawthorn cell suspensions, fresh fruits, and medicinal dried parts. **Food Chemistry**. 115: 897-903.
- Garau, M.C., Simal, S., Rosselló, C. and Femenia, A. 2007. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. **Food Chemistry**. 104: 1014-1024.
- Gawlik-Dziki, U. 2008. Effect of hydrothermal treatment on the antioxidant properties of broccoli (*Brassica oleracea* var. *botrytis italica*) florets. **Food Chemistry**. 109: 393-401.
- Giovanelli, G., Zanoni, B., Lavelli, V. and Nani, R. 2002. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. **Journal of Food Engineering**. 52: 135-141.
- Gutiérrez, L.-F., Ratti, C. and Belkacemi, K. 2008. Effects of drying method on the extraction yields and quality of oils from quebec sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) seeds and pulp. **Food Chemistry**. 106: 896-904.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. 1995. Free radical in biology and medicine. Clarendon Press. Oxford. 704 pp.
- Hao Dieu Nguyen, L. and Harrison, L.J. 1998. Triterpenoids and xanthone constituents of *Cratoxylum cochinchinenses*. **Phytochemistry**. 50: 471-476.
- Heim, K.E., Tagliaferro, A.R. and Bobilya, D.J. 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**. 13: 572-584.
- Hernandes, H., Mendiola, J., Torress, D., Garrifo, N. And Perez, N. 1990. Effect of aqueous extracts of *Artemisia* on the in vitro culture of *Plasmodium falciparum*. **Fitoterapia**. 61(6): 540-541.
- Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 53: 1841-1856.
- Hwang, J.-K., Choi, E.-M. and Lee, J.H. 2005. Antioxidant activity of *Litsea cubeba*. **Fitoterapia**. 76: 684-686.
- Ismail, A., Marjan, Z.M. and Foong, C.W. 2004. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. **Food Chemistry**. 87: 581-586.

- Ito, C., Otsuka, T., Ruangrunsi, N. and Furukawa, H. 2000. Chemical constituents of *Micromelum minutum*. Isolation and structural elucidation of new coumarins. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin (Tokyo)**. 48(3):334-338.
- Ivanova, D., Gerova, D., Chervenkov, T., and Yankova, T. 2005. Polyphenols and antioxidant capacity of Bulgarian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**. 96: 145-150.
- Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., and Vivanco, J.M. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. **Food Chemistry**. 83: 547-550.
- Joubert, E., Winterton, P., Britz, T.J., and Ferreira, D. 2004. Superoxide anion and 2,2 -diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging capacity of rooibos (*Aspalathus linearis*) aqueous extracts, crude phenolics fractions, tannin and flavonoids. **Food Research International**. 37: 33-138.
- Joshi, R., Kamat, J.P. and Mukherjee, T. 2007. Free radical scavenging reactions and antioxidant activity of embelin: Biochemical and pulse radiolytic studies. **Chemico-Biological Interactions**. 167: 125-134.
- Keawpeadub, N., Dej-adisai, S. and Yuenyongsawad, S. 2005. Antioxidant and cytotoxic activities for Thai medicinal plants named Khaminkhruea: *Arcangelisia flava*, *Coscinium blumeianum* and *Fibraurea tinctoria*. **Songklanakarinn Journal of Science and Technology**. 27(Suppl.): 455-467.
- Katalinic, V., Milos, M., Kulisic, T. and Jukic, M. 2006. Screening of 70 medicinal plants extracts for antioxidant capacity and total phenols. **Food Chemistry**. 94: 550-557.
- Katsube, T., Tabata, H., Ohta, Y., Yamasaki, Y., Anuurad, E., Shiwaku, K. and Yamane, Y. 2004. Screening for antioxidant activity in edible plants products: Comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin-Ciocalteu assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 52: 2391-2396.
- Katsube, T., Tsurunaga Y., Sugiyama, M. Furuno, T. and Yamasaki, Y. 2009. Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of phenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. **Food Chemistry**. 113: 964-969.
- Kaur, C., and Kapoor, H.C. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables –the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**. 36: 703-725.
- Kaur, C., and Kapoor, H.C. 2002. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**. 37: 153-161.

- Kubola, J. and Siriamornpun, S. 2008. Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts *in vitro*. **Food Chemistry**. 110: 881-890.
- Kwok, B.H.L., Hu, C., Durance, T. and Kitts, D.D. 2004. Dehydration techniques affect phytochemical contents and free radical scavenging activities of Saskatoon berries. **Journal of Food Science**. 69: 122-126.
- Larson, R.A. 1988. The antioxidant of higher plants. **Phytochemistry**. 27: 969-978.
- Lemmens, R.H.M.J. and Bunyaphatsara, N. (Editors.) 2003. Plant resources of South-East Asia No.12(3) : Medicinal and poisonous plants 3. Bogor. Indonesia. 664 pp.
- Li, H.-B., Wong, C.-C., Cheng, K.-W. and Chen, F. 2008. Antioxidant properties *in vitro* and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. **LWT-Food science and technology**. 41: 385-390.
- Li, W., Pickard, M.D. and Beta, T. 2007. Effect of thermal processing on antioxidant properties of purple wheat bran. **Food Chemistry**. 104: 1080-1086.
- Lim, Y.Y., and Murtijaya, J. 2007. Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. **LWT-Food science and technology**. 40: 1664-1669.
- Liu, H., Qiu, N., Ding, H. and Yao, R. 2008. Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical or food uses. **Food Research International**. 41: 363-370.
- Llobera, A. and Cañellas, J. 2007. Dietary fibre content and antioxidant activity of Manto Nergo red grape (*Vitis vinifera*): pomace and stem. **Food Chemistry**. 101: 659-666.
- Maiza-Benabdesselam, F., Khentache, S., Bougoffa, K., Chibane, M., Adach, S., Chapeleur, Y., Max, H. and Laurain-Matter, D. 2007. Antioxidant activities of alkaloids extracts of two Algerian species of *Fumaria* : *Fumaria capreolata* and *Fumaria bastardii*. **Records of Natural Products**. 1(2-3): 28-35.
- Mahabusarakam, W., Nuangnaowarat, W. and Taylor, W.C. 2006. Xanthone derivatives from *Cratoxylum cochinchinenses* roots. **Phytochemistry**. 67: 470-474.
- Maisuthisakul, P., Suttajit, M. and Pongsawatmanit, R. 2007a. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. **Food Chemistry**. 100: 1409-1418.

