

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ค่าร้อยละของสารสกัด

จากการนำพืชตระกูลเฟินที่อบแห้งและบดละเอียด มาทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบหมัก และการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายต่างๆ ให้ค่าร้อยละการสกัด ดังนี้

4.1.1 ค่าร้อยละของสารสกัดแบบหมัก

เมื่อนำพืชตระกูลเฟินมาทำการสกัดแบบหมักทีละชั้นด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกันจากขั้วต่ำไปขั้วสูง ตัวทำละลายที่ใช้คือ เฮกเซน เอทิลอะซิเตท และเอทานอล เมื่อนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออก จะได้สารที่มีความหนืด เรียกว่า ครูด (Crude) ซึ่งน้ำหนักครูดที่แน่นอน จากนั้นนำมาคำนวณหา ร้อยละของสารสกัดตามสมการที่ 4.1

$$\text{ร้อยละของสารสกัด} = \frac{\text{น้ำหนักครูด}}{\text{น้ำหนักผงแห้ง}} \times 100 \quad (4.1)$$

ในงานวิจัยนี้ไม่ได้นำส่วนที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนมาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแอลฟา-กลูโคซิเดส เนื่องจากเฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วจึงถูกนำมาสกัดเพื่อกำจัดไขมันและสารที่ไม่มีขั้วที่ไม่ต้องการออก และสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสเป็นสารในกลุ่มโพลีโคไซด์ซึ่งมีความเป็นขั้วระดับกลางขึ้นไป ซึ่งตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทและเอทานอลมีความเป็นขั้วที่เหมาะสม จึงนำสารสกัด ในส่วนนี้มาทำการทดสอบ จากการสกัดแบบหมักทีละชั้นได้ร้อยละการสกัดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของสารสกัดแบบหมักทีละชั้น

พืชตระกูลเฟิน	ตัวทำละลาย	ร้อยละของสารสกัด
ผักกูด(A)	A EtOAc m	4.5228
	A EtOH m	6.7630
ผักแว่น(B)	B EtOAc m	2.5977
	B EtOH m	7.2760
กระแตไต่ไม้(C)	C EtOAc m	5.7848
	C EtOH m	9.4345

จากผลการสกัดแบบหมักที่ละชั้นด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกันพบว่า สารสกัดจากกระแตไต่ไม้ ผักแว่นและผักกูด ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทมีร้อยละของสารสกัดเท่ากับ 5.7848, 2.5977 และ 4.5228 ตามลำดับ และสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลมีร้อยละของสารสกัดเท่ากับ 9.4345, 7.2760 และ 6.7630 ตามลำดับ พบว่าเอทานอลสามารถสกัดสารที่มีความหนืดได้มากกว่า เอทิลอะซิเตทเนื่องจากเอทานอล มีความเป็นขั้วสูงกว่าเอทิลอะซิเตททำให้สามารถสกัดสารได้ ปริมาณมากกว่า

4.1.2 ค่าร้อยละของสารสกัดแบบต่อเนื่อง

เมื่อนำพืชตระกูลเฟินมาทำการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท และเอทานอล และระเหยตัวทำละลายออก ซึ่งน้ำหนักครูดที่แน่นอน สามารถคำนวณหาร้อยละของสารสกัดได้ดังตาราง ที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของสารสกัดแบบต่อเนื่อง

