



บทที่ 3

วิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 การสกัด

รากคนทาที่นำมาใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. รากคนทาที่ซื้อจากร้านขายสมุนไพร
2. รากคนทาที่เก็บตัวอย่างจาก จังหวัด จันทบุรี

เนื่องจากรากคนทาที่ได้ตัวอย่างจากร้านขายสมุนไพร เมื่อนำมาสกัดและแยกสารออกมา พบว่าได้สารไม่กี่ชนิดซึ่งอาจเนื่องมาจาก ตัวอย่างที่ได้มานั้นเก็บเอาไว้มานานแล้ว สารบางชนิดอาจสลายตัวไป จึงทำการเก็บตัวอย่างใหม่ที่จังหวัด จันทบุรี สำหรับการวิจัยเพิ่มเติม

3.2 การตรวจสอบสูตรโครงสร้างของสารที่แยกได้

3.2.1 การตรวจสอบสูตรโครงสร้างของสาร 1

สาร 1 เป็นผลึกรูปเข็มสีเหลืองอ่อนจุดหลอมเหลว $102-105^{\circ}\text{C}$ ตกผลึกให้บริสุทธิ์ ด้วยเมทานอลร้อนหลายครั้ง ค่า R_f 0.23 สาร 1 มาทดสอบให้ผลลบกับ Liebermann-Burchard reagent แสดงว่าสาร 1 ไม่ใช่สารจำพวกสเตอรอยด์ หรือ ไครเทอร์พีนอยด์ ให้ผลบวกกับ Br_2 ใน CCl_4 แสดงถึงพันธะคู่ทดสอบกับ 5% NaHCO_3 เกิดฟองก๊าซที่ผิวของผลึก

อินฟราเรดสเปกตรัม (รูปที่ 3) แสดงการดูดกลืนคลื่นแสง ที่แสดงความเป็นแอโรแมติกที่ 3080 cm^{-1} . พีคที่ 1670 cm^{-1} . แสดงถึงหมู่คาร์บอนิลที่คอนจูเกตกับพันธะคู่ พีคที่ 1600 และ 1500 cm^{-1} . แสดงถึงพันธะคู่ในสูตรโครงสร้าง พบพีคของ $\text{C}-\text{O}$ ในหมู่ $-\text{OCH}_3$ ที่ 1270 และ 1078 cm^{-1} . และมีการงอของ $\text{C}-\text{H}$ ในวงแอโรแมติกที่ 850 และ 830 ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงการดูดกลืนรังสีของสาร 1

แถบการดูดกลืน (cm ⁻¹)	ลักษณะแถบการดูดกลืน	แสดงลักษณะ
3080	w	=CH- การยืดของ C-H
2980, 2850	m	C-H การยืดของ CH ₂ , -CH ₃
1670	s	C=O การยืดของคีโตนที่ไม่อิ่มตัว ที่ตำแหน่ง α , β
1620-1500	s	C=C ยืด
1270-1210	s	C-O-C การยืดแบบไม่มีสมมาตร
1080	s	C-O-C การยืดแบบมีสมมาตร
1110-980	s	C-H การงอในระนาบของ C-H จากวงแหวนไรมิดิค
850-725	m	C-H การงอนอกระนาบของ C-H จากวงแหวนไรมิดิค

คาร์บอน-13 เอ็นเอ็มอาร์ สเปกตรัม (รูปที่ 5) จาก off-resonance ปรากฏสัญญาณแสดงถึงหมู่คาร์บอนิล ที่ 182.89 (s) พีพีเอ็ม แสดงถึงความเป็น แอโรแมติกที่ 162.69(s), 160.51(s), 154.67(s), 131.48(s), 107.69(s), 94.67 (d) แสดงสัญญาณแสดงถึงคาร์บอนในพันธะคู่ ที่ 166.69 (s, C₂), 108.24 (d, C₃) และ 122.10 (d, C₁₃), 104.66 (s, C₁₄) พีพีเอ็ม สัญญาณที่ 55.96 พีพีเอ็ม แสดงถึงหมู่ -OCH₃ และยังแสดงสัญญาณที่ 25.73 (q, C₁), 21.56 (t, C₁₂), 20.47, 17.76 (q, gem-dimethyl) อีกด้วย

