การศึกษาทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชสกุล *Xylocarpus*

ศิริพร จิ๋วสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ธันวาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การศึกษาทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชสกุล *Xylocarpus*

ศิริพร จิ๋วสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ธันวาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ศิริพร จิ๋วสุวรรณ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร. อนันต์ อธิพรชัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(ดร.สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา)

..... กรรมการ

(ดร.อนันต์ อธิพรชัย)

..... กรรมการ

(ดร.ปิยะพร ณ หนองคาย)

..... กรรมการ

(ดร.เบญจวรรณ ชิวปรีชา)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของ ดร.อนันต์ อธิพรชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และดร.ประภาพรรณ เตชะเสาวภาคย์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน

ขอขอบคุณ คณาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาทุกท่าน และขอขอบคุณภาควิชาเคมีและศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี (PERCH-CIC) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่อำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์ และสารเคมีเพื่อทำวิจัยในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณแม่จินตนา จิ๋วสุวรรณ และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาเคมีศึกษาทุกคน ที่ช่วยเหลือทุก ๆ เรื่อง ขอขอบคุณ โครงการส่งเสริมความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (สสวท.) ที่สนับสนุนด้านทุนการวิจัยในการครั้งนี้

คุณค่า และประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ศิริพร จิ๋วสุวรรณ

57920934: สาขาวิชา: เคมีศึกษา; วท.ม. (เคมีศึกษา)
คำสำคัญ: ตะบูนขาว / ตะบูนดำ / ฤทธิ์ทางชีวภาพ / เบาหวาน

ศิริพร จิ๋วสุวรรณ : การศึกษาทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชสกุล *Xylocarpus* (CHEMISTRY AND BIOLOGICAL ACTIVITY STUDIES FROM PLANT IN THE GENUS *Xylocarpus*) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อนันต์ อธิพรชัย, Ph.D. 80 หน้า ปี พ.ศ. 2560.

พืชในสกุล *Xylocarpus* ประกอบด้วยตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) และตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) จัดเป็นพืชป่าชายเลนในวงศ์เลี่ยน นำมาใช้เป็นยาพื้นบ้านในการรักษาโรคอหิวาตกโรค โรคท้องร่วง และแก้ไข้ ในการศึกษานี้เป็นการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของตะบูนขาวและตะบูนดำ จากผลการศึกษาพบว่าตะบูนขาวมีปริมาณฟีนอลิกรวม (5.33±0.25 ถึง 757.42±17.20 mgGAE/g) สูงกว่าตะบูนดำ (3.68±0.49 ถึง 502.18±8.75 mgGAE/g) โดยสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้ของตะบูนทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด และเมื่อศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของตะบูนทั้ง 2 ชนิด พบว่าตะบูนทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมน้อยมาก นอกจากนี้เมื่อนำทุกส่วนสกัดหยาบของตะบูนทั้ง 2 ชนิดไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าตะบูนขาวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging)ได้ดีกว่าตะบูนดำในทุกส่วนสกัด นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนสกัดหยาบของตะบูนขาวยังมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ดีที่สุด (9.65±0.68 ถึง 99.66±0.17%) และดีกว่าสารมาตรฐานอคาร์โบส (84.27±0.95%) อีกด้วย

57920934: MAJOR: CHEMICAL EDUCATION; M. Sc. (CHEMICAL EDUCATION)
KEYWORDS: *Xylocarpus granatum* / *Xylocarpus moluccensis* / BIOLOGICAL ACTIVITY / DIABEYES

SIRIPORN CHEWSUWAN: CHEMISTRY AND BIOLOGICAL ACTIVITY STUDIES FROM PLANT IN THE GENUS *Xylocarpus*. ADVISORY COMMITTEE: ANAN ATHIPORNCHAI, Ph.D. 80 P. 2017.

Plants of the genus *Xylocarpus* including *Xylocarpus granatum* and *Xylocarpus moluccensis*, belonging to the family Meliaceae, consist of ethnomedicinally important mangrove plant species that are used in traditional medicine for treatment of cholera, diarrhea, and fever. The present study was performed to evaluate the total phenolic and total flavonoid content, antioxidant and alpha-glucosidase inhibitory activity from several part extracts of *Xylocarpus* plants. From the results found that *X. granatum* extracts showed higher total phenolic content (5.33±0.25 to 757.42±17.20 mgGAE/g) than *X. moluccensis* extracts (3.68±0.49 to 528.48±7.64 mgGAE/g). The stem extracts of these plants also showed highest the total phenolic content. Both *Xylocarpus* extracts showed low the total flavonoid content. In antioxidant activity found that all extracts of *X. granatum* showed higher antioxidant activity against DPPH free radical than *X. moluccensis* extracts. In addition, *X. granatum* extracts showed stronger alpha-glucosidase inhibitory activity and their also showed more active than standard diabetic drug acarbose (84.27 ± 0.93%).

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ..... 3

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของพืชที่ศึกษา..... 4

2.2 การสกัดสารจากพืช..... 7

2.3 อนุมูลอิสระ..... 9

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ..... 9

2.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging..... 11

2.6 โรคเบาหวาน..... 11

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 14

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 25

3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี..... 25

3.2 แผนการดำเนินการวิจัย..... 27

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 28

4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล..... 31

4.1 สารสกัดหยาบจากพืชสกุล *Xylocarpus*..... 31

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม	42
4.3 การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม	47
4.4 การหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH	51
4.5 การหาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส	63
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	75
5.1 สรุปผลการวิจัย	75
5.2 ข้อเสนอแนะ	76
บรรณานุกรม	77
ประวัติย่อของผู้วิจัย	80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ระดับน้ำตาลในเลือด มีหน่วยมิลลิกรัม/เดซิลิตร.....	12
4-1	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากใบตะบูนขาว.....	31
4-2	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากกิ่งตะบูนขาว.....	32
4-3	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเปลือกผลตะบูนขาว.....	32
4-4	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเมล็ดตะบูนขาว.....	33
4-5	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนขาว.....	33
4-6	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้ตะบูนขาว.....	34
4-7	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเปลือกต้นตะบูนขาว.....	34
4-8	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากรากตะบูนขาว.....	35
4-9	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเปลือกรากตะบูนขาว.....	35
4-10	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากใบตะบูนดำ.....	37
4-11	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากกิ่งตะบูนดำ	37
4-12	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเปลือกผลตะบูนดำ.....	38
4-13	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเมล็ดตะบูนดำ.....	38

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-14	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนดำ	39
4-15	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้ตะบูนดำ	39
4-16	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเปลือกต้นตะบูนดำ	40
4-17	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากรากตะบูนดำ	40
4-18	ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเปลือกรากตะบูนดำ	41
4-19	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และอะซิโตน ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว	43
4-20	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว	43
4-21	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และอะซิโตน ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ	45
4-22	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ	45
4-23	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และอะซิโตน ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว	47
4-24	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว	48
4-25	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และอะซิโตนของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ	49
4-26	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ	49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตะบูนขาว	5
2-2	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตะบูนดำ	6
2-3	ซอกซ์เลตเอกซ์แทรกเตอร์	8
2-4	ปฏิกิริยาการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging	11
2-5	ปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ PNPG ของการแสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส	13
3-1	แผนภาพการดำเนินงานวิจัยโดยรวม	27
4-1	ร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ ในตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 7 ชนิดของตะบูนขาว	36
4-2	ร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ ในตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 7 ชนิดของตะบูนดำ	41
4-3	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว	44
4-4	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ	46
4-5	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐานวิตามินซี กรดแกลลิก และเคอร์ซิติ	51
4-6	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของใบตะบูนขาว	52
4-7	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของกิ่งตะบูนขาว	52
4-8	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกผลตะบูนขาว	53
4-9	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดตะบูนขาว	53
4-10	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนขาว	54
4-11	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อไม้ตะบูนขาว	54
4-12	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นตะบูนขาว	55
4-13	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของรากตะบูนขาว	55
4-14	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกรากตะบูนขาว	56
4-15	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของตะบูนขาวที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml	56
4-16	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของใบตะบูนดำ	57
4-17	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของกิ่งตะบูนดำ	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-18	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกผลตะบูนดำ.....	58
4-19	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดตะบูนดำ.....	59
4-20	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนดำ.....	59
4-21	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อไม้ตะบูนดำ.....	60
4-22	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นตะบูนดำ.....	60
4-23	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของรากตะบูนดำ.....	61
4-24	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกรากตะบูนดำ.....	61
4-25	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของตะบูนดำที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml.....	62
4-26	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนใบตะบูนขาว.....	63
4-27	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนกิ่งตะบูนขาว.....	64
4-28	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกผลตะบูนขาว.....	64
4-29	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเมล็ดตะบูนขาว.....	65
4-30	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนขาว.....	65
4-31	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเนื้อไม้ตะบูนขาว.....	66
4-32	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกต้นตะบูนขาว.....	66
4-33	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนรากตะบูนขาว.....	67
4-34	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกรากตะบูนขาว.....	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-35	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml.....	68
4-36	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนใบตะบูนดำ.....	69
4-37	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนกิ่งตะบูนดำ.....	69
4-38	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกผลตะบูนดำ.....	70
4-39	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเมล็ดตะบูนดำ.....	70
4-40	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนดำ.....	71
4-41	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเนื้อไม้ตะบูนดำ.....	71
4-42	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกต้นตะบูนดำ.....	72
4-43	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนรากตะบูนดำ.....	72
4-44	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกรากตะบูนดำ.....	73
4-45	ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml.....	73

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสังคมไทยกำลังเข้าสู่การเป็นสังคมของผู้สูงอายุ (Aging society) ดังนั้นการป้องกัน ดูแล รักษาและส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุให้ดีขึ้น จึงเป็นบทบาทที่สำคัญอย่างมากในปัจจุบัน จากการศึกษาปัญหาการเจ็บป่วยจากการตรวจร่างกายของผู้สูงอายุไทยล่าสุดในปี 2552 โดยสำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ พบว่า โรคเรื้อรัง 5 อันดับที่พบมากในผู้สูงอายุคือ ความดันโลหิตสูง เบาหวาน โรคอ้วนลงพุง โรคหัวใจ และโรคข้อเสื่อม ซึ่งปัญหาการเป็นโรคเรื้อรังต่าง ๆ เหล่านี้โดยเฉพาะโรคเบาหวานจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี และโรคเบาหวานนั้นยังก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ ตามมาอีกมากมาย เช่น ความผิดปกติของปลายระบบประสาท จอประสาทตาเสื่อม โรคหลอดเลือดหัวใจและสมอง เป็นต้น ซึ่งโรคแทรกซ้อนเหล่านี้อาจเกิดมาจาก อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายอันเนื่องมาจากภาวะน้ำตาลในกระแสเลือดสูง (สำนักสารนิเทศ, 2557) ในการรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวานนั้นจะมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี หนึ่งในวิธีการรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวานคือการลดระดับน้ำตาลที่จะเข้าสู่กระแสเลือด โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล นั่นก็คือ เอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (α-glucosidase) และเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ซึ่งตามตำรายาแพทย์แผนไทย ว่าด้วยเรื่องสมุนไพรของไทยนั้นพบว่ามีสมุนไพรไทยจำนวนมากที่ออกฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลที่จะเข้าสู่กระแสเลือด เช่น มะระขี้นก ตำลึง บอระเพ็ด เตยหอม ใบสักทอง เห็ดหลินจือ ไมยราบ และอบเชย เป็นต้น (ประภัสสร วงษ์ศรี, ณัฐวุฒิ สุริยะ และอักษราราณัฐ ภักดีสมัย, ม.ป.ป.) นอกจากนี้ประเทศไทยยังเป็นประเทศที่มีความหลากหลายของพรรณพืชป่าชายเลนอีกด้วย โดยพืชป่าชายเลนที่สำคัญของไทย ได้แก่ โกงกาง แสม ลำพู ลำแพน และตะบูนทั้งสอง (ตะบูนขาวและตะบูนดำ; พืชสกุล *Xylocarpus*) ซึ่งพืชป่าชายเลนเหล่านี้ยังคงมีการนำมาทำประโยชน์ทางยาน้อยมาก ส่วนมากนิยมนำไปเผาถ่าน ทำเสาบ้าน ทำโต๊ะ หรือย้อมแห เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม พืชสกุล *Xylocarpus* ยังคงมีสรรพคุณทางยาตามตำราแพทย์แผนไทยในการรักษาอาการท้องเสีย แก้อาการไอ แก้บิด อหิวาตกโรค ยาบำรุงร่างกาย และล้างแผลอีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ทางชีวภาพจากส่วนต่าง ๆ ของพืชในสกุล *Xylocarpus* 2 ชนิดที่พบบริเวณ

ป่าชายเลนของไทยคือตะบูนขาว (*X. granatum*) และตะบูนดำ (*X. moluccensis*) โดยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน (H) ไดคลอโรมีเทน (D) เอทิลอะซิเตท (EA) อะซิโตน (AC) เอทานอล (E) เมทานอล (M) และน้ำ (W) จากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) และตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) ได้แก่ ใบ (L) กิ่ง (T) เปลือกผล (PEE) เมล็ด (SE) เปลือกหุ้มเมล็ด (SC) เนื้อไม้ (ST) เปลือกต้น (STB) ราก (R) และเปลือกราก (RB)

2. ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดโรคเบาหวานของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว และตะบูนดำ ได้แก่ ใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกราก

3. ศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม กับฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดโรคเบาหวานของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว และตะบูนดำ ได้แก่ ใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกราก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว และตะบูนดำ ได้แก่ ใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกรากโดยใช้วิธีสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ

2. วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว และตะบูนดำ ได้แก่ ใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกราก

3. ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคสซิเดส ที่ก่อให้เกิดโรคเบาหวาน ของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว และตะบูนดำ ได้แก่ ใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกราก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ทราบถึงข้อมูลทางเคมี และทางชีวภาพพื้นฐานของพืชสกุล *Xylocarpus* 2 ชนิด ที่พบบริเวณป่าชายเลนของไทย คือตะบูนขาว (*X. granatum*) และตะบูนดำ (*X. moluccensis*) เพื่อนำไปสู่การยกระดับ และการพัฒนาพืชสมุนไพรของไทยให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งเพื่อนำไปสู่การค้นพบยาชนิดใหม่ที่ช่วยในการรักษา ป้องกัน และลดปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อสุขภาพ และภาวะทุพโภชนาการที่นำไปสู่การเจ็บป่วยเรื้อรังได้อีกด้วย

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สารสกัดหยาบ (crude extract) คือ สารสกัดเบื้องต้นจากพืชสมุนไพรที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำให้สารบริสุทธิ์ โดยมีวิธีการสกัดไม่ยุ่งยาก

2. ฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activity) คือการวัดความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพ หรือสมบัติทางชีวภาพของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ หรือฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดโรคบางชนิด เป็นต้น

3. พืชสกุล *Xylocarpus* คือพืชวงศ์ Meliaceae เป็นพืชที่พบบริเวณป่าชายเลนของประเทศไทยมีอยู่ 3 ชนิด คือ ตะบัน (*X. rumphii*) ตะบูนขาวหรือตะบันขาว (*X. granatum*) และตะบูนดำ (*X. moluccensis*)

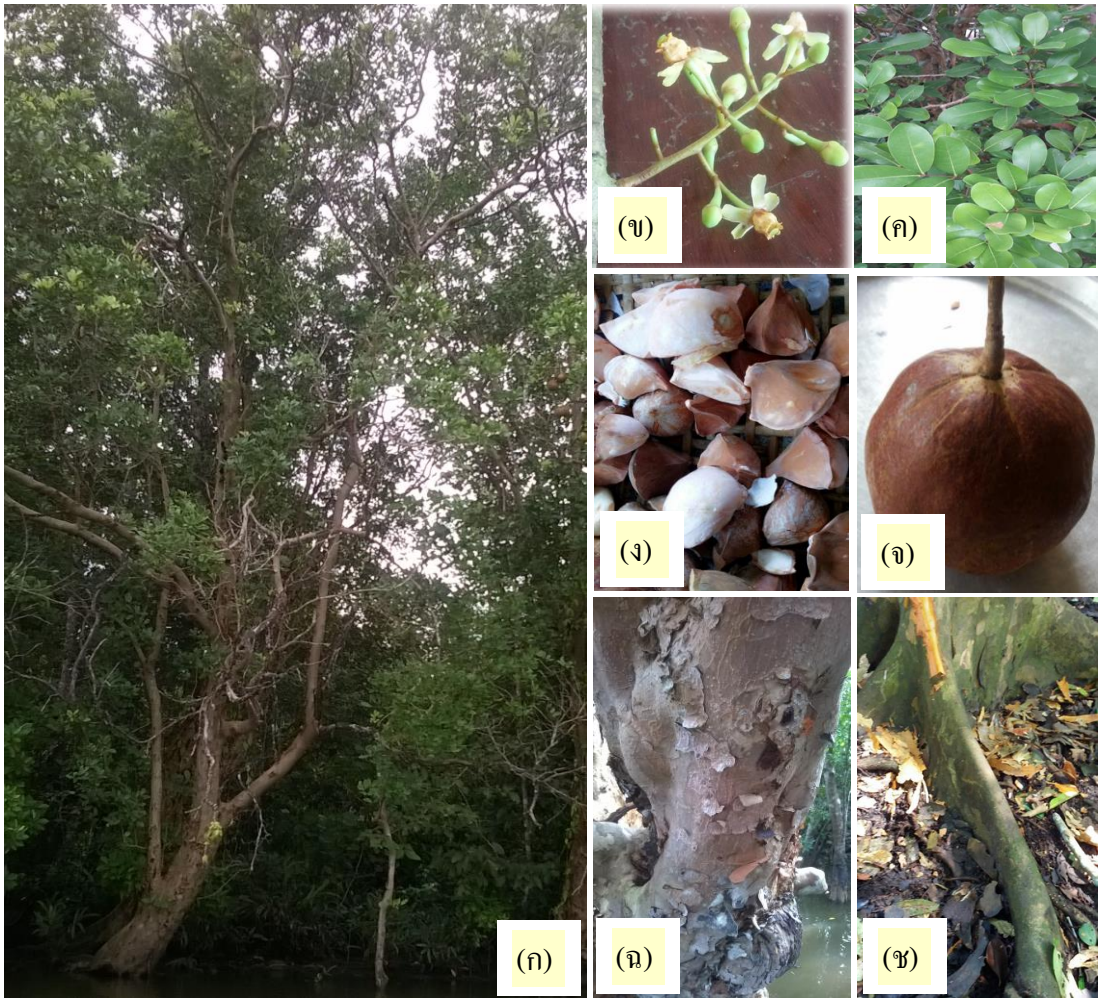
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของพืชที่ศึกษา

2.1.1 ตะบูนขาว *(Xylocarpus granatum*) (สำนักงานหอพรรณไม้, 2557)

ตะบูนขาว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xylocarpus granatum* J. Koening จัดอยู่ในวงศ์ Meliaceae เป็นไม้ต้นหรือไม้พุ่ม สูง 6-15 เมตร พบตามป่าชายเลน มักอยู่ด้านหน้าตามชายฝั่ง พบขึ้นปนกับต้นจาก ลำพู และลำแพน กิ่งก้านเล็กเรียว รากมีลักษณะเป็นพูพอนเป็นรูปริบบิ้นแผ่กระจายไปจากโคนต้น เปลือกบาง เรียบ สีขาว หรือสีน้ำตาลเหลือง ใบเป็นแบบขนนกปลายคู่ แกนกลางใบและก้านใบรวมกันยาว 9-12 เซนติเมตร ใบย่อยมี 1 หรือ 2-3 คู่ รูปไข่กลับ กว้าง 3-6 เซนติเมตร ยาว 5-12 เซนติเมตร ปลายใบกลมหรือมน โคนสอบแคบ เนื้อหนาคล้ายหนัง ดอกมีสีขาวครีม หรือสีชมพูเข้ม ออกเป็นช่อกระจุกแยกแขนง ยาว 1-6 เซนติเมตร กางออก เกิดบนกิ่งอ่อน หรือกิ่งแก่ มักแตกเป็นง่ามมีแกนกลางชัดเจน ใบประดับ และใบประดับย่อยยาวประมาณ 0.5 มิลลิเมตร หลุดร่วงง่าย ก้านดอกย่อยยาว 3-9 มิลลิเมตร บวมพองที่ปลายติดกับกลีบเลี้ยงเห็นชัด กลีบเลี้ยงปลายจักเป็นพู มี 4 พู ลึกเกือบถึงกึ่งกลาง ขอบพูจรดกัน กลีบดอกมี 4 กลีบ รูปขอบหนา กว้าง 2-3 มิลลิเมตร ยาว 3.5-5.5 เซนติเมตร ก้านเกสรเพศผู้เชื่อมกันเป็นท่อ มีเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 2-3.5 มิลลิเมตร ปลายจักเป็นพู แต่ละพูเป็นติ่งแหลม หรือแตกเป็นสอง หรือมน อับเรณูมี 8 อัน ติดอยู่ในท่อ จากฐาน ดอกรูปหมอน รังไข่มี 4 ช่อง แต่ละช่องมีไข่อ่อน 3-4 หน่วย ก้านเกสรเพศเมียสั้น ยอดเกสรเพศเมียเป็นรูปจานขอบจัก บนยอดเป็นร่องเรียงตามรัศมี 4 ร่อง ผลมีลักษณะเกือบกลม มีขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางยาว 12-25 เซนติเมตร แตกเป็น 4-5 เสี่ยงจากปลาย มีเมล็ด 8-20 ขนาดใหญ่ ยาว 4-6 เซนติเมตร รูปพีระมิด

สรรพคุณตามตำรายา ทุกส่วนของตะบูนขาวเป็นยาฝาดสมาน รากและเปลือกต้นออกฤทธิ์มาก รากแก้อหิวาตกโรค เปลือกต้นและผล แก้บิด แก้อหิวาตกโรค แก้ท้องเสีย เป็นยาฝาดสมาน ใช้ฟอกหนัง ผลและเมล็ด แก้ท้องร่วง เป็นยาบำรุง แก้ไอ เปลือกผลใช้พอกแก้บวม เถ้าจากเมล็ดแก้โรคหิด เปลือกและเมล็ด แก้อาการไอ แก้อาการท้องร่วง ยาแก้บิด ชะล้างแผล เป็นยาบำรุงร่างกาย (ก่องกานดา ชยามฤต และลีนา ผู้พัฒนพงศ์, 2545)

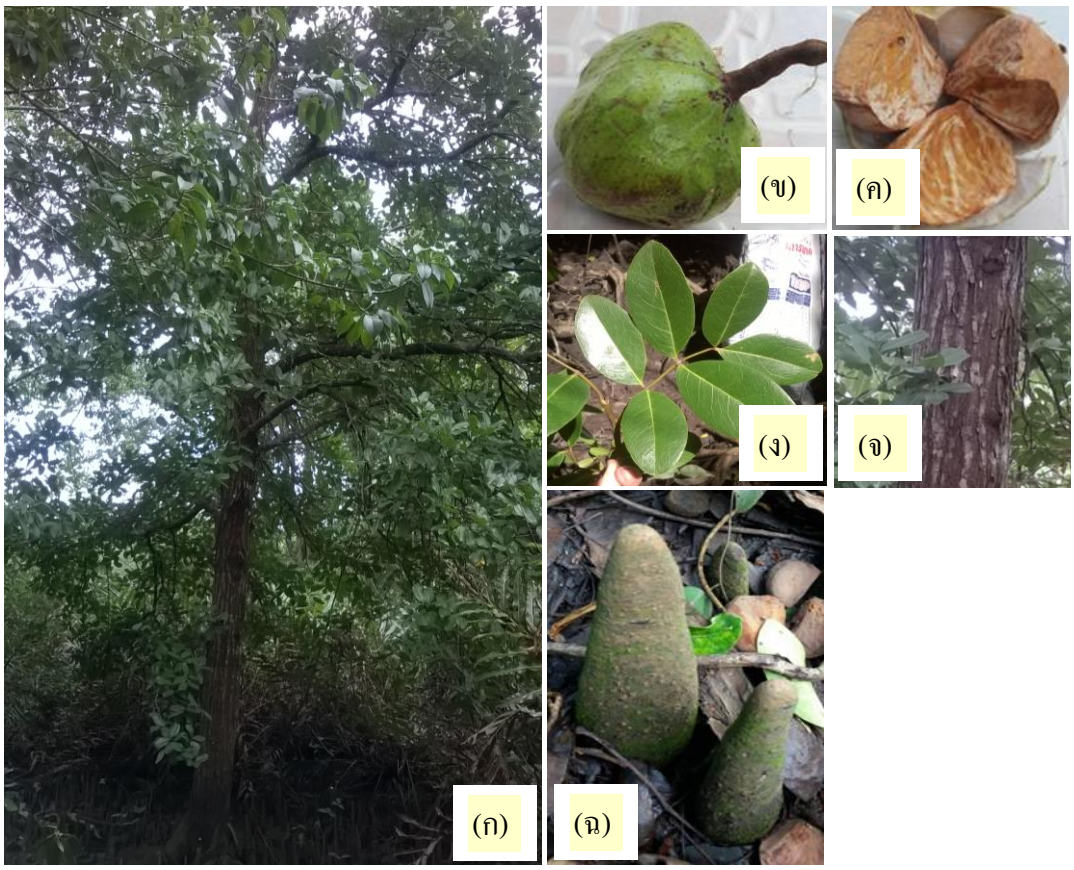


ภาพที่ 2-1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตะบูนขาว (ก) ทั้งต้น (ข) ดอก (ค)ใบ (ง) เมล็ด (จ) ผล (ฉ) ลำต้น (ช) ราก

2.1.2 ตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) (สำนักงานหอพรรณไม้, 2557)

ตะบูนดำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xylocarpus moluccensis* (Lam.) M.Roem. จัดอยู่ในวงศ์ Meliaceae เป็นไม้ต้นหรือไม้พุ่ม สูง 6-18 เมตร รากหายใจตั้งตรง แหลม ลำต้นตั้งตรง เปลือกหยาบ มีรอยแตกเป็นร่อง ใบประกอบแบบขนนกปลายคู่ ใบยาว 10 เซนติเมตร ใบย่อยมี 2-4 คู่ รูปใบแบบหอก กว้าง 4-6.5 เซนติเมตร ยาว 7-10 เซนติเมตร ปลายแหลม หรือมน โคนสอบแคบค่อนข้างเบี้ยว ขอบเรียบ ขนเกลี้ยง ดอก สีขาวครีม ออกเป็นช่อกระจุกแยกแขนงตามง่ามใบ มักเกิดขึ้นพร้อมกับใบใหม่ เป็นดอกแยกเพศ ผล แห้งเกือบกลม เส้นผ่านศูนย์กลางยาว 6-11 เซนติเมตร แตกเป็น 4-5 เสี่ยงจากปลาย เมล็ด มี 5-20 เมล็ด ขนาดใหญ่ 4-6.5 เซนติเมตร เป็นรูปพีระมิด

สรรพคุณตามตำราไทยคล้ายกับตะบูนขาว คือ ผลและเมล็ด เป็นยาบำรุงร่างกาย แก้ท้องร่วง แก้อาการไอ ผลและเปลือกผล แก้อหิวาตกโรค รักษาแผลภายใน แก้อาการท้องเสีย แก้บิด ล้างบาดแผล พอกรักษาแผลสด แผลบวม แผลฟกช้ำเป็นหนอง ผลแห้งตากแห้งนำมาเผาไฟร่วมกับเห็ดพังกา และน้ำมันมะพร้าว ใช้สำหรับทาแก้มะเร็งผิวหนัง เปลือกลำต้น เป็นยาลดไข้ แก้อาการอักเสบในลำไส้ และอาการผิดปกติในช่องท้อง (ก่องกานดา ชยามฤต และลีนา ผู้พัฒนพงศ์, 2545)



ภาพที่ 2-2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตะบูนดำ (ก) ทั้งต้น (ข) ผล (ค) เมล็ด (ง) ใบ (จ) ลำต้น (ฉ) ราก

2.2 การสกัดสารจากพืช

2.2.1 การเตรียมตัวอย่างพืช (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2550)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญในพืช เช่น ฤดูกาลที่เก็บเกี่ยว ช่วงเวลา สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ เป็นต้น หลักในการเก็บส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ รากและเหง้า ควรเก็บหลังจากพืชเจริญเติบโตเต็มที่ เปลือกต้นเก็บเมื่อต้นเจริญเต็มที่ ใบและยอดเก็บก่อนที่พืชจะออกดอกหรือก่อนที่ดอกจะบาน ดอกเก็บเมื่อดอกกำลังจะบาน หรือก่อนเวลาผสมเกสร ผล เก็บเมื่อสุกเต็มที่หรือผลเจริญเต็มที่แต่ยังไม่สุก เมล็ดควรเก็บเมื่อผลแก่เต็มที่ แต่ก่อนที่ผลจะแตกออก

สำหรับการเก็บตัวอย่างเพื่อใช้ควรระวังเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีคุณภาพต้องมั่นใจว่าไม่มีพืชชนิดอื่น หรือสารอื่นปะปนมาด้วย พืชที่เก็บมาจะต้องสะอาดไม่มีเชื้อรา หรือโรคพืชติดมาด้วย และเมื่อเก็บตัวอย่างพืชแล้วนำมาทำความสะอาดและควรทำให้แห้ง และเก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำ มีอากาศหมุนเวียน และเมื่อจะนำพืชมาสกัดนั้นควรนำพืชมาทำการย่อยขนาดของพืชให้มีขนาดเล็กลง เพื่อทำลายผนังเซลล์ และเพิ่มพื้นที่ผิวของพืชที่จะสัมผัสกับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด

2.2.2 การสกัดสาร

การเลือกตัวทำละลายมาใช้ในการสกัดสารออกจากพืช ตัวทำละลายที่เลือกควรมีคุณสมบัติ คือ มีความสามารถในการละลายสารสำคัญมากที่สุด และไม่ทำลายสารสำคัญที่อยู่ในพืช มีความคงตัวดี หาง่าย และราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ไม่ระเหยง่าย หรือยากจนเกินไป วิธีการสกัดสารสำคัญที่อยู่ในพืชให้ออกมานั้นมีอยู่ด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น