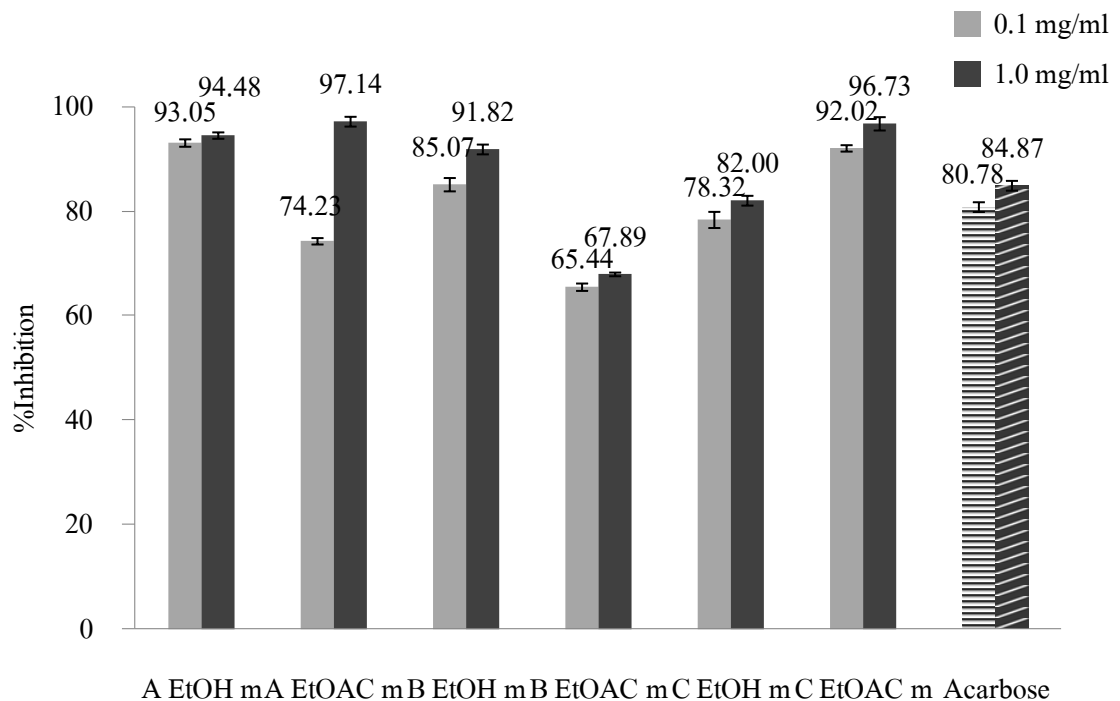
พืชตระกูลเฟิน	ตัวทำละลาย	ร้อยละของสารสกัด
ผักกูด(A)	A EtOAc s	8.9517
	A EtOH s	11.2763
ผักแว่น(B)	B EtOAc s	7.5145
	B EtOH s	13.3623
กระแตไต่ไม้(C)	C EtOAc s	11.7184
	C EtOH s	24.7502

จากผลการสกัดแบบต่อเนื่องพบว่าสารสกัดจากกระแตไต่ไม้ ผักแว่นและผักกูดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทมีร้อยละการสกัดเท่ากับ 11.7184, 7.5145 และ 8.9517 ตามลำดับ และสารสกัดจาก ตัวทำละลายเอทานอลมีร้อยละของการสกัดเท่ากับร้อยละ 24.7502, 13.3623 และ 11.2763 ตามลำดับ จากการสกัดพบว่าเอทานอลสามารถสกัดสารที่มีความหนืดในพืชทั้ง 3 ชนิดได้มากกว่า เอทิลอะซิเตททั้งนี้สามารถอธิบายได้ตามลักษณะความเป็นขั้วของตัวทำละลายเช่นเดียวกับข้อ 4.1.1

จากการสกัดทั้ง 2 วิธีพบว่า การสกัดแบบต่อเนื่องได้ค่าร้อยละการสกัดมากกว่าการสกัดแบบหมัก เนื่องจากการสกัดแบบต่อเนื่องใช้ความร้อนในการสกัดทำให้อัตราการสกัดสูงขึ้น สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายมากขึ้น เป็นผลให้สกัดสารได้ปริมาณมากขึ้น และการสกัดแบบต่อเนื่องในงานวิจัยนี้ ไม่ได้สกัดตามความความมีขั้วของตัวทำละลาย และไม่ได้กำจัดไขมันออกด้วยเฮกเซนทำให้ไขมัน และสารที่ไม่ต้องการในพืชถูกสกัดออกมาด้วย เป็นผลให้ค่าร้อยละของการสกัดมีค่ามากขึ้น