- Maisuthisakul, P., Pongsawatmanit, R and Gordon M.H. 2007b. Characterization of phytochemicals and antioxidant properties of extracts from Teaw (*Cratoxylum formosum* Dyer). **Food Chemistry**. 100: 1620–1629.
- Maisuthisakul, P., Pasuk, S. and Ritthiruangdej, P. 2008. Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants. **Journal of Food Composition and Analysis**. 21: 229-240.
- Mandal, S.C., Kumar, C.K.A., Majumder, A., Majumder, R. and Maity, B.C. 2000. Antibacterial activity of *Litsea glutinosa* bark. **Fitoterapia**. 71: 439-441.
- Mantle, D., Eddeb, F. and Pickering, A.T. 2000. Comparison of relative antioxidant activities of British medicinal plant species in vitro. **Journal of Ethnopharmacology**. 72: 47-51.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M.C. and Lerici, C.R. 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. **Trends in Food Science and Technology**. 11: 340-346.
- Marshall, M.R., Kim, J. and Wei, C.-I. 2000. Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods. [online]. available : [http://www.fao.org/ag/Ags/agsi/ENZYMFINAL/Enzymatic% 20 Browning.html](http://www.fao.org/ag/Ags/agsi/ENZYMFINAL/Enzymatic%20Browning.html). (Accessed 25 March 2009).
- Masuda, T, Yonemori, S., Oyama, Y., Takeda, Y., Tanaka, T. and Andoh, T. 1999. Evaluation of the antioxidant activity of environmental plants: activity of the leaf extracts from seashore plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 47: 1749-1754.
- Matkowski, A. 2009. Plant in vitro culture for the production of antioxidants—A review. **Biotechnology Advances**. 26: 548-560.
- McDonald, R.E., and Hultin, H.O. 1987. Some characteristics of the enzymic lipid peroxidation systems in the microsomal fraction of flounder muscle. **Journal of Food Science**. 52: 15–21.
- Meddleton, E. and Kandaswami, C. 1994. The impact of plant flavonoids on mammalian biology: implication for immunity, inflammation and cancer. *In* Harborn, J.B. (Editor.) *The flavonoids advances in research science*. London. UK. Chapman and Hall. 619-620 pp.
- Miller, N.J., Diplock, A.T., Rice-Evan, C., Davis, M.J., Gopinathan, V., Milner, A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**. 84: 407-412.

- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 26 (2) : 211-219.
- Moon, J.-K. and Shibamoto, T. 2009. Antioxidant assays for plant and food components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 57: 1655-1666.
- Mosby's Medical Dictionary. 2009. antioxidant. [online.]. available : <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/antioxidant>. (Accessed 16 April 2009).
- Mukhopadhyay, S., Luthria, D.L. and Robbins, R.J. 2006. Optimization of extraction process for phenolic acids from cohosh (*Cimicifuga racemosa*) by pressurized liquid extraction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 86: 156-162.
- Nakahara, K., Trakoontivakorn, G., Alzoreky, N.S., Ono, H., Onishi-Kameyama, M. and Yoshida, M. 2002. Antimutagenicity of some edible Thai plants, and a bioactive carbazole alkaloid, mahanine, isolated from *Micromelum minutum*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 4796-4802.
- Nair, M.S., Gopal, S. and Issac, D. 1997. Optimised isolation procedure for biologically active compounds nimbolide and 28-deoxonimbolide from *Azadirachta indica* leaves. **Phytochemistry**. 46: 1177-1178.
- Nicoli, M., Anese, M. and Parpinel, M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruits and vegetables. **Trend in Food Science and Technology**. 10: 94-100.
- Ngure, F.M., Wanyoko, J.K., Mahungu, S.M. and Shitandi, A.A. 2009. Catechins depletion in relation to theaflavin and thearubigins formation. **Food Chemistry**. 115: 8-14.
- Oboh, G. and Akindahunsi, A.A. 2004. Change in the ascorbic acid, total phenol and antioxidant activity of sun-dried commonly consumed green leafy vegetables in Nigeria. **Nutrition and Health**. 18: 29-36.
- Oksman-Caldentey, K.M. and Inzé, D. 2004. Plant cell factories in the post-genomic era: New ways to produce designer secondary metabolites. **Trends in Plant Science**. 9: 433-440.
- Oyen, L.P.A. and Dung, N.X. 1999. Plant resources of South-East Asia No.19 : Essential-oil plants. Backhuys Publishers. Leiden. the Netherlands. 277 pp.
- Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Saavedra, G., Murcia, M.A., Jiménez, A.M. and Codina, C. 2003. Investigation of Bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity. **Life Sciences**. 73: 1667-1681.