1. มาเซอเรชัน (maceration) เป็นการสกัดสารสำคัญออกจากพืชโดยการหมักพืชกับตัวทำละลายจนกระทั่งเนื้อเยื่อของพืชอ่อนนุ่ม โดยทำในภาชนะปิดสนิท เป็นวิธีการสกัดที่ไม่ใช้ความร้อนเหมาะกับการสกัดสารที่ไม่ทนต่อความร้อน แต่เป็นวิธีที่ช้าใช้เวลานาน

2. เพอร์โคเลชัน (percolation) เป็นวิธีการสกัดสารจากพืชโดยการปล่อยให้ตัวทำละลายไหลผ่านผงของพืชตัวอย่าง อย่างช้า ๆ พร้อมกับละลายเอาองค์ประกอบออกจากพืชออกมา โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เพอร์โคเลเตอร์ วิธีนี้เป็นวิธีการสกัดที่ดีสำหรับการสกัดสารจากพืชโดยไม่ใช้ความร้อน แต่มีข้อเสีย คือ สิ้นเปลืองตัวทำละลายและใช้เวลาในการสกัดนาน

3. การสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous extraction) เป็นวิธีการสกัดสารออกจากพืชโดยต้องใช้ความร้อน และใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ซอกซ์เลตเอกซ์แทรกเตอร์ (Soxhlet extractor) เป็นการสกัดแบบระบบปิด โดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ เมื่อได้รับความร้อนจากเตาไฟฟ้า ตัวทำละลายในภาชนะจะระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวมาในทิมเบอร์ ซึ่งบรรจุสมุนไพรไว้ ตัวทำละลายจะผ่านผงสมุนไพรซ้ำแล้วซ้ำอีกไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งองค์ประกอบในสมุนไพรถูกสกัดออกมา เมื่อตัว

ทำละลายสูงถึงระดับจะเกิดกระบวนการกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับลงไปในภาชนะ วิธีนี้เหมาะสำหรับการสกัดองค์ประกอบที่ทนต่อความร้อนและใช้ตัวทำละลายน้อย ไม่สิ้นเปลือง มีข้อเสียคือไม่เหมาะที่จะใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน และตัวทำละลายที่ใช้ไม่ควรเป็นของผสม

ภาพที่ 2-3 ซอกซ์เลตเอกซ์แทรกเตอร์

เมื่อสารที่สกัดจากพืชออกมาอยู่ในตัวทำละลายแล้ว จะสามารถแยกตัวทำละลายออกจากสารสำคัญสามารถทำได้หลายแบบ เช่น การระเหย การกลั่นโดยภาวะสุญญากาศ การทำให้แห้ง เป็นต้น

สารสำคัญที่สามารถสกัดออกมาได้จากพืชนั้น หากเป็นพืชสมุนไพรมักจะนิยมนำมาใช้เพื่อป้องกัน หรือรักษาอาการเจ็บป่วยซึ่งสาเหตุของการเจ็บป่วยนั้นมีหลายแบบ ทั้งที่เป็นปัจจัยภายนอกร่างกาย หรือปัจจัยภายในร่างกาย โดยในปัจจุบันนี้มีปัจจัยหนึ่งที่ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคความจำเสื่อม และเบาหวาน เป็นต้น นั่นคือ อนุมูลอิสระ

2.3 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระเป็นอะตอมหรือโมเลกุลซึ่งมีอิเล็กตรอนที่ขาดคู่อยู่ในวงรอบของอะตอม เป็นอะตอมหรือโมเลกุลที่ไม่เสถียรเนื่องจากขาดอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ในร่างกาย สามารถแบ่งอนุมูลอิสระได้ 2 แบบ คือ

2.3.1 อนุมูลอิสระที่เกิดในร่างกาย ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาผลาญอาหาร และอนุมูลอิสระจะสามารถรวมตัวกับสารบางชนิดในร่างกายก่อให้เกิดสารพิษที่ทำลายเนื้อเยื่อ หรือไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอ ทำให้เซลล์ปกติแปรสภาพไปเป็นเซลล์มะเร็ง เป็นต้น

2.3.2 อนุมูลอิสระที่มาจากนอกร่างกาย ซึ่งเกิดได้หลายปัจจัย เช่น การได้รับเชื้อโรค โรคที่เกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน การได้รับรังสี มลภาวะต่าง ๆ เช่นควันบุหรี่ แก๊สจากท่อไอเสียรถยนต์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่นจากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ ที่มีไขมันสูง การใช้น้ำมันทอดซ้ำ เป็นต้น

ดังนั้นเราจึงจำเป็นที่จะต้องยับยั้งอนุมูลอิสระเหล่านี้ ซึ่งจะช่วยชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารเริ่มต้น ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้โดยปกติสามารถพบได้ในร่างกาย ได้แก่ สารที่เป็นเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ เช่น ซูเพอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส คะทะเลส กลูทาไทโอนเพอร์ออกซิเดส กลูทาไทโอนรีดักเทส กลูทาไทโอนทรานส์เฟอเรส และสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ได้จัดให้เป็นเอนไซม์ เช่น กลูทาไทโอน กรดลิโพอิก เซอรูโลพลาสมิน แอลบูมิน กรดยูริก บิลิรูบิน และซิสทิน เป็นต้น สารต้านอนุมูลอิสระอีกส่วนคือ สารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในอาหารที่รับประทานในชีวิตประจำวัน เช่นวิตามินอี แคโรทีนอยด์ วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก สเตียรอยด์ ยูบิควิโนน ไทออล อินโนซิน ทัวรีน ไพรูเวต กรดแกลลิก ฟลาโวนอยด์ โทรลอกซ์ บีเอชที และบีเอชเอ เป็นต้น (อนันต์ สกุลกิม, 2551)

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เป็นสารที่ใช้ยับยั้ง หรือทำลายอนุมูลอิสระ โดยมีทั้งแบบที่ทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรง และแบบส่งเสริมการสร้างเอนไซม์เพื่อให้กำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นโดยสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสารทุติยภูมิที่พบในพืชส่วนมาก ได้แก่สารในกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compounds) เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และลิกนิน (lignins) เป็นต้น

โดยสามารถตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชที่เราสนใจได้หลายชนิด เช่น การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และการหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม เป็นต้น

2.4.1 สารประกอบฟีนอลิกรวม

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่พบได้ในพืช มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน (benzene ring) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) อย่างน้อย 1 หมู่ ในธรรมชาติพบสารประกอบฟีนอลิกได้หลายชนิด ที่พบมากสุดจะเป็นกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และโพลิฟีนอลิก เช่น ลิกนิน (lignin) และ แทนนิน (tannin) สารประกอบฟีนอลิก ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยทำปฏิกิริยากับ $OH^{\bullet}$ $ONOO^{-}$ $ROO^{\bullet}$ และ HOCl เพื่อยับยั้งกระบวนการ lipid peroxidation จึงทำให้มีปริมาณอนุมูลอิสระลดลง (อธิป ลิขิตลิลิต, 2557)

สำหรับการทดสอบหาสารต้านอนุมูลอิสระโดยหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สามารถทำได้ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent ซึ่งอาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ของโมลิบโดทังสเตตไอออน (molybdotungstate ion) ซึ่งมีรีเอเจนท์ประกอบด้วย โซเดียมทังสเตต (sodium tungstate) โซเดียมโมลิบเดต (sodium bolybdate) กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) และ โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไอออน Mo(VI) ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Mo(V) ซึ่งมีสีน้ำเงิน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณจากกราฟสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิก รายงานค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในรูปของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัม (mgGAE /g)

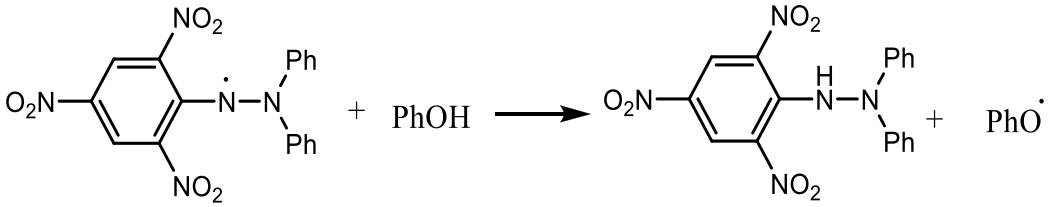
2.4.2 สารประกอบฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบฟีนอลิก ประเภทโพลิฟีนอล (polyphenol) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงเบนซีน 2 วง ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลรวมอยู่ในโมเลกุลตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป สามารถละลายในน้ำได้ สามารถพบฟลาโวนอยด์ในพืชที่มีสีเขียว และทุก ๆ ส่วนของพืช อีกทั้งยังพบว่าสารฟลาโวนอยด์มีฤทธิ์ที่ใช้ป้องกัน และรักษาโรคได้ เช่น มะเร็ง โรคเกี่ยวกับหัวใจ และหลอดเลือด ต้านการอักเสบ การแพ้ เป็นต้น ซึ่งฤทธิ์เหล่านี้สัมพันธ์กับคุณสมบัติของสารต้าน อนุมูลอิสระด้วย (โอภา วัชระคุปต์ และคณะ, 2549)

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (Total Flavonoid Content : TFC) มีหลักการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นระหว่างสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่มี phenolic hydroxyl groups กับ Al^{3+} ซึ่งให้สารละลายที่มีสีเหลือง และดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณจากกราฟสารละลายมาตรฐานของเคอร์ซิติน รายงานค่าสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมในรูปของมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัม (mgQE /g)

2.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging

การศึกษาฤทธิ์การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยใช้อนุมูลอิสระที่เสถียร มีความคงตัว คือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) ในตัวทำละลายเมทานอล สารละลายที่ได้มีสีม่วง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เมื่อ DPPH$^{\cdot}$ ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายจากสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองดังภาพที่ 2-4 ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูง ความเข้มของสารละลายสีม่วงจะลดลง
(โอภา วัชระคุปต์, 2549)



ภาพที่ 2-4 ปฏิกิริยาการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging

2.6 โรคเบาหวาน

พิสิฐ ตั้งกิจวานิชย์ (ม.ป.ป.) และ วิทยา ศรีดามา (2553) กล่าวว่า โรคเบาหวาน (Diabetes mellitus, DM) เป็นโรคต่อมไร้ท่อที่พบบ่อยที่สุด เกิดจากมีระดับกลูโคสในเลือดสูงกว่าปกติ โดยเบาหวานเกิดได้หลายปัจจัย ได้แก่ เบาหวานชนิดที่ 1 เกิดจากตับอ่อนทำงานผิดปกติ นั่นคือไม่ผลิตหรือผลิตอินซูลินออกมาน้อย มักเกิดในคนที่มีอายุน้อยกว่า 20 ปี เบาหวานชนิดที่ 2 พบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชายที่มีอายุมากกว่า 30 ปี มักมีประวัติโรคเบาหวานในครอบครัว ผู้ป่วยในกลุ่มนี้มักมีระดับอินซูลินในเลือดปกติแต่ออกฤทธิ์ได้น้อยลงกว่าเดิม เพราะมีภาวะการดื้ออินซูลิน พบมากในคนอ้วน เนื่องจากไขมันที่สะสมไว้บริเวณหน้าท้อง จะไปกระตุ้นให้เซลล์ไขมันไปยับยั้งไม่ให้เนื้อเยื่อในร่างกาย ไม่ให้ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งพลังงานและยังไปกระตุ้นตับให้สังเคราะห์น้ำตาลเพิ่มขึ้นอีกด้วย (อธิป ลิขิตลิลิต, 2557) เบาหวานอีกชนิดเป็นเบาหวานที่เกิดได้ชั่วคราวคือ เบาหวานขณะตั้งครรภ์ เกิดจากผลของฮอร์โมนเลกโตเจนจากรก และโปรเลกตินที่เพิ่มสูงขึ้นในขณะตั้งครรภ์ซึ่งมีฤทธิ์ต้านฤทธิ์ของอินซูลินจะหายหลังจากการคลอด

ในการตรวจวินิจฉัยว่าเป็นโรคเบาหวานนั้น สามารถตรวจโดยดูระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ดังแสดงในตารางที่ 2-1 (ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2550)

ตารางที่ 2-1 ระดับน้ำตาลในเลือด มีหน่วยมิลลิกรัม/เดซิลิตร

น้ำตาลก่อนอาหาร		**น้ำตาลหลังอาหาร**	
70-99	ปกติ	< 140	ปกติ
≥ 100-125	เสี่ยง	140-190	ตรวจ OGTT เพิ่ม
≥ 126	เบาหวาน	≥ 200	เบาหวาน

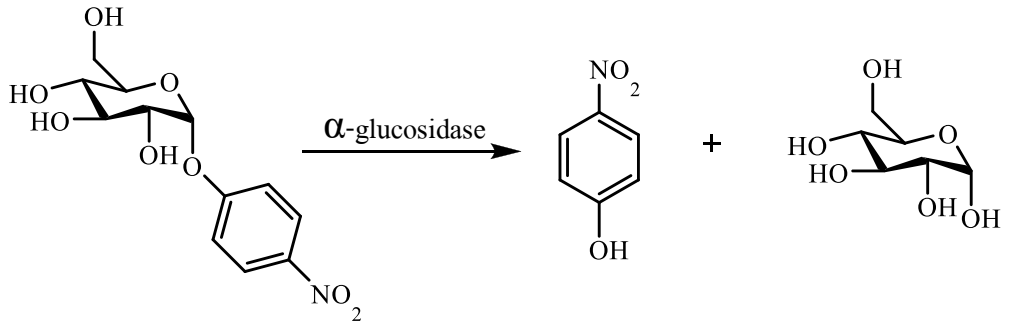
ภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน ได้แก่ จอประสาทตาเสื่อม หรือเส้นเลือดที่ไตเสื่อม โรคหัวใจขาดเลือด โรคเส้นเลือดสมองอุดตัน หรือโรคเส้นเลือดส่วนปลายอุดตัน ต้อกระจก เส้นประสาทส่วนปลายอักเสบ เป็นต้น

การรักษาโรคเบาหวาน มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การควบคุมอาหาร โดยการงดอาหารน้ำตาลสูง ผลไม้ที่มีน้ำตาลสูง เช่น ทุเรียน องุ่น และสัปปะรด เป็นต้น ควรรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนสูงและไขมันต่ำ เช่น ข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ เมล็ดพืช ธัญพืช หรือการใช้สมุนไพรในการควบคุมระดับน้ำตาล เช่น มะระขี้นก มะดัน ตำลึง ผักเชียงดา อินทนิลน้ำ หนวดข้าวโพด (อารีรัตน์, 2555) การออกกำลังกาย เป็นการลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดภาวะอ้วนและทำให้ระบบหลอดเลือดและหัวใจแข็งแรงขึ้น การให้ยารับประทานหากไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดด้วยอาหารหรือการออกกำลังกายได้จะได้รับยากลุ่ม Sulfonylurea กลุ่ม Meglitinide กลุ่ม Biguanides กลุ่ม Thiazolidinediones กลุ่ม α-glucosidase inhibitors และกลุ่ม Dipeptidyl peptidase-4 inhibitors sitaglitin (วีรพล คู่คงวิริยพันธ์, 2554) หรือการฉีดอินซูลินทดแทนจากที่ร่างกายขาดไป เป็นวิธีการรักษาโรคเบาหวานชนิดที่ 1 ทุกราย หรือเบาหวานชนิดที่ 2 บางราย ที่เป็นมานานและมีความรุนแรงของโรคมากจนไม่สามารถควบคุมได้ด้วยการรับยาเพียงอย่างเดียวได้ ในปัจจุบันมีการป้องกัน และรักษาเบาหวานโดยใช้สมุนไพรอย่างหลากหลาย ซึ่งสมุนไพรที่มีคุณสมบัติลดระดับน้ำตาลในเลือด เช่น ช้าพลู มะระขี้นก เตยหอม กะเพรา ตำลึง ว่านหางจระเข้ อบเชยจีน อินทนิลน้ำ และหว้า เป็นต้น ซึ่งสมุนไพรที่มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดนั้นมีสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำตาลกลูโคส เช่น เอนไซม์แอลฟา- กลูโคซิเดส เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

เอนไซม์แอลฟา-กลูโคสิเดส เป็นเอนไซม์ที่พบมากที่ผนังเซลล์ของลำไส้เล็ก มีหน้าที่ย่อยแป้ง และคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หากสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ชนิด

นี้ได้จะเป็นการช่วยลดการดูดซึมกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือด และช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดลงได้อีกด้วย ดังนั้นจึงมีความสนใจในการศึกษานำพืช มาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

โดยการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคทางสเปกโทรสโกปีในการทดสอบ โดยการติดตามปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์สารตั้งต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์ในการทดสอบจะใช้สารละลาย *p*-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside (PNPG) ทำหน้าที่เป็นซับสเตรต โดยเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับ PNPG ได้เป็นน้ำตาลกลูโคส และสาร *p*-nitrophenol ซึ่งเป็นสารละลายใสสีเหลืองและดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร ดังแสดงปฏิกิริยาในภาพที่ 2-5 หากการทดลองได้ค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร มากแสดงว่าเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี แต่ถ้ามีค่าการดูดกลืนแสงน้อย นั้นคือเอนไซม์เอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสถูกยับยั้งการทำงาน แสดงว่าสารสกัดจากพืชนั้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ดี (ปนัดดา ทินบุตร, 2554)



p-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside (PNPG)

p-nitrophenol (yellow)

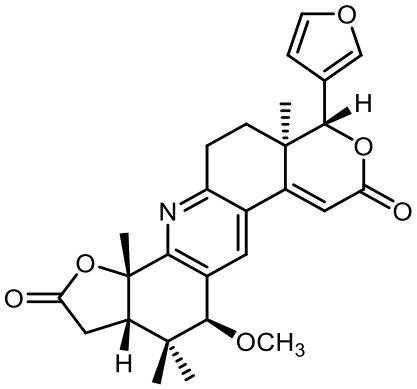
glucose

ภาพที่ 2-5 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ PNPG ของการแสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

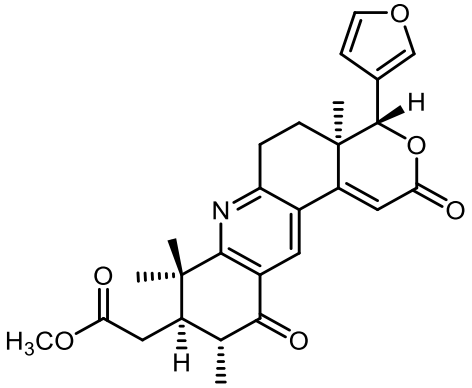
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*)

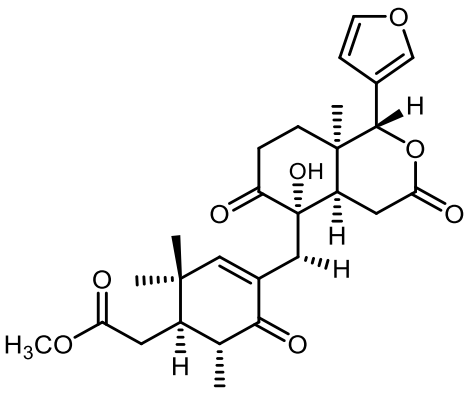
Zhou et al. (2014) ศึกษาการนำส่วนสกัดหยาบชั้นเมทานอลจากกิ่งและใบของตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum* Koenig) ที่เก็บจากป่าชายเลนในประเทศจีน มาทำการแยกให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี สามารถแยกสารลิโมนอยด์-ไพริดีนชนิดใหม่ได้ 2 สาร ประกอบด้วย Xylogranatopyridines A และ B ซึ่งสารทั้งสองนั้นเกิดมาจากสารลิโมนอยด์ตั้งต้นคือ prexylogranatopyridine โครงสร้างทางเคมีของสารใหม่พิสูจน์ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปีร่วมกับเทคนิค single-crystal X-ray diffraction รวมทั้งได้นำสารลิโมนอยด์-ไพริดีนที่แยกได้ไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของโปรตีนไทโรซิน ฟอสฟาเทต 1B (protein tyrosine phosphatase 1B) ที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวาน พบว่า Xylogranatopyridine A เท่านั้นที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ชื่อว่าโปรตีนไทโรซิน ฟอสฟาเทต 1B โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 22.9 μM



Xylogranatopyridine A

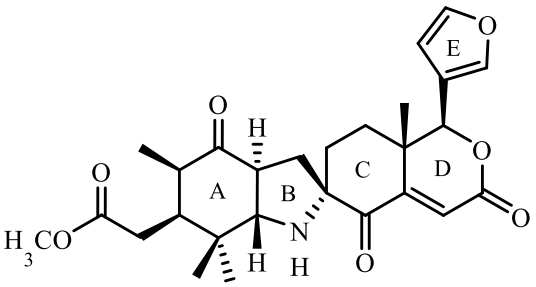


Xylogranatopyridine B

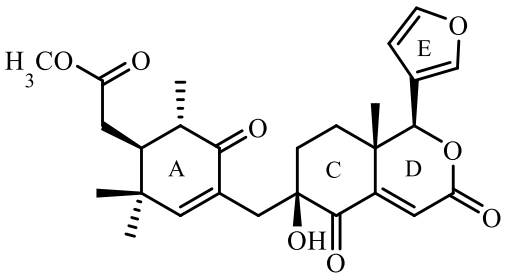


Prexylogranatopyridine

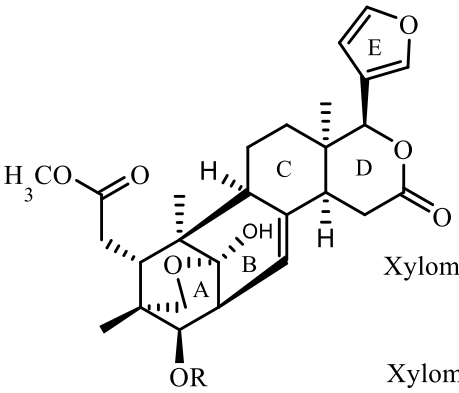
Wu et al. (2014) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของส่วนสกัดหยาบเอทานอลจากเมล็ดตะบูนขาว (*X. granatum*) พบ tetranortriterpenoids ชนิดใหม่ 4 สาร คือ Xylomexicanins E ถึง H โดยโครงสร้างที่แยกได้ทำการพิสูจน์ยืนยันโครงสร้างด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี จากนั้นนำสารที่แยกได้ไปทดสอบฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง 6 ชนิด คือ A549 RERF PC-3 PC-6 QG-56 และ QG-90 พบว่า Xylomexicanins F แสดงฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็ง A549 และRERF ในระดับปานกลาง มีค่า IC_{50} 18.83 และ 15.83 mM ตามลำดับ

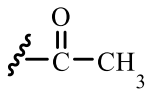


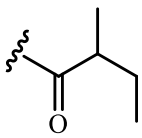
Xylomexicanin E



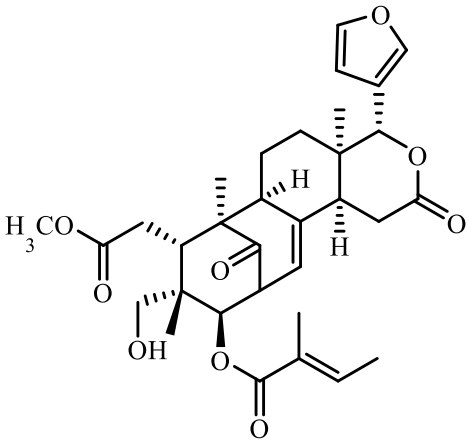
Xylomexicanin F



Xylomexicanin G R = 

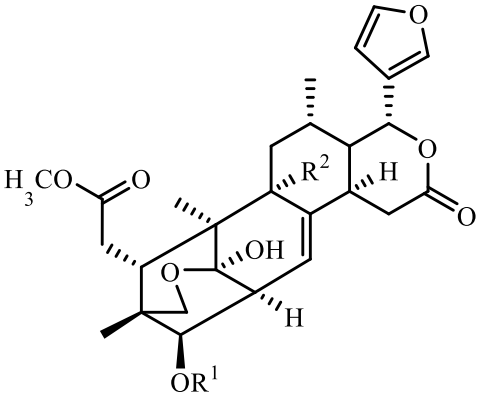
Xylomexicanin H R = 

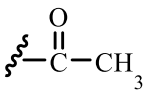
ในปีเดียวกัน Wu et al. (2014) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอลจากเมล็ดของตะบูนขาว พบลิโมนอยด์ชนิดใหม่ที่ชื่อ Xylocartin C ทำการพิสูจน์ และยืนยันโครงสร้างด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

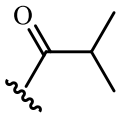


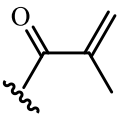
Xylocartin C

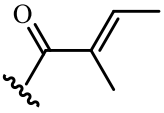
Chen et al. (2014) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอลจากเมล็ดตะบูนขาว พบลิโมนอยด์ชนิดใหม่ 4 ชนิด มีชื่อว่า Granatumins V ถึง Y ทำการพิสูจน์ และยืนยันโครงสร้างด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี รวมทั้งใช้เทคนิค X-ray crystallography ร่วมอีกด้วย



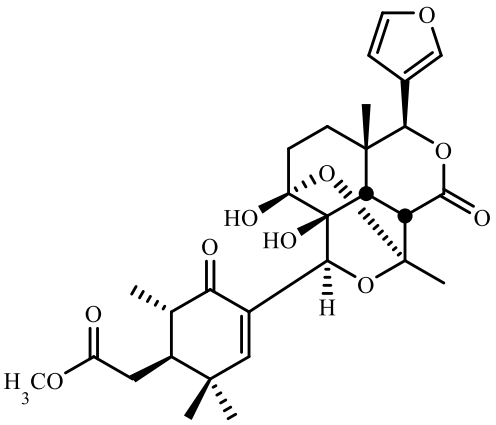
Granatumin V $R^1 =$  $R^2 = H$

Granatumin W $R^1 =$  $R^2 = H$

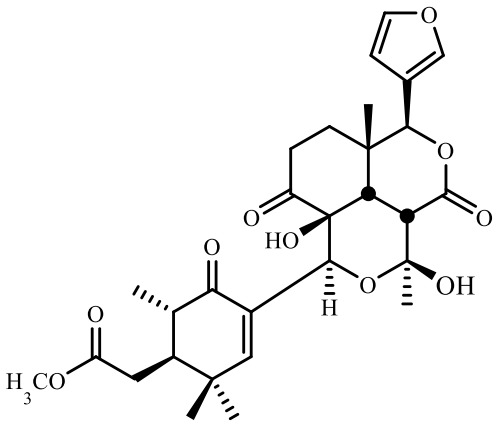
Granatumin X $R^1 =$  $R^2 = H$

Granatumin Y $R^1 =$  $R^2 = OH$

Huo et al. (2010) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีจากส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอลของเมล็ดตะบูนขาว สามารถแยกสารได้ 2 ชนิด คือ Xylocarponoid A และ Xylocarponoid B โครงสร้างของสารทั้งสองสารที่สามารถแยกได้ทำการพิสูจน์ และยืนยันโครงสร้างด้วยเทคนิคต่าง ๆ ทางสเปกโทรสโกปี

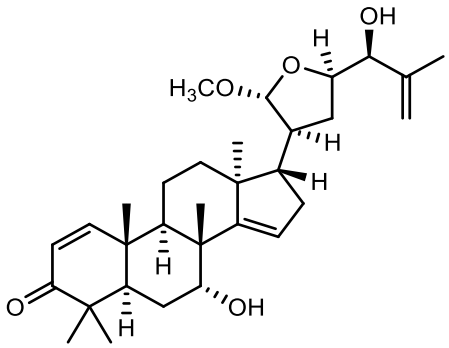


Xylocarponoid A

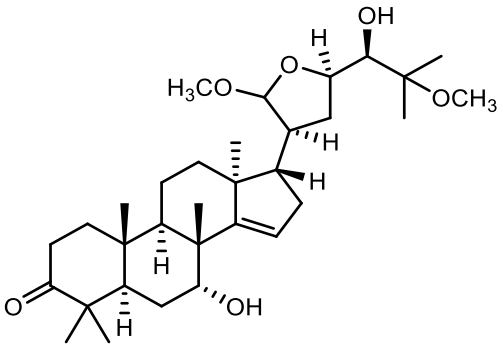


Xylocarponoid B

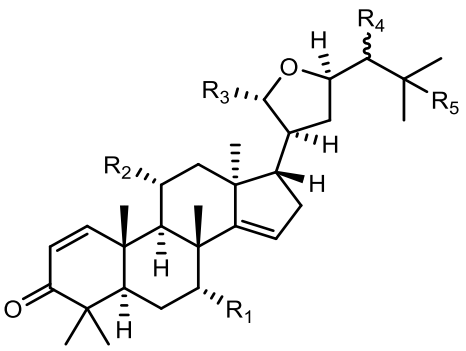
Zhou et al. (2014) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบจากส่วนใบและกิ่งของตะบูนขาว ในชั้นเมทานอล พบว่าสามารถแยกสารได้ 10 ชนิด เป็นสารกลุ่ม protolimonoids ที่มีรายงานมาก่อนหน้านี้แล้ว 3 ชนิด และสารชนิดใหม่ 7 ชนิด ได้แก่ Xylogranatumines A ถึง G โครงสร้างของสารใหม่วิเคราะห์ และยืนยันโครงสร้างด้วยด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี นอกจากนี้นำลิโมนอยด์ที่แยกได้ทั้งหมดไปทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด (A549) พบว่า Xylogranatumines F มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งปอดที่ดีที่สุด



Xylogranatumine A



Xylogranatumine D



Xylogranatumine B :

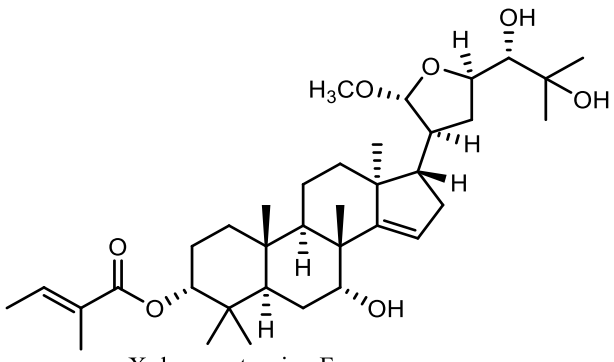
R_1 = OAc R_2 = H R_3 = OCH_3 R_4 = β -OH R_5 = OH

Xylogranatumine C :