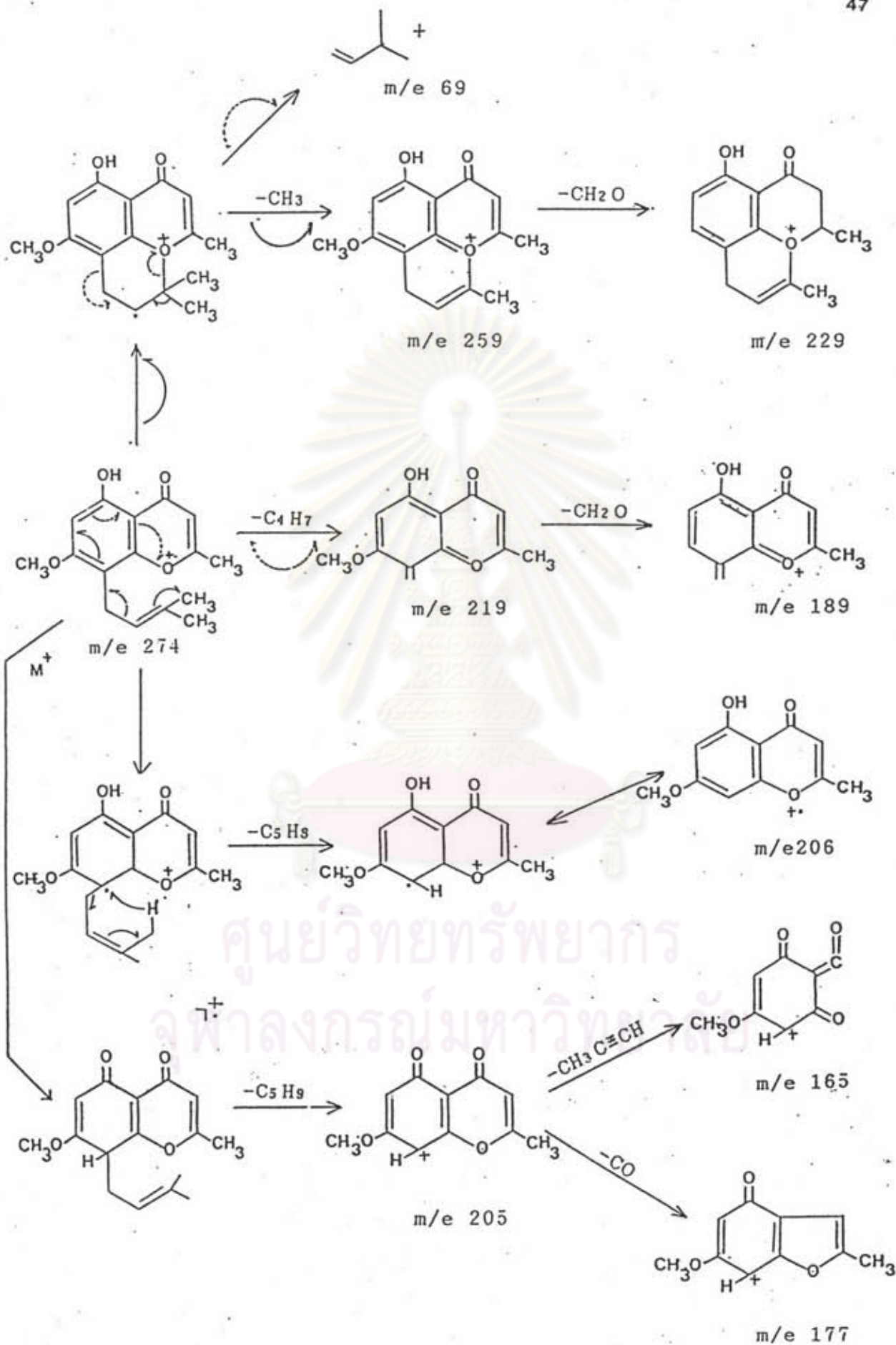
โปรตอน-1 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม (รูปที่ 4) ให้สัญญาณแสดงถึงโปรตอนที่อยู่กับคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวที่ 1.66 และ 1.79 พีพีเอ็ม ที่ 3.33 พีพีเอ็ม (d, 2H) แสดงถึงหมู่ -CH₂- ที่ติดอยู่กับวงแหวนไรมิดิค ปรากฏสัญญาณของหมู่อีเทอร์ (-OCH₃) ที่ 3.87 พีพีเอ็ม ส่วนที่ 5.15 พีพีเอ็ม มาจากสัญญาณโปรตอนของพันธะคู่ (-CH₂-CH=)

