



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

..... วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

..... พี่สาว

สาขา

..... พี่สาว

ภาควิชา

เรื่องฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารสำคัญในพืชสกุลจิงบางชนิดที่พบในประเทศไทย

Antioxidant Activities and Chemical Constituents of Some *Zingiber* Species in Thailand

นามผู้วิจัย นางสาววิภาดา กันทยศ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ยิ่งยง ไพสุขสานติวัฒนา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์เบญญา มะโนชัย, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉัตร พิชกรรม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารสำคัญในพืชสกุลขิงบางชนิดที่พบในประเทศไทย

Antioxidant Activities and Chemical Constituents of Some *Zingiber* Species in Thailand

โดย

นางสาววิภาดา กันทยศ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิภาดา กันทยศ 2554:ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารสำคัญในพืชสกุลขิงบางชนิด
ที่พบในประเทศไทย ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน
ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์
ยิ่งยง ไพบูลย์สถานติวัฒนา, Ph.D. 83 หน้า

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณเคอร์คูมินอยด์
ของสารสกัดพืชสกุลขิง 8 ชนิดที่พบในประเทศไทย โดยการนำมาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
ด้วยวิธี DPPH และ ABTS เปรียบเทียบกับวิตามินซี พบว่า สารสกัดของ *Zingiber officinale* มีฤทธิ์
ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดจากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งสองวิธี กล่าวคือ สามารถขจัด
อนุมูล DPPH• และอนุมูล ABTS•+ ได้ครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด โดยมีค่า IC_{50}
เท่ากับ 4.26 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 7.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับการหาปริมาณ
สารประกอบฟีนอลิก พบว่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดพืชสกุลขิงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.30
ถึง 7.70 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง เมื่อนำมาวิเคราะห์ความ สัมพันธ์
ระหว่างสารฟีนอลิกทั้งหมดกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และ ABTS พบว่ามีความสัมพันธ์
กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.794 และ 0.832
ตามลำดับ ส่วนใน *Zingiber montanum* พบว่า ปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมมีปริมาณสูงที่สุด เท่ากับ
2.69 % (w/w) และใน *Zingiber* 'Plai-chompoo' มีปริมาณน้อยที่สุด คือ 0.033 % (w/w) จากการ
ทดลองนี้สรุปได้ว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณสารฟีนอลิก
ทั้งหมด ส่วนสารประกอบ 6-gingerol พบในพืชสองชนิดได้แก่ *Zingiber officinale* และ *Zingiber*
cornubraceatum โดยมีปริมาณเท่ากับ 271.12 และ 65.56 ppm ตามลำดับ การสกัดน้ำมันหอม
ระเหยของพืชสกุลขิงพบว่า *Zingiber montanum* มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณสาร
terpinen-4-ol สูงที่สุด อย่างไรก็ตามพืชสกุลขิงแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และเป็นแหล่งของ
สารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติที่มีศักยภาพ

Vipada Kantayos 2011: Antioxidant Activities and Chemical Constituents of Some *Zingiber* Species in Thailand. Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Associate Professor Yingyong Paisooksantivatana, Ph.D. 83 pages.

The present study aims to determine the antioxidant activities, total phenolic and total curcuminoid content of ethanolic extracts of ten species of *Zingiber* using DPPH and ABTS assays compared with L-ascorbic acid. The result showed that the extract from *Zingiber officinale* had the highest antioxidant activities calculated in IC_{50} (the concentration of an antioxidant at with 50% inhibition of free radical activity), 4.26 mg mL⁻¹ and 7.04 mg mL⁻¹ for DPPH assay and ABTS radical scavenging assay. Based on the Folin-Ciocalteu method, the total phenolics content, ranges from 2.30 to 7.70 mgGAE g⁻¹ of dry weight. There relationships between antioxidant activities determined by DPPH assay, and by ABTS assay were highly correlated with total phenolic content, ($r = 0.812$; $P < 0.01$) and ($r = 0.814$; $P < 0.01$). The extracts from *Zingiber montanum* and *Zingiber* 'Plai-chompoo' showed the highest and lowest of total curcuminoids content, 2.69 % (w/w), and 0.033 % (w/w), respectively. [6]-gingerol was found in *Zingiber officinale* and *Zingiber cornubraceatum* with the concentrations of 271.12 and 65.56 ppm. The extracts from *Zingiber* oil, *Zingiber montanum* exhibited the highest content of terpinen-4-ol. However, the *Zingiber* plant have the significantly high levels of antioxidants and is a new potential source of active compounds.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้ทำวิจัยต้องขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์
ยิ่งยง ไพสุขสานติวัฒนา ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนวคิด
คำแนะนำ และสละเวลาในการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้อง
สมบูรณ์ ด้วยความดูแลเอาใจใส่ และความเมตตากรุณาตลอดงานวิจัย

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. เบญญา มะโนชัย กรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจ
แก้ไข และให้แนวคิดรวมทั้งคำแนะนำอันมีคุณค่าแก่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณบุคคลสองท่านที่มีความสำคัญที่สุดในชีวิต คือคุณพ่อและคุณแม่ ผู้ให้กำเนิด
และอบรมสั่งสอนให้เป็นคนดี ตลอดจนเป็นกำลังใจและที่ปรึกษาที่ดีในยามที่พบกับอุปสรรค
ปัญหา และท้อแท้หมดกำลังใจ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาพืชสวนและเจ้าหน้าที่ห้อง
ปฏิบัติการกลาง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน คุณวิณา สิทธิธนบุรณ ที่ให้
คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์การทดลองต่างๆตลอดงานวิจัย

วิภาดา กันทยศ

ตุลาคม 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	15
วิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	26
ผล	26
วิจารณ์	43
สรุป	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	54
ภาคผนวก	69
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่า IC_{50} ของสารสกัดพืชสกุลขิงเปรียบเทียบกับวิตามินซี ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH	27
2	ค่า IC_{50} ของสารสกัดพืชสกุลขิงเปรียบเทียบกับวิตามินซี ตรวจสอบด้วยวิธี ABTS	29
3	ความเข้มข้นของ Gallic acid (mg/ml) และค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่มีความยาวคลื่น 765 nm	31
4	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดพืชสกุลขิง (<i>Zingiber</i>) รายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งกรัมน้ำหนักแห้ง	32
5	ค่าความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS	34
6	ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์รวม รายงานผลในหน่วยของร้อยละโดยน้ำหนัก (% w/w) ในพืชสกุลขิงทั้ง 10 ชนิด	36
7	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's correlation) ระหว่างปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	37
8	พื้นที่ใต้กราฟและเวลาที่ตรวจพบสาร 6-gingerol ของสารมาตรฐานที่ความเข้มข้น 10 ถึง 100 ppm	39
9	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง (<i>Zingiber</i>) ที่สกัดด้วยวิธี microwave extraction (ME)	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ปริมาตรของสารสกัดและปริมาตรของเอทานอลที่ใช้ในการเจือจาง (ปริมาตรรวม 2 มิลลิลิตร)	70
2	พื้นที่ใต้กราฟและเวลาที่พบสาร 6-gingerol ของสารสกัด <i>Zingiber officinale</i> และ <i>Z. cornubraceatum</i>	71
3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's correlation) ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหย และ ปริมาณสาร terpinen-4-ol	72

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างทางเคมีของ DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)	8
2	โครงสร้างของ ABTS ⁺⁺ (2,2-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonic acid) diamonium salt)	9
3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การจับอนุมูลอิสระ และความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่างของ <i>Zingiber montanum</i>	18
4	กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกและค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร	20
5	กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานเคอร์คูมิน (Curcumin) และค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร	22
6	ความสัมพันธ์ระหว่าง IC ₅₀ จากวิธี DPPH และ วิธี ABTS radical scavenging ของสารสกัดพืชสกุลขิง(<i>Zingiber</i>)	30
7	ความสัมพันธ์ระหว่าง IC ₅₀ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH	34
8	ความสัมพันธ์ระหว่าง IC ₅₀ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี ABTS	35
9	กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของ 6-gingerol มาตรฐาน	38
10	กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tepinen-4-ol และพื้นที่ใต้กราฟ	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของพืชสกุลขิง	73
2 ลักษณะและสีเหง้า (rhizome) ของพืชสกุลขิงชนิดต่างๆที่ใช้ในการศึกษา	74
3 ลักษณะของช่อดอกของพืชสกุลขิง (<i>Zingiber</i>) ชนิดต่างๆที่ศึกษาในครั้งนี้	75
4 ลักษณะของช่อดอกของพืชสกุลขิง (<i>Zingiber</i>) ชนิดต่างๆที่ศึกษาในครั้งนี้ (ต่อ)	76
5 โคโรมาโตแกรมของสารสกัดของ <i>Zingiber officinale</i> พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.501 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร	77
6 โคโรมาโตแกรมของสารสกัดของ <i>Zingiber officinale</i> พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.495 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร	77
7 โคโรมาโตแกรมของสารสกัดของ <i>Zingiber officinale</i> พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.490 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร	78
8 โคโรมาโตแกรมของสารสกัด <i>Zingiber cornubraceatum</i> พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.676 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร	78
9 โคโรมาโตแกรมของสารสกัด <i>Zingiber cornubraceatum</i> พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.729 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร	79
10 โคโรมาโตแกรมของสารสกัด <i>Zingiber cornubraceatum</i> พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.573 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร	79
11 โคโรมาโตแกรมสาร terpinen-4-ol ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำมันหอมระเหยของ <i>Zingiber montanum</i>	80
12 โคโรมาโตแกรมสาร terpinen-4-ol ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำมันหอมระเหยของ <i>Zingiber ottensii</i>	81
13 โคโรมาโตแกรมสาร terinen-4-ol ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำมันหอมระเหยของ <i>Zingiber</i> 'Phlai-chompoo'	82

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารสำคัญในพืชสกุลขิงบางชนิดที่พบในประเทศไทย

Antioxidant Activities and Chemical Constituents of Some *Zingiber* Species in Thailand

คำนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา กระแสในเรื่องความห่วงใยสุขภาพ การป้องกัน และรักษาอาการเจ็บป่วยกำลังเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ผู้บริโภคในหลายๆ ประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจในการนำสมุนไพรและผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรมารับประทานหรือเพื่อใช้บำรุงรักษาสุขภาพ พืชสกุลขิง (*Zingiber*) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสกุลหนึ่งที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในด้านสมุนไพร และเครื่องเทศ

พืชสกุลขิง (*Zingiber*) ปรากฏเป็นครั้งแรกโดยการตีพิมพ์ของ Miller ซึ่งกล่าวถึงพืชสกุลนี้ไว้เพียง 2 ชนิด คือ ขิง และกะทือ แต่ปัจจุบันพบว่าประกอบด้วยสมาชิก 100 - 150 ชนิด กระจายพันธุ์อยู่ในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนของทวีปเอเชียและออสเตรเลีย โดยมีศูนย์กลางการกระจายพันธุ์อยู่บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และบางส่วนของประเทศจีน อินเดีย และศรีลังกา (Theilade, 1999 ; Wu and Larsen, 2000) ประเทศไทยพบว่ามีพืชสกุลขิง 50 ชนิด กระจายพันธุ์ทั่วทั้งประเทศ (ปราโมทย์ และคณะ, 2548) พืชสกุลขิงนับเป็นพืชสำคัญสกุลหนึ่งที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในด้านสมุนไพรและเครื่องเทศ โดยเฉพาะขิง (*Zingiber officinale*) ใพล (*Zingiber montanum*) และกะทือ (*Zingiber zerumbet*) ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ (พิทยา, 2551) รวมทั้งมีหลายชนิดยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นไม้ตัดดอก เช่น กะทือช้าง (*Zingiber spectabile*) และขิงเจ้าหญิงเชียงใหม่ (*Zingiber niveum*) (ปราโมทย์ และคณะ, 2548) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติทางเคมี และองค์ประกอบในขิง พบว่ามีองค์ประกอบหลายชนิด ขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูก และลักษณะของเหง้าว่าอยู่ในรูปเหง้าสดหรือเหง้าแห้ง (Badreldin *et al.*, 2008) สารประกอบที่สำคัญในขิง คือ gingerol และ oleoresin ซึ่งสามารถต้านการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันและไขมันได้ ในกะทือมีสาร zerumbone มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ และมีการใช้ทำเป็นยาต่างๆ เช่น ยาแก้ปวดท้อง แก้คลื่นไส้ และยาแก้ไอ (Wang *et al.*, 2008)

งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ได้พิสูจน์ว่าสารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง และโรคหัวใจ (Chew *et al.*, 2008) สารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่มักจะอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก เช่น เคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) เป็นต้น การพัฒนาพืชสมุนไพรให้ได้มาตรฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตพืชสมุนไพรให้มีคุณภาพ โดยประเด็นที่สำคัญคือ สมุนไพรจะต้องมีปริมาณสารสำคัญสูง ประเทศไทยมีพืชสกุลขิงอยู่หลายชนิด ซึ่งยังขาดข้อมูลพื้นฐานทางด้านการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงเป็นการวิจัยเบื้องต้นเพื่อบ่งชี้ถึงศักยภาพของพืชสกุลขิงชนิดต่างๆ ที่พบในประเทศไทย



วัตถุประสงค์

1. ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS radical scavenging
2. ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ
3. เพื่อหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม และความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมของพืชสกุลขิงบางชนิดที่พบในประเทศไทย
4. ศึกษาปริมาณสารสำคัญ [6]-gingerol และ terpinen-4-ol ในพืชสกุลขิง (*Zingiber*)

การตรวจเอกสาร

พืชสกุลขิง (*Zingiber*) ปรากฏเป็นครั้งแรกที่ตีพิมพ์โดย Miller จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae คำว่า *Zingiber* เป็นภาษาละตินสันนิษฐานว่ามาจากภาษาสันสกฤตว่า Shringavera หมายถึงมีลักษณะเหมือนเขาสัตว์ ตามลักษณะของเหง้าที่ดูคล้ายเขาสัตว์ (Chaveerach *et al.*, 2007) พืชสกุลขิงเป็นพืชพื้นถิ่นที่มีการเพาะปลูกโดยทั่วไป และเป็นพืชสกุลหนึ่งที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในชีวิตประจำวันของชาวเอเชียทั้งด้านสมุนไพร เครื่องเทศ ประยุกต์รสชาตอาหาร พืชยา และเครื่องสำอาง ซึ่งชนิดที่มีความสำคัญระดับโลก คือ ขิง ส่วนไพล และกะทือ ยังมีความสำคัญในระดับท้องถิ่น แต่มีศักยภาพในการพัฒนาในเชิงอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมสปา และสுகอนรบำบัด (พิทยา, 2551)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พืชสกุลขิง (*Zingiber*) มีลำต้นใต้ดินเรียกว่าเหง้า (rhizome) แตกแขนงและสามารถงอหัวได้ เหง้ามีกลิ่นเฉพาะ ลำต้นเทียม (pseudostem) เติบโตขึ้นมาจากดิน ลำต้นมีสีเขียว ใบเดี่ยวเรียงสลับในแนวขนานกับการแตกของเหง้า โคนก้านใบพองลักษณะคล้ายมินวม แผ่นใบเรียบ รูปขอบขนาน รูปหอกหรือรูปแถบ ใบประดับเรียงซ้อนเหลื่อมกัน ส่วนมากสีเขียวหรืออาจมีสีอื่นๆ ช่อดอกเป็นแท่งคล้ายกระบอง เติบโตจากเหง้าใต้ดิน ก้านช่อดอกมีกาบใบห่อหุ้ม มีน้อยที่ช่อดอกเกิดจากลำต้นเทียม หรือไม่มีก้านช่อดอก ดอกจะอยู่ทน กลีบเลี้ยงเป็นท่อนมีช่องเปิดด้านเดียว ที่ปลายแยกเป็น 3 พู กลีบดอกเป็นท่อยาวเรียว พูที่อยู่ตรงกลางมีสีขาวหรือสีครีม มีขนาดใหญ่กว่าพูที่อยู่ด้านข้าง เกสรเพศผู้อยู่ด้านข้างเป็นหมันและจะเชื่อมติดกับปาก (labellum) ทำให้เกิดปากเป็น 3 พู พูตรงกลางป้านหรือเว้าเล็กน้อยที่ส่วนปลาย ก้านชูเกสรเพศผู้สั้นและเชื่อมต่อกับส่วนที่หุ้มอยู่รอบก้านเกสรเพศเมีย รังไข่ มี 3 ช่อง ก้านชูเกสรเพศเมียยาวเรียว ยื่นยาวไปถึงช่องของอับเรณู ผลแบบแคปซูลแห้งแล้วแตก เมล็ดสีดำมีเยื่อหุ้ม (aril) (Wu and Larsen, 2000) (ภาพผนวกที่ 1)

การกระจายพันธุ์และนิเวศวิทยา

ในปัจจุบันพบว่าพืชสกุลขิง(*Zingiber*) ประกอบด้วยสมาชิกมากกว่า 200 ชนิด กระจายพันธุ์อยู่ในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนของทวีปเอเชีย โดยมีศูนย์กลางความหลากหลายอยู่บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และบางส่วนของประเทศจีน อินเดีย และศรีลังกา (Theilade, 1999 ; Wu and Larsen, 2000) ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนชื้น อยู่ระหว่างสอง ภูมิภาคศาสตร์พืชพรรณ (biogeographical region) หมายถึง เขตภูมิภาคศาสตร์พืชพรรณภูมิภาคอินโดจีน (Indochina) และเขตภูมิภาคศาสตร์พืชพรรณภูมิภาคซุนดา (Sunda) ทำให้ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสูงที่สุดแห่งหนึ่งของโลก (กันต์, 2548) โดยมีรายงานการค้นพบแล้ว 56 ชนิด (60 taxa) ในจำนวนนี้เป็นพืชถิ่นเดียวของประเทศ 19 ชนิด โดยมี 15 ชนิด เป็นพืชที่มีการรายงานเป็นครั้งแรก และมีรายงานเป็นชนิดใหม่ของโลก 10 ชนิด พืชในสกุลขิงกระจายพันธุ์ได้ทั่วทั้งประเทศ ในนิเวศของป่าหลายแบบตั้งแต่ความสูงจากระดับน้ำทะเลจนถึงที่ระดับ 2,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล บางชนิดเป็นพืชหายากและมีความจำเพาะต่อลักษณะวิสัย เช่น ขิงชน (*Zingiber idae*) ซึ่งพบได้ในป่าไผ่แบบผสมใกล้ภูเขาหินปูนในภาคตะวันตก บางชนิดมีการกระจายพันธุ์กว้าง เช่น กะทือ (*Z. zerumbet*) พบได้ในป่าดิบแล้ง ตั้งแต่ความสูงจากระดับน้ำทะเลจนถึงที่ระดับประมาณ 1,300 เมตร หลายชนิดพบได้ยากมาก เช่น *Z. idea*, *Z. cornubraceatum*, *Z. sadakornii*, *Z. callianthus* เป็นต้น (ปราโมทย์, 2549; ปราโมทย์ และคณะ, 2548)

อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radicals) คือโมเลกุลหรืออนุภาคอิเล็กตรอน (electron) ที่ไม่มีคู่อิเล็กตรอนประกอบ เนื่องจากการรับหรือขาดอิเล็กตรอนไปหนึ่งตัว โดยปกติธาตุต่างๆที่อยู่ในโมเลกุลที่เสถียรจะต้องมีอิเล็กตรอนอยู่เป็นจำนวนคู่ ในกรณีที่มีการสูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนมาอีกหนึ่งตัวจะทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียรและมีความว่องไวมาก (วัชร, 2549) อย่างไรก็ตามยังคงมีอนุมูลอิสระบางชนิดที่มีความเสถียร ไม่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาและสามารถคงอยู่ในสภาพอนุมูลได้นาน อนุมูลที่มีความเสถียรมีจำนวนน้อยชนิดมาก ตัวอย่างของอนุมูลอิสระที่มีความสำคัญทางชีวภาพ ได้แก่ อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน ($O_2^{\cdot -}$) อนุมูลไฮดรอกซิล ($OH^{\cdot}$) อนุมูลอัลคอกซี ($RO^{\cdot}$) อนุมูลเปอร์ไฮดรอกซิล ($HO_2^{\cdot}$) อนุมูลเหล่านี้จัดเป็นอนุมูลที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาสูงมาก และในขณะที่อนุมูลไนตริกออกไซด์ (NO) อนุมูลวิตามินอี และอนุมูลวิตามินซี เป็นอนุมูลที่มีความว่อง

รองลงมา ปัจจุบันสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปมาก ร่างกายได้รับตัวกระตุ้นที่ทำให้มีโอกาสดเกิดอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น เอนไซม์ที่สามารถลดปริมาณอนุมูลอิสระ เช่น superoxide dismutase และ peroxidase ไม่สามารถควบคุมการเกิดอนุมูลอิสระได้ทั่วถึงจึงทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ ขึ้น ดังนั้นการศึกษาหาสารที่สามารถขจัดอนุมูลอิสระจึงมีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์

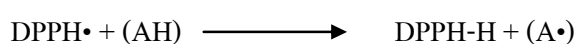
นิตยา (2550) กล่าวว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระสามารถเกิดจากหลายปัจจัยได้แก่ ประการแรกเกิดจากปัจจัยภายในร่างกาย เช่น จากการทำงานของเอนไซม์ oxidases cyclooxygenase lipooxygenase และ peroxidase ปฏิกริยา autoxidation ของโมเลกุลขนาดเล็ก การทำงานของ Cytochrome P₄₅₀ และกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport chain) เป็นต้น ส่วนประการที่สองเกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น การสูบบุหรี่ การได้รับสารที่เป็นมลภาวะ การรับรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยตรง รวมถึงการรับประทานอาหารเข้าไป เป็นต้น ซึ่งร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นได้หลายวิธี โดยการทำงานของเอนไซม์ เช่น superoxide dismutase เอนไซม์ catalase และ glutathione peroxidase และจากสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย เช่น glutathione lipoic acid albumin cysteine และฮอร์โมนต่างๆ เช่น estrogen angiotensin melatonin นอกจากนี้ สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติ และในร่างกายที่รู้จักกันในปัจจุบัน ก็คือ วิตามินซี วิตามินอี บีต้าแคโรทีน ซีลีเนียม ยูบิควิโนน (จันทรเพ็ญ, 2548)

สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรงเพื่อกำจัดอนุมูลให้หมดไป หรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้ดำเนินต่อ (วนิชฐิ, 2552) กล่าวคือจะมีกลไกการปรับสมดุลของการผลิตอนุมูลอิสระโดยใช้สารต้านอนุมูลอิสระ โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะไปจับกับอนุมูลอิสระที่เป็นปัญหา แล้วเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่เสถียรกว่า ส่งผลให้หยุดวงจรการเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ๆ ขึ้นมาอีก เพราะมันจะรวมกันเองกลายเป็นโมเลกุลที่เสถียร (วัชร, 2549) อย่างไรก็ตามสารต้านอนุมูลอิสระในอุดมคติ ควรมีสมบัติที่สำคัญดังนี้คือ มีความเฉพาะเจาะจงสูงในการเข้าจับอนุมูลอิสระโดยตรง และกำจัดอนุมูลให้หมดสิ้นไป รวมถึงไม่มีผลกระทบต่อการแสดงออกของยีนส์ (gene) นอกจากนี้ยังมีเกณฑ์ที่สำคัญอื่น ๆ ที่ใช้บ่งชี้ถึงความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี ได้แก่ ความสามารถในการถูกดูดซึม หรือส่งผ่านเข้าสู่ทั้งภายใน ภายนอกเซลล์และที่เนื้อเยื่อต่างๆ โดยมีความเข้มข้นเพียงพอที่จะสามารถออกฤทธิ์ได้ (จันทรจาริก, 2550) สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งสารที่มาจากธรรมชาติและสารสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ สารโพลีฟีนอลที่พบในพืชทั่วไป ซึ่งปัจจุบันพบว่ามีการประกอบฟีนอลิกที่ทราบโครงสร้างที่แน่นอนจำนวนมากกว่า 8000 ชนิด สารที่อยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์

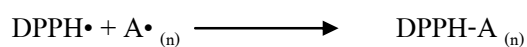
(flavonoids), ฟลาโวน(flavones), กรดแกลลิก (gallic acid), ลิกนิน (lignin), แทนนิน (tannin), แอนโทไซยานิน (anthocyanins), แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และอนุพันธ์ของกรดซินนามิก (cinnamic acid) (นันทน์ภัส, 2551) โดยสามารถพบได้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ด (Bako *et al.*, 2009) ผล (อธียา, 2550) ใบ (Zandi and Gordon, 1999) ดอก (Kumar *et al.*, 2008) ส่วนในพืชสกุลจิงพอบในส่วนของเหง้า (Habsah *et al.*, 2000) แต่จะมีความแตกต่างในด้านชนิดและปริมาณใน พืชแต่ละชนิด สำหรับสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสารสังเคราะห์นั้นมีมากมายหลายชนิด ตัวอย่างเช่น tert-butyl-4-hydroxytoluene (BHT) และ tert-butylthioquinone (TBHQ) เป็นต้น (ปิยาภัทร, 2550)

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในปัจจุบันมีวิธีการหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อจำกัด เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระมีหลายชนิดทำให้กลไกการทำปฏิกิริยาแตกต่างกัน ตามคุณสมบัติของสารนั้นๆ การตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจึงไม่สามารถทำได้โดยสมบูรณ์ ด้วยวิธีการเดียว ทั้งนี้สารที่ทดสอบตัวเดียวกันอาจให้ผลการทดสอบแตกต่างกันเมื่อใช้วิธีการทดสอบที่แตกต่างกัน (รัชยาพร และนาถธิดา, 2548) เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติย่อมมีความซับซ้อนของคุณสมบัติทางเคมี การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสำคัญ เพื่อใช้บอกประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ หากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดอนุมูลอิสระสูงด้วยเช่นกัน วิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีหลายวิธี เช่น 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay และ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) free radical decolorization assay

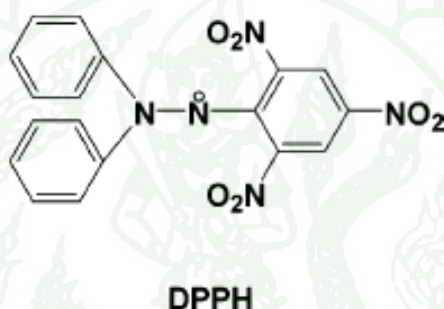
DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging activity เป็นวิธีการตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดย DPPH เป็นสารอนุมูลในโตรเจนที่ค่อนข้างคงตัว (ภาพที่ 1) มีสีม่วง เมื่อทำการเติมสารต้านอนุมูลอิสระสีจะค่อย ๆ จางลง สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทำได้โดยผสม DPPH• และสารต้านอนุมูลอิสระที่ต้องการทดสอบ (AH) ในหลอดทดลอง ซึ่งเกิดปฏิกิริยากันดังสมการนี้กลไกการเกิดปฏิกิริยาแสดงดังสมการนี้



อนุมูลอิสระใหม่ที่เกิดขึ้น ($A\cdot$) จะทำปฏิกิริยาต่อไป (radical-radical interaction) โดยกระบวนการ radical disproportionation จนกระทั่งได้เป็นโมเลกุลที่มีความคงตัว ($A-A$) ดังสมการ



เมื่ออนุมูลอิสระ $DPPH\cdot$ ได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระที่นำมาทดสอบ สารละลาย $DPPH$ ก็จะเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลือง ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 nm ลดลง



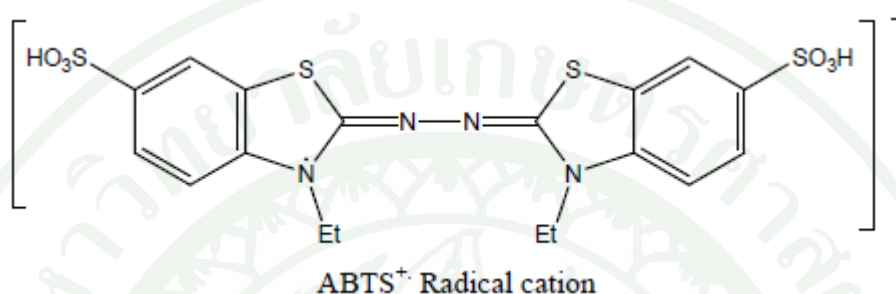
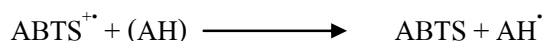
ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของ DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)

ที่มา: Huang *et al.* (2005)

โดยกลไกการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารต้านอนุมูลอิสระเกิดจากการให้อิเล็กตรอนของสารต้านอนุมูลอิสระแก่อนุมูลอิสระ DPPH โดยที่อนุมูลอิสระ DPPH ในสารละลายจะมีสีม่วง เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH จะได้เป็นสาร DPPH ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระต่อไป ซึ่งจะเห็นเป็นสีเหลืองนวล ส่วน phenoxy radical ที่เกิดขึ้นจะจับกัน ทำให้ปฏิกิริยาถูกชะของการเกิดอนุมูลอิสระหมดไป (ระวีวรรณ และทรงพร, 2549)

ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) free radical decolorization assay เป็นการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีหลักการคล้ายกับวิธี DPPH คือ สร้างอนุมูลอิสระที่มีสี โดยสร้างอนุมูลอิสระจากการทำปฏิกิริยาของสารละลาย ABTS กับ oxidizing agent คือ สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต เมื่อ ABTS ถูกออกซิไดซ์ ด้วย oxidizing agent จะเกิด ABTS free radical

(ABTS^{•+}) (ภาพที่ 2) จะได้สารละลายที่มีสีเขียวเข้ม สารต้านอนุมูลอิสระที่ต้องการนำมาทดสอบ จะขจัด ABTS^{•+} ที่เกิดขึ้น แล้วทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm ซึ่งความยาวคลื่นนี้จะมีการรบกวนต่างๆ น้อยมาก ปฏิกิริยาของ ABTS^{•+} กับสารต้านอนุมูลอิสระดังสมการนี้



ภาพที่ 2 โครงสร้างของ ABTS^{•+} (2,2-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonic acid) diamonium salt)

ที่มา: Tang and Liu (2007)

ในกรณีของขิงพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดขิง (*Zingiber officinale*) สามารถขจัด hydroxyl radicals 78.6% ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ 74.8% ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่า quercetin (Stoilova *et al.*, 2007) Saeed *et al.* (2009) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดหยาบ น้ำมันหอมระเหย และน้ำมันชั้นของเหง้าสดที่ปลูกในป่ากีสถาน ความเข้มข้น ตั้งแต่ 20-100% โดยวิธี DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) free radical assay พบว่าน้ำมันชั้นของขิงสามารถต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหย และสารสกัดหยาบ ตามลำดับ

ในไพล (*Zingiber montanum*) มีการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเหง้าที่มีอายุต่างกัน ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH free radical assay พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและอายุของเหง้าไพลมีความสัมพันธ์กัน โดยเหง้าไพลที่อายุ 22 เดือนจะแสดงค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (Manochai *et al.*, 2007)

นอกจากนี้ในพืชอื่นก็มีการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเช่นกัน Habsah *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดของพืชวงศ์ Zingiberaceae จำนวน 13 ชนิดจากพืชสกุล *Alpinia*, *Costus* และ *Zingiber* พบว่าสารสกัดพืช *Costus discolor* มีฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Aspergillus ochraceus* สูงที่สุด และสารสกัดพืชทุกตัวแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงเมื่อเปรียบเทียบการสารต้านอนุมูลอิสระวิตามินอี (α -tocopherol) Chan *et al.* (2007a) พบว่าในใบของพืชที่อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae คือ *Etlingera elatior* และ *Etlingera rubrostriata* มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อเปรียบเทียบส่วนของพืชที่แตกต่างกันของ *Etlingera elatior* พบว่าปริมาณสารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในใบมีมากกว่าในช่อดอก และในเหง้า ในปีถัดมา Chan *et al.* (2008) ศึกษาถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ในใบและเหง้าของพืชวงศ์ 26 ชนิด พบว่า ใบของพืชสกุล *Etlingera* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ในใบของ *Etlingera elatior* มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) สูงที่สุดและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงด้วย

Miliauskas *et al.* (2003) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพรและพืชหอม 12 ชนิด โดยใช้วิธี DPPH และ ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) free radical assay พบว่า *Geranium macrorrhizum* และ *Potentilla fruticosa* มีการต้านอนุมูลอิสระสูงในทั้งสองวิธี และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

อุษาวดี และ นิธิยา (2549) ศึกษาการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของผลมะเขือ เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH free radical assay พบว่ามะเขือพวงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด และมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด และกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในมะเขือที่มีสีม่วง

Chen *et al.* (2007) ทำการทดลองฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของพืช 18 ชนิด ใน 5 สกุล ในวงศ์ Zingiberaceae ในประเทศไต้หวัน ในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH free radical assay พบว่าในตัวอย่างพืชสกุล *Vanoverberghia sasakiana* และ *Hedychium coronarium* Koenig. มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด และสารสกัดของพืชในวงศ์ Zingiberaceae ส่วนใหญ่สามารถต่อต้านจุลินทรีย์ในอาหารได้

Leelapornpisid *et al.* (2008) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันหอมระเหยของพืชหอมไทย 19 ชนิด โดยวิธี DPPH free radical assay ผลการทดลองพบว่าใน *Ocimum sanctum* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ *Zingiber cassumunar* (น้ำมันไพล), *Zingiber officinale* (น้ำมันขิง), *Curcuma domestica*, *Curcuma amada*, *Alpinia galanga*, *Curcuma mangga*, *Cymbopogon citrates* และ *Zingiber ottensii* ตามลำดับ

สารสำคัญและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

สารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก เช่น เคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) ซึ่งสารในกลุ่มนี้ที่พบมากที่สุดคือ สารเคอร์คูมิน (curcumin) มีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ ป้องกันตับด้วยการถูกทำลายด้วยสารพิษ ต้านแบคทีเรีย สมานแผล ฤทธิ์ต้านมะเร็ง และต้านไวรัส (Pathania *et al.*, 2006) สารอีกชนิดหนึ่งที่เป็น สารประกอบฟีนอลิกมีสารประกอบสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่แสดงสมบัติต้านออกซิเดชันของขิงคือ สารประกอบในกลุ่ม gingerols ประกอบด้วย 4,6,8 และ 10- gingerol โดยสารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ 6-gingerol ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ให้กลิ่นฉุน รสเผ็ด (Young *et al.*, 2005) มีรายงานว่าฤทธิ์ทางชีววิทยา ได้แก่ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านการอักเสบ และฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Park *et al.*, 2006) พบว่า คุณภาพของขิงขึ้นอยู่กับปริมาณสารสำคัญ (6- gingerol) ซึ่งจะมีความสูงที่สุดในขิงสด และจะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาและสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษา (สุภาวิณี และสิงหนาท, 2553)

ปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยจากพืช มีบทบาทมากขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น ในการแต่งกลิ่นอาหาร ใช้ทำน้ำหอมเพื่อผสมเครื่องสำอาง และสุนทรียาบำบัดที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง ในเหง้าขิงมีน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 1-3 ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญคือ zingiberene, zingiberol, bizabolene และ camphene เป็นต้น และมีน้ำมันชัน (oleoresin) ประมาณร้อยละ 4-7.5 โดยเป็นส่วนประกอบหลักที่ทำให้เกิดกลิ่นที่ฉุนและเผ็ด และมีส่วนประกอบสำคัญคือ gingerol ([6]-gingerols, [8]-gingerols และ [10]-gingerols), shogaol และ gingerone เป็นต้น (Rinzler, 2001) ในขิงพันธุ์จ้ำไม่ก้ำ พบว่าปริมาณของน้ำมันชันจะเพิ่มปริมาณมากตามอายุของเหง้า โดยเหง้าที่มีอายุ 7-9 เดือนจะมีปริมาณน้ำมันชันในระดับที่สูงที่สุด และบริเวณที่ปลูกในแต่ละที่จะส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตของขิงพันธุ์จ้ำไม่ก้ำ (Yvonne *et al.*, 2008) นอกจากนี้ได้มีการค้นพบสารประกอบชนิดใหม่สองชนิด ที่แยกได้จากเหง้าขิง ได้แก่ 1,5-epoxy-3-hydroxy-1-(3-methoxy-4,5-dihydroxyphenyl)-7-(4-hydroxyphenyl)heptanes ส่วนสารประเภท monoterpene ที่พบคือ 10-o-β-D-glucopyranosyl-hydroxy cineole (Zhao *et al.*, 2007) และพบว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงด้วยวิธีการต้มกลั่น

เป็นวิธีการที่เหมาะสมโดยใช้จิงสดผ่านจะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย ที่สูงและสภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมินำหล่อเย็น 10 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของจิงต่อน้ำโดยประมาณคือ 0.255 และ ปริมาณน้ำมันหอม ระเหยที่สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 0.287 (ธีรศิลป์ และคณะ, 2550)

Bordoloi *et al.* (1999) สกัดน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าสด และใบของไพล *Zingiber cassumunar* โดยวิเคราะห์การแยกสารด้วยวิธี GC และ GC-MS พบว่าน้ำมันในเหง้าไพลมี องค์ประกอบอยู่ 21 ชนิด มีองค์ประกอบหลัก คือ terpinen-4-ol ซึ่งมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl)buta-1,3-diene, (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl)but-1-ene (6.0%) และ β -sesquiphellandrene ส่วนน้ำมันที่สกัดจากใบพบองค์ประกอบ 39 ชนิด มีองค์ประกอบหลักคือ 1(10),4-furanodien-6-one, curzerenone และ β -sesquiphellandrene ตามลำดับ

Bhuiyan *et al.* (2008) ได้แยกองค์ประกอบจากน้ำมันหอมระเหยของไพลจากบังกลาเทศ โดยใช้วิธี gas chromatography mass spectroscopy (GC-MS) วิเคราะห์ พบองค์ประกอบ 64 ชนิด ในใบ และ 32 ชนิดในน้ำมันที่สกัดได้จากเหง้า องค์ประกอบหลักที่พบในน้ำมันที่สกัดจากใบคือ sabinene, β -pinene, caryophyllene oxide และ caryophyllene ส่วนในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จาก เหง้าประกอบด้วย triquinacene 1,4-bis (methoxy) เป็นหลัก ส่วนที่มีปริมาณรองลงมาคือ (Z)-ocimene และ terpinen-4-ol ตามลำดับ

Sirat and Leh (2001) ศึกษาองค์ประกอบใน *Zingiber spectabile* โดยใช้เทคนิคการแยก สารโดยเครื่อง gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) พบว่าองค์ประกอบหลัก ประกอบด้วย monoterpenes, sesquiterpenes และ diterpenes

Zoghbi and Andrade (2005) วิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันที่สกัดจากช่อดอกของ *Zingiber spectabile* พบว่ามีปริมาณของ β -phellandrene, α -pinene และ β -pinene ปริมาณมาก และ น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากส่วนช่อดอก มีปริมาณใกล้เคียงกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากส่วนใบ และลำต้น แต่ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิดแตกต่างกัน

Sadhu *et al.* (2007) สามารถสกัด sesquiterpenes ได้ 9 ชนิด และ flavonoids 8 ชนิดได้จาก *Zingiber spectabile* เป็นครั้งแรก และวิเคราะห์โดยวิธี spectroscopic พบว่ามีองค์ประกอบหลักคือ zerumbone ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ colon carcinoma

ในไพลดำ (*Zingiber ottensii*) ได้มีการสังเคราะห์สารประกอบ diterpenoid คือ ottensinin จากเหง้าของไพลดำ (Boukouvalas and Wang, 2008) นอกจากนี้ในพืชสกุลชิงชันอื่น ได้แก่ *Zingiber wrayi* var. *halabala* หรือปลูดหวาน พบว่าเมื่อนำเหง้าสดของปลูดหวานมากลั่นด้วยไอน้ำจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 3.6% และเมื่อนำมาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีพบสารประกอบ 4 ชนิด คือ trans-anethole, estragol, camphor และ m-phenylphenol โดยที่ trans-anethole เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่พบในปริมาณมากที่สุด (Chairgulprasert *et al.*, 2005) ส่วนใน *Zingiber mioga* Roscoe พบว่ามีสาร miogadial และ mioganal ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดใหม่พบในส่วนยอดของตาดอก (Masako *et al.*, 2008)

Prakash *et al.* (2006) ใช้เทคนิควิเคราะห์ร่วมกันของ GC และ GC-MS พบว่า เมล็ดของ *Zingiber roseum* Rosc. มีสารประกอบ 60 ชนิด และสามารถระบุได้ 47 ชนิด โดยมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ α -pinene, β -pinene, limonene, p-cymene, α -terpineol และ verticicle ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดของ *Zingiber roseum* Rosc. มีฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อ duodenal smooth muscle ในหนู

Zhannan *et al.* (2008) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดด้วยวิธี Supercritical Fluid Extraction จากเหง้าของ *Zingiber corallinum* และนำมาวิเคราะห์ด้วย GC-MS พบว่าองค์ประกอบหลัก คือ sabinene, terpinen-4-ol, β -sesquiphelandrene, triquinacene 1, 4-bis (methox), triquinacene 1,4,7 tris (methoxy), 1-[4-(1-methyl-2-propenyl) phenyl] ethanone และ ferulic acid methyl ester

Bhuiyan *et. al.* (2009) ได้ศึกษาสารประกอบที่อยู่ในเหง้ากะทือ (*Zingiber zerumbet*) พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากใบของกะทือ ประกอบด้วยสารประกอบอยู่ 29 ชนิด โดยมีสารประกอบหลักคือ zerumbone ส่วนในเหง้าพบองค์ประกอบทางเคมี 30 ชนิด โดย zerumbone เป็นสารประกอบหลักเช่นกัน ปริมาณและคุณภาพของสารจะแปรผันตามจากส่วนของพืชที่นำมาศึกษา นอกจากนี้ zerumbone จากเหง้ากะทือ สามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นในการดัดแปลงโครงสร้างโดยทำปฏิกิริยากับ NaBH_4 และให้ผลิตภัณฑ์คือ zerumbol ส่วนการทำปฏิกิริยากับ MCPBA ได้ผลิตภัณฑ์เป็น peroxide ซึ่งสาร peroxide นี้เมื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่ามีฤทธิ์ในการฆ่าเซลล์มะเร็งท่อน้ำดีได้ (อุไรวรรณ และคณะ, 2551)

อุปกรณ์และวิธีการ

รายชื่อสารเคมี บริษัทผู้ผลิต และเกรด

สารเคมี	บริษัทผู้ผลิต	เกรด
1. Ethanol		AnalaR กลั่น ซ้ำ 1 ครั้ง
2. Ethanol	Carloerba	HPLC
3. Methanol	Mallinckrodt chemical	HPLC
4. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	Sigma-aldrich	-
5. 2,2-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonic acid) diamonium salt (ABTS)	Fluka	$\geq 99\%$
6. L-ascorbic acid (Vitamin C)	Riedel-deHaën	99.7%
7. Folin-Ciocalteu's phenol reagent	Merck	-
8. Potassium persulfate ($K_2S_2O_8$)	Fluka	$\geq 98\%$
9. Sodium carbonate	Merck	$\geq 99.9\%$
10. Gallic acid	Sigma	97.5-102.5% (titration)
11. Curcumin	Fluka	$\geq$ 95.0%(TLC)
12. Standard 6-gingerol	Sigma-aldrich	Purum $\geq 98\%$
13. Standard terpinen-4-ol	Sigma-aldrich	$\geq 95\%$
14. N-hexane	Lab scan	$\geq 99.5\%$
15. 18.2 MΩ Water	ห้องปฏิบัติการ คณะเกษตร	-