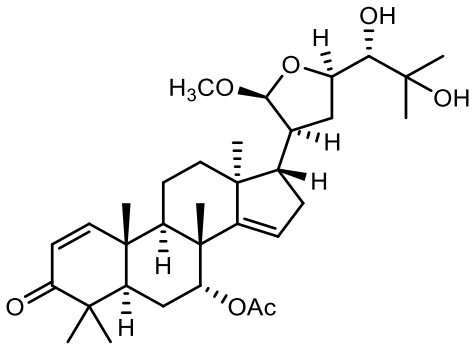
R_1 = OH R_2 = H R_3 = OCH_3 R_4 = α-OAc R_5 = OH

Xylogranatumine E :

R_1 = OH R_2 = OAc R_3 = OCH_3 R_4 = α-OH R_5 = OCH_3

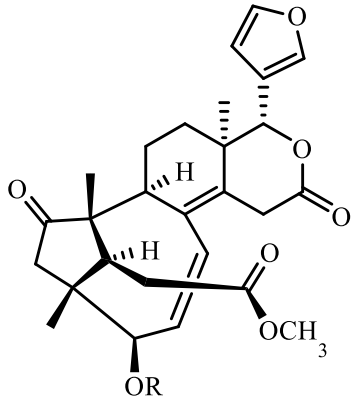


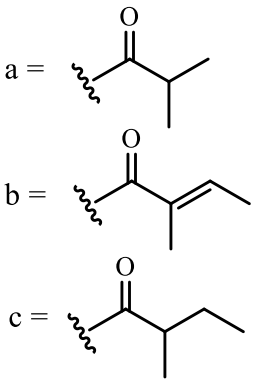
Xylogranatumine F



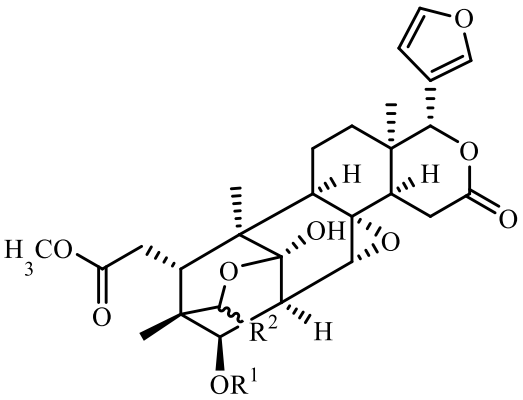
Xylogranatumine G

Dai et al. (2017) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ต้าน HIV ของสารสกัดหยาบชั้นเมทานอล จากส่วนเมล็ดของตะบูนขาว ที่เก็บในประเทศอินเดีย พบว่า ได้สารลิโมนอยด์ใหม่ 5 สาร ได้แก่ Sundarbanxylogranins A ถึง E โครงสร้างของสารที่แยกได้ทำการพิสูจน์ และยืนยันโครงสร้างด้วยเทคนิคทางทางสเปกโทรสโกปี นอกจากนี้นำสารที่แยกได้ไปทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ HIV พบว่า Sundarbanxylogranin B แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ HIV ในระดับปานกลาง ด้วยค่า IC_{50}=23.14±1.29 μM





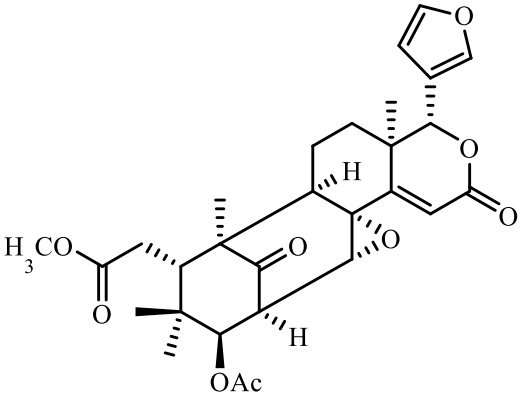
Sundarbanxylogranin A , R = a



Sundarbanxylogranin C R^1 = b R^2 = α-OCH_3

Sundarbanxylogranin D R^1 = a R^2 = β-OCH_3

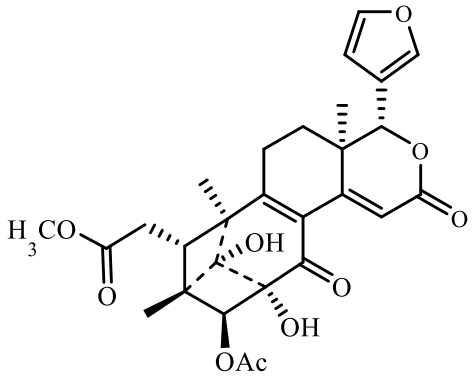
Sundarbanxylogranin E R^1 = c R^2 = H



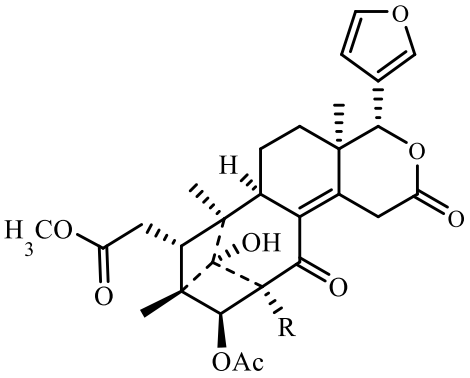
Sundarbanxylogranin B

2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis)*

Pudhom et al. (2010) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนสกัดหยาบชั้นเมทานอล จากเปลือกหุ้มเมล็ดของตะบูนดำ ซึ่งเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม 2009 จากจังหวัดสมุทรสงคราม โดยนำเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนดำมาสกัดด้วยเมทานอล เป็นเวลา 2 วัน จำนวน 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบองค์ประกอบด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี พบว่าได้สารใหม่ 3 สาร ซึ่งเป็นสารลิโมนอยด์กลุ่ม phragmalin คือสาร Moluccensin H Moluccensin I และ Moluccensin J เมื่อนำสารดังกล่าวที่แยกได้มาทดสอบฤทธิ์ พบว่าสาร Moluccensins H มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus hominis* และ *Enterococcus faecalis*



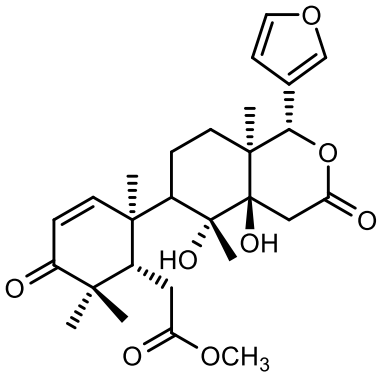
Moluccensin H



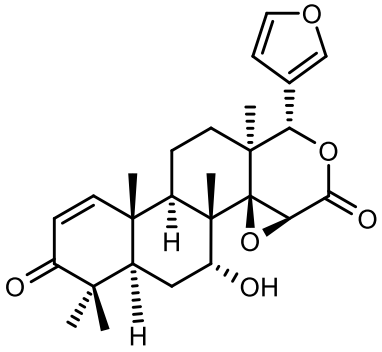
Moluccensin I R = OCH_3

Moluccensin J R = H

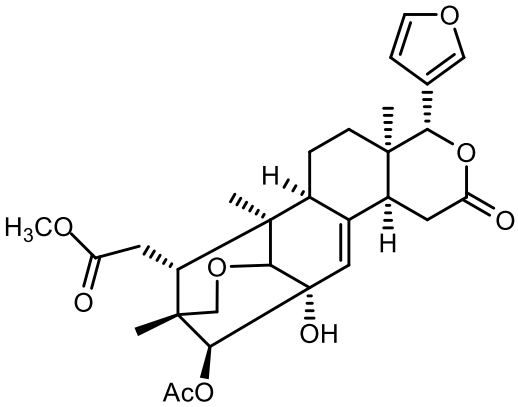
Ravangpai et al. (2011) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพจากส่วนสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตทของเมล็ดตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจากจังหวัดภูเก็ต พบสารใหม่ประเภท andirobin จำนวน 1 สารคือ Thaimoluccensis A และพบสารที่เป็นลิโมนอยด์ใหม่ชนิด phragmilin จำนวน 2 สารคือ Thaimoluccensis B และ C นอกจากนี้ยังพบลิโมนอยด์ที่เคยมีรายงานไว้แล้วอีก 8 สาร เมื่อนำสารลิโมนอยด์ที่ได้ไปทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยดูการยับยั้งการผลิตสารไนตริกออกไซด์จาก macrophage พบว่าลิโมนอยด์ประเภท gedunin ที่มีชื่อว่า 7-deccetylgedunin ให้ฤทธิ์การยับยั้งการผลิตสารไนตริกออกไซด์ที่ดีที่สุดด้วยค่า IC_{50} น้อยกว่า 10 μM



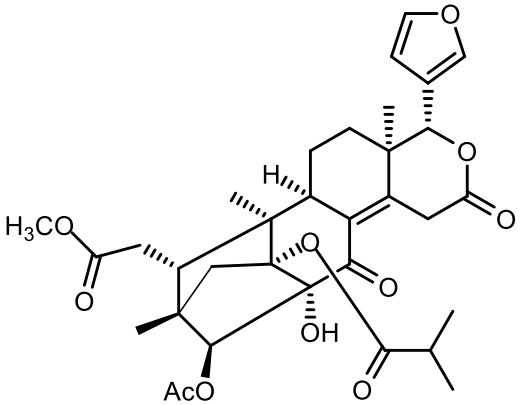
Thaimoluccensin A



7-deacetylgedunin

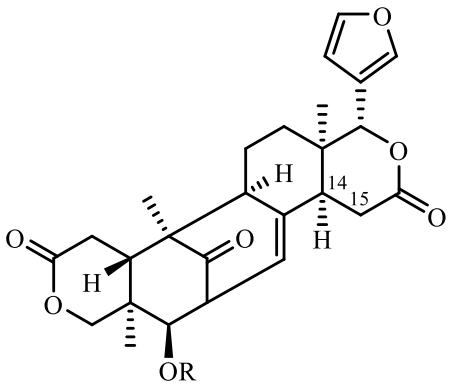


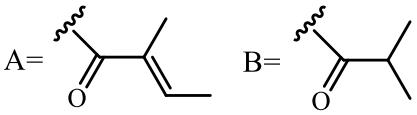
Thaimoluccensin B



Thaimoluccensin C

Li et al. (2010) รายงานการศึกษาลิโมนอยด์ในเมล็ดของตะบูนดำที่สกัดด้วย 95% เอทานอล 3 ครั้ง ที่อุณหภูมิห้อง สามารถสกัดลิโมนอยด์ได้ทั้งหมด 18 ชนิด ประกอบด้วยสารที่ค้นพบก่อนหน้า 8 ชนิด และสารใหม่อีก 10 ชนิด ได้แก่ Godavarins A ถึง J ทำการวิเคราะห์และยืนยันโครงสร้างของสารที่แยกได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี และนำสารมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเติบโตของแมลง พบว่า Mexicanolide และ Fissinolide มีฤทธิ์ยับยั้งการกินของตัวอ่อนระยะที่ 3 ของ *Brontispa longissima* (Gestro) ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นสารดังกล่าวน่าจะแสดงฤทธิ์ปานกลางในการเป็นสารฆ่าแมลง

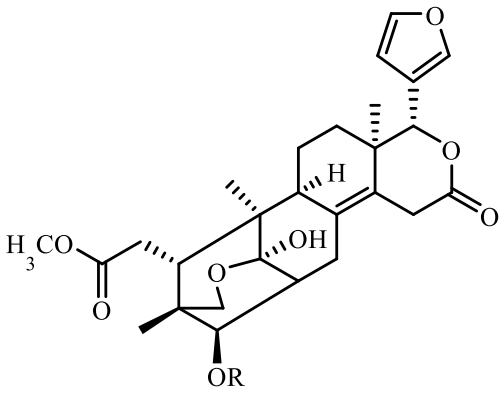




Godavarins A R = A

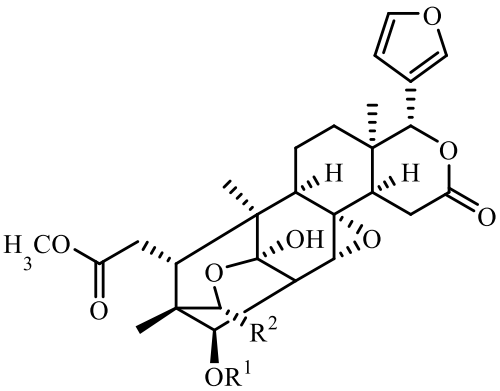
Godavarins B R = B

Godavarins C R = A, $\Delta^{14,15}$



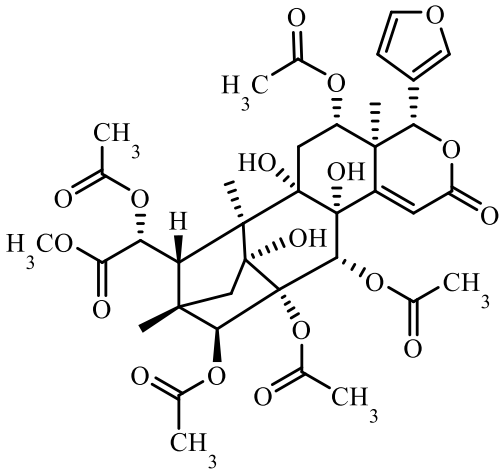
Godavarins D R = A

Godavarins E R = B

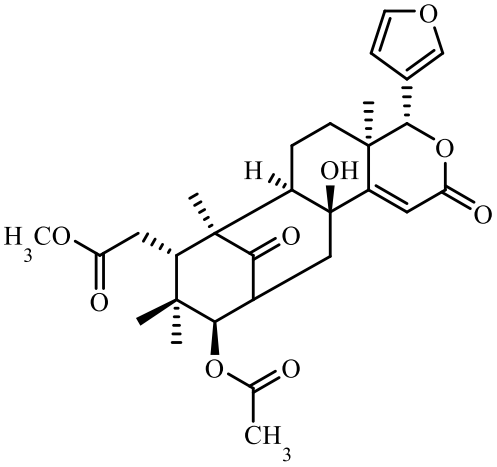


Godavarins F R^1 = A R^2 = H

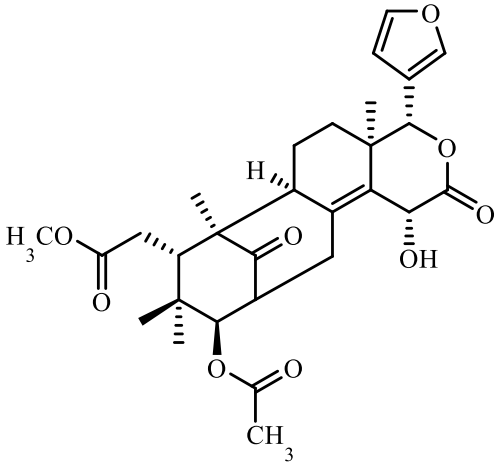
Godavarins G R^1 = B R^2 = OCH_3



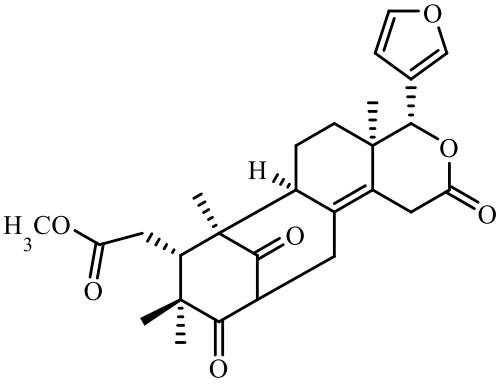
Godavarins H



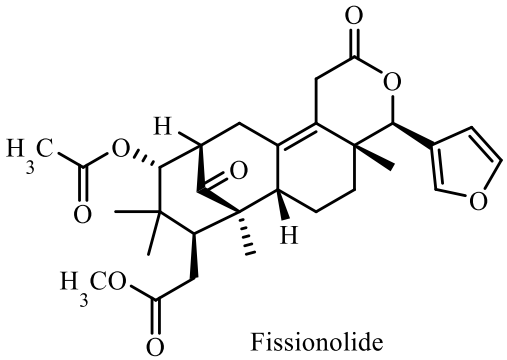
Godavarins I



Godavarins J

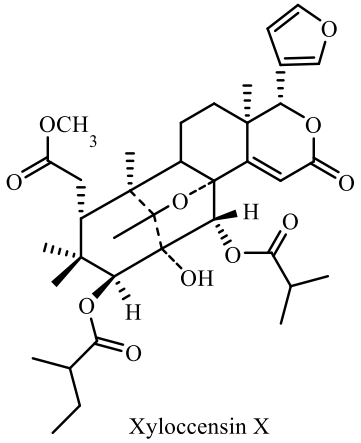


Mexicanolide

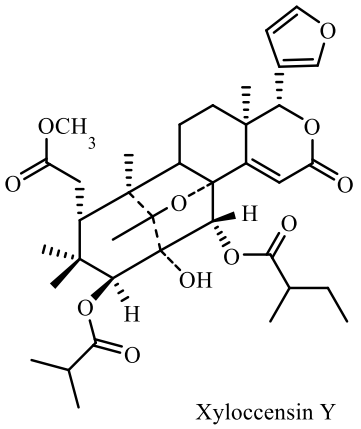


Fissionolide

Lakshmi et al. (2014) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีจากผลของตะบูนดำ ที่สกัดด้วย 95% เอทานอล พบองค์ประกอบทางเคมี 2 ชนิด คือ Xyloccensins X และ Xyloccensins Y นอกจากนี้นำสารที่แยกได้ในการทดลองฤทธิ์ยับยั้งโรคกระเพาะในหนูทดลอง พบว่าสารผสมระหว่าง Xyloccensins X และ Xyloccensins Y แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งแผลในกระเพาะอาหารของหนูทดลองได้เป็นอย่างดี



Xyloccensin X



Xyloccensin Y

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของตะบูนขาว และตะบูนดำข้างต้น พบว่า มีรายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของตะบูนทั้งสองจำนวนมากพอสมควร และองค์ประกอบทางเคมีที่พบเป็นองค์ประกอบหลักส่วนมากมีสารในกลุ่มลิโมนอยด์ (limonoids) นอกจากนี้สารที่แยกได้ยังนำไปทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ เช่น ยับยั้งเซลล์มะเร็งชนิดต่าง ๆ ต้านเชื้อ HIV ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ ยับยั้งแผลในกระเพาะอาหาร และยับยั้งเอนไซม์ protein tyrosine phosphatase 1B ที่เกี่ยวข้องกับเบาหวาน เป็นต้น จะเห็นได้ว่าถึงแม้ว่ามีรายงานการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ แต่มีรายงานการทดสอบฤทธิ์ในการรักษาโรคเบาหวานเพียงฉบับเดียวของตะบูนทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการหาองค์ประกอบทางเคมีเชิงปริมาณ และฤทธิ์ทางชีวภาพจากส่วนต่าง ๆ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวาน ของพืชในสกุล *Xylocarpus* 2 ชนิด ที่พบบริเวณป่าชายเลนของไทย คือตะบูนขาว (*X. granatum*) และตะบูนดำ (*X. moluccensis*) โดยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เพื่อทราบถึงข้อมูลทางเคมี และทางชีวภาพพื้นฐานของพืชสกุล *Xylocarpus* 2 ชนิด ที่พบบริเวณป่าชายเลนของไทย และนำไปสู่การยกระดับ และการพัฒนาพืชสมุนไพรของไทยให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งเพื่อนำไปสู่การค้นพบยาชนิดใหม่ที่ช่วยในการรักษา ป้องกัน และลดปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อสุขภาพ และภาวะทุพโภชนาการที่นำไปสู่การเจ็บป่วยเรื้อรังได้อีกด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) บริษัท Buchi รุ่น V-700
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่งบริษัท Mettler รุ่น AE200
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
4. เครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ (Microplate reader)
5. เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) บริษัท Heto DT Hetrotherm
6. เครื่องดูดจ่ายสารละลายปิเปต (Micropipette)
7. เครื่องเขย่าไมโครเพลท (Microplate shaker)
8. หลอดไมโครเซ็นตริฟิวก์ (Microcentrifuge tube)
9. ไมโครเวลเพลท (Microwell plate)
10. ซอกซ์เลต เอกซ์แทรกเตอร์ (Soxhlet extractor)
11. คอนเดนเซอร์ (Condenser)
12. ขวดก้นกลม (Round bottom flask)
13. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
14. ชุดขาตั้งและแคลมป์จับ (Stand and clamp)
15. ไมโครปิเปตทิป (Micropipette tip)
16. บีกเกอร์ (Beaker)
17. เตาให้ความร้อนแบบหลุม (Heating mantle)

3.1.2 สารเคมี

1. เฮกเซน (Hexane)
2. ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)
3. เอทิลอะซิเตท (Ethyl acetate)
4. อะซิโตน (Acetone)

5. เอทานอล (Ethanol)

6. เมทานอล (Methanol)

7. น้ำกลั่น (Distilled water)

8. ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (Dimethyl sulfoxide)

9. วิตามินซี (Ascorbic acid)

10. กรดแกลลิก (Gallic acid)

11. เคอร์ซิติน (Quercetin)

12. DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)

13. น้ำยาทดสอบฟอลิน ซิโอแคลตู (Folin-Ciocalteureagent)

14. อะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ ($AlCl_3$)

15. สารละลาย sodium phosphate buffer (pH 6.8)

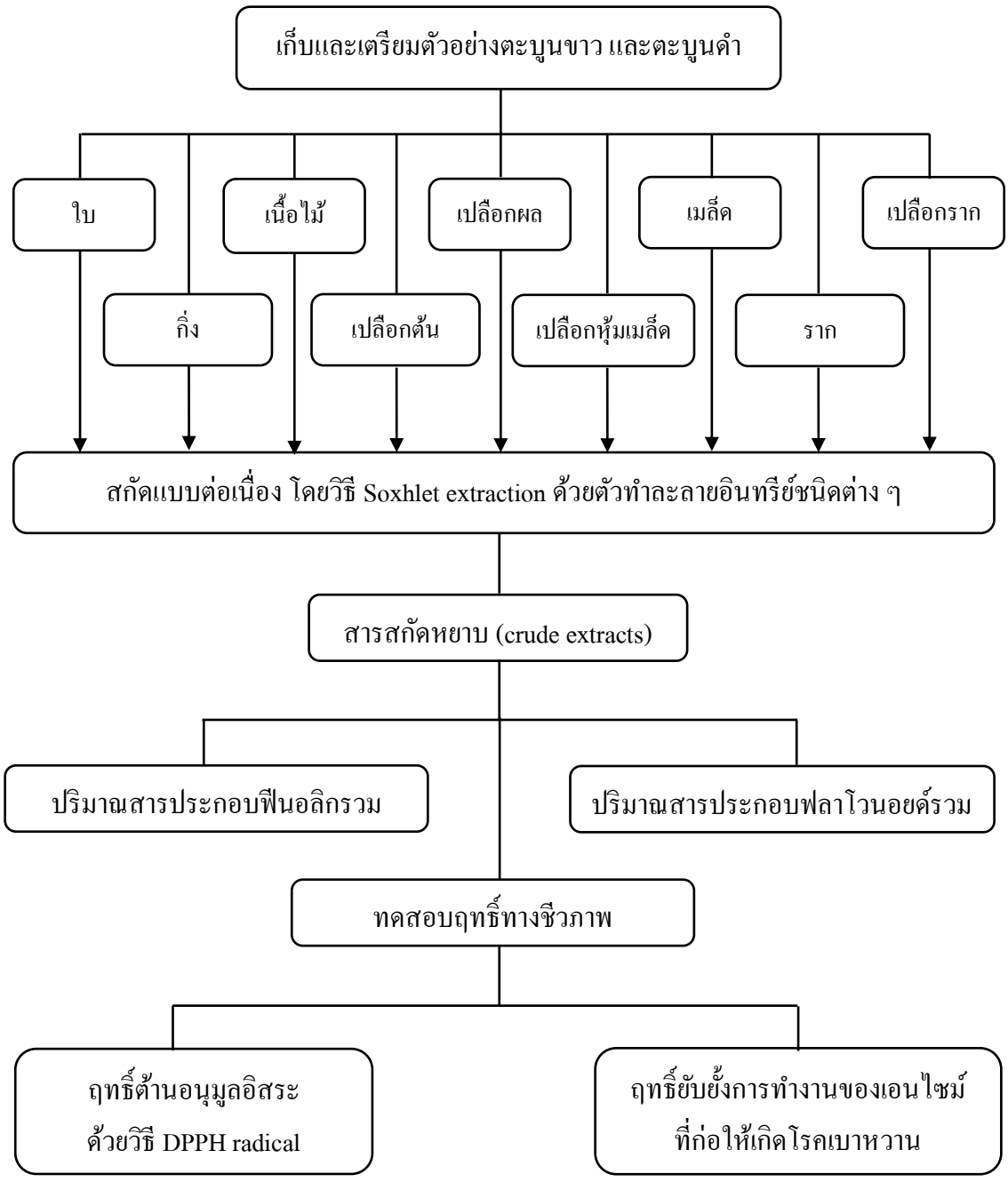
16. *p*-nitrophenyl-α-D-glucopyrannoside (PNPG)

17. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

18. อคาร์โบส (Acarbose)

19. สารละลายเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

3.2 แผนการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3-1 แผนภาพการดำเนินงานวิจัยโดยรวม

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเก็บตัวอย่างของพืชในสกุล *Xylocarpus*

พืชสกุล *Xylocarpus* ที่ใช้ในการศึกษา 2 ชนิด คือ ตะบูนขาว (*X. granatum*) และตะบูนดำ (*X. moluccensis*)โดยเก็บตัวอย่างพืชแต่ละชนิดแยกเป็นส่วนต่าง ๆ 9 ส่วนได้แก่ ใบ (L) กิ่ง (T) เปลือกผล (PEE) เมล็ด (SE) เปลือกหุ้มเมล็ด (SC) เนื้อไม้ (ST) เปลือกต้น (STB) ราก (R) และเปลือกราก (RB) โดยเก็บจากตำบลตะกรบ อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559

3.3.2 การเตรียมสารสกัดหยาบของพืชในสกุล *Xylocarpus*

นำตัวอย่างของพืชในสกุล *Xylocarpus* ทั้ง 2 ชนิด (*X. granatum* และ *X. moluccensis*) ชนิดละ 9 ส่วน (ใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกราก) ทำความสะอาด และตากให้แห้ง แล้วนำมาบดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน 250 กรัม แล้วนำตัวอย่างแต่ละส่วนมาสกัดแบบต่อเนื่องโดยวิธี Soxhlet extraction ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เฮกเซน (H) ไดคลอโรมีเทน (D) เอทิลอะซิเตท (EA) อะซิโตน (AC) เอทานอล (E) เมทานอล (M) และน้ำ (W) หลังจากนั้นนำสารละลายอินทรีย์ที่สกัดได้แต่ละส่วนไประเหยให้แห้งด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศจะได้สารสกัดหยาบ (crude extract) ของแต่ละตัวทำละลายอินทรีย์ ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบแต่ละตัวอย่างที่ได้ และเก็บสารสกัดหยาบดังกล่าวไว้ทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไป

3.3.3 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดที่ได้ของทุกส่วนสกัด ด้วยวิธีทางสเปกโทรโฟโตมีทรี (Spectrophotometry)โดยใช้สารละลาย Folin-Ciocalteu เป็นตัวออกซิไดซ์ และใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน (Majhenic, Skerget, & Knez, 2007) โดยผสมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 100 ไมโครลิตร กับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก หรือสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 2.5 % (w/v) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตรด้วยเครื่อง EPOCH 2 microplate reader ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งหาปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลิกรวมของสารตัวอย่างโดยเทียบจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัดแห้ง 1 กรัม (Gallic acid equivalents, mg GAE/g dried extract)

3.3.4 การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธีทางสเปกโทรโฟโตมีทรีโดยอาศัยการเกิดสีของสารละลายอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ ($AlCl_3$) และใช้เคอร์ซิติน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน (Arvouet-Grand, Vennat, Pourrat, & Legret, 1994) โดยผสมสารละลายมาตรฐานเคอร์ซิตินหรือสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร กับสารละลายอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ ($AlCl_3$) ความเข้มข้น 2 % (w/v) ปริมาตร 180 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง EPOCH 2 microplate reader ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม ของสารตัวอย่างโดยเทียบจากกราฟมาตรฐานเคอร์ซิติน ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดแห้ง 1 กรัม (Quercetin equivalents, mg QE/g dried extract)

3.3.5 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

1. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH radical scavenging เป็นการทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยให้สารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) (Braca, Sortino, Politi, Morelli, & Mendez, 2002) ทำการทดสอบโดยผสมสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร กับสารละลาย 0.15 mM DPPH ปริมาตร 180 ไมโครลิตร ให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง EPOCH 2 microplate reader และคำนวณหาค่าร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH radical inhibition) จากสูตร % Inhibition = $[(Ac - As)/Ac] \times 100$ เมื่อ Ac คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม และ As คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

2. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (Anti-alpha-glucosidase assay)

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของสารสกัดโดยผสมให้สารละลายมาตรฐานอคาร์โบส (acarbose) หรือสารละลายตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร กับ 50 mM สารละลายบัฟเฟอร์ (sodium phosphate buffer, pH 6.8) ปริมาตร 120 ไมโครลิตร และ 5 U/mL สารละลายเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติม 2 mM สารละลาย *p*-nitrophenyl-α-D-glucopyrannoside (PNPG) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที และเติม 1.0 mM สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง EPOCH 2 microplate reader (BioTek, America) และคำนวณหาค่าร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (% α-glucosidase inhibition) จากสูตร % Inhibition = $[(Ac - As)/Ac]\times100$ เมื่อ Ac คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม และAs คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปราย

4.1 สารสกัดหยาบจากพืชสกุล *Xylocarpus*

เมื่อนำตัวอย่างพืชป่าชายเลน สกุล *Xylocarpus* ทั้ง 2 ชนิด (*X. granatum* และ*X. moluccensis*) มาทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ Soxhlet extractor ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ตามลำดับความมีขั้ว คือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท อะซิโต เอทานอล เมทานอล และน้ำ พบว่าจะได้สารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว และตะบูนดำ ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต (% yield) ดังตารางที่ 4-1 ถึง 4-18 และภาพที่ 4-1 ถึง 4-2

