

การศึกษาทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของแฉง

รำพึง โปษศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีศึกษา

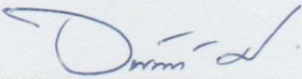
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ธันวาคม 2560

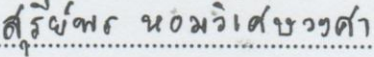
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

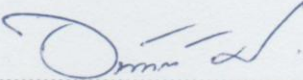
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ รำพึง โพธิ์ศรี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

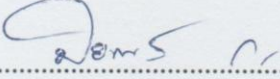
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

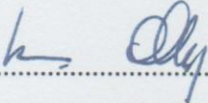

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร. อนันต์ อธิพรชัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

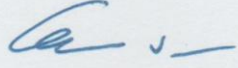

..... ประธาน
(ดร.สุริย์พร หอมวิเศษวงศา)


..... กรรมการ
(ดร.อนันต์ อธิพรชัย)


..... กรรมการ
(ดร.ปิยะพร ณ หนองคาย)


..... กรรมการ
(ดร.เบญจวรรณ ชิวปรีชา)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ เดือน พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ดร.อนันต์ อธิพรชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ชี้แนะแนวทางให้คำแนะนำและช่วยเหลือในทุกปัญหา การวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ข้าพเจ้ามีความประทับใจและซาบซึ้งเป็นอย่างมาก จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คณาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาทุกท่านที่ให้ความรู้ในเนื้อหาเคมี เพื่อให้เป็นนักวิทยาศาสตร์ และครูวิทยาศาสตร์ที่มีความรู้ในทฤษฎี และการปฏิบัติการทดลองทางเคมีเป็นอย่างดี และขอขอบคุณภาควิชาเคมีและศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี (PERCH-CIC) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่อำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์และสารเคมี เพื่อทำวิจัยในห้องปฏิบัติการ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา รวมถึงเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาเคมีศึกษาทุกคน ที่ช่วยเหลือทุก ๆ เรื่อง และขอขอบคุณโครงการส่งเสริมความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (สสวท.) ที่สนับสนุนด้านทุนการวิจัยในการครั้งนี้

รำพึง โพธิ์ศรี

57920931: สาขาวิชา: เคมีศึกษา; วท.ม. (เคมีศึกษา)

คำสำคัญ: แจง/ฤทธิ์ทางชีวภาพ/ ไรโคอัลไซเมอร์

ร่ำพึง โพธิ์ศรี : การศึกษาทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของแจง (CHEMISTRY AND BIOLOGICAL ACTIVITY STUDIES OF *Maerua siamensis*) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : อนันต์ อธิพรชัย, Ph.D. 88 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคิเนสและเอนไซม์อะซิetyl-CoS-transferase ของส่วนสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแจง จากผลการทดลอง พบว่าส่วนสกัดหยาบ ช้่นน้ำจากทุกส่วนของแจง มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด (10.01 ± 0.60 ถึง 154.15 ± 0.75 mgGAE.g⁻¹) และทุกสารสกัดหยาบของแจงมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมน้อยมาก ส่วนการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ส่วนสกัดหยาบชั้นอะซิโตนและน้ำจากเปลือก ลำต้นแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด เท่ากับ $90.88 \pm 0.75\%$ และ $87.34 \pm 0.28\%$ ตามลำดับ นอกจากนี้ทุกส่วนสกัดหยาบของแจง ยกเว้นส่วนสกัดหยาบจากรากแจงนั้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคิเนสได้ดีเทียบเท่ากับสารมาตรฐานเคอร์ซีดิน ($95.04 \pm 0.93\%$) ยิ่งไปกว่านั้น ส่วนสกัดหยาบจากใบและกิ่งแจงยังแสดงฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิetyl-CoS-transferase ได้ดีอีกด้วย

57920931: MAJOR: CHEMICAL EDUCATION; M.Sc. (CHEMICAL EDUCATION)

KEYWORDS: *Maerua siamensis* / BIOLOGICAL ACTIVITY/

ALZHEIMER'S DISEASE/

RAMPUENG PHOSRI: CHEMISTRY AND BIOLOGICAL ACTIVITY STUDIES

OF *Maerua siamensis*. ADVISORY COMMITTEE: ANAN ATHIPORNCHAI, Ph.D. 88 P.

2017.

This research was performed to evaluate the total phenolic and total flavonoid contents and antioxidant activity as well as lipoxidase and acetylcholinesterase inhibitory activities from several part extracts of *Mearua siamensis*. As the results, all water extracts showed highest total phenolic content (10.01 ± 0.60 to 154.15 ± 0.75 mgGAE.g⁻¹) while all extracts of *M. siamensis* showed low total flavonoid content. In antioxidant activity found that acetone and water extracts from stem bark of this plant showed highest DPPH free radical scavenging inhibitory activity at 2000 µg/mL with the values as $90.88 \pm 0.75\%$ and $87.34 \pm 0.28\%$, repectively. In addition, all of *M. siamensis* extracts except the root extracts showed strongest lipoxidase inhibitory activity and their also showed as active as standard quercetin ($95.04 \pm 0.93\%$). Moreover, all extracts from leaves and twigs of *M. siamensis* also showed highest acetylcholinesterase inhibitory activity.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของแฉง.....	4
2.2 อนุกรมวิธาน.....	5
2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ.....	7
2.4 การอักเสบ.....	11
2.5 เอนไซม์ลิวคอปอกซิเดส.....	11
2.6 โรคัลไซเมอร์.....	14
2.7 เอนไซม์อะซิทีล โคลีนเอสเทอเรส.....	17
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี.....	21
3.2 แผนการดำเนินการวิจัย.....	23
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	27
4.1 การสกัดสารจากแฉง.....	27

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total Phenolic content: TPC).....	30
4.3 การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (Total Flavonoid content: TPC)..	32
4.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging	35
4.5 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคิเนส (Anti-lipoxidase assay).....	52
4.6 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิล โคลีนเอสเทอเรส.....	66
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	83
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	83
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	84
บรรณานุกรม.....	85
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	88

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4-1	ร้อยละผลผลิต และลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแจง...	27
4-2	ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากส่วนดอก ผล ใบ และกิ่ง.....	31
4-3	ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากส่วนลำต้น เปลือกลำต้น และราก.....	31
4-4	ปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดหยาบจากส่วนดอก ผล ใบ และกิ่ง.....	34
4-5	ปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดหยาบจากส่วนลำต้น เปลือกลำต้น และราก.....	34
4-6	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากดอก.....	36
4-7	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ จากดอก.....	36
4-8	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากผล.....	38
4-9	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ จากผล.....	38
4-10	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากใบ.....	40
4-11	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ จากใบ.....	40
4-12	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากกิ่ง.....	42
4-13	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ จากกิ่ง.....	42
4-14	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากลำต้น.....	44
4-15	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ จากลำต้น.....	44
4-16	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากเปลือกลำต้น.....	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4-17	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ จากเปลือกลำต้น.....	46
4-18	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากราก.....	48
4-19	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ จากราก.....	48
4-20	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL.....	50
4-21	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ จากของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL.....	50
4-22	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารมาตรฐานเคอร์ซีดิน	52
4-23	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบ ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของดอก.....	54
4-24	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบ ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของดอก.....	54
4-25	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบ ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของผล.....	55
4-26	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบ ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของผล.....	55
4-27	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบ ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของใบ.....	57
4-28	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบ ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของใบ.....	57
4-29	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบ ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของกิ่ง.....	58
4-30	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบ ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของกิ่ง.....	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-31 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของลำต้น.....	60
4-32 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของลำต้น.....	60
4-33 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของเปลือกลำต้น.....	61
4-34 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของเปลือกลำต้น.....	61
4-35 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของราก.....	63
4-36 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของราก.....	63
4-37 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ส่วนดอก ผล ใบ และกิ่งของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL.....	64
4-38 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ส่วนลำต้น เปลือกลำต้น และรากของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL.....	65
4-39 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิล โคลีนเอสเทอเรสของ สารมาตรฐานกาแลนทามีน.....	67
4-40 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิล โคลีนเอสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของดอก.....	68
4-41 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิล โคลีนเอสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของดอก.....	68
4-42 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิล โคลีนเอสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของผล.....	70
4-43 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิล โคลีนเอสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของผล.....	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4-44	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของใบ.....	71
4-45	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของใบ.....	71
4-46	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของกิ่ง.....	73
4-47	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของกิ่ง.....	73
4-48	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของลำต้น.....	74
4-49	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของลำต้น.....	74
4-50	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของเปลือกลำต้น	76
4-51	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของเปลือกลำต้น.....	76
4-52	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของราก.....	78
4-53	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของราก.....	78
4-54	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบจากส่วนดอก ผล ใบ และกิ่งของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL.....	79
4-55	ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบจากส่วนลำต้น เปลือกลำต้น และรากของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL	80

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2-1	ลักษณะพฤกษศาสตร์ของแจง.....	5
2-2	โครงสร้างทางเคมีของฟลาโวนอยด์.....	10
2-3	ขั้นตอนการสังเคราะห์สารที่ก่อให้เกิดภาวะการอักเสบ.....	11
2-4	การทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase ในการสังเคราะห์ HPETEs ที่มีหมู่ -OOH (Peroxide) ที่คาร์บอนตำแหน่ง 5, 11, 12 และ 15 ของ arachidonic acid ในเซลล์ชนิดต่าง ๆ.....	12
2-5	การสังเคราะห์ leukotriene ชนิดต่าง ๆ โดยเอนไซม์ lipoxygenase	13
2-6	สูตรโครงสร้างของอะซีทิล โคลีน.....	17
2-7	กระบวนการทำงานและหมุนเวียนของอะซีทิล โคลีน.....	18
3-1	แผนผังการดำเนินการวิจัย.....	23
4-1	กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก (Gallic acid).....	30
4-2	ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแจง.....	32
4-3	กราฟมาตรฐานของสารละลายเคอร์ซีติน (Quercetin).....	33
4-4	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐานกรดแกลลิก เคอร์ซีตินและวิตามินซี...	35
4-5	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากดอก.....	37
4-6	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากผล.....	39
4-7	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากใบ.....	41
4-8	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากกิ่ง.....	43
4-9	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากลำต้น.....	45
4-10	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากเปลือกลำต้น.....	47
4-11	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากราก.....	49
4-12	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบแจง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL.....	51
4-13	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารมาตรฐานเคอร์ซีติน.....	53
4-14	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนดอก.....	54
4-15	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนผล.....	56
4-16	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนใบ.....	57
4-17	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนกิ่ง.....	59
4-18	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนลำต้น.....	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-19	62
4-20	63
4-21	65
4-22	67
4-23	69
4-24	70
4-25	72
4-26	73
4-27	75
4-28	77
4-29	78
4-30	81

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติอันอุดมสมบูรณ์ มีพืชต่าง ๆ ที่ใช้เป็นสมุนไพร มากมายนับหมื่นชนิด ซึ่งพืชสมุนไพรที่เป็นผลผลิตจากธรรมชาติเหล่านั้นได้นำมาใช้ประโยชน์ เพื่อการรักษาโรคภัยไข้เจ็บมาเป็นเวลาช้านาน แต่หลังจากมีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์มากขึ้นจึงได้มีการสังเคราะห์และผลิตยาจากสารเคมีในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้ง่ายและสะดวกในการใช้รักษาผู้ป่วย มากกว่าการใช้สมุนไพร จึงทำให้มีความนิยมใช้ยาสมุนไพรลดลงเป็นอันมาก แต่ในปัจจุบันทั่วโลก ให้การยอมรับว่าสารสกัดจากสมุนไพรต่าง ๆ ให้ประโยชน์และปลอดภัยกว่ายาที่ได้จากการสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้พืชสมุนไพรกลับมามีความสำคัญอีกครั้ง โดยเฉพาะพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจะได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากอนุมูลอิสระนั้นสามารถทำลายชีวโมเลกุลทุกประเภท ทั้งในเซลล์และส่วนประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นสาเหตุให้เซลล์ตาย การเกิดการกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอในเซลล์และก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคความจำเสื่อม (Alzheimer's disease) โรคไขข้ออักเสบ (arthritis) และโรคมะเร็ง (cancer) หรือแม้กระทั่งทำให้แก่ก่อนวัยอันควร (aging) เป็นต้น (วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ในปัจจุบันนี้จึงมีผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรออกมาวางจำหน่ายตามท้องตลาดมากมายเพื่อตอบสนองต่อผู้บริโภคไม่ว่าจะเป็นรูปแบบของสารสกัดหยาดต่าง ๆ ที่ขายในรูปของอาหารเสริมหรือแม้กระทั่งทำเป็นรูปแบบน้ำสกัดเข้มข้นก็ตาม แต่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้อาจจะไม่มีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ยืนยันแน่นอนว่าปลอดภัยต่อสุขภาพมากนักเพียงใด ดังนั้นการศึกษาสารสกัดที่ได้จากพืชสมุนไพรจึงได้รับความสนใจมากยิ่งขึ้นเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยในประเทศไทยมีพันธุ์ไม้วงศ์หนึ่งที่คนท้องถิ่นทั่วไปของไทยนิยมนำยอดอ่อนมารับประทานร่วมกับน้ำพริก นั่นก็คือพืชวงศ์กุ่ม (Capparidaceae) ซึ่งเป็นพืชดอก ประกอบด้วย 33 สกุล สกุลที่พบมาก เช่น *Boscia*, *Cadaba*, *Capparis* และ *Maerua* เป็นต้น โดยพืชวงศ์กุ่มสกุล *Maerua* ของไทยนั้นพบเพียงชนิดเดียวคือ แจง มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Maerua siamensis* และแจงมีรายงานสรรพคุณทางยาอย่างมากมายในตำราแพทย์แผนโบราณ เช่น ใช้ในการแก้อาการปวดฟัน รักษาอาการตาฝ้าฟาง ไข้จับสั่น และนำมาทำเป็นลูกประคบเพื่อรักษาอาการปวดเมื่อย แก้อัมพฤกษ์และอัมพาตได้อีกด้วย (สำนักงานหอพรรณไม้, 2557)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะฤทธิ์การยับยั้งภาวะการเกิดโรคอัลไซเมอร์จากส่วนต่าง ๆ ของแฉง (*Maerua siamensis*) โดยวิธีการเตรียมสารสกัดหยาบด้วยการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปพัฒนาพืชสมุนไพรของไทยที่พบมากตามท้องถิ่นต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง (*Maerua siamensis*) ได้แก่ ดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก
2. ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนส และฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากส่วนต่าง ๆ ของแฉง ได้แก่ ดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก
3. ศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม กับฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนส และฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากส่วนต่าง ๆ ของแฉง ได้แก่ ดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง ได้แก่ ดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก โดยใช้วิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ
2. วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric และสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium trichloride ($AlCl_3$) colorimetric ของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากส่วนต่าง ๆ ของแฉง ได้แก่ ดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก

3. ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวโปติน และฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติก โคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากส่วน ต่าง ๆ ของแฉง ได้แก่ ดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ทราบถึงข้อมูลทางเคมีและทางชีวภาพพื้นฐานของพืชสมุนไพรไทยในวงศ์กุ่ม คือแฉง (*Maerua siamensis*) เพื่อนำไปสู่การยกระดับและพัฒนาพืชสมุนไพรของไทยให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งเพื่อนำไปสู่การค้นพบยาชนิดใหม่ ที่ช่วยในการรักษาป้องกันและลดปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อสุขภาพและภาวะทุพโภชนาการที่นำไปสู่การเจ็บป่วยเรื้อรังได้อีกด้วย

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. พืชสมุนไพร (medicinal plant) หมายถึง พืชที่สามารถนำมาใช้ทำเป็นยาบำบัดรักษาโรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับมนุษย์ได้
2. ฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activity) คือการวัดความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพ หรือสมบัติทางชีวภาพของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ หรือฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดโรคบางชนิด เป็นต้น
3. สารสกัดหยาบ (crude extract) คือสารสกัดเบื้องต้นจากพืชสมุนไพรที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำให้สารบริสุทธิ์ โดยมีวิธีการสกัดไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน

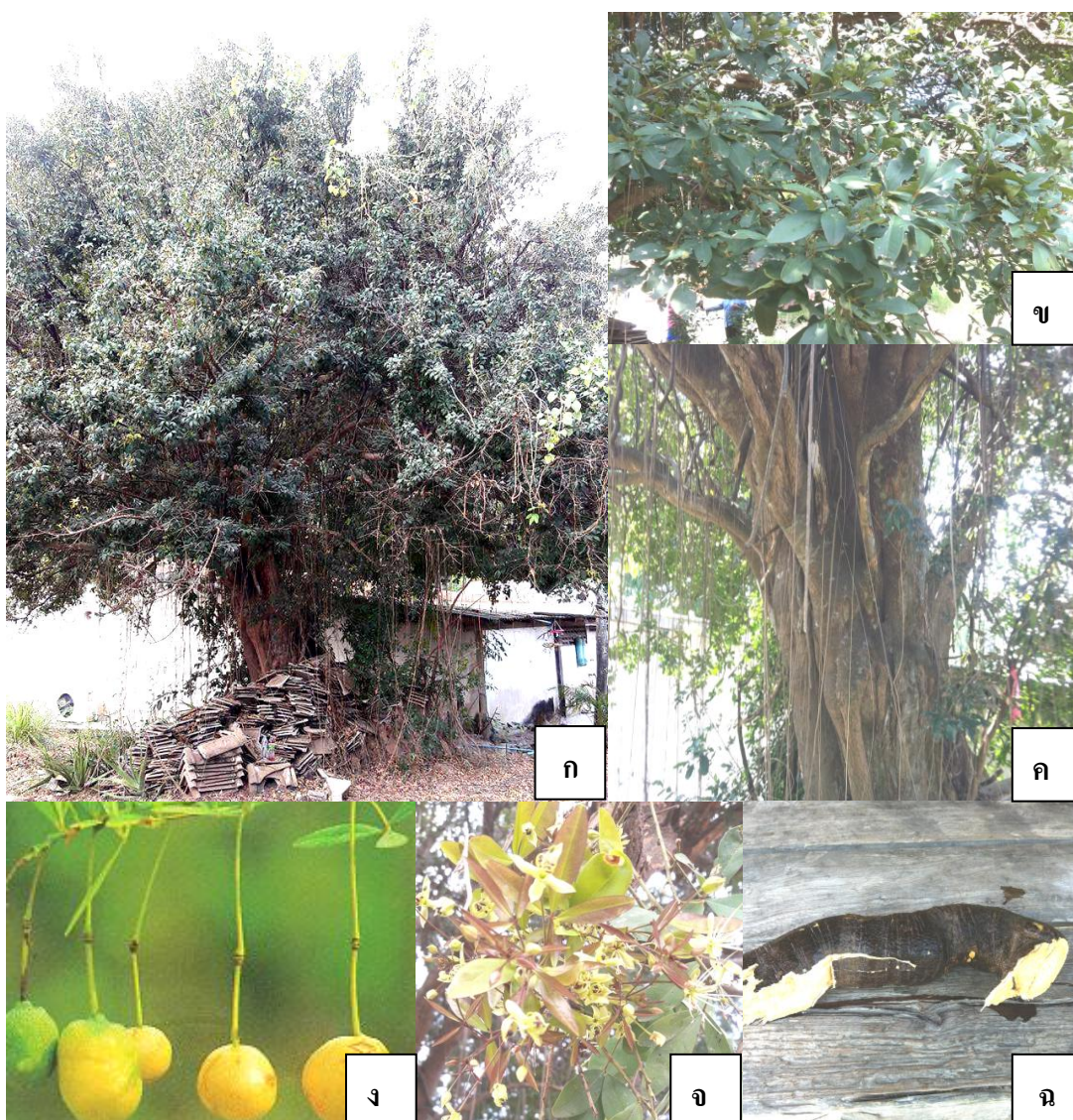
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของแจง (*Maerua siamensis*)

แจง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Maerua siamensis* (Kurz) Pax จัดเป็นพืชวงศ์กุ่ม (Capparaceae) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 3-10 เมตร ลำต้นเกลี้ยง เปลือกสีเทาดำ แตกกิ่งแขนง ใบประกอบแบบนิ้วมือ ออกสลับกัน มีใบย่อย 3-5 ก้าน ดอกเป็นดอกช่อแบบกระจุกหรือดอกเดี่ยว จะเกิดตามกิ่งและปลายกิ่ง ช่อสั้น ๆ ดอกมีกลีบเลี้ยง แต่ไม่มีกลีบดอก ผลออกเดือนมีนาคม - พฤษภาคมทุกปี เป็นผลสดรูปรี หรือทรงกลมเท่าหัวแม่มือ บิดเบี้ยวเล็กน้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร เมื่อผลสุกจะมีสีเหลืองเข้ม ภายในผลจะมีเมล็ดประมาณ 2-3 เมล็ด มีเขตการกระจายพันธุ์ในประเทศไทย กัมพูชา และเวียดนาม ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ดหรือวิธีการตอนกิ่ง สามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด พบขึ้นได้ในป่าละเมาะ ป่าดิบแล้ง ป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรังแล้ง ป่าโปร่งแห่งเขาหินปูน ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 0-400 เมตร โดยจะพบได้มากทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สรรพคุณตามตำราแพทย์แผนไทยของแจง พบว่า นำรากใช้ต้มกับน้ำดื่มเป็นยาบำรุงกำลัง บำรุงร่างกาย เป็นยาแก้กระษัย แก้ปวดเมื่อย โลหิตจาง ลำต้นใช้ต้มกับน้ำดื่มเป็นยาบำรุงธาตุในร่างกาย แก้อาการปวดหลัง ใบเจนนำมาใช้ทำเป็นลูกประคบสำหรับสตรีที่คลอดบุตร เพื่อช่วยลดความปวดเมื่อย แก้อัมพฤกษ์อัมพาต แก้อาการฟกช้ำ ใบและยอดนำมาตำหรือโขลกให้ละเอียดนำมาใช้สีฟัน ซึ่งจะช่วยให้ฟันแข็งแรง ลดกลิ่นภายในช่องปาก และฟันขาวสะอาด เปลือกลำต้น ราก และใบเจง นำมาต้มกับน้ำดื่มเป็นยาแก้ดีซ่าน ไข้ยอดและใบเจง เป็นยาแก้ไข้ และส่วนลำต้นของแจงใช้เป็นยาแก้ไข้มาลาเรีย แก้ไข้จับสั่น ช่วยแก้ดีพิการ (สำนักงานหอพรรณไม้, 2557)



ภาพที่ 2-1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแฉง (ก) ต้นแฉง (ข) ใบ (ค) ลำต้น (ง) ผล (จ) ดอก (ฉ) ราก
(<http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/53/group04/udom/udom.html>)

2.2 อนุมูลอิสระ (Free radical)

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลของสารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว เนื่องจากการสูญเสียอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว หรือมีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวเพิ่มขึ้น อาจเป็นประจุลบ ประจุบวก หรือเป็นกลางก็ได้ ปกติโมเลกุลจะสมดุลเมื่ออิเล็กตรอนอยู่เป็นคู่ แต่มีบางครั้งที่มีโมเลกุลบางชนิดสูญเสียอิเล็กตรอนไปหนึ่ง ทำให้อิเล็กตรอนขาดคู่ จึงไปดึงเอาอิเล็กตรอนจากอะตอม หรือโมเลกุลอื่นมาเข้าคู่เพื่อทำให้อะตอมหรือโมเลกุลนั้นเสถียรมากขึ้น ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลนั้นขาดอิเล็กตรอน จึงกลายเป็นอนุมูลอิสระขึ้นมาแล้วไปดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นที่อยู่ใกล้ซัดกันทำให้

เกิดปฏิกิริยาถูกโอโซนอนุมูลอิสระมีอายุสั้นมากประมาณ 10^{-3} หรือ 10^{-10} วินาที จึงจัดว่าเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาและไม่เฉพาะเจาะจง ปฏิกิริยาเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้กับทุกโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ เช่น ดีเอ็นเอ ไขมัน และโปรตีน ความเสียหายจะเกิดขึ้นได้กับโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบย่อยของเซลล์ เมื่อเกิดขึ้นจะทำให้เซลล์เสียหายและสูญเสียหน้าที่ไป ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงเคมีหรือเชิงกายภาพของเซลล์ ในที่สุดก็เกิดเป็นโรคที่เกิดจากความเสื่อมสภาพของร่างกาย (degenerative disease) อนุมูลอิสระในร่างกายของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. อนุมูลอิสระที่เกิดในร่างกายของเราเอง เป็นผลจากในร่างกายของเรามีกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) เกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเซลล์ในร่างกาย ต้องดำเนินการตามปกติ ตัวอย่างเช่น ในกระบวนการหายใจจะเกิดออกซิเจนที่มีประจุลบ ซึ่งก็คืออนุมูลอิสระ สารตัวนี้สามารถรวมตัวกับไขมัน LDL (Low Density Lipoproteins) ได้ดี และยังสามารถรวมตัวกับสารบางชนิดในร่างกายก่อให้เกิดสารพิษที่ทำลายเนื้อเยื่อ หรืออาจไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอ ทำให้เซลล์ปกติเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์มะเร็ง เป็นต้น นอกจากนี้การทำงานของเอนไซม์มีผลต่อการกระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระภายในร่างกาย (Halliwell et al., 1995 อ้างถึงในเจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม, 2554) เช่น เอนไซม์ลิพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ทำหน้าที่เร่งการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid) โมเลกุลของเอนไซม์นี้มีเหล็ก (Fe^{2+}) เป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่ดึงอะตอมไฮโดรเจนจาก กรดไขมัน และเติมออกซิเจนให้กรดไขมันเกิดเป็น Hydroperoxide ซึ่งจะสลายตัวเป็นอนุมูลของกรดไขมันต่อไปได้

2. อนุมูลอิสระที่มาจากนอกร่างกาย ซึ่งเกิดได้หลายปัจจัยด้วยกัน คือ จากการได้รับเชื้อโรค เช่น การติดเชื้อไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (autoimmune diseases) เช่น ข้ออักเสบรูมาตอยด์ จากรังสี เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา จากมลภาวะ เช่น ควันบุหรี่ แก๊สจากท่อไอเสียรถยนต์ เช่น ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่นจากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง หรือการนำน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูง ๆ กลับมาใช้อีก เป็นต้น (นวลศรี รักอริยธรรม และอัญญาเจนวิถีสุข, 2546)

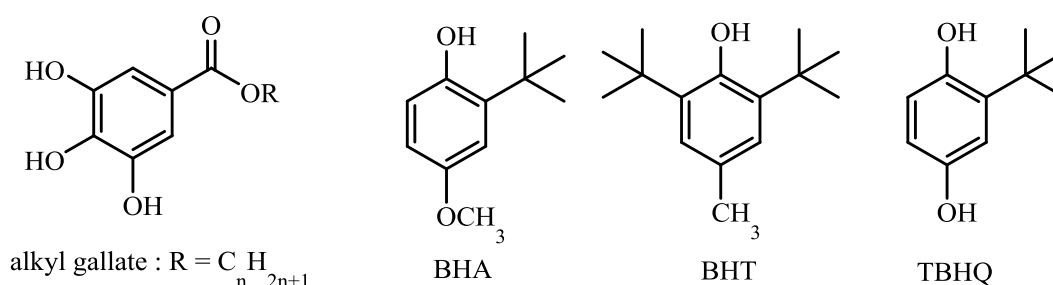
อนุมูลอิสระที่มีมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และหน่วยสารพันธุกรรม หรือดีเอ็นเอ ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลายชนิด เช่น โรคอัลไซเมอร์ โรคไขข้ออักเสบ ความเสื่อมของร่างกาย และรวมถึงเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพเซลล์ที่ทำให้เกิดมะเร็งบางชนิด เป็นต้น โดยอนุมูลอิสระจะถูกสร้างขึ้นมาจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกายเองในสภาวะที่ผิดปกติ เช่น ภาวะของโรค หรือภาวะที่ร่างกายได้รับมลภาวะแวดล้อม