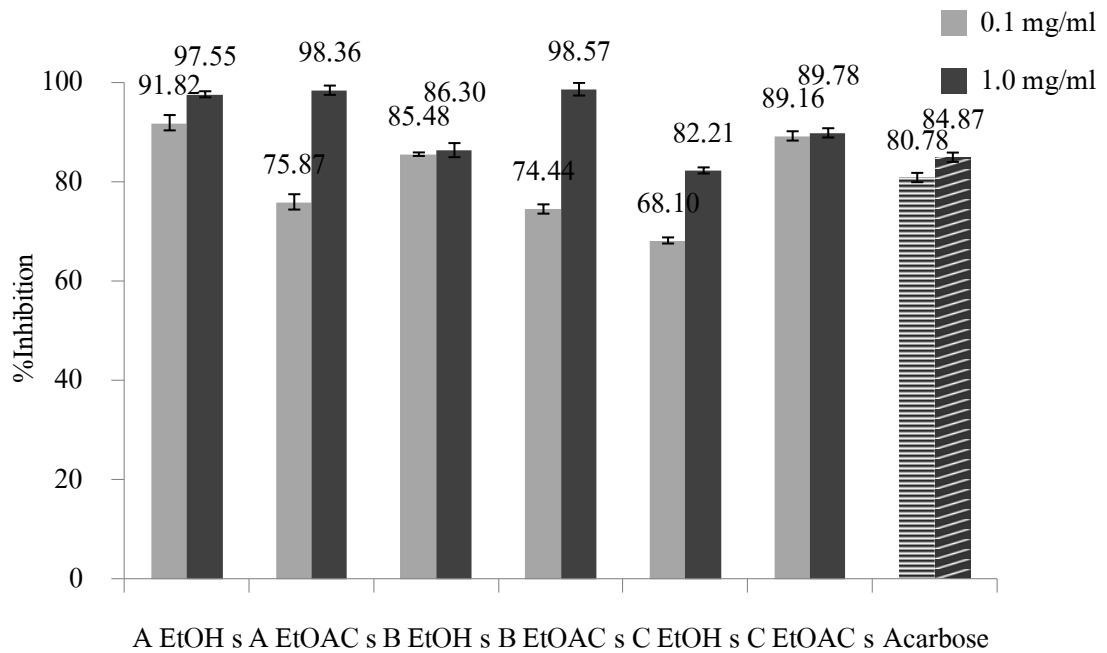
4.2 ผลการวิเคราะห์ร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

เมื่อนำสารสกัดจากพืชตระกูลเฟินที่ได้จากการสกัดแบบหมัก และการสกัดแบบต่อเนื่อง ด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ มาทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานอะคาร์โบสที่ความเข้มข้นเดียวกัน ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ได้จากสารสกัดจากตัวทำละลายเอทานอล และเอทิลอะซิเตท ด้วยวิธีการสกัดแบบหมักเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานอะคาร์โบสที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

จากผลการวิเคราะห์ร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของสารสกัดแบบหมักพบว่าผักกูดที่สกัดด้วยตัวทำละลายในชั้นเอทิลอะซิเตทแสดงฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีที่สุด ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยคิดเป็นร้อยละ 97.14 รองลงมาคือสารสกัดจากกระแตไต่ไม้และผักแว่นโดยยับยั้งได้ร้อยละ 96.73 และ 67.89 ตามลำดับที่ความเข้มข้นเดียวกัน และสารสกัดในชั้น เอทานอลพบว่าผักกูดแสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยคิดเป็นร้อยละ 94.48 รองลงมาคือสารสกัดจากผักแว่นและกระแตไต่ไม้โดยยับยั้งได้ ร้อยละ 91.82 และ 82.00 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน



รูปที่ 4.2 การยับยั้งแอลฟา-กลูโคซิเดสที่ได้จากสารสกัดจากตัวทำละลายเอทานอล และเอทิลอะซิเตท ด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานอะคาร์โบสที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

จากผลการวิเคราะห์ร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของสารสกัดแบบต่อเนื่องพบว่า ผักแว่นที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทแสดงฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยคิดเป็นร้อยละ 98.57 รองลงมาคือสารสกัดจากผักกูด และกระแตไต่ไม้โดยยับยั้งได้ร้อยละ 98.36 และ 89.78 ตามลำดับที่ความเข้มข้นเดียวกัน และจากการสกัดด้วยเอทานอลพบว่าสารสกัดจากผักกูดแสดงฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยคิดเป็นร้อยละ 97.55 รองลงมาคือสารสกัดจากผักแว่นและกระแตไต่ไม้โดยยับยั้งได้ร้อยละ 86.30 และ 82.21 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน

ตารางที่ 4.3 ร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของพืชสมุนไพรไทยเปรียบเทียบกับสารสกัดจากพืชตระกูลเฟินที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/ml)	%Inhibition	สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/ml)	%Inhibition
กระดุมทองเลื้อย (ใบ) [17]	1.0	99.22	กาง (เปลือก) [6]	1.0	83.98
ผักแว่น (ใบ)	1.0	98.57	แดง (เปลือก) [6]	1.0	82.87
สะบ้า [6] (เปลือกหุ้มเมล็ด)	1.0	98.73	สีเสียด (ใบ) [6]	1.0	82.28
ผักกูด (ใบ)	1.0	98.36	จามจุรี (เปลือก) [6]	1.0	81.59
ชะเนียง [6] (เปลือกหุ้มเมล็ด)	1.0	95.67	สะบ้า [6] (เปลือกหุ้มเมล็ด)	1.0	74.01
ระกำป่า (เปลือก) [6]	1.0	94.00	มะรุม (ใบ) [11]	1.0	50.84
แดง (กิ่ง) [6]	1.0	91.56	มะรุม (เมล็ด) [11]	1.0	34.21
แดง (ใบ) [6]	1.0	89.99	แป๊ะตำปิ้ง (ใบ) [17]	1.0	27.52
กระแต้ไต่ไม้ (เหง้า)	1.0	89.78	มะรุม (ราก) [11]	1.0	24.74
สะตอ (ฝัก) [6]	1.0	89.46	อินทนิลน้ำ (ใบ) [17]	1.0	22.39
ระกำป่า (ใบ) [6]	1.0	85.04	มะระขี้นก (ใบ) [17]	1.0	10.08

เมื่อเปรียบเทียบกับพืชสมุนไพรไทยชนิดอื่นที่มีการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสพบว่า พืชตระกูลเฟินมีค่าการยับยั้งมากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งมีการยับยั้งที่สูง และคาดว่าจะมีสารสำคัญที่สามารถ ลดระดับน้ำตาลในเลือดในพืชตระกูลเฟินเหล่านี้

จากตารางที่ 4.3 กระคุมทองเลื้อยมีค่าการยับยั้งที่สูงถึงร้อยละ 99.22 และในปัจจุบันมีรายงานว่า กระคุมทองเลื้อยสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวาน และมีการนำมาผลิตเป็น ยาสมุนไพรรักษาโรคเบาหวาน ในรูปแบบของยาเม็ดชนิดแคปซูล เพื่อให้ผู้ป่วยโรคเบาหวาน รับประทาน นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกของต้นยาง สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูเบาหวาน [24] และไม่ทำให้เกิดพิษในสัตว์ทดลอง [30] ซึ่งสนับสนุนผลการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ดังกล่าว สำหรับสมุนไพรที่ใช้รักษาโรคเบาหวานในปัจจุบัน เช่น มะระขี้นก ใบตำปึง มะรุม และอินทนิลน้ำก็สามารถยับยั้งเอนไซม์กลูโคซิเดสได้เช่นเดียวกัน และสังเกตว่าสารออกฤทธิ์ ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของพืชสมุนไพร ส่วนใหญ่จะพบในส่วนของใบ กิ่ง เปลือกลำต้น และเปลือกหุ้มเมล็ดของพืชสมุนไพร แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับชนิดของพืช แหล่งที่ปลูก และสายพันธุ์ของพืช ชนิดนั้นๆด้วย