- Paschel, W., Sanchez-rabaneda, F., Diekmann, W., Plescher, A., Gartzia, I., Jimenez, D., Lamuela-Raventos, R., Buxaderas, S. and Codina, C. 2006. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruits wastes. **Food Chemistry**. 94: 137-150.
- Pérez-Jiménez, J., Arranz, S., Taberero, M., Díaz-Rubio, M.E., Serrano, J., Goñi, I. and Saura-Calixto, F. 2008. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food research International**. 41: 274-285
- Pietta, P.-G. 2000. Flavonoids as antioxidants—Reviews. **Journal of Natural Products**. 63: 1035-1042.
- Pietta, P.G., Simonetti, P. and Mauri, P., 1998. Antioxidant activity of selected medicinal plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 46 : 4487–4490.
- Piga, A., Del Caro, A. and Corda, G. 2003. From plums to prunes: influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51: 3675-3681.
- Piłarski, R., Zieliński, H., Ciesiolka, D., and Gulewicz, K. 2006. Antioxidant activity of ethanolic and aqueous extracts of *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC. **Journal of Ethnopharmacology**. 104 : 18–23.
- Potterat, O., Felten, R.V., Dalsgaard, P.W. and Hamburger, M. 2007. Identification of TLC markers and quantification by HPLC-MS of various constituents in Noni fruit powder and commercial Noni-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 55: 7489-7494.
- Prior, R.L., Wu, X. and Schaich, K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 53(10): 4290-4302.
- Rahmani, M., Susidarti, R.A., Ismail, H.B.M., Sukari, M.A., Hin T.-Y.Y., Lian, G.E.C., Ali, A.M., Kulip, J. and Waterman, P.G. 2003. Coumarins from Malaysian *Micromelum minutum*. **Phytochemistry**. 64: 873-877.
- Rice-Evans, C.A., Miller, N.J. and Paganga, G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acid. **Free Radical Biology and Medicine**. 20: 933-956.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Rocha-Guzmán, N.E., Gallegos-Infante, A., González-Laredo, R.F., Reynoso-Camacho, R., Ramos-Gómez, M., Garcia-Gasca, T., Rodríguez-Muñoz, M.E., Guzmán-Maldonado, S.H., Medina-Torres, L., Lujan-García, B.A. 2009. Antioxidant activity and genotoxic effect on HeLa cells of phenolic compounds from infusions of *Quercus resinosa* leaves. **Food Chemistry**. 115: 1320-1325.
- Roy, M.K., Takenaka, M., Isobe, S., and Tsushida, T. 2007. Antioxidant potential, anti-proliferative, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: Effects of thermal treatment. **Food Chemistry**. 103: 106-114.
- Saralamp, P. and Chuakul, W. 2000. Encyclopadia of medicinal plants vol.4: Kok Ya E-sarn (Medicinal plants of the Northeast in Thai). Bangkok. 159 pp.
- Sasef, M.S.M., Hong, L.T. and Prawirohatmodjo, S. (Editors.) 1998. Plant resources of South-East Asia No.5(3) : Timber trees : Lesser known timber. Backhuys Publishers. Leiden. the Netherlands. 859 pp.
- Seeram, N.P. and Nair, M.G. 2002. Inhibition of lipid peroxidation and structure—activity-related studies of the dietary constituents anthocyanins, anthocyanidins and catechins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 5308-5312.
- Siemonsma, J.S., and Piluek, K. (Editors.) 1994. Plant resources of South-East Asia No. 8 : Vegetables. Bogor. Indonesia. 412 pp.
- Siddiqui, B.S., Ghiasuddin Faizi, S. and Siddiqui, S. 1992. Triterpenoids from the fresh fruit coats of *Azadirachta indica*. **Phytochemistry**. 31: 4275-4278.
- Silva, E.M., Souza, J.N.S., Rogez, H., Rees, J.F. and Larondelle, Y. 2007. Antioxidant activities and phenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. **Food Chemistry**. 101: 1012-1018.
- Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by mean of Folin-Ciocalteu Reagent. **Methods in Enzymology**. 299: 152-177.
- Sithisarn, P., Carlsen, C.U., Andersen, M.L., Gritsanapan, W. and Skibated, L.H. 2007. Antioxidative effects of leaves from *Azadirachta* of different provenience. **Food Chemistry**. 104: 1539-1549.
- Shahidi, F. 2000. Antioxidants in food and food antioxidants. *Nahrung*. 44: 158–163.