จะส่งผลให้ร่างกายสะสมอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอนุมูลอิสระจะว่องไวมากและทำให้เกิดความเสื่อมสภาพของเซลล์ในร่างกาย ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องมีระบบป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระทำลายได้ และสิ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นมาปกป้องตนเองเพื่อไม่ให้อนุมูลอิสระทำลายได้ เรียกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) (อนันต์ สกฤตภูมิ, 2551)

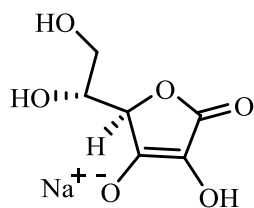
2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระคือ สารที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย ทำให้เกิดการทำลายเซลล์หรือเกิดการเปลี่ยนเซลล์ปกติเป็นเซลล์มะเร็ง ซึ่งสารอาหาร เช่น เบต้าแคโรทีน วิตามินซี และซีลีเนียม เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยลดความเป็นพิษของสารพิษที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวและช่วยลดการทำลายเซลล์โดยอนุมูลอิสระ จึงช่วยชะลอความทรุดโทรมของร่างกายและป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนเซลล์ปกติไปเป็นเซลล์มะเร็ง (อนันต์ สกฤตภูมิ, 2551) โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

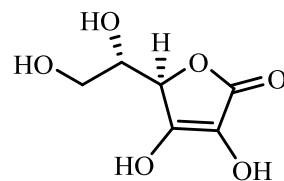
1. Primary antioxidant สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic substance) ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และรวมกระทั่งสารโทโคฟีรอลธรรมชาติและสังเคราะห์ (natural and synthetic tocopherol), alkyl gallate, butylated hydroxynisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), tertiary butyl hydro quinine (TBHQ) และสารอื่น ๆ ซึ่งสารในกลุ่มดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน



2. Oxygen scavenger สารกลุ่มนี้ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก หรือวิตามินซี, ascorbylerythorbic acid (isoascorbic acid) และ sodium erythorbate เป็นต้น ซึ่งสารในกลุ่มนี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิดได้

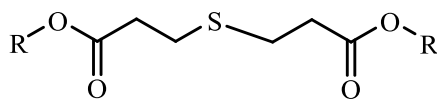


sodium erythorbate

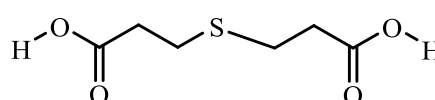


ascorbylerythorbic acid

3. Secondary antioxidant สารในกลุ่มนี้ได้แก่ dilauryl thiodipropionate และ thiopropionic acid ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร



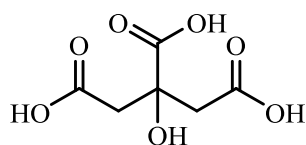
dilauryl thiodipropionate



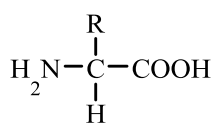
thiodipropionic acid

4. Enzymic antioxidant สารในกลุ่มนี้ได้แก่ เอนไซม์ต่าง ๆ ซึ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ ancillary antioxidant enzyme ซึ่งสารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของออกซิเจน โดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

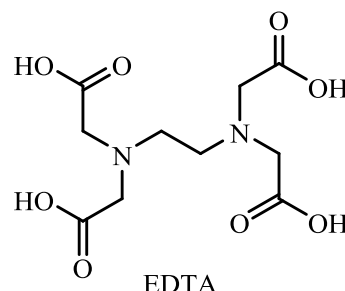
5. Chelating agent หรือ sequestrant สารในกลุ่มนี้ได้แก่ citric acid, amino acid, ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) เป็นต้น ซึ่งสารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่ไปจับกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็ก และทองแดง ซึ่งไอออนเหล่านี้เป็นไอออนที่ส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร (อัญชนา เจนวิถีสุข, 2544)



citric acid



amino acid



EDTA

2.3.1 สารประกอบฟีนอลิก

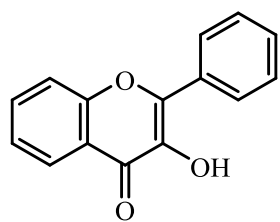
สารประกอบฟีนอลิก เป็นไฟโตนิวเทรียนท์ที่พบได้ทั่วไปในพืชตระกูลถั่ว พืชที่ให้ผัก ผลไม้ และธัญพืช นอกจากนี้ยังพบในไวน์ เบียร์ ชา และโกโก้ เป็นต้น จัดเป็นสารประกอบฟีนอลิก

โครงสร้างประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติกจับกับหมู่ไฮดรอกซิลตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป จำแนกได้ตามจำนวนของวงแหวนฟีนอลและธาตุที่มาจับกับวงแหวนนั้น ๆ เช่น กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ สตีลบิน และลิกแนน

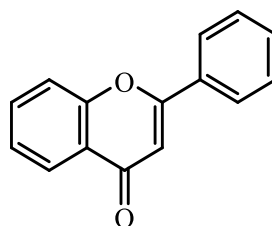
สารประกอบฟีนอลิก มีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตชาและโกโก้ ซึ่งพบว่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกในขั้นตอนการหมักวัตถุดิบและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติและสีที่จำเพาะและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังมีบทบาทต่อการใช้เป็นสีผสมอาหารและสารกันหืนอีกด้วย และสารประกอบฟีนอลิก ยังสามารถใช้รักษาโรคได้หลายชนิด อาทิ โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคอ้วน เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคดังกล่าว สารประกอบฟีนอลิกยังช่วยป้องกันฟันผุ และต้านเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้อีกด้วย

2.3.2 สารประกอบฟลาโวนอยด์

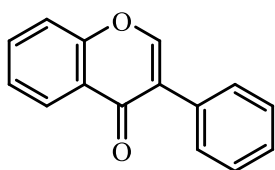
ฟลาโวนอยด์มีสรรพคุณหลายด้าน เช่น ฤทธิ์ต้านมะเร็ง โรคหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต ป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน และโรคสมองเสื่อมทั้งความจำและการเคลื่อนไหว ฟลาโวนอยด์จัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีความสำคัญมากที่สุด (ฉันทนา อารมณดี, 2013) สามารถแบ่งย่อย ๆ ได้อีกหลายชนิดตามลักษณะโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก 2 วง จับกับวงแหวนอีกวงที่มีคาร์บอน 3 อะตอมอยู่ในโมเลกุลของวงแหวนนั้น ๆ ได้แก่ ฟลาโวนอล ฟลาโวน ไอโซฟลาโวน ฟลาโวนอน แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอล (ภาพที่ 2-2) ซึ่งบางชนิดมีความจำเพาะต่อแหล่งของอาหาร (มณชัย เศษสังกรานนท์, 2013)



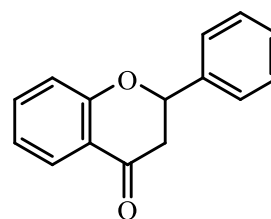
Flavonols



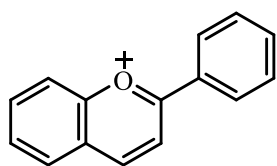
Flavones



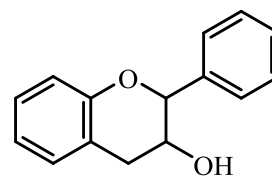
Isoflavones



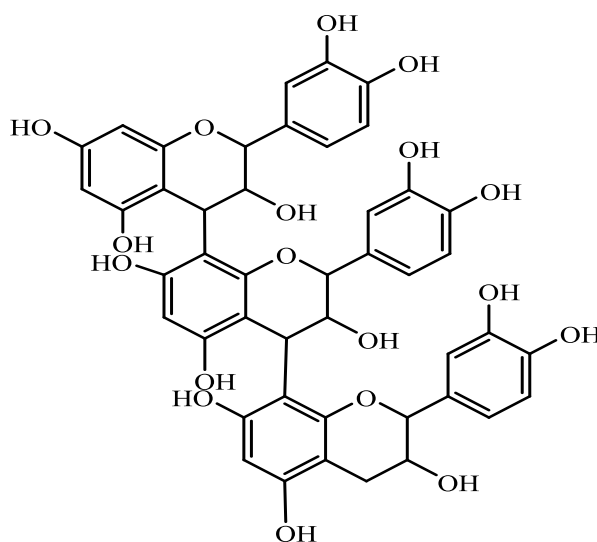
Flavanones



Anthocyanidins



Flavanols



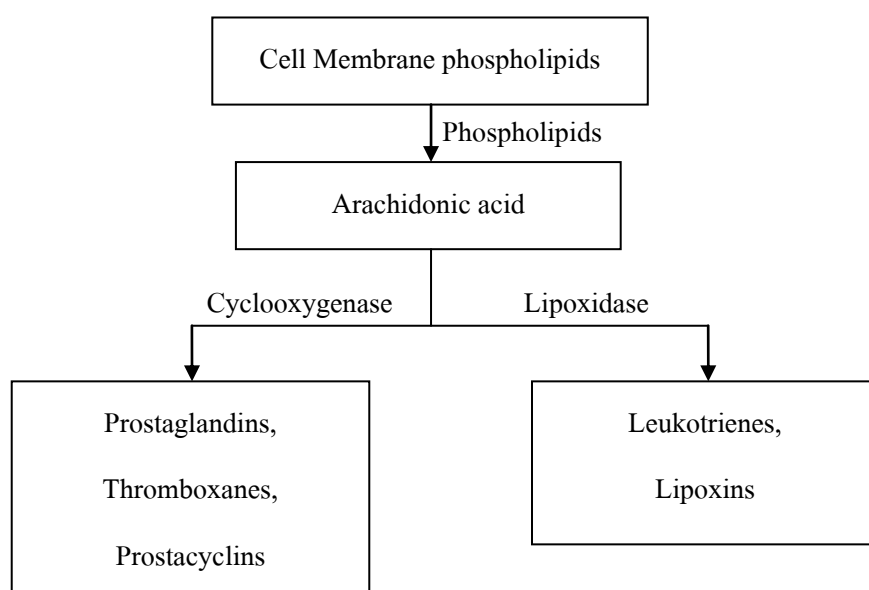
Trimeric procyanidin

ภาพที่ 2-2 โครงสร้างทางเคมีของฟลาโวนอยด์

(Manach et al., 2004 อ้างถึงใน มนชัย เดชสังกรานนท์, 2556)

2.4 การอักเสบ (Inflammation)

การอักเสบเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อของร่างกายได้รับอันตราย ลักษณะที่เด่นคือทำให้มีการคลายตัวของกล้ามเนื้อหลอดเลือดฝอย มีการรั่วไหลของสารประกอบบางอย่างของเลือดออกสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ และมีการเคลื่อนย้ายของเม็ดเลือดขาวไปสู่ที่ ๆ มีการอักเสบ ทำให้เกิดอาการผื่นแดง ปวด บวม (โพยม วงศ์ภูวรักษ์ และพยงค์ เทพอักษร, 2544) ซึ่งกระบวนการผลิตสารที่ก่อให้เกิดภาวะการอักเสบแสดง ดังภาพที่ 2-3



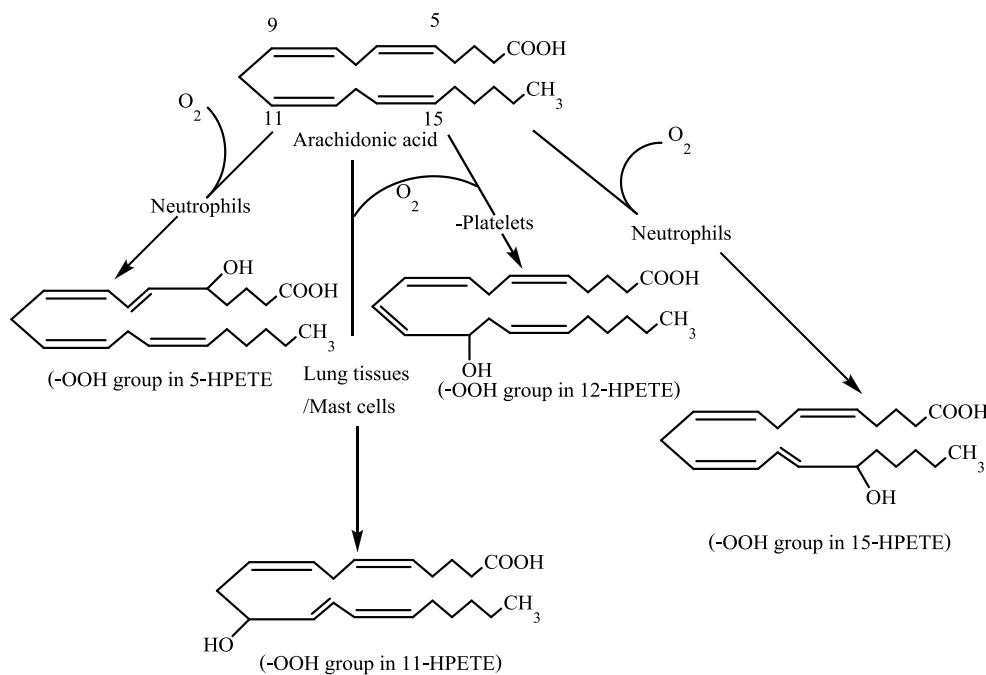
ภาพที่ 2-3 ขั้นตอนการสังเคราะห์สารที่ก่อให้เกิดภาวะการอักเสบ

2.5 เอนไซม์ลิวอกซิเดส (anti-lipoxygenase assay)

เอนไซม์ลิวอกซิเดสเป็นอีกชื่อหนึ่งของเอนไซม์ลิวอกซิจีเนส (lipoxygenase) มีพบทั่วไปในพืชหลายชนิด โดยเฉพาะถั่วเหลือง นอกจากจะพบเอนไซม์ลิวอกซิเดสในพืชแล้วยังพบในสัตว์ แต่มีจำเพาะเจาะจงต่างกับลิวอกซิเดสในพืช เช่น ปฏิกริยาออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อเยื่อสัตว์ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบทั้งโดยตรงและโดยอ้อม คือ เกิดการย่อยสลายกรดไขมันที่จำเป็น เช่น กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดอะราชิโดนิก รวมถึงทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2543) นอกจากนี้เอนไซม์ลิวอกซิเดสยังเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ (inflammatory) จากกรดไขมัน (fatty acid) โดยเอนไซม์ลิวอกซิเดสจะเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันกับ

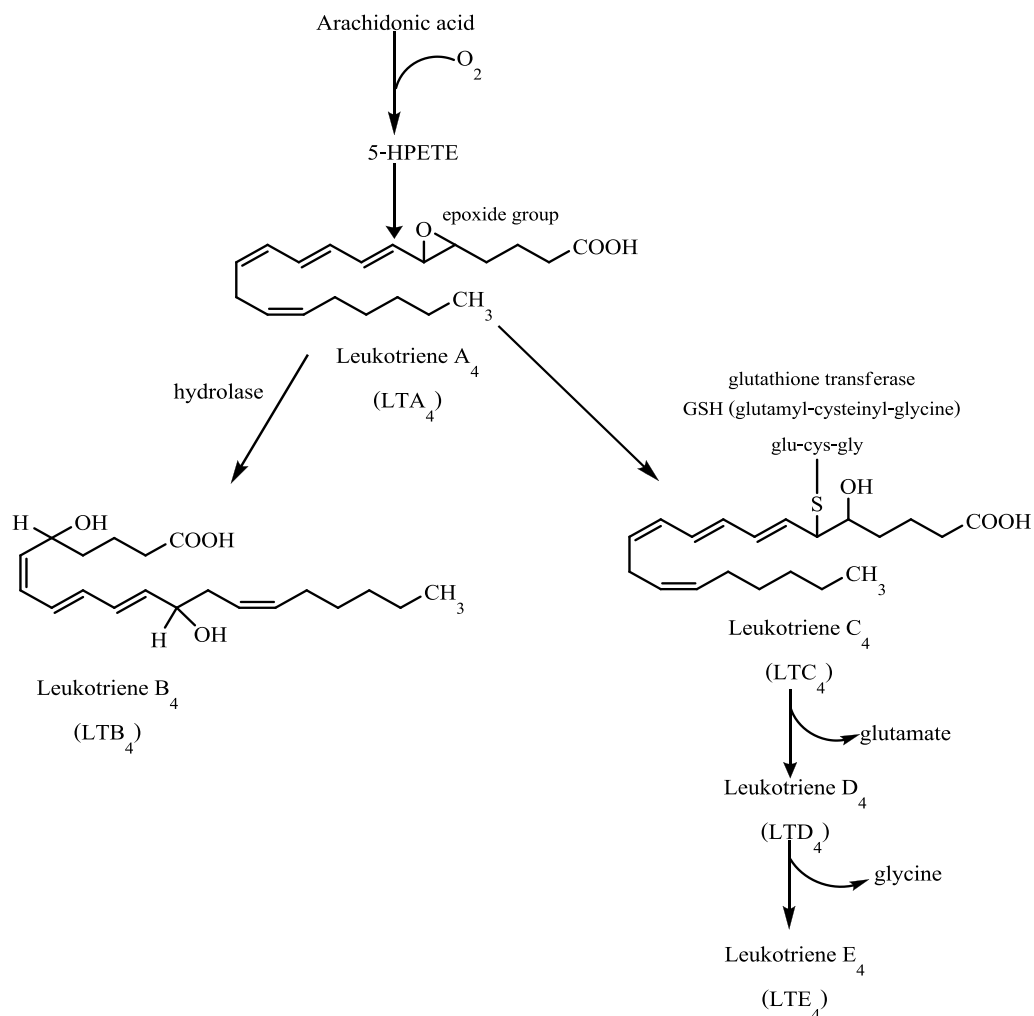
กรดไขมันทำให้เกิดสารในกลุ่ม Eicosanoids เช่น leukotrienes และ lipoxins ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดการอักเสบ

กลไกการทำงานของเอนไซม์ lipoxigenase คือ การสร้าง leukotrienes (LT) จะเริ่มจาก arachidonic acid เข้าไปทำปฏิกิริยากับ เอนไซม์ lipoxygenase โดยใช้ O_2 เป็น cosubstrate ได้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ กันขึ้นกับชนิดของเนื้อเยื่อ เช่น เกล็ดเลือด จะได้ 12-hydroperoxy-5, 8, 11, 14-eicosatetraenoic acid (12-HPETE) ซึ่งไม่เสถียรจะถูกกำจัดโดยเอนไซม์ selenium-dependent glutathione peroxidase (Se-GPx) ไปเป็น 12-hydroxy-5, 8, 11, 14-eicosatetraenoic acid (12-HETE) ส่วนในเนื้อเยื่ออื่นจะถูกกำจัดเป็น 5-HETE และ 15-HETE ซึ่งพบใน neutrophil, 11-HETE พบใน mast cells และเนื้อเยื่อปอด (รูปที่ 2-4) ซึ่ง HPETEs เหล่านี้เป็น endoperoxide ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่า antioxidants อาจจะช่วยรักษาระดับ peroxide tone ของเซลล์ด้วย



ภาพที่ 2-4 การทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase ในการสังเคราะห์ HPETEs ที่มีหมู่ -OOH (Peroxide) ที่คาร์บอนตำแหน่ง 5, 11, 12 และ 15 ของ arachidonic acid ในเซลล์ชนิดต่าง ๆ

HPETE จัดเป็น endoperoxide ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ leukotrienes ทั้งหมด โครงสร้างของ leukotrienes จะต่างจาก prostanoid คือไม่มีวงแหวน cyclopentane แต่จะมี โครงสร้าง conjugated triene แทนที่ (เป็นพันธะที่มี 3 พันธะคู่ ซึ่งสลับด้วยพันธะเดี่ยว)



ภาพที่ 2-5 การสังเคราะห์ leukotriene ชนิดต่าง ๆ โดยเอนไซม์ lipoxygenase

จากภาพที่ 2-5 จะเห็นว่า 5-HPETE เปลี่ยนเป็น LTA_4 โดยเอนไซม์ lipoxygenase ซึ่ง LTA_4 เป็นสารที่ไม่เสถียรจะถูกสลายไปเป็น LTB_4 สำหรับ LTB_4 นี้จัดเป็น chemotactic agent ที่แรงมาก จึงทำให้เม็ดเลือดขาวมารวมตัวกันในบริเวณที่มีการอักเสบและกระตุ้นให้เกิด respiratory burst ส่วน LTC_4 และ LTD_4 เป็นสารเพิ่มความซึมผ่านของผนังหลอดเลือดได้ ขณะที่ LTE_4 ไม่ค่อยมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

สำหรับ mast cells ที่ผนังของปอดจะสร้าง LTC_4 และ LTD_4 โดยวิธีเดียวกับใน neutrophil ซึ่ง LTC_4 และ LTD_4 จัดเป็นสารที่เรียกว่า slow reacting substances of anaphylaxis (SRS-A) โดยกระตุ้นให้ eosinophil ไปที่ปอดและทำให้เกิดการอักเสบและหลอดลมตีบ ซึ่งเป็น

สาเหตุสำคัญของการเกิดหอบหืด (allergic asthma) โดยทั่วไป LTC₄ และ LTD₄ ทำงานร่วมกับ prostaglandins D₄ และ histamine ในการทำให้เกิดหอบหืด (อชิป ลิขิตลิลิต, 2557)

2.6 โรคอัลไซเมอร์

โรคอัลไซเมอร์ เกิดจากภาวะการอักเสบเรื้อรังในเซลล์ประสาทเป็นอาการสมองเสื่อม (dementia) ชนิดหนึ่งที่พบได้บ่อยซึ่งเกิดจากการตายของเซลล์สมอง ทำให้การทำงานของสมองเสื่อมลงค่อย ๆ ลดความสามารถของการทำภาระหน้าที่ที่เคยทำลง ทั้งวางแผน ภาษา และขบวนการรับรู้ จนกระทั่งส่งผลกระทบต่อกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วย ในช่วง 8-10 ปี หลังจากเริ่มมีอาการและไม่ได้รับการรักษา ผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์จะมีอาการสมองเสื่อมรุนแรงยิ่งขึ้น จนไม่สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ ซึ่งโรคนี้นอกจากอาการสมองเสื่อมที่เกิดจากสาเหตุอื่น ๆ ตรงที่ยังไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ (วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2553) โดยนักวิทยาศาสตร์พบว่าโรคอัลไซเมอร์เป็นผลมาจากมีการผลิตโปรตีนชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า เบตา แอมิลอยด์โปรตีน (beta-amyloid protein) เพิ่มขึ้นในสมอง ส่วนบริเวณที่ถูกทำลายของผู้ที่เป็นโรคนี้นี้คือ บริเวณส่วนสมองที่เรียกว่า ฮิปโปแคมปัส (hippocampus) เป็นส่วนที่เก็บรวบรวมความทรงจำ และ เซาว์นปัญญา โดยมีพลาแก (plaque) เกิดขึ้นในสมอง ทำให้เนื้อเยื่อสมองบริเวณที่มีพลาแกเกิดขึ้นมีความเสียหาย และสูญเสียการทำงานไป ส่งผลให้เซลล์ประสาทหายไป ทำให้เกิดปัญหาสร้างความจำใหม่และลบความทรงจำเดิมออกไป (ศรัณยา เจียจันทร์พงษ์, 2557)

2.6.1 สาเหตุของโรคอัลไซเมอร์

โรคอัลไซเมอร์เป็นความผิดปกติที่มีผลโดยตรงต่อสมอง ซึ่งเป็นศูนย์กลางการสื่อสารที่ควบคุมความรู้สึก และการตอบสนองของสมอง ซึ่งการสื่อสารที่สำคัญต่าง ๆ ในร่างกายจะถูกส่งผ่านสมอง โดยมีสารเคมีที่เรียกว่า สารสื่อประสาท (neuro-transmitter) เป็นตัวสื่อสาร สารนี้จะช่วยนำคำสั่งจากสมองไปยังอวัยวะเป้าหมายเพื่อให้เกิดการทำงานขึ้น สำหรับสารสื่อประสาทที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความจำของคน คือ สารอะซิทิลโคลีน (acetylcholine) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสารนี้ช่วยทำให้มนุษย์มีความสามารถในการจำ ดังนั้นปัญหาที่รุนแรงอาจเกิดขึ้น หากในสมองมีสารนี้ลดลง จะทำให้เซลล์สมองมีปัญหาในการสื่อสาร และพบว่าผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์มีระดับของสารอะซิทิลโคลีนลดลงอย่างมาก ซึ่งเชื่อว่าเป็นเหตุทำให้ความสามารถในการจำและการใช้เหตุผลของผู้ป่วยลดลง ซึ่งปริมาณสารอะซิทิลโคลีนนี้ ส่วนหนึ่งถูกควบคุมโดยเอนไซม์ที่มีชื่อว่า อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ซึ่งจะทำหน้าที่ย่อยสลายอะซิทิลโคลีน ทำให้สารสื่อประสาทนี้มีปริมาณ

น้อยลงในสมอง ดังนั้นเป้าหมายสำคัญของการรักษาผู้ป่วย โรคอัลไซเมอร์ คือการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรส และการเพิ่มปริมาณสารสื่อประสาท

2.6.2 ปัจจัยเสี่ยงของโรคอัลไซเมอร์

มีปัจจัยที่ไม่อาจจะควบคุมได้หลายประการที่เพิ่มโอกาสการเกิดโรคอัลไซเมอร์ ปัจจัยที่สำคัญมากที่สุด คือ อายุในคนอายุ 80 ปี มีโอกาสเป็นโรคนี้นสูงกว่าคนมีอายุ 65-69 ปี ถึง 10 เท่าในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศที่เจริญแล้ว ซึ่งประชากรมีอายุยาวนานขึ้นจึงทำให้พบผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์มากขึ้นด้วย ปัจจุบันในสหรัฐอเมริกามีผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์มากกว่า 4 ล้านคนภายในปี 2040 คาดว่าจะมีจำนวนสูงขึ้นเป็น 7-10 ล้านคน อีกปัจจัยหนึ่งซึ่งสำคัญมากคือกรรมพันธุ์ จากการศึกษาพบว่าผู้ที่มีประวัติคนในครอบครัวเป็นโรคอัลไซเมอร์ มีโอกาสเป็นโรคนี้นมากกว่าคนทั่วไป การตรวจวินิจฉัยผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ มีลักษณะอาการและพฤติกรรมที่เป็นรูปแบบเด่นชัด ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าผู้ป่วยรายใดมีโอกาสเป็นโรคนี้น โดยดูจากลักษณะอาการและพฤติกรรมที่เกิดขึ้น แพทย์ผู้เชี่ยวชาญจะใช้วิธีการตรวจสอบหลายวิธีในการประเมินอาการของผู้ป่วย เพื่อวินิจฉัยว่าเป็นโรคอัลไซเมอร์ โดยการตรวจสอบความสามารถในการรับรู้ของผู้ป่วย เช่น ความจำ ความเข้าใจ การใช้ภาษา การตัดสินใจ และการแก้ปัญหา รวมถึงการทดสอบทางห้องปฏิบัติการ และการเอ็กซเรย์สมอง (brain scan) เพื่อให้การวินิจฉัยโรคถูกต้องมากขึ้น แพทย์จะถามถึงความสามารถของผู้ป่วยในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การกิน การอาบน้ำ การเดิน การแต่งตัว การซื้อของ การทำอาหาร และการใช้โทรศัพท์ เป็นต้น การวินิจฉัยโรคทางคลินิกด้วยวิธีดังกล่าวให้ความถูกต้องสูงถึง 80 - 90% ในการบ่งชี้ว่าผู้ป่วยเป็นโรคอัลไซเมอร์ มีเพียงวิธีเดียวที่จะพิสูจน์ได้ชัดเจน คือการตรวจชิ้นเนื้อสมอง

2.6.3 อาการของโรคอัลไซเมอร์

ผู้เชี่ยวชาญได้จัดแบ่งช่วงระยะโรคอัลไซเมอร์ตามอาการที่เพิ่มขึ้น ที่ช่วยให้สามารถวางแผนในการดูแลได้ โดยแบ่งโรคอัลไซเมอร์ดังนี้