ถึงแม้ว่าพืชตระกูลเฟินทั้ง 3 ชนิดจะมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ได้จาก เบเกอรี่ีสต์ (Baker's yeast) แต่ก็ไม่สามารถระบุได้ว่า สารดังกล่าวสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ แอลฟา-กลูโคซิเดสในลำไส้เล็กของมนุษย์ได้หรือไม่ เนื่องจากสารที่สามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของจุลินทรีย์ อาจจะยับยั้งหรือไม่ยับยั้งแอลฟา-กลูโคซิเดสในมนุษย์ก็ได้ [4] ตัวอย่างเช่น คาเทชิน (Catechins) สามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของยีสต์ได้ แต่ไม่สามารถยับยั้ง แอลฟา-กลูโคซิเดสในมนุษย์ ในทางกลับกันอะคาร์โบส (Acarbose) และวอลิโบส (Voglibose) แสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสในลำไส้เล็กได้สูงมาก แต่สารทั้งสองไม่สามารถยับยั้ง เอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของจุลินทรีย์ได้ ซึ่งเฟินเหล่านี้ควรได้รับการศึกษาต่อไป

4.3 ผลการแยกสารให้บริสุทธิ์ด้วยโครมาโตกราฟี

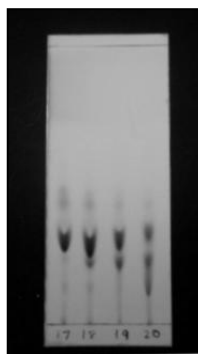
จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากผักกูดแบบหมักในชั้นเอทิลอะซิเตทมีความน่าสนใจ เนื่องจาก แสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดี และสารสกัดนี้ได้ถูกกำจัดเอาไขมันที่ไม่ต้องการ และสารที่ไม่มีข้อออกด้วยตัวทำละลายเฮกเซน ผู้วิจัยจึงนำสารสกัดส่วนนี้ไปแยกด้วยวิธีคอลัมน์โคร มาโตกราฟี และทำการวิเคราะห์หาร้อยละการยับยั้งของสาร ซึ่งอาจมีสารสำคัญที่สามารถลดระดับ น้ำตาลในเลือด ในผู้ป่วยโรคเบาหวานได้

4.3.1 ผลการแยกสารให้บริสุทธิ์ด้วยคอลัมน์โครมาโตกราฟี

กรดที่ได้จากการสกัดผักกูดในเอทิลอะซิเตท กำหนดให้เป็นสารตัวอย่าง AE นำสารสกัดในส่วนนี้มาชะด้วยตัวทำละลายผสมเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท อัตราส่วน 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 ตามลำดับ จะได้สารละลายทั้งหมด 50 แฟรงก์ชัน AEF1-AEF50 (ภาคผนวก ค. แผนภาพที่ ค.2) และนำสารในแฟรงก์ชัน AEF4* แยกด้วยคอลัมน์อีกครั้ง ได้สารละลายทั้งหมด 30 แฟรงก์ชัน AEF4**1-AEF4**30 (ภาคผนวก ค. แผนภาพที่ ค.1)

4.3.2 ผลการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสารด้วยแผ่นโครมาโตกราฟี