ตารางที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากใบตะบูนขาว

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	3.94	1.58	ของแข็งสีดำอมเขียว
ไดคลอโรมีเทน	3.11	1.24	ของแข็งสีดำอมเขียว
เอทิลอะซิเตท	2.76	1.10	ของแข็งสีดำอมเขียว
อะซิโตน	6.20	2.48	ของแข็งสีดำอมเขียว
เอทานอล	17.52	7.01	ของเหลวหนืดสีดำอมน้ำตาล
เมทานอล	10.21	4.08	ของเหลวหนืดสีดำอมเขียว
น้ำ	27.18	10.87	ของเหลวหนืดสีดำอมน้ำตาล

ตารางที่ 4-2 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากกิ่งตะบูนขาว

ส่วนสกัด	**น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)**	**% Yield**	**ลักษณะสารสกัดหยาบ**
เฮกเซน	1.00	0.40	ของแข็งสีน้ำตาลดำอมเขียว
ไดคลอโรมีเทน	0.62	0.25	ของแข็งสีน้ำตาลดำอมเขียว
เอทิลอะซิเตท	0.75	0.30	ของแข็งสีน้ำตาลดำอมเขียว
อะซิโตน	0.77	0.31	ของแข็งสีน้ำตาลดำอมแดง
เอทานอล	4.78	1.90	ของแข็งสีน้ำตาลดำอมแดง
เมทานอล	9.21	3.66	ของแข็งสีน้ำตาลดำอมแดง
น้ำ	20.41	8.11	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-3 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเปลือกผล ตะบูนขาว

ส่วนสกัด	**น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)**	**% Yield**	**ลักษณะสารสกัดหยาบ**
เฮกเซน	1.43	0.57	ของแข็งสีน้ำตาล
ไดคลอโรมีเทน	1.90	0.76	ของแข็งสีน้ำตาลดำ
เอทิลอะซิเตท	3.10	1.24	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
อะซิโตน	1.63	0.65	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เอทานอล	6.51	2.60	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เมทานอล	5.88	2.35	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
น้ำ	49.15	19.65	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-4 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดตะบูนขาว

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	0.24	0.10	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอ่อน
ไดคลอโรมีเทน	0.92	0.37	ของแข็งสีน้ำตาลอ่อน
เอทิลอะซิเตท	1.71	0.68	ของแข็งสีน้ำตาลอ่อน
อะซิโตน	1.67	0.67	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เอทานอล	11.17	4.47	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เมทานอล	24.01	9.60	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
น้ำ	100.64	40.25	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-5 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนขาว

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	0.52	0.21	ของแข็งสีน้ำตาลอ่อน
ไดคลอโรมีเทน	0.43	0.17	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เอทิลอะซิเตท	0.82	0.33	ของแข็งสีน้ำตาลอมแดง
อะซิโตน	3.08	1.23	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอมแดง
เอทานอล	4.98	1.99	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้มอมแดง
เมทานอล	15.55	6.22	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้มอมแดง
น้ำ	67.46	26.97	ของแข็งสีน้ำตาลเข้มอมแดง

ตารางที่ 4-6 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้ตะบูนขาว

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	1.80	0.72	ของแข็งสีน้ำตาลอมแดง
ไดคลอโรมีเทน	0.78	0.31	ของแข็งสีน้ำตาลอมแดง
เอทิลอะซิเตท	0.72	0.29	ของแข็งสีน้ำตาลอมแดง
อะซิโตน	6.17	2.47	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เอทานอล	13.09	5.23	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เมทานอล	4.47	1.79	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
น้ำ	7.82	3.13	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-7 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเปลือกต้นตะบูนขาว

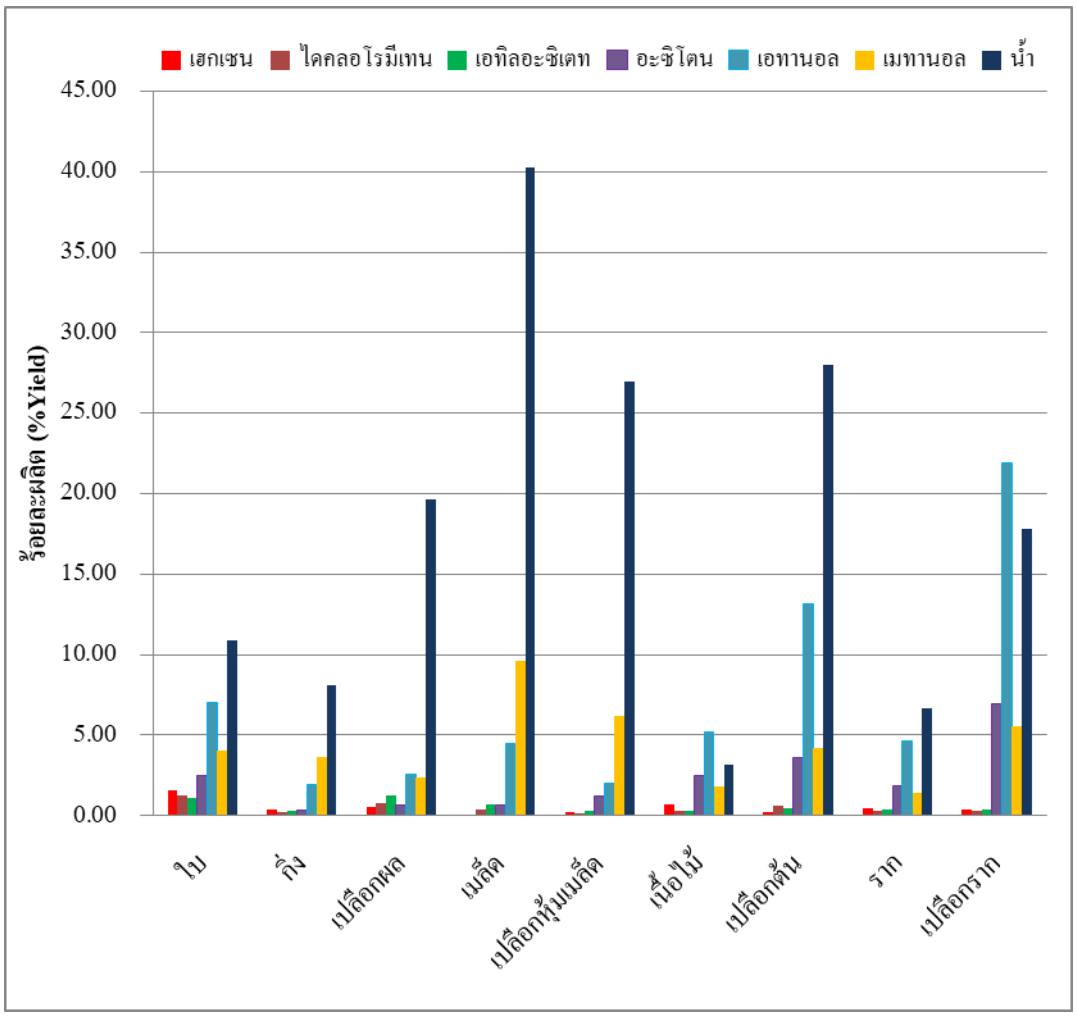
ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	0.64	0.26	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
ไดคลอโรมีเทน	1.55	0.62	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เอทิลอะซิเตท	1.11	0.44	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
อะซิโตน	9.00	3.60	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เอทานอล	32.84	13.13	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เมทานอล	10.57	4.23	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
น้ำ	70.07	28.02	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-8 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากรากตะบูนขาว

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	1.14	0.46	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
ไดคลอโรมีเทน	0.76	0.30	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เอทิลอะซิเตท	1.00	0.40	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
อะซิโตน	4.60	1.84	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เอทานอล	11.64	4.65	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เมทานอล	3.59	1.44	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
น้ำ	16.72	6.69	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-9 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเปลือกราก ตะบูนขาว

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	0.88	0.35	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
ไดคลอโรมีเทน	0.75	0.30	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เอทิลอะซิเตท	0.97	0.39	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
อะซิโตน	17.39	6.95	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เอทานอล	54.82	21.92	ของแข็งสีดำอมแดง
เมทานอล	13.96	5.58	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอมแดง
น้ำ	44.56	17.82	ของแข็งสีดำอมน้ำตาลแดง



ภาพที่ 4-1 ร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ ในตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 7 ชนิดของตะบูนขาว

จากการเตรียมสารสกัดหยาบของตะบูนขาวด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 7 ชนิด ดังภาพที่ 4-1 พบว่าส่วนสกัดชั้นน้ำให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุดในทุก ๆ ส่วนของตะบูนขาว รองลงมาคือ ส่วนสกัดชั้นเอทานอล และเมทานอล ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนสกัดจากเมล็ดให้ร้อยละผลผลิตโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ ส่วนของเปลือกราก และเปลือกลำต้นตามลำดับ ซึ่งส่วนราก และเนื้อไม้ให้ร้อยละผลผลิตโดยรวมน้อยที่สุด

ตารางที่ 4-10 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากใบตะบูนดำ

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	4.38	1.75	ของแข็งสีเขียวอมดำ
ไดคลอโรมีเทน	3.81	1.52	ของแข็งสีเขียวอมดำ
เอทิลอะซิเตท	2.58	1.03	ของแข็งสีเขียวอมดำ
อะซิโตน	5.27	2.10	ของแข็งสีเขียวอมดำ
เอทานอล	15.59	6.22	ของแข็งสีเขียวอมดำ
เมทานอล	15.13	6.04	ของแข็งสีเขียวอมดำ
น้ำ	31.27	12.49	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-11 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากกิ่งตะบูนดำ

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	0.81	0.32	ของแข็งสีเขียวขี้ม้า
ไดคลอโรมีเทน	0.65	0.26	ของแข็งสีเขียวขี้ม้า
เอทิลอะซิเตท	0.83	0.33	ของแข็งสีเขียวขี้ม้า
อะซิโตน	3.85	1.53	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เอทานอล	11.76	4.67	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
เมทานอล	12.13	4.82	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
น้ำ	34.47	13.70	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-12 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเปลือกผลตะบูนดำ

ส่วนสกัด	**น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)**	**% Yield**	**ลักษณะสารสกัดหยาบ**
เฮกเซน	0.66	0.26	ของแข็งสีขาวอมเขียว
ไดคลอโรมีเทน	0.56	0.22	ของแข็งสีเขียวเข้ม
เอทิลอะซิเตท	0.51	0.20	ของเหลวหนืดสีเขียวอมน้ำตาล
อะซิโตน	1.12	0.45	ของแข็งสีดำแดง
เอทานอล	5.47	2.19	ของแข็งสีน้ำตาลอมแดง
เมทานอล	6.13	2.45	ของแข็งสีเขียวอมน้ำตาล
น้ำ	61.87	24.75	ของแข็งสีน้ำตาลดำ

ตารางที่ 4-13 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดตะบูนดำ

ส่วนสกัด	**น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)**	**% Yield**	**ลักษณะสารสกัดหยาบ**
เฮกเซน	1.70	0.68	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
ไดคลอโรมีเทน	4.33	1.73	ของเหลวหนืดสีเหลืองอมน้ำตาล
เอทิลอะซิเตท	5.03	2.01	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
อะซิโตน	1.71	0.68	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอ่อน
เอทานอล	2.57	1.03	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอ่อน
เมทานอล	5.90	2.36	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอ่อน
น้ำ	29.35	11.74	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-14 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจาก เปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนดำ

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	0.80	0.32	ของแข็งสีขาวขุ่น
ไดคลอโรมีเทน	0.43	0.17	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เอทิลอะซิเตท	0.48	0.19	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
อะซิโตน	2.16	0.86	ของแข็งสีดำแดง
เอทานอล	26.35	10.54	ของแข็งสีน้ำตาลแดง
เมทานอล	10.28	4.11	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
น้ำ	31.37	12.55	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-15 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้ ตะบูนดำ

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	1.39	0.55	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
ไดคลอโรมีเทน	1.28	0.51	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เอทิลอะซิเตท	1.43	0.57	ของแข็งสีน้ำตาลอมแดง
อะซิโตน	9.78	3.90	ของแข็งสีน้ำตาลอมแดง
เอทานอล	15.81	6.31	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอมแดง
เมทานอล	6.76	2.70	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอมแดง
น้ำ	18.27	7.29	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอมแดง

ตารางที่ 4-16 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเปลือกต้นตะบูนดำ

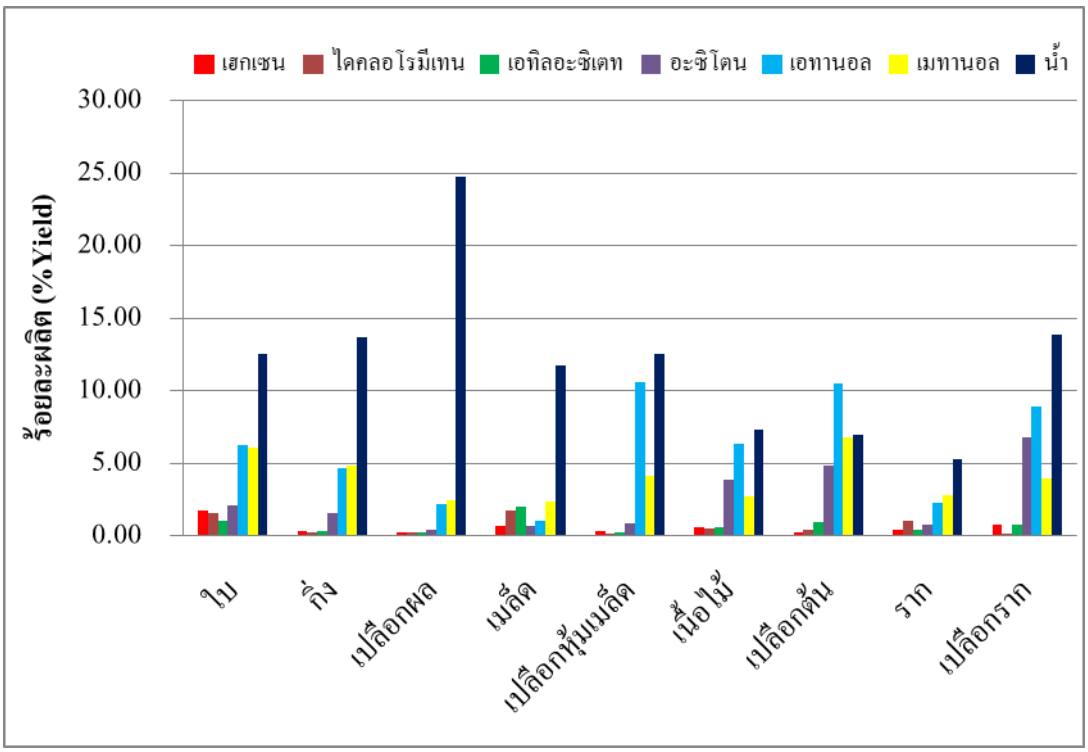
ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	0.61	0.24	ของแข็งสีน้ำตาลอ่อน
ไดคลอโรมีเทน	1.11	0.44	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เอทิลอะซิเตท	2.45	0.98	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอมแดง
อะซิโตน	11.97	4.79	ของแข็งสีน้ำตาลอมแดง
เอทานอล	26.30	10.51	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เมทานอล	17.05	6.82	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลอมแดง
น้ำ	17.30	6.92	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4-17 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากรากตะบูนดำ

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	0.95	0.38	ของแข็งสีน้ำตาลอ่อน
ไดคลอโรมีเทน	2.56	1.02	ของแข็งสีน้ำตาลอ่อน
เอทิลอะซิเตท	1.06	0.42	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
อะซิโตน	1.84	0.74	ของเหลวหนืดสีดำแดง
เอทานอล	5.78	2.31	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลแดง
เมทานอล	6.90	2.76	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลแดง
น้ำ	13.25	5.30	ของแข็งสีน้ำตาลแดง

ตารางที่ 4-18 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบจากเปลือกราก ตะบูนดำ

ส่วนสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	% Yield	ลักษณะสารสกัดหยาบ
เฮกเซน	1.83	0.73	ของแข็งสีน้ำตาลอ่อน
ไดคลอโรมีเทน	0.46	0.18	ของแข็งสีน้ำตาลอ่อน
เอทิลอะซิเตท	1.81	0.72	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
อะซิโตน	16.84	6.74	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เอทานอล	22.24	8.90	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
เมทานอล	9.85	3.94	ของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
น้ำ	34.73	13.89	ของแข็งสีน้ำตาล



ภาพที่ 4-2 ร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ ในตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 7 ชนิดของตะบูนดำ

จากการเตรียมสารสกัดหยาบของตะบูนดำด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 7 ชนิด ดังภาพที่ 4-2 พบว่าส่วนสกัดชั้นน้ำให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุดในทุก ๆ ส่วนของตะบูนดำ รองลงมาคือ ส่วนสกัดชั้นเอทานอล และเมทานอล ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนสกัดจากเปลือกรากให้ร้อยละผลผลิตโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ ส่วนของใบ และเปลือกลำต้นตามลำดับ ซึ่งส่วนราก และเนื้อไม้ให้ร้อยละผลผลิตโดยรวมน้อยที่สุด

จากการเตรียมสารสกัดหยาบของตะบูนขาว และตะบูนดำ แสดงดังภาพที่ 4-1 และ 4-2 พบว่าตะบูนขาวให้ร้อยละผลผลิตรวมสูงกว่าตะบูนดำ โดนส่วนสกัดหยาบจากเมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เปลือกลำต้น และเปลือกรากของตะบูนขาว มีร้อยละผลผลิตสูงกว่าในส่วนของตะบูนดำ นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนสกัดหยาบชั้นน้ำของตะบูนทั้ง 2 ชนิดให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด รองลงมา คือ เอทานอล และเมทานอล ตามลำดับ

4.2 การหาปริมาณฟีนอลิกรวม

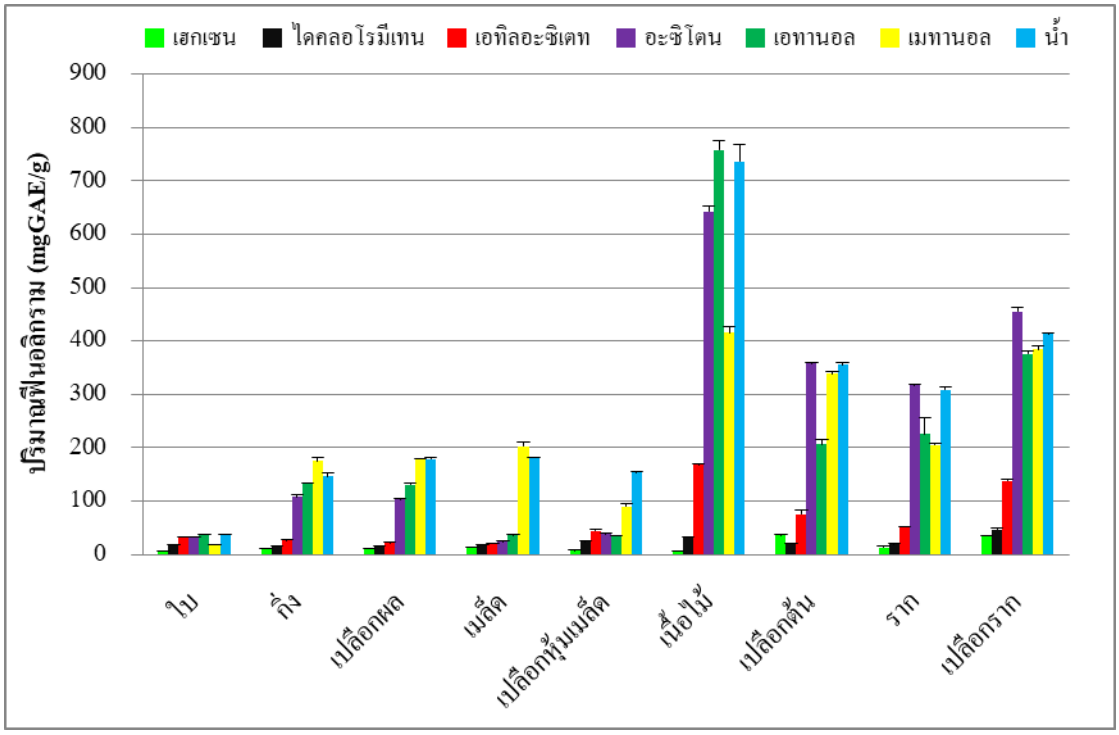
การหาปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากตะบูนขาว และตะบูนดำ โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu และใช้กรดแกลลิก เป็นสารละลายมาตรฐาน พบว่าปริมาณของฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจาก colorymetry หาได้จากการเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ซึ่งพบว่าจากการทำกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกได้สมการเส้นตรง คือ $y = 0.0384x - 0.0099$ ($R^2 = 1$) และรายงานปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารแห้ง 1 กรัม (mgGAE/g) ดังแสดงในตารางที่ 4-19 ถึง 4-20 และตารางที่ 4-21 ถึง 4-22

ตารางที่ 4-19 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และอะซิโตน ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว

ส่วนสกัด	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (mgGAE/g)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตท	อะซิโตน
ใบ	5.33±0.25	17.04±0.44	31.91±0.50	32.46±1.08
กิ่ง	10.79±0.52	14.65±0.88	25.77±1.17	108.07±2.84
เปลือกผล	10.72±0.40	16.26±0.44	21.25±0.50	102.95±2.22
เมล็ด	13.58±0.41	17.44±1.08	19.58±0.64	23.51±0.82
เปลือกหุ้มเมล็ด	7.09±0.27	23.84±0.79	44.39±2.76	37.82±0.91
เนื้อไม้	5.61±0.11	31.68±1.74	167.44±2.13	642.15±9.88
เปลือกต้น	35.46±2.34	19.82±0.54	75.09±8.14	357.61±2.96
ราก	12.91±2.17	18.25±1.35	50.53±1.19	316.35±1.29
เปลือกราก	33.82±1.40	46.05±2.25	137.47±3.74	455.30±6.81

ตารางที่ 4-20 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว

ส่วนสกัด	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (mgGAE/g)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
ใบ	36.91±0.60	16.84±1.20	37.70±0.47
กิ่ง	133.40±1.10	174.81±7.05	145.61±6.67
เปลือกผล	130.81±1.70	179.02±0.85	178.53±2.20
เมล็ด	35.04±2.22	202.39±7.00	180.42±1.87
เปลือกหุ้มเมล็ด	34.00±0.73	89.12±5.63	152.70±1.70
เนื้อไม้	757.42±17.12	415.02±11.60	736.05±31.39
เปลือกต้น	206.39±8.12	338.53±4.69	354.81±31.16
ราก	224.98±29.92	204.42±4.03	308.77±4.64
เปลือกราก	375.86±4.93	384.56±5.08	412.35±3.40



ภาพที่ 4-3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว

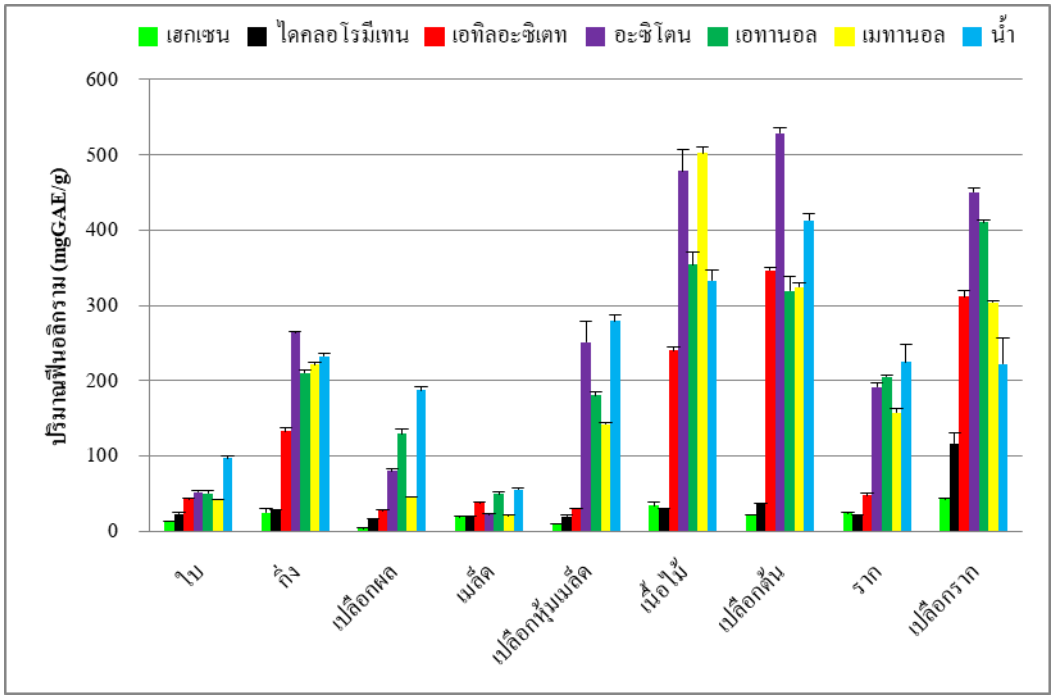
จากผลการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของส่วนสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว ดังแสดงตารางที่ 4-19 ถึง 4-20 และภาพที่ 4-3 พบว่าส่วนสกัดหยาบจากชั้นเอทานอล น้ำ และอะซิโตน ของเนื้อไม้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด 757.42±17.21 736.05±31.39 และ642.15±9.88 mgGAE/g ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบตามสภาพขั้วของตัวทำละลายที่ใช้ในการเตรียมสารสกัดหยาบ พบว่า สารสกัดหยาบที่ทำการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วสูง (อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ) จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ขั้วต่ำ ๆ และจากการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว พบว่าเนื้อไม้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด รองลงมาคือส่วนของเปลือกราก เปลือกต้น และราก ตามลำดับ

ตารางที่ 4-21 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และอะซิโตน ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ

ส่วนสกัด	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (mgGAE/g)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตท	อะซิโตน
ใบ	12.44±0.87	23.07±1.64	42.23±1.69	52.16±1.35
กิ่ง	24.42±5.52	27.56±0.99	132.49±5.05	264.14±1.75
เปลือกผล	3.68±0.49	16.82±0.51	26.98±1.00	80.14±2.32
เมล็ด	18.70±0.63	18.58±2.17	37.70±1.55	22.44±0.11
เปลือกหุ้มเมล็ด	9.25±1.32	19.95±1.76	29.86±0.74	251.37±28.33
เนื้อไม้	34.19±4.21	29.32±0.40	239.72±5.91	478.60±27.71
เปลือกต้น	21.18±0.65	36.40±1.24	346.67±3.51	528.84±7.64
ราก	24.16±0.92	20.60±1.10	48.05±2.42	191.44±6.38
เปลือกราก	42.26±1.16	117.05±13.22	311.86±7.16	450.53±4.64

ตารางที่ 4-22 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ

ส่วนสกัด	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (mgGAE/g)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
ใบ	50.53±2.70	42.32±0.56	97.33±3.31
กิ่ง	209.96±4.21	221.75±2.23	232.14±4.32
เปลือกผล	129.82±5.72	45.02±0.54	187.65±5.14
เมล็ด	49.14±2.62	20.46±0.74	55.44±1.60
เปลือกหุ้มเมล็ด	180.49±5.02	142.46±1.94	279.30±8.60
เนื้อไม้	354.25±16.55	502.18±8.75	332.63±14.50
เปลือกต้น	319.44±18.47	324.49±5.05	412.91±9.71
ราก	205.47±1.75	157.19±5.26	224.56±24.07
เปลือกราก	410.67±2.23	303.72±2.23	222.32±34.76



ภาพที่ 4-4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ

จากผลการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ ดังตารางที่ 4-21 ถึง 4-22 และภาพที่ 4-4 พบว่าสารสกัดหยาบจากชั้นอะซิโตนของเปลือกต้นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด 528.84±7.64 mgGAE/g รองลงมาคือ ชั้นเมทานอลและอะซิโตนของเนื้อไม้ (502.18±8.75 และ478.60±27.71 mgGAE/g ตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบตามสภาพขั้วของตัวทำละลายที่ใช้ในการเตรียมสารสกัดหยาบ พบว่า สารสกัดหยาบที่ทำการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วปานกลาง ถึงขั้วสูงจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากกว่าขั้วต่ำ ๆ และจากการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนดำ พบว่าเปลือกต้นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด รองลงมาคือส่วนของเนื้อไม้ และเปลือกราก ตามลำดับ

จากผลการทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกรวมของส่วนสกัดจากส่วนต่าง ๆในตัวทำละลายอินทรีย์ ของตะบูนทั้ง 2 ชนิด พบว่าสารสกัดหยาบชั้นเอทานอลจากเนื้อไม้ของตะบูนขาวมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด (757.42±17.12 mgGAE/g) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกรวมตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วสูงจะมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ขั้วต่ำ ๆ และจากการเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกรวม

ของส่วนต่าง ๆ ของตะบูนทั้ง 2 ชนิด พบว่าส่วนสกัดจากเนื้อไม้ เปลือกต้น และเปลือกรากมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด

4.3 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว และตะบูนดำ ด้วยวิธีการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ ($AlCl_3$) และใช้เคอร์ซิตินเป็นสารละลายมาตรฐานโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของเคอร์ซิติน ($y = 0.0303x - 0.0143$, $R^2 = 0.9895$) ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบแห้ง 1 กรัม พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของตะบูนทั้ง 2 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4-23 ถึง 4-24 และ4-25 ถึง 4-26 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-23 ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และอะซิโตน ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว

ส่วนสกัด	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgQE/g)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตท	อะซิโตน
ใบ	NF[a]	NF[a]	NF[a]	5.72±0.55
กิ่ง	0.64±0.14	1.97±0.05	NF[a]	0.48±0.33
เปลือกผล	0.80±0.45	4.73±6.44	0.22±0.23	0.72±0.42
เมล็ด	0.54±0.92	NF[a]	NF[a]	0.12±0.09
เปลือกหุ้มเมล็ด	0.49±0.06	NF[a]	NF[a]	0.56±0.17
เนื้อไม้	0.19±0.10	1.03±1.43	1.53±0.64	0.93±0.23
เปลือกต้น	0.02±0.21	NF[a]	NF[a]	0.85±0.30
ราก	NF[a]	1.64±0.33	NF[a]	0.20±0.36
เปลือกราก	NF[a]	NF[a]	1.09±0.26	1.39±0.41