1. ประสาทการรับรู้เสียหายอย่างอ่อน (Mild Cognitive Impairment: MCI) เป็นอาการหลงลืมบางเป็นครั้งคราว คนที่มีอายุ 65 ขึ้นไป ครั้งหนึ่งที่มีการหลงลืมเพราะความชรา แต่อาการไม่มากจนทำให้เป็นปัญหากับการใช้ชีวิตประจำวัน

2. อัลไซเมอร์อย่างอ่อน (Mild Alzheimer's) เป็นการเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงในสมองของโรคอัลไซเมอร์ใช้เวลา 10-20 ปี ก่อนที่จะแสดงอาการออกมา มีการก่อตัวของพลาแก (plaques) ในสมองทำให้เนื้อเยื่อสมองบริเวณนั้นมีความเสียหาย และสูญเสียการทำงานไป

คนส่วนใหญ่ที่เกิดปัญหาแบบนี้ จะมีอายุมากกว่า 65 ปี มีบ้างเหมือนกันที่พบปัญหานี้ในคนอายุน้อย ๆ แต่ก็พบนี้น้อยมาก และมีความเกี่ยวข้องกับผลทางพันธุกรรม สัญญาณเริ่มต้นของอัลไซเมอร์ก็คือ สูญเสียความทรงจำ กลุ่มคนที่เป็นอย่างอ่อนอาจหลงลืมว่าวางกุญแจ เป็นด้านการหลงลืมแบบอัลไซเมอร์แตกต่างจากการหลงลืมแบบปกติ คือ จะมีอาการเกิดขึ้นอยู่เป็นประจำตลอดเวลา ซึ่งลักษณะที่เห็นเด่นชัดของอาการอัลไซเมอร์อย่างอ่อน ๆ การคือ การจัดการและตัดสินใจที่ยากเย็นและไม่ถูกต้อง บางคนมีอาการไม่แน่นอน โหม่งง่ายและมีบุคลิกที่เปลี่ยนไป

3. อัลไซเมอร์แบบปานกลาง (Moderate Alzheimer's) เป็นอาการเริ่มต้นด้วยปัญหาการจดจำคนในครอบครัวและเพื่อนไม่ได้ คนกลุ่มนี้จะไม่สามารถทำสิ่งต่าง ๆ ตามคำแนะนำได้เอง ทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามใจแบบไม่ปกติ เช่น ใส่กางเกงในทับนอกกางเกง เขียนเช็คด้วยตัวเลขที่มากขึ้น แม้แต่การรับประทานอาหารก็เป็นเรื่องที่ยากเมื่อมีอาการโรคมามากขึ้น กลางคืนจะมีปัญหาอนไม่หลับตลอดทั้งคืน ใช้การจับหลักในช่วงกลางวันตลอดทั้งวันบุคลิกภาพที่เปลี่ยนไปในช่วงนี้คือ มีภาวะหลง มีความเพ้อฝัน มีภาวะจิตบกพร่องหวาดระแวง และมีพฤติกรรมที่ไม่สามารถหยุดตัวเองได้ และกลายเป็นคนโกรธง่าย มีอาการแสดงออกรุนแรงทั้งดี และ ทุบ หรือกรีดร้อง แสดงอาการหงุดหงิด คับข้องใจ

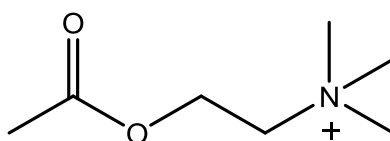
4. อัลไซเมอร์ขั้นรุนแรง (Severe Alzheimer's) เป็นอาการขั้นที่ผู้ป่วยจะไม่ตอบสนองกับคนรอบข้าง ไม่สามารถจะเดิน พูด และดูแลตัวเองได้เลย จะต้องได้รับการดูแลและช่วยเหลือทุกอย่างอย่างใกล้ชิด ในการสื่อสารก็จะใช้วิธีร้องไห้ ชูกำรามและกรีดร้อง และขั้นสุดท้ายผู้ป่วยจะไม่สามารถนั่งให้ศีรษะตั้งตรงได้โดยไม่มีตัวรองรับ มีปัญหาในการรับประทานอาหารปฏิเสธอาหารเพราะกลืนอาหารได้ยาก ไม่สามารถควบคุมการขับถ่ายได้ (ศรินยา เจียจันทร์พงษ์, 2557)

2.6.4 การป้องกันโรคอัลไซเมอร์

จนถึงทุกวันนี้โรคอัลไซเมอร์ยังไม่มีหนทางรักษาให้หายขาด แต่หนทางป้องกันได้ด้วยยา สอร์โมน หรือวิตามินอี และสถาบันสุขภาพแห่งชาติ (National Institutes of Health, NIH) ของสหรัฐอเมริกาแนะนำว่า การดูแลสุขภาพให้ดีอยู่เสมอด้วยการออกกำลังกายเป็นประจำ เลี่ยงบุหรี่หรือแอลกอฮอล์ รับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ (ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2558) รวมถึงมีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่าออกซิเดชัน ซึ่งทำให้โมเลกุล (อนุมูลอิสระ) ไปจับกับโมเลกุลอื่นแล้วเกิดเป็นมะเร็งในร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระจะชะลอเซลล์ของร่างกายให้เสื่อมหรือสึกหรอช้าลง ดังนั้นสารอาหารที่ได้จากพืช เช่น ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืช และถั่วต่าง ๆ จึงสามารถช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและมะเร็งอื่น ๆ (เอี่ยมพร สกุลแก้ว, 2549)

2.7 เอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase (AChE))

เป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นกระบวนการไฮโดรไลซิสของอะซิทิลโคลีน เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทในร่างกาย ซึ่งอะซิทิลโคลีน (acetylcholine, ACh) เป็นสารสื่อประสาทที่สำคัญในการทำงานของระบบประสาทโคลิเนอร์จิกซึ่งอะซิทิลโคลีน ช่วยสร้างความตื่นตัวและเพิ่มความจำ สำหรับผู้ป่วยโรคสมองเสื่อมจะมีระดับอะซิทิลโคลีนในสมองต่ำกว่าปกติ (ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2558)



ภาพที่ 2-6 สูตรโครงสร้างของอะซิทิลโคลีน

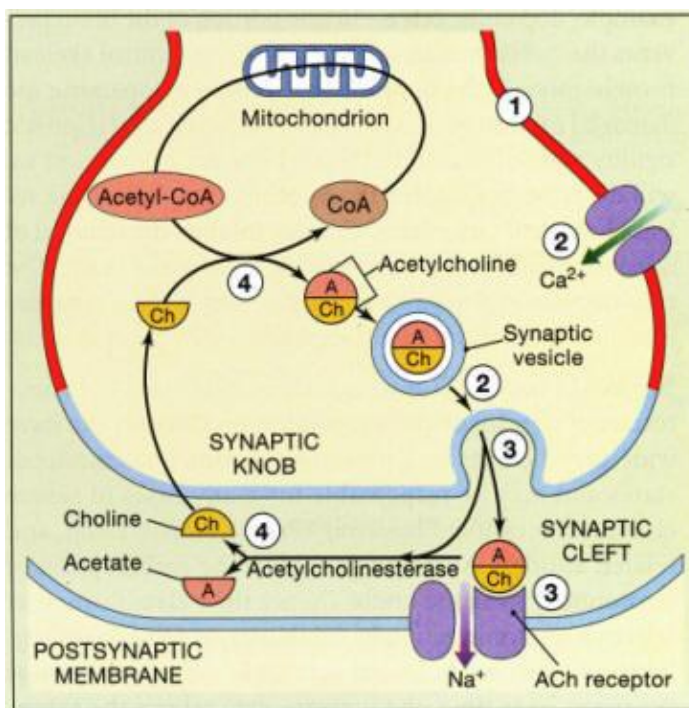
2.7.1 การสังเคราะห์และการปลดปล่อยอะซิทิลโคลีน

อะซิทิลโคลีน จะสังเคราะห์จาก โคลีนโดยอาศัยเอนไซม์ choline acetyl transferase และ acetyl CoA ACh ที่สังเคราะห์ขึ้นจะถูกเก็บในถุงเก็บ เมื่อมีกระแสประสาทกระตุ้น action potential มาตามใยประสาท จะชักนำให้ช่องทาง Ca^{2+} เปิด Ca^{2+} จะไหลเข้าไปในเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ถุงเก็บจำนวนมากเคลื่อนไปหลอมรวมกับเยื่อของปลายประสาท และปลดปล่อยอะซิทิลโคลีนออกสู่ synaptic cleft ACh จะกระตุ้นตัวรับชนิดต่าง ๆ เช่น nicotinic หรือ muscarinic receptor

2.7.2 การทำลายฤทธิ์อะซิทิลโคลีน

อะซิทิลโคลีน ที่ถูกหลั่งสู่ synaptic cleft จะถูกสลายด้วยเอนไซม์ acetyl cholinesterase (AChE) ที่อยู่บน postsynaptic membrane อย่างรวดเร็วมากใช้เวลาน้อยกว่า 1 millisecond เหลือ choline ที่สามารถนำกลับไปสังเคราะห์ใช้ใหม่ได้อีก และ acetate เอนไซม์ AChE พบที่เซลล์โคลิเนอร์จิก และบริเวณ synapse ของมันและพบมากเป็นพิเศษที่ neuromuscular junction โดยสร้างจากเนื้อเยื่อประสาทและกล้ามเนื้อลาย เอนไซม์อีกชนิดที่คล้ายคลึงกับ AChE มาก คือ butyryl cholinesterase (BuChE) หรือที่เรียกว่า cholinesterase หรือ pseudocholinesterase พบในเนื้อเยื่อประสาทไม่มาก พบมากในพลาสมา และตับ BuChE ไม่มีบทบาทในการสลาย ACh ดังนั้นหน้าที่ทางสรีรวิทยาจึงไม่ทราบแน่ชัด แต่สามารถสลายสารประกอบเอสเทอร์ เช่น succinylcholine ได้

2.7.3 การควบคุมการปลดปล่อย: Presynaptic receptor แบบ muscarinic บนปลายประสาท cholinergic จะยับยั้งการหลั่งอะซิทิลโคลีน ทำให้กระตุ้นแบบซ้ำ ๆ (repetitive stimulus) จะลดการหลั่งอะซิทิลโคลีน ในขณะที่ประสาทกายจะมี persynaptic receptor แบบ nicotinic ซึ่งมีบทบาท ในการเพิ่มการหลั่งอะซิทิลโคลีน โดยเชื่อว่า เพื่อให้มีการปลดปล่อยอะซิทิลโคลีน ในปริมาณที่มาก เพียงพอกับความต้องการ เนื่องจากการกระตุ้นที่ neuro-muscular junction จะมีความถี่ของ การกระตุ้นมาก และอะซิทิลโคลีน จะถูกสลายได้เร็วมาก เพื่อตอบสนองต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ต้องการความถี่สูง (วีรพล กุ่มกวีวิชัยพันธุ์, บุญเกิด คงยิ่งยศ และลัดดาวัลย์ เส็งกันไพโร, 2554)

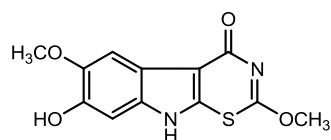


ภาพที่ 2-7 กระบวนการทำงานและหมุนเวียนของอะซิทิลโคลีน (ทรงชัย หนูนชู, 2556)

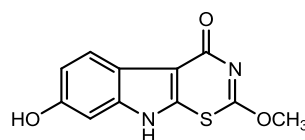
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นวรรตน์ จัดเจน (2553) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของรากแฉง (*Maerua siamensis*) สามารถแยกสารใหม่ในกลุ่มอินโดลแอลคาลอยด์ได้ 2 สารคือ 7-hydroxy-6-methoxycyclobraassinone และ 7-hydroxycyclobraassinone กับสารที่เคยมีรายงานแล้วอีก 3 ชนิดคือ β -sitosterol, vanillin และ lupeol นอกจากนี้ยังนำสารที่แยกได้ไปทดสอบฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง และฤทธิ์ต้านเชื้อวัณโรค พบว่าสาร 7-hydroxy-6-methoxycyclobraassinone มีความเป็นพิษระดับสูง

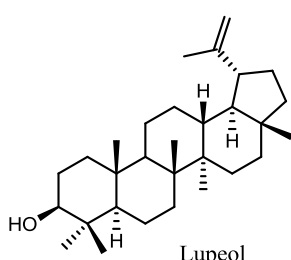
(ค่า IC_{50} เท่ากับ $1.51 \mu\text{g/ml}$) ในขณะที่สาร 7-hydroxycyclobrassinone มีความเป็นพิษอยู่ในระดับปานกลาง (ค่า IC_{50} เท่ากับ $8.31 \mu\text{g/ml}$) ต่อเซลล์มะเร็งรังปอดของมนุษย์ชนิด NCI-H187 และยังพบว่าสาร 7-hydroxy-6-methoxycyclobrassinone ยังมีฤทธิ์ต้านเชื้อวัณโรค *Mycobacterium tuberculosis* โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อได้คือ $25 \mu\text{g/ml}$



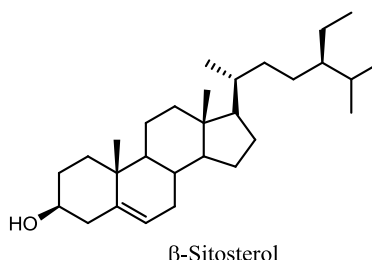
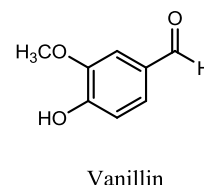
7-Hydroxy-6-methoxycyclobrassinone



7-Hydroxycyclobrassinone

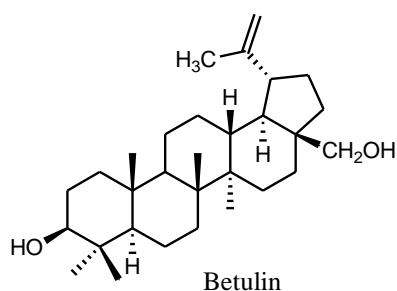


Lupeol

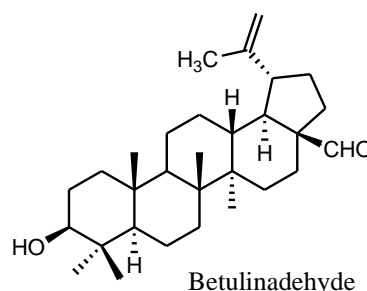
 β -Sitosterol

Vanillin

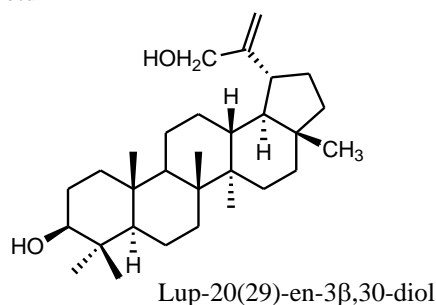
Abdel-Mogib (1999) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบชั้นปีโตรเลียมและไดเอทิลอีเทอร์และเมทานอล ในอัตราส่วน 1:1:1 ของส่วนต้น *Maerua oblongifolia* พบว่าสามารถหาองค์ประกอบทางเคมีในกลุ่มของ Lupane triterpenoids ชนิดใหม่ 1 สาร คือ Lup-20(29)-en-3 β ,30-diol และที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้านี้แล้วอีก 2 สาร คือ Betulin และ Betulinolaldehyde โดยโครงสร้างของสารทั้งหมดที่แยกได้ยืนยันโครงสร้างด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี



Betulin



Betulinolaldehyde

Lup-20(29)-en-3 β ,30-diol

Meda, Bangou, Bakasso, Millogo-Rasolodimby, and Nacoulma (2013) รายงานการศึกษาปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีต่าง ๆ คือ DPPH, ABTS และ FRAP ของสารสกัดหยาบชั้นต่าง ๆ จากทั้งต้นของ *Cleome gynandra* และใบของ *Maerua angolensis* พบว่า สารสกัดหยาบที่มีปริมาณฟีนอลิกรวมที่มากที่สุด คือ สารสกัดหยาบชั้นบิวทานอลของ *Cleome gynandra* (133.023 mgGAE/g of fraction) และสารสกัดหยาบชั้นเมทานอลของ *Maerua angolensis* (128.043 mgGAE/g of fraction) ส่วนสารสกัดที่มีปริมาณ ฟลาโวนอยด์รวมที่มากที่สุดคือสารสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตตของ *Cleome gynandra* (19.055 mgQE/g of fraction) และสารสกัดหยาบชั้นบิวทานอลของ *Maerua angolensis* (11.994 mgQE/g of fraction) นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดหยาบชั้นบิวทานอลของพืชทั้งสองแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

Iliya and Woode (2014) รายงานการศึกษาฤทธิ์แก้อาการปวด (antinociceptive) จากสารสกัดหยาบชั้นปิโตรเลียมและเอทิลอะซิเตต (1: 1) ของเปลือกลำต้น *Maerua angolensis* ซึ่งพบว่าสารสกัดหยาบดังกล่าวแสดงฤทธิ์แก้อาการปวดในวิธีต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

Ckilaka et al. (2015) รายงานการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (*Staphylococcus aureus*, *Shigella* spp., *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Escherichia coli*) ด้วยวิธี Disc diffusion และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity จากสารสกัดหยาบชั้นเมทานอลของใบ *Maerua crassifolia* พบว่า สารสกัดหยาบชั้นเมทานอลของใบ *Maerua crassifolia* ที่ความเข้มข้น 12.5-150 $\mu\text{g/ml}$ แสดงฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย และแสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ด้วยค่า IC_{50} เท่ากับ $58.9 \pm 3.7 \mu\text{g/ml}$

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น พบว่ามีการศึกษาทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของแฉง (*Maerua siamensis*) มีเพียงฉบับเดียวเท่านั้น (นวรรตน์ จัดเจน, 2553) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการหาค่าประเภททางเคมีเชิงปริมาณและฤทธิ์ทางชีวภาพจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง โดยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปพัฒนาพืชสมุนไพรของไทยที่พบมากตามท้องถิ่นต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดรวมทั้งเพื่อทราบถึงข้อมูลทางเคมีและทางชีวภาพพื้นฐานของแฉง และนำไปสู่การยกระดับและการพัฒนาพืชสมุนไพรของไทยให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น และเพื่อนำไปสู่การค้นพบยาชนิดใหม่ที่จะช่วยในการรักษา ป้องกัน และลดปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อสุขภาพและภาวะทุพโภชนาการที่นำไปสู่การเจ็บป่วยเรื้อรังได้อีกด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

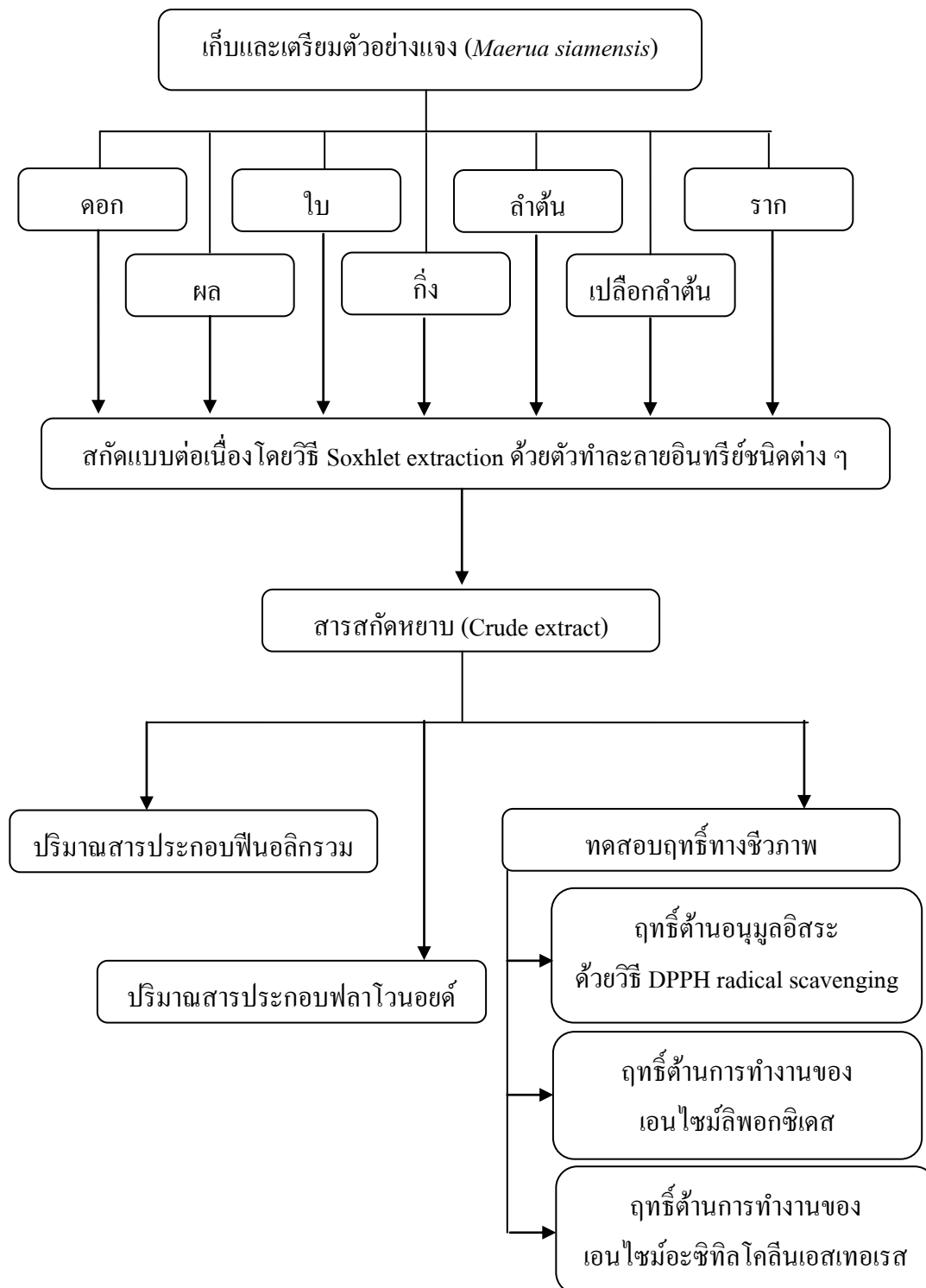
3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) บริษัท Buchi รุ่น V-700
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง บริษัท Mettler รุ่น AE200
3. เครื่อง EPOCH 2 microplate reader (Biotek, America)
4. เครื่องอ่างน้ำ (Water bath) บริษัท Heto DT Hetrotherm
5. เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) บริษัท Wisemix รุ่น VM-10
6. เครื่องดูดจ่ายสารละลายปิเปต (Micropipette) บริษัท Eppendorf
7. บีกเกอร์ (Beaker)
8. กระจกบอทดวง (Cylinder)
9. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
10. กรวยกรองแก้ว (Glass funnel)
11. ขวดก้นกลม (Round bottom flask)
12. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
13. ขวดบรรจุสารขนาดเล็ก (Vial bottom)
14. แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)
15. หลอดทดลอง (Test tube)
16. หลอดหยด (Dropper)
17. ไม้โครปิเปตทิป (Micropipette tip)
18. กระดาษฟอยล์ (Foil)
19. ช้อนตักสาร (Spatula)
20. ที่ตั้งหลอดทดลองสแตนเลส (Stainless Test Tube Stand)
21. สามขา (Tripod)

3.1.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น (Distilled water)
2. เอทานอล (Ethanol, C_2H_5OH)
3. เมทานอล (Methanol, CH_3OH)
4. เฮกเซน (Hexane, C_6H_{14})
5. ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane, CH_2Cl_2)
6. เอทิลอะซิเตต (Ethylacetate, $CH_3COOCH_2CH_3$)
7. อะซิโตน (Acetone, CH_3COCH_3)
8. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl)
9. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3)
10. อะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ (Aluminium trichloride, $AlCl_3$)
11. แอมโมเนียมโมลิบเดต (Ammonium molybdate, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$)
12. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)
13. กรดแกลลิก (Gallic acid)
14. วิตามินซี (Ascorbic acid)
15. เควอร์ซีติน (Quercetin)
16. น้ำยาทดสอบ ฟอลิน ซีโอแคลตู (Folin-Ciocalteu reagent)

3.2 แผนการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3-1 แผนผังการดำเนินการวิจัย

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเก็บตัวอย่างแฉง

พืชที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือ แฉง (*M. siamensis*) โดยเก็บตัวอย่างแฉงแยกเป็นส่วนต่าง ๆ ทั้งหมด 7 ส่วน ได้แก่ ดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก โดยเก็บจาก ต.บ้านกร่าง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2558 ถึง มีนาคม 2559

3.3.2 การเตรียมสารสกัดหยาบของแฉง

นำตัวอย่างแฉงทั้ง 7 ส่วน คือ ดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก ทำความสะอาดและผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำมาบดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน 200 กรัม นำตัวอย่างแต่ละส่วนมาสกัดแบบต่อเนื่องโดยวิธี Soxhlet extraction ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ หลังจากนั้นนำสารละลายอินทรีย์ที่สกัดได้แต่ละส่วนไประเหยให้แห้ง ด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator) จะได้สารสกัดหยาบ (crude extract) ของแต่ละตัวทำละลายอินทรีย์ ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบแต่ละตัวอย่างที่ได้ และเก็บสารสกัดหยาบดังกล่าวไว้ทดสอบหาองค์ประกอบทางเคมีเชิงปริมาณและทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไป

3.3.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total Phenolic Content : TPC)

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Majhenic, Skerget, & Knez, 2007) ทำโดยผสมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (ความเข้มข้น 1.875 – 30.00 mg/mL) หรือสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร กับสารละลาย Folin-Ciocalteu's reagent ความเข้มข้น 10% (v/v) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 2.5% (w/v) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง EPOCH 2 microplate reader (BioTek, America) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารตัวอย่างโดยเทียบจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลการทดลองในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบแห้ง 1 กรัม (Gallic acid equivalents, mgGAE/g dried extract)

3.3.4 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (Total Flavonoid Content : TFC)

การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (Arvouet-Grand, Vennat, Pourrat, & Legret, 1994) ทำโดยผสมสารละลายมาตรฐานเคอร์ซีติน (ความเข้มข้น 0.9375-30.00 mg/mL) หรือสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร กับสารละลายอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ (AlCl₃) ความเข้มข้น 1.0% (w/v) ปริมาตร 180 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง EPOCH 2 microplate reader (BioTek, America) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และหาปริมาณสารประกอบ ฟลาโวนอยด์รวมของสารตัวอย่างโดยเทียบจากกราฟมาตรฐานเคอร์ซีติน รายงานผลการทดลองในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซีตินต่อน้ำหนักสารสกัดแห้ง 1 กรัม (Quercetin equivalents, mgQE/g dried extract)

3.3.5 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

1. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Braca, Sortino, Politi, Morelli, & Mendez, 2002) ทำได้โดยผสมสารละลายมาตรฐาน (ความเข้มข้นเริ่มต้น 31.25 µg/mL) หรือสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ (ความเข้มข้นเริ่มต้น 2000 µg/mL) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร กับสารละลาย DPPH ปริมาตร 180 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง EPOCH 2 microplate reader (BioTek, America) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และคำนวณหาค่าร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH radical inhibition) จากสูตร $[(A-B)/A] \times 100$ เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีสารทดสอบ และ B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่มีสารทดสอบ

2. ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดส (Anti-lipoxidase assay)

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดส (Tappel, 1962 ; Bazylko et al., 2013) ทำโดยใช้เคอร์ซีติน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน โดยผสมสารละลายมาตรฐาน (ความเข้มข้นเริ่มต้น 0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) หรือสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ (ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร กับสารละลายบัฟเฟอร์ (Sodium phosphate buffer, pH 8) ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 120 ไมโครลิตร และสารละลายเอนไซม์ลิวอกซิเดส ความเข้มข้น 400,000 ยูนิตต่อมิลลิลิตร (U/mL) ปริมาตร 30 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ความเข้มข้น