อุปกรณ์

1. เครื่องปั่นเหวี่ยง ยี่ห้อ Hettich zentrifugen รุ่น Micro 22R
2. เครื่อง UV-spICtrophotometer ยี่ห้อ Hitachi รุ่น Hitachi model 100-60
3. เครื่องไมโครเวฟ ยี่ห้อ SHARP R-233 ให้กำลังไฟสูงสุด 800 วัตต์ ความถี่คลื่นไมโครเวฟ 2,450 MHz
4. เครื่อง High Performance Liquid Chromatography รุ่น Waters e2695
5. คอลัมน์ C18 ยี่ห้อ Phenomenex รุ่น Luna
6. คัพลิตารี่คอลัมน์ ยี่ห้อ J&W Scientific, Folsom, CA รุ่น DB-5 ยาว 30 เมตร 7.77 เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร เคลือบหนา 0.25 ไมโครเมตร
7. เครื่อง Gas Chromatography ยี่ห้อ Thermo รุ่น Ultra

แหล่งที่มาและการเก็บตัวอย่าง

รวบรวมพืชสกุล *Zingiber* ชนิดต่างๆที่พบในประเทศไทย นำมาปลูกที่เรือนเพาะชำ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากนั้นนำเหง้าที่มีอายุประมาณ 8-10 เดือนมาศึกษาฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระและสารสำคัญในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพืชสกุลถึง 10 ชนิด ดังนี้

รายชื่อพืชสกุลขิง (*Zingiber*) ที่เก็บรวบรวมจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย

ชนิดพืช	ชื่อไทย	แหล่งที่มา
1. <i>Z. montanum</i>	ไพลเหลือง	อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา
2. <i>Z. ottensii</i>	ไพลดำ	จ.เชียงใหม่
3. <i>Z. rubens</i>	ขิงป่าดอกแดง	เขาเรดาห์ จ.กาญจนบุรี
4. <i>Z. cornubracteatum</i>	-	เขาเรดาห์ จ.กาญจนบุรี
5. <i>Zingiber</i> 'Phlai-chompoo'	ไพลชมพู	จ.ราชบุรี
6. <i>Z. zerumbet</i>	กะทือ	อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา
7. <i>Z. officinale</i>	ขิง	จ.เชียงใหม่
8. <i>Z. bisectum</i>	ขิงป่าสองแถบ	ต.ไทรโยคน้อย อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี
9. <i>Z. spectabile</i>	กะทือช้าง	จ.นครศรีธรรมราช
10. <i>Z. barbatum</i>	ขิงขนหนู	กม. 101-102 จ.กาญจนบุรี

วิธีการ

1. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1.1 การเตรียมสารสกัดตัวอย่างพืชสกุลขิง

นำเหง้าสดของพืชสกุลขิงที่ผ่านการล้าง ทำความสะอาด นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และบาง จากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยวิธี air dry จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ นำมาบดจนเป็นผงละเอียด ชั่งน้ำหนักปริมาณ 1 กรัม เติม 95% เอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นหมักไว้ในที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเมื่อทำการทดสอบ นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ปรับปริมาตรให้ได้ 20 มิลลิลิตร เจือจางสารสกัดที่ได้ด้วยเอทานอล ที่ความเข้มข้นต่างๆ (ตารางผนวกที่ 1) เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) Radical Scavenging Assay (Bua-in and Paisooksantivatana, 2009)

เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์โดยการชั่ง DPPH 0.0197 กรัม ละลายในตัวทำละลายเอทานอล 95% ที่กลั่นแล้ว ในขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วย 95% เอทานอล และนำสารละลายที่เตรียมได้ มากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 นำสารละลายที่กรองได้มาทดสอบหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบกับสารสกัดพืชสกุลขิงทำการทดลอง 3 ซ้ำ คูณสารสกัดพืช 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย DPPH 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปิดฝาหลอดแล้วเก็บในที่มืดเป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง UV-spectrometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ส่วนหลอดควบคุมใช้เอทานอลแทนสารละลายตัวอย่าง และชุดควบคุมเชิงบวก (positive control) ใช้สารละลายวิตามินซีเปรียบเทียบกับค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้มา คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การขจัดอนุมูลอิสระ DPPH• ดังสมการ

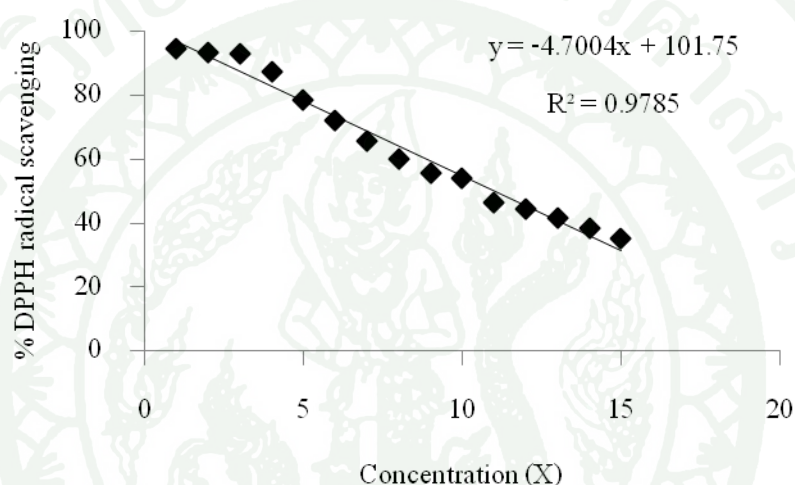
$$\% \text{ DPPH radical scavenging} = [(A_{517} \text{ control} - A_{517} \text{ sample}) / A_{517} \text{ control}] \times 100$$

หมายเหตุ

A_{517} control = ค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH + เอทานอล

A_{517} sample = ค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH + สารมาตรฐานหรือสารตัวอย่างที่วัดได้

การสร้างกราฟมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์การจับอนุมูลอิสระ (% DPPH radical scavenging) (แกน y) และความเข้มข้นของสารสกัดพืชสกุลขิง (แกน x) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การจับอนุมูลอิสระ และความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่างของ *Zingiber montanum*

รายงานผลในหน่วยของ IC_{50} ซึ่งหมายถึง ความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลง 50% โดยพิจารณาจากค่าที่มีค่าน้อยจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง ทั้งนี้ค่า IC_{50} หาได้จากการทำกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารสกัด (X) กับเปอร์เซ็นต์การจับอนุมูลอิสระ พิจารณาโดยแทนค่าในสมการเส้นตรง แทนค่า y เท่ากับ 50 จากนั้นแก้สมการ ค่าที่ได้คือค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ 50% คิดในหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

1.3 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (2,2-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonic acid) diamonium salt) Radical Scavenging Assay (Chaichana *et al.*, 2009)

เตรียมสารละลาย ABTS ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาผสมกับสารละลาย โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ในน้ำกลั่น 12 มิลลิลิตร อัตราส่วน 8:12 มิลลิลิตรเก็บในที่มืดและเย็นเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้ ABTS เปลี่ยนเป็น $ABTS^{*+}$ และนำไปเจือจางในเอทานอล ด้วยอัตราส่วน 5 : 100 มิลลิลิตรของเอทานอล ก่อนนำไปใช้ การวิเคราะห์สารสกัดพืชทำโดยผสมสารละลาย ABTS ปริมาตร 3 มิลลิลิตร กับสารสกัดตัวอย่างพืชสกุลขิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (ตารางผนวกที่ 1) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เช่นเดียวกับการทดลองวิธี DPPH จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ที่เวลา 15 นาที คำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ จากสมการ

$$\% \text{ ABTS radical scavenging} = [(A_{517} \text{ control} - A_{517} \text{ sample}) / A_{517} \text{ control}] \times 100$$

หมายเหตุ

$A_{517} \text{ control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH + เอทานอล

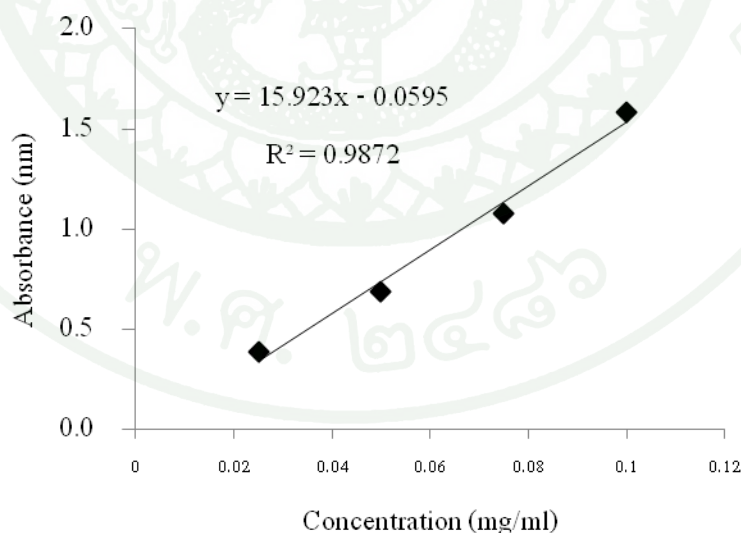
$A_{517} \text{ sample}$ = ค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH + สารมาตรฐานหรือสารตัวอย่างที่วัดได้

และหาค่า IC_{50} เช่นเดียวกับการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH radical scavenging สามารถหาจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % ABTS radical scavenging (แกน y) กับ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (แกน x)

2. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกใช้วิธี Folin-Ciocalteu Colorimetric Method ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Chan *et al.* (2007b) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน เตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.025 ถึง 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

การเตรียมสารสกัดทำเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างในการทดลองการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยเปิดสารมาตรฐานหรือสารสกัดพืชสกุลชิงปริมาตร 300 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (เจือจาง 10 เท่า) และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 7.5% w/v จากนั้นเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg GAE/g dry weight) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกได้จากการเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของกรดแกลลิกและค่าดูดกลืนแสง (ภาพที่ 4) ทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดพืชสกุลชิงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์



ภาพที่ 4 กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก และค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

3. การหาปริมาณเคอร์คิวมินอยด์

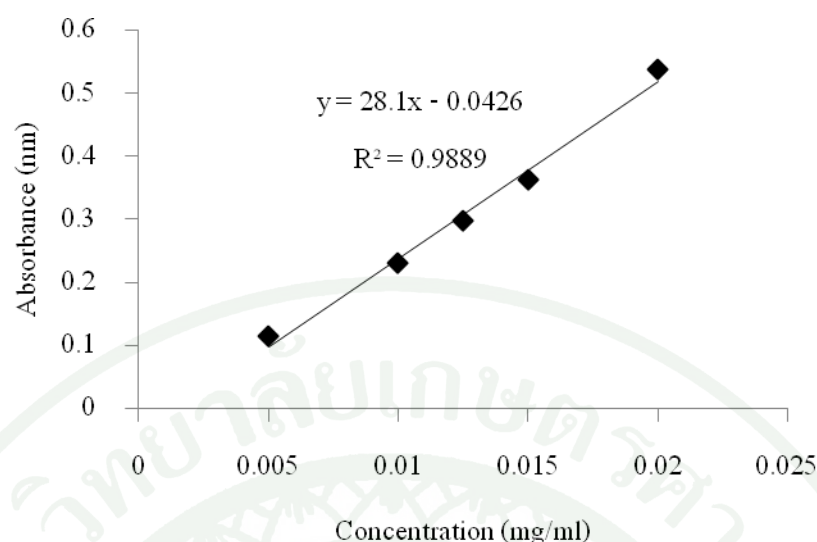
การหาปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์หาโดยใช้เทคนิค Spectrophotometry โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Thaikert and Paisooksantivatana (2009)

3.1 การทำ standard curve ของสารเคอร์คิวมิน

ละลายสารมาตรฐานเคอร์คิวมิน 2 มิลลิกรัม (0.002 กรัม) ด้วยตัวทำละลายเอทานอลกลั่นบริสุทธิ์ ปรับปริมาตรให้เป็น 5 มิลลิตร ในขวด volumetric flask จากนั้นแยกดูดสารละลายมาตรฐาน 20, 40, 50, 60 และ 80 ไมโครลิตร ใส่ลงใน volumetric flask เติมเอทานอลกลั่นบริสุทธิ์จนได้ปริมาตรครบ 10 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลตด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้มา plot standard curve

3.2 การวิเคราะห์สารละลายตัวอย่าง

นำผงพืชสกุลขิง 1 กรัม มาเติมเอทานอลกลั่นบริสุทธิ์ 20 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ไปวัดการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร หรือนำมาเจือจางด้วยเอทานอล กลั่นบริสุทธิ์ จนกระทั่งมีค่าดูดกลืนแสงที่เหมาะสม จากนั้นคำนวณหาค่าร้อยละของปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์จากน้ำหนักแห้ง (%w/w) โดยเทียบจาก standard curve ของเคอร์คิวมินมาตรฐาน (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานเคอร์คูมิน (Curcumin) และค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

4. การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในพืชสกุลขิง

4.1 การหาปริมาณ 6-gingerol

การหาปริมาณ 6-gingerol ในสารสกัดเอทานอลของพืชสกุลขิง วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ มีความจำเป็นต่องานวิเคราะห์อย่างมาก ใช้สำหรับแยกสารประกอบที่สนใจที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง ในการทดลองนี้ ใช้วิธี HPLC ชนิด isocratic ในการวิเคราะห์โดยใช้วิธีของ Young *et al.* (2002)

4.1.1 การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างพืช

ชั่งตัวอย่างแห้งของพืชสกุลขิงที่บดเป็นผงละเอียด 0.5 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์เฉพาะปริมาตร 5 มิลลิลิตร สำหรับการวิเคราะห์ HPLC ทำการสกัดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 เมื่อต้องการวิเคราะห์ นำสารละลายที่กรองได้มาทำการกรองอีกครั้งด้วย Nylon membrane filter ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำสารละลายที่กรองได้มาใส่ในขวดตัวอย่างสำหรับฉีด HPLC

4.1.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน 6-gingerol

เตรียมสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้นระหว่าง 10-100 ppm เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อนำมาเทียบเพื่อหาปริมาณ 6-gingerol ในสารสกัดพืช อัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ เมทานอล : น้ำ (65:35) อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการดูดสารละลายปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่ช่วงความยาวคลื่นแสง 281 นาโนเมตร คำนวณหาความเข้มข้นของ 6-gingerol ในตัวอย่างสารสกัดพืชสกุลขิง โดยเทียบความสูงของ peak และหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน

4.2 การหาปริมาณ terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง

4.2.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชสกุลขิง

การหาปริมาณน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิงใช้เทคนิคการสกัดด้วยไมโครเวฟ (microwave extraction, ME) (รุ่งฤดี, 2550) มีวิธีการดังต่อไปนี้ คือ ชั่งเหง้าสดของพืชสกุลขิง น้ำหนัก 300 กรัม นำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า ใส่ในภาชนะที่ใช้สำหรับกลั่นขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 600 มิลลิลิตร นำภาชนะกลั่นมาต่อเข้ากับเครื่องแก้วควบแน่นอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กลั่นเป็นเวลา 60 นาที น้ำมันหอมระเหยจะควบแน่นออกมาลงในภาชนะเครื่องแก้วที่รองรับไว้ น้ำมันและน้ำที่กลั่นได้จะแยกชั้นกัน จึงต้องทำการแยกน้ำออกจากน้ำมัน โดยการใช้กรวยแยก จากนั้นวัดปริมาตรของน้ำมันหอมระเหย และเก็บรักษาน้ำมันหอมระเหยที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณ terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง

จากขั้นตอนการสกัดน้ำมันหอมระเหยสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยออกจากตัวอย่างพืชสกุลขิงได้ 6 ชนิด ได้แก่ *Zingiber officinale*, *Z. ottensii*, *Zingiber* 'Phlai-chompoo', *Z. zerumbet*, *Z. montanum* และ *Z. rubens* องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในน้ำมันของพืชสกุลขิงคือ terpinen-4-ol นำมาใช้เป็นสารมาตรฐานในการตรวจหาชนิดสาระสำคัญในน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิงในครั้งนี้ โดยก่อนนำไปวิเคราะห์ เจือจางน้ำมันหอมระเหยด้วยตัวสารละลาย N-hexane อัตราส่วน 1:100 โดยปริมาตร

การวิเคราะห์หาปริมาณของ terpinen-4-ol วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC โดยใช้คอลัมน์ชนิด capillary column รุ่น DB-5 (J&W Scientific, Folsom, CA) รุ่น DB-5 ความยาว 30 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร เคลือบหนา 0.25 ไมโครเมตร ตั้งอุณหภูมิที่ช่องฉีดตัวอย่าง และเครื่องตรวจสอบ 230 องศาเซลเซียสและ 250 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์ 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสุดท้ายของคอลัมน์ 300 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิคอลัมน์ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ใช้ก๊าซฮีเลียมในการพาตัวอย่าง อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อนาที เครื่องตรวจสอบเป็นชนิด Flame Ionization (FID) อัตราการดูดสารละลายตัวอย่างปริมาตร 1 ไมโครลิตร อัตราส่วนระหว่างตัวอย่างที่ฉีดกับส่วนที่เหลื้อออกไป (split ratio) 1:10

การสร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้ terpinen-4-ol เป็นสารละลายมาตรฐานโดยใช้ 4 ความเข้มข้นคือ 1:4000, 1:3000, 1:2000 และ 1:1000 เจือจางในขวดแก้วขนาดเล็ก (vial) โดยคิดความเข้มข้นเป็นเปอร์เซ็นต์ จะได้ความเข้มข้น 0.025%, 0.033%, 0.05%, 0.1% ตามลำดับ นำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี เพื่อหาพื้นที่ใต้กราฟซึ่งจะบ่งบอกถึงความเข้มข้นของแต่ละความเข้มข้น จากนั้นนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน

สถานที่ทำการทดลอง

เรือนเพาะชำ ภาควิชาพืชสวน และ ห้องปฏิบัติการ ก411 ภาควิชาพืชสวน และ
ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม 2552 ถึง เดือนธันวาคม 2553



ผลและวิจารณ์

ผล

1.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสกุลขิง

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสกุลขิง เป็นการทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารทดสอบโดยการทดลองนื้ออนุมูลอิสระต้นแบบที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonic acid) diamonium salt (ABTS) โดยเป็นการวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

1.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสกุลขิง (*Zingiber*) ที่มีอายุเหง้า 10 เดือน ทั้ง 10 ชนิด ตามตารางที่ 4 พบว่า สารสกัดเอทานอลของพืชสกุลขิง สามารถลดการดูดกลืนแสงของ DPPH ได้ดีโดยใน *Z. officinale* มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คือ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.26 mg/ml รองลงมาคือ *Z. montanum*, *Z. rubens*, *Z. bisectum*, *Zingiber* 'Phlai-chompoo', *Z. barbatum*, *Z. cornubraceatum*, *Z. zerumbet*, *Z. ottensii* และ *Z. spectabile* ตามลำดับ สำหรับค่า IC_{50} ในแต่ละตัวอย่างพบว่า ค่า IC_{50} ของ *Z. officinale* กับ *Z. montanum* มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และ ค่า IC_{50} ของ *Zingiber* 'Phlai-chompoo' กับ *Z. barbatum* มีค่า IC_{50} และ *Z. cornubraceatum* กับ *Z. zerumbet* และ *Z. ottensii* กับ *Z. spectabile* มีค่า IC_{50} ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อพิจารณาค่า IC_{50} โดยเฉลี่ยของพืชสกุลขิงทุกตัวอย่าง พบว่ามีค่า IC_{50} แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 4.26 ถึง 39.34 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (CV) เท่ากับ 3.11%

ในการทดลองนี้ใช้วิตามินซีในการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับสารสกัดที่ได้จากพืชสกุลขิง พบว่าวิตามินซี มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.024 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และไม่มีพืชสกุลขิงชนิดใดที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้แรงเท่ากับวิตามินซี (L-ascorbic acid) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่า IC_{50} ของสารสกัดพืชสกุลขิง (*Zingiber*) เปรียบเทียบกับวิตามินซี ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH [ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน]

Sample	ค่า IC_{50} (mg/ml) ^{1/}
L-ascorbic acid	0.024 ± 0.00a
<i>Z. montanum</i>	4.71 ± 0.15 b
<i>Z. officinale</i>	4.26 ± 0.07b
<i>Z. rubens</i>	7.93 ± 0.02c
<i>Z. cornubraceatum</i>	16.3 ± 0.31e
<i>Zingiber</i> 'Phlai-chompoo'	13.08 ± 0.96d
<i>Z. zerumbet</i>	16.71 ± 0.44e
<i>Z. ottensii</i>	32.81 ± 0.59f
<i>Z. bisectum</i>	8.89 ± 0.11c
<i>Z. spectabile</i>	39.34 ± 3.84g
<i>Z. barbatum</i>	13.31 ± 0.19d
F-test	*
C.V.	2.91 %