นำสารแต่ละแฟรงก์ชันมาตรวจสอบการเคลื่อนที่ของสารด้วยแผ่นโครมาโตกราฟี แล้วส่องดูภายใต้แสงอุลตราไวโอเลต ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (รูปที่ 4.3) ตรวจสอบอีกครั้งโดยชุบแผ่นโครมาโตกราฟีด้วยแอนิซอลดีไฮด์รีเอเจนต์ แล้วนำไปวางบน Hot plate ที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส สังเกตสีและตำแหน่งที่เคลื่อนที่ของสาร (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.3 สีที่เกิดขึ้นบนแผ่นโครมาโทกราฟี ภายใต้แสงอุลตราไวโอเลต



รูปที่ 4.4 สีที่เกิดขึ้นบนแผ่นโครมาโทกราฟีที่ชุบด้วยแอนิซอลดีไฮด์รีเอเจนต์

เลือกจุดที่เกิดขึ้นบนแผ่นโครมาโตกราฟีในช่วงที่ใกล้เคียงกัน นำสารที่ได้ในช่วงนั้นมารวมเป็นแฟรกชันเดียวกัน ทำการแยกอีกครั้งด้วยคอลัมน์โครมาโตกราฟี จะได้สารที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้น



รูปที่ 4.5 สารที่เกิดขึ้นของ AEF4**4

4.3.3 ผลการวิเคราะห์ร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสสารสกัดผักกูดในแฟรกชัน AEF4**3 และ AEF4**4

จากการแยกสารสกัดด้วยคอลัมน์โครมาโตกราฟีพบว่าสารในแฟรกชัน AEF4**3 และ AEF4**4 เมื่อนำมาทดสอบด้วยแผ่นโครมาโตกราฟีมีการเคลื่อนที่ของสารเพียงจุดเดียว จึงนำสารในแฟรกชันดังกล่าวมาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ผลที่ได้แสดงผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของ AEF4**3 และ AEF4**4 ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/ml)	%Inhibition
AEF4**3	0.1	39.60
	1.0	48.28
AEF4**4	0.1	7.62
	1.0	26.63

จากผลการวิเคราะห์ร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของสารสกัดผักกูดในแฟรกชัน AEF4**3 และ AEF4**4 แสดงฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสโดยคิดเป็นร้อยละ 48.28 และ 26.63 ตามลำดับที่เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งพบว่าฤทธิ์การยับยั้งของ AEF4**3 และ AEF4**4

มีค่าต่ำ สาเหตุอาจเนื่องมาจากแฟรกชันที่เลือกมาไม่ตรงกับแฟรกชันที่มีสารออกฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ซึ่งแก้ไขได้โดยทำการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสในทุกๆ แฟรกชัน เพื่อเลือกแฟรกชันที่แสดงฤทธิ์ยับยั้งได้สูงที่สุด แล้วนำแฟรกชันนั้นมาสกัดแยกให้มีความบริสุทธิ์ เพื่อวิเคราะห์หาโครงสร้างที่แน่นอน

4.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องฟูรีเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์

หมู่ฟังก์ชันที่พบใน AEF4**3 คือ N-H (b) stretch (Secondary Amine) ที่เลขคลื่น 3428.52 cm^{-1} , C-H (s) stretch (Alkanes) ที่เลขคลื่น $2959.47\text{--}2867.78\text{ cm}^{-1}$, C=O (s) stretch (Carboxylic acids, Esters) ที่เลขคลื่น $1736.56\text{--}1714.59\text{ cm}^{-1}$, N-H (m) stretch (Amines) ที่เลขคลื่น 1631.79 cm^{-1} , NO₂ (s) asymmetrical stretch (Nitro Compounds) ที่เลขคลื่น 1561.01 cm^{-1} , C=H (v) scissoring และ bending ที่เลขคลื่น $1464.70\text{--}1350.17\text{ cm}^{-1}$, NO₂ (s) symmetrical stretch (Nitro Compounds) ที่เลขคลื่น $1310.36\text{--}1292.89\text{ cm}^{-1}$, C-O (s) stretch Alcohols, (Ethers, Carboxylic acids, Esters) ที่เลขคลื่น $1240.10\text{--}1008.57\text{ cm}^{-1}$ และ C-H (s) bend (Alkenes) ที่เลขคลื่น $988.54\text{--}689.12\text{ cm}^{-1}$