0.08 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 40 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 50 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง EPOCH 2 microplate reader (BioTek, America) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และคำนวณหาค่าร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ ลิปอกซิเดส (% lipoxidase inhibition) จากสูตร $[(A-B)/A] \times 100$ เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่มีสารทดสอบ และ B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีสารทดสอบ

3. ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรส

(anti-acetylcholinesterase assay)

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรส (Ellman, Courtney, Andres, & Featherstone, 1961) นั้นจะใช้กาแลนทามีน (Galantamine) เป็นสารมาตรฐาน และใช้ อะซิติลไทโอโคลีน ไอโอไดด์ (acetylthiocholine iodide, ATCI) เป็นซับสเตรท ทำได้โดยผสมสารละลายมาตรฐาน (ความเข้มข้นเริ่มต้น 3682.70 $\mu\text{g/mL}$) หรือสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ (ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 mg/mL) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร กับสารละลายบัฟเฟอร์ (Sodium phosphate buffer, pH 8.0) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 150 ไมโครลิตร และสารละลายเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส ความเข้มข้น 8 ยูนิตต่อมิลลิลิตร (U/mL) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายผสมระหว่าง 5.0 มิลลิโมลาร์ ATCI กับ 5.0 มิลลิโมลาร์ 5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) (DTNB) ที่มี 0.1% bovine serum albumin (BSA) ผสมอยู่ อัตราส่วน 3 ต่อ 1 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร ด้วย เครื่อง EPOCH 2 microplate reader (BioTek, America) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และคำนวณหาค่าร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิปอกซิเดส (% Cholinesterase inhibition) จากสูตร $[(A-B)/A] \times 100$ เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่มีสารทดสอบ และ B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีสารทดสอบ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การสกัดสารจากแฉง

จากการสกัดสารจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง ด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วแตกต่างกัน 7 ชนิด คือเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และ น้ำ และเมื่อระเหยตัวทำละลายอินทรีย์ออก จะได้สารสกัดหยาบ (crude extract) ที่มีน้ำหนักของสารสกัดหยาบ ร้อยละผลผลิต และลักษณะต่าง ๆ ทางกายภาพ ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ร้อยละผลผลิต และลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง

สารสกัดหยาบ	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (กรัม)	ร้อยละผลผลิต (% yield)	ลักษณะของสารสกัดที่ได้
ส่วนดอก			
เฮกเซน	0.67	0.34	ของแข็งสีดำนุ่มเขียว
ไคคลอโรมีเทน	0.31	0.15	ของแข็งสีดำนุ่มเขียว
เอทิลอะซิเตต	0.52	0.26	ของแข็งสีน้ำตาลดำ
อะซิโตน	1.41	0.70	ของเหลวสีเขียวเข้ม
เอทานอล	17.60	8.80	ของเหลวสีน้ำตาลแดง
เมทานอล	25.99	12.99	ของเหลวสีน้ำตาลแดง
น้ำ	49.50	24.75	ของเหลวขุ่นหนืดสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

สารสกัดหยาบ	น้ำหนักสาร สกัดหยาบ (กรัม)	ร้อยละผลผลิต (% yield)	ลักษณะของสารสกัดที่ได้
ส่วนผล			
เฮกเซน	0.50	0.25	ของเหลวชั้นหนืดสีน้ำตาลเหลือง
ไดคลอโรมีเทน	0.24	0.12	ของเหลวชั้นหนืดสีน้ำตาลเหลือง
เอทิลอะซิเตต	0.25	0.13	ของเหลวชั้นหนืดสีน้ำตาลเหลือง
อะซิโตน	0.49	0.24	ของเหลวชั้นหนืดสีน้ำตาลเหลือง
เอทานอล	8.39	4.20	ของเหลวสีน้ำตาลเหลือง
เมทานอล	7.87	3.94	ของเหลวสีน้ำตาลเหลือง
น้ำ	49.83	24.92	ของเหลวชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง
ส่วนใบ			
เฮกเซน	3.22	1.60	ของแข็งสีดำนมเขียว
ไดคลอโรมีเทน	1.09	0.54	ของเหลวสีดำนมเขียว
เอทิลอะซิเตต	1.01	0.50	ของเหลวชั้นหนืดสีดำนมเขียว
อะซิโตน	1.38	0.69	ของเหลวชั้นหนืดสีดำนมเขียว
เอทานอล	8.57	4.28	ของเหลวชั้นหนืดสีดำนมเขียว
เมทานอล	8.48	4.24	ของเหลวสีดำนมเขียว
น้ำ	40.70	20.34	ของเหลวชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง
ส่วนกิ่ง			
เฮกเซน	1.39	0.69	ของแข็งสีดำนมเขียว
ไดคลอโรมีเทน	0.70	0.35	ของแข็งสีดำนมเขียว
เอทิลอะซิเตต	0.45	0.22	ของแข็งสีน้ำตาลดำ
อะซิโตน	1.30	0.65	ของแข็งสีน้ำตาลดำ
เอทานอล	4.47	2.24	ของเหลวชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง
เมทานอล	5.16	2.58	ของเหลวชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง
น้ำ	15.26	7.63	ของเหลวชั้นหนืดสีน้ำตาลเข้มดำ

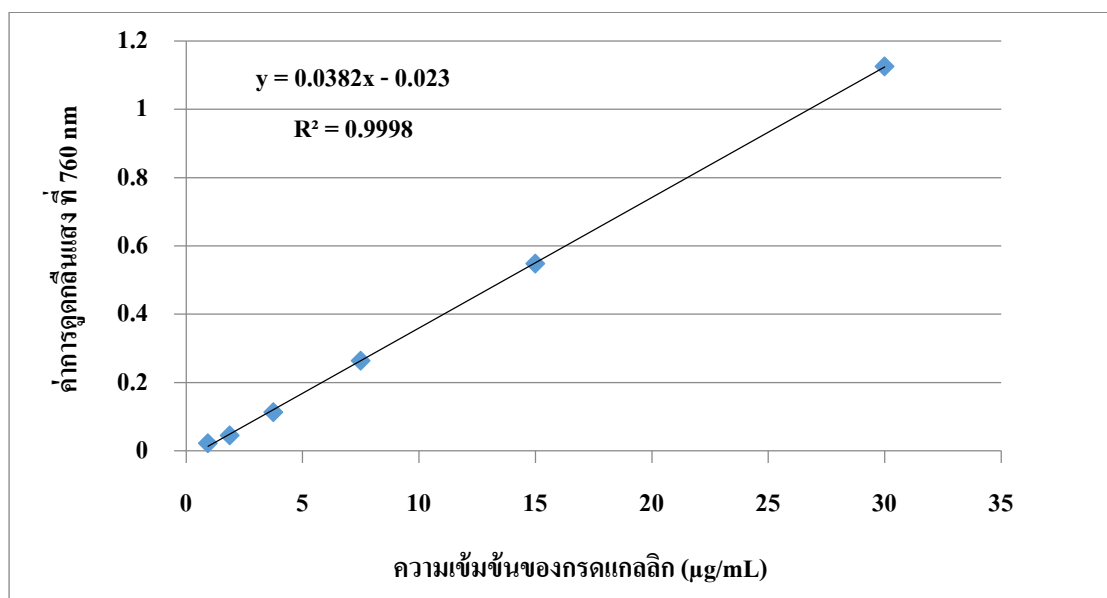
ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

สารสกัดหยาบ	น้ำหนักสาร สกัดหยาบ (กรัม)	ร้อยละผลผลิต (% yield)	ลักษณะของสารสกัดที่ได้
ส่วนลำต้น			
เฮกเซน	0.27	0.14	ของแข็งสีเหลือง
ไดคลอโรมีเทน	0.12	0.06	ของแข็งสีน้ำตาลแดง
เอทิลอะซิเตต	0.12	0.06	ของแข็งสีน้ำตาลแดง
อะซิโตน	0.49	0.25	ของเหลวขุ่นหนืดสีน้ำตาลอมเหลือง
เอทานอล	4.10	2.05	ของเหลวสีน้ำตาลอมเหลือง
เมทานอล	3.82	1.91	ของเหลวสีน้ำตาลอมเหลือง
น้ำ	15.42	7.71	ของเหลวสีน้ำตาลอมเหลือง
ส่วนเปลือกลำต้น			
เฮกเซน	0.52	0.26	ของแข็งสีค้ำอมเขียว
ไดคลอโรมีเทน	0.52	0.26	ของแข็งสีน้ำตาลอมเขียว
เอทิลอะซิเตต	0.48	0.24	ของแข็งสีน้ำตาลดำ
อะซิโตน	0.36	0.18	ของแข็งสีน้ำตาลอมเหลือง
เอทานอล	7.50	3.75	ของเหลวสีน้ำตาลอมแดง
เมทานอล	7.73	3.86	ของเหลวสีน้ำตาลอมแดง
น้ำ	18.64	9.32	ของเหลวขุ่นหนืดสีน้ำตาลอมแดง
ส่วนราก			
เฮกเซน	0.52	0.26	ของเหลวขุ่นหนืดสีน้ำตาลแดง
ไดคลอโรมีเทน	0.25	0.12	ของแข็งสีน้ำตาลแดงเข้ม
เอทิลอะซิเตต	0.25	0.12	ของเหลวขุ่นหนืดสีน้ำตาลแดงเข้ม
อะซิโตน	0.37	0.18	ของเหลวขุ่นหนืดสีน้ำตาลแดงเข้ม
เอทานอล	26.54	13.27	ของเหลวสีน้ำตาลอมเหลือง
เมทานอล	26.34	13.17	ของเหลวสีน้ำตาลอมเหลือง
น้ำ	8.83	4.42	ของแข็งสีเหลืองสีน้ำตาลอมเหลือง

จากผลการสกัดสารจากส่วนต่าง ๆ ของแฉะ ดังตารางที่ 4-1 ของส่วนสกัดหยาบจากแฉะ พบว่าส่วนสกัดหยาบชั้นน้ำจากผล (24.92%) มีร้อยละผลผลิตสูงที่สุด รองลงมา คือส่วนสกัดหยาบชั้นน้ำจากดอก (24.75%) และใบ (20.34%) ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผลผลิตและความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่าตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้สูงจะมีร้อยละผลผลิตสูงที่สุดเช่นเดียวกัน และส่วนสกัดจากตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ มีร้อยละผลผลิตใกล้เคียงกัน

4.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total Phenolic Content : TPC)

จากการหาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric เป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก Majhenic Skerget และ Knez (2007) โดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน โดยขั้นตอนแรกจะทำการสร้างกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก และพบว่าได้กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก

จากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ($y = 0.0382x - 0.023$) สามารถนำไปคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวมของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคลลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล

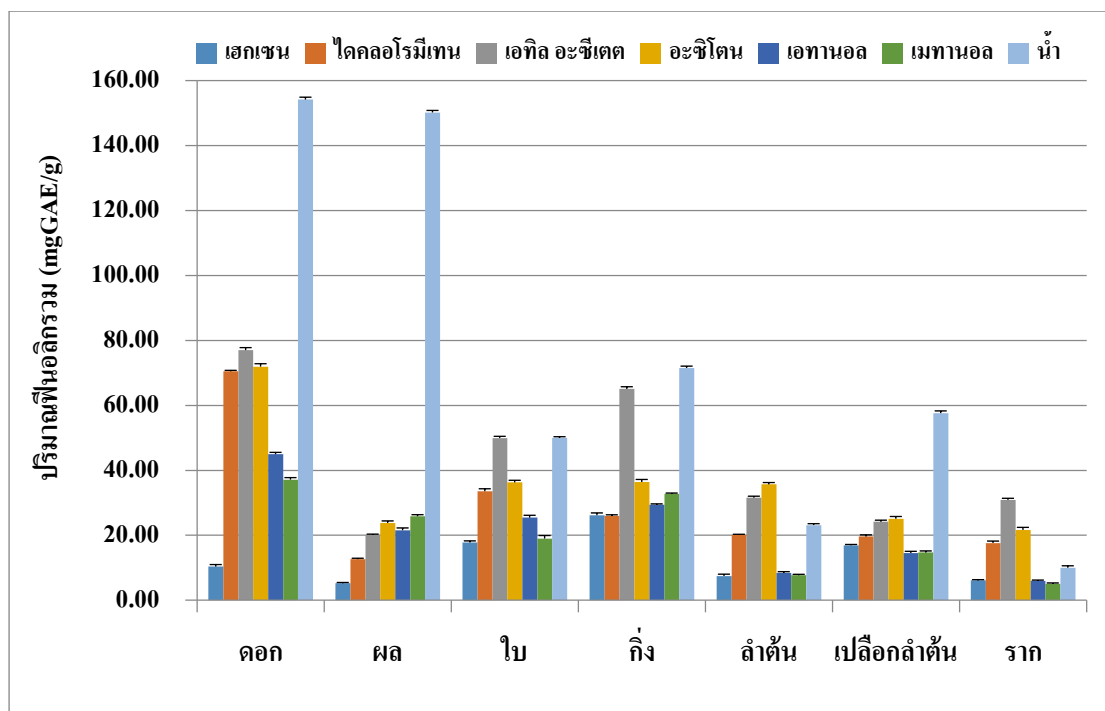
เมทานอล และน้ำ จากส่วนต่าง ๆ ของแฉง ได้ผลดังตารางที่ 4-2 ถึง 4-3 และภาพที่ 4-2 โดยรายงาน
ในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบแห้ง 1 กรัม (mgGAE.g^{-1})

ตารางที่ 4-2 ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากส่วนดอก ผล ใบ และกิ่ง

ตัวทำละลาย	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mgGAE.g^{-1})			
	ดอก	ผล	ใบ	กิ่ง
เฮกเซน	10.38±0.62	5.22±0.26	17.79±0.48	26.18±0.71
ไดคลอโรมีเทน	70.48±0.31	12.65±0.29	33.55±0.77	25.97±0.34
เอทิลอะซีเตต	77.00±0.79	20.13±0.23	49.94±0.53	65.06±0.68
อะซิโตน	71.94±0.89	23.81±0.60	36.28±0.66	36.40±0.80
เอทานอล	44.96±0.58	21.56±0.70	25.45±0.72	29.40±0.26
เมทานอล	37.15±0.62	25.86±0.48	19.01±0.93	32.76±0.26
น้ำ	154.15±0.75	150.19±0.63	50.01±0.34	71.52±0.58

ตารางที่ 4-3 ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากส่วนลำต้น เปลือกลำต้น และราก

ตัวทำละลาย	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mgGAE.g^{-1})		
	ลำต้น	เปลือกลำต้น	ราก
เฮกเซน	7.48±0.56	16.92±0.26	6.11±0.25
ไดคลอโรมีเทน	20.13±0.18	19.61±0.52	17.63±0.60
เอทิลอะซีเตต	31.57±0.47	24.14±0.52	30.90±0.51
อะซิโตน	35.67±0.57	25.10±0.70	21.66±0.79
เอทานอล	8.38±0.43	14.54±0.53	5.93±0.29
เมทานอล	7.86±0.31	14.68±0.49	5.06±0.26
น้ำ	23.14±0.43	57.62±0.68	10.01±0.60

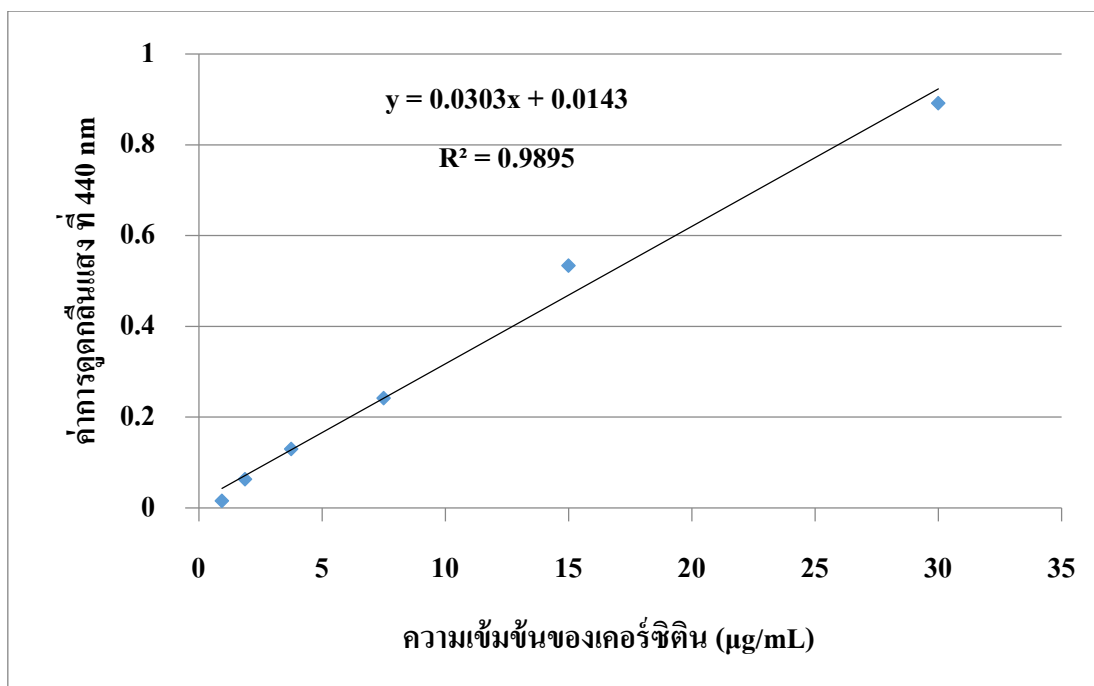


ภาพที่ 4-2 ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉะ

จากผลการทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกรวมดังตารางที่ 4-2 ถึง 4-3 และภาพที่ 4-2 ของส่วนสกัดหยาบจากแฉะ พบว่าส่วนสกัดหยาบขึ้นน้ำจากดอก ($154.15 \pm 0.75 \text{ mgGAE.g}^{-1}$) และจากผล ($150.19 \pm 0.63 \text{ mgGAE.g}^{-1}$) แสดงปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกรวมตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าปริมาณฟีนอลิกรวมไม่ได้ขึ้นอยู่กับความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ และจากการเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกรวมของส่วนต่าง ๆ ของแฉะ พบว่าดอกและผลให้ปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด ส่วนสกัดจากส่วนอื่น ๆ จะมีปริมาณฟีนอลิกรวมใกล้เคียงกัน

4.3 การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (Total Flavonoid Content : TFC)

การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium trichloride (AlCl_3) colorimetric เป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก Arvouet-Grand, Vennat, Pourrat, and Legret (1994) โดยใช้สารเคอร์ซีติน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน โดยขั้นตอนแรกจะทำการสร้างกราฟมาตรฐานเคอร์ซีตินก่อน และพบว่าได้กราฟมาตรฐานเคอร์ซีติน ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 กราฟมาตรฐานของสารละลายเคอร์ซีติน (Quercetin)

จากกราฟมาตรฐานเคอร์ซีติน ($y = 0.0303x + 0.0143$) สามารถนำไปคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากส่วนต่าง ๆ ของแฉง ได้ผลดังตารางที่ 4-4 ถึง 4-5 โดยรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซีตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบแห้ง 1 กรัม (mgQE.g^{-1})

ตารางที่ 4-4 ปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดหยาบจากส่วนดอก ผล ใบ และกิ่ง

ตัวทำละลาย	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgQE.g ⁻¹)			
	ดอก	ผล	ใบ	กิ่ง
เฮกเซน	0.15±0.15	NF ^a	NF ^a	NF ^a
ไดคลอโรมีเทน	0.06±0.01	NF ^a	NF ^a	NF ^a
เอทิลอะซิเตต	1.49±0.17	0.12±0.02	NF ^a	0.04±0.07
อะซิโตน	3.68±0.22	0.76±0.02	NF ^a	0.22±0.10
เอทานอล	1.13±0.06	0.26±0.05	0.26±0.05	0.18±0.01
เมทานอล	0.27±0.03	0.11±0.08	0.11±0.08	0.11±0.01
น้ำ	0.14±0.01	0.20±0.02	0.20±0.02	0.07±0.04

ตารางที่ 4-5 ปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดหยาบจากส่วนลำต้น เปลือกลำต้น และราก

ตัวทำละลาย	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgQE.g ⁻¹)		
	ลำต้น	เปลือกลำต้น	ราก
เฮกเซน	NF ^a	0.32±0.18	NF ^a
ไดคลอโรมีเทน	NF ^a	0.46±0.38	NF ^a
เอทิลอะซิเตต	NF ^a	NF ^a	NF ^a
อะซิโตน	0.02±0.02	0.03±0.07	NF ^a
เอทานอล	NF ^a	NF ^a	NF ^a
เมทานอล	NF ^a	0.10±0.01	NF ^a
น้ำ	NF ^a	NF ^a	NF ^a

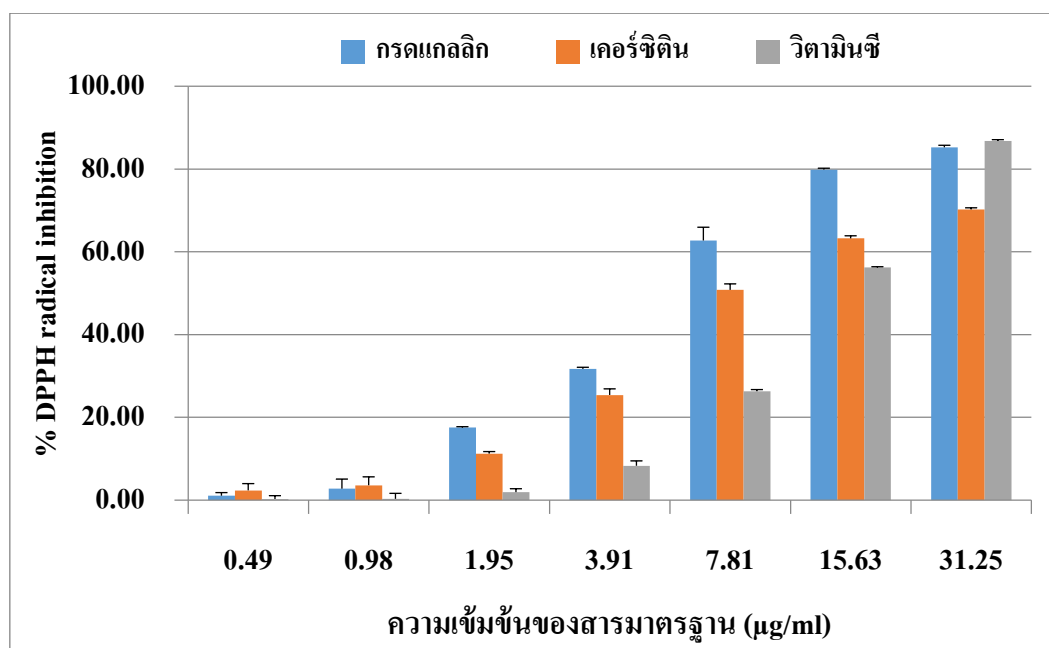
หมายเหตุ NF^a คือ Not found^a

จากผลการทดสอบหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมดังตารางที่ 4-4 ถึง 4-5 ของส่วนสกัดหยาบจากแฉก พบว่าส่วนสกัดหยาบชั้นอะซิโตน (3.68±0.22 mgQE.g⁻¹) และส่วนสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตต (1.49±0.17 mgQE.g⁻¹) จากส่วนดอก แสดงปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าปริมาณ

ฟลาโวนอยด์รวมไม่ได้ขึ้นอยู่กับความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ และส่วนสกัดหยาบใน ตัวทำละลายอินทรีย์เกือบทุกส่วนมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมน้อยมาก

4.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging ซึ่งดัดแปลงจากวิธี ของ Braca, Sortino, Politi, Morelli, and Mendez (2002) โดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เคอร์ซีติน (quercetin) และวิตามินซี (ascorbic acid) เป็นสารมาตรฐาน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ของอนุมูลอิสระ DPPH จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ สารมาตรฐานทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 0.49 $\mu\text{g/mL}$ ได้ผลการทดลองแสดงเป็นค่าร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH radical inhibition) ดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐานกรดแกลลิก เคอร์ซีติน และวิตามินซี

จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังภาพที่ 4-4 ของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก เคอร์ซีติน และวิตามินซี พบว่าสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ เคอร์ซีติน และ วิตามินซี ตามลำดับ ในช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 0.49 ถึง 15.63 $\mu\text{g/mL}$

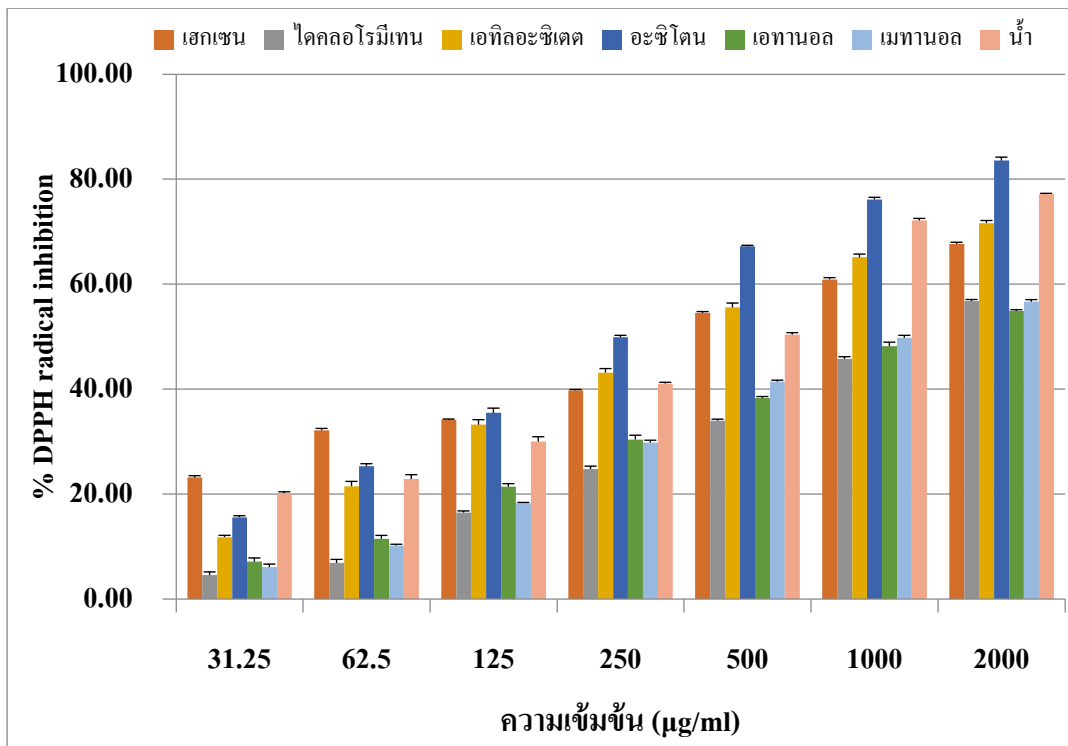
จากนั้นทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆ ของแฉะ ด้วยวิธีการทดลองเช่นเดียวกันกับสารละลายมาตรฐาน โดยรายงานผลด้วยค่าร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH radical inhibition) ดังแสดงในตารางที่ 4-6 ถึง 4-21 และภาพที่ 4-5 ถึง 4-12

ตารางที่ 4-6 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคโลโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากดอก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคโลโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
31.25	23.14 \pm 0.34	4.53 \pm 0.62	11.78 \pm 0.35	15.54 \pm 0.30
62.5	32.14 \pm 0.36	6.85 \pm 0.68	21.46 \pm 0.94	25.28 \pm 0.49
125	34.17 \pm 0.12	16.46 \pm 0.30	33.20 \pm 0.96	35.46 \pm 0.91
250	39.75 \pm 0.18	24.75 \pm 0.55	43.13 \pm 0.78	49.88 \pm 0.36
500	54.52 \pm 0.25	33.96 \pm 0.30	55.55 \pm 0.86	67.19 \pm 0.21
1000	60.89 \pm 0.34	45.73 \pm 0.42	65.11 \pm 0.62	76.12 \pm 0.42
2000	67.62 \pm 0.36	56.75 \pm 0.32	71.62 \pm 0.50	83.53 \pm 0.67