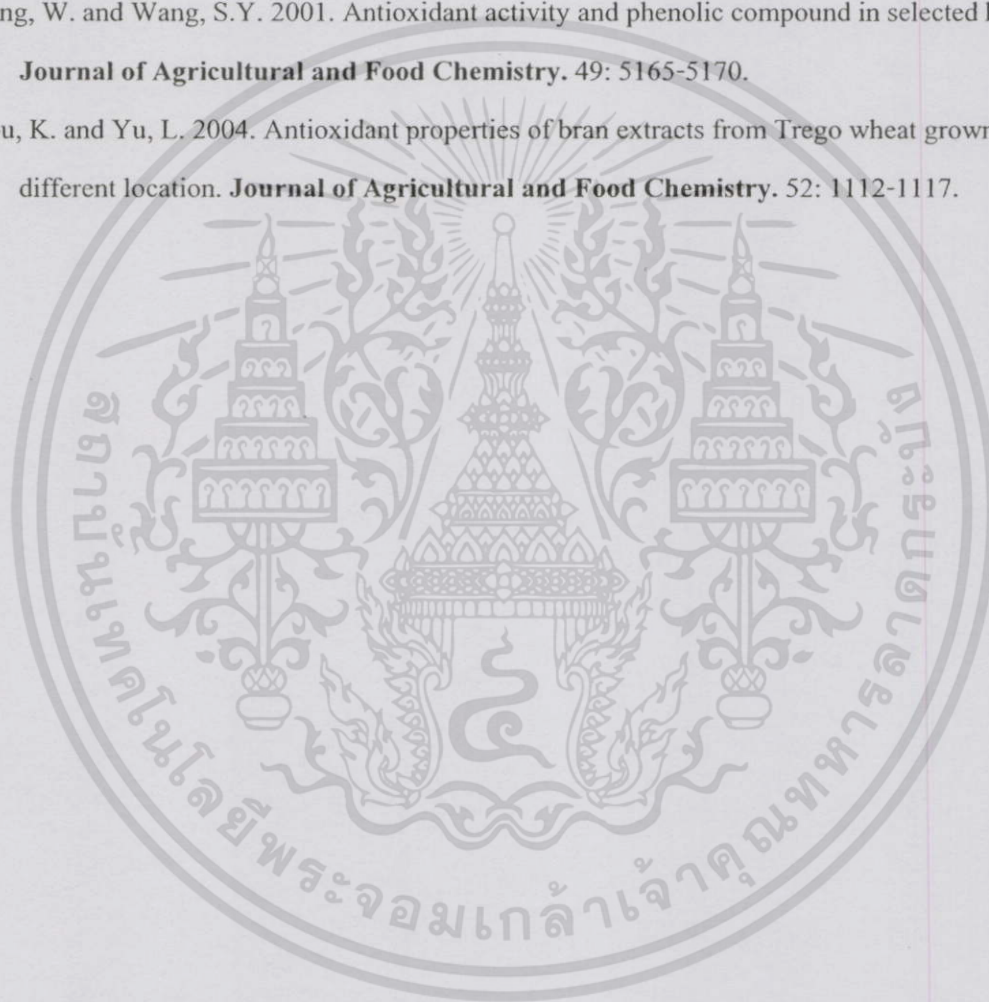
- Shahidi, F. and Naczki, M. 1995. Food phenolics: Sources, chemistry, effects and applications, Technomic Pub. Co. Basel, Switzerland. 331 pp.
- Sherma, J. 2000. Thin-layer chromatography in food and agricultural analysis. **Journal of Chromatography A**. 880: 129-147.
- Sohrab, M.H., Chowghury, R., Hasan, C.M. and Rashid, M.A. 2004. Chemotaxonomic significance of polyoxygenated flavonoids from the leaves of *Micromelum minutum*. **Biochemical Systematics and Ecology**. 32: 829-831.
- Sribusarakum, A., Bunyapraphatsara, N., Vajragupta, O. and Watanabe, H. 2004. Antioxidant activity of *Limnophila aromatica* Merr. **Thai Journal of Phytopharmacy**. 11(2): 11-17.
- Su, X., Duan, J., Jiang, Y., Duan, X. and Chen, F. 2007. Polyphenolic profile and antioxidants activities of Oolong tea infusion under various steeping conditions. **International Journal of Molecular Sciences**. 8: 1196-1205.
- Subhasree, B., Baskar, R., Keerthana, R.L., Susan, R.L. and Rajasekaran, P. 2009. Evaluation of antioxidant potential in selected green leafy vegetables. **Food Chemistry**. 115: 1213-1220.
- Suksamrarn, A., Poomsing, P., Aroonrerk, N., Punjanon, T., Suksamrarn, S. and Kongkun, S. 2003. Antimycobacterial and antioxidant flavones from *Limnophila geoffrayi*. **Archives of Pharmacal Research**. 26(10): 816-820.
- Surveswaran, S., Cai, Y.-Z., Corke, H. and Sun, M. 2007. Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. **Food Chemistry**. 102: 938-953.
- Suzuki, M., Watanabe, T., Miura, A., Harashima, E., Nakagawa, Y. and Tsuji, K. 2002. An extraction solvent optimum for analyzing polyphenol contents by Folin-Denis assay. **Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi**. 49: 507-511.
- Tabart, J., Kevers, C., Sipel, A., Pincemail, J., Defraigne, J.-O. and Dommes, J. 2007. Optimisation of extraction of phenolics and antioxidants from black currant leaves and buds and stability during storage. **Food Chemistry**. 105: 1268-1275.
- Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J.-O. and Dommes, J. 2009. Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. **Food Chemistry**. 113: 1226-1233.
- Tawaha, K., Alali, F.Q., Gharaibeh, M., Mohammad, M. and El-Elimat, T. 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. **Food Chemistry**. 104: 1372-1378.