NF[a] คือ ตรวจสอบไม่พบสารฟลาโวนอยด์

ตารางที่ 4-24 ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว

ส่วนสกัด	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgQE/g)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
ใบ	2.90±1.18	4.80±0.33	NF[a]
กิ่ง	NF[a]	1.36±0.49	NF[a]
เปลือกผล	1.35±0.53	1.22±0.42	NF[a]
เมล็ด	0.47±0.37	NF[a]	0.54±0.50
เปลือกหุ้มเมล็ด	0.22±0.67	NF[a]	NF[a]
เนื้อไม้	0.59±0.42	1.28±0.36	NF[a]
เปลือกต้น	0.85±0.19	1.06±0.08	1.76±0.32
ราก	0.42±0.18	0.21±0.08	0.32±0.07
เปลือกราก	0.18±0.39	0.96±0.17	1.39±0.24

NF[a] คือ ตรวจสอบไม่พบสารฟลาโวนอยด์

จากผลการทดสอบหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมดังแสดงในตารางที่ 4-23 และ4-24 ของสารสกัดหยาบจากตะบูนขาว พบว่าสารสกัดหยาบชั้นอะซิโตน (5.72±0.55 mgQE/g) และเมทานอล (4.80±0.33 mgQE/g) จากใบ พบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด รองลงมาคือสารสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทน (4.73±6.44 mgQE/g) จากเปลือกผล และสารสกัดหยาบชั้นเอทานอล (2.90±1.18 mgQE/g) จากใบ ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าส่วนสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วปานกลาง (อะซิโตน เอทานอล เมทานอล) มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูง และจากการเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว พบว่าส่วนใบ และเปลือกผลมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด และสูงกว่าสารสกัดหยาบจากส่วนอื่น ๆ

ตารางที่ 4-25 ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของส่วนสกัดหยาบชั้นเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และอะซิโตน ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ

ส่วนสกัด	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgQE/g)			
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตท	อะซิโตน
ใบ	NF[a]	0.25±0.06	0.58±0.04	3.60±0.16
กิ่ง	0.02±0.60	0.27±0.59	0.00±0.54	1.38±0.14
เปลือกผล	0.04±0.43	NF[a]	0.23±0.26	1.80±0.20
เมล็ด	NF[a]	0.50±0.18	NF[a]	0.25±0.01
เปลือกหุ้มเมล็ด	1.64±0.34	1.38±0.98	NF[a]	0.63±0.25
เนื้อไม้	NF[a]	0.40±0.18	NF[a]	0.43±0.03
เปลือกต้น	NF[a]	NF[a]	0.66±0.11	1.52±0.18
ราก	2.95±0.70	2.40±0.26	NF[a]	0.74±0.11
เปลือกราก	NF[a]	0.11±0.75	0.16±0.14	0.52±0.24

NF[a] คือ ตรวจสอบไม่พบสารฟลาโวนอยด์

ตารางที่ 4-26 ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล เมทานอล และน้ำ ของส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ

ส่วนสกัด	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgQE/g)		
	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
ใบ	2.82±0.66	2.76±.06	5.24±0.48
กิ่ง	0.07±1.51	1.00±0.15	0.96±0.34
เปลือกผล	0.53±0.01	0.42±0.05	NF[a]
เมล็ด	0.27±0.08	NF[a]	NF[a]
เปลือกหุ้มเมล็ด	0.01±0.17	0.17±0.09	NF[a]
เนื้อไม้	0.54±0.18	0.78±0.25	1.16±0.34
เปลือกต้น	0.89±0.24	1.22±0.17	2.23±0.40
ราก	0.82±0.28	0.01±0.02	0.12±0.49
เปลือกราก	1.33±0.55	1.53±0.36	1.45±0.45

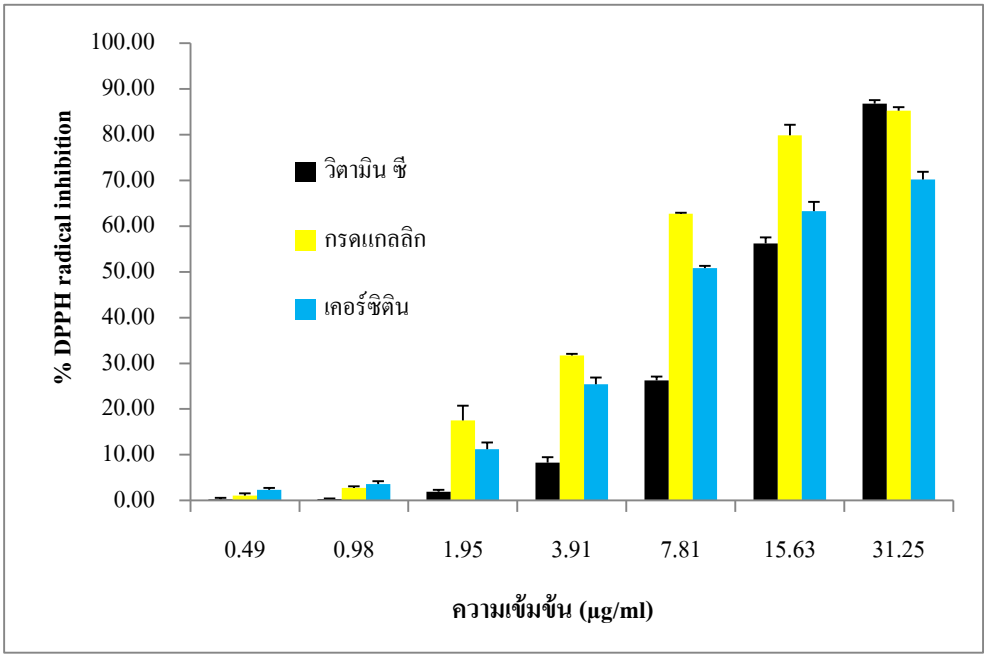
NF[a] คือ ตรวจสอบไม่พบสารฟลาโวนอยด์

จากผลการทดสอบหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมดังตารางที่ 4-25 และ4-26 ของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ตะบูนดำ พบว่าสารส่วนสกัดหยาบชั้นน้ำ (5.24±0.48 mgQE/g) อะซิโตน (3.60±0.16 mgQE/g) จากใบ พบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด รองลงมา คือ ในสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน (2.95±0.70 mgQE/g) จากส่วนของราก นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าส่วนสกัดหยาบในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วสูงมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ขั้วต่ำ ๆ และจากการเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของส่วนต่าง ๆ ของตะบูนดำ พบว่าส่วนใบมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด และสูงกว่าสารสกัดจากส่วนอื่น ๆ

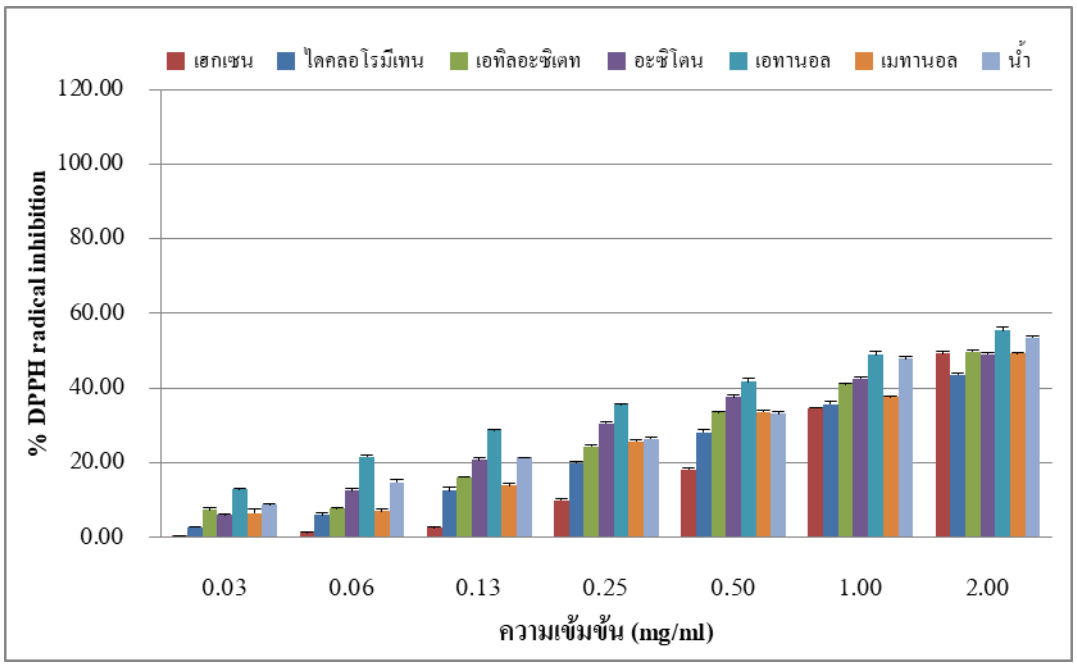
จากผลการทดสอบหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ของส่วนสกัดจากส่วนต่าง ๆ ในตัวทำละลายอินทรีย์ของพืชทั้ง 2 ชนิด พบว่าสารสกัดหยาบชั้นอะซิโตน จากใบของตะบูนขาวมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าตัวทำละลายอินทรีย์ที่ขั้วปานกลางถึงขั้วสูงจะมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ขั้วต่ำ ๆ และจากการเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของส่วนต่าง ๆ พบว่าส่วนสกัดหยาบจากใบของตะบูนทั้ง 2 ชนิดนั้นมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด

4.4 การหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

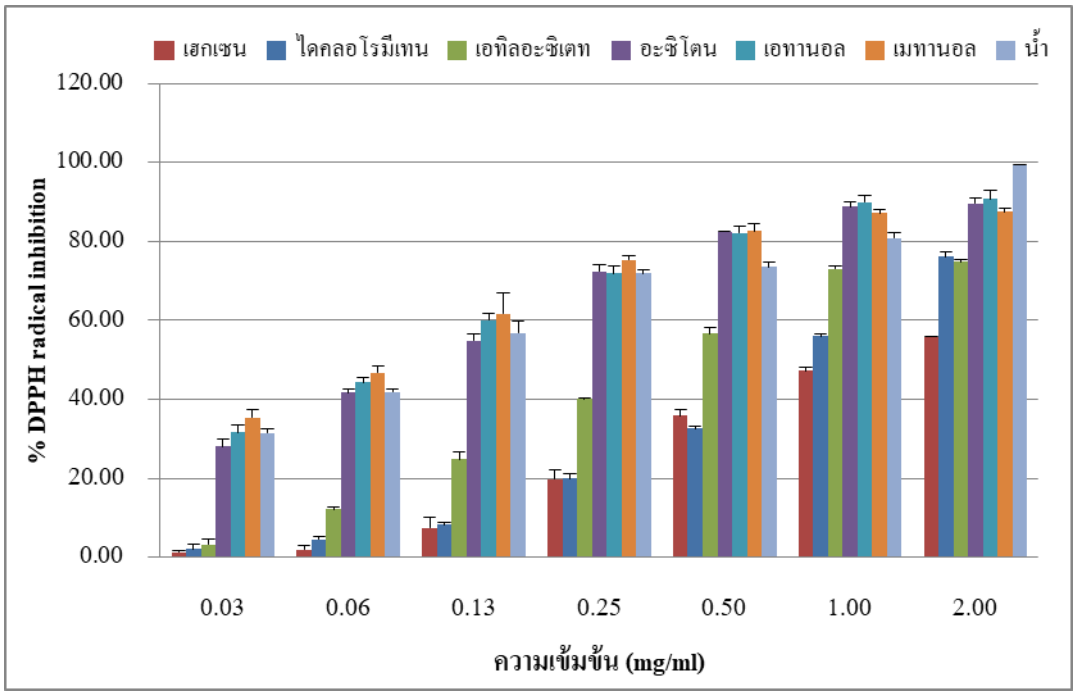
จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging ของส่วนสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆของตะบูนขาว และตะบูนดำ โดยใช้วิตามินซี กรดแกลลิก และเคอร์ซิตินเป็นสารมาตรฐาน โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ของอนุมูลอิสระ DPPH ที่ลดลง พบว่า ผลการทดลองแสดงเป็นค่าร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH radical inhibition) แสดงผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐาน แสดงดังภาพที่ 4-5 นอกจากนี้ผลการยับยั้งของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว และตะบูนดำ แสดงดังภาพที่ 4-6 ถึง 4-15 และภาพที่ 4-16 ถึง 4-25 ตามลำดับ



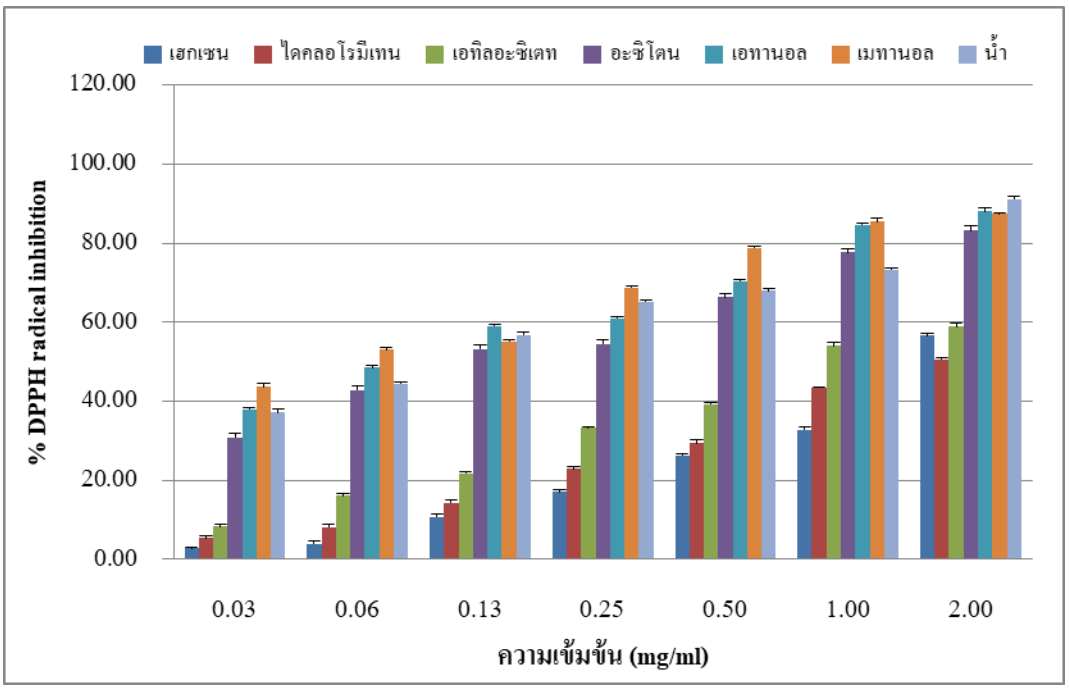
ภาพที่ 4-5 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐานวิตามินซี กรดแกลลิก และเคอร์ซิติน



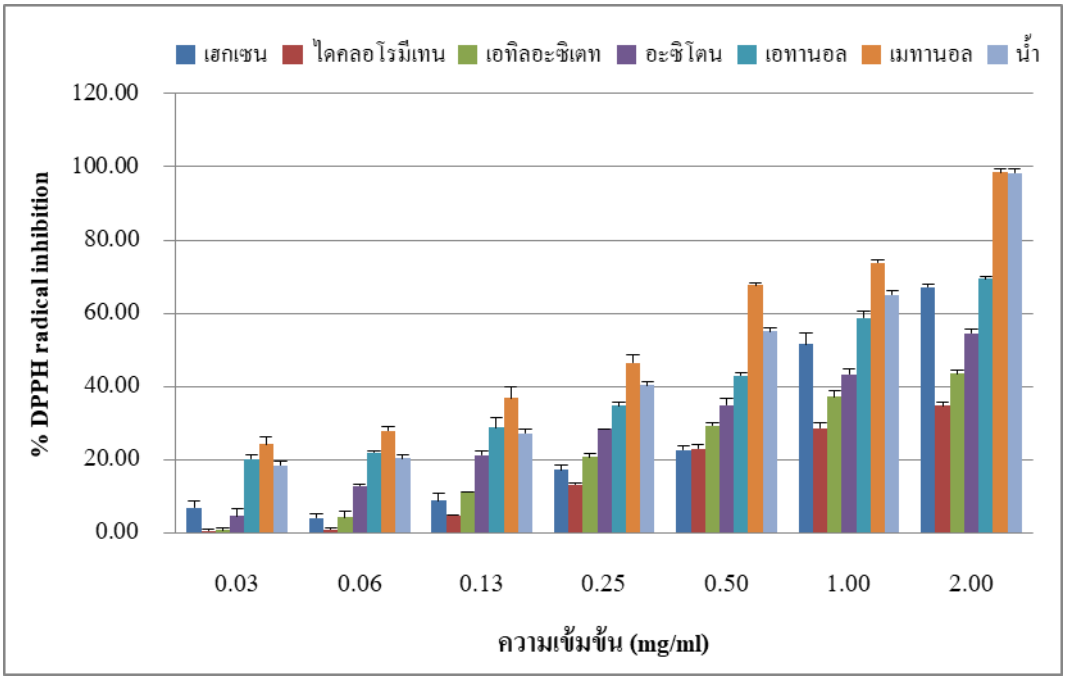
ภาพที่ 4-6 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของใบตะบูนขาว



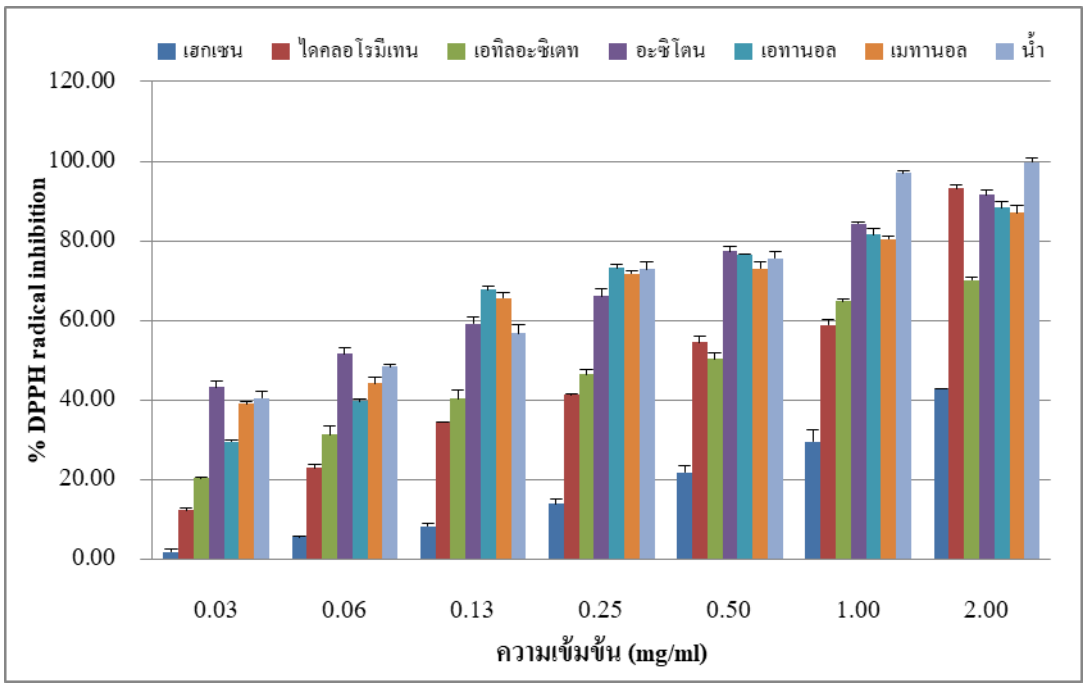
ภาพที่ 4-7 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของกิ่งตะบูนขาว



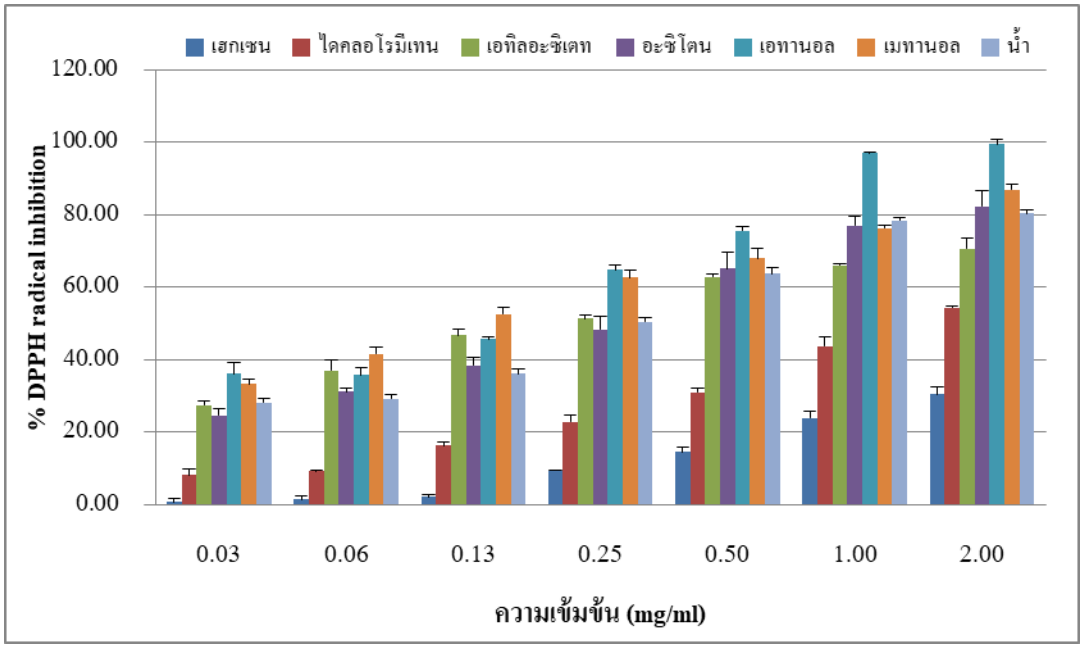
ภาพที่ 4-8 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกผลตะบูนขาว



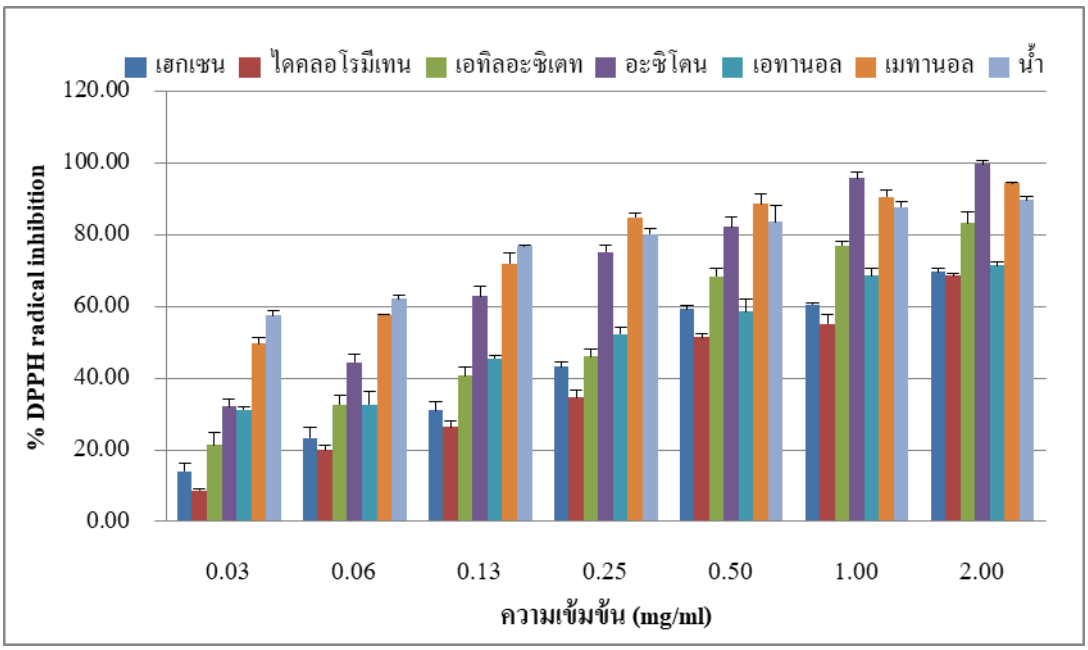
ภาพที่ 4-9 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดตะบูนขาว



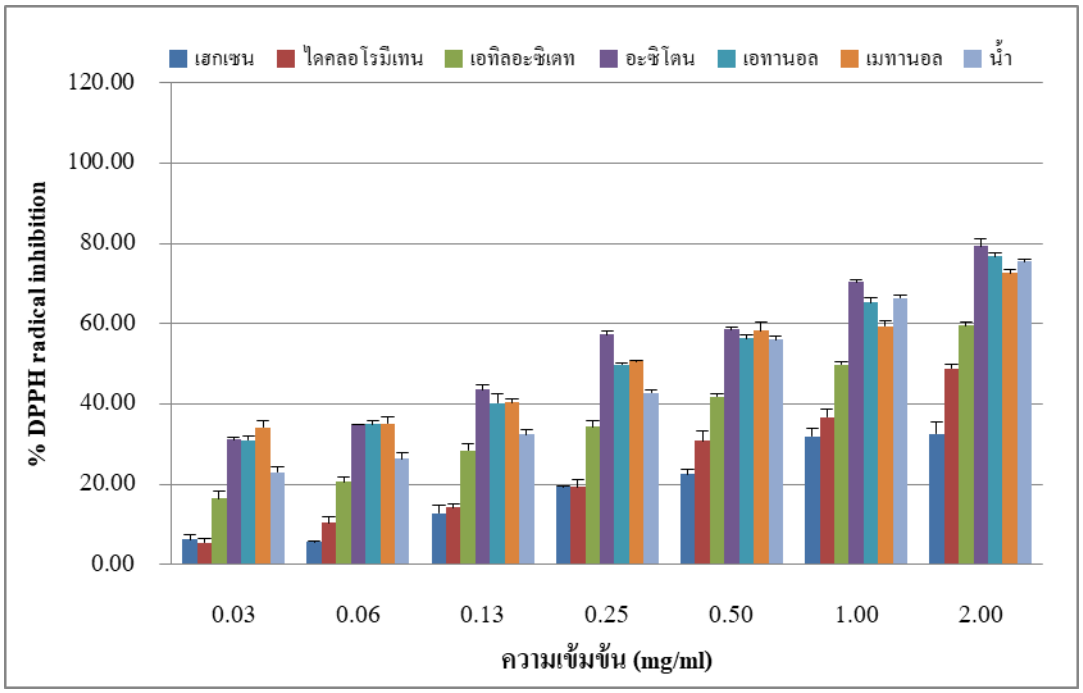
ภาพที่ 4-10 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนขาว



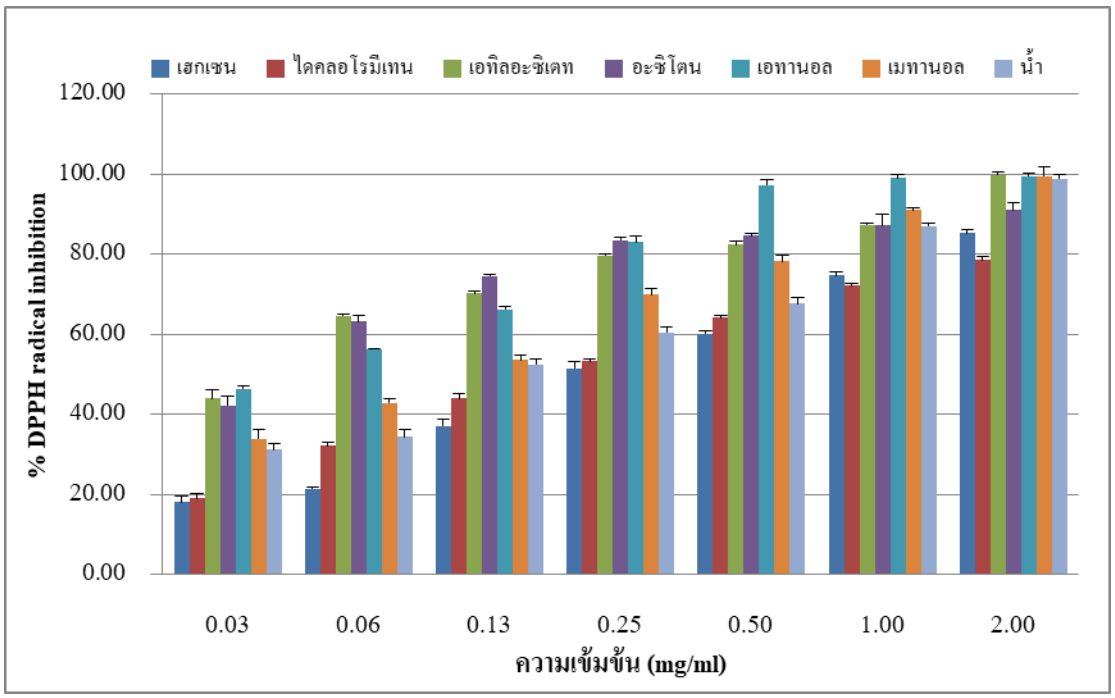
ภาพที่ 4-11 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อไม้ตะบูนขาว



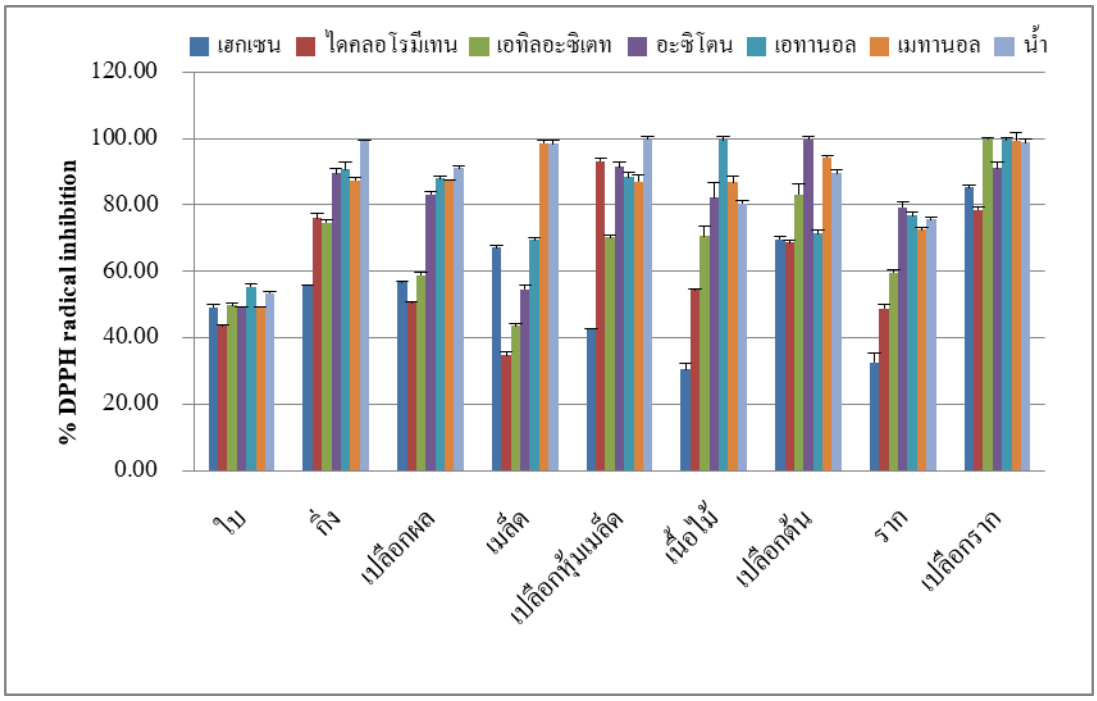
ภาพที่ 4-12 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นตะบูนขาว