ตารางที่ 4-7 ร้อยละของการต้านอนุมูลของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากดอก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
31.25	7.10 \pm 0.71	6.05 \pm 0.59	20.16 \pm 0.25
62.5	11.45 \pm 0.65	10.17 \pm 0.25	22.83 \pm 0.84
125	21.36 \pm 0.60	18.24 \pm 0.14	29.98 \pm 0.93
250	30.38 \pm 0.82	29.80 \pm 0.45	41.04 \pm 0.25
500	38.26 \pm 0.31	41.39 \pm 0.30	50.38 \pm 0.37
1000	48.18 \pm 0.76	49.74 \pm 0.49	72.14 \pm 0.38
2000	54.88 \pm 0.24	56.63 \pm 0.42	77.17 \pm 0.14



ภาพที่ 4-5ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากดอก

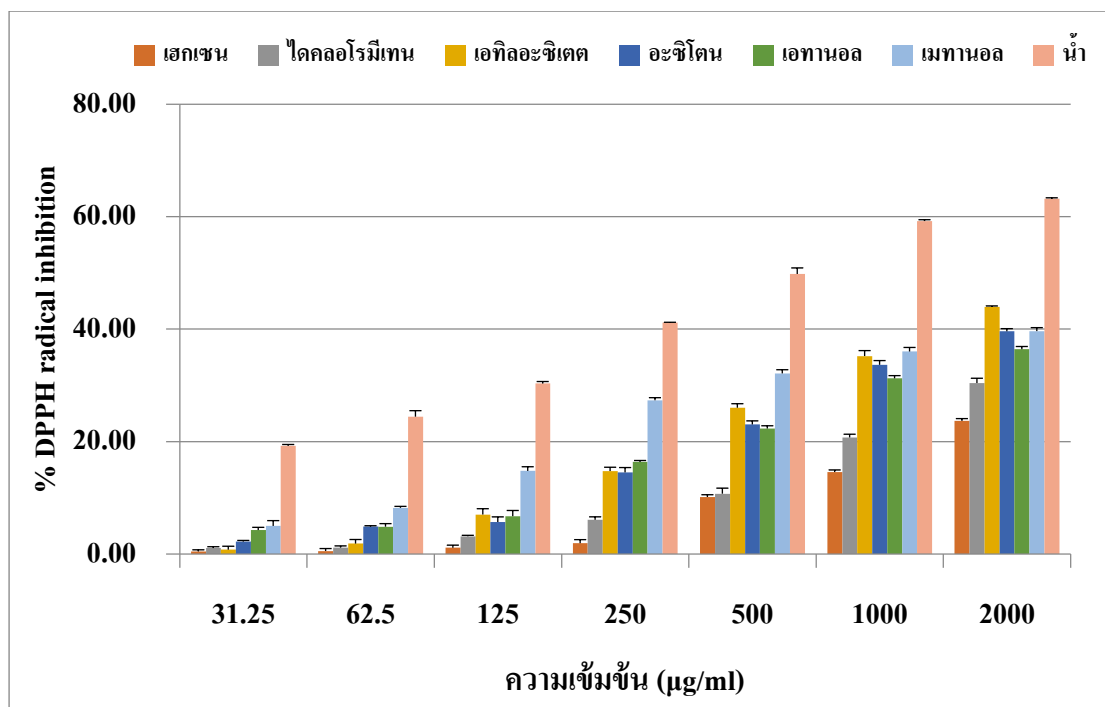
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากดอกแจง ดังภาพที่ 4-5 พบว่า ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบจากดอกในตัวทำละลายอะซิโตน ($83.53 \pm 0.67\%$) รองลงมาเป็นชั้นน้ำ ($77.17 \pm 0.14\%$) และเอทิลอะซิเตต ($71.62 \pm 0.50\%$) มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ขึ้นอยู่กับความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ และจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากดอก พบว่า ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากดอกแจง มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-8 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน
เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากผล

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
31.25	0.46 \pm 0.29	1.07 \pm 0.24	0.78 \pm 0.61	2.23 \pm 0.20
62.5	0.54 \pm 0.44	1.14 \pm 0.30	1.86 \pm 0.73	4.90 \pm 0.13
125	1.12 \pm 0.47	3.16 \pm 0.17	7.03 \pm 1.04	5.70 \pm 0.91
250	1.93 \pm 0.64	6.09 \pm 0.53	14.76 \pm 0.68	14.52 \pm 0.86
500	10.14 \pm 0.41	10.73 \pm 1.00	26.02 \pm 0.71	23.05 \pm 0.63
1000	14.58 \pm 0.37	20.74 \pm 0.57	35.20 \pm 0.97	33.65 \pm 0.75
2000	23.68 \pm 0.41	30.40 \pm 0.86	43.94 \pm 0.17	39.61 \pm 0.47

ตารางที่ 4-9 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ
จากผล

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
31.25	4.27 \pm 0.48	5.00 \pm 0.95	19.25 \pm 0.24
62.5	4.87 \pm 0.54	8.23 \pm 0.26	24.43 \pm 1.07
125	6.73 \pm 1.02	14.78 \pm 0.74	30.32 \pm 0.36
250	16.40 \pm 0.24	27.34 \pm 0.46	41.15 \pm 0.07
500	22.32 \pm 0.49	32.12 \pm 0.65	49.80 \pm 1.07
1000	31.24 \pm 0.48	36.01 \pm 0.72	59.21 \pm 0.24
2000	36.42 \pm 0.48	39.64 \pm 0.62	63.16 \pm 0.18



ภาพที่ 4-6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากผล

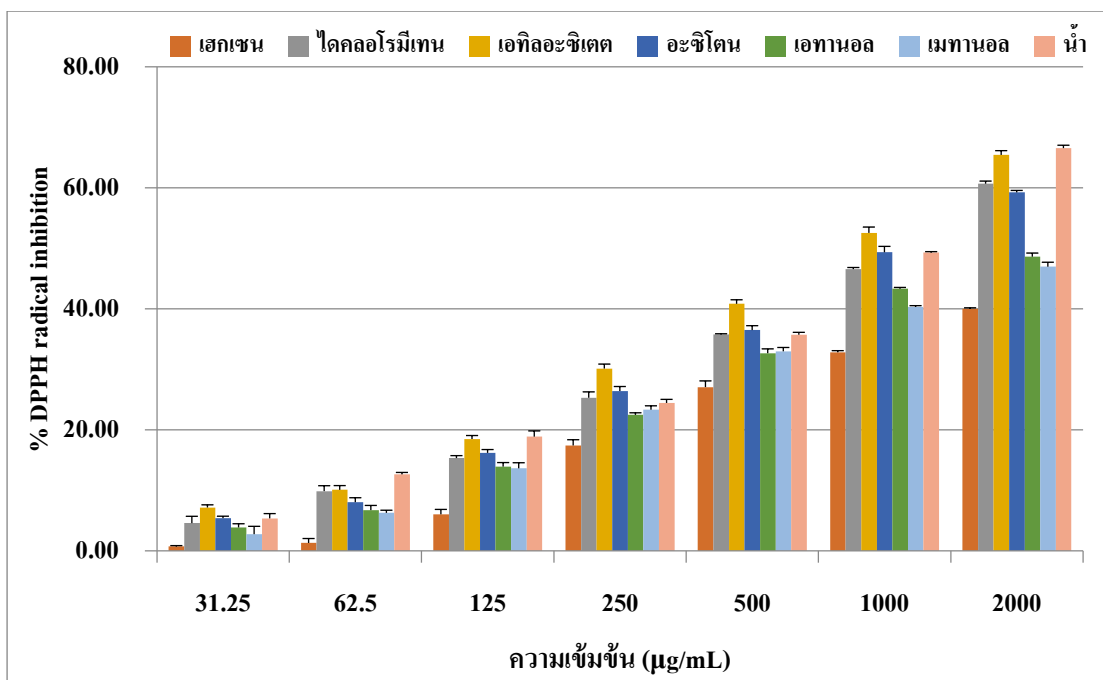
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากผลแฉง ดังภาพที่ 4-6 พบว่า ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบจากดอกในตัวอย่างละลายชั้นน้ำ (63.16 ± 0.18) รองลงมาเป็น ชั้นเอทิลอะซิเตต ($43.94 \pm 0.17\%$) ชั้นเมทานอล ($39.64 \pm 0.62\%$) ชั้นและอะซิโตน ($39.61 \pm 0.47\%$) มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความเข้มข้นของตัวอย่างอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าประสิทธิภาพในตัวอย่างอินทรีย์ที่มีขั้วปานกลางถึงมากของส่วนสกัดจากผล มีร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่สูง (36.42 ± 0.48 ถึง $63.16 \pm 0.18\%$) และจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากผล พบว่า ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากผลแฉง มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่าง

ตารางที่ 4-10 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน
เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากใบ

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
31.25	0.72 \pm 0.14	4.57 \pm 1.13	7.16 \pm 0.44	5.40 \pm 0.33
62.5	1.30 \pm 0.74	9.86 \pm 0.90	10.08 \pm 0.70	8.04 \pm 0.73
125	6.03 \pm 0.81	15.33 \pm 0.41	18.48 \pm 0.58	16.19 \pm 0.55
250	17.42 \pm 0.95	25.30 \pm 0.97	30.13 \pm 0.75	26.41 \pm 0.75
500	27.06 \pm 1.02	35.78 \pm 0.11	40.83 \pm 0.67	36.49 \pm 0.73
1000	32.82 \pm 0.27	46.57 \pm 0.27	52.56 \pm 0.97	49.36 \pm 0.97
2000	40.01 \pm 0.16	60.69 \pm 0.45	65.45 \pm 0.70	59.26 \pm 0.32

ตารางที่ 4-11 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ
จากใบ

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
31.25	3.86 \pm 0.61	2.75 \pm 1.30	5.36 \pm 0.79
62.5	6.73 \pm 0.77	6.27 \pm 0.44	12.64 \pm 0.32
125	13.92 \pm 0.67	13.64 \pm 0.92	18.87 \pm 0.95
250	22.47 \pm 0.35	23.33 \pm 0.65	24.44 \pm 0.59
500	32.67 \pm 0.71	32.98 \pm 0.63	35.72 \pm 0.40
1000	43.33 \pm 0.21	40.31 \pm 0.22	49.30 \pm 0.16
2000	48.62 \pm 0.61	46.97 \pm 0.74	66.57 \pm 0.48



ภาพที่ 4-7 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากใบ

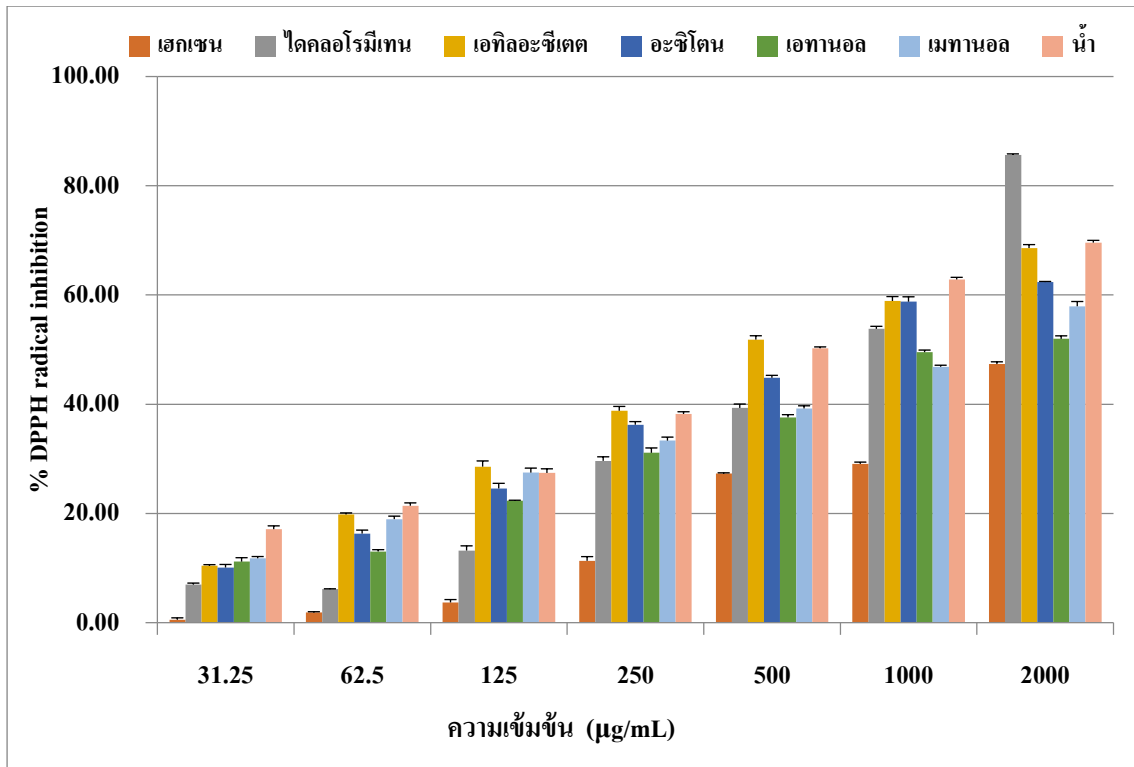
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากใบแฉ่ง ดังภาพที่ 4-7 พบว่า ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบจากใบในตัวทำละลายชั้นน้ำ ($66.57 \pm 0.48\%$) รองลงมาเป็น ชั้นเอทิลอะซิเตต ($65.45 \pm 0.70\%$) ชั้นไคคโลโรมีเทน ($60.69 \pm 0.45\%$) และชั้นอะซิโตน ($59.26 \pm 0.32\%$) มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่า ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ขึ้นอยู่กับความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ และจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากใบ พบว่า ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากใบแฉ่ง มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-12 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน
เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากกิ่ง

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
31.25	0.53 \pm 0.34	6.96 \pm 0.30	10.41 \pm 0.22	10.10 \pm 0.56
62.5	1.87 \pm 0.13	6.14 \pm 0.06	19.81 \pm 0.27	16.31 \pm 0.64
125	3.70 \pm 0.53	13.21 \pm 0.86	28.57 \pm 1.03	24.58 \pm 0.93
250	11.33 \pm 0.76	29.63 \pm 0.74	38.80 \pm 0.79	36.25 \pm 0.57
500	27.32 \pm 0.11	39.32 \pm 0.71	51.83 \pm 0.70	44.84 \pm 0.44
1000	29.07 \pm 0.33	53.80 \pm 0.47	58.90 \pm 0.81	58.78 \pm 0.89
2000	47.35 \pm 0.41	85.63 \pm 0.19	68.59 \pm 0.63	62.36 \pm 0.11

ตารางที่ 4-13 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ
จากกิ่ง

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
31.25	11.18 \pm 0.72	11.79 \pm 0.33	17.12 \pm 0.60
62.5	13.04 \pm 0.33	18.96 \pm 0.55	21.42 \pm 0.51
125	22.36 \pm 0.06	27.48 \pm 0.83	27.41 \pm 0.76
250	31.10 \pm 0.88	33.33 \pm 0.65	38.21 \pm 0.41
500	37.58 \pm 0.50	39.23 \pm 0.48	50.23 \pm 0.25
1000	49.53 \pm 0.39	46.86 \pm 0.28	62.84 \pm 0.39
2000	51.97 \pm 0.55	57.93 \pm 0.87	69.59 \pm 0.41



ภาพที่ 4-8 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากกิ้ง

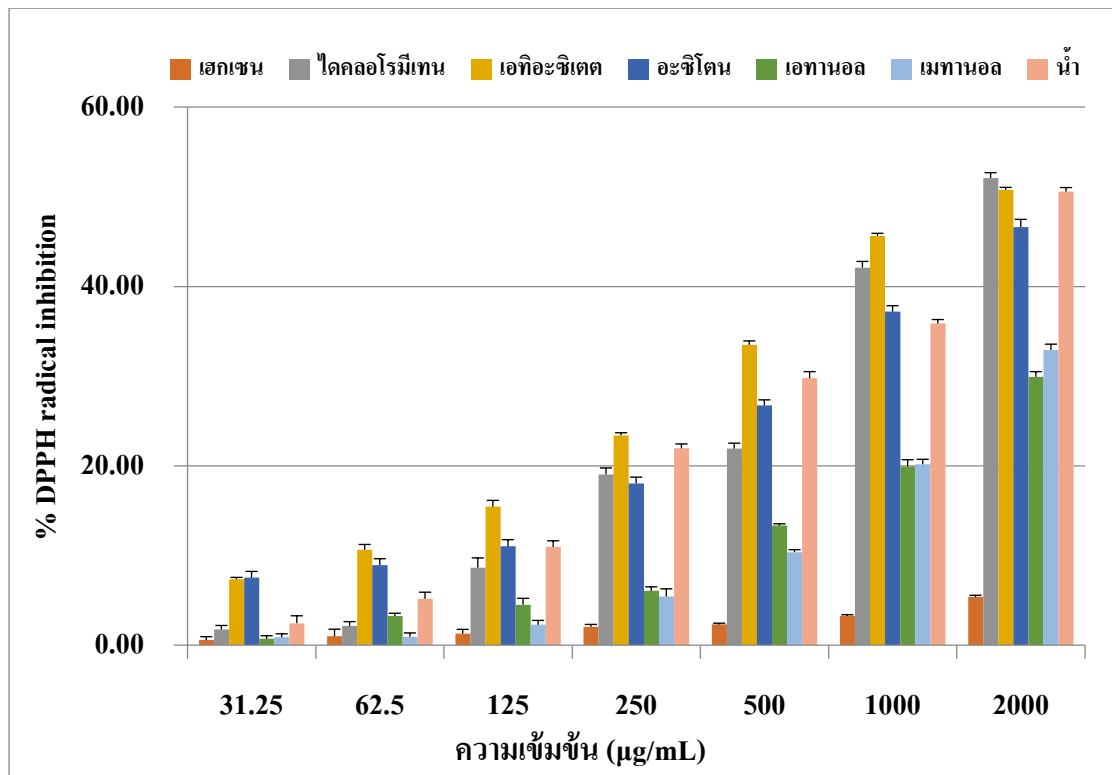
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากกิ้งแฉง ดังภาพที่ 4-8 พบว่า ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบจากกิ้งในตัวทำละลายชั้นไคคลอโรมีเทน ($85.63 \pm 0.19\%$) รองลงมาเป็นชั้นน้ำ ($69.59 \pm 0.41\%$) และชั้นเอทิลอะซิเตต ($68.59 \pm 0.63\%$) มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ขึ้นอยู่กับความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ และจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากกิ้ง พบว่า ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากกิ้งแฉง มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-14 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคโลโรมีเทน
เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคโลโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
31.25	0.55 \pm 0.39	1.73 \pm 0.46	7.34 \pm 0.22	7.52 \pm 0.71
62.5	0.98 \pm 0.80	2.14 \pm 0.48	10.63 \pm 0.60	8.93 \pm 0.71
125	1.28 \pm 0.48	8.63 \pm 1.09	15.44 \pm 0.71	11.03 \pm 0.74
250	2.05 \pm 0.27	19.04 \pm 0.72	23.40 \pm 0.29	18.04 \pm 0.70
500	2.30 \pm 0.15	21.92 \pm 0.61	33.49 \pm 0.43	26.75 \pm 0.60
1000	3.24 \pm 0.15	42.10 \pm 0.69	45.64 \pm 0.29	37.20 \pm 0.66
2000	5.37 \pm 0.20	52.09 \pm 0.60	50.78 \pm 0.27	46.64 \pm 0.85

ตารางที่ 4-15 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ
จากลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
31.25	0.70 \pm 0.35	0.89 \pm 0.37	2.44 \pm 0.83
62.5	3.23 \pm 0.32	0.93 \pm 0.43	5.17 \pm 0.74
125	4.50 \pm 0.72	2.27 \pm 0.49	10.95 \pm 0.68
250	6.06 \pm 0.44	5.43 \pm 0.85	21.95 \pm 0.49
500	13.34 \pm 0.19	10.37 \pm 0.28	29.76 \pm 0.74
1000	19.93 \pm 0.75	20.17 \pm 0.56	35.87 \pm 0.44
2000	29.92 \pm 0.58	32.93 \pm 0.64	50.57 \pm 0.46



ภาพที่ 4-9 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากลำต้น

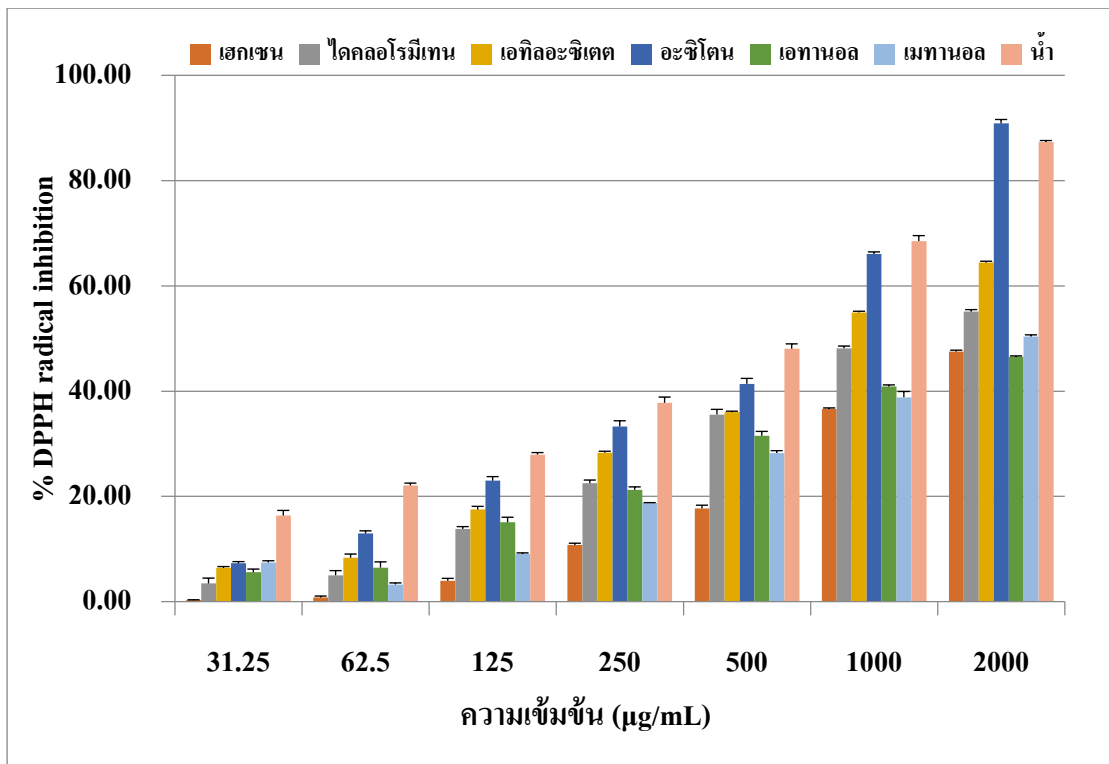
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากลำต้นแฉ่ง ดังภาพที่ 4-9 พบว่า ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบจากลำต้นในตัวทำละลายชั้นไคคลอโรมีเทน ($52.09 \pm 0.60\%$) รองลงมา เป็นชั้นเอทิลอะซิเตต ($50.78 \pm 0.27\%$) และชั้นน้ำ ($50.57 \pm 0.46\%$) มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์ และจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากลำต้น พบว่า ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากลำต้นแฉ่ง มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-16 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน
เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากเปลือกลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
31.25	0.30 \pm 0.06	3.46 \pm 1.02	6.44 \pm 0.23	7.30 \pm 0.32
62.5	0.78 \pm 0.29	5.01 \pm 0.89	8.34 \pm 0.72	12.96 \pm 0.50
125	3.97 \pm 0.46	13.81 \pm 0.45	17.50 \pm 0.62	22.99 \pm 0.77
250	10.75 \pm 0.36	22.50 \pm 0.62	28.29 \pm 0.30	33.28 \pm 1.08
500	17.72 \pm 0.61	35.56 \pm 0.98	36.00 \pm 0.19	41.39 \pm 1.04
1000	36.63 \pm 0.17	48.14 \pm 0.44	54.95 \pm 0.23	66.06 \pm 0.39
2000	47.50 \pm 0.29	55.10 \pm 0.39	64.41 \pm 0.28	90.88 \pm 0.75

ตารางที่ 4-17 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ
จากเปลือกลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
31.25	5.59 \pm 0.61	7.45 \pm 0.32	16.35 \pm 0.99
62.5	6.48 \pm 1.08	3.26 \pm 0.29	22.09 \pm 0.44
125	15.08 \pm 0.97	9.04 \pm 0.22	27.94 \pm 0.39
250	21.24 \pm 0.57	18.75 \pm 0.06	37.78 \pm 1.10
500	31.52 \pm 0.83	28.24 \pm 0.45	48.06 \pm 0.92
1000	40.87 \pm 0.31	38.84 \pm 1.10	68.51 \pm 1.05
2000	46.53 \pm 0.16	50.37 \pm 0.32	87.34 \pm 0.28



ภาพที่ 4-10 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากเปลือกลำต้น

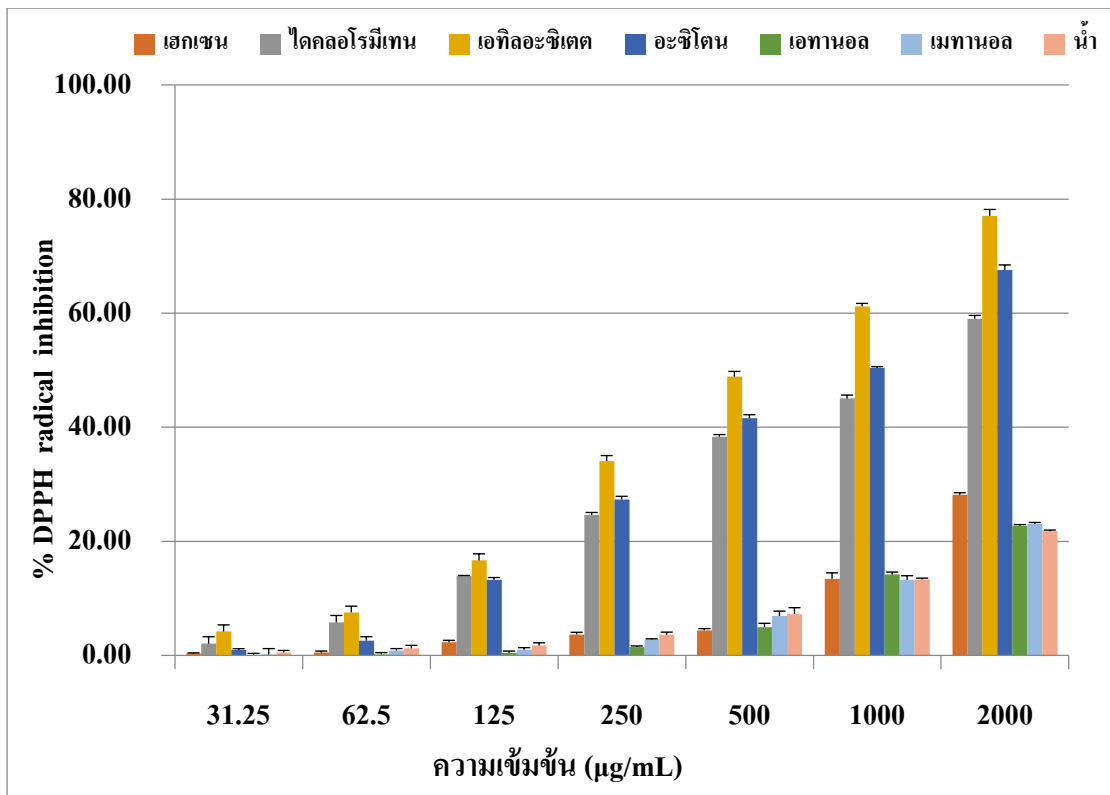
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกลำต้นแฉะ ดังภาพที่ 4-10 พบว่า ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบจากเปลือกลำต้นในตัวทำละลายชั้นอะซิโตน ($90.88 \pm 0.75\%$) รองลงมาเป็นชั้นน้ำ ($87.34 \pm 0.28\%$) และชั้นเอทิลอะซิเตต ($64.41 \pm 0.28\%$) มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ขึ้นอยู่กับความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ และจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากเปลือกลำต้น พบว่า ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกลำต้นแฉะ มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-18 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน
เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากราก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
31.25	0.33 \pm 0.13	2.07 \pm 1.22	4.21 \pm 1.16	0.95 \pm 0.26
62.5	0.50 \pm 0.29	5.80 \pm 1.22	7.56 \pm 1.09	2.63 \pm 0.67
125	2.34 \pm 0.33	13.96 \pm 0.07	16.66 \pm 1.16	13.28 \pm 0.40
250	3.67 \pm 0.40	24.63 \pm 0.44	34.08 \pm 0.96	27.37 \pm 0.54
500	4.42 \pm 0.29	38.35 \pm 0.37	48.87 \pm 0.92	41.59 \pm 0.61
1000	13.44 \pm 1.04	45.05 \pm 0.60	61.20 \pm 0.52	50.43 \pm 0.20
2000	28.17 \pm 0.36	59.01 \pm 0.60	77.05 \pm 1.13	67.59 \pm 0.86