นอกจากนี้ ยังปรากฏสัญญาณของแอมโพรอดิค และของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่ 6.36 และ 12.76 พีพีเอ็ม อีกด้วย เปรียบเทียบสัญญาณจากโปรตอนของสาร 1 และ heteropeucenin-7-methyl ether (14) ดังแสดงในตารางที่ 14

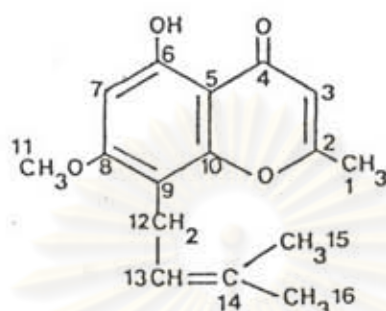
ตารางที่ 14 ค่าโปรตอนเคมีคัลชิฟท์ของสาร 1 และ heteropeucenin-7-methyl ether

ค่าเคมีคัลชิฟท์ (พีพีเอ็ม)	
สาร 1	heteropeucenin-7-methyl ether
1.66	1.60
1.79	1.70
3.33	3.30
3.87	3.80
5.15	5.08
6.36	6.24
12.76	12.68

แมสสเปกตรัม (รูปที่ 7) แสดงโมเลกุลเชิงไอออน (M^+) ที่ 274 และจากข้อมูลจากการวิเคราะห์ธาตุ ทำให้ทราบว่าสาร 1 มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{16}H_{18}O_4$ จากข้อมูลทางแมสสเปกตรัม ปรากฏการแตกตัวของหมู่ $-CH_3$ ที่ m/e 259 ($274-CH_3$), ของหมู่ $-CH=C-(CH_3)_2$ ที่ 219 ($274-C_4H_7$) ส่วนที่ m/e 206 ($274-C_5H_8$) เกิดจากการแตกตัวของหมู่ $-CH_2-CH=C-(CH_3)_2$ และที่ m/e 177 แสดงการหลุดออกไปของหมู่คาร์บอนิล ($274-C=O$) การแตกตัวของสาร 1 ดังแสดงในแผนภาพหน้า 47



จากการทดสอบปฏิกิริยา และข้อมูลทางสเปกโทรสโกปีทั้งหมด ทำให้สรุปได้ว่า สาร 1 เป็นตัวเดียวกันกับ heteropeucenin-7-methyl-ether ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังแสดงด้านล่าง



สาร 1

3.2.2 การตรวจหาสูตรโครงสร้างของสาร 2

สาร 2 เป็นผลึกรูปเข็มสีขาว จุดหลอมเหลว $128-130^{\circ}\text{C}$ คดผลึกด้วยเฮกเซนร้อนหลายครั้ง ค่า R_f 0.15 ทดสอบกับ Liebermann-Burchard รีเอเจนต์ ให้สารละลายสีม่วงบนเขี้ยว แสดงว่าสาร 2 นี้ เป็นสารจำพวกสเตอรอยด์ และสามารถพอกจางสีของ Br_2 ใน CCl_4 ซึ่งแสดงถึงพันธะคู่ในสูตรโครงสร้าง