หมู่ฟังก์ชันที่พบใน AEF4**4 คือ N-H (b) stretch (Secondary Amine) ที่เลขคลื่น 3457.52 cm^{-1} , C-H (s) stretch (Alkanes) ที่เลขคลื่น $3087.83\text{--}2851.41\text{ cm}^{-1}$, C=O (s) stretch (Carboxylic acids, Esters) ที่เลขคลื่น $1743.28\text{--}1704.58\text{ cm}^{-1}$, N-H (m) stretch (Amines) ที่เลขคลื่น 1625.94 cm^{-1} , NO₂ (s) asymmetrical stretch (Nitro Compounds) ที่เลขคลื่น $1578.28\text{--}1529.53\text{ cm}^{-1}$, C=H (v) scissoring และ bending ที่เลขคลื่น $1497.81\text{--}1367.87\text{ cm}^{-1}$, NO₂ (s) symmetrical stretch (Nitro Compounds) ที่เลขคลื่น $1347.01\text{--}1286.17\text{ cm}^{-1}$, C-O (s) stretch Alcohols, (Ethers, Carboxylic acids, Esters) ที่เลขคลื่น $1240.79\text{--}1008.78\text{ cm}^{-1}$ และ C-H (s) bend (Alkenes) ที่เลขคลื่น $959.75\text{--}676.52\text{ cm}^{-1}$

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR ยังไม่สามารถพิสูจน์โครงสร้างของสารได้บอกได้เพียงหมู่ฟังก์ชันและความเข้มข้นของหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่างในความยาวคลื่นต่างๆ และสารที่แยกได้ยังไม่มี ความบริสุทธิ์พอ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยทำการแยกสารให้มีความบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโตกราฟี จนกระทั่งได้สารที่มีความบริสุทธิ์ แล้วนำสารบริสุทธิ์นั้นมาทำการตรวจสอบด้วยเครื่อง NMR เพื่อพิสูจน์หาโครงสร้างของสาร

4.5 การประมาณค่าใช้จ่ายในการสกัดสารจากพืชตระกูลเฟินเพื่อใช้บำบัดโรคเบาหวาน

การสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ผักแว่นอบแห้ง 5 กรัม ต่อเอทิลอะซิเตท 250 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสกัด 8 ชั่วโมง

4.5.1 ค่าวัสดุและสารเคมีในการสกัดผักแว่น

ผักแว่นสด ราคา 30 บาท / กิโลกรัม

ปริมาณผักแว่นอบแห้ง คิดเป็นร้อยละ 80 โดยน้ำหนักของผักแว่นสด

ซึ่งในการสกัด 1 ครั้ง ใช้ผักแว่นอบแห้ง 5 กรัม

$$\begin{aligned} \text{ราคาของผักแว่นสดที่ใช้ในการสกัด 1 ครั้ง} &= \frac{30 \text{ บาท} \times 1 \text{ กรัมผักแว่นสด} \times 5 \text{ กรัมผักแว่นอบแห้ง}}{1000 \text{ กรัมผักแว่นสด} \times 0.8 \text{ กรัมผักแว่นอบแห้ง}} \\ &= 0.19 \text{ บาท / ครั้ง} \end{aligned}$$

ค่าสารเคมี

ในการสกัด 1 ครั้ง ใช้เอทิลอะซิเตท 250 มิลลิลิตร

ราคาเอทิลอะซิเตท (AR Grade) 235 บาท / ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ราคาเอทิลอะซิเตทที่ใช้ในการสกัด 1 ครั้ง} &= \frac{235 \text{ บาท} \times 1 \text{ ลิตร} \times 250 \text{ มิลลิลิตร}}{1 \text{ ลิตร} \times 1000 \text{ มิลลิลิตร}} \\ &= 58.75 \text{ บาท/ครั้ง} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น ค่าวัสดุและสารเคมีรวม} = 0.19 + 58.75 = 58.94 \text{ บาท/ครั้ง}$$