ตารางที่ 4-19 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ
จากราก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
31.25	0.04 \pm 0.34	0.17 \pm 1.05	0.53 \pm 0.36
62.5	0.17 \pm 0.34	0.88 \pm 0.33	1.26 \pm 0.53
125	0.46 \pm 0.32	1.01 \pm 0.38	1.74 \pm 0.49
250	1.48 \pm 0.19	2.85 \pm 0.07	3.64 \pm 0.46
500	4.98 \pm 0.67	6.92 \pm 0.87	7.29 \pm 1.10
1000	14.19 \pm 0.44	13.25 \pm 0.74	13.32 \pm 0.25
2000	22.76 \pm 0.19	23.06 \pm 0.26	21.78 \pm 0.21



ภาพที่ 4-11 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากราก

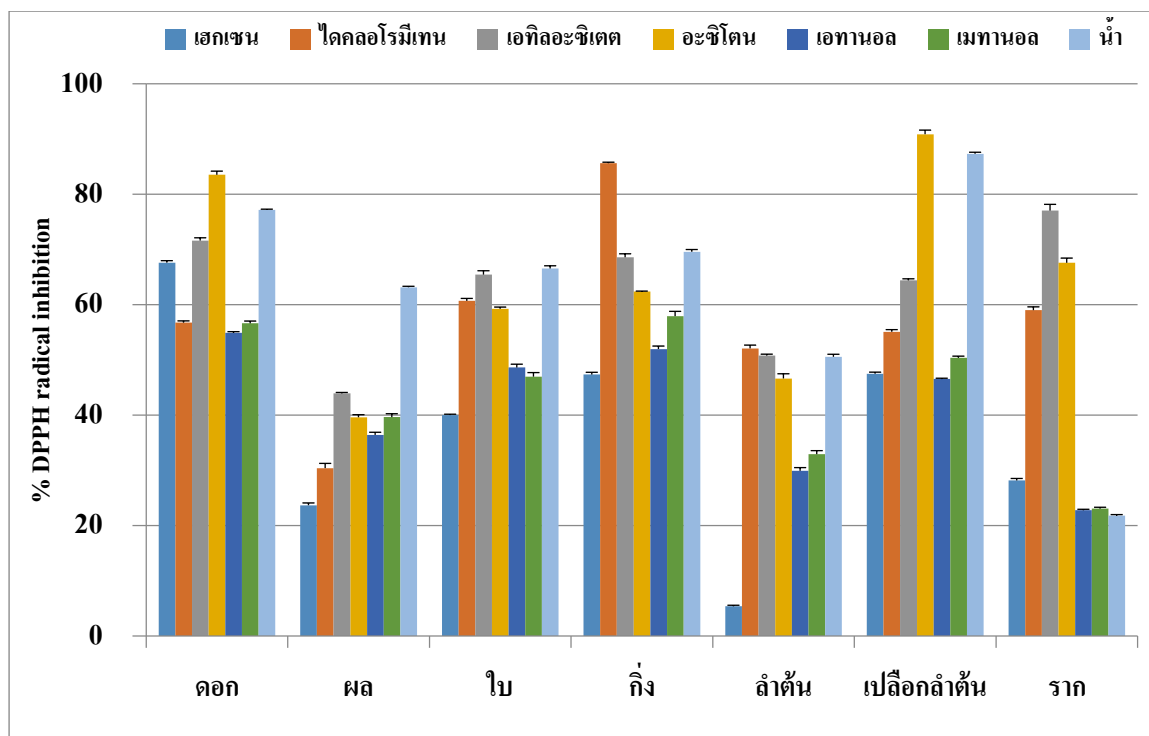
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากรากแฉ่ง ดังภาพที่ 4-11 พบว่า ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบจากรากในตัวทำละลายชั้นเอทิลอะซิเตต ($64.41 \pm 0.28\%$) รองลงมาเป็นชั้นอะซิโตน ($87.34 \pm 0.28\%$) และชั้นไคคโลโรมีเทน ($64.41 \pm 0.28\%$) มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าประสิทธิภาพในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้ปานกลางของส่วนสกัดหยาบจากรากมีร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่สูง (64.41 ± 0.28 ถึง $64.41 \pm 0.28\%$) และจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากราก พบว่า ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากรากแฉ่ง มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-20 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน
เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL

ส่วนสารสกัดหยาบ	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean ± SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
ดอก	67.62±0.36	56.75±0.32	71.62±0.50	83.53±0.67
ผล	23.68±0.41	30.40±0.86	43.94±0.17	39.61±0.47
ใบ	40.01±0.16	60.69±0.45	65.45±0.70	59.26±0.32
กิ่ง	47.35±0.41	85.63±0.19	68.59±0.63	62.36±0.11
ลำต้น	5.37±0.20	52.09±0.60	50.78±0.27	46.64±0.85
เปลือกลำต้น	47.50±0.29	55.10±0.39	64.41±0.28	90.88±0.75
ราก	28.17±0.36	59.01±0.60	77.05±1.13	67.59±0.86

ตารางที่ 4-21 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ
ของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL

ส่วนสารสกัดหยาบ	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mean ± SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
ดอก	54.88±0.24	56.63±0.42	77.17±0.14
ผล	36.42±0.48	39.64±0.62	63.16±0.18
ใบ	48.62±0.61	46.97±0.74	66.57±0.48
กิ่ง	51.97±0.55	57.93±0.87	69.59±0.41
ลำต้น	29.92±0.58	32.93±0.64	50.57±0.46
เปลือกลำต้น	46.53±0.16	50.37±0.32	87.34±0.28
ราก	22.76±0.19	23.06±0.26	21.78±0.21



ภาพที่ 4-12 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$

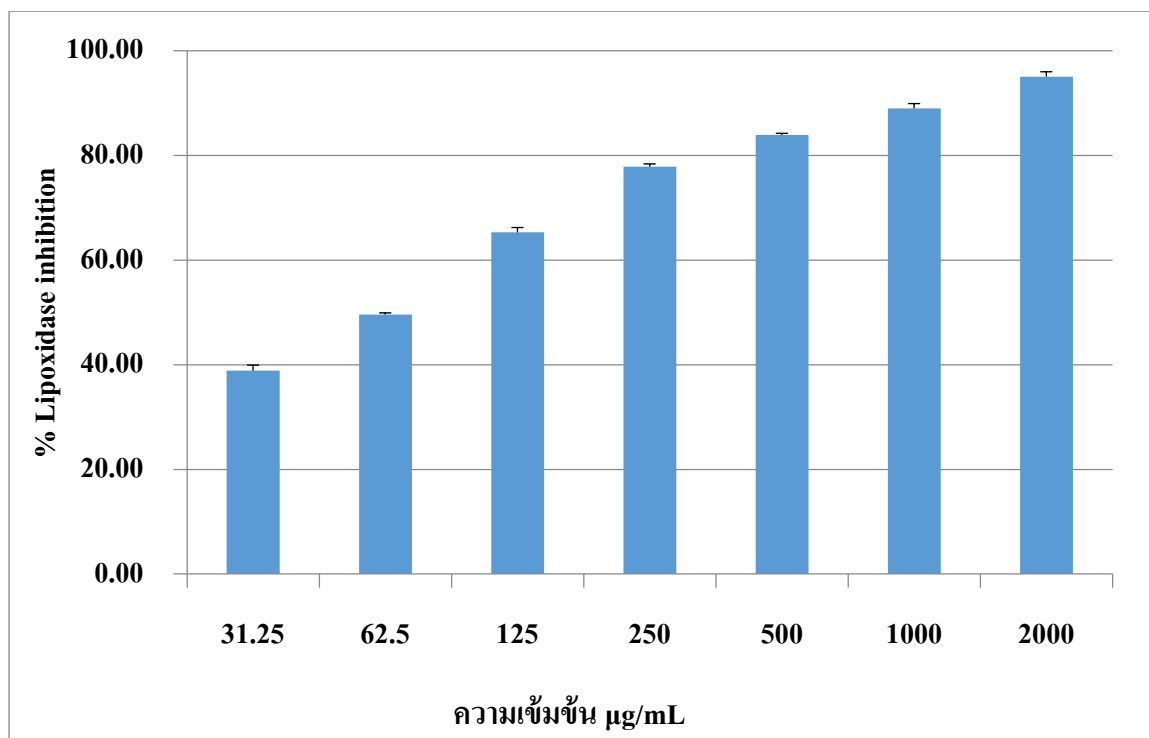
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดังตารางที่ ภาพที่ 4-12 ของส่วนสกัดหยาบแฉงจากดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และรากแฉง พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ส่วนสกัดหยาบแฉงชั้นอะซิโตน ($90.88 \pm 0.75\%$) รองลงมาชั้นน้ำ ($87.34 \pm 0.28\%$) จากเปลือกลำต้น มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ขึ้นอยู่กับความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ และจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบแฉงจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง พบว่าส่วนเปลือกลำต้น กิ่ง และดอกแฉง มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ตามลำดับ และในส่วนสกัดหยาบแฉงจากผล ใบ ลำต้น และรากแฉง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ใกล้เคียงกัน จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบแฉงจากแฉงไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ที่ตรวจพบ ยกเว้นสารสกัดหยาบแฉงของดอกแฉงที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณฟลาโวนอยด์รวมที่พบ

4.5 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวพอกซิเดส (Anti-lipoxidase assay)

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวพอกซิเดส (Tappel, 1962 ; Bazylko et al., 2013) ทำโดยใช้เคอร์ซีติน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ยาวคลื่น 234 นาโนเมตร จากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวพอกซิเดสของเคอร์ซีตินที่ใช้เป็นสารมาตรฐานที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ได้ผลการทดลองแสดงเป็นค่าร้อยละของฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ลิวพอกซิเดส ดังแสดงในตารางที่ 4-22 และภาพที่ 4-13

ตารางที่ 4-22 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวพอกซิเดสของสารมาตรฐานเคอร์ซีติน

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวพอกซิเดสของ สารมาตรฐานเคอร์ซีติน (mean \pm SD)
31.25	38.87 \pm 1.07
62.50	49.59 \pm 0.30
125	65.28 \pm 0.93
250	77.83 \pm 0.53
500	83.91 \pm 0.30
1000	88.97 \pm 0.93
2000	95.04 \pm 0.93



ภาพที่ 4-13 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารมาตรฐานเคอร์ซีติน

จากผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารมาตรฐานเคอร์ซีติน ดังตารางที่ 4-22 และภาพที่ 4-13 พบว่า มีฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสสูงที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 95.04 ± 0.93 ที่ความเข้มข้น $2000 \mu\text{g/mL}$

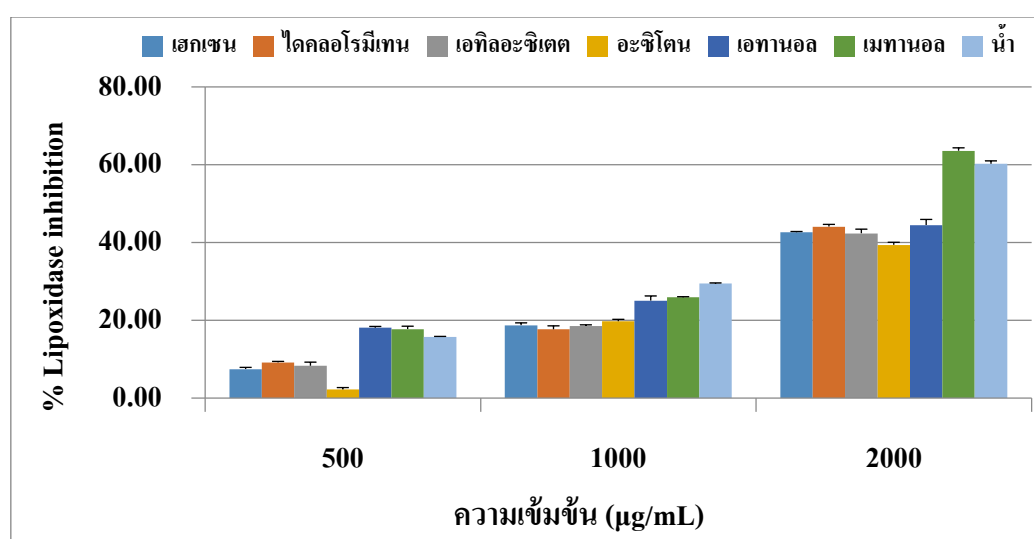
จากนั้นทำการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ 7 ชนิด จากส่วนดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และรากของแฉง ด้วยวิธีเดียวกับสารมาตรฐานเคอร์ซีติน โดยรายงานด้วยค่าร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส จากการทดสอบได้ผลดังตารางที่ 4-23 ถึง 4-38 และภาพที่ 4-14 ถึง 4-21

ตารางที่ 4-23 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบ
ชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากดอก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	7.43 \pm 0.42	9.15 \pm 0.24	8.28 \pm 0.93	2.19 \pm 0.48
1000	18.71 \pm 0.59	17.65 \pm 0.88	18.48 \pm 0.30	19.73 \pm 0.48
2000	42.60 \pm 0.18	44.05 \pm 0.56	42.32 \pm 1.06	39.35 \pm 0.65

ตารางที่ 4-24 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบ
ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากดอก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	18.07 \pm 0.31	17.71 \pm 0.73	15.73 \pm 0.09
1000	25.03 \pm 1.18	25.88 \pm 0.14	29.41 \pm 0.14
2000	44.44 \pm 1.44	63.54 \pm 0.73	60.19 \pm 0.73



ภาพที่ 4-14 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนดอก

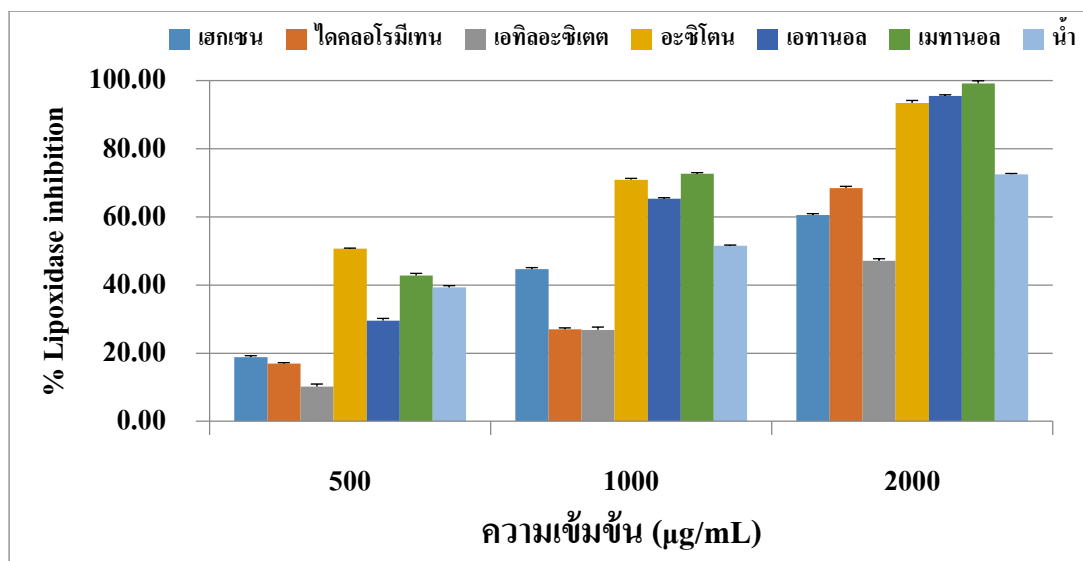
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ส่วนดอก ดังภาพที่ 4-14 ของทุกตัวทำละลายของส่วนดอกแฉะ พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ของส่วนสกัดหยาบชั้นเมทานอล ($63.54 \pm 0.73\%$) รองลงมาคือชั้นน้ำ ($60.19 \pm 0.73\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส ตามความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วมาก (เมทานอลและน้ำ) ของสารสกัดหยาบส่วนดอก มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส อยู่ในช่วง 60.19 ± 0.73 ถึง $63.54 \pm 0.73\%$ และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสของส่วนสกัดหยาบจากดอก พบว่า ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากดอกแฉะ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-25 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากผล

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	18.85 ± 0.42	16.96 ± 0.26	10.19 ± 0.77	50.71 ± 0.15
1000	44.68 ± 0.46	27.02 ± 0.40	26.87 ± 0.81	70.95 ± 0.38
2000	60.54 ± 0.42	68.46 ± 0.53	47.09 ± 0.64	93.45 ± 0.76

ตารางที่ 4-26 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากผล

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	29.57 ± 0.65	42.80 ± 0.64	39.29 ± 0.55
1000	65.38 ± 0.26	72.65 ± 0.37	51.58 ± 0.18
2000	95.56 ± 0.30	99.20 ± 0.78	72.52 ± 0.24



ภาพที่ 4-15 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิปอกซิเดสของสารสกัดหยาดส่วนผล

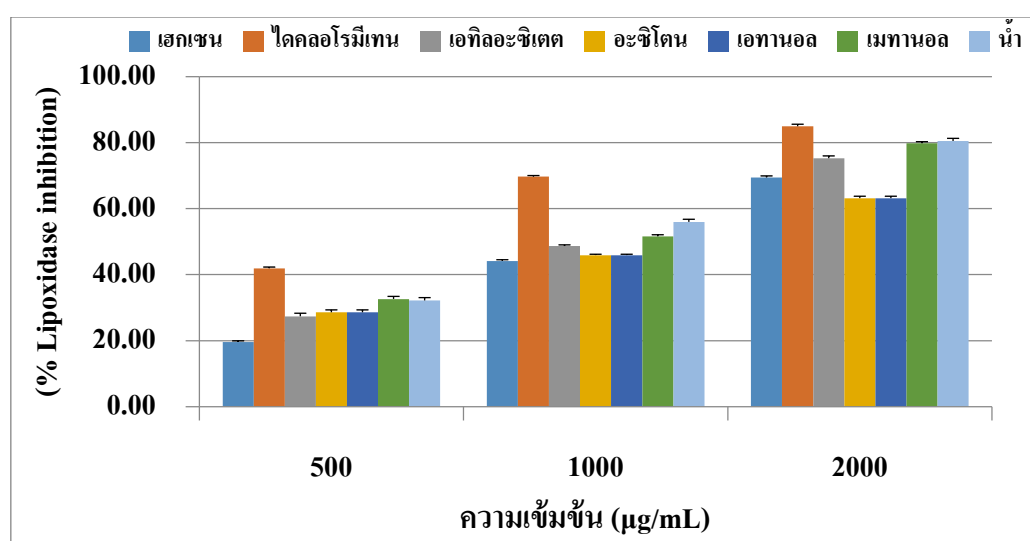
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิปอกซิเดสของสารสกัดหยาดส่วนผลแฉง ดังภาพที่ 4-15 ของทุกตัวทำละลายจากผลแฉง พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาดชั้นเมทานอล (99.20±0.78%) รองลงมาเป็นชั้นเอทานอล (95.56±0.30%) ชั้นอะซิโตน (93.45±0.76%) และชั้นน้ำ (72.52±0.24%) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ลิปอกซิเดสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิปอกซิเดสตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วมากของส่วนผล มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ลิปอกซิเดส มีค่าอยู่ในช่วง 72.52±0.24 ถึง 99.20±0.78% และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิปอกซิเดสของส่วนสกัดหยาดจากผล พบว่า ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาดจากผลของแฉง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ลิปอกซิเดสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-27 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบ
ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากใบ

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	19.60 \pm 0.33	41.89 \pm 0.39	27.36 \pm 0.92	28.57 \pm 0.71
1000	44.16 \pm 0.33	69.67 \pm 0.31	48.63 \pm 0.35	45.89 \pm 0.26
2000	69.38 \pm 0.49	84.91 \pm 0.62	75.23 \pm 0.70	63.14 \pm 0.59

ตารางที่ 4-28 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบ
ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากใบ

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	28.57 \pm 0.71	32.61 \pm 0.77	32.16 \pm 0.85
1000	45.89 \pm 0.26	51.57 \pm 0.48	55.95 \pm 0.79
2000	63.14 \pm 0.59	79.76 \pm 0.48	80.46 \pm 0.79



ภาพที่ 4-16 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนใบ

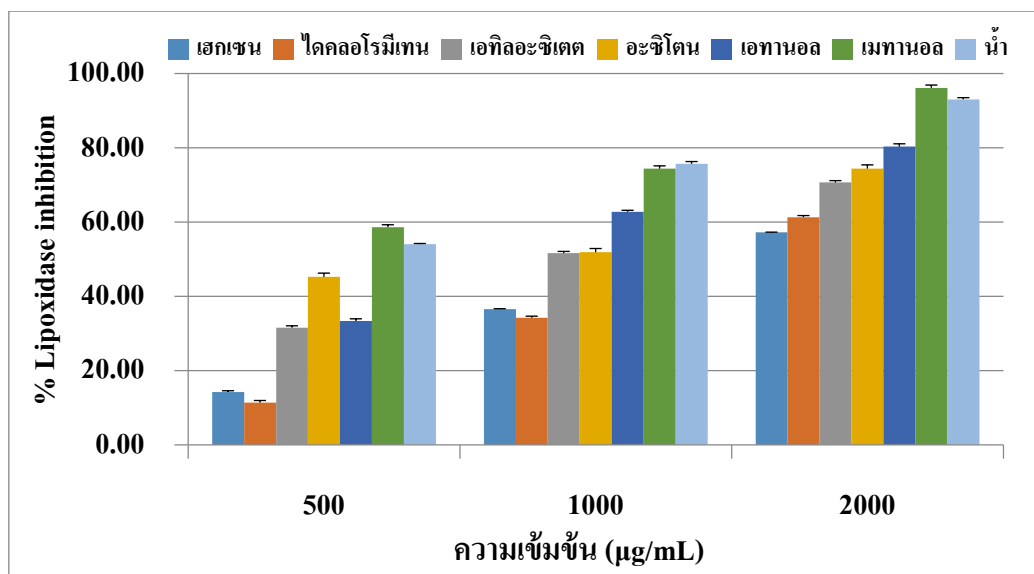
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ส่วนใบแฉะ ดังภาพที่ 4-16 ของทุกตัวทำละลายของส่วนใบแฉะ พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ของส่วนสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทน ($84.91 \pm 0.62\%$) รองลงมาเป็นชั้นน้ำ ($80.46 \pm 0.79\%$) ชั้นเมทานอล ($79.76 \pm 0.48\%$) และชั้นเอทิลอะซิเตต ($72.23 \pm 0.70\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส ได้ดีที่สุดในลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสตามความ มีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนส ในตัวทำละลายอินทรีย์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขั้วตัวทำละลายอินทรีย์ และจากการเปรียบเทียบการยับยั้ง เอนไซม์ลิวอกซิเนสของส่วนสกัดหยาบจากใบ พบว่าที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากใบแฉะ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-29 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากกิ่ง

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	14.28 ± 0.33	11.42 ± 0.57	31.60 ± 0.49	45.28 ± 0.15
1000	36.60 ± 0.09	34.26 ± 0.43	51.63 ± 0.49	51.90 ± 0.40
2000	57.22 ± 0.09	61.34 ± 0.43	70.68 ± 0.49	74.40 ± 0.15

ตารางที่ 4-30 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากกิ่ง

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	33.36 ± 0.61	58.67 ± 0.62	54.07 ± 0.18
1000	62.77 ± 0.42	74.39 ± 0.75	75.68 ± 0.63
2000	80.34 ± 0.74	96.15 ± 0.75	93.06 ± 0.45



ภาพที่ 4-17ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาดส่วนกิ่ง

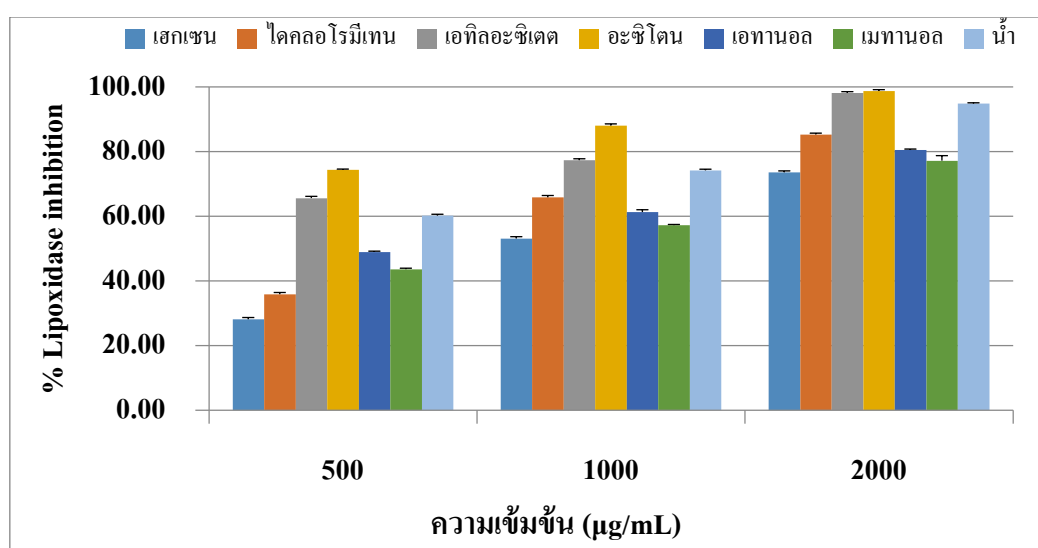
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาดส่วนกิ่ง ดังภาพที่ 4-17 ของทุกตัวทำละลายของส่วนกิ่งแฉง พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาดชั้นเมทานอล ($96.15 \pm 0.75\%$) เป็นชั้นน้ำ ($93.06 \pm 0.45\%$) และชั้นเอทานอล ($80.34 \pm 0.74\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดสได้ดีที่สุด รองลงมา ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดสตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้มากของกิ่งแฉง มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส มีค่าอยู่ในช่วง 80.34 ± 0.74 ถึง $96.15 \pm 0.75\%$ และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดสของส่วนสกัดหยาดจากกิ่ง พบว่าที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาดจากกิ่งแฉง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-31 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบ
ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	28.07 \pm 0.55	35.83 \pm 0.54	65.58 \pm 0.53	74.36 \pm 0.20
1000	53.06 \pm 0.57	65.81 \pm 0.57	77.31 \pm 0.42	87.99 \pm 0.54
2000	73.55 \pm 0.44	85.26 \pm 0.43	98.09 \pm 0.42	98.71 \pm 0.42