อินฟราเรดสเปกตรัม (รูปที่ 8) แสดงลักษณะของแอลกอฮอล์ ที่ช่วงความถี่ $3600-3200\text{ cm}^{-1}$ ที่ 1650 cm^{-1} เป็นการยืดของ $\text{C}=\text{C}$ ในพันธะคู่ แสดงสัญญาณของหมู่ disubstitued vinyl ที่ 980 และ 960 cm^{-1} และ trisubstitued vinyl ที่ความถี่ 840 และ 805 cm^{-1} . ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การดูดกลืนรังสีที่ความถี่ต่างๆของสาร 2

แถบการดูดกลืน (ซม ⁻¹ .)	ลักษณะแถบการดูดกลืน	แสดงลักษณะ
3600-3200	b	O-H ยืด
2950-2880	s	C-H การยืดแบบมีสมมาตรของ CH ₂ , CH ₃
1650	b	C=C ยืด
1470, 1390	m	C-H ยืดแบบไม่มีสมมาตร
1065, 1030	m	C-O ยืด
980, 960	w	C-H การงอออกนอกระนาบของ disubstitued vinyl
840, 805	w	C-H การงอออกนอกระนาบของ trisubstitued vinyl

โปรตอน-1 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม (รูปที่ 9) แสดงสัญญาณโปรตอนอันเป็นลักษณะของพอกสเตอร์อยด์ ค่าเคมีคัลชิฟท์ที่ 0.68-1.06 พีพีเอ็ม (m), 3.54 พีพีเอ็ม แสดงถึงหมู่ -OH และที่ 5.11 และ 5.35 พีพีเอ็ม แสดงถึงสัญญาณ vinylic โปรตอน

คาร์บอน-13 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม (รูปที่ 10) แสดงค่าเคมีคัลชิฟท์ของสาร 2 ใกล้เคียงกับ stigmasterol และ β -sitosterol(35) ดังแสดงในตารางที่ 16 หน้า 50

ตารางที่ 16 คาร์บอน-13 เคมีคัลซิฟท์ของสาร 2 เปรียบเทียบกับ stigmasterol และ β -sitosterol

คาร์บอน	ค่าเคมีคัลซิฟท์ (พีพีเอ็ม)		
	สาร 2	stigmasterol	β -sitosterol
1	37.8	37.4	37.3
2	30.7	31.7	31.8
3	72.3	71.8	71.9
4	43.1	42.4	42.4
5	-	140.9	140.9
6	117.6	121.7	121.8
7	30.7	31.9	32.0
8	30.7	31.9	32.0
9	48.7	50.3	50.3
10	36.0	36.6	36.6
11	22.1	21.1	21.1
12	39.9	39.8	39.9
13	43	42.4	42.4
14	58.6	57.0	56.8
15	24.3	24.4	24.3
16	28.3	28.9	28.2
17	57.9	56.0	56.1
18	-	12.2	11.9
19	17.8	19.4	19.4
20	40.9	40.5	36.2
21	22.1	21.1	19.1

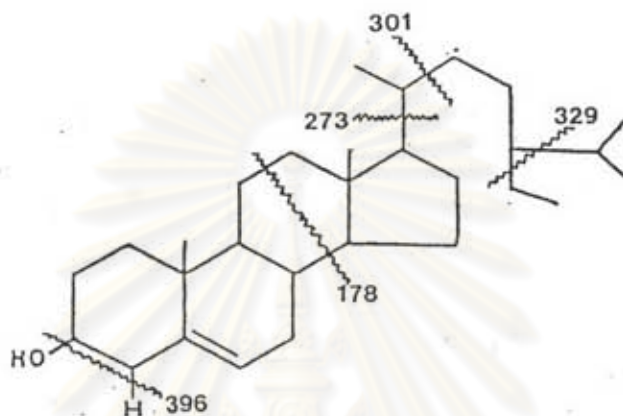
ตารางที่ 16(ต่อ)