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS

จากผลการศึกษาคณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ABTS cation radical วิเคราะห์โดยใช้ reagent คือ 2,2-azino-bis (3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonic acid) diamonium salt ซึ่งเป็นสารละลายที่มีสีเขียว ดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร จากการทดลอง พบว่าสารสกัดเอทานอลของพืชสกุลขิงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ที่ดี โดยมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 7.04 ถึง 60.80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 2) พบว่าใน *Zingiber officinale* (ขิง) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดคือ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 7.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ *Z. bisectum*, *Z. rubens*, *Z. montanum*, *Z. barbatum*, *Z. zerumbet*, *Zingiber* 'Phlai-chompoo', *Z. cornubraceatum*, *Z. ottensii* และ *Z. spectabile* ตามลำดับ พิจารณาค่า IC_{50} พบว่าใน *Z. montanum*, *Z. rubens*, *Z. bisectum* และ *Z. zerumbet*, *Zingiber* 'Phlai-chompoo', *Z. cornubraceatum* มีค่า IC_{50} ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และพบว่าค่าเฉลี่ยของค่า IC_{50} ของสารสกัดพืชสกุลขิงของทุกตัวอย่าง เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (CV) เท่ากับ 3.67%

การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพืชสกุลขิงกับสารต้านอนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ (วิตามินซี) ด้วยวิธี ABTS พบว่าไม่มีสารสกัดของพืชสกุลขิงชนิดใดที่มีฤทธิ์แรง เท่ากับวิตามินซี ซึ่งในการทดลองนี้วิตามินซี ให้ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.071 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อพิจารณาค่า IC_{50} ในการทดลองการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่าค่าเฉลี่ยของ IC_{50} ของสารสกัดพืชสกุลขิงแต่ละชนิด รวมทั้งค่า IC_{50} ของวิตามินซี มีค่าสูงกว่าในการทดลองการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ตารางที่ 2 ค่า IC_{50} ของสารสกัดพืชสกุลขิง (*Zingiber*) เปรียบเทียบกับวิตามินซี ตรวจสอบด้วยวิธี ABTS [ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน]

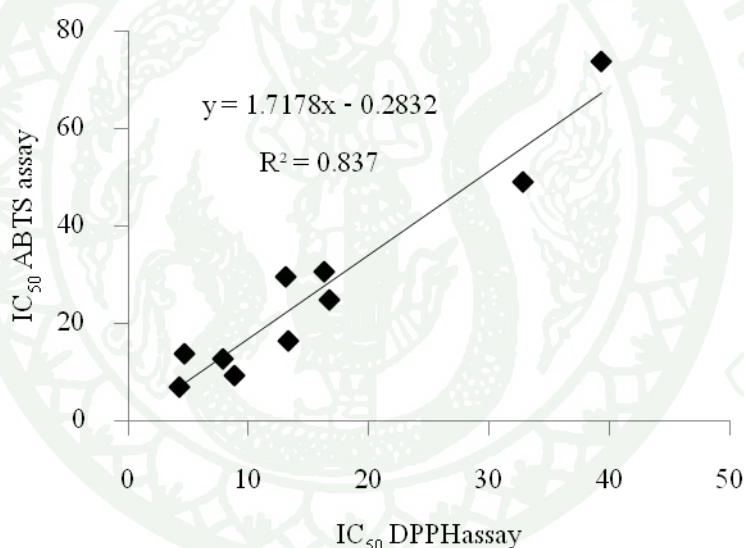
Sample	ค่า IC_{50} (mg/ml) ^{1/}
L-ascorbic acid	0.071 ± 0.00a
<i>Z. montanum</i>	13.91± 0.15bc
<i>Z. officinale</i>	7.04 ± 0.0ab
<i>Z. rubens</i>	12.81 ± 0.17bc
<i>Z. cornubraceatum</i>	46.48 ± 1.35d
<i>Zingiber</i> 'Phlai-chompoo'	29.49 ± 0.51d
<i>Z. zerumbet</i>	24.81 ± 0.98d
<i>Z. ottensii</i>	49.10 ± 1.00e
<i>Z. bisectum</i>	9.34 ± 0.34bc
<i>Z. spectabile</i>	60.80 ± 13.47f
<i>Z. barbatum</i>	16.52 ± 0.01c
F-test	*
C.V.	3.37 %

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองจากวิธีวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน

สำหรับสารสกัดเอทานอลของพืชสกุลจิง เมื่อพิจารณาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ที่ตรวจสอบด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธี DPPH และ วิธี ABTS พบว่าค่า IC_{50} ของสารสกัดพืชสกุลจิงที่ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าน้อยกว่า ค่า IC_{50} ที่ได้จากการทดลองที่ใช้วิธี ABTS ในทุกตัวอย่าง เมื่อนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient หรือ r) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ของค่า IC_{50} ของวิธี DPPH และ วิธี ABTS ด้วยวิธี Pearson's correlation coefficient จากผลการทดลองพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.837 แสดงว่า ค่า IC_{50} ที่ได้จากวิธี DPPH และ ABTS มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือ ผลการทดลองจากทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกัน หรือเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง IC_{50} จากวิธี DPPH และ วิธี ABTS radical scavenging ของสารสกัดพืชสกุลจิง (*Zingiber*)

2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

2.1 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu

ในการทดลองการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม หาได้จากการเปรียบเทียบค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดพืชสกุลชิงกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน (ตารางที่ 3, ภาพที่ 4) ซึ่งสารมาตรฐานที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ Gallic acid สารที่ใช้ทดสอบคือ Folin-Ciocalteu reagent รายงานผลการทดลองที่ได้ในหน่วยของ Gallic acid equivalent หรือ มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งกรัมน้ำหนักแห้ง แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของ Gallic acid (mg/ml) และค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่มีความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร [ข้อมูลที่แสดงคือค่าเฉลี่ย, n=3]

ความเข้มข้นของ Gallic acid (mg/ml)	ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm
0.000	0.000
0.025	0.388
0.050	0.690
0.075	1.080
0.100	1.585

จากกราฟมาตรฐาน (ภาพที่ 4) ที่ได้สามารถนำไปหาค่า Gallic acid equivalent ของสารสกัดพืชสกุลชิงได้ ผลการทดลองดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดพืชสกุลขิง (*Zingiber*) รายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งกรัมน้ำหนักแห้ง [ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน]

<i>Zingiber</i>	Total phenolic content ^{1/} (mg GAE/g DW)
<i>Z. montanum</i>	6.53 ± 0.10 c
<i>Z. officinale</i>	7.70 ± 0.06 a
<i>Z. rubens</i>	4.86 ± 0.10 e
<i>Z. cornubracteatum</i>	3.31 ± 0.04 g
<i>Zingiber</i> ‘Phlai-chompoo’	3.88 ± 0.12 f
<i>Z. zerumbet</i>	5.90 ± 0.13 d
<i>Z. ottensii</i>	2.30 ± 0.16 i
<i>Z. bisectum</i>	7.35 ± 0.13 b
<i>Z. spectabile</i>	1.34 ± 0.02 j
<i>Z. barbatum</i>	2.69 ± 0.01 h
F-test	*
C.V.	2.14%

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในพืชสกุลขิงทั้ง 10 ชนิด อยู่ในช่วง 2.01 ถึง 9.56 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่างหนึ่งกรัม (mg GAE/gDW) *Z. officinale* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด คือ 7.70 mg GAE/gDW รองลงมาคือ *Z. bisectum*, *Z. montanum*, *Z. zerumbet*, *Z. rubens*, *Zingiber* ‘Phlai-chompoo’, *Z. cornubracteatum*, *Z. barbatum*, *Z. ottensii* ตามลำดับ และ *Z. spectabile* เป็นชนิดที่มีปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิกรวมน้อยที่สุด ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม เท่ากับ 2.30 mg GAE/gDW สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ระหว่าง *Zingiber montanum* กับ *Z. bisectum* และ *Z. cornubraceatum* กับ *Z. barbatum* พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากค่า Gallic acid equivalent ดังกล่าว พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิก รวมในพืชสกุล จิงทงชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (CV) เท่ากับ 2.14%

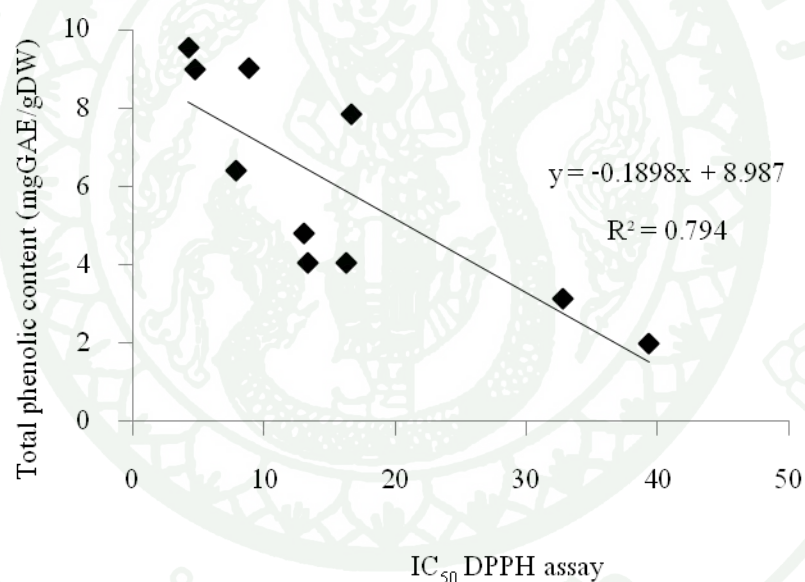
2.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมกับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี ABTS

สำหรับการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยสองวิธี คือ วิธี DPPH และวิธี ABTS ที่รายงานผลในหน่วยของ IC_{50} วิเคราะห์ด้วยวิธี Pearson's correlation coefficient พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดพืชสกุลจิงมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยทั้งสองวิธี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชสกุลจิง ที่ใช้วิธี DPPH ตรวจสอบ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.794 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ใช้วิธี ABTS ตรวจสอบ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.832 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ตารางที่ 5 และภาพที่ 7-8) แสดงว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพืชสกุลจิง

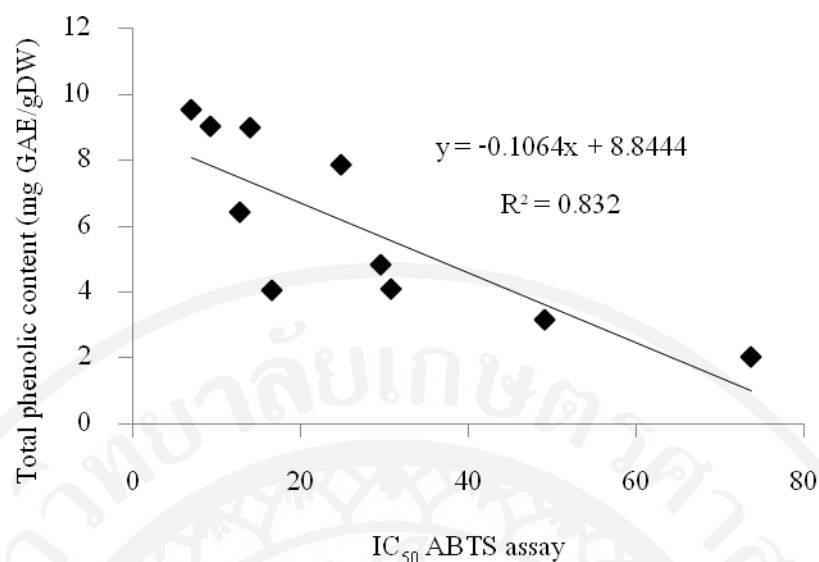
ตารางที่ 5 ค่าความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่
ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS

วิธีการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก
DPPH scavenging antioxidant activity assay	0.794**
ABTS scavenging antioxidant activity assay	0.832**

** ความสัมพันธ์แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (2-tailed)



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง IC₅₀ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่
ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง IC₅₀ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี ABTS

3. ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids)

3.1 การหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์

เคอร์คูมินอยด์เป็นสารที่มีสีเหลือง อยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก สารในกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ที่พบมากที่สุดคือสาร เคอร์คูมิน (curcumin) ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในพืชสกุลขิงสามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้จากการวัดค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดพืช ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐาน ซึ่งในการทดลองใช้สารเคอร์คูมิน เป็นสารมาตรฐานกับค่าดูดกลืนแสงของสารเคอร์คูมิน (ภาพที่ 5) รายงานผลเป็น ร้อยละโดยน้ำหนัก (% w/w) โดยคิดจากน้ำหนักแห้งของตัวอย่างพืช จากการทดลอง พบว่า *Zingiber montanum* หรือ โพลเหลียง มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมสูงที่สุด คือ ร้อยละ 2.69 โดยน้ำหนัก รองลงมา คือ *Z. zerumbet*, *Z. rubens*, *Z. cornubracteatum*, *Z. bisectum*, *Z. officinale*, *Z. barbatum*, *Z. ottensii*, *Z. spectabile* ตามลำดับ และ *Zingiber* ‘Phlai-chompoo’ มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.033 โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์รวม รายงานผลในหน่วยของร้อยละโดยน้ำหนัก (% w/w) ในพืชสกุลขิงทั้ง 10 ชนิด

<i>Zingiber</i>	Total curcuminoid content ^{1/} (% w/w)
<i>Z. montanum</i>	2.686 ± 0.032a
<i>Z. officinale</i>	0.087 ± 0.002ef
<i>Z. rubens</i>	0.342 ± 0.001c
<i>Z. cornubraceatum</i>	0.212 ± 0.004d
<i>Zingiber</i> ‘Phlai-chompoo’	0.033 ± 0.000h
<i>Z. zerumbet</i>	0.496 ± 0.007b
<i>Z. ottensii</i>	0.040 ± 0.003gh
<i>Z. bisectum</i>	0.099 ± 0.002e
<i>Z. spectabile</i>	0.052 ± 0.002g
<i>Z. barbatum</i>	0.072 ± 0.007f
F-test	*
C.V.	2.73 %

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมในสารสกัดพืชสกุลขิงพบว่า ในทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (CV) เท่ากับ 3.72%

3.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมของสารสกัดพืชสกุลจิงกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ด้วยวิธี Pearson's correlation coefficient พบว่า ปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.444 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH และ วิธี ABTS radical scavenging พบว่า ปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม ไม่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี ABTS แต่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.534 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's correlation) ระหว่างปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

	ปริมาณ เคอร์คูมินอยด์	ปริมาณ ฟีนอลิก	ฤทธิ์ต้าน อนุมูลอิสระ วิธีDPPH	ฤทธิ์ต้าน อนุมูลอิสระ วิธีABTS
ปริมาณเคอร์คูมินอยด์	1			
ปริมาณฟีนอลิก	0.444*	1		
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธีDPPH	0.534**	0.794**	1	
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี ABTS	0.096	0.832**	0.837**	1

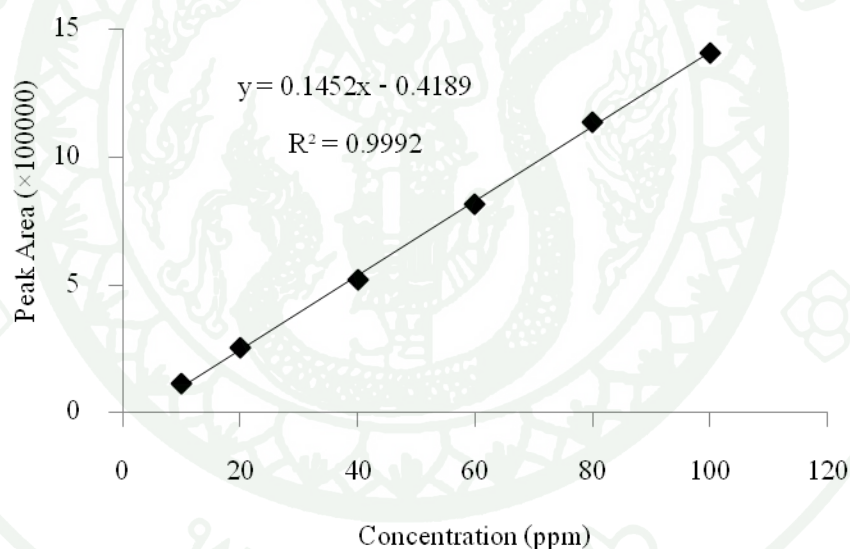
** ความสัมพันธ์แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (2-tailed)

* ความสัมพันธ์แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (2-tailed)

4. ปริมาณสารสำคัญในพืชสกุลขิง

4.1 ปริมาณ 6-gingerol

การวิเคราะห์ปริมาณ 6-gingerol ในสารสกัดพืชสกุลขิง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography, HPLC) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาสารสำคัญของพืชสมุนไพร เนื่องจากมีความไว ความเฉพาะเจาะจง และความเสถียรสูงในการวิเคราะห์ โดยในการทดลองนี้ใช้วิธี HPLC ชนิด isocratic ในการแยกสารสำคัญ แผลผลออกมาในรูปของโครมาโตแกรม ปริมาณ 6-gingerol ที่แผลผลออกมาได้มาจากการเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐาน (6-gingerol) และพื้นที่ใต้กราฟ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของ 6-gingerol มาตรฐาน

จากการทดลองพบว่า โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน 6-gingerol พบที่เวลาที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 8) การหาปริมาณ 6-gingerol ในพืชสกุลขิงทั้ง 10 ชนิด แสดงผลในรูปของโครมาโตแกรมทำการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่า มีพืชสกุลขิงเพียง 2 ชนิด เท่านั้น ที่มีสาร 6-gingerol นั้นคือ *Zingiber officinale* และ *Z. cornubraceatum* (ตารางผนวกที่ 2) ซึ่งเวลาที่ตรวจพบจะต้องเท่ากับเวลาที่ตรวจพบสารมาตรฐาน 6-gingerol นั้นคืออยู่ในช่วงตั้งแต่ 12.49 ถึง 12.73 หรือใกล้เคียงกับช่วงดังกล่าว โดยใน *Zingiber officinale* มีปริมาณความเข้มข้นของ 6-gingerol เท่ากับ 271.12 ± 18.7 ppm พบที่เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 12.495 นาที (ภาพผนวกที่ 5-7) ส่วน *Z. cornubraceatum* มีปริมาณ 6-gingerol เท่ากับ 65.56 ± 2.71 ppm พบที่เวลาเฉลี่ย 12.659 นาที (ภาพที่ผนวกที่ 8-10) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของปริมาณ 6-gingerol ในแต่ละครั้งที่ทำการทดลองของพืชสกุลขิงทั้งสองชนิด พบว่า ปริมาณ 6-gingerol ของ *Z. officinale* มีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (CV) เท่ากับ 6.90% ส่วนปริมาณ 6-gingerol ใน *Z. cornubraceatum* มีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรเท่ากับ 4.13%

ตารางที่ 8 พื้นที่ใต้กราฟและเวลาที่ตรวจพบสาร 6-gingerol ของสารมาตรฐานที่ความเข้มข้น 10 ถึง 100 ppm

ความเข้มข้น	พื้นที่ใต้กราฟ (Peak area)	เวลา (Retention time) (นาที)
10 ppm	113302	12.498
20 ppm	254806	12.599
40 ppm	519650	12.603
60 ppm	814881	12.599
80 ppm	1138014	12.604
100 ppm	1410464	12.620

5.2 ปริมาณ terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหย

5.2.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

ในขั้นตอนของการสกัดน้ำมันหอมระเหยสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยออกจากเหง้าสดของพืชสกุลขิงได้ 6 ชนิด ได้แก่ *Zingiber officinale*, *Z. ottensii*, *Zingiber* ‘Phlai-chompoo’, *Z. zerumbet*, *Z. montanum* และ *Z. rubens* เนื่องจากชนิดอื่นมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยปริมาณน้อยมาก จึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ สำหรับการรายงานผลรายงานในหน่วยของ % w/v ซึ่งหมายถึง ปริมาณไมโครลิตรของน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนักเหง้าสด 100 กรัม

จากการทดลอง พบว่า *Zingiber montanum* มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงที่สุด คือ 0.889 % w/v รองลงมาคือ *Z. rubens*, *Z. ottensii*, *Z. officinale*, *Zingiber* ‘Phlai-chomppo’ และ *Z. zerumbet* ซึ่งเป็นชนิดที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยที่สุด คือ มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0.081% w/v (ตารางที่ 9) สำหรับปริมาณน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิงในแต่ละชนิด พบว่าใน *Zingiber* ‘Phlai-chompoo’, *Z. officinale* กับ *Z. zerumbet* และ *Z. ottensii* กับ *Z. rubens* ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิงทั้งหมด 6 ชนิดพบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 95% ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (CV) เท่ากับ 19.66%

ตารางที่ 9 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง (*Zingiber*) ที่สกัดด้วยวิธี microwave extraction (ME)