- Teow, C.C., Truong, V.-D., McFeeters, R.F., Thompson, R.L., Pecota, K.V. and Yencho, G.C. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry**. 103: 829-838.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., and Byrne, D.H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**. 19 : 669–675.
- Thongdon, J. and Inprakhon, P. 2009. Composition and biological of essential oils from *Limnophila geoffrayi* Bonati. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**. [online.]. available : <http://www.springerlink.com/content/p60358627537046k/fulltext.pdf> (Accessed 25 April 2009).
- Toor, R.K. and Savage, G.P. 2006. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. **Food Chemistry**. 94: 90-97.
- Tsushida, T., Suzuki, M. and Kurogi, M. 1994. Evaluation of antioxidant activity of vegetable extracts and determination of active compounds. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**. 41: 611-618.
- van der Vossen, H.A.M. and Wessel, M. (Editors.) 1999. Plant resources of South-East Asia No.16 : Stimulants. Backhuys Publishers. Leiden, the Netherlands. 201 pp.
- van Valkenburg, J.L.C.H. and Bunyaphrathasara, N. (Editors.) 2001. Plant resources of South-East Asia No.12(2) : Medicinal and poisonous plants 2. Backhuys Publishers. Leiden, the Netherlands. 782 pp.
- Vinha, A.F., Ferreres, F., Silva, B.M., Valantão, P., Gonçalves, A., Pereira, J., Oliveira, M.B., Seabra, R.M. and Andrade, P.B. 2005. Phenolic profiles of Portuguese olive fruits (*Olea europaea* L.): Influences of cultivar and geographical origin. **Food Chemistry**. 89: 561-568.
- Vogel, H., Gonz'alez, M., Faini, F., Razmilic, L., Jaime Rodr'iguez, J., Mart, J.S., and Urbinag, F. 2005. Antioxidant properties and TLC characterization of four Chilean *Haplopappus*-species known as bailahu'en. **Journal of Ethnopharmacology**. 97: 97–100.
- Wagner, H. and Bladt, S. 1996. Plant drug analysis: A thin layer chromatography atlas (Second Edition). Springer-Verlag Berlin. Germany. 384 pp.
- Wall, P.E. 2005. Thin-layer chromatography: A modern practical approach. The Royal Society of Chemistry. Cambridge UK. 184 pp.

- Waskmundzka-Hajnos, M., Sherma, J. and Kowalska, T. 2008. Thin layer chromatography in phytochemistry. CRC Press, London, New York. 874 pp.
- Wei, A. and Shibamoto, T. 2007. Antioxidant activities and volatile constituents of various essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 55: 1737-1742.
- Westphal, E. and Jansen, P.C.M. (Editors.) 1993. Plant resources of South-East Asia: A Selection. Backhuys Publishers. Leiden. the Netherlands. 325 pp.
- Witzell, J., Gref, R. and Näsholm, T. 2003. Plant-part specific and temporal variation in phenolic compounds of boreal bilberry (*Vaccinium myrtillus*) plants. **Biochemical Systematics and Ecology**. 31: 115-127.
- Wojdyło, A., Oszmiański, J. and Czemerys, R. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. **Food Chemistry**. 105: 940-949.
- Wojdyło, A., Figiel, A. and Oszmiański, J. 2009. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 57: 1337-1343.
- Wolfe, K.L., Kang, X., He, X., Dong, M., Zhang, Q. and Liu, R.H. 2008. Cellular antioxidant activity of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 56: 8418-8426.
- Wong, S.P., Leong, L.P. and Koh, J.H.W. 2006. Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. **Food Chemistry**. 99: 775-783.
- Wu, C.-R., Huang, M.-Y., Lin, Y.-T., Ju, H.-Y. and Ching, H. 2007. Antioxidant properties of *Cortex Fraxini* and its simple coumarins. **Food Chemistry**. 104: 1464-1471.
- Yamamoto, T., Juneja, L.R., Chu, D.C. and Kim, M. (Editors.) 1997. Chemistry and applications of green tea. CRC Press. New York. 176 pp.
- Yanishlieva-Maslarova, N.V. 2001. Inhibiting oxidation. In Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M.H. (Editors.), Antioxidants in food: practical applications. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 22-70 pp.
- Yawadio Nsimba, R., Kikuzaki, H. and Konishi, Y. 2008. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* ssp. seeds. **Food Chemistry**. 106: 760-766.
- Yoshida, T., Chou, T. Nitta, A. and Okuda, T. 1991. Tannins and related polyphenols of theaceous plants. IV. monomeric and dimeric hydrolyzable tannins having a dilactonized valoneoyl group from *Schima wallichii* KORTH. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**. 39(9): 2247-2251.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Yu, J., Wang, L., Walzem, R.L., Miller, E.G., Pike, L.M. and Patil, B.S. 2005. Antioxidant activity of citrus limonoids, flavonoids and coumarins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 53: 2009-2014.
- Zhang, J.S., Guan, J., Yang, F.Q., Liu, H.G., Cheng, X.J. and Li, S.P. 2008. Qualitative and quantitative analysis of four species of *Curcuma* rhizomes using twice development thin layer chromatography. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**. 48(3): 1024-1028.
- Zheng, W. and Wang, S.Y. 2001. Antioxidant activity and phenolic compound in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 49: 5165-5170.
- Zhou, K. and Yu, L. 2004. Antioxidant properties of bran extracts from Trego wheat grown at different location. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 52: 1112-1117.