4.5.2 ค่าสาธารณูปโภค

ค่าไฟฟ้า ราคาเฉลี่ยหน่วยละ 3 บาท โดยหน่วยไฟฟ้า 1 หน่วย เท่ากับ 1 กิโลวัตต์

- ในการอบผักแว่นโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่มีกำลังไฟฟ้า 1.6 กิโลวัตต์ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 8 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งผักแว่น 1 ครั้ง} &= \frac{3 \text{ บาท} \times 8 \text{ ชั่วโมง} \times 1.6 \text{ กิโลวัตต์}}{\text{กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง}} \\ &= 38.40 \text{ บาท/ครั้ง} \end{aligned}$$

- ในการสกัด 1 ครั้ง ใช้กำลังไฟ 3.14 กิโลวัตต์ เวลาที่ใช้ในการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง

$$\begin{aligned}\text{ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด 1 ครั้ง} &= \frac{3 \text{ บาท} \times 8 \text{ ชั่วโมง} \times 3.14 \text{ กิโลวัตต์}}{\text{กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง}} \\ &= 75.36 \text{ บาท/ครั้ง}\end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้นค่าสาธารณูปโภครวม} = 38.40 + 75.36 = 113.76 \text{ บาท/ครั้ง}$$

4.5.3 ต้นทุนที่ใช้ในการสกัดสารจากผักแว่น

ในการสกัด 1 ครั้ง ใช้ผักแว่นอบแห้ง 5 กรัม

สกัดได้ปริมาณครูด 0.0895 กรัม / 1 กรัม น้ำหนักแห้ง

$$\begin{aligned}\text{ค่าใช้จ่ายรวมในการสกัด 1 ครั้ง} &= 58.94 + 113.76 \text{ บาท/ครั้ง} \\ &= 172.70 \text{ บาท/ครั้ง}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ถ้าปริมาณครูด 1 กรัม มีต้นทุนในการสกัด} &= \frac{172.70 \text{ บาท/ครั้ง} \times 1 \text{ กรัม}}{0.0895 \text{ กรัม}} \\ &= 1,929.61 \text{ บาท}\end{aligned}$$

4.5.4 ต้นทุนที่ใช้ในการสกัดสารจากผักแว่นเทียบกับสารมาตรฐานอะคาร์โบส

ค่าวัสดุ (ผักแว่น) และสารเคมี (เอทิลอะซิเตท) รวมราคา	58.94	บาท/ครั้ง
ค่าสาธารณูปโภครวม	ราคา 113.76	บาท/ครั้ง
สกัดได้ปริมาณครูด 0.0895 กรัม	ราคา 172.70	บาท
ปริมาณครูด 1 กรัม	ราคา 1,929.61	บาท
อะคาร์โบส 1 กรัม	ราคา 11,290.00	บาท

เมื่อทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแอลฟา-กลูโคซิเดสพบว่าผักแว่นมีร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 98.57 ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานอะคาร์โบสมีร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 84.87 ที่ความเข้มข้น เดียวกัน

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผักแว่นมีค่าใช้จ่ายในการสกัดต่ำกว่าราคาสารมาตรฐานอะคาร์โบสที่น้ำหนักเท่ากันคือ 1 กรัม และผักแว่นมีฤทธิ์การยับยั้งแอลฟา-กลูโคซิเดสสูงกว่าอะคาร์โบสร้อยละ 13.7 แต่สาร ที่สกัดได้ไม่ใช่สารบริสุทธิ์ หากทำการแยกให้มีความบริสุทธิ์จะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไป แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ยังสามารถแนะนำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวาน นำพืชตระกูลเฟิน เหล่านี้มารับประทานเป็นอาหารในชีวิตประจำวัน เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย และลดการรักษาด้วยยา ปฏิชีวนะได้