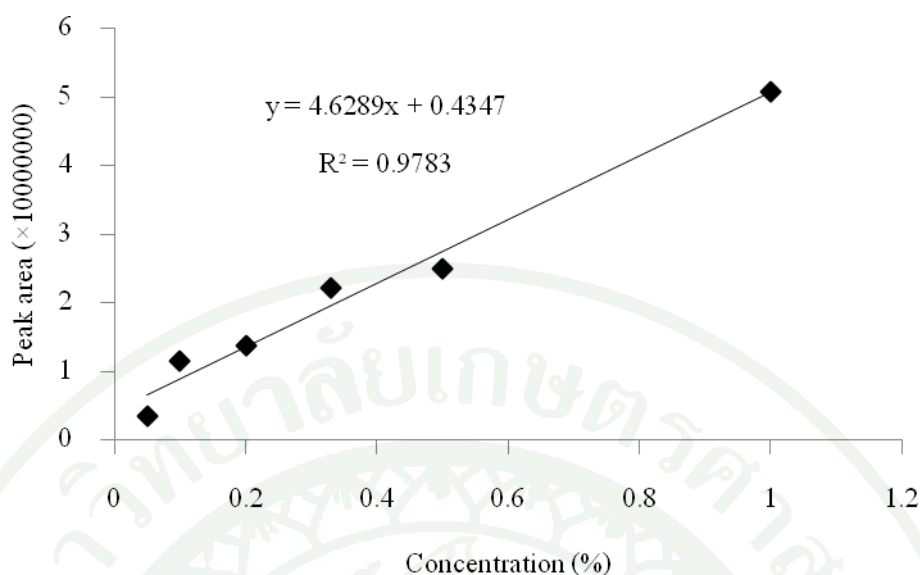
<i>Zingiber</i>	% Essential oil yield (w/v) ^{1/}	Terpinen-4-ol content (% v/v)
<i>Z. officinale</i>	0.130 ± 0.022c	N/A
<i>Z. ottensii</i>	0.259 ± 0.068b	8.18b
<i>Zingiber</i> ‘Phlai-chompoo’	0.104 ± 0.042c	2.29c
<i>Z. zerumbet</i>	0.081 ± 0.004c	N/A
<i>Z. montanum</i>	0.889 ± 0.135a	17.33a
<i>Z. rubens</i>	0.331 ± 0.049b	N/A
F-test	*	*
CV	19.66%	0.34%

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.2.2 การหาปริมาณ terpinen-4-ol ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณ terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหย ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี โดยหาปริมาณของสารสำคัญได้จากการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้กราฟกับความเข้มข้นของสาร terpinen-4-ol มาตรฐาน (ภาพที่ 10) แล้วนำพื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิงไปเทียบเพื่อคำนวณหาปริมาณ ซึ่งรายงานปริมาณของ terpinen-4-ol ที่พบในน้ำมันหอมระเหยในหน่วยของเปอร์เซ็นต์ โดยคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟของโครมาโตแกรม พบว่า ปริมาณสาร terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหย พบในพืชสกุลขิง 3 ชนิด ได้แก่ *Zingiber montanum*, *Zingiber* ‘Phlai-chompoo’ และ *Z. ottensii* ส่วนใน *Z. officinale*, *Z. zerumbet* และ *Z. rubens* ไม่พบสาร terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหย ซึ่งปริมาณ terpinen-4-ol ในพืชแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 10 กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐาน terpinen-4-ol และพื้นที่ใต้กราฟ

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง ที่สกัดด้วยวิธี ME เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ มาเจือจางด้วยสารละลาย n-hexane เนื่องจาก สาร terpinen-4-ol เป็นสารที่ไม่มีขั้วและละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ทำการเจือจางด้วย อัตราส่วนของ น้ำมันหอมระเหยต่อตัวทำละลาย n-hexane ด้วยอัตราส่วน 1:100 โดยปริมาตร วิเคราะห์หาปริมาณสาร terpinen-4-ol ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ซึ่งรายงานผลในรูปของ โครมาโตแกรม พบว่า *Zingiber montanum* หรือไพลเหลียง พบสาร terpinen-4-ol ที่เวลา 11.161 นาที (ภาพผนวกที่ 11) เมื่อนำค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากโครมาโตแกรม มาคำนวณหาปริมาณ terpinen-4-ol โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน พบว่ามีปริมาณ terpinen-4-ol เฉลี่ยเท่ากับ $17.33 \pm 0.025\%$ (v/v) และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (CV) ในแต่ละครั้งของค่าที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ 0.14% (v/v)

การวิเคราะห์หาปริมาณสาร terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหยของ *Zingiber ottensii* เมื่อพิจารณาโครมาโตแกรม (ภาพผนวกที่ 12) พบว่า ใน *Zingiber ottensii* ตรวจพบ terpinen-4-ol ที่เวลา 11.170 นาที เมื่อนำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากโครมาโตแกรม มาเทียบกับโครมาโตแกรมของกราฟมาตรฐาน พบว่ามีปริมาณ terpinen-4-ol เฉลี่ยเท่ากับ $8.18 \pm 0.011\%$ (v/v) และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เท่ากับ 0.13% (v/v)

ส่วน *Zingiber* 'Phlai-chompoo' เมื่อพิจารณาโครมาโตแกรม (ภาพผนวกที่ 13) พบว่า สาร terpinen-4-ol ปรากฏที่เวลา 11.156 นาที ปริมาณ terpinen-4-ol เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานมีค่า เท่ากับ $2.29 \pm 0.017\%$ (v/v) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความผันแปร (CV) เท่ากับ 0.76% ในแต่ละครั้งของการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์หาปริมาณ terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง โดยแปลผลในรูปของโครมาโตแกรม แสดงเวลาที่พบ terpinen-4-ol ที่วิเคราะห์จากน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิงทั้งสามชนิด พบที่เวลาเฉลี่ย 11.187 นาที นอกจากพบสาร terpinen-4-ol ในพืชสกุลขิงเฉพาะบางชนิด ได้แก่ *Zingiber montanum*, *Zingiber* 'Phlai-chompoo' และ *Z. ottensii* แล้ว ยังพบว่า ปริมาณ terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหยมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากตัวอย่างพืชสกุลขิง เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้กับปริมาณ terpinen-4-ol พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.945 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ตารางผนวกที่ 3)

วิจารณ์

1. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสกุลขิง

จากการทดลองการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชสกุลขิงทั้งสองวิธี คือ วิธี DPPH และ ABTS โดยใช้ IC_{50} เป็นดัชนีวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดของพืชสกุลขิงที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด คือ *Zingiber officinale* หรือ ขิง โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในทั้งสองวิธี สอดคล้องกับงานวิจัยของ จินดาพร และคณะ (2552) ที่ศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพืช 5 ชนิด ได้แก่ ขมิ้นชัน ไพล ขิง ข่า และบัวบก สกัดด้วยเอทานอล มีรายงานว่าสารสกัดจากขิงมีค่าการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในขิงมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง ทั้งในรูปของสารสกัด และน้ำมันหอมระเหย ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีความแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการสกัด พบว่ากระบวนการสกัดที่แตกต่างกันจะมีประสิทธิภาพในการสกัดแตกต่างกัน (Yang *et al.*, 2009) Yan and Asmah (2010) พบว่า ตัวอย่างที่ทำให้เป็นผงด้วยวิธี freeze-dry ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย methanol 80% ของ ใบขมิ้น ใบเตย และ ดอกดาหลา มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในตัวอย่างสด ส่วน ใบปาโหม (*Paederia foetida*) พบว่าตัวอย่างสดมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในตัวอย่างแห้ง (Osman *et al.*, 2009)

นอกจากนี้คุณสมบัติการมีขั้วและไม่มีขั้วของตัวทำละลายมีผลต่อการสกัดสารสำคัญ และตัวทำละลายชนิดต่างๆมีการเลือก (selectivity) สกัดสารที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน เช่น ในใบหูกวาง (*Terminalia catappa*) พบว่า การสกัดด้วยตัวทำละลาย methanol จะแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ ethylacetate dichloromethane และ pentane (Chyau *et al.*, 2002) ในงานวิจัยของ Li *et al.* (2011) พบว่า สารสกัด ethylacetate ของต้นหญ้านอนตาย (*Pouzolzia zeylanica*) แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลาย acetone ดังนั้นการเลือกใช้ตัวทำละลายจึงมีความสำคัญในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ การทดลองของ Khalaf *et al.* (2008) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จากสารสกัดเมทานอลของขิง พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 65.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ส่วน Stoilova *et al.* (2007) ทำการสกัดขิงด้วยการบดไดออกไซด์พบว่า สารสกัดจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น คือ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.64 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร

การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบด้วยสารทั้งสองชนิดเกี่ยวข้องกับอนุมูลไฮโดรเจนและการให้อิเล็กตรอนเหมือนกัน (Lee *et al.*, 2006) อย่างไรก็ตามการศึกษาด้วยวิธี ABTS มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) สูงกว่าวิธี DPPH ปัจจัยหนึ่งคือความสามารถในการละลายของสารสกัดพืชในการทดสอบแต่ละวิธี มีผลต่อความสามารถของสารสกัดพืชในการทำปฏิกิริยาและกำจัดอนุมูลอิสระ (Yu *et al.*, 2002 ; Adedapo *et al.*, 2009) อีกทั้งกลไกของ DPPH และ ABTS มีกลไกการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกัน สารประกอบบางอย่างสามารถเกิดปฏิกิริยากับสาร ABTS แต่ไม่เกิดปฏิกิริยากับสาร DPPH จึงเป็นการยากในการเปรียบเทียบว่าวิธีการตรวจสอบวิธีใดที่มีความเหมาะสมที่สุดในการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Frankel and Meyer, 2000) ทั้งนี้เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ เวลา และชนิดของสารที่ใช้ทำปฏิกิริยากับสารที่ตัวอย่างในแต่ละการทดลองต่างกัน ดังนั้นควรพิจารณาประกอบกับการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีอื่นๆ

การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเอทานอลของพืชสกุลขิงนั้น บางชนิดเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านของประเทศไทย ได้แก่ ขิง (*Zingiber officinale*) พอลคำ (*Z. ottensii*) พอลเหลือง (*Z. montanum*) และกะทือ (*Z. zerembet*) นอกจากนี้ในบางชนิดยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ *Z. bisectum*, *Z. rubens*, *Z. barbatum*, *Zingiber* 'Phlai-chompoo', *Z. spectabile*, *Z. cornubraceatum* งานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยแรกที่มีการศึกษาพืชในสกุลขิงชนิดอื่นๆนอกเหนือจากชนิดที่มีการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน จากข้อมูลดังกล่าว สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาตำรับยาจากพืชสมุนไพรในสกุลขิง (*Zingiber*) ได้ต่อไปในอนาคต

2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสามารถหาได้จากการเทียบหาปริมาณจากกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิก และวัดค่าดูดกลืนแสงโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu (Chan *et al.*, 2009) สาร Folin-Ciocalteu reagent สามารถเกิดปฏิกิริยาไม่จำเพาะเจาะจงกับสารประกอบฟีนอลิกเท่านั้น แต่สามารถทำปฏิกิริยากับสารกลุ่มที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิกได้ด้วย เช่น วิตามินซี หรือ ไอออนของโลหะทองแดง Cu(I) เป็นต้น โดยที่ Folin-Ciocalteu reagent จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกในสถานะที่เป็นเบส เมื่อสารประกอบฟีนอลิกสูญเสียโปรตอน จะกลายเป็น phenolate anion ที่สามารถรีดิวซ์ Folin-Ciocalteu reagent ได้ (นิตยา, 2550)

จากการทดลองหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารสกัดเอทานอลพืชสกุลจิง 10 ชนิดโดยสกัดจากตัวอย่างแห้งของพืชสกุลจิงที่ทำแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งมีรายงานว่าการทำงานแห้งด้วยวิธีลมร้อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านออกซิเดชันมากกว่าตัวอย่างสด (ธิดารัตน์ และศศิธร, 2553 อ้างถึง Puengphain and Sirichote, 2008) พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกในพืชสกุลจิงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.15 ถึง 9.56 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง แต่ในพืชบางชนิดพบว่าตัวอย่างสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าในตัวอย่างแห้ง เช่น ใบสดของ *Betula pendula* มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าในใบที่มีการทำให้แห้ง (Keinänen and Julkunen-Titto, 1996) ใน *Paederia foetida* และ *Syzygium aquem* ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจะลดลงเมื่อผ่านการทำให้แห้ง (Osman *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตามการใช้ความร้อนในปริมาณที่สูงเป็นระยะเวลานานมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกสลายตัว และมีผลทำให้เกิดการแตกของเซลล์สะตอและมีการปลดปล่อยออกสู่นอกเซลล์ มีผลทำให้สารฟีนอลิก และกิจกรรมการต้านออกซิเดชันลดลง (เอกสิทธิ์ และคณะ, 2553)

อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกคือ ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารฟีนอลิกออกจากพืช เนื่องจากความมีขั้วของตัวทำละลายชนิดต่างๆมีประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน เช่น การสกัดสารประกอบฟีนอลิก จากใบชะครามต้องสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วน้อยๆ เช่น ปิโตรเลียมอีเธอร์ จะให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าตัวทำละลายที่มีขั้วมาก (วรศรา และคณะ 2553) ส่วนในงานวิจัยของ Zhou and Yu (2004) พบว่า ตัวทำละลายอะซิโตนที่มีความเข้มข้น 50% สามารถสกัดสารฟีนอลิกจาก wheat bran ได้ดีกว่าการสกัดสารฟีนอลิกด้วยตัวทำละลายเอทานอล Chew *et al.* (2011) พบว่าการสกัด

สารประกอบฟีนอลิกจาก *Orthosiphon stamineus* จะต้องสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 40% เป็นเวลา 120 นาที ที่อุณหภูมิ 65 °C จึงจะเหมาะสมที่สุด ดังนั้นกระบวนการสกัดจึงมีความสำคัญต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก จึงควรสกัดด้วยหลายวิธีเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในพืชแต่ละชนิด

จากงานวิจัยของ Pothitirat and Gritsanapan (2009) กล่าวว่าสาเหตุที่ปริมาณฟีนอลิกในมังคุดมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของตัวอย่าง เนื่องมาจากการเก็บตัวอย่างจากคนละแหล่ง สภาพพื้นที่แต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน ทั้งสภาพทางภูมิศาสตร์และปริมาณน้ำฝน ทำให้มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา ในการสร้างสารฟีนอลิกแตกต่างกัน ส่วนความเข้มแสงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เช่น ในจิงที่ได้รับความเข้มแสง $790 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูง และเมื่อพิจารณาในแต่ละส่วนของจิง พบว่า แต่ละส่วนมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดย ในใบจิงจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด รองลงมาคือเหง้า และลำต้นเทียม ตามลำดับ (Ghasemzadeh *et al.*, 2010a) ส่วน Wetwitayaklung *et al.* (2009) กล่าวว่าในผลอ่อนของ *Eleaocarpus hygrophilus* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงกว่าในผลที่แก่ และมีปริมาณมากที่ผิวผลมากกว่าในเนื้อผล

นอกจากนี้ความแตกต่างของชนิดสายพันธุ์ยังมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ดังในงานวิจัยของ Anttonen and Karjalainen (2005) กล่าวว่าความแตกต่างของจีโนไทป์ มีผลต่อปริมาณของ quercetin ใน red raspberry พบว่าพันธุ์ Yellow มีปริมาณ quercetin ค่าที่สุดในขณะที่พันธุ์ Balder และ Ottawa มีปริมาณ quercetin สูง ส่วนในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ พบว่า ในข้าว 51 สายพันธุ์ในกลุ่มข้าวมีสีจะมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าในกลุ่มของข้าวไม่มีสี และยังพบว่ากลุ่มข้าวเหนียวดำมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด (นิพัทธา และวรวิทย์, 2553)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่า มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ซึ่งทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ ในสารสกัดตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงจะแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ในทางตรงกันข้าม หากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดมีปริมาณต่ำ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จะมีค่าต่ำด้วย เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจึงมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Adedapo *et al.*, 2009) เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นสารซึ่งมีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่อยู่ในวงรอบของอะตอม เป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (วรศรา และคณะ, 2553) ดังนั้นกลไกการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะเกิดจากการให้อิเล็กตรอนหรือ

ไฮโดรเจนอะตอมของหมู่ฟีนอลบนวงเบนซีนของโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก แก่อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิก ให้อยู่ในรูปที่เสถียรขึ้นทำให้ปฏิกิริยาถูกโจมตีลดลง จึงช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Hu and Kitts, 2000)

สำหรับสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารธรรมชาติที่พบอยู่ในพืช และเป็นสารต้านออกซิเดชันกลุ่มหลักในสมุนไพร (Pokorny *et al.*, 2000) ในพืชสกุลขิงมีการรายงานชนิดของสารฟีนอลิกอยู่หลายชนิด ตัวอย่างเช่น 6-gingerol (Puengphain and Sirichote, 2008), curcuminoids (Masuda and Jitoes, 1994), flavonoids (Ghasemzadeh *et al.*, 2010b), tannins (Rood and Prakash, 2010) เป็นต้น ซึ่งสามารถพบได้ในปริมาณที่แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด บางชนิดมีปริมาณมาก บางชนิดมีปริมาณน้อยหรือไม่พบเลย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าพืชสกุลขิงมีความหลากหลายของชนิดสารประกอบฟีนอลิก

3. ปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม

การวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดเอทานอลของพืชสกุลขิงจำนวน 10 ชนิด พบว่าสารสกัดเอทานอลของ *Z. montanum* (ไพลเหลือง) มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมสูงที่สุด โดยในเหง้าไพลเหลืองมีอนุพันธ์ของเคอร์คูมินอยด์ที่มีชื่อว่า cassumunarin A, B และ C ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแรงกว่า curcumin (กันยารัตน์, 2551) สารสกัดพืชสกุลขิงที่มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมต่ำสุดคือ สารสกัดของ *Zingiber* 'Phlai-chompoo' (ไพลชมพู) ทั้งนี้สารเคอร์คูมินอยด์เป็นสารที่มีสีเหลือง เมื่อสังเกตสีของเหง้าจะพบว่า *Zingiber* 'Phlai-chompoo' มีสีเหง้าที่ซีดกว่าใน *Z. montanum* อย่างชัดเจน (ภาพผนวกที่2) เมื่อพิจารณาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดจากไพลเหลือง ที่มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม เท่ากับ 2.63% โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในแคปซูลขมิ้นชันที่องค์การเภสัชกรรมแนะนำให้รับประทานเพื่อรักษาโรค หรือ ใช้รักษาอาการแน่นจุกเสียด จะต้องประกอบด้วย น้ำมันหอมระเหยไม่น้อยกว่า 6% และสารเคอร์คูมินอยด์ ไม่น้อยกว่า 5% (ชญา, 2548) พบว่า ไพลเหลือง มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์น้อยกว่าประมาณสองเท่า ของที่กำหนดไว้ในขมิ้นชัน

จากการทดลองการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่า ปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ทั้งนี้สารเคอร์คูมินอยด์จัดเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีเหลือง และเป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญตัวหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในเหง้า

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) (Masuda *et al.*, 1999) มีฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์ต่างๆ มากมาย เช่น ฤทธิ์ลดการอักเสบ (Jurenka, 2009) ฤทธิ์ลดคอเลสเตอรอลในเลือด (Hasimun *et al.*, 2011) ฤทธิ์ป้องกันการเกิดมะเร็ง (Aggarwal *et al.*, 2003) และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Portes *et al.*, 2007) เป็นต้น

เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธีแตกต่างกัน ได้แก่ วิธี DPPH และ ABTS พบว่า ปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อตรวจสอบด้วยวิธี ABTS ทั้งนี้พืชแต่ละชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน เช่น แคโรทีนอยด์ วิตามิน สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และอื่นๆ (Larson, 1990) อีกทั้งพืชแต่ละชนิดมีปริมาณและชนิดของสารประกอบฟีนอลิกที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะระบุให้แน่ชัดว่าสารฟีนอลิกหรือสารชนิดใดที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Zheng and Wang, 2001) ดังนั้นฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่แสดงออกมาอาจเกิดจากสารประกอบฟีนอลิกหรือสารชนิดอื่นๆ นอกเหนือจากสารเคอร์คูมินอยด์ อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเคอร์คูมินอยด์และอนุพันธ์ของเคอร์คูมินอยด์ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี (Arunothayanun *et al.*, 2005)

นอกจากนี้การหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมโดยใช้วิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถตรวจสอบได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว แต่เป็นวิธีที่มีความแม่นยำน้อย และอาจมีอิทธิพลของรงควัตถุอื่นในพืชที่สามารถรบกวนการดูดกลืนคลื่นแสง (Pathania *et al.*, 2006) และพบว่าสารบางอย่างในพืช เช่น เม็ดแป้ง (starch grain) สามารถตกตะกอนในตัวทำละลายเอทานอลได้ (Chen *et al.*, 2010) ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ยังขึ้นอยู่กับอายุของท่อนพันธุ์ โดยจากการศึกษาของ รัชฎาพร (2552) พบว่าหากตัวอย่างขมิ้นชันที่รวบรวมมีอายุมากกว่า 6 เดือน จะทำให้มีการสะสมของสารเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าสูงกว่าในเหง้าที่มีอายุน้อย จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าที่ได้เกิดการคลาดเคลื่อน

4. ปริมาณสารสำคัญ

4.1 ปริมาณ 6-gingerol

6-gingerol เป็นสารในกลุ่มของ gingerols ที่พบปริมาณมากที่สุดในขิง และเป็นสารสำคัญที่ให้กลิ่นขุ่น มีความสามารถในการขจัดอนุมูลอิสระ และป้องกันการอักเสบได้ (Young *et al.*, 2005) การศึกษาปริมาณ 6-gingerol ในพืชสกุลขิง ทำการสกัดตัวอย่างพืชโดยเลือกใช้เหง้าพืชสกุลขิงที่มีอายุประมาณ 10-12 เดือน เนื่องจากมีรายงานว่าขิงที่มีช่วงอายุ 10-12 เดือน เหมาะสมที่สุดในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นขิงผง โดยมีปริมาณสารสำคัญ 6-gingerol ในปริมาณสูงสุด (อนงค์ และ สิงหนาท, 2551) ในขณะที่รายงานของ Baranowski (1986) กล่าวว่าปริมาณ 6-gingerol ในขิงมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น จาก 12-34 สัปดาห์ และพบว่าขิงแก่ที่มีอายุ 34 สัปดาห์มีปริมาณ 6-gingerol มากที่สุด