ตารางที่ 4-32 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบ
ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	48.93 \pm 0.23	43.56 \pm 0.32	60.15 \pm 0.43
1000	61.24 \pm 0.72	57.20 \pm 0.21	74.15 \pm 0.37
2000	80.46 \pm 0.31	77.17 \pm 1.54	94.89 \pm 0.17



ภาพที่ 4-18 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนลำต้น

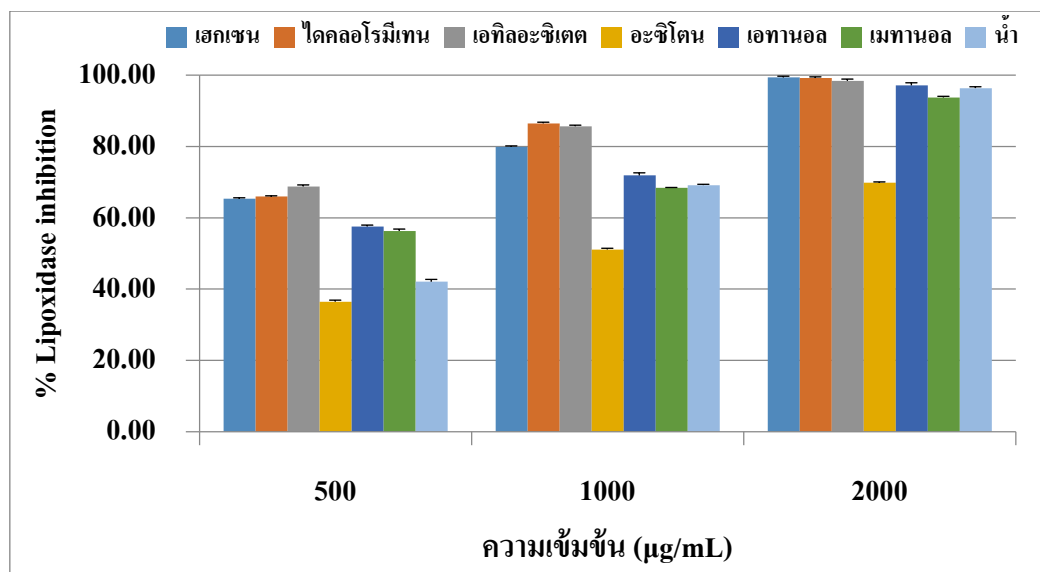
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ส่วนลำต้น ดังภาพที่ 4-18 ของทุกตัวทำละลายของส่วนลำต้นแฉะ พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ของส่วนสกัดหยาบชั้นอะซิโตน (98.71 \pm 0.42%) รองลงมาเป็นชั้นเอทิลอะซิเตต (98.09 \pm 0.42%) และชั้นน้ำ (94.89 \pm 0.17%) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสตามความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสของส่วนสกัดหยาบจากลำต้น พบว่าที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากลำต้นของแฉะ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-33 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากเปลือกลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	65.36 \pm 0.25	65.95 \pm 0.22	68.78 \pm 0.43	36.45 \pm 0.45
1000	79.94 \pm 0.21	86.49 \pm 0.33	85.67 \pm 0.32	51.10 \pm 0.35
2000	99.36 \pm 0.37	99.21 \pm 0.33	98.40 \pm 0.53	69.83 \pm 0.23

ตารางที่ 4-34 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากเปลือกลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	57.54 \pm 0.42	56.30 \pm 0.55	42.05 \pm 0.67
1000	71.88 \pm 0.73	68.42 \pm 0.09	69.16 \pm 0.23
2000	97.15 \pm 0.73	93.76 \pm 0.33	96.38 \pm 0.38



ภาพที่ 4-19 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิพอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนเปลือกลำต้น

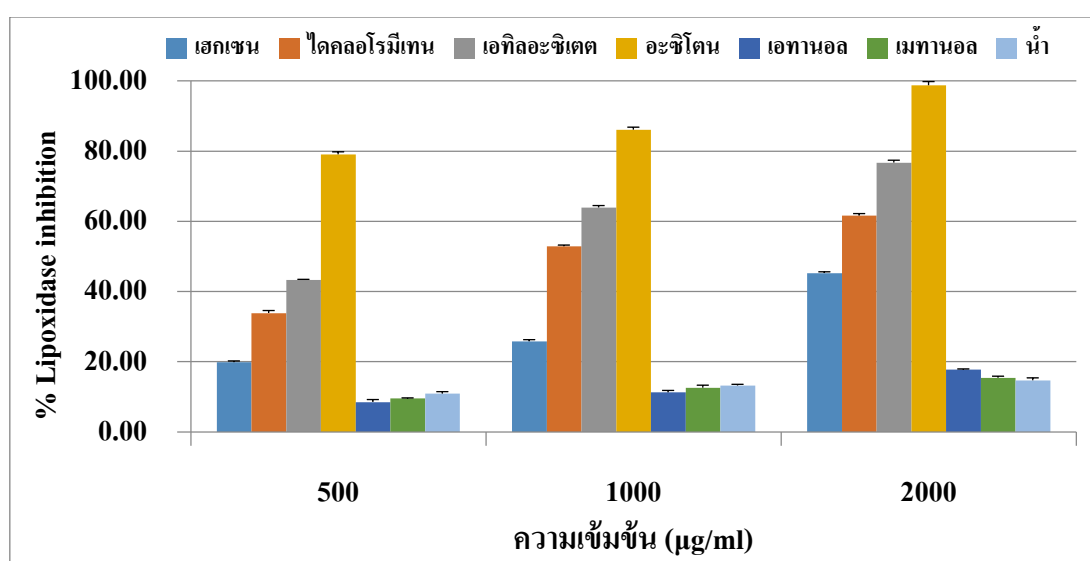
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิพอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนเปลือกลำต้น ดังภาพที่ 4-19 ของทุกตัวทำละลายของส่วนเปลือกลำต้นแฉะ พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ($99.36 \pm 0.37\%$) รองลงมาเป็นชั้นไคลลอร์มีเทน ($99.21 \pm 0.33\%$) และชั้นเอทิลอะซิเตต ($98.40 \pm 0.53\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ลิพอกซิเดสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิพอกซิเดสตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้น้อยและขี้สูงของเปลือกลำต้น มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ลิพอกซิเดส มีค่าอยู่ในช่วง 93.76 ± 0.33 ถึง $99.36 \pm 0.37\%$ และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิพอกซิเดสของส่วนสกัดหยาบจากเปลือกลำต้น พบว่าที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกลำต้นของแฉะ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ลิพอกซิเดสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-35 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบ
ชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากราก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	19.83 \pm 0.35	33.85 \pm 0.71	43.31 \pm 0.13	79.05 \pm 0.71
1000	25.78 \pm 0.48	52.86 \pm 0.35	63.92 \pm 0.55	86.08 \pm 0.71
2000	45.23 \pm 0.35	61.59 \pm 0.58	76.72 \pm 0.66	98.74 \pm 1.05

ตารางที่ 4-36 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบ
ชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากราก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	8.49 \pm 0.70	9.52 \pm 0.13	10.88 \pm 0.56
1000	11.25 \pm 0.55	12.57 \pm 0.72	13.19 \pm 0.34
2000	17.78 \pm 0.13	15.40 \pm 0.45	14.68 \pm 0.68



ภาพที่ 4-20 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบส่วนราก

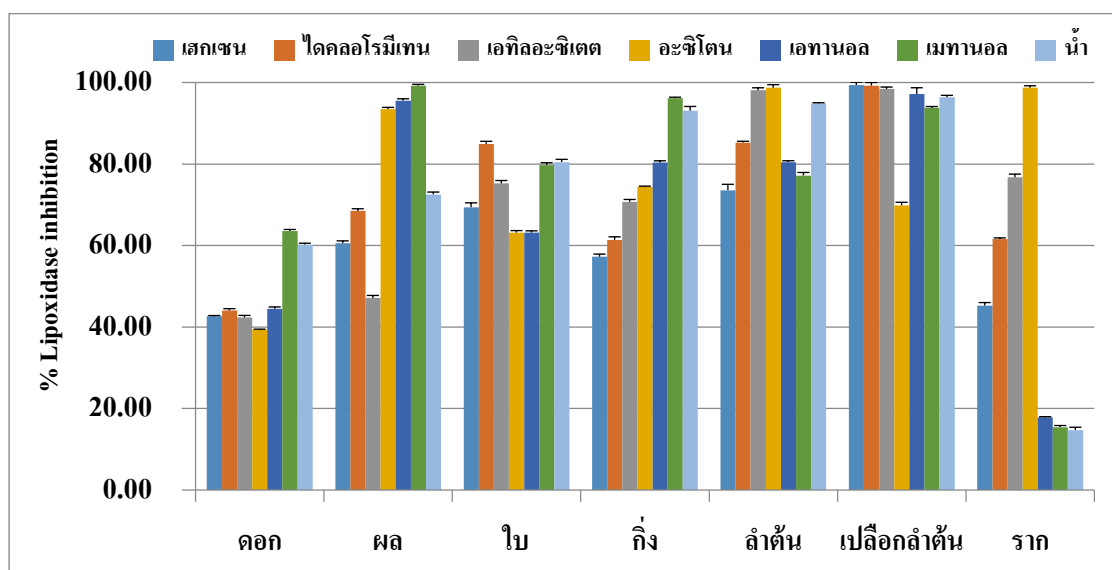
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ส่วนรากแฉะ ดังภาพที่ 4-20 ของทุกตัวทำละลายของส่วนราก พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ของส่วนสกัดหยาบชั้นอะซิโตน (98.74 \pm 1.05%) รองลงมาเป็นชั้นเอทิลอะซิเตต (76.72 \pm 0.66%) และชั้นไดคลอโรมีเทน (61.59 \pm 0.58%) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสตามความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วปานกลางของราก มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ ลิวอกซิเนส มีค่าอยู่ในช่วง 61.59 \pm 0.58 ถึง 98.74 \pm 1.05% และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ ลิวอกซิเนสของส่วนสกัดหยาบจากราก พบว่าที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากรากของแฉะ มี ประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-37 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเนสของสารสกัดหยาบ ส่วนดอก ผล ใบ และกิ่งของแฉะ ที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$

ส่วนสกัดหยาบ	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส (mean \pm SD)				
	จากแฉะ	ดอก	ผล	ใบ	กิ่ง
เฮกเซน		42.60 \pm 0.18	60.54 \pm 0.42	69.38 \pm 0.49	57.22 \pm 0.09
ไดคลอโรมีเทน		44.05 \pm 0.56	68.46 \pm 0.53	84.91 \pm 0.62	61.34 \pm 0.43
เอทิลอะซิเตต		42.32 \pm 1.06	47.09 \pm 0.64	75.23 \pm 0.70	70.68 \pm 0.49
อะซิโตน		39.35 \pm 0.65	93.45 \pm 0.76	63.14 \pm 0.59	74.40 \pm 0.15
เอทานอล		44.44 \pm 1.44	95.56 \pm 0.30	63.14 \pm 0.59	80.34 \pm 0.74
เมทานอล		63.54 \pm 0.73	99.20 \pm 0.78	79.76 \pm 0.48	96.15 \pm 0.75
น้ำ		60.19 \pm 0.73	72.52 \pm 0.24	80.46 \pm 0.79	93.06 \pm 0.45

ตารางที่ 4-38 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบ
ส่วนลำต้น เปลือกลำต้น และรากของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$

ส่วนสกัดหยาบ จากแฉง	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส (mean \pm SD)		
	ลำต้น	เปลือกลำต้น	ราก
เฮกเซน	73.55 \pm 0.44	99.36 \pm 0.37	45.23 \pm 0.35
ไดคลอโรมีเทน	85.26 \pm 0.43	99.21 \pm 0.33	61.59 \pm 0.58
เอทิลอะซิเตต	98.09 \pm 0.42	98.40 \pm 0.53	76.72 \pm 0.66
อะซิโตน	98.71 \pm 0.42	69.83 \pm 0.23	98.74 \pm 1.05
เอทานอล	80.46 \pm 0.31	97.15 \pm 0.73	17.78 \pm 0.13
เมทานอล	77.17 \pm 1.54	93.76 \pm 0.33	15.40 \pm 0.45
น้ำ	94.89 \pm 0.17	96.38 \pm 0.38	14.68 \pm 0.68



ภาพที่ 4-21 ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดสของสารสกัดหยาบของส่วนต่าง ๆ ของแฉง
ที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$

จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเดส ดังภาพที่ 4-21 ของส่วนสกัดหยาบจาก ดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก ของแฉงที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ของส่วนสกัดหยาบจากเปลือกลำต้นชั้นเฮกเซน (99.36 \pm 0.37%) และรองลงมาคือส่วนสกัดหยาบจากเปลือกลำต้น

ชั้น ไคคโลโรมีเทน ($99.21 \pm 0.33\%$) และส่วนสกัดหยาบจากผลชั้นเมทานอล ($99.20 \pm 0.78\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสตามความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์ นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส ของส่วนสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉะ พบว่าเปลือกลำต้นและผล มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสที่สูงสำหรับส่วนสกัดหยาบจากดอกและรากมีฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสน้อยที่สุด และเมื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนสของส่วนสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉะ พบว่าฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ลิวอกซิเนส ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมที่ตรวจพบ

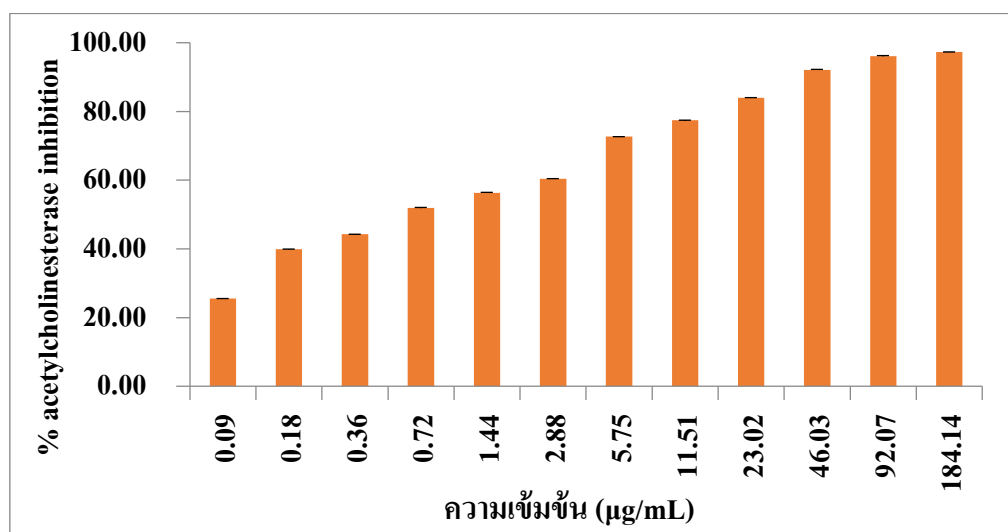
4.6 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส

(Anti-acetylcholinesterase assay)

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (Ellman, Courtney, Andres, & Featherstone, 1961) ใช้กาแลนตามีน (galantamine) เป็นสารมาตรฐาน และใช้อะซิติลไทโอโคลีนไอโอไดด์ (ATCI) เป็นซับสเตรต และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร จากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส ของกาแลนตามีนที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน ได้ผลการทดลองแสดงค่าเป็นร้อยละของฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (% acetylcholinesterase inhibition) ดังแสดงในตารางที่ 4-39 และภาพที่ 4-22

ตารางที่ 4-39 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรสของสารมาตรฐานกาแลนทามีน

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรสของสาร มาตรฐานกาแลนทามีน (mean \pm SD)
0.09	25.53 \pm 0.06
0.18	39.90 \pm 0.09
0.36	44.25 \pm 0.06
0.72	51.91 \pm 0.21
1.44	56.35 \pm 0.15
2.88	60.42 \pm 0.09
5.75	72.69 \pm 0.03
11.51	77.44 \pm 0.09
23.02	83.97 \pm 0.12
46.03	92.14 \pm 0.18
92.07	96.11 \pm 0.22
184.14	97.35 \pm 0.04



ภาพที่ 4-22 กราฟยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรสของสารมาตรฐานกาแลนทามีน

จากผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทีล โคลีนเอสเทอเรสของ สารมาตรฐานกาแลนทามีน ดังตารางที่ 4-21 และภาพที่ 4-22 พบว่ามีฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์อะซิทีล โคลีนเอสเทอเรส ที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 97.35 ± 0.04 ที่ความเข้มข้น $184.14 \mu\text{g/mL}$

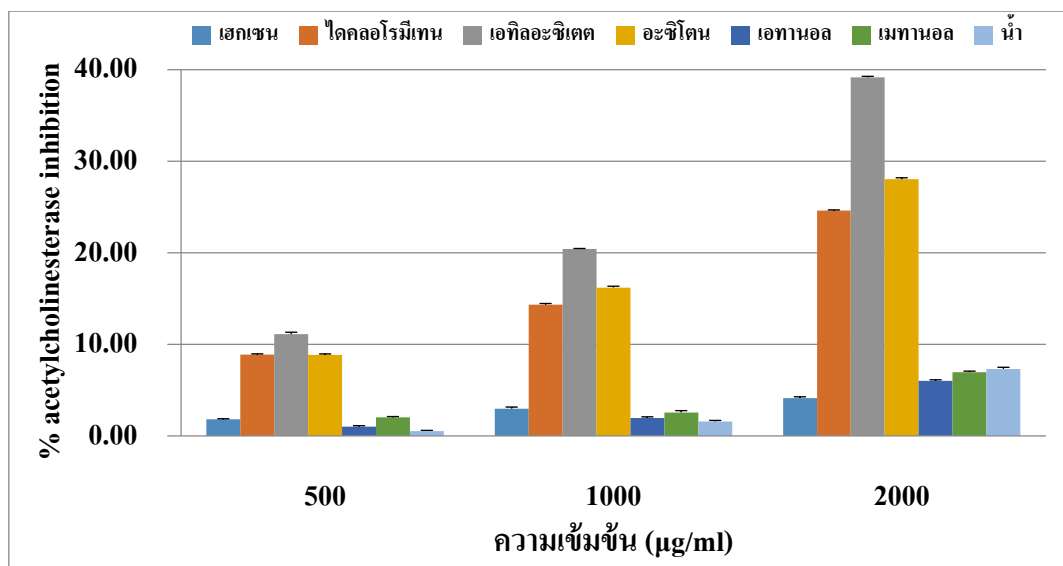
จากนั้นทำการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทีล โคลีนเอสเทอเรสของ สารสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ 7 ชนิด จากส่วนดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก แฉง ด้วยวิธีการทดลองเช่นเดียวกับสารมาตรฐาน โดยรายงานด้วยค่าร้อยละของการยับยั้ง เอนไซม์อะซิทีล โคลีนเอสเทอเรส จากการทดสอบได้ผล ดังตารางที่ 4-40 ถึง 4-55 และภาพที่ 4-23 ถึง 4-30

ตารางที่ 4-40 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทีล โคลีนเอสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากดอก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิทีล โคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	1.81 ± 0.07	8.90 ± 0.06	11.12 ± 0.21	8.83 ± 0.12
1000	2.98 ± 0.18	14.33 ± 0.13	20.44 ± 0.03	16.21 ± 0.15
2000	4.14 ± 0.14	24.61 ± 0.07	39.16 ± 0.12	28.04 ± 0.15

ตารางที่ 4-41 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทีล โคลีนเอสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากดอก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิทีล โคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	1.02 ± 0.10	2.03 ± 0.09	0.55 ± 0.07
1000	1.97 ± 0.12	2.57 ± 0.20	1.58 ± 0.11
2000	6.01 ± 0.12	6.97 ± 0.11	7.32 ± 0.18



ภาพที่ 4-23 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาดส่วนดอก

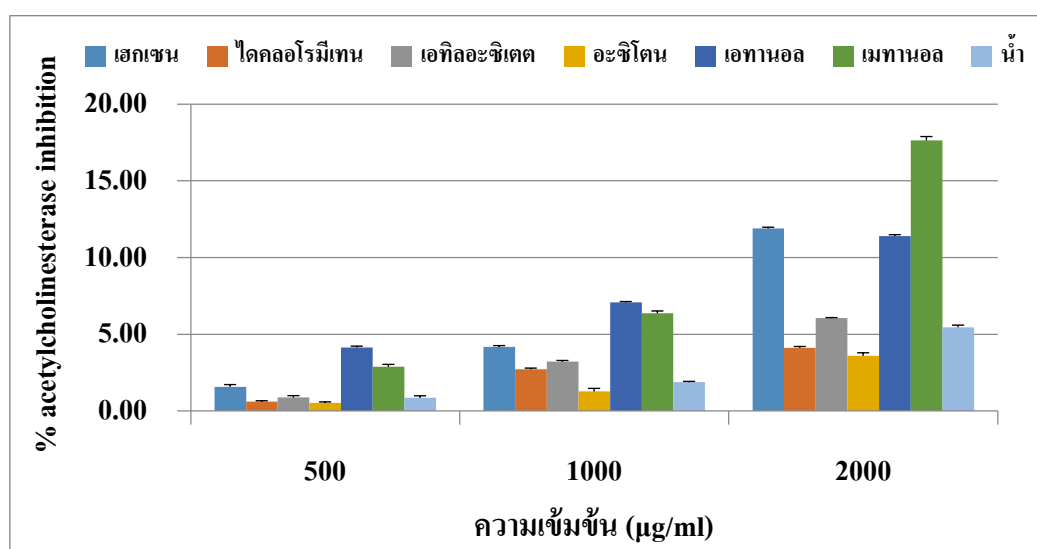
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาดส่วนดอกแฉะ ดังภาพที่ 4-23 ของทุกตัวทำละลายของส่วนดอก พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาดชั้นเอทิลอะซิเตต ($39.16 \pm 0.12\%$) รองลงมาเป็นชั้นอะซิโตน ($28.04 \pm 0.15\%$) และชั้นไคคลอโรมีเทน ($24.61 \pm 0.07\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้ปานกลางของดอก มีค่าร้อยละการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสอยู่ในช่วง 24.61 ± 0.07 ถึง $39.16 \pm 0.12\%$ และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของส่วนสกัดหยาดจากดอกที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาดจากดอกของแฉะ พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-42 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเตอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากผล

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเตอเรส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	1.58 \pm 0.15	0.62 \pm 0.06	0.88 \pm 0.13	0.54 \pm 0.07
1000	4.18 \pm 0.09	2.72 \pm 0.09	3.21 \pm 0.09	1.28 \pm 0.20
2000	11.89 \pm 0.09	4.13 \pm 0.09	6.06 \pm 0.03	3.59 \pm 0.21

ตารางที่ 4-43 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเตอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากผล

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเตอเรส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	4.14 \pm 0.09	2.89 \pm 0.16	0.86 \pm 0.14
1000	7.08 \pm 0.06	6.37 \pm 0.16	1.88 \pm 0.06
2000	11.40 \pm 0.09	17.64 \pm 0.26	5.46 \pm 0.15



ภาพที่ 4-24 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเตอเรสของสารสกัดหยาบส่วนผล

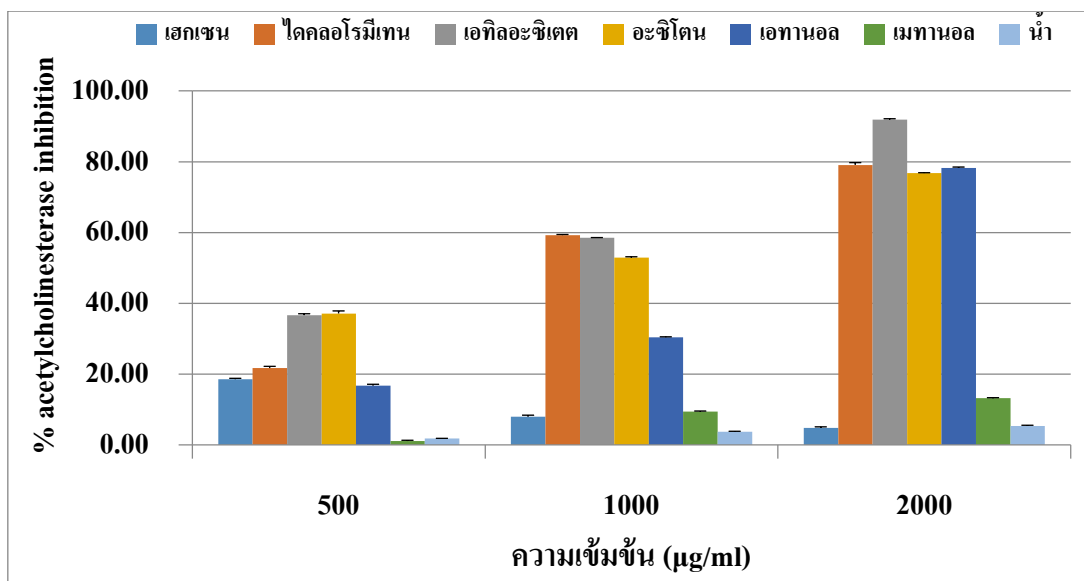
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบส่วนผลแดง ดังภาพที่ 4-24 ของทุกตัวทำละลายของส่วนผล พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ของส่วนสกัดหยาบชั้นเมทานอล ($17.64 \pm 0.26\%$) รองลงมาเป็นชั้นเฮกเซน ($11.89 \pm 0.09\%$) และชั้นเอทานอล ($11.04 \pm 0.09\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับตัวทำละลายอินทรีย์ และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสของ ส่วนสกัดหยาบจากผลที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากผลแดง พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-44 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากใบ

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	18.57 ± 0.27	21.72 ± 0.49	36.66 ± 0.41	37.15 ± 0.71
1000	7.95 ± 0.24	59.28 ± 0.19	58.50 ± 0.09	52.92 ± 0.25
2000	4.81 ± 0.48	79.09 ± 0.66	91.91 ± 0.25	76.81 ± 0.09

ตารางที่ 4-45 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสของ สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากใบ

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	16.74 ± 0.41	1.12 ± 0.22	1.81 ± 0.07
1000	30.46 ± 0.09	9.48 ± 0.13	3.73 ± 0.15
2000	78.27 ± 0.25	13.19 ± 0.18	5.40 ± 0.18



ภาพที่ 4-25ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบส่วนใบ

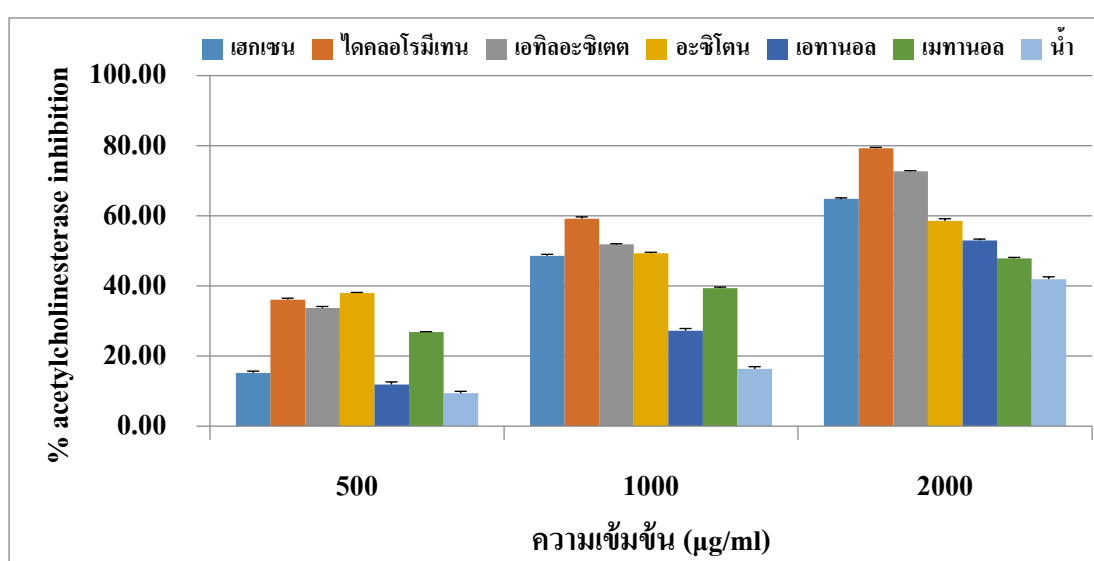
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบส่วนใบแฉง ดังภาพที่ 4-25 ของทุกตัวทำละลายของส่วนใบ พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตต ($91.91 \pm 0.25\%$) รองลงมาเป็นชั้นเฮกเซน ($79.09 \pm 0.66\%$) ชั้นเอทานอล ($78.27 \pm 0.25\%$) และชั้นอะซิโตน ($76.81 \pm 0.09\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้ปานกลางของใบ มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสมีค่าอยู่ในช่วง 76.81 ± 0.09 ถึง $91.91 \pm 0.25\%$ และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของส่วนสกัดหยาบจากใบที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากใบของแฉง พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-46 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากกิ่ง