คาร์บอน	ค่าเคมีคัลลชีฟท์ (พีพีเอ็ม)		
	สาร 2	stigmasterol	β -sitosterol
22	13.5, 33.5	138.4	34.0
23	124.6, 29.1	129.4	29.0
24	52.6	51.3	50.3
25	32.6, 26.2	31.9	26.2
26	17.7	19.0	18.8
27	17.8	21.1	19.8
28	25.3	25.4	23.1
29	-	12.0	11.9

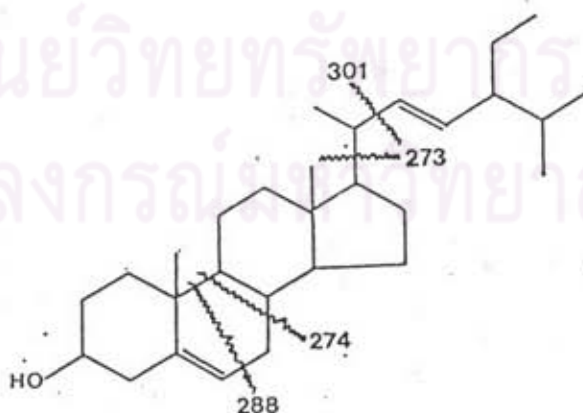
จากข้อมูลทางสเปกโทรสโกปีทั้งหมด และจากข้อมูลของแกสโครมาโทกราฟี พบว่า สาร 2 เป็นของผสมของสาร 3 ชนิด ที่มีค่า retention time 17.14, 18.17 และ 20.86 นาที ตามลำดับ ทำให้ทราบว่าสาร 2 เป็นของผสมของสเตอรอยด์ที่ประกอบไปด้วย β -sitosterol, campesterol และ stigmasterol

แมสสเปกตรัม (รูปที่ 11) แสดงไอออนเชิงโมเลกุล (M^+) ที่ 414, 412 และ 400 ซึ่งแสดงการแตกตัวของ ของผสมสเตอรอยด์ที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{29}H_{50}O$, $C_{29}H_{48}O$ และ $C_{28}H_{48}O$ ตามลำดับ ซึ่งปรากฏเกิดการแตกตัว ที่สำคัญเกิดขึ้นหลายพีค และความน่าจะเป็นของพีคที่เกิดจากการแตกตัวของของผสมสเตอรอยด์ น่าจะเป็นดังแผนภาพที่แสดงไว้หน้า 52, 53

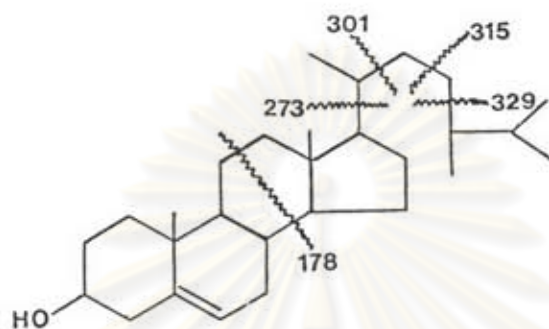
พืคสาคัญที่เกิดจากการแตกตัวของ β -sitosterol ($C_{29}H_{50}O$) เกิดที่ 396($414-H_2O$), 329($414-C_6H_{13}H$), 273($414-C_{10}H_{21}$), 178($414-C_{17}H_{32}$), 301($414-C_8H_{17}$), และ 255 ($414-C_{10}H_{21}-H_2O$)



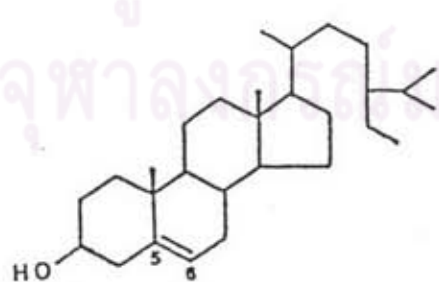
stigmasterol($C_{29}H_{48}O$) ปรากฏพืคสาคัญที่ 301 ($412-C_8H_{15}$), 288($412-C_8H_{11}OH$), 274($412-C_9H_{13}OH$) และ 273 พืคเอ็ม ($412-C_{10}H_{19}$)