ในการทดลองนี้นำขิงมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงที่มีรายงานว่า 6-gingerol สามารถทนต่อความร้อน และไม่สูญเสียไป สอดคล้องกับ ชิดารัตน์ และ ศศิธร (2553) กล่าวว่า 6-gingerol สามารถสลายตัวเมื่อได้รับความร้อนที่มากเกินไปช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 44-55 องศาเซลเซียส เนื่องจากลักษณะ โครงสร้างโมเลกุลของ gingerol ประกอบด้วยหมู่ β -hydroxyl keto functional group ที่มักเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งโครงสร้างที่ได้จากการได้รับความร้อนของ [6]-gingerols ได้แก่ shogaols และ aliphatic aldehydes ที่เกิดจากกระบวนการทำให้แห้ง (Wohlmuth *et al.*, 2005) Balachandran *et al.* (2006) พบว่า สัดส่วนของ 6-gingerol ในตัวอย่างที่ทำให้แห้งด้วยการอบแห้งจะมีปริมาณน้อยกว่าการทำให้แห้งด้วยวิธี freeze-dried และตัวอย่างสด เป็นไปได้ว่าความร้อนจะเปลี่ยนแปลง 6-gingerol ให้เป็น shogaols ในกระบวนการอบแห้ง นอกจากกระบวนการทำให้แห้งจะมีผลต่อปริมาณของ gingerol ยังพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณ terpene hydrocarbons และการเปลี่ยนแปลงของ monoterpene alcohols บางชนิดไปเป็น acetates (Bartley and Jacobs, 2000) นอกจากนี้ เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ความร้อนในกระบวนการทำให้แห้งในขิง จึงมีการใช้สารทำให้แห้งมาช่วยในการเก็บรักษาคุณภาพ พบว่าการใช้สารทำให้แห้งประเภท liquid glucose ความเข้มข้น 5% จะช่วยรักษาปริมาณ 6-gingerol ในขิงผงได้ เนื่องจากสารช่วยทำให้แห้งจะมีคุณสมบัติ film-forming property โดยจะเกิดเป็นฟิล์มบางๆ ที่เชื่อมแน่น (cohesive) หุ้มรอบๆ โมเลกุลของสารให้กลิ่นรสเอาไว้ จึงลดการสูญเสียหรือระเหยออกไป (Phoungchandang and Sertwasana, 2010)

สำหรับการตรวจสอบและวิเคราะห์ปริมาณ 6-gingerol ใช้เทคนิค HPLC ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการแยกสารสำคัญที่สนใจที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง โดยใช้อัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ (isocratic elution) สำหรับการวิเคราะห์อาศัยสมบัติการดูดกลืนแสงของสาร ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร จึงมีความละเอียดและแม่นยำสูง จากการทดลองพบว่า ตรวจพบสาร 6-gingerol ในตัวอย่างสารสกัดของพืชสกุลขิงสองชนิด ได้แก่ *Zingiber officinale* (ขิง), *Z. cornubraceatum* โดยพบที่เวลา 12.50 และ 12.73 นาที ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยส่วนมากจะรายงานว่าพบ 6-gingerol เฉพาะในขิงเท่านั้น ส่วนปริมาณ 6-gingerol ใน *Z. cornubraceatum* ยังไม่เคยมีการรายงานมาก่อน จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า *Z. cornubraceatum* มีปริมาณ 6-gingerol น้อยกว่าขิงประมาณ 4 เท่า ส่วนพืชสกุลขิงชนิดอื่นๆ ตรวจไม่พบ 6-gingerol จึงไม่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้ เนื่องจากการวัดค่าดูดกลืนแสง ในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวมีความเฉพาะเจาะจงกับสาร 6-gingerol เท่านั้น เมื่อตรวจไม่พบโครมาโตแกรมในเวลาดังกล่าวจึงถือว่าไม่มีสาร 6-gingerol ในสารสกัดตัวอย่าง

4.2 ปริมาณน้ำมันหอมระเหย และ terpinen-4-ol ในพืชสกุลขิง

การสกัดน้ำมันหอมระเหยในการทดลองนี้ใช้วิธีไมโครเวฟเทคนิค ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการกลั่นน้อย และได้ปริมาณสารสกัดมาก อีกทั้งเป็นวิธีที่ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และมีประสิทธิภาพ (รุ่งฤดี, 2550) จากผลการศึกษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยในพืชสกุลขิง พบว่าพืชสกุลขิงแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่แตกต่างกัน บางชนิดสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยได้ในปริมาณมาก ส่วนบางชนิดสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยได้ในปริมาณน้อยถึงน้อยมาก ทำให้ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยได้ ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ แหล่งที่มาของตัวอย่าง พบว่าไพลที่เก็บจากภาคตะวันตกของประเทศไทยจะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด ในขณะที่ไพลที่เก็บจากภาคตะวันออกมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยที่สุด (Bua-in and Paisooksantivatana, 2009) ปริมาณน้ำที่ ได้รับเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย พบว่า เมื่อให้ไพลขาดน้ำเป็นเวลา 120 วันก่อนการเก็บเกี่ยว จะสามารถเพิ่มปริมาณน้ำมันหอมระเหยในไพลได้ แต่จะมีปริมาณน้ำหนัคน้อย (Manochai, 2007)

นอกจากนี้ระยะเวลาหรือฤดูกาลของการเก็บเกี่ยวมีผลต่อปริมาณน้ำมันและปริมาณ terpinen-4-ol พบว่า ดัชนีที่รีที่เก็บเกี่ยวช่วงเดือน สิงหาคม-ธันวาคมจะมีปริมาณน้ำมันสูงที่สุด และมีปริมาณ terpinen-4-ol สูงกว่าในช่วงเวลาอื่นๆ (โอฬาร และคณะ, 2553)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง พบว่า terpinen-4-ol สามารถพบได้ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง 3 ชนิด ได้แก่ *Z. montanum* (ไพลเหลือง) *Z. ottensii* (ไพลดำ) และ *Zingiber* 'Phlai-chompoo' (ไพลชมพู) ซึ่งมีรายงานว่าเป็นสารองค์ประกอบหลักของน้ำมันไพล (Pithayanukul *et al.*, 2007) สาร terpinen-4-ol เป็นสารประเภท monoterpene alcohols (โอพาร์ และคณะ, 2552) โดยมีรายงานเกี่ยวกับการออกฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ และฤทธิ์ต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (Mondello *et al.*, 2006)

อย่างไรก็ตามยังมีพืชสกุลขิงอีกหลายชนิดที่ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับสารสำคัญที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยเบื้องต้นที่บ่งชี้ศักยภาพของพืชสกุลขิงในแง่ของการมีสารสำคัญที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และวิเคราะห์หาปริมาณที่มีอยู่เท่านั้น ซึ่งเป็นประโยชน์ในการศึกษาในพืชสกุลนี้ต่อไป

สรุป

1.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทานอลของพืชสกุลขิงจำนวน 10 ชนิด ด้วยวิธีการตรวจสอบสองวิธี คือ วิธี DPPH และ ABTS ทั้งสองวิธีให้ผลที่มีความสอดคล้องกัน และค่าที่ได้จากวิธี ABTS จะมีค่ามากกว่าค่าที่ได้เมื่อตรวจสอบด้วยวิธี DPPH โดยสารสกัดของ *Zingiber officinale* เป็นพืชสกุลขิงที่แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เมื่อตรวจสอบด้วยทั้งสองวิธี และไม่มีสารสกัดเอทานอลของพืชสกุลขิงชนิดใดที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้แรงเท่ากับวิตามินซี (L-ascorbic acid) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามพืชสกุลขิงยังคงมีศักยภาพในการเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากธรรมชาติ

2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu พบว่า สารสกัดเอทานอลของ *Z. officinale* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด เท่ากับ 9.56 ในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง และปริมาณสารฟีนอลิกมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารฟีนอลิกรวมสามารถบ่งชี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

3. ปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม

การหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมจากสารสกัดของพืชสกุลขิง พบว่า *Z. montanum* มีปริมาณสูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 2.63 ดังแสดงให้เห็นจากสีของเหง้าที่มีสีเหลืองเข้ม ถึงแม้ว่าปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมจะมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% แต่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าน้อย และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ไม่มีความสัมพันธ์กับการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ดังนั้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แสดงออกอาจเกิดจากสารสำคัญชนิดอื่นนอกเหนือจากสารเคอร์คูมินอยด์

4. ปริมาณสารสำคัญในสารสกัดและน้ำมันหอมระเหย

4.1 ปริมาณ 6-gingerol

จากการวิเคราะห์ปริมาณ 6-gingerol ในสารสกัดของพืชสกุลขิงจำนวน 10 ชนิด ด้วยเทคนิควิธี HPLC พบสารสำคัญ 6-gingerol ในพืชสกุลขิง 2 ชนิด คือ *Zingiber officinale* และ *Z. cornubraceatum* ซึ่งใน *Z. officinale* มีปริมาณ 6-gingerol เท่ากับ 271.12 ppm สูงกว่าใน *Z. cornubraceatum* ประมาณ 4 เท่า ซึ่งมีปริมาณ 6-gingerol เท่ากับ 65.56 ppm โดยพบสาร 6-gingerol ณ เวลาประมาณ 12.58 นาที

4.2 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยและ terpinen-4-ol

ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปริมาณน้ำมันหอมระเหยของ *Z. montanum* มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงที่สุด เท่ากับ 0.889 % (w/v) และปริมาณน้ำมันหอมระเหยของ *Z. zerumbet* มีปริมาณน้อยที่สุด เท่ากับ 0.081 % (w/v)

สำหรับการวิเคราะห์สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหย พบสาร terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิง 3 ชนิด ได้แก่ *Z. montanum*, *Zingiber* ‘Phlai-chompoo’ และ *Z. ottensii* ปริมาณ terpinen-4-ol ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสกุลขิงแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่ง *Z. montanum* มีปริมาณสาร terpinen-4-ol สูงที่สุด และปริมาณสาร terpinen-4-ol มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่วิเคราะห์ได้ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.945 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กันต์ จานงักดี. 2548. สถานภาพ และการกระจายของพืชถิ่นเดียว หายาก หรือใกล้สูญพันธุ์ เขต
รักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่, น. 182-186. ใน งานการประชุมความ
หลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้ และสัตว์ป่า "ความก้าวหน้าของผลงานวิจัย". กรม
อุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,
กรุงเทพฯ.

กันยรัตน์ ชลสิทธิ์. 2551. มาตรฐานและการควบคุมคุณภาพลูกประคบสมุนไพรล้านนา.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จันทร์จารึก รัตนเดชสกุล. 2550. การพัฒนาตำรับครีม และเจลสารสกัดเอ็กไคนาเซีย เพอร์ฟูเรีย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จันทร์เพ็ญ ชูประภาวรรณ. 2548. พุดจาประสาหมอย (สารต้านอนุมูลอิสระ). นิตยสารหมอ
ชาวบ้าน 311: 16-18.

จินดาพร คงเดช, ญัฐา เล่าหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2552. ประสิทธิภาพของการเป็นสาร
ต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดจากพืช 5 ชนิด. วารสาร
วิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ) 40 (1): 83-86.

ชญา พิศาลพงศ์. 2548. แคปซูลสารสกัดขมิ้นชัน. จุลสารชมรมโรคโลหิตจางธาลัสซีเมียแห่ง
ประเทศไทย 14 (2): 12.

นันท์นภัส เดิมวงศ์. 2551. ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอลิกกับความสามารถรวมในการ
ต้านอนุมูลอิสระในพืช. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ 8 (2): 114-124.

นิตยา เขียวอ่อน. 2550. การศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระในลูกหว้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นิพัทธา ชาติสุวรรณ และ วรพัทธ์ อารีกุล. 2553. พารามิเตอร์ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโธไซยานินในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ, น. 252-260. ใน การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธิดารัตน์ ไพรัช และ ศศิธร ตรงจิตภักดี. 2553. ผลของวิธีการทำแห้งต่อปริมาณ 6-gingerol สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการต้านออกซิเดชันของขิง (*Zingiber officinale*), น. 578-584. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีรศิลป์ ชมแก้ว, มนัญญา โอฬารวิไล, วรรัตน์ วณิชชาชัย, สุวิสา พงษ์อำไพ, สุภาณี เลิศไกรรักษ์ และสุภาภรณ์ คึกกลาส. 2550. การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิง. ใน การประชุมวิชาการ วิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ปราโมทย์ ไตรบุญ, ประนอม จันทรโณทัย และ ไคร์ ลาร์เซน. 2548. ชีวภูมิศาสตร์และความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสกุลขิงในประเทศไทย. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฉบับบัณฑิตศึกษา 5 (1): 23-32.

ปราโมทย์ ไตรบุญ. 2549. ชีวภูมิศาสตร์และความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสกุลขิงในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปิยาภัทร ไตรสนธิ. 2550. ผลของความสูงพื้นที่และสายพันธุ์ต่อกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิทยา สรวมศิริ. 2551. อุตสาหกรรมพืชเครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3 วนิดาเพรส, เชียงใหม่.

ระวีวรรณ แก้วอมตวงศ์ และ ทรงพร จึงมั่นคง. 2549.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 8 (2): 76-88.

รัชฎาพร ไทยเกิด. 2552. ความหลากหลายทางพันธุกรรมและสารสำคัญบางชนิดของขมิ้นชัน.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชฎาพร อโนราช และ นาถธิดา วีระปรียากร. 2548. วิธีทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในหลอด
ทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น 33 (1-2): 13-18.

รุ่งฤดี พรสกุลเลิศชัย. 2550. การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชร ชาญยิ่ง. 2549. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระในกลไกของการเกิดมะเร็ง. วารสาร
วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น 34 (3): 199-208.

วนิชฐี สร้อยสุวรรณ. 2552. สารต้านอนุมูลอิสระจากขมิ้นน้ำค้างพารา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วรศรา ชื่นอารมณ, อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาทกุลจิตต์. 2553. สารต้านอนุมูลอิสระและ
ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากชะคราม (*Suaeda maritima*). วารสาร
วิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ) 41 (3/1): 621-624.

สุภาวณี แสนทวีสุข และ สິงหนาท พวงจันทร์แดง. 2553. ผลของการทำแห้งแบบระยะเดียว และ
แบบสองระยะต่อคุณภาพของขิง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ) 41 (1): 552-555.

อนงค์ เสริฐวาสนา และ สິงหนาท พวงจันทร์แดง. 2551. การพัฒนากระบวนการแปรรูปน้ำขิงผง
และขิงผง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ) 39 (3): 481-484.

อชิยา เรืองจักรเพ็ชร. 2550. ผลของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในมะขามป้อม และอายุของ
มะกอกน้ำ ต่อปริมาณฟีนอลิกฟลาโวนอยด์และกิจกรรมของสารต้านออกซิเดชัน.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุไรวรรณ ส่งเสียง, นวี เย็นใจ, จริยา หาญจนวงศ์ และ ชนกพร เผ่าศิริ. 2551. การปรับเปลี่ยนโครงสร้างของซีรัมโบนจากกะทือและฤทธิ์ทางชีวภาพ. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฉบับบัณฑิตศึกษา 8 (1): 54-59.

อุยวดี ชนสูตร และ นิธิยา รัตนานนท์. 2549. การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของผลมะเขือ 16 สายพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 37 (5): 15-18.

เอกสิทธิ์ จงเจริญ, ขวัญใจ แซ่ลุ่ม และ สุทรวัดน์ เบญจกุล. 2553. ผลของพีเอชและการให้ความร้อนต่อกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของสคอ. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร (พิเศษ) 41 (1): 87-90.

โอฬาร ดันทวิรุพห์, อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์, อุดมลักษณ์ สุขอัสตะ, วรวิทย์ ยี่สวัสดิ์, สุกประสงค์ สุวรรณเลิศ, ประภาส ช่างเหล็ก และ วีระศรี เมฆตรง. 2552. วิธีการสกัดและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยทีทรี (*Melaleuca alternifolia*) ในประเทศไทย, น.370-377. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โอฬาร ดันทวิรุพห์, อุดมลักษณ์ สุขอัสตะ, วรวิทย์ ยี่สวัสดิ์ และ วีระศรี เมฆตรง. 2553. ผลของช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่มีปริมาณ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันทีทรีที่ปลูกในพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่, น. 286-293. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Adedapo, A.A., F.O. Jimoh, A.J. Afolayan and P.J. Masika. 2009. Antioxidant properties of the methanol extracts of the leaves and stems of *Celtis africana*. **Records of Natural Products** 3 (1): 23-31.

Aggarwal, B.B., A. Kumar and A.C. Bharti. 2003. Anticancer potential of curcumin: Preclinical and clinical studies. **Anticancer Research** 23: 363-398.

- Anttonen, M.J. and R.O. Karjalainen. 2005. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. **Journal of Food Composition and Analysis** 18: 759-769.
- Arunothayanun, P., P. Wirachwong, V. Burananon, C. Phisalpong, S. Hokputsa, Y. Suvathi, S. Watnasirichaikul and S. Boonkird. 2005. Development of tetrahydrocurcuminiod liposomes as an ingredient for cosmetic products, pp. 51-57. **In Proceedings of the 7th scientific conference of the Asian societies of cosmetic scientists**. Bangkok, Thailand.
- Badreldin, H.A., G. Blunden, M.O. Tanira and A. Nemmar. 2008. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research. **Food and Chemical Toxicology Journal** 46: 409-420.
- Bako, I.G., M.A. Mabrouk and A. Abubakar. 2009. Antioxidant effect of ethanolic seed extract of *Hibiscus sabdariffa* Linn (Malvaceae) alleviate the toxicity induced by chronic administration of sodium nitrate on some haematological parameters in wistars rats. **Advance Journal of Food Science and Technology** 1 (1): 39-42.
- Balachandran, S., S.E. Kentish and R. Mawson. 2006. The effect of both preparation method and season on the supercritical extraction of ginger. **Separation and Purification Technology** 48: 94-105.
- Bartley, J.P. and A.L. Jacobs. 2000. Effect of drying on flavour compounds in Australian-grown ginger (*Zingiber officinale*). **Journal of Science of Food and Agriculture** 80: 209-215.
- Baranowski, J. 1986. Changes in solids, oleoresin, and 6-gingerol content of ginger during growth in Hawaii. **Journal of Horticultural Science** 21: 145-6.
- Bhuiyan, I.N.Md., U.C. Jasim and B. Jaripa. 2008. Volatile constituents of essential oils isolated from leaf and rhizome of *Zingiber cassumunar* Roxb. **Bangladesh Journal of Pharmacology** 3: 69-73.

- Bhuiyan, I.N.Md., U.C. Jasim and B. Jaripa. 2009. Chemical investigation of the leaf and rhizome essential oils of *Zingiber zerumbet* (L.) Smith from Bangladesh. **Bangladesh Journal of Pharmacology** 4: 9-12.
- Bordoloi, A.K., J. Sperkova and M.A. Leclercq. 1999. Essential oils of *Zingiber cassumunar* Roxb. from northeast india. **Journal of Essential Oil Research** 11 (4): 441-445.
- Boukouvalas, J. and J.X. Wang. 2008. Structure revision and synthesis of a novel labdane diterpenoid from *Zingiber ottensii*. **Organic Letters** 10 (16): 3397-3399.
- Bua-in, S. and Y. Paisooksantivatana. 2009. Essential oil and antioxidant activity of Cassumunar ginger (Zingiberaceae : *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.) collected from various parts of Thailand. **Kasetsart University Journal (Natural Science)** 43: 467-475.
- Chaichana, J., W. Niwatananun, S. Vejabhikul, S. Somna and S. Chansakaow. 2009. Volatile constituents and biological activities of *Gardenia jasminoides*. **Journal of Health Research** 23 (3): 141-145.
- Chairgulprasert, V., S. Prasertsongskul and W. Wichaporn. 2005. Chemical constituents of the essential oil and antibacterial activity of *Zingiber wrayi* var. halabala. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 27 (4): 813-818.
- Chan, E.W.C., Y. L. Yang and O. Mohammed. 2007a. Antioxidant and antibacterial activity of leaves of *Etlingera* species (Zingiberaceae) in peninsular Malaysia. **Journal of Food Chemistry** 104: 1586-1593.
- Chan, E.W.C., Y.Y. Lim and T.Y. Lim. 2007b. Total phenolic content and antioxidant activity of leaves and rhizomes of some ginger species in peninsular Malaysia. **Gardens' Bulletin Singapore** 59 (1,2): 47-56.

- Chan, E.W.C., L.F. Wong, F.S. Lianto, S.K. Wong, K.K. Lim, C.E. Joe and T.Y. Lim. 2008. Antioxidant and tyrosinase inhibition properties of leaves and rhizomes of ginger species. **Journal of Food Chemistry** 109: 477-483.
- Chan, E.W.C., Y.Y. Lim, S.K. Wong, K.K. Lim, S.P. Tan, F.S. Lianto and M.Y. Yong. 2009. Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. **Journal of Food Chemistry** 113: 166-172.
- Chaveerach, A., P. Mookamon, R. Sudmoon and T. Tanee. 2007. A new species of *Zingiber* (Zingiberaceae) from northern Thailand. **Taiwania** 52 (2): 159-163.
- Chen, I.N., C.C. Chen, C. Chang, Y.W. Chung, T.S. Yuan and L.C. Tsu. 2007. Antioxidant and antimicrobial activity of Zingiberaceae plants in Taiwan. **Plant Foods for Human Nutrition** 63: 15-20.
- Chen, H., M. Yan, J. Zhu and X. Xu. 2010. Enhancement of exo-polysaccharide production and antioxidant activity in submerged cultures of *Inonotus obliquus* by lignocellulose decomposition. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology** 38 (2): 291-298.
- Chew, Y.L., Y.Y. Lim, M. Omar and K.S. Khoo. 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in southeast Asia. **Journal of food Science and Technology** 41 (6): 1067-1072.
- Chew, K.K., M.Z. Khoo, S.Y. Ng, Y.Y. Thoo, W.M. Wan-Aida and C.W. Ho. 2011. Effect of ethanol concentration, extraction time and extraction temperature on the recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity of *Orthosiphon stamineus* extracts. **International Food Research Journal** 18 (4): 1427-1435.