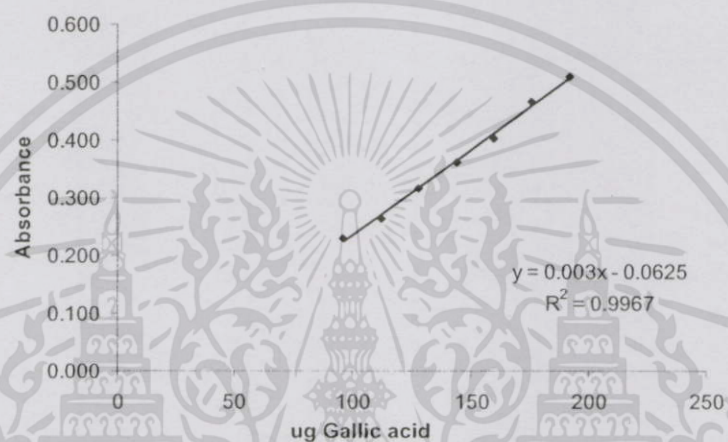
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

กราฟมาตรฐาน

1. ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC)

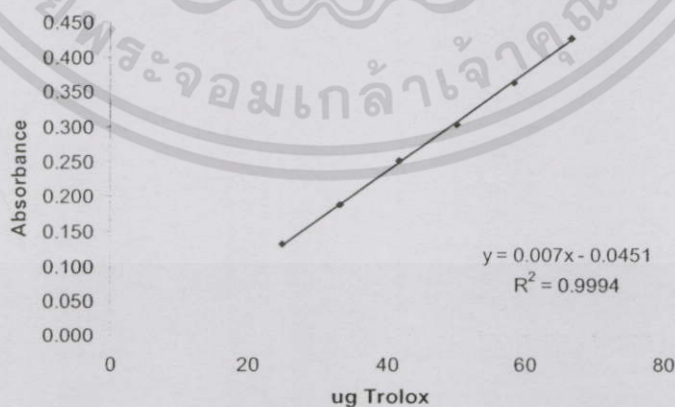
กราฟสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิก



ภาพที่ ก1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิก ได้เป็นสมการเส้นตรง $y = 0.003x$

2. Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)

กราฟสารละลายมาตรฐานของ Trolox

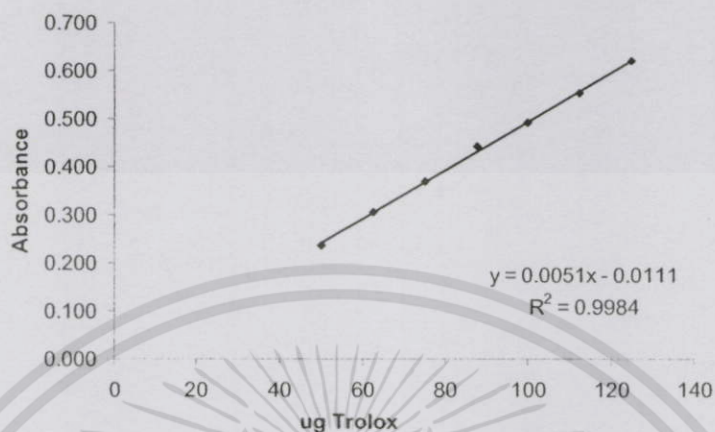


ภาพที่ ก2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณ Trolox ได้เป็นสมการเส้นตรง $y = 0.007x$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความสามารถในการรีดิวซ์ทั้งหมด (FRAP)

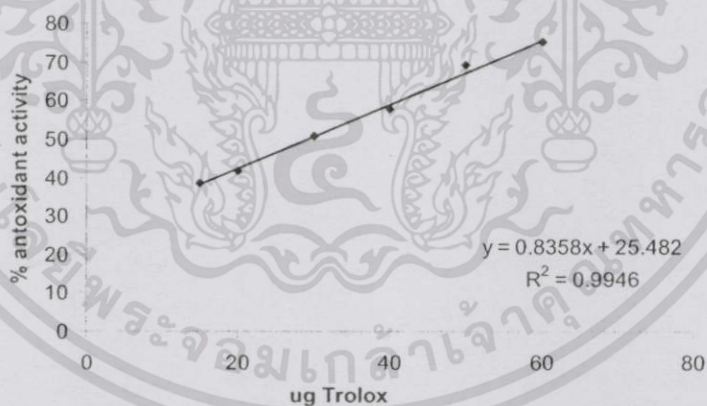
กราฟสารละลายมาตรฐานของ Trolox



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณ Trolox ได้เป็นสมการเส้นตรง $y = 0.0051x$

4. ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS

กราฟสารละลายมาตรฐานของ Trolox



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง % antioxidant activity กับปริมาณ Trolox ได้เป็นสมการเส้นตรง $y = 0.8358x$

การคำนวณปริมาณสารที่พบในตัวอย่างโดยใช้กราฟสารละลายมาตรฐาน สามารถทำได้ ดังนี้

1) การคำนวณปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

$$\text{ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด } (\mu\text{g/g wet basis}) = \frac{\text{Total dilution factor} \times A}{m \times \text{น้ำหนักพืชตัวอย่าง}}$$

หมายเหตุ m คือ ค่าความชื้นของกราฟสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิก

A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดพืช

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างค่อน้ำหนักแห้ง คำนวณจาก

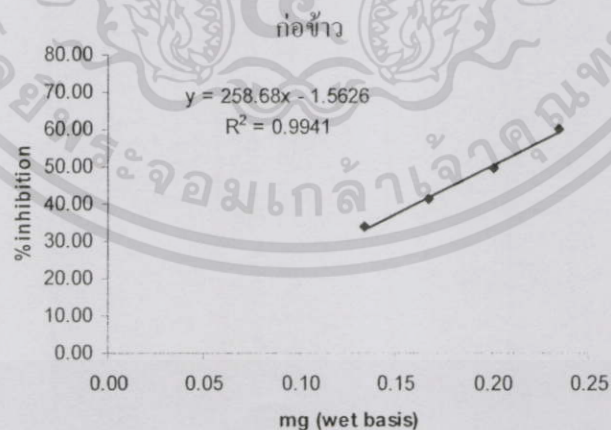
$$\text{ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด} = \mu\text{g/g wet basis}$$

$$I - (\% \text{MC}/100)$$

หมายเหตุ % MC หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความชื้น

การคำนวณความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี TEAC, FRAP และ TBARS สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับการหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้กราฟสารละลายมาตรฐานที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละวิธีสำหรับการคำนวณ

2) การคำนวณค่า EC_{50}



ภาพที่ ๓5 ความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับปริมาณสารสกัดก๋วยเตี๋ยว ได้เป็นสมการเส้นตรง $y = 258.68x$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณค่า EC_{50} ของก๋อข้าว

$$y = 258.68x$$

$$50 = 258.68x$$

$$= 0.1933 \text{ mg (wet basis)}$$

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระต่อน้ำหนักแห้ง คำนวณจาก

$$= g \text{ (wet basis)} \times \frac{(100 - \%M.C.)}{100}$$

$$= 0.1933 \times 0.379 \text{ mg (dry basis)}$$

$$= 0.0733 \text{ mg (dry basis)}$$



ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลายมาตรฐานและรีเอเจนต์ทดสอบ

1. สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ชั่งกรดแกลลิก 0.02 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้น 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2. สารละลายมาตรฐาน 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox)

ชั่ง Trolox 0.025 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐาน Trolox ที่มีความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

3. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 10 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

4. สารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH)

ชั่ง DPPH 0.0078 กรัม ละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย DPPH ที่มีความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์

5. สารละลาย 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)

ชั่ง ABTS 0.2742 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร นำสารละลาย ABTS ที่ได้มาเติมแมงกานีสไดออกไซด์ 2 กรัม คนผสมให้เข้ากันด้วย magnetic stirrer เป็นเวลา 30 นาทีในที่มืด จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วกรองซ้ำอีกครั้งด้วยตัวกรองขนาด 0.2 ไมครอน จะได้สารละลาย ABTS⁺ ที่มีความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์

ก่อนทำการวิเคราะห์ให้เจือจางสารละลาย ABTS⁺ ด้วยน้ำกลั่น ให้มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร อยู่ในช่วง 0.700 ± 0.020 และควรเตรียมสารละลาย ABTS⁺ ใหม่ทุกครั้งที่ทำกรวิเคราะห์

6. สารละลาย Ferric reducing/antioxidant power (FRAP)

1) เตรียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.3 โมลาร์ (pH= 3.6)

ซึ่งโซเดียมอะซิเตต 3.1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น เติมกรดอะซิติกเข้มข้น (glacial acetic acid) 16 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

2) เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์

ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3.31 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3) เตรียมสารละลาย FRAP

ซึ่งเฟอร์ริกคลอไรด์ 0.1082 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร จากนั้นซึ่ง 2,4,6-tripyridyl-*s*-triazine (TPTZ) 0.0624 กรัม ละลายด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ 20 มิลลิลิตร นำสารละลายทั้งสองมาผสมกับอะซิเตตบัฟเฟอร์ปริมาตร 200 มิลลิลิตร (หรือในอัตราส่วน 1:1:10) จะได้สารละลาย FRAP ปริมาตร 240 มิลลิลิตร ควรเตรียมสารละลาย FRAP ใหม่ทุกครั้งที่ทำกรวิเคราะห์

7. การทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมัน

1) เตรียมอิมัลชันของกรดไขมันลิโนเลอิก 1 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งกรดไขมันลิโนเลอิก 0.5 กรัม เติม Tween 40 จำนวน 0.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

2) เตรียมสารละลาย TCA-TBA-HCl

ซึ่งกรดไตรคลอโรอะซิติก (trichloroacetic acid, TCA) 15 กรัม และกรดไทโอบาร์บิturik (thiobarbituric acid, TBA) 0.375 กรัม ละลายด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ จากนั้นผสมสารละลายทั้งสองให้เข้ากัน ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จะได้สารละลาย TCA-TBA-HCl

ภาคผนวก ก

รีเอเจนต์ตรวจสอบสารสำคัญกลุ่มต่างๆ

1. รีเอเจนต์อะนิซัลดีไฮด์-กรดซัลฟูริก (*p*-anisaldehyde- H_2SO_4)

เตรียมรีเอเจนต์ตรวจสอบโดยผสม *p*-anisaldehyde 0.5 มิลลิลิตร และกรดอะซิติกเข้มข้น (glacial acetic acid) 10 มิลลิลิตร จากนั้นเทส่วนผสมลงในเมทานอล 85 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นอีก 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ควรเตรียมรีเอเจนต์ใหม่ทุกครั้งที่ทำกรวิเคราะห์