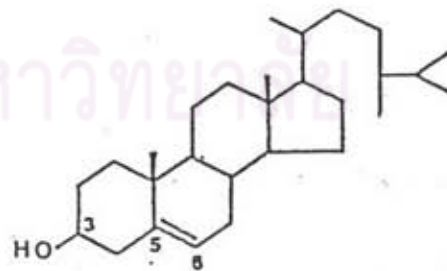
campesterol ($C_{28}H_{48}O$) ปรากฏพิคส์สำคัญที่ 329 ($400-C_5H_{11}$), 315 ($400-C_6H_{13}$), 301 ($400-C_7H_{15}$), 273 ($400-C_9H_{19}$), และ 178 พีพีเอ็ม ($400-C_{16}H_{30}$)



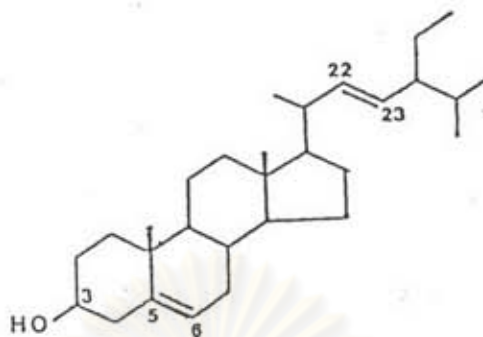
จากข้อมูลทั้งหมด ทำให้สรุปได้ว่าสาร 2 เป็นของผสมของสเตอรอยด์ ซึ่งประกอบด้วย β -sitosterol จุดหลอมเหลว $135-137^{\circ}C$, campesterol จุดหลอมเหลว $122-124^{\circ}C$ และ stigmasterol จุดหลอมเหลว $169-170^{\circ}C$ โดยมีสูตรโครงสร้างดังนี้



β -Sitosterol



Campesterol



Stigmasterol

3.2.3 การตรวจหาสูตรโครงสร้างของสาร 3

สาร 3 เป็นผลึกรูปอสัณฐาน มีสีเหลืองอ่อน สลายตัวที่ 303°C (dec.) ได้จากสิ่งสกัดในคลอโรฟอร์ม ตกผลึกให้บริสุทธิ์ด้วยเอทานอลและแอสีโตนร้อน ได้ผลึกของสาร 3 หนัก 80 มิลลิกรัม ค่า R_f 0.58 จากการทดสอบสาร 3 พอกจางสีของ Br_2 ใน CCl_4 และให้ตะกอนสีเหลืองกับ 2,4-DNP แสดงว่าสาร 3 มีสูตรโครงสร้าง ที่มีพันธะคู่และคาร์บอนี้อยู่ในโมเลกุล

อินฟราเรดสเปกตรัม (รูปที่ 13) แสดงการยืดของวงแอโรแมติกและอัลคีน ที่ 3050 cm^{-1} . แสดงถึงหมู่คาร์บอกซิลและหมู่คาร์บอนิล ที่มีการคอนจูเกตที่ 1660 และ 1655 cm^{-1} . ที่ 1620 cm^{-1} . เป็นการยืดของพันธะคู่ และแสดงถึงการยืดของ C-O ในหมู่เมทอกซี ที่ 1200 และ 1120 cm^{-1} . ส่วนการยืดที่ $820, 810$ เป็นการงอออกนอกระนาบของวงแอโรแมติก ดังแสดงในตารางที่ 17 หน้า 55