- Chyau, C.C., S.Y. Tsai, P.T. Ko and J.L. Mau. 2002. Antioxidant properties of solvent extracts from *Terminalia catappa* leaves. **Food chemistry** 78: 483-488.
- Frankel, E. N. and A. S. Meyer. 2000. The problems of using onedimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 80: 1925–1941.
- Ghasemzadeh, A., Z.E.J. Hawa and R. Asmah. 2010a. Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Molecules** 15: 4324-4333.
- Ghasemzadeh, A., Z.E.J. Hawa, R.Asmah, P.E.M. Wahab and M.R.A. Halim. 2010b. Effect of different light intensities on total phenolics and flavonoids synthesis and anti-oxidant activities in young ginger varieties (*Zingiber officinale* Roscoe). **International Journal of Molecular Sciences** 11: 3885-3897.
- Habsah, M., M. Amran, M.M. Mackeen, N.H. Lajis, H. Kikuzaki, N. Nakatani, A.A. Rahman, D. Ghafar and A.M. Ali. 2000. Screening of zingiberaceae extracts for antimicrobial and antioxidant activities. **Journal of Ethnopharmacology** 72: 403-410.
- Hasimun, P., E.Y. Sukandar, L.K. Adnyana and T.H. Tjahjono. 2011. Synergistic effect of curcuminoid and S-methyl cysteine in regulation of cholesterol homeostasis. **International Journal of Pharmacology** 7 (2): 268-272.
- Hu, C. and D.D. Kitts. 2000. Studies on the antioxidant activity of *Echinacea* root extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 48 (5): 1466-1472.
- Huang, D., B. Ou and R.L. Prior. 2005. The chemical behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 53: 1841-1856.

- Jurenka, J.S. 2009. Anti-inflammatory properties of curcumin, a major constituent of *Curcuma longa*: a review of preclinical and clinical research. **Alternative Medicine Review** 14 (2): 141-153.
- Keinänen, M. and R. Julkunen-Tiitto. 1996. Effect of sample preparation method on Birch (*Betula pendula* Roth) leaf phenolics. **Journal of Agriculture Food and Chemistry** 44: 2724-2727.
- Khalaf, A.N., A.K. Shakya, A.A. Othman, Z.E. Agbar and H. Farah. 2008. Antioxidant activity of some common plants. **Turkish Journal of Biology** 32: 51-55.
- Kumar, S., D. Kumar and O. Prakash. 2008. Evaluation of antioxidant potential , phenolic and flavonoid contents of *Hibiscus tiliaceus* flowers. **Electronic Journal of Environment, Agricultural and Food Chemistry** 7 (4): 2863-2871.
- Larson, R.A. 1990. The antioxidant of higher plants. **Phytochemistry** 27: 969-978.
- Lee, B.W., J.H. Lee, S.W. Gal, Y.H. Moon and K.H. Park. 2006. Selective ABTS radical-scavenging activity of prenylated flavonoids from *Cudrania tricuspidata*. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry Journal** 70 (2): 427-432.
- Leelapornpisid, P., S. Chansakaow , C. Chaiyasut and N. Wongwattananukul. 2008. Antioxidant activity of some volatile oils and absolutes from Thai aromatic plants. **Acta Horticulturae** 786: 61-66.
- Li, P., L. Huo, W. Su, R. Lu, C. Deng, L. Liu, Y. Deng, N. Guo, C. Lu and C. He. 2011. Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity and phenolic content of *Pouzolzia zeylanica*. **Journal of Serbian Chemical Society** 76 (5): 709-717.

- Manochai, B., Y. Paisooksantivatana, M.J. Kim, and J.H. Hong. 2007. Antioxidant activity and total volatile oil content of Cassamunar ginger (*Zingiber montanum* Roxb.) at various rhizome ages. **Food Science Biotechnology** 16 (2): 290-293.
- Manochai, B. 2007. **Effect of environment on biological activity of cassumunar ginger (*Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.)**. Ph. D. thesis, Kasetsart university.
- Masako, A., O. Yoshio, M. Yasujiro and K. Kikue. 2008. Mioganal, a novel pungent principle in Myoga (*Zingiber mioga* Roscoe) and a quantitative evaluation of its pungency. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry Journal** 72 (10): 2681-2686.
- Masuda, T. and A. Jitoe. 1994. Antioxidative and antiinflammatory compounds from tropical Gingers: isolation, structure determination, and activities of cassumunins A, B, and C, new complex curcuminoids from *Zingiber cassumunar*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 42 (9):1850-1856.
- Masuda, T., K. Hidaka., A. Shinohara, T. Maekawa, Y. Takeda and H. Yamaguchi. 1999. Chemical studies on antioxidant mechanism of curcuminoid: analysis of radical reaction products from curcumin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 47:71-77.
- Miliauskas, G., P.R. Venskutonis and T.A.V. Beek. 2003. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. **Journal of Food chemistry** 85: 231-237.
- Mondello, F., F.D. Bernadis, A. Girolama, A. Cassone and G. Salvatore. 2006. *In vivo* activity of terpinen-4-ol, the main bioactive component of *Melaleuca alternifolia* Cheel (tea tree) oil against azole-susceptible and -resistant human pathogenic *Candida* species. **BioMed Central Infectious Diseases** 6: 158.

- Osman, H., A.A. Rahim, N.M. Isa and N.M. Bakhir. 2009. Antioxidant activity and phenolic content of *Paederia foetida* and *Syzygium aqueum*. **Molecules** 14: 970-978.
- Park, Y.J., J. Wen, S. Bang, S.W. Park and S.Y. Song. 2006. [6]-Gingerol induces cell cycle arrest and cell death of mutant p53-expressing pancreatic cancer cells. **Yonsei Medical Journal** 47 (5): 688-697.
- Pathania, V., A.P. Gupta and B. Singh. 2006. Improved HPTLC method for determination of curcuminoids from *Curcuma longa*. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies** 29: 877-887.
- Phoungchandang, S. and A. Sertwasana. 2010. Spray-drying of ginger juice and physiochemical properties of ginger powder. **Science Asia** 36: 40-45.
- Pithayanukul, P., J. Tubprasert and M. Wuthi-Udomlert. 2007. *In Vitro* Antimicrobial activity of *Zingiber cassumunar* (Plai) oil and a 5% plai oil gel. **Phytotherapy Research** 21: 164-169.
- Pokorny, J., N. Yanishieava and M. Gordon. 2000. **Antioxidant in Food**. Woodhead Publishing Limited, England.
- Portes, E., C. Gardrat and A. Castellan. 2007. A comparative study on the antioxidant properties of tetrahydrocurcuminoids and curcuminoids. **Tetrahedron** 63: 9092-9099.
- Pothitirat, W. and W. Gritsanapan. 2009. Variation of bioactive components in *Curcuma longa* in Thailand. **Current Science** 91 (10): 1397-1400.

- Prakash, O., V.K. Kasana, A.K. Pant, A. Zafar, S.K. Hore and C.S. Mathela. 2006. Phytochemical composition of essential oil from seeds of *Zingiber roseum* Rosc. and its antispasmodic activity in rat duodenum. **Journal of Ethnopharmacology** 106: 344-347.
- Puengphian, C. and A. Sirichote. 2008. [6]-gingerol content and bioactive properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extracts from supercritical CO₂ extraction. **Asain Journal of Argo-Industry** 1 (1): 29-36.
- Rinzler, A.C. 2001. **The New Herb, Spices and Condiments**. An imprint of fact on file. Inc., New York.
- Rood, S.A.P. and J. Prakash. 2010. Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiber officinale*). **Journal of Medicinal Plants Research** 4 (24): 2674-2679.
- Sadhu, S.K., A. Khatun, T. Ohtsuki and M. Ishibashi. 2007. First isolation of sesquiterpenes and flavonoids from *Zingiber spectabile* and identification of zerumbone as the major cell growth inhibitory component. **Journal of Natural Product Research** 21 (14): 1242-1247.
- Saeed, M.K., I. Zafar, M. Shahid, E. Nusrat and U.N. Waqar. 2009. Antioxidant activity of *Zingiber officinale* Roscoe's extract, oleoresin and essential oil from Pakistan. *In International Conference on Complex Medical Engineering, ICME*. April 9-11, 2009, USA : Article No. 4906679.
- Sirat, H.M. and N.H.N. Leh. 2001. The rhizome oil of *Zingiber spectabile* Valet. **Journal of Essential Oil Research** 13 (4): 256-257.
- Stoilova, I., A. Krastanov, A. Stoyanova, P. Denev and S. Gargova. 2007. Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). **Journal of Food Chemistry** 102: 764-770.

- Tang, Y.Z. and Z.Q. Liu. 2007. Free radical scavenging effect of carbazole derivatives on DPPH and ABTS radicals. **Journal of the American Oil Chemists Society** 84: 1095-1100.
- Thaikert, R. and Y. Paisooksantivatana. 2009. Variation of total curcuminoids content, antioxidant activity and genetic diversity in turmeric (*Curcuma longa* L.) Collections. **Kasetsart Journal (Natural Science)** 43: 507-518.
- Theilade, I. 1999. A synopsis of the genus *Zingiber* (Zingiberaceae) in Thailand. **Nordic Journal of Botany** 19: 389-410.
- Wang, C.C., T.Y. Ching, L.G. Chen, C.J. Lee and F.Y. Lee. 2008. Anti-inflammatory constituents of *Zingiber zerumbet*. **Journal of Food Chemistry** 110 (3): 584-589.
- Wetwitayaklung, P., K. Sarunyakasitharin and T. Phaechamud. 2009. Total phenolic content and antioxidant activity of fresh and preserved fruits of *Elaeocarpus hygrophillus* Kurz. **Thai Pharmaceutical and Health Science Journal** 4 (1): 21-28.
- Wohlmuth, H., D.N. Leach, M. K. Smith and S.P. Myers. 2005. Gingerol content of diploid and tetraploid clones of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 53 (14): 5772-5778.
- Wu, T.L. and K. Larsen. 2000. Zingiberaceae. In: Z.Y. Wu and P.H. Raven (eds.). **Flora of China** 24: 322-377.
- Yan, S. and R. Asmah. 2010. Comparison of total phenolic contents and antioxidant activities of turmeric leaf, pandan leaf and torch ginger flower. **International Food Research Journal** 17: 417-423.

- Yang, Z., W. Yang, Q. Peng, Q. He, Y. Feng, S. Luo and Z. Yu. 2009. Volatile phytochemical composition of rhizome of ginger after extraction by headspace solid-phase microextraction, petrol ether extraction and steam distillation extraction. **Bangladesh Jorنال Pharmacology** 4: 136-143.
- Young, H.Y., C. Chiang, Y. Huang, F.P. Pan and G. Chen. 2002. Analytical and stability studies of ginger preparations. **Journal of Food and Drug Analysis** 10 (3): 149-153.
- Young, H.Y., Y.L. Luo, H.Y. Cheng, W.C. Hsieh, J.C. Liao and W.H. Peng. 2005. Analgesic and anti-inflammatory activities of [6]-gingerol. **Journal of Ethnopharmacology** 96 (1-2): 207-210.
- Yu, L., S. Haley, J. Perret, M. Harris, J. Wilson and M. Qian. 2002. Free radical scavenging properties of wheat extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 50: 1619-1624.
- Yvonne, B.S., L.A.D. Williams, G.A.O. Junor, C.E. Green, S.L. Hibbert, C.N.A. Salmon and A.M. Smiyh. 2008. Changes in the contents of oleoresin and pungent bioactive principles of jamaican ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) during maturation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 56 (14): 5564-5571.
- Zandi, P. and M.H. Gordon. 1999. Antioxidant activity of extracts from old tea leaves. **Food Chemistry** 64: 285-288.
- Zhannan, Y., S. Luo, Q. Peng, C. Zhao and Z. Yu. 2008. GC-MS Analysis of the essential oil of coral ginger (*Zingiber corallinum* Hance) rhizome obtained by supercritical fluid extraction and steam distillation extraction. **Journal of Chromatographia** 69: 785-790.

Zhao, Y., Q.F. Tao, R.P. Zhang, C.X. Zhou, H. Dou, Y.S. Shi, Y.C. Xiao, L.L. Sun, S. Zeng, K.X. Huang, X.D. Zhang and X.K. Li. 2007. Two new compounds from *Zingiber officinale*. **Chinese Chemical Letter** 18 (10): 1247-1249.

Zheng, W. and S.Y. Wang. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in Selected Herbs . **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 49 (11): 5165-5170.

Zhou, K. and L. Yu. 2004. Effects of extraction solvent on wheat bran antioxidant activity estimation. **Lebensm-Wiss u. Technology** 37: 717-721.

Zoghbi, M.G.B. and E.H.A. Andrade. 2005. Volatiles of the *Etlingera elatior* (Jack) R. M. Sm. and *Zingiber spectabile* Griff.: two zingiberaceae cultivated in the Amazon. **Journal of Essential Oil Research** 17: 209-211.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาตรของสารสกัด และปริมาตรของเอทานอลที่ใช้ในการเจือจาง
(ปริมาตรรวม 2 มิลลิลิตร)

ความเข้มข้นของสารสกัด	ปริมาตรสารสกัดพืช(มิลลิลิตร)	ปริมาตรเอทานอล (มิลลิลิตร)
1X	2	0
2X	1	1
3X	0.67	1.33
4X	0.50	1.50
5X	0.40	1.60
6X	0.33	1.67
7X	0.29	1.71
8X	0.25	1.75
9X	0.22	1.78
10X	0.20	1.80

ตารางผนวกที่ 2 พื้นที่ใต้กราฟและเวลาที่พบสาร 6-gingerol ของสารสกัด *Zingiber officinale* และ *Z. cornubraceatum*

ชนิดพืช	ความเข้มข้น (g/ml)	พื้นที่ใต้กราฟ	เวลาที่พบ 6-gingerol (นาทีก)
<i>Z. officinale</i>	0.01	329249	12.495
	0.01	346512	12.501
	0.01	385310	12.490
<i>Z. cornubraceatum</i>	0.1	862308	12.729
	0.1	940047	12.676
	0.1	873445	12.573

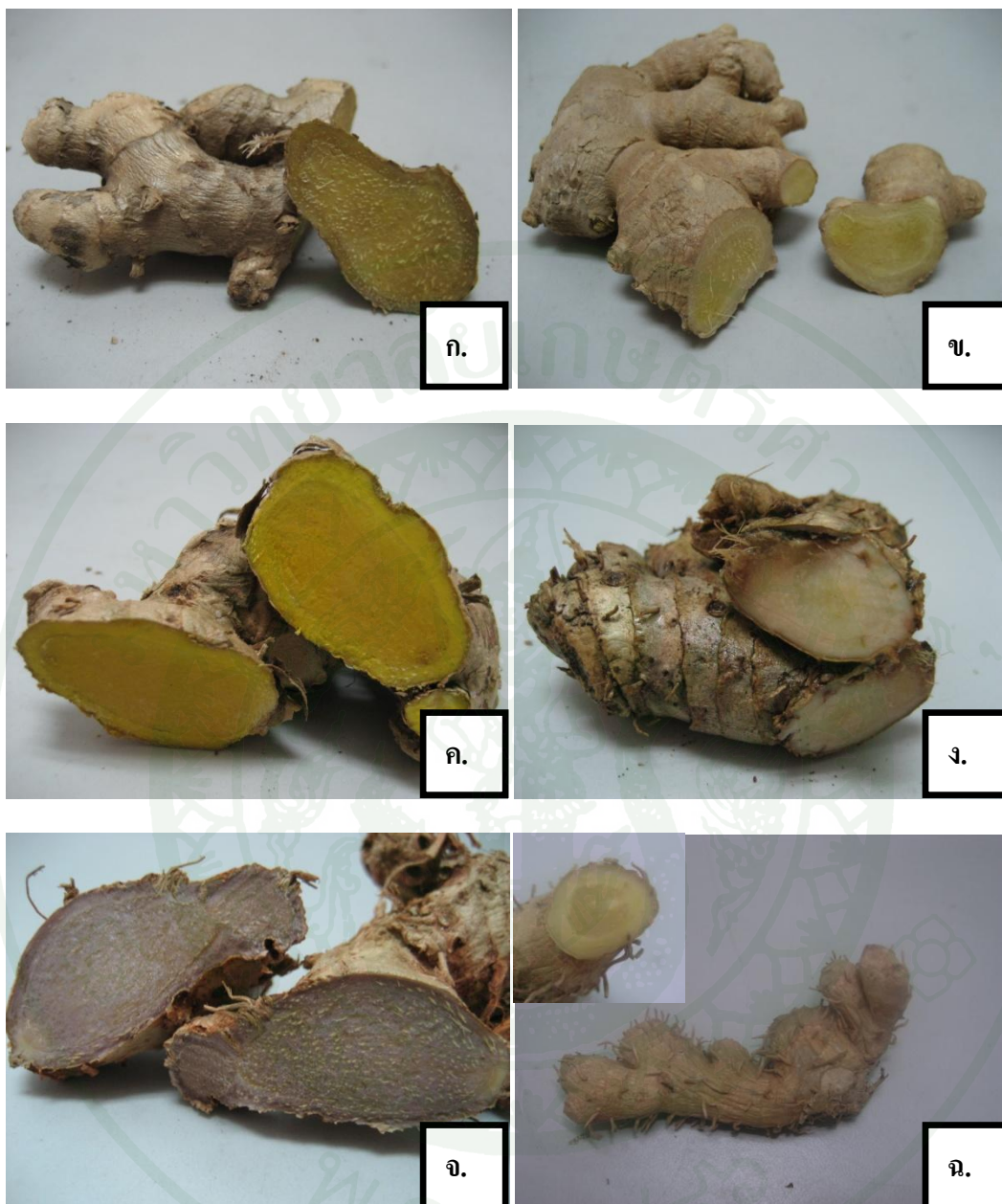
ตารางผนวกที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's correlation) ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหย และ ปริมาณสาร terpinen-4-ol

		% Essential oil yield	Terpinen-4-ol content
% Essential oil yield	Pearson Correlation	1	.945 ^{**}
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	9	9
Terpinen-4-ol content	Pearson Correlation	.945 ^{**}	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	9	9

^{**} Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของพืชสกุลขิง ก. ดอกและช่อดอก ข. หูใบ ค. เมล็ด
ง. การเรียงตัวของใบ จ. เหง้า



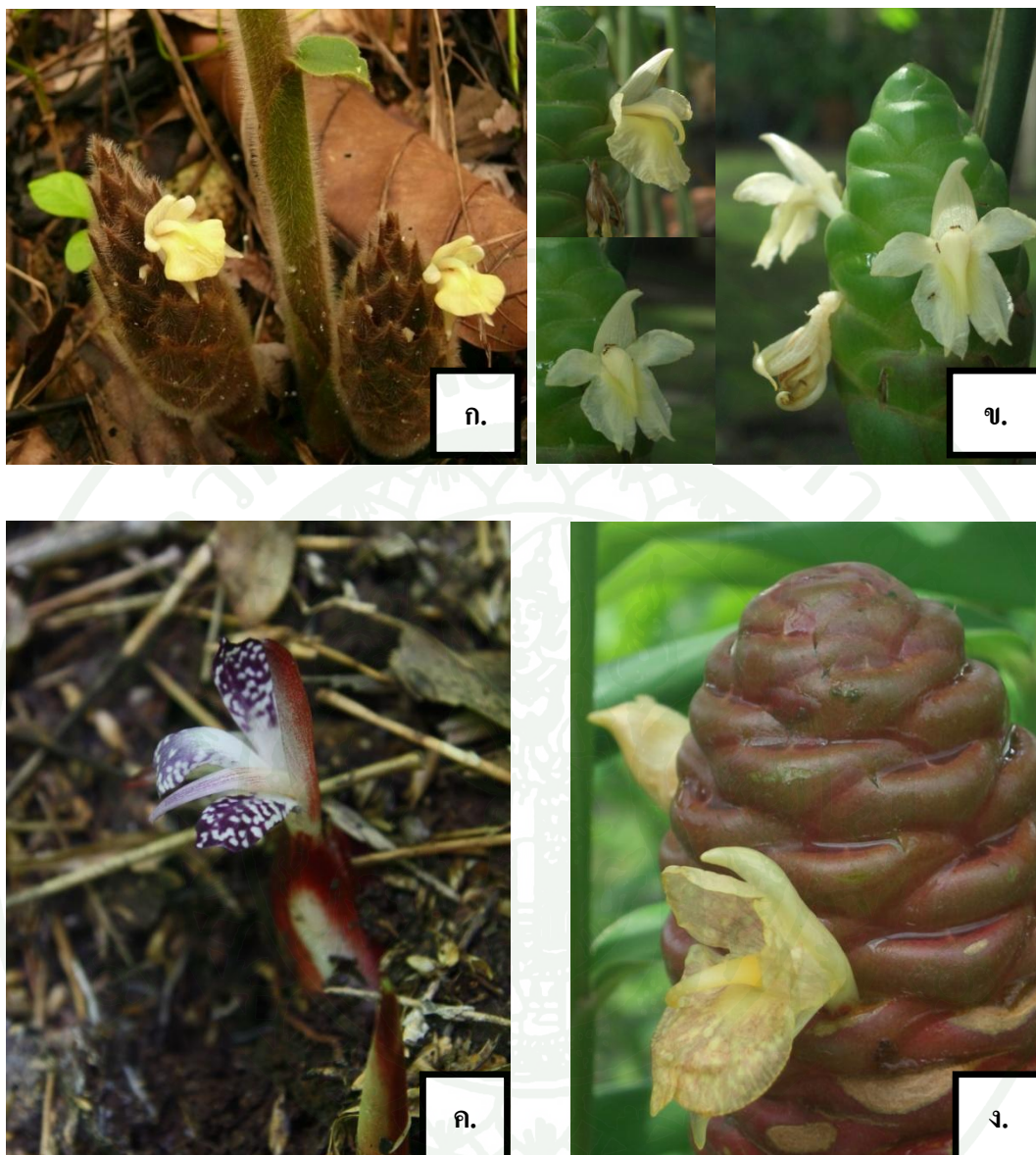
ภาพผนวกที่2 ลักษณะและสีเหง้าของพืชสกุลขิงชนิดต่างๆที่ใช้ในการศึกษา ;