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	15.21 \pm 0.29	36.13 \pm 0.29	33.70 \pm 0.19	38.02 \pm 0.65
1000	48.60 \pm 0.78	59.22 \pm 0.48	51.89 \pm 0.41	49.30 \pm 0.45
2000	64.83 \pm 1.02	79.26 \pm 0.79	72.71 \pm 0.41	58.54 \pm 0.50

ตารางที่ 4-47 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากกิ่ง

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	11.90 \pm 0.37	26.89 \pm 0.31	9.41 \pm 0.65
1000	27.25 \pm 0.53	39.40 \pm 0.64	16.35 \pm 0.74
2000	53.03 \pm 0.49	47.86 \pm 0.64	41.97 \pm 0.32



ภาพที่ 4-26 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบส่วนกิ่ง

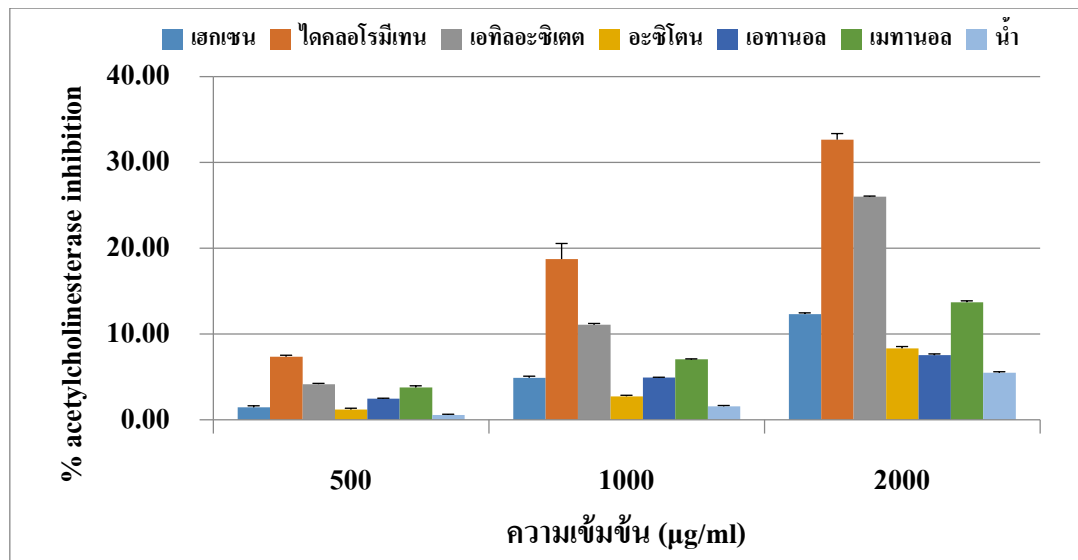
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบส่วนกิ่งแฉง ดังภาพที่ 4-26 ของทุกตัวทำละลายของส่วนกิ่ง พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ของส่วนสกัดหยาบชั้นไคคลอโรมีเทน ($79.26 \pm 0.79\%$) รองลงมาเป็นชั้นเอทิลอะซิเตต ($72.71 \pm 0.41\%$) และชั้นเฮกเซน ($64.83 \pm 1.02\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรสตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้วน้อยของส่วนสารสกัดหยาบจากกิ่ง มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรส อยู่ในช่วง 64.83 ± 1.02 ถึง $79.26 \pm 0.79\%$ และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรสของส่วนสกัดหยาบจากกิ่งที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากกิ่งแฉง พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-48 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	1.45 ± 0.19	7.35 ± 0.18	4.16 ± 0.10	1.20 ± 0.16
1000	4.90 ± 0.19	18.73 ± 1.82	11.07 ± 0.16	2.74 ± 0.12
2000	12.33 ± 0.14	32.65 ± 0.71	26.01 ± 0.06	8.33 ± 0.22

ตารางที่ 4-49 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	2.46 ± 0.07	3.76 ± 0.20	0.57 ± 0.09
1000	4.93 ± 0.03	7.05 ± 0.06	1.58 ± 0.10
2000	7.53 ± 0.15	13.70 ± 0.16	5.51 ± 0.10



ภาพที่ 4-27ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบส่วนลำต้น

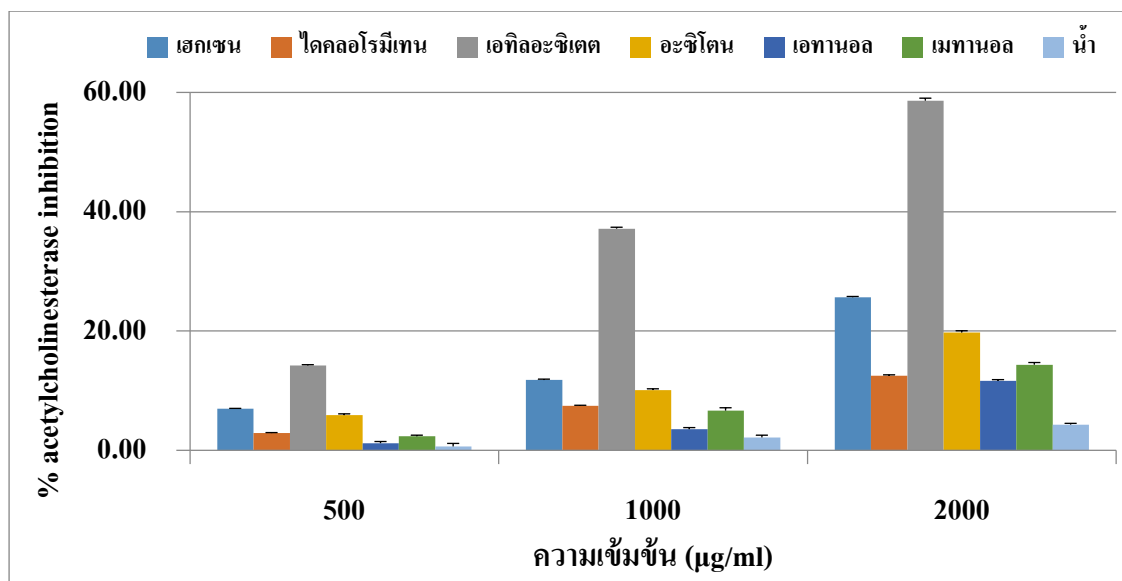
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบส่วนลำต้นแฉง ดังภาพที่ 4-27 ของทุกตัวทำละลายของส่วนลำต้น พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบชิ้นไคคลอโรมีเทน ($32.65 \pm 0.71\%$) รองลงมาเป็นชิ้นเอทิลอะซิเตต ($26.01 \pm 0.06\%$) และ ชิ้นเมทานอล ($13.70 \pm 0.16\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขี้ตัวทำละลายอินทรีย์และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของส่วนสกัดหยาบจากลำต้นที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากลำต้นของแฉง พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-50 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากเปลือกลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	6.98 \pm 0.06	2.90 \pm 0.08	14.25 \pm 0.12	5.90 \pm 0.22
1000	11.79 \pm 0.16	7.45 \pm 0.12	37.16 \pm 0.24	10.11 \pm 0.21
2000	25.67 \pm 0.12	12.51 \pm 0.15	58.60 \pm 0.42	19.74 \pm 0.30

ตารางที่ 4-51 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากเปลือกลำต้น

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	1.21 \pm 0.28	2.35 \pm 0.20	0.66 \pm 0.51
1000	3.54 \pm 0.27	6.67 \pm 0.48	2.17 \pm 0.38
2000	11.64 \pm 0.22	14.36 \pm 0.37	4.32 \pm 0.21



ภาพที่ 4-28 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิetylโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบ ส่วนเปลือกลำต้น

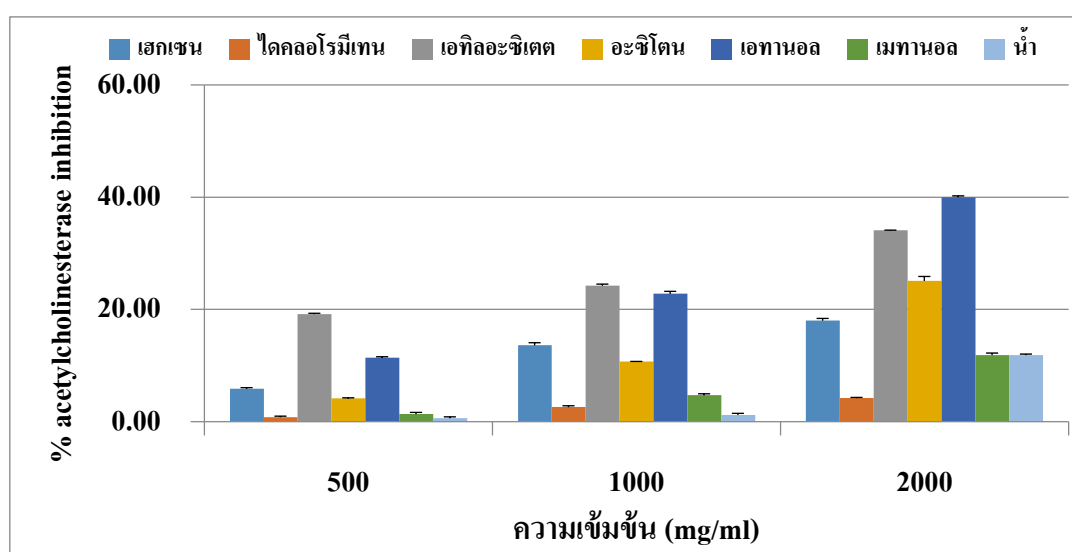
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิetylโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบส่วนเปลือกลำต้นแฉง ดังภาพที่ 4-28 ของทุกตัวทำละลายของส่วนเปลือกลำต้น พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL ของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตต (58.60±0.42%) รองลงมาเป็นชั้นเฮกเซน (25.67±0.12%) และชั้นอะซิโตน (19.74±0.30%) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซิetylโคลีนเอสเทอเรสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิetylโคลีนเอสเทอเรสตามความมีขี้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้วน้อยถึงปานกลางของเปลือกลำต้น มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์อะซิetylโคลีนเอสเทอเรสมีค่าอยู่ในช่วง 19.74±0.30 ถึง 58.60±0.42% และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิetylโคลีนเอสเทอเรสของส่วนสกัดหยาบจากเปลือกลำต้นที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกลำต้นแฉง พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์อะซิetylโคลีนเอสเทอเรสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-52 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไคคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนจากราก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)			
	เฮกเซน	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต	อะซิโตน
500	5.84 \pm 0.24	0.80 \pm 0.20	19.16 \pm 0.18	4.13 \pm 0.13
1000	13.60 \pm 0.48	2.58 \pm 0.26	24.23 \pm 0.31	10.72 \pm 0.04
2000	18.00 \pm 0.42	4.19 \pm 0.14	34.13 \pm 0.03	25.08 \pm 0.82

ตารางที่ 4-53 ร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำจากราก

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (mean \pm SD)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
500	11.39 \pm 0.19	1.36 \pm 0.31	0.62 \pm 0.25
1000	22.78 \pm 0.46	4.69 \pm 0.29	1.20 \pm 0.30
2000	39.99 \pm 0.27	11.87 \pm 0.39	11.87 \pm 0.20



ภาพที่ 4-29 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบส่วนราก

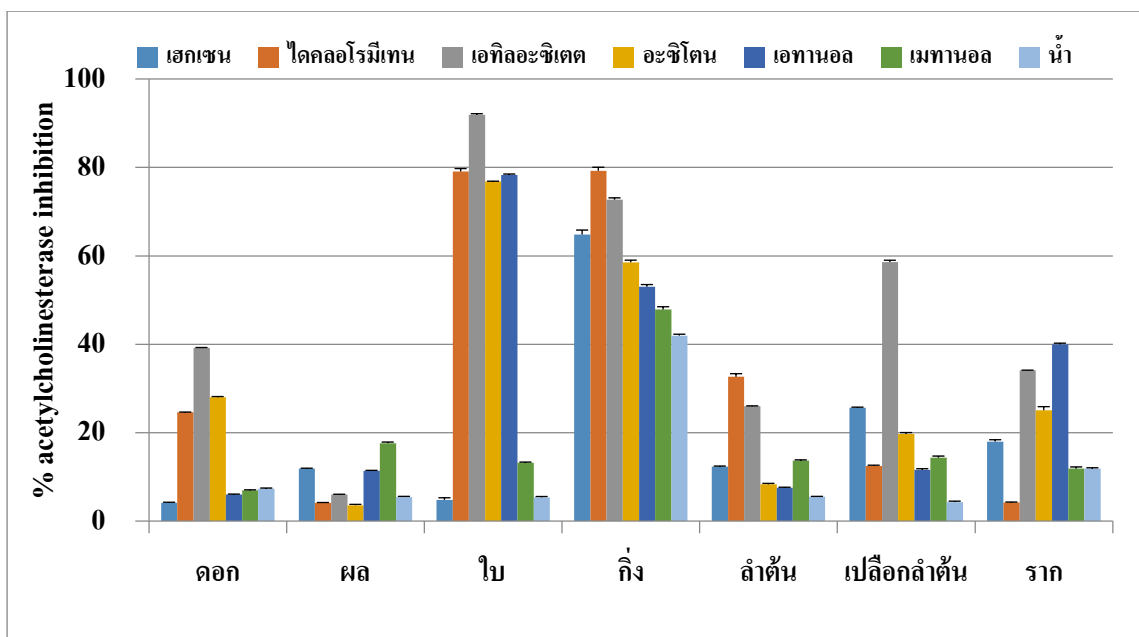
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสของสารสกัดหยาบ ส่วนรากแฉะ ดังภาพที่ 4-29 ของทุกตัวทำละลายของส่วนราก พบว่าที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล ($39.99 \pm 0.27\%$) รองลงมาเป็นชั้นเอทิลอะซิเตต ($34.13 \pm 0.03\%$) และชั้นอะซิโตน ($25.08 \pm 0.82\%$) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสได้ดีที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้ปานกลางของราก มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสมีค่าอยู่ในช่วง 25.08 ± 0.82 ถึง $39.99 \pm 0.27\%$ และจากการเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสของส่วนสกัดหยาบจากรากที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบจากรากแฉะ พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์อะซิetyl โคลิเนสเทอเรสเพิ่มขึ้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 4-54 ค่าร้อยละการทำงานยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบจาก
ส่วนดอก ผล ใบ และกิ่งของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL

ส่วนสกัดหยาบ จากแฉง	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (mean ± SD)			
	ดอก	ผล	ใบ	กิ่ง
เฮกเซน	4.14±0.14	11.89±0.09	4.81±0.48	64.83±1.02
ไดคลอโรมีเทน	24.61±0.07	4.13±0.09	79.09±0.66	79.26±0.79
เอทิลอะซิเตต	39.16±0.12	6.06±0.03	91.91±0.25	72.71±0.41
อะซิโตน	28.04±0.15	3.59±0.21	76.81±0.09	58.54±0.50
เอทานอล	6.01±0.12	11.40±0.09	78.27±0.25	53.03±0.49
เมทานอล	6.97±0.11	17.64±0.26	13.19±0.18	47.86±0.54
น้ำ	7.32±0.18	5.46±0.15	5.40±0.18	41.97±0.32

ตารางที่ 4-55 ค่าร้อยละการทำงานยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบ
จากส่วนลำต้น เปลือกลำต้น และรากของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL

ส่วนสกัด หยาบจากแฉง	ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (mean ± SD)		
	ลำต้น	เปลือกลำต้น	ราก
เฮกเซน	12.33±0.14	25.67±0.12	18.00±0.42
ไดคลอโรมีเทน	32.65±0.71	12.51±0.15	4.19±0.14
เอทิลอะซิเตต	26.01±0.06	58.60±0.42	34.13±0.03
อะซิโตน	8.33±0.22	19.74±0.30	25.08±0.82
เอทานอล	7.53±0.15	11.64±0.22	39.99±0.27
เมทานอล	13.70±0.16	14.36±0.37	11.87±0.39
น้ำ	5.51±0.10	4.32±0.21	11.87±0.20



ภาพที่ 4-30ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบของแฉง ที่ความเข้มข้นสารสกัดหยาบ 2000 $\mu\text{g/mL}$

จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส ดังภาพที่ 4-30 ของส่วนสกัดหยาบดอก ผล ใบ กิ่ง ลำต้น เปลือกลำต้น และราก ของแฉงที่ความเข้มข้น 2000 $\mu\text{g/mL}$ ของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตต (91.91 \pm 0.25%) จากใบ รองลงมาคือส่วนสกัดหยาบชั้นไคคลอโรมีเทน (79.26 \pm 0.79) จากกิ่ง และส่วนสกัดหยาบชั้นไคคลอโรมีเทน (79.09 \pm 0.66) จากใบ มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสได้ดีที่สุด ตามลำดับนอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส ตามความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสขึ้นกับความมีขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งในขี้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้ปานกลาง มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสได้ดีที่สุด นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของส่วนสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง พบว่า ใบและกิ่ง มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสที่สูง เมื่อเทียบกับดอก ผล ลำต้น เปลือกลำต้น และราก สำหรับส่วนผลมีฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสน้อยที่สุด และเมื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง พบว่าฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์

อะซีทิลโคดีนเอสเทอร์สไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ที่
ตรวจพบ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับทุกตัวทำลายอินทรีย์สารสกัดหยาบชั้นน้ำทุกส่วนต่าง ๆ ของแฉงยกเว้นราก (10.01 ± 0.60 ถึง 154.15 ± 0.75 mgGAE.g⁻¹) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด และยังพบว่า ทุกส่วนสกัดหยาบของแฉง มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมน้อยมาก (0.02 ± 0.02 ถึง 3.68 ± 0.22 mgQE.g⁻¹) ซึ่งแสดงว่าสารประกอบฟีนอลิกที่พบในสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มของสารประกอบฟลาโวนอยด์ จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ลิวคอปซินเนส และฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์อะซีทิลโคลีนเอสเตอเรสของสารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆของแฉง ที่ความเข้มข้น 2000 µg/mL พบว่า สารสกัดหยาบชั้นอะซีโตนจากเปลือกลำต้น แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด รองลงมาคือชั้นน้ำจากเปลือกลำต้น ($87.34 \pm 0.28\%$) และ ชั้นไดคลอโรมีเทนจากกิ่ง ($85.63 \pm 0.19\%$) ตามลำดับ และยังพบว่าสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซนจากเปลือกลำต้น ($99.36 \pm 0.37\%$) สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอปซินเนสได้มากที่สุด รองลงมาคือชั้นไดคลอโรมีเทนจากเปลือกลำต้น ($99.21 \pm 0.33\%$) และชั้นเมทานอลจากผล ($99.20 \pm 0.78\%$) ตามลำดับ และดีกว่าสารมาตรฐานเคอร์ซีดิน ($95.04 \pm 0.93\%$) ที่ความเข้มข้นเดียวกัน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซีทิลโคลีนเอสเตอเรสในส่วนสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของแฉง พบว่า ส่วนสกัดหยาบจากใบและกิ่งแฉงมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซีทิลโคลีนเอสเตอเรสได้ดีกว่าส่วนอื่น ๆ ของแฉง เมื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอปซินเนส และเอนไซม์อะซีทิลโคลีนเอสเตอเรส พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิวคอปซินเนส และเอนไซม์อะซีทิลโคลีนเอสเตอเรสไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณฟลาโวนอยด์รวมที่ตรวจพบ

จากข้อมูลการวิจัยดังกล่าว ทำให้ทราบว่า แฉง ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรในวงศ์กุ่มที่พบในประเทศไทยนั้น สามารถนำมาใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรคต่าง ๆ อาทิ ภาวะการอักเสบ โรคที่เกิดจากอนุมูลอิสระ และสามารถนำส่วนต่าง ๆ ของแฉงมาพัฒนาและใช้ประโยชน์ทางด้านยาได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยต่อไปควรแยกองค์ประกอบเพื่อหาโครงสร้างทางเคมี และทดสอบความเป็นพิษในสัตว์ทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลที่สนับสนุนการพัฒนาสมุนไพรมาใช้รักษาโรคต่อไป

บรรณานุกรม

- กัลยาณี วัฒนธีรวงศ์. (2551). ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากการเมล็ดสบู่ดำ (*Jatropha curcas* Linn.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีสำหรับครู, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม. (2554). อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์*, 1(1), 59-70.
- ฉันทนา อารมณดี. (2556). เภสัชจลนศาสตร์ของฟลาโวนอยด์. *วารสารอาหารและยา*, 1(1), 4-10.
- ทรงชัย หนูนชู. (2556). *ชินแนพซ์*. เข้าถึงได้จาก <http://fat.surin.rmuti.ac.th/teacher/songchai/my%20nerve%20site/synapse.htm>.
- นันทวัน บุญยะประภัศร. (2544). การสกัดแยกและพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารสำคัญจากสมุนไพร. ใน นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ (บรรณาธิการ), *เภสัชวินิจฉัยยา และผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 1* (หน้า 129-164). กรุงเทพฯ : แสงเทียนการพิมพ์.
- นวรรตน์ จัดเจน. (2553). *การศึกษาทางพฤกษเคมีของรากแฉง*. วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเภสัชพฤกษศาสตร์, คณะเภสัชศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นวลศรี รังกริชธรรม และอัญชญา เชนวิถีสุข. (2546). *แอนติออกซิเดนท์ : สารต้านมะเร็งในผักสมุนไพรไทย* (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่ : นพบุรีการพิมพ์.
- บุหรัน พันธุ์สวรรค์. (2556). อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 21(3), 275-286.
- โพยม วงศ์ภูวรักษ์ และพยงค์ เทพอักษร, บรรณาธิการ. (2544). *เภสัชวิทยา เล่ม 2*. นนทบุรี : โครงการสวัสดิการวิชาการ สถาบันพระบรมราช.
- มณชัย เดชสังกรานนท์. (2556). *พอลิฟีนอล*. เข้าถึงได้จาก http://thaifranchisedownload.com/dl/group73_6101_20130719164952.pdf.

- รัตนา อินทรานุปกรณ์. (2550). *การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพรมะขาม* (ฉบับปรับปรุง). เชียงใหม่. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีรพล คู่คงวิริยพันธ์, บุญเกิด คงยิ่งยศ และลัดดาวัลย์ เส็งกันไพโร, บรรณาธิการ. (2554). *เภสัชวิทยาสำหรับนักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพ เล่มที่ 1* (พิมพ์ครั้งที่ 7). ขอนแก่น :ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศัลยา คงสมบูรณ์. (2558). *อาหารต้านอัลไซเมอร์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : อมรินทร์เฮลท์.
- ศรันยา เจียจันทร์พงษ์. (2557). โรคอัลไซเมอร์. *อาหารและยา*, 27(169), 14-20.
- สำนักงานหอพรรณไม้. (2557). *ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2557*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- อชิป ลิขิตลิลิต. (2557). *อนุมูลอิสระ : แหล่งกำเนิดและการเกิดโรค*. กรุงเทพฯ : พี.เอ.ลีฟวิ่ง.
- อนันต์ สกฤตภูมิ. (2551). อนุมูลอิสระ สารอันตรายต่อสุขภาพและร่างกาย. *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์*, 8(1), 28-33.
- อัญชานา เจนวิถีสุข. (2544). *การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้านและสมุนไพรรักษาโรค*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อารี ศันท์เจริญรัตน์. (2553). โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer disease). *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 12(2), 169-182.
- เอี่ยมพร สกฤตแก้ว, บรรณาธิการ. (2549). *รู้จักเพื่อป้องกัน อัลไซเมอร์*. กรุงเทพฯ : ไกล่หมอ.
- โอภา วัชรกุลปต์, ปรีชา บุญจง, จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีนีย์ อัดดีสินทอง. (2549). *สารต้านอนุมูลอิสระ*. กรุงเทพฯ : พี.เอส.พรินท์.
- อุคม แก้วสุวรรณ, สมร มณีเนตร, ประสงค์ สระเพิ่มพูน, ณรงค์ ทองดี และสุดใจ วรเลข. (ม.ป.ป.). *แฉงพันธุไม้อันทรงคุณค่าในสยาม*. เข้าถึงได้จาก <http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/53/group04/udom/udom.html>.
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., & Legret, P. (1994). Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants. *J.de Pharmacie de Belgique*, 49, 462-468.

- Bazyłko, A., Piwowarski, J.P., Filipek, A., Bonarewicz, J., & Tomczyk, M. (2013). In vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of extracts from *Potentilla reata* and its main ellagitannin, agrimoniin. *Journal of ethnopharmacology*, 149, 222-227.
- Braca, A., Sortino, C., Politi, M., Morelli, I., & Mendez, J. (2002). Antioxidant activity of flavonoids from *Licania licaniae* flora. *J Ethnopharmacol*, 79(3), 379-381.
- Chilaka, K.C., Akuodor, G.C., Akpan, J.L., Ogiji, E.D., Eze, C.O., & Ezeokpo, B.C. (2015). Antibacterial and antioxidant activities of methanolic leaf extract of *Maerua crassifolia*. *Applied Pharmaceutical Science*, 5(10), 147-150.
- George, L., Ellman, K., Diane Courtney, Valentino Andres, J., & Robert M. Featherstone. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7(2), 88-90.
- Hosea Azi Iliya, & Eric Woode. (2015). Evaluation of Analgesic Property of Petroleum Ether/Ethyl Acetate Stem Bark Extract and Fractions of *Maerua angolensis* in Murine Models of Pain. *Applied Pharmaceutical Science*, 5(2), 91-102.
- Majhenic, L., Skerget, M., & Knez, Z. (2007). Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry*, 104(3), 1258-1268.
- Mamdouh Abdel-Mogib. (1999). A lupine triterpenoid from *Maerua oblongifolia*. *Phytochemistry*, 51, 445-448.
- Meda, N.T.R., Bagou, M.J., Bakksso, S., Millogo-Rasoloddimby, J., & Nacoulma, O.G. (2013). Antioxident activity of phenolic and flavonoid fractions of *Cleome gynandra* and *Maerua angolensis* of Burkina Faso. *Applied Pharmaceutical Science*, 3(2), 36-42.
- Tappel, A.L. (1962). Lipoxidase. In S.P., Colowick, & N.O., Kaplan, (Eds.), *Methods in Enzymology*, 5, 539-542.

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล

นางสาวรำพึง โพธิ์ศรี

วัน เดือน ปีเกิด

14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2530

สถานที่เกิด

จังหวัดสุพรรณบุรี

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

บ้านเลขที่ 9/4 หมู่ 4 ตำบลหัวตะพาน อำเภอวิเศษชัยชาญ
จังหวัดอ่างทอง

ตำแหน่งและประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2555

ครูผู้ช่วย โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย ฉะเชิงเทรา
จังหวัดฉะเชิงเทรา

พ.ศ. 2557 - ปัจจุบัน

ครู คศ.1 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย ฉะเชิงเทรา
จังหวัดฉะเชิงเทรา

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี)

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

พ.ศ. 2554

ประกาศนียบัตรบัณฑิต (วิชาชีพครู) มหาวิทยาลัยบูรพา

พ.ศ. 2560

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมีศึกษา) มหาวิทยาลัยบูรพา