ภายหลังพ่นรีเอเจนต์อะนิซัลดีไฮด์-กรดซัลฟูริกแล้ว นำแผ่น TLC ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที สเปคโตรยด์และเทอร์ปีนเกิดเป็นแถบสีน้ำตาลเงินม่วง สีแดง หรือ สีม่วงแดง

2. สารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) (0.2 มิลลิโมลาร์)

ชั่ง DPPH 0.0078 กรัม ละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย DPPH ที่มีความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ภายหลังพ่นสารละลาย DPPH สารต้านอนุมูลอิสระเกิดเป็นแถบสีเหลืองบนพื้นสีม่วง

3. รีเอเจนต์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)

ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม ละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังพ่นรีเอเจนต์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์แล้ว นำแผ่น TLC วางไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปตรวจสอบภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร คูมารินเกิดการเรืองแสงสีเขียว หรือ สีน้ำเงิน

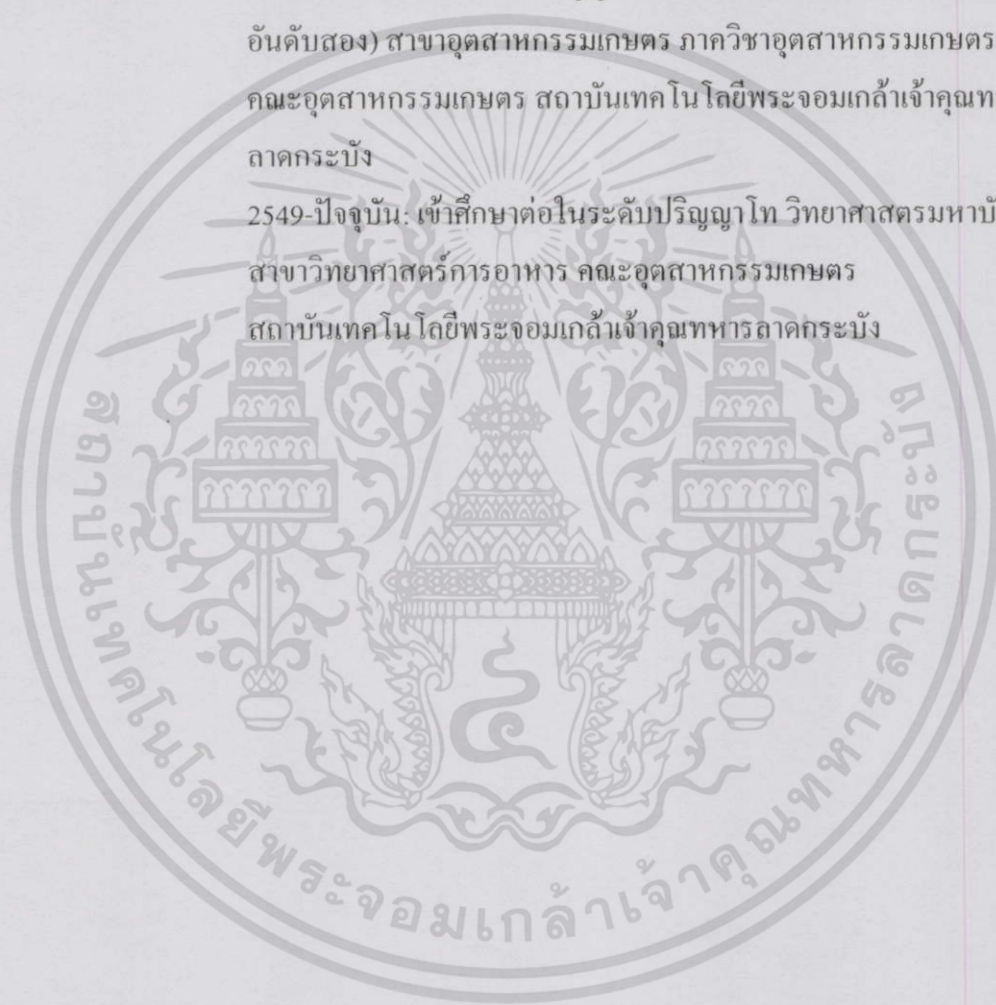
4. รีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริก (vanillin- H_2SO_4)

ชั่งวานิลลิน 6 กรัม ละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

ภายหลังพ่นรีเอเจนต์วานิลลิน-กรดซัลฟูริกแล้ว นำแผ่น TLC ไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที โดยซาโปนินเกิดเป็นแถบสีน้ำตาล ส่วนน้ำมันหอมระเหยเกิดเป็นแถบสีแดง สีน้ำตาล หรือ สีน้ำเงิน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นราพร พรหมไกรวร
วัน เดือน ปีเกิด	18 กันยายน 2526
ที่อยู่	39/51 หมู่ 4 ซอย 22-20 หมู่บ้านเศรษฐกิจ ถนนเพชรเกษม แขวงบางแคเหนือ เขตบางแค กรุงเทพฯ 10160 โทร. 02-808-0688
ประวัติการศึกษา	2548: จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยม อันดับสอง) สาขาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง 2549-ปัจจุบัน: เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้