ภาพที่ 4-13 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของรากตะบูนขาว

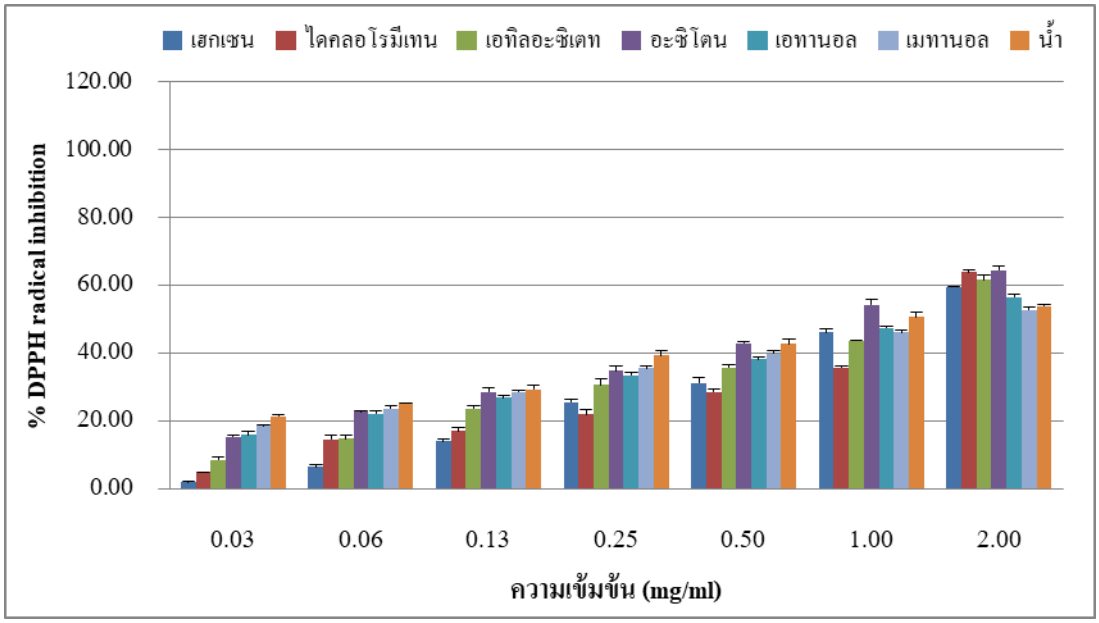


ภาพที่ 4-14 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกรากตะบูนขาว

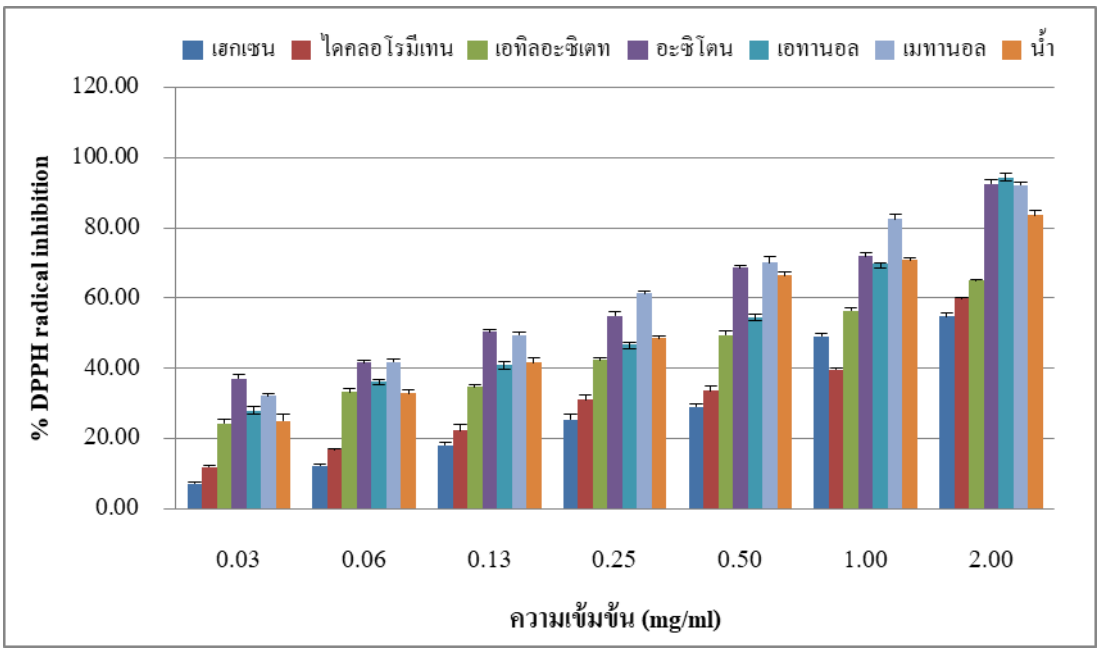


ภาพที่ 4-15 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของตะบูนขาวที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml

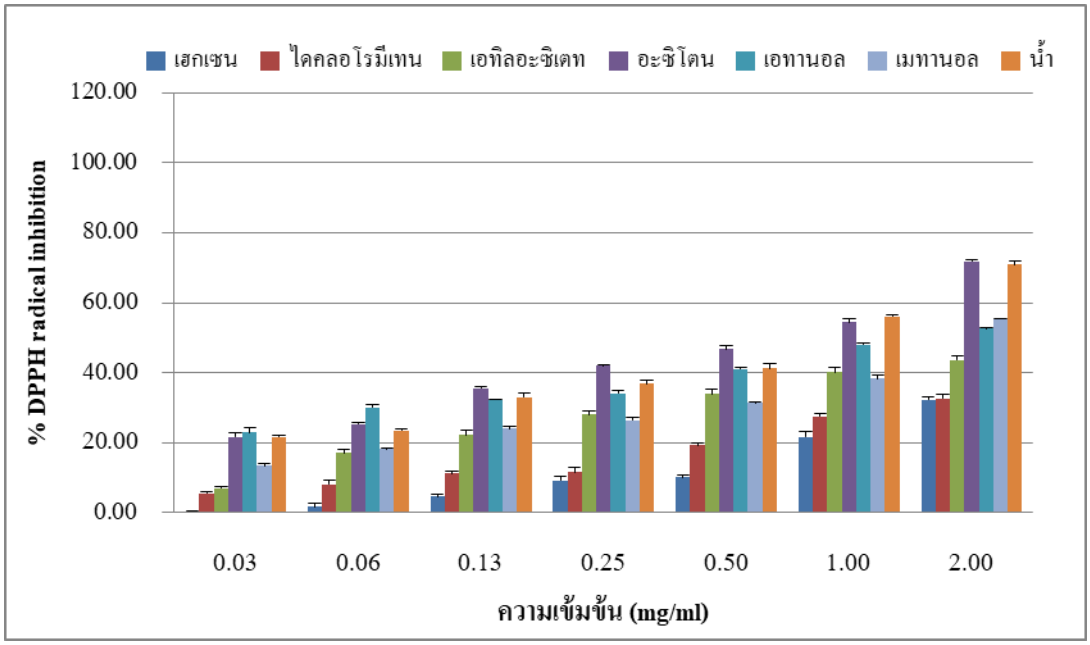
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดังภาพที่ 4-15 ของส่วนสกัดหยาบจาก ใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกรากของตะบูนขาวที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml พบว่า ส่วนสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตท (99.84±0.57%) จากเปลือกราก ส่วนสกัดหยาบชั้นน้ำ (99.82±0.85%) จากเปลือกหุ้มเมล็ด และชั้นเอทานอล (99.56±0.59%) จากเปลือกรากตะบูนขาว มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วสูงมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแต่ละส่วนของพืช พบว่าส่วนเปลือกราก และเปลือกหุ้มเมล็ดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าส่วนเปลือกผล เมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น และรากในส่วนของใบ มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด



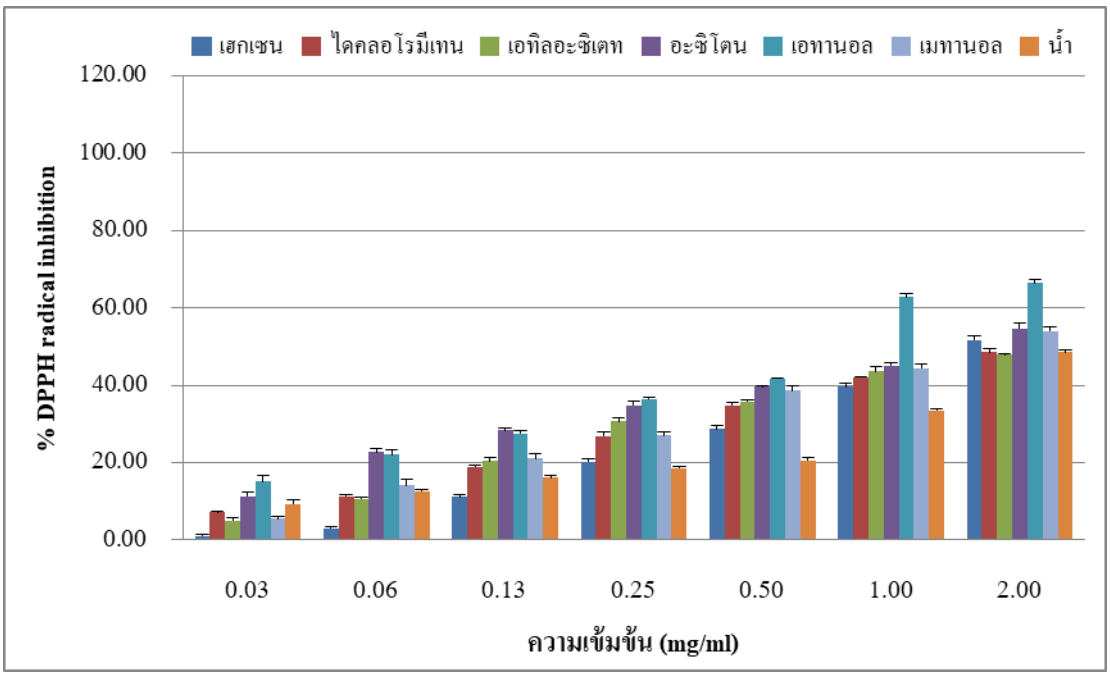
ภาพที่ 4-16 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของใบตะบูนดำ



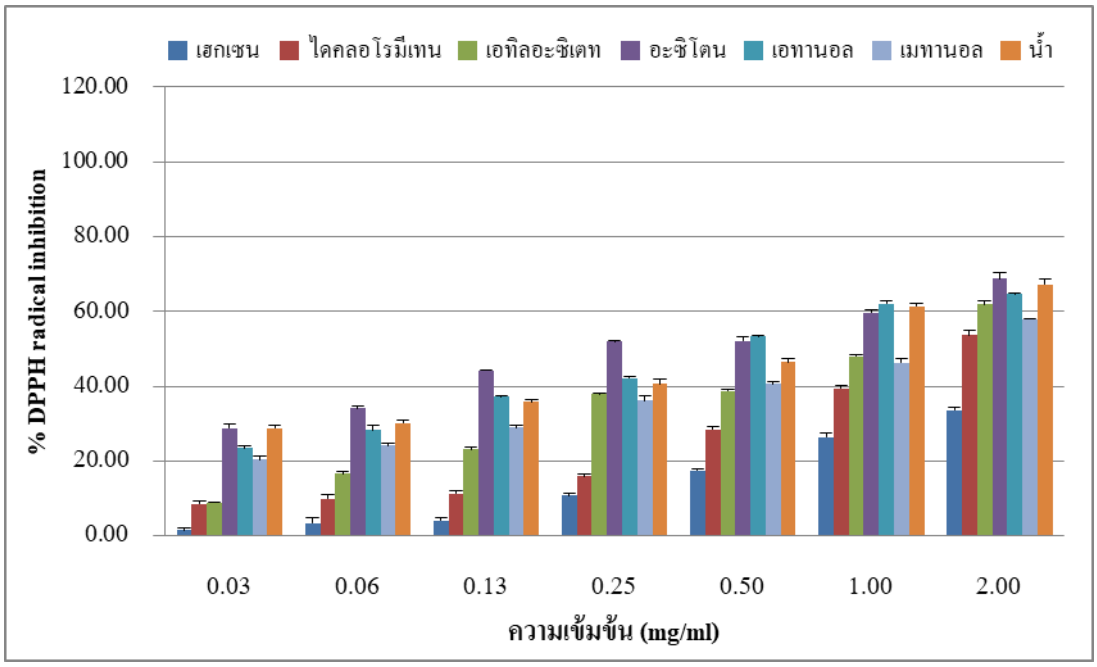
ภาพที่ 4-17 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของกิ่งตะบูนดำ



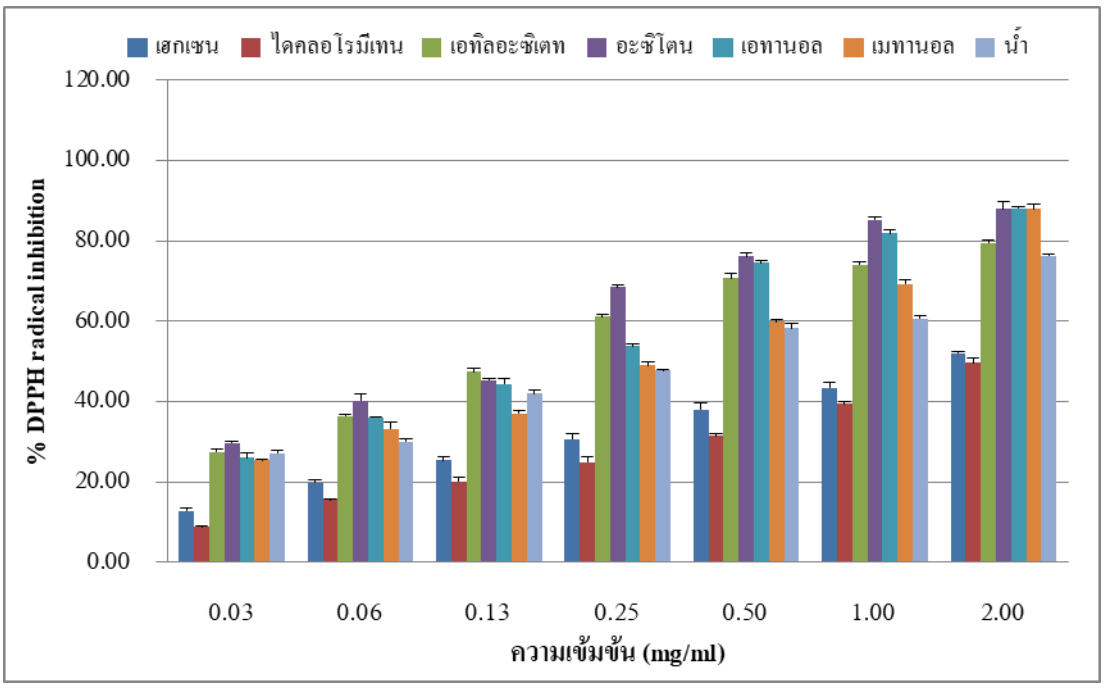
ภาพที่ 4-18 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกผลตะบูนดำ



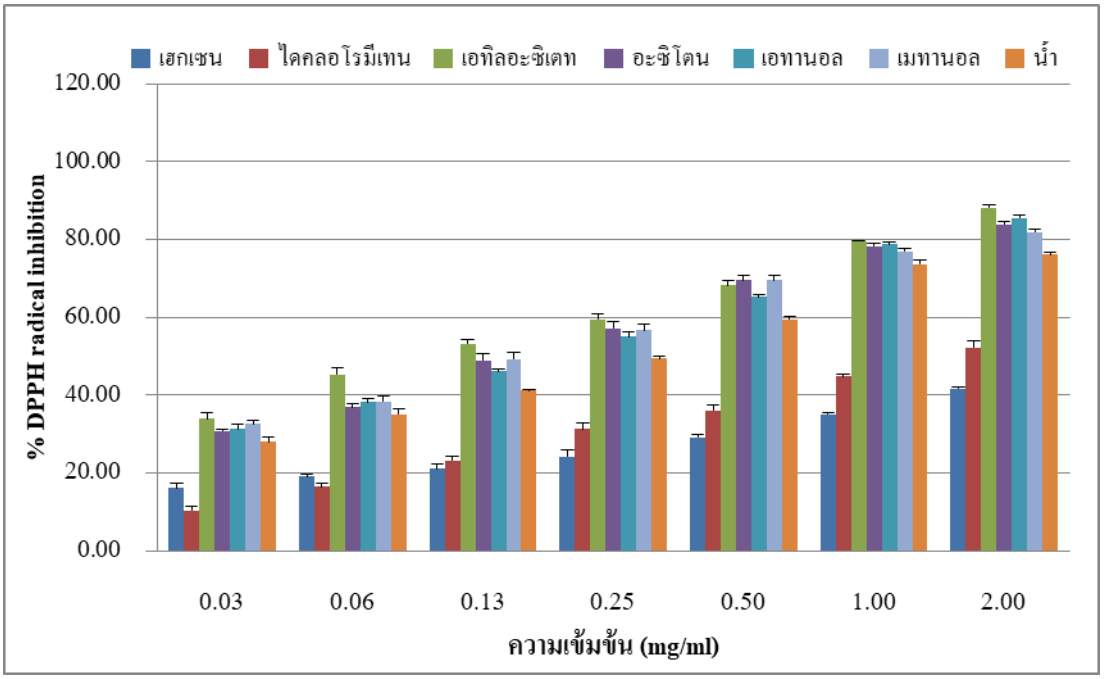
ภาพที่ 4-19 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดตะบูนดำ



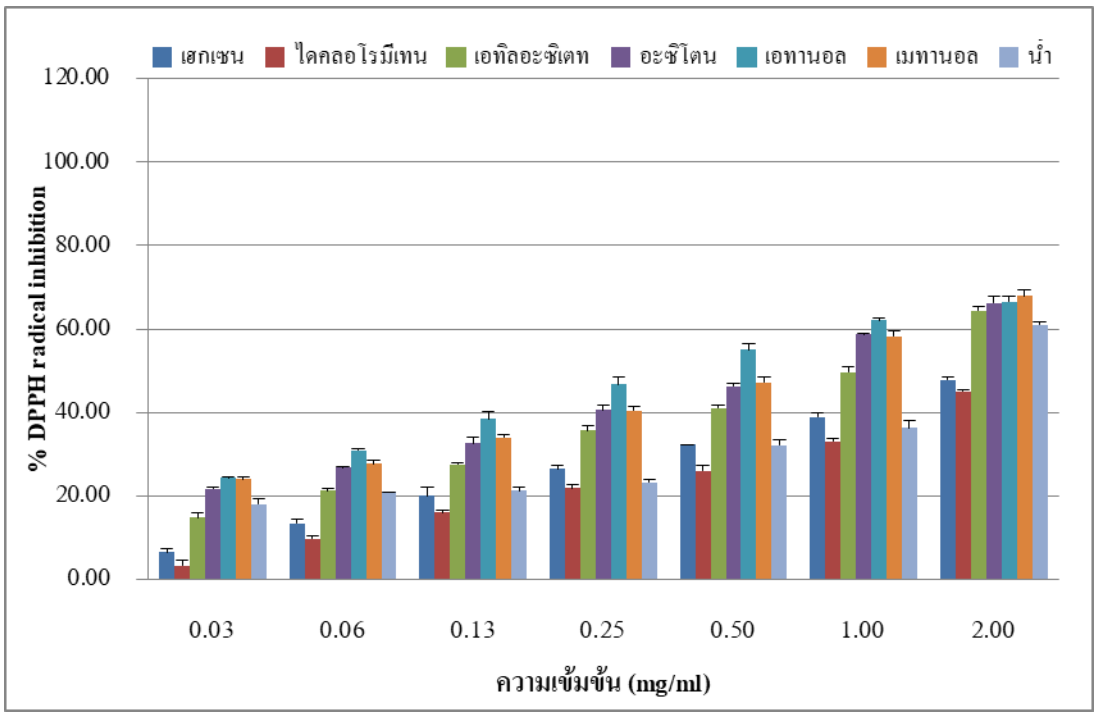
ภาพที่ 4-20 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนดำ



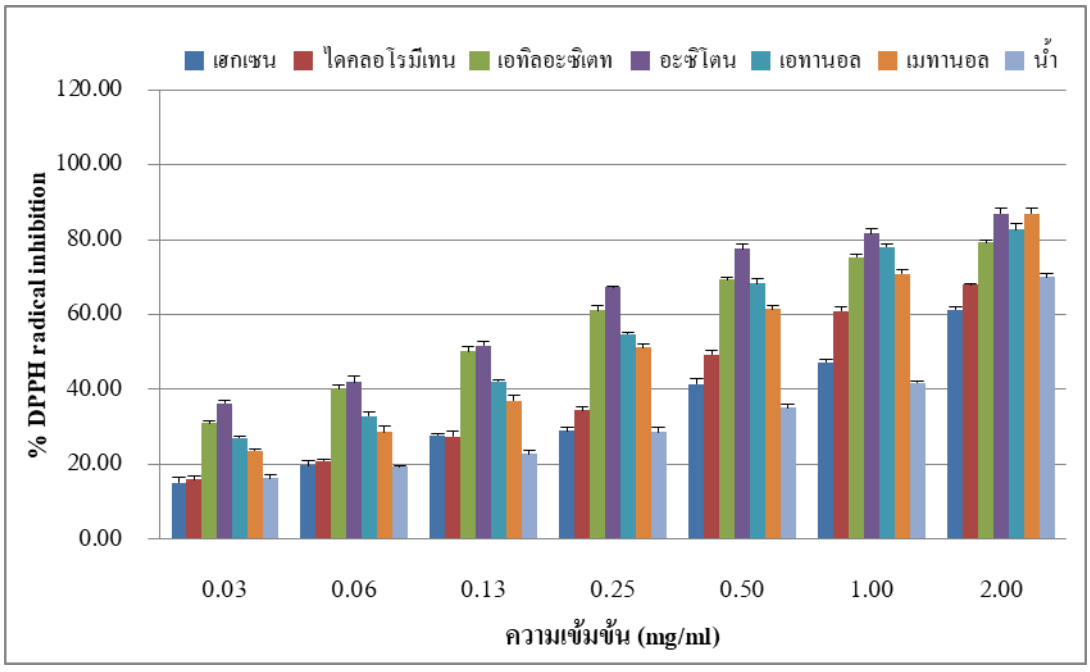
ภาพที่ 4-21 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อไม้ตะบูนดำ



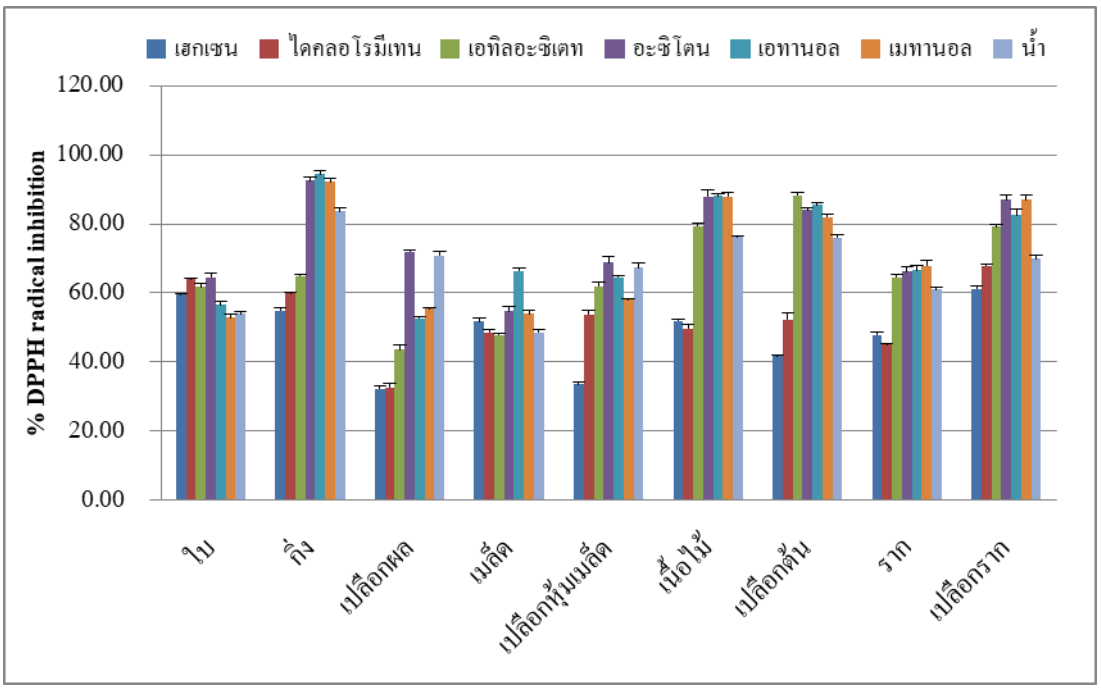
ภาพที่ 4-22 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นตะบูนดำ



ภาพที่ 4-23 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของรากตะบูนดำ



ภาพที่ 4-24 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกรากตะบูนดำ



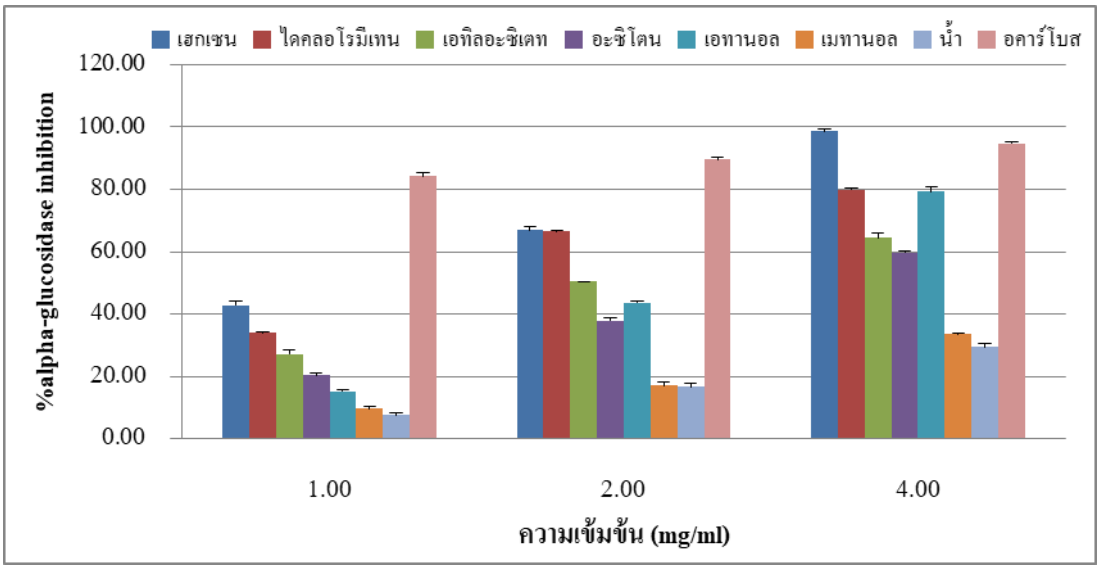
ภาพที่ 4-25 ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของตะบูนดำ ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml

จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดังภาพที่ 4-25 ของส่วนสกัดหยาบจาก ใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกรากของตะบูนดำ ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml พบว่า ส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล (94.35±1.11 %) อะซิโตน (92.52±1.08 %) เมทานอล (92.11±0.96 %) จากกิ่ง มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วสูงในส่วนกิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกรากมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี ในส่วนใบตัวทำละลายที่ขั้วต่ำถึงขั้วปานกลางมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแต่ละส่วนของพืช พบว่า ส่วนกิ่ง มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าส่วน เนื้อไม้ เปลือกต้น และราก สำหรับส่วนใบ เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด และราก มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่น้อยกว่า

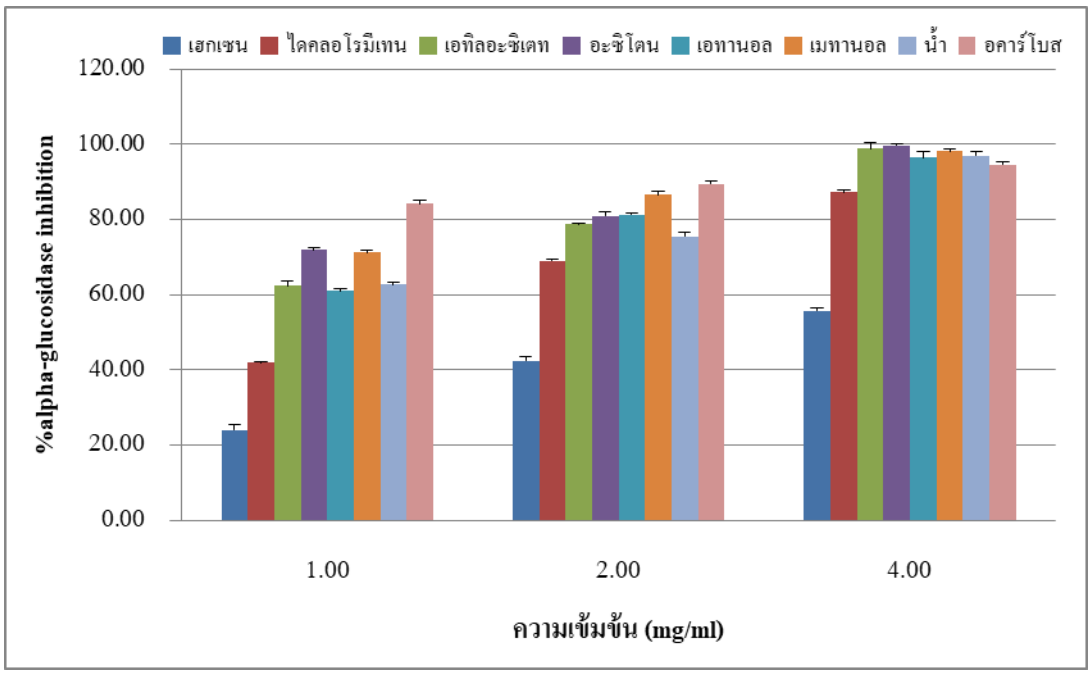
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของส่วนสกัดหยาบจากใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกราก ในตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 7 ชนิด ของตะบูนขาว และตะบูนดำ พบว่า ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml ของส่วนสกัดจากตะบูนขาวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (30.48±1.95 ถึง 99.84±0.57 %) ดีกว่าตะบูนดำ (0.32±0.36 11 ถึง 94.35±1.%) โดยในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัดที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วสูงจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ขั้วต่ำ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบส่วนต่าง ๆ ของตะบูนทั้งสอง พบว่าส่วนของกิ่ง เนื้อไม้ เปลือกต้น และราก มีประสิทธิภาพต้านอนุมูลอิสระสูงเช่นเดียวกัน