ก. *Zingiber zerumbet*, ข. *Z. officinale*, ค. *Z. montanum*,

ง. *Zingiber* 'Phlai-chompoo', จ. *Z. ottensii*, ฉ. *Z. cornubracteatum*

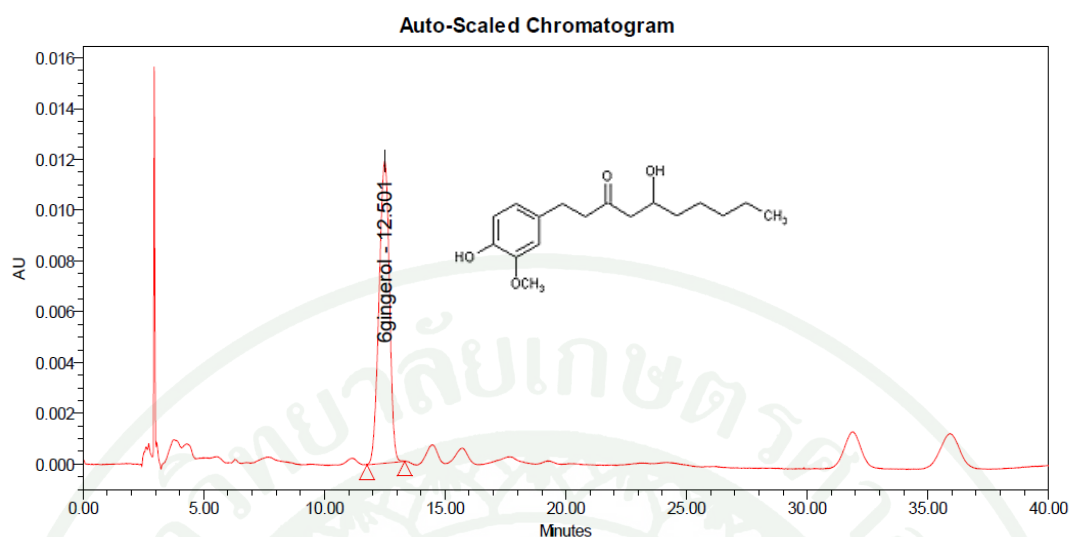


ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะของดอกและช่อดอกของพืชสกุลขิง (*Zingiber*) ชนิดต่างๆที่ศึกษาในครั้งนี้ ;
 ก. *Z. cornubracteatum*, ข. *Z. rubens*, ค. *Z. spectabile* ง. *Z. montanum*

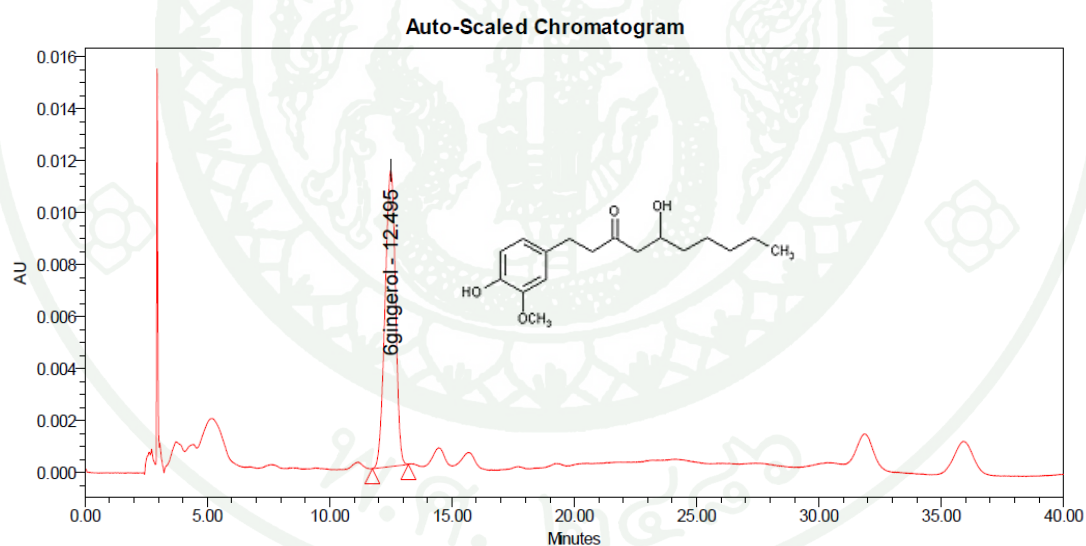


ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะของช่อดอกของพืชสกุลขิง (*Zingiber*) ชนิดต่างๆที่ศึกษาในครั้งนี้ (ต่อ) ;

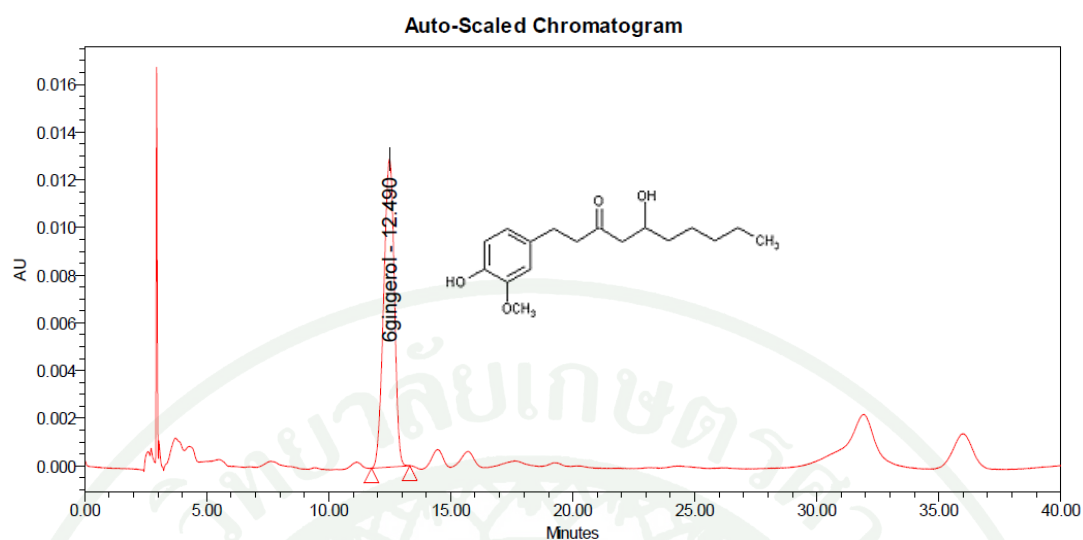
ก. *Z. barbatum* ข. *Z. zerumbet* ค. *Z. bisectum* ง. *Z. ottensii*



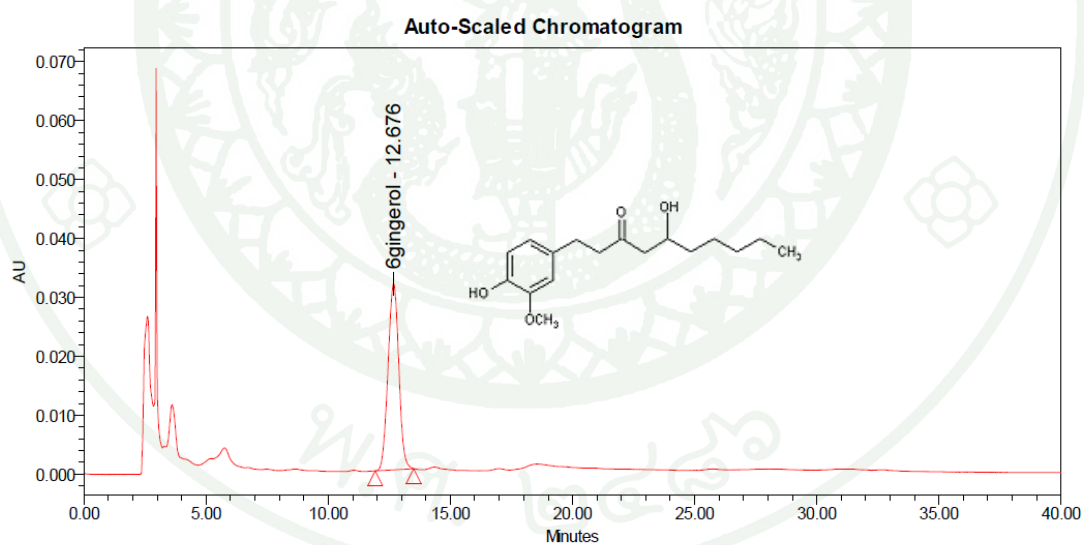
ภาพผนวกที่ 5 โครมาโตแกรมของสารสกัดของ *Zingiber officinale* พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.501 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร



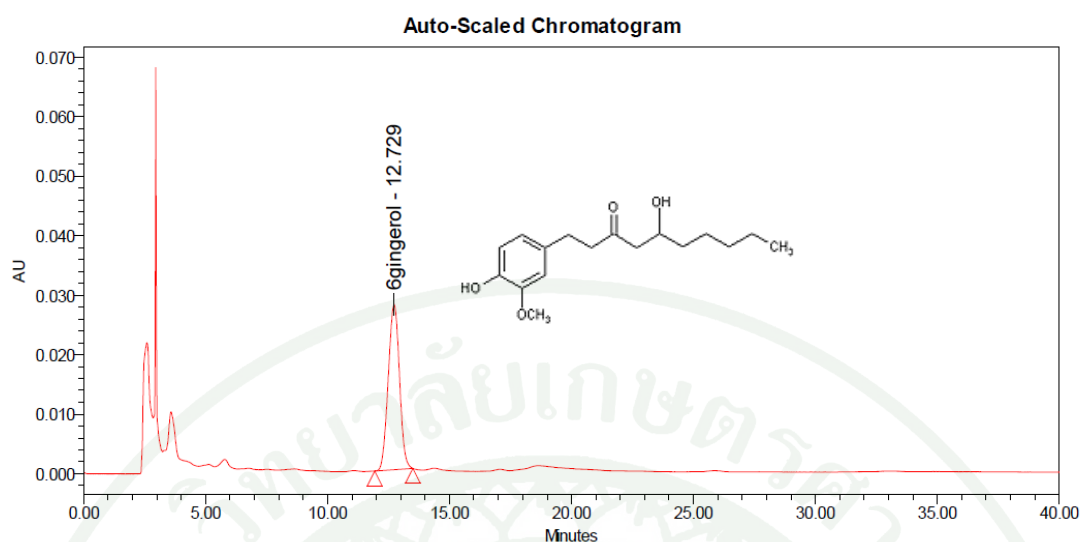
ภาพผนวกที่ 6 โครมาโตแกรมของสารสกัดของ *Zingiber officinale* พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.495 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร



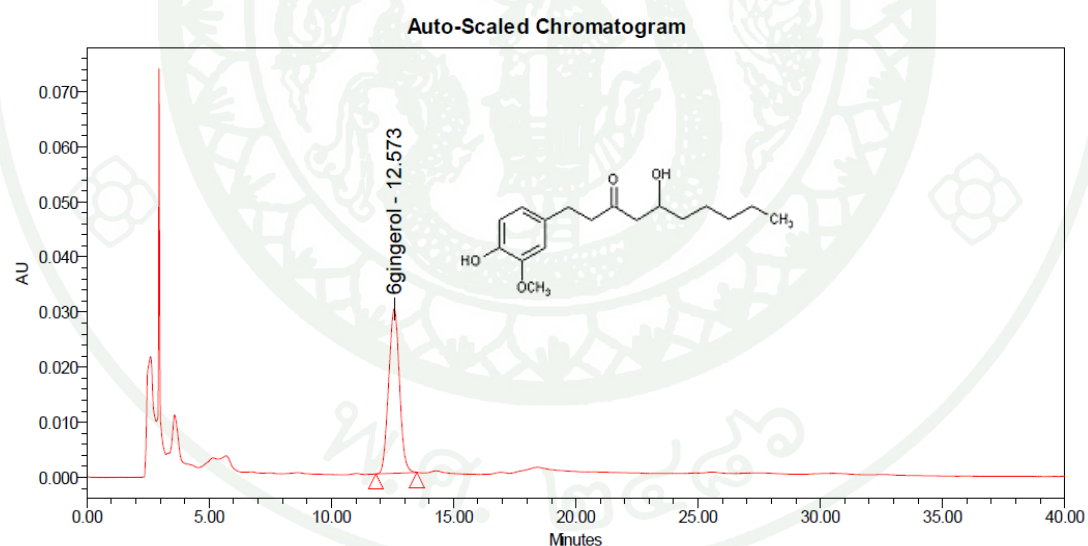
ภาพผนวกที่ 7 โครมาโตแกรมของสารสกัดของ *Zingiber officinale* พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.490 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร



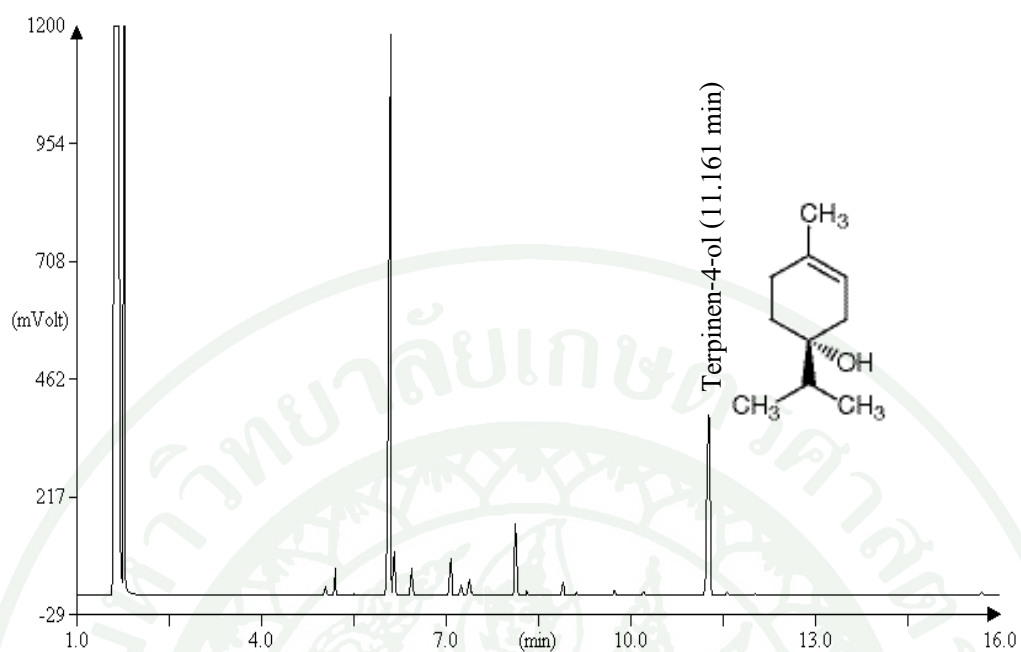
ภาพผนวกที่ 8 โครมาโตแกรมของสารสกัด *Zingiber cornubraceatum* พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.676 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร



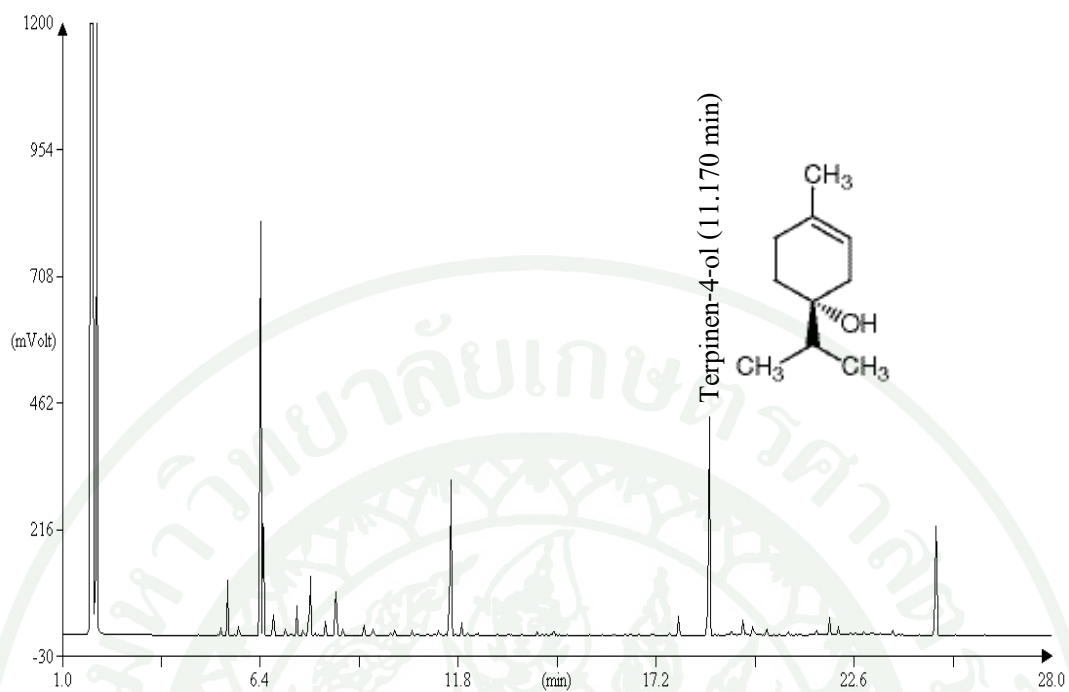
ภาพผนวกที่ 9 โครมาโตแกรมของสารสกัด *Zingiber cornubraceatum* พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.729 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร



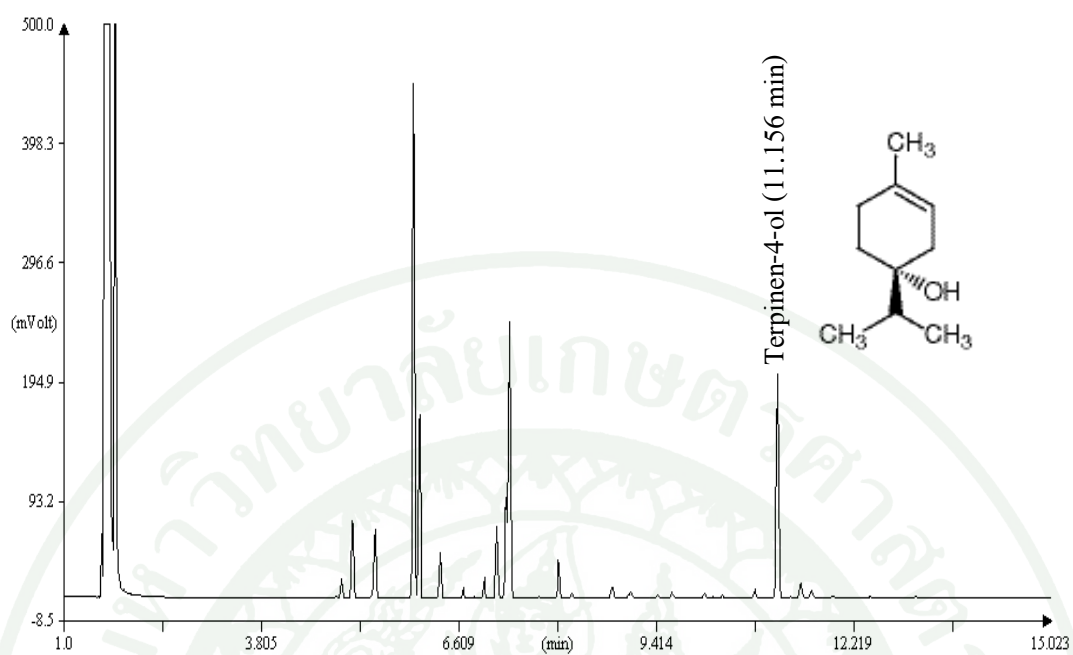
ภาพผนวกที่ 10 โครมาโตแกรมของสารสกัด *Zingiber cornubraceatum* พบสาร 6-gingerol ที่เวลา 12.573 นาที ที่ความยาวคลื่น 281 นาโนเมตร



ภาพผนวกที่ 11 โครมาโตแกรมสาร terpinen-4-ol ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำมันหอมระเหยของ *Zingiber montanum*



ภาพผนวกที่ 12 โครมาโตแกรมสาร terpinen-4-ol ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำมันหอมระเหยของ *Zingiber ottensii*



ภาพผนวกที่ 13 โครมาโตแกรมสาร terpinen-4-ol ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำมันหอมระเหยของ *Zingiber 'Phlai-chompoo'*

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล นางสาววิภาดา กันทยศ
วัน เดือน ปี ที่เกิด 1 กันยายน พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา วท.บ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ

- รางวัลชมเชยการนำเสนอภาคบรรยายงาน open house คณะเกษตร โครงการ “การประกวดผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา” ประจำปี 2552
- รางวัลดีเยี่ยมการนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 5 ณ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย วันที่ 21-22 กรกฎาคม 2554

ทุนการศึกษาที่ได้รับ ทุนสนับสนุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาเพื่อการตีพิมพ์ระดับชาติ ประจำปี 2553