4.5 การหาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (Anti-α-Glucosidase Assay)

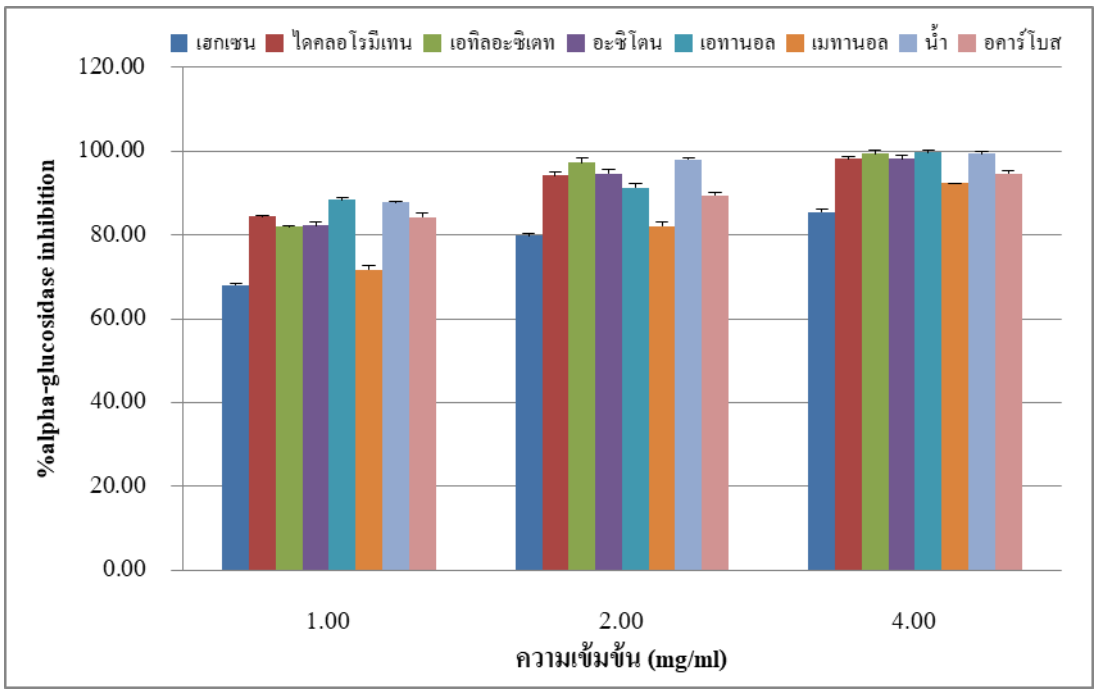
การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนขาว และตะบูนดำ โดยใช้สารละลายมาตรฐานอคาร์โบส (acarbose) เป็นสารมาตรฐาน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร ได้ผลการทดลองแสดงเป็นค่าร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (% α-glucosidase inhibition) ผลการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบของตะบูนทั้ง 2 ชนิด แสดงดังภาพที่ 4-26 ถึง 4-35 และ 4-36 ถึง 4-45 ตามลำดับ



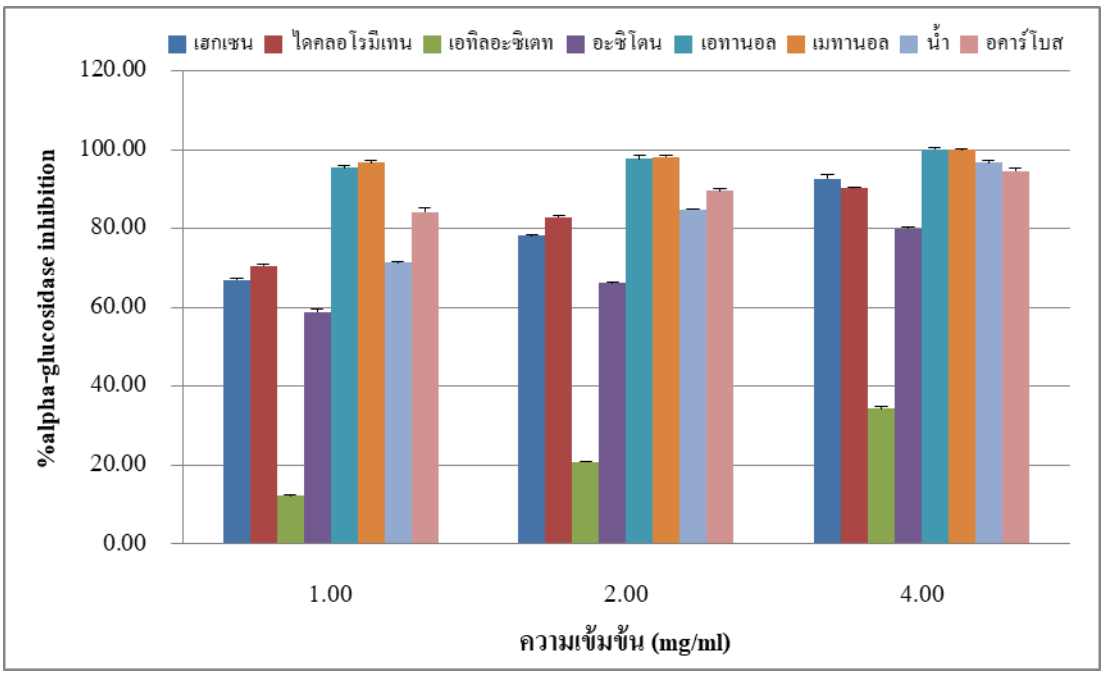
ภาพที่ 4-26 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนใบตะบูนขาว



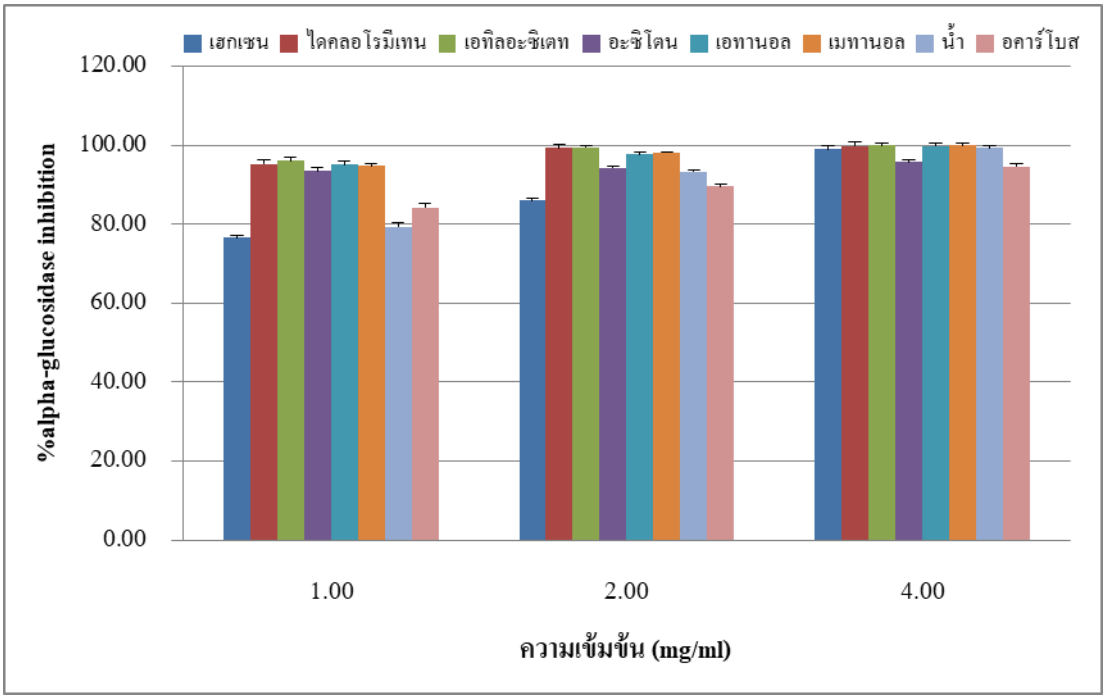
ภาพที่ 4-27 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนกิ่งตะบูนขาว



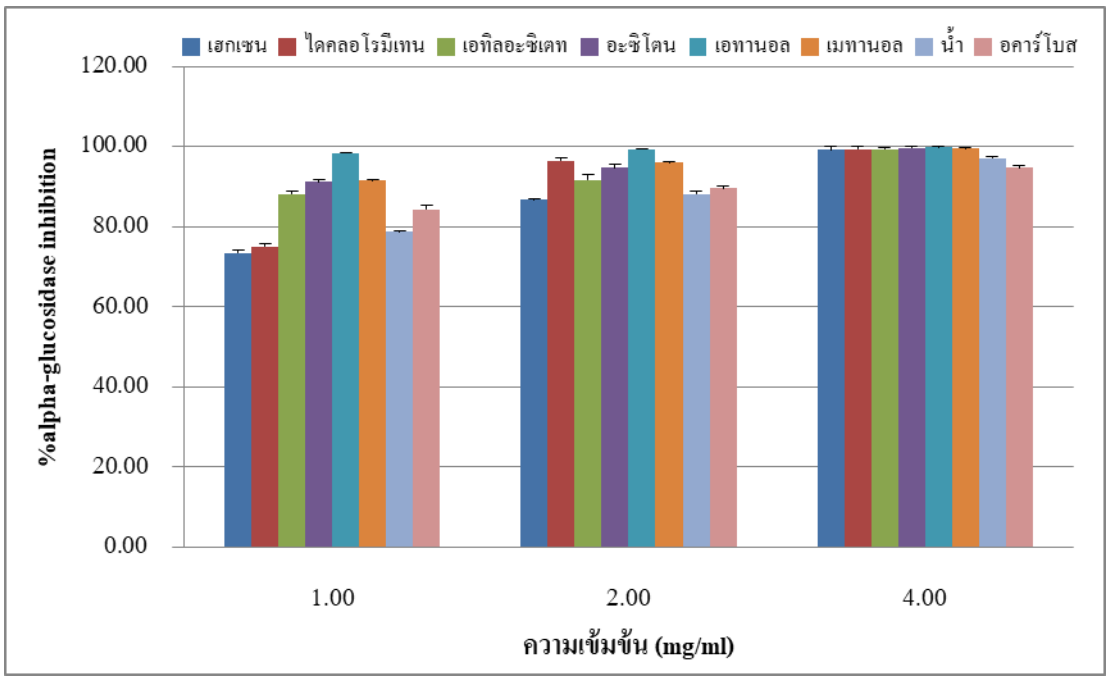
ภาพที่ 4-28 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกผลตะบูนขาว



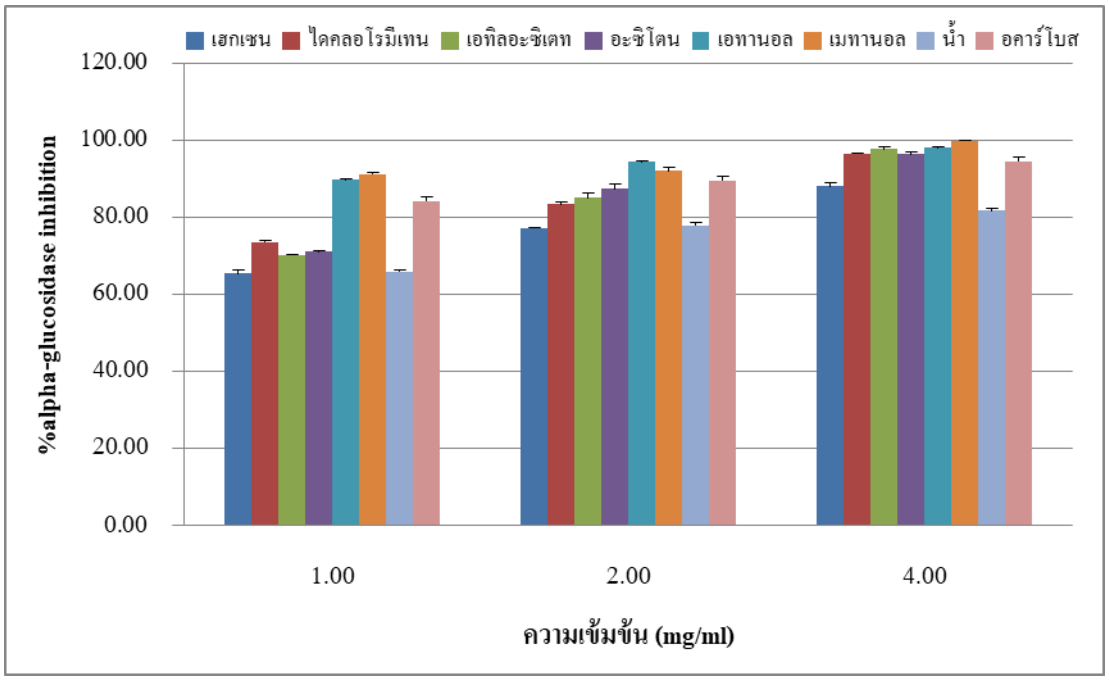
ภาพที่ 4-29 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเมล็ดตะบูนขาว



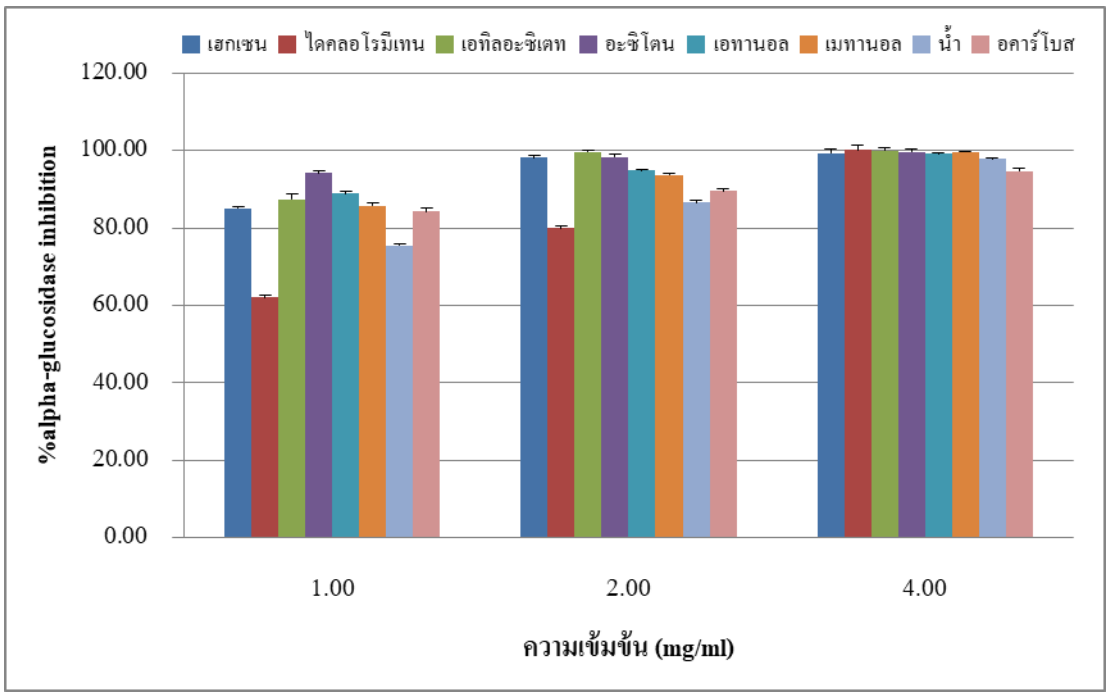
ภาพที่ 4-30 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนขาว



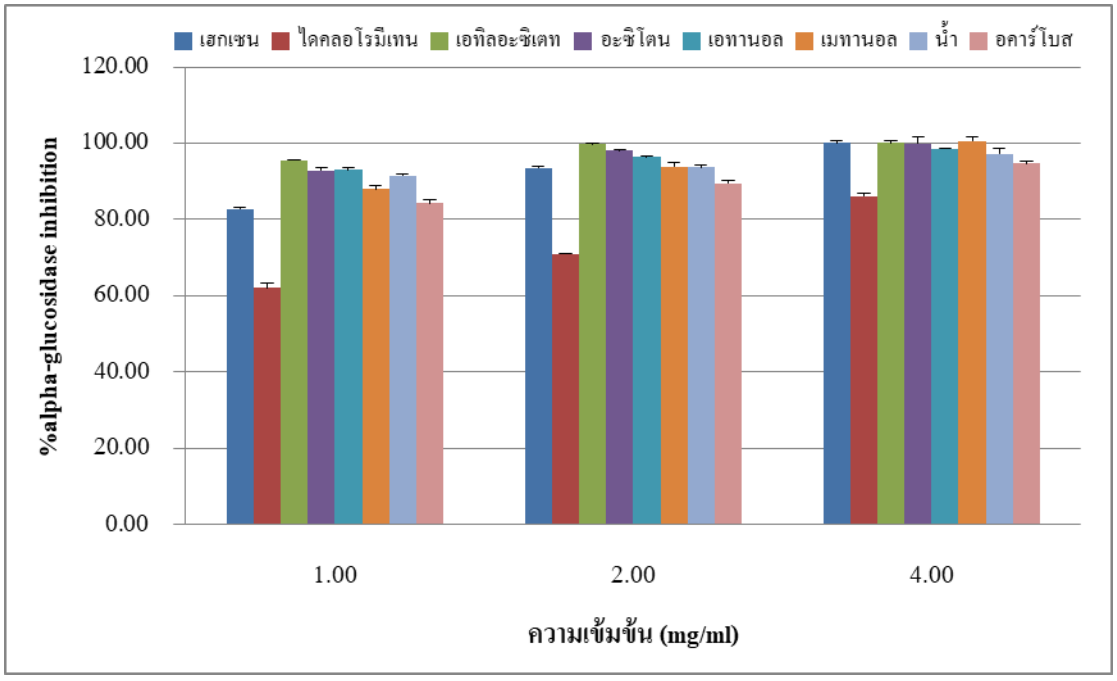
ภาพที่ 4-31 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเนื้อไม้ตะบูนขาว



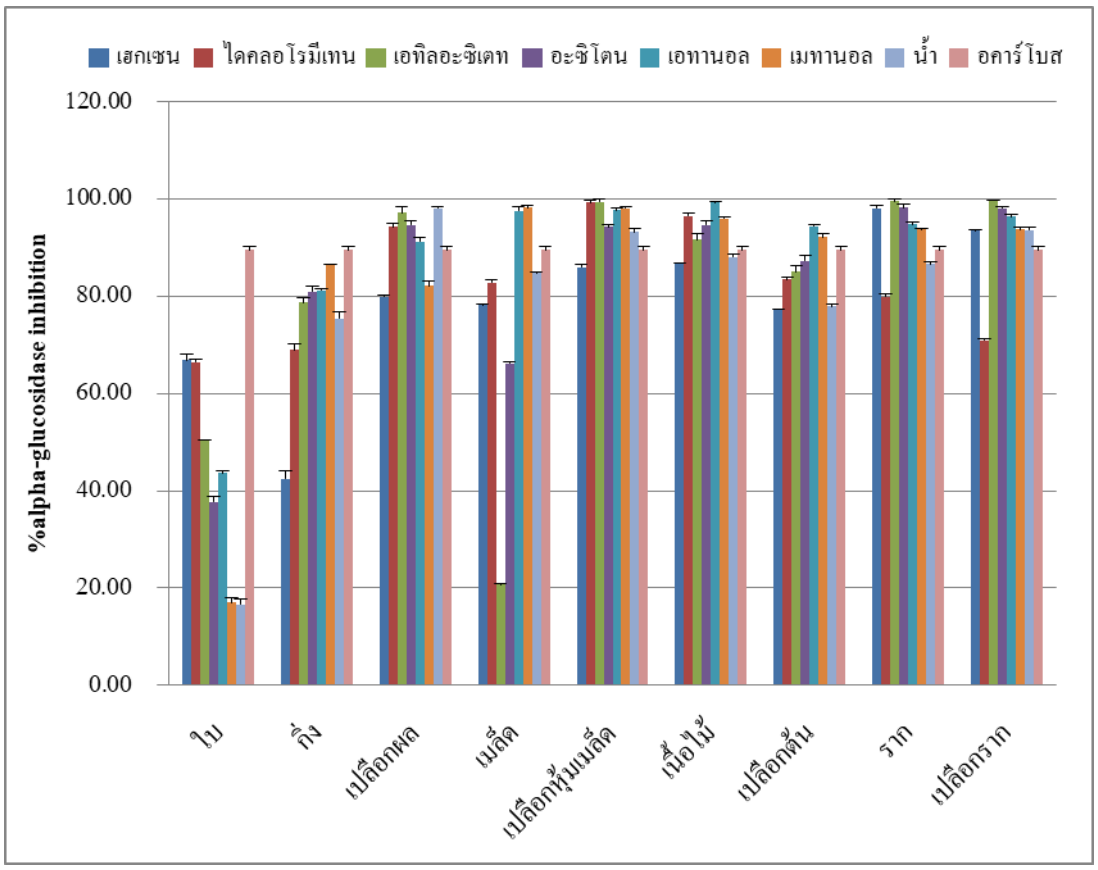
ภาพที่ 4-32 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกต้นตะบูนขาว



ภาพที่ 4-33 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนราก ตะบูนขาว

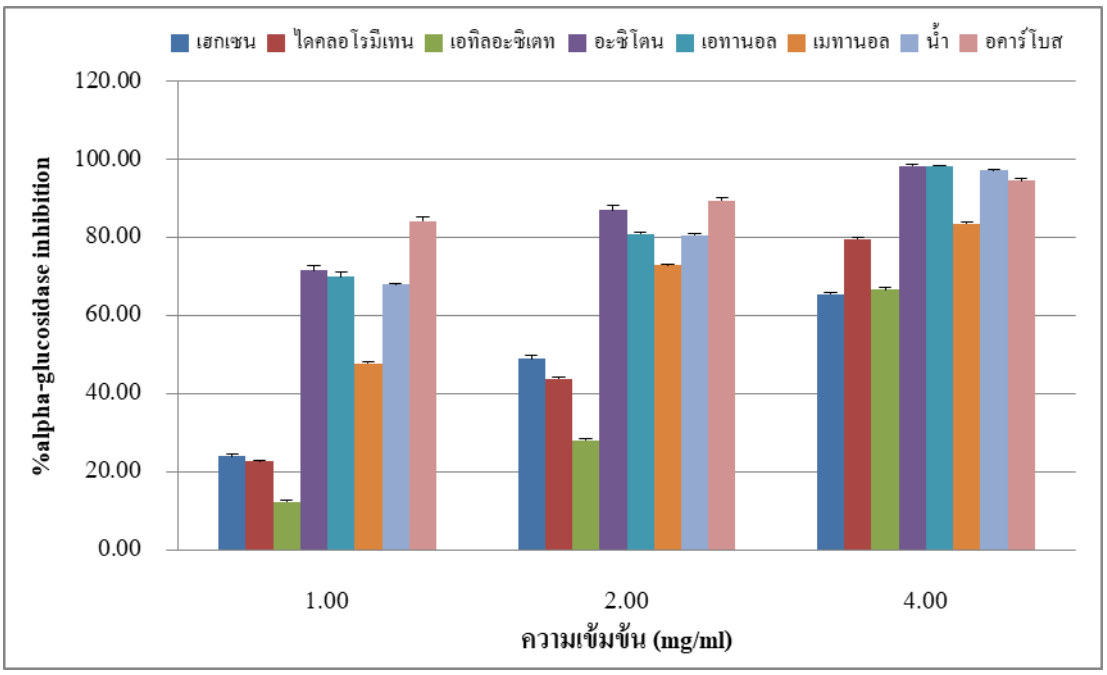


ภาพที่ 4-34 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกรากตะบูนขาว

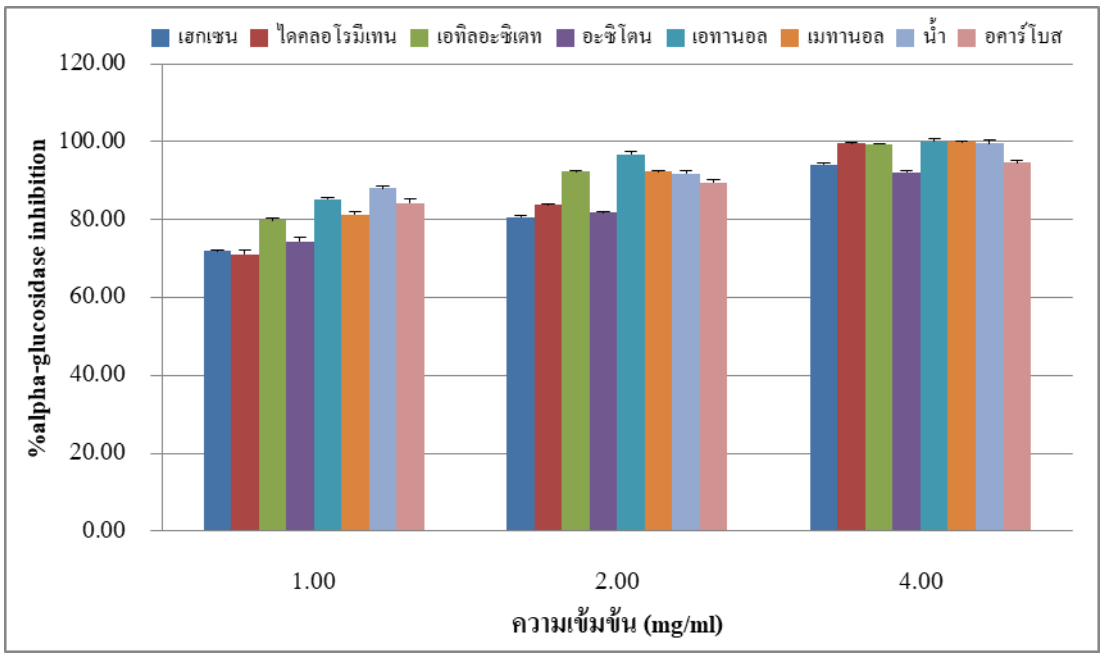


ภาพที่ 4-35 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ จากตะบูนขาว ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml

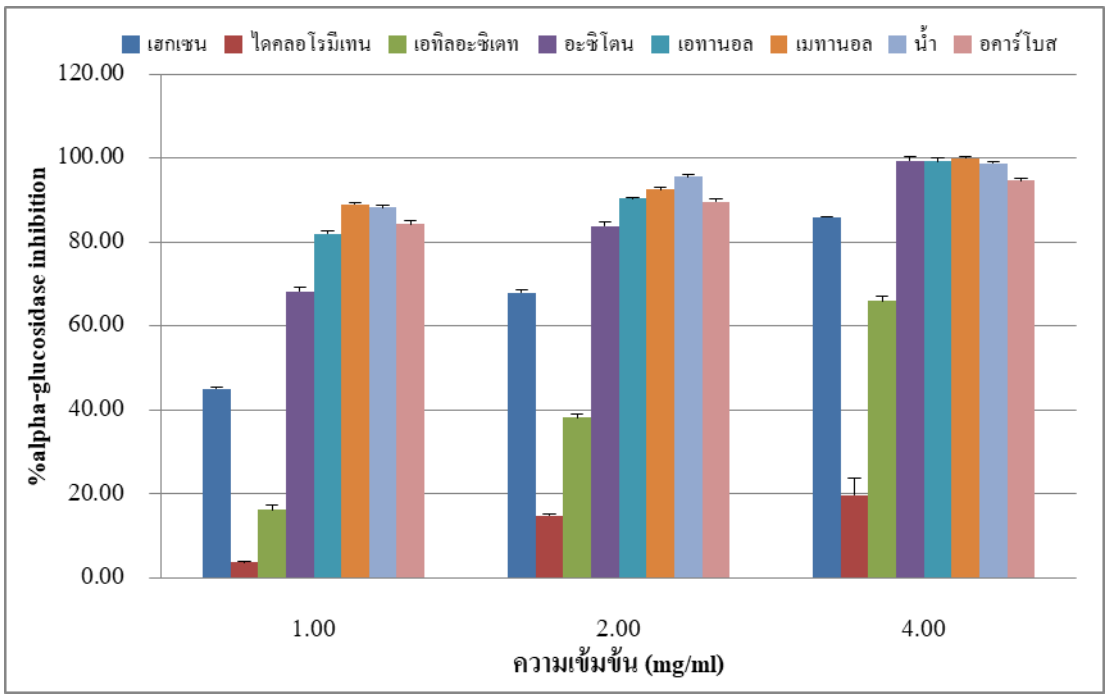
จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ดังแสดงในภาพที่ 4-35 ของสารสกัดหยาบจากส่วนใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกรากของตะบูนขาว ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml พบว่าส่วนสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตทจากส่วนของเปลือกราก (99.66±0.17%) ราก (99.57±0.49%) และเปลือกหุ้มเมล็ด (99.41±0.54%) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีที่สุดตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลาง ถึงขั้วสูง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนสกัดหยาบแทบทุกส่วนของตะบูนขาวมีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ที่ดีพอ ๆ กัน ยกเว้นสารสกัดหยาบของใบ มีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่น้อยที่สุด



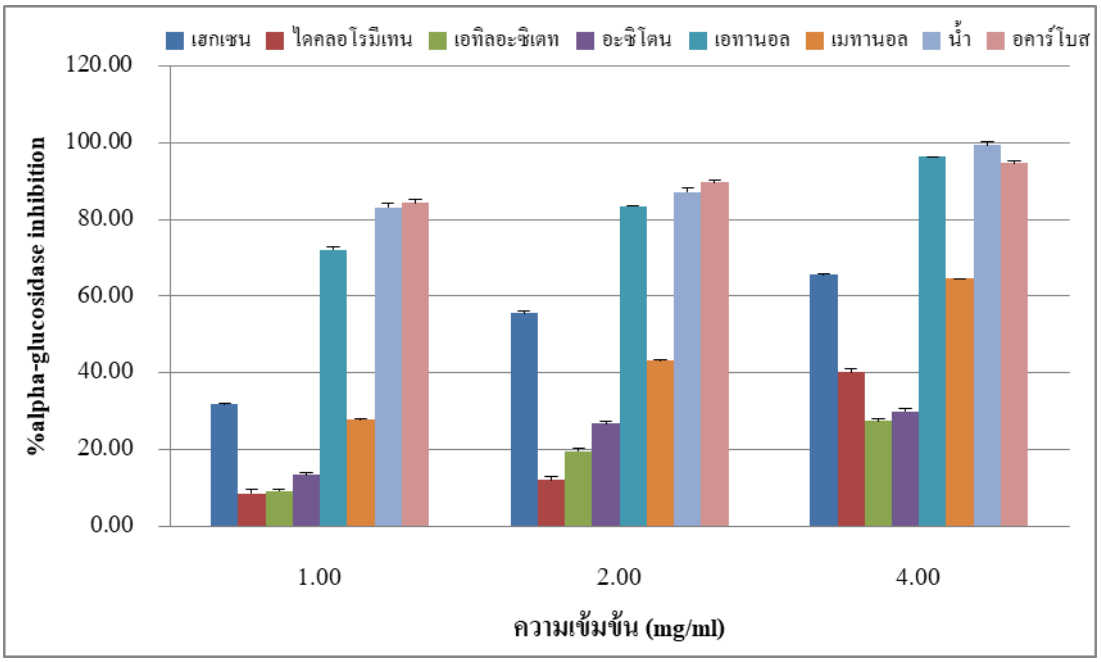
ภาพที่ 4-36 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนใบตะบูนดำ



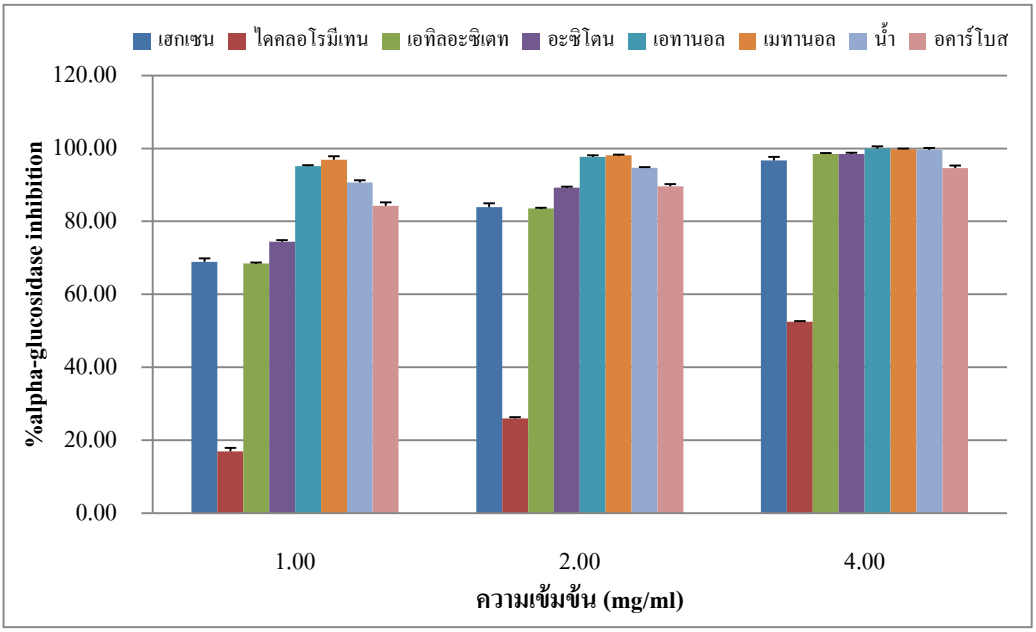
ภาพที่ 4-37 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนกิ่งตะบูนดำ



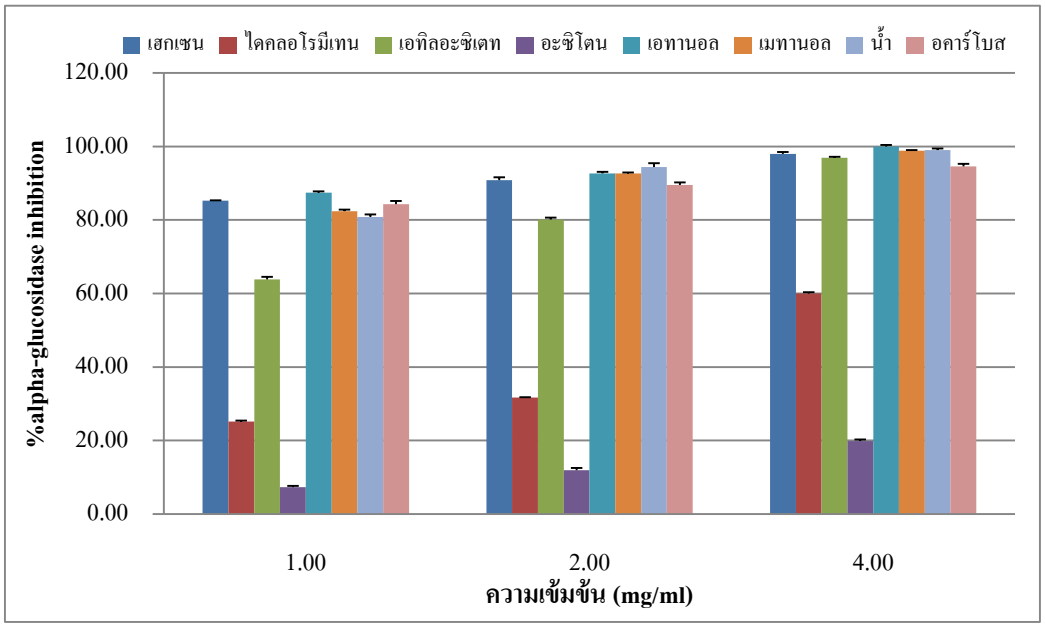
ภาพที่ 4-38 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกผลตะบูนดำ



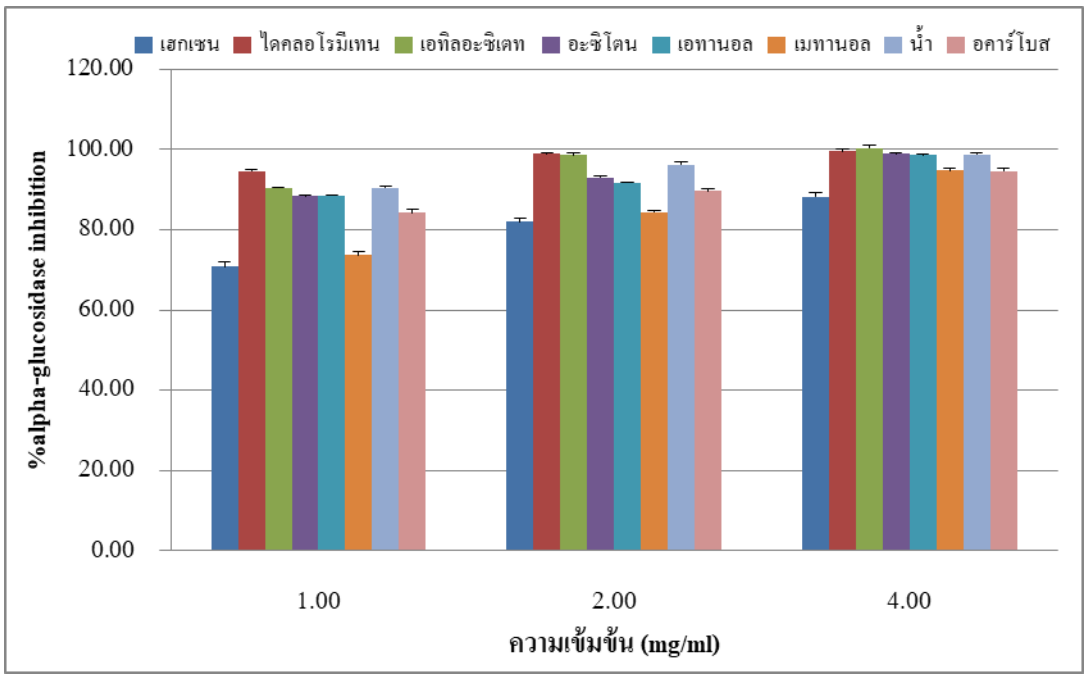
ภาพที่ 4-39 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเมล็ดตะบูนดำ



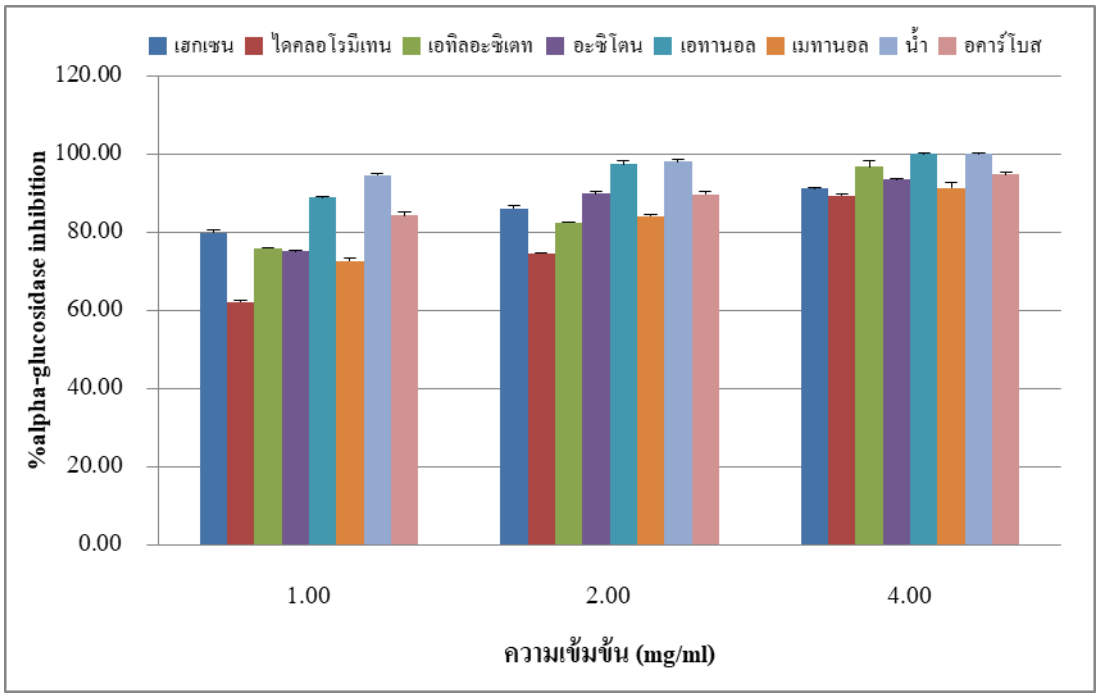
ภาพที่ 4-40 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดตะบูนดำ



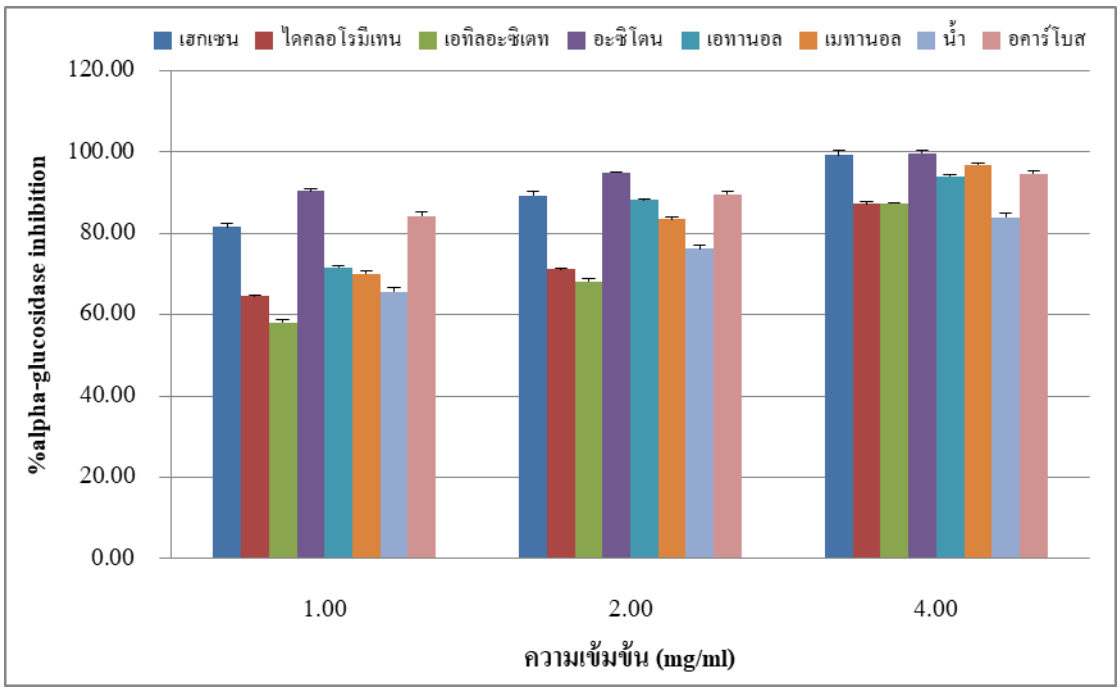
ภาพที่ 4-41 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเนื้อไม้ตะบูนดำ



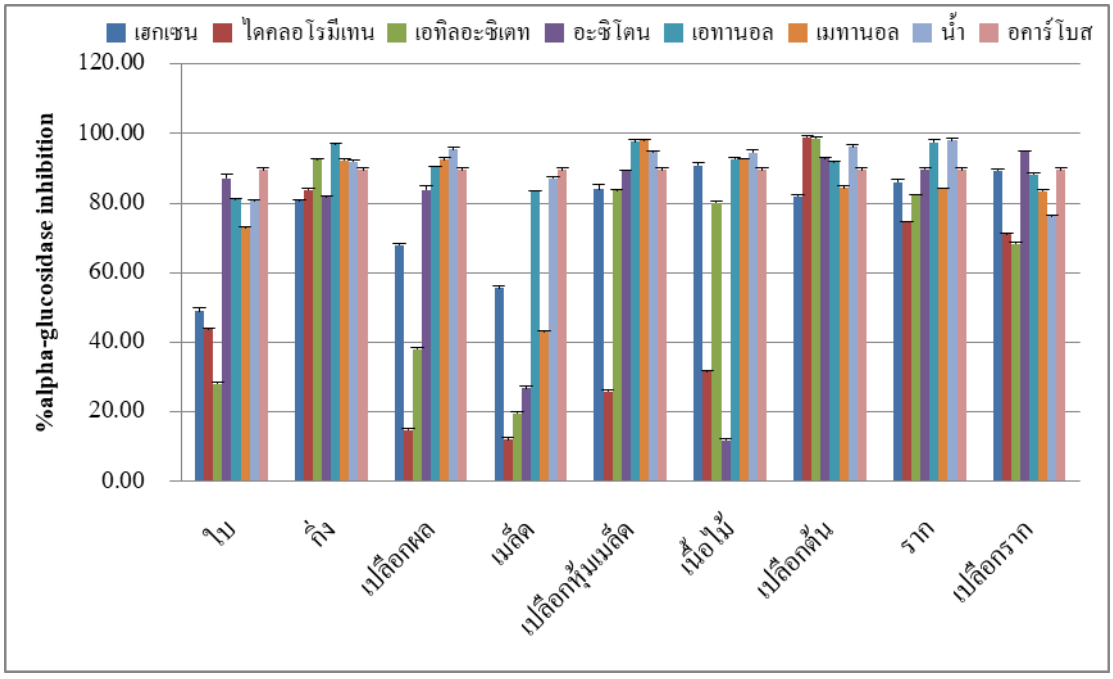
ภาพที่ 4-42 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกต้นตะบูนดำ



ภาพที่ 4-43 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนรากตะบูนดำ



ภาพที่ 4-44 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนเปลือกรากตะบูนดำ



ภาพที่ 4-45 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ จากตะบูนดำ ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml

จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ดังแสดงในภาพที่ 4-45 ของสารสกัดหยาบจากส่วนใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกราก จากตะบูนดำ ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml พบว่าส่วนสกัดหยาบชั้นไดคลอโรมีเทน (98.96±0.30 %) จากส่วนของเปลือกต้น ชั้นเมทานอล (98.10±0.15%) และเอทานอล (97.70±0.43%) จากส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด และชั้นน้ำ (98.02±0.64%) จากรากมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีที่สุด นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วสูงมีประสิทธิภาพในการการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนสกัดหยาบแทบทุกส่วนของตะบูนดำมีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ดีพอ ๆ กัน ยกเว้นสารสกัดหยาบจากเมล็ดมีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสน้อยที่สุด

ผลจากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟลา-กลูโคซิเดส ของตะบูนทั้ง 2 ชนิด ของสารสกัดหยาบจากส่วนใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกราก ที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml พบว่าส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซิเตท (99.66±0.17%) จากส่วนของเปลือกรากตะบูนขาวมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด พบว่าตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วสูงมีประสิทธิภาพในการการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ดี อีกทั้งพบว่าส่วนสกัดหยาบเกือบทุกส่วนสกัดของตะบูนขาวมีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ดีกว่าตะบูนดำ และสูงกว่าสารมาตรฐานอคาร์โบส (89.56±0.66 μg/ml) อีกด้วย จากผลการทดสอบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสข้างต้นนั้นสอดคล้องกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ตะบูนขาวมีฤทธิ์สูงกว่าตะบูนดำ ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าส่วนสกัดหยาบชั้นเอทิลอะซิเตทของเปลือกรากจากตะบูนขาวยังให้ผลสอดคล้องกันทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสอีกด้วย

จากผลการทดลองข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของส่วนสกัดหยาบจากตะบูนทั้ง 2 ชนิด พบว่า ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหยาบจากใบ กิ่ง เปลือกผล เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อไม้ เปลือกต้น ราก และเปลือกราก ของพืชสกุล *Xylocarpus* ที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 2 ชนิด คือตะบูนขาว (*X. granatum*) และตะบูนดำ (*X. moluccensis*) โดยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 7 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท อะซิโตน เอทานอล เมทานอล และน้ำ จากการทดสอบหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดตะบูนทั้ง 2 ชนิด พบว่าทุกส่วนสกัดของตะบูนทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมน้อยมาก และการทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกรวมของส่วนสกัดหยาบต่าง ๆ ของตะบูนทั้ง 2 ชนิด สารสกัดหยาบจากตะบูนขาวมีปริมาณฟีนอลิกรวม (5.33±0.25 ถึง 757.42±17.12 mgGAE/g) มากกว่าส่วนสกัดหยาบของตะบูนดำ (3.68±0.49 ถึง 528.84±7.64 mgGAE/g) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาฤทธิ์ต้าน อนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของตะบูนทั้ง 2 ชนิด โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 2.00 mg/ml ส่วนสกัดหยาบจากตะบูนขาว มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (30.48±1.95 ถึง 99.84±0.57 mg/ml) ดีกว่าส่วนสกัดหยาบของตะบูนดำ (94.35±1.11 ถึง 0.32±0.36 mg/ml) และพบอีกว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัดที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วสูงจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ขั้วต่ำเมื่อเปรียบเทียบส่วนต่าง ๆ ของตะบูนทั้งสอง พบว่าส่วนของกิ่ง เนื้อไม้ เปลือกต้น และราก มีประสิทธิภาพต้นอนุมูลอิสระสูงเช่นเดียวกัน เมื่อศึกษาผลจากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ของทุกส่วนสกัดหยาบของตะบูนทั้ง 2 ชนิด พบว่าส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซิเตท (99.66±0.17%) จากส่วนเปลือกรากของตะบูนขาวมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสตามความมีขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัดพบว่าตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลางถึงขั้วสูงมีประสิทธิภาพในการการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ดี อีกทั้งพบว่าส่วนสกัดหยาบเกือบทุกส่วนสกัดของตะบูนขาวมีค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ดีกว่าตะบูนดำ และสูงกว่าสารมาตรฐานอคาร์โบส (89.56±0.66 μg/ml) อีกด้วย

จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตะบูนทั้ง 2 ชนิด น่าจะเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีขั้วสูงที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ ดังนั้นจากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจะสามารถพัฒนาสารสกัดจากตะบูน

ทั้ง 2 ชนิด มาใช้เป็นสมุนไพรเพื่อรักษาและป้องกันโรคเบาหวาน และโรคที่เกิดจากอนุมูลอิสระได้ อีกทั้งยังนำไปสู่การยกระดับ และการพัฒนาพืชสมุนไพรของไทยให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ชนิดอื่น เช่น เอนไซม์ลิพอกซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ผลิตสารที่ก่อให้เกิดการอักเสบ เอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับโรคความจำเสื่อม รวมทั้งศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ เช่น ความเป็นพิษต่อเซลล์จากตับ เซลล์จากไต เซลล์มะเร็ง รวมทั้งผิวหนัง เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาสมุนไพรในการรักษาโรค และเป็นเครื่องสำอางต่อไป

บรรณานุกรม

ก่องกานดา ชยามฤต และลีนา ผู้พัฒนพงศ์. (2545). *สมุนไพรไทย ตอนที่ 7*. กรุงเทพฯ: ประชาชน.

ชุติมา จิตนิยม. (2554). *ลิโมนอยด์จากเมล็ดตะบูนขาวและตะบูนดำ จังหวัดสุราษฎร์ธานี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นุชรี อาบสุวรรณ และนิตยา พันธุเวทย์. (2557). *ประเด็นสารรณรงค์วันเบาหวานโลกปี 2557 (ปีงบประมาณ 2558)*. เข้าถึงได้จาก http://www.thaincd.com/document/hot%20news/ประเด็นเบาหวาน58.doc.

ปนัดดา ทินบุตร และจินดารัตน์ พิมพ์สมาน. (2554). ฤทธิ์ยับยั้งแอลฟา-กลูโคซิเดสของสารสกัดจากพืชตระกูลเฟินเพื่อใช้บำบัดโรคเบาหวาน.ใน *การประชุมวิชาการนานาชาติ "วิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21*" (หน้า 1-5). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประภัสสร วงษ์ศรี, ณัฐวุฒิ สุริยะ และอักษราราณัฐ ภักดีสมัย. (ม.ป.ป.). *สมุนไพรไทยกับการรักษาเบาหวาน*. เข้าถึงได้จาก http://www.smnc.ac.th/group/research/images/stories/nurse/herb.pdf.

พิสิฐ ตั้งกิจวานิชย์. (ม.ป.ป.). *THE ENDOCRINE PANCREAS*. เข้าถึงได้จาก http://biochem.md.chula.ac.th/Data/Endocrine%20for%20upload/Endocrine%20pancreas.pdf.

เมดไทย. (2559). *ตะบูนขาว สรรพคุณและประโยชน์ของตะบูนขาว*. เข้าถึงได้จาก http://frynn.com/%E0%B8%95%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%B9%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B8%A7/.

เมดไทย. (2559). *ตะบูนดำ สรรพคุณและประโยชน์ของตะบูนดำ*. เข้าถึงได้จาก http://frynn.com/%E0%B8%95%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%B9%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B3/.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. (2550). *การตรวจสอบและการสกัดแยกสาระสำคัญจากสมุนไพร*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทยา ศรีดามา. (บรรณาธิการ). (2553). *Clinical Practice Guideline 2010 เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีรพล คู่คงวิริยพันธ์, บุญเกิด คงยิ่งยศ และลัดดาวัลย์ เล็งกันไพร. (บรรณาธิการ). (2554). *เภสัชวิทยา สำหรับนักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพ เล่มที่ 1* (พิมพ์ครั้งที่ 7). ขอนแก่น: ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศัลยา คงสมบูรณ์เวช. (2550). *กินอย่างไร ไม่อ้วน ไม่มีโรค.* กรุงเทพฯ: คลินิกสุขภาพ.

สำนักงานหอพรรณไม้. (2557). *ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันทน์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557.* กรุงเทพฯ: สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.

สำนักสารนิเทศ. (2557). *สธ.เผยปี 2568 ไทยก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุเต็มตัว เผยขณะนี้มีผู้สูงอายุกว่า 1 ล้านคนนอนติดเตียง*. เข้าถึงได้จาก http://pr.moph.go.th/iprg/include/admin_hotnew/show_hotnew.php?idHot_new=64244.

อธิป ลิขิตลิลิต. (2557). *อนุมูลอิสระ: แหล่งกำเนิดและการเกิดโรค.* กรุงเทพฯ: พี.เอ. ลิฟวิ่ง.

อนันต์ สกุลกิม. (2551). *อนุมูลอิสระ สารอันตราต่อสุขภาพและร่างกาย.* เข้าถึงได้จาก sci.bsru.ac.th/dept/mt/menuhead/picnew/Anun.

อมรา ทองหงษ์, กมลชนก เทพสิทธา และภาคภูมิ จงพิริยะอนันต์. (2555). *รายงานการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง พ.ศ. 2555*. เข้าถึงได้จาก http://www.boe.moph.go.th/files/report/20140109_40197220.pdf.

อารีรัตน์. (2555). *รู้ทันโรค บริโภคสมุนไพร.* กรุงเทพฯ: อินส์พัล.

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตติ์สินทอง. (2559). *สารต้านอนุมูลอิสระ*. กรุงเทพฯ: พี. เอส. พริ้นท์.

Chang-Hong Huo, Dong Guo, Li-Ru Shen, Bao-Wei Yin, Francoise Sauriol, Li-Geng Li, Man-Li Zhang, Qing-Wen Shi, & Hiromasa Kiyota. (2010). Xylocarpanoids A and B, unique C28 skeleton limonoids from *Xylocarpus granatum*. *Tetrahedron Letters, 51,* 754-757.

Jun Li, Min-Yi Li, Gang Feng, Qiang Xiao, Jari Sinkkonen, Tirumani Satyanandamurty, & Jun Wua. (2010). Limonoids from the seeds of a Godavari mangrove, *Xylocarpus moluccensis*. *Phytochemistry, 71,* 1917-1924.

Khanitha Pudhom, Damrong Sommit, Paulwatt Nuclear, Nattaya Ngamrojanavanich, & Amorn Petsom. (2010). Moluccensins H-J, 30-Ketophragmalin Limonoids from *Xylocarpus moluccensis. Journal of Natural Products*, *73*, 263–266.

Vijai Lakshmi, Vaibhav Mishra, & Gautam Palit. (2014). A New Gastroprotective Effect of Limonoid Compounds Xyloccensins X and Y from *Xylocarpus molluccensis* in Rats. *Natural Products and Bioprospecting, 4,* 277–283.

Warin Ravangpai, Damrong Sommit, Thapong Teerawatananond, Nuntawan Sinpranee, Taapat Palaga, Somchai Penpreecha, Nongnuj Muangsin, & Khanitha Pudhom. (2011). Limonoids from seeds of Thai *Xylocarpus moluccensis*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 21,* 4485-4489.

Wenping Chen, Li Shen, Minyi Li, Qiang Xiao, Tirumani Satyanandamurty, & Jun Wub. (2014). Absolute configurations of new limonoids from a Krishna mangrove, *Xylocarpus granatum*. *Fitoterapia, 94*, 108-113.

Yi-Bing Wu, Xia Qing, Chang-Hong Huo, Hui-Min Yan, Qing-Wen Shi, Francoise Sauriol, Yu-Cheng Gu, & Hiromasa Kiyota. (2014). Xylomexicanins E-H, new limonoids from *Xylocarpus granatum*. *Tetrahedron, 70,* 4557-4562.

Yi-Bing Wu, Ying Bai, Xiaohan Guo, Jinlong Qi, Mei Dong, Francoise Sauriol, Qingwen Shi, Yucheng Gu, & Changhong Huo. (2014). A new limonoids from *Xylocarpus granatum*. *Chemistry of Natural Compounds*, *50*(2), 314-316.

Yi-Guo Daia, Jun Wua, Krishna Pillai Padmakumarb, & Li Shen. (2017). Sundarbanxylogranins A–E, five new limonoids from the Sundarban Mangrove, *Xylocarpus granatum*. *Fitoterapia, 122,* 85–89.

Zhen-Fang Zhou, Hai-Li Liu, Wen Zhang, Tibor Kurtan, Attila Mandi, Attila Benyei, Jia Li, Orazio Taglialatela-Scafat, & Yue-Wei Guo. (2014). Bioactive rearranged limonoids from the Chinese mangrove *Xylocarpus granatum* Koenig. *Tetrahedron, 70*, 6444-6449.

Zhen-Fang Zhou, Orazio Taglialatela-Scafati, Hai-Li Liu, Yu-Cheng Gu, Ling-Yi Kong, & Yue-Wei Guo. (2014). Apotirucallane protolimonoids from the Chinese mangrove *Xylocarpus granatum* Koenig. *Tetrahedron, 97,* 192-197.

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวศิริพร จิ๋วสุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	16 เมษายน พ.ศ. 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดสุราษฎร์ธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 35 หมู่ 2 ตำบลตะกรบ อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2555 – 2557	ครูผู้ช่วย โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
พ.ศ. 2557 – 2558	ครูค.ศ.1 โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
พ.ศ. 2558 – ปัจจุบัน	ครูค.ศ.1 โรงเรียนศรียาภัย จังหวัดชุมพร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2553	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
พ.ศ. 2554	ประกาศนียบัตรบัณฑิต (วิชาชีพครู) มหาวิทยาลัยทักษิณ
พ.ศ. 2560	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมีศึกษา) มหาวิทยาลัยบูรพา