ตารางที่ 17 แสดงการดูดกลืนรังสีของสาร 3

แถบการดูดกลืน (cm ⁻¹)	ลักษณะแถบการดูดกลืน	แสดงลักษณะ
3050	m	C-H การยืดของแอโรแมติกและอัลคีน
2980, 2960	w	C-H การยืดของ -CH ₂ - CH ₃
1660	s	C=O การยืดของหมู่ -COOH
1655	s	C=O การยืดของคีโตนที่ไม่อิ่มตัวที่ตำแหน่ง α, β
1620, 1605	s	C=C การยืดของพันธะคู่
1470	m	C-H การงออย่างมีสมมาตรของ -CH ₂ - และอย่างไม่มีสมมาตรของ -CH ₃
1390, 1385	m	C-H งอของพวก gem-dimethyl
1200, 1150	m	C-O-C การงอของพวกอีเทอร์
820, 810	m	C-H การงอของวงแอโรแมติก

โปรตอน-1 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม (รูปที่ 14) ปรากฏสัญญาณโปรตอนแสดงถึงหมู่เมทิล 2 หมู่ ที่เกาะอยู่บนคาร์บอนตัวเดียวกัน (gem-dimethyl) ที่ 1.44 พีพีเอ็ม โปรตอนของหมู่เมทอกซีที่ 3.83 พีพีเอ็ม ปรากฏสัญญาณโปรตอนของพันธะคู่แบบ ดับเบิ้ล (doublet) ที่ 5.66 และ 6.86 พีพีเอ็ม (-CH=CH-) และที่ 6.37, 6.62 พีพีเอ็ม ซึ่งปรากฏสัญญาณเป็นแบบ ซิงเกิ้ล (singlet) นั้นเป็นโปรตอนของอัลคีนและแอโรแมติกที่ติดอยู่กับคาร์บอนที่ไม่มีไฮโดรเจนมาเกาะอยู่ด้วยเลย

คาร์บอน-13 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม (รูปที่ 15, 16) แสดงสัญญาณคาร์บอนของคาร์บอกซิลิกและคาร์บอนิลที่ 177.69 และ 165.77 พีพีเอ็ม และจากสัญญาณ off-resonance สัญญาณที่ 162.47, 112.52 และ 127.25, 115.33 พีพีเอ็ม เป็นแบบ

ดับเบิลดี แสดงถึงคาร์บอนของพันธะคู่ 2 พันธะ (-CH=CH-) เกิดสัญญาณของวงเบนซีนที่ต่ออยู่กับหมู่แทนที่ 5 หมู่ที่ 160.08 (s), 157.37 (s), 154.62 (s), 108.84 (s) และ 102.44 (s) ที่ 96.37 พีพีเอ็ม ปรากฏพีดแบบ ดับเบิลดีซึ่งเป็นสัญญาณคาร์บอนของวงเบนซีน ที่ไม่ได้ต่ออยู่กับหมู่แทนที่ใด พีดที่ 77.84 พีพีเอ็มเป็นสัญญาณของคาร์บอนที่ต่ออยู่กับ -OCH₃ ส่วนสัญญาณที่แสดงถึงคาร์บอนของ -OCH₃ นั้นปรากฏที่ 56.44 พีพีเอ็ม พีดที่ 28.27 พีพีเอ็มนั้น แสดงถึงหมู่ gem-dimethyl ซึ่งค่าเคมีคัลลชีฟท์ของสาร 3 มีค่าใกล้เคียงกับ perforatic acid (15) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 คาร์บอน-13 เคมีคัลลชีฟท์ของสาร 3 เปรียบเทียบกับ perforatic acid

คาร์บอน	ค่าเคมีคัลลชีฟท์ (พีพีเอ็ม)	
	สาร 3	perforatic acid
2	162.47	163.2
3	112.52	117.3
4	177.69	178.6
5	154.62	153.4
6	96.37	100.1
7	160.08	160.9
8	108.84	105.1
9	157.37	156.0
10	102.44	111.9
1'	77.84	81.3
2'	115.33	118.2
3'	127.25	131.1
4'	28.27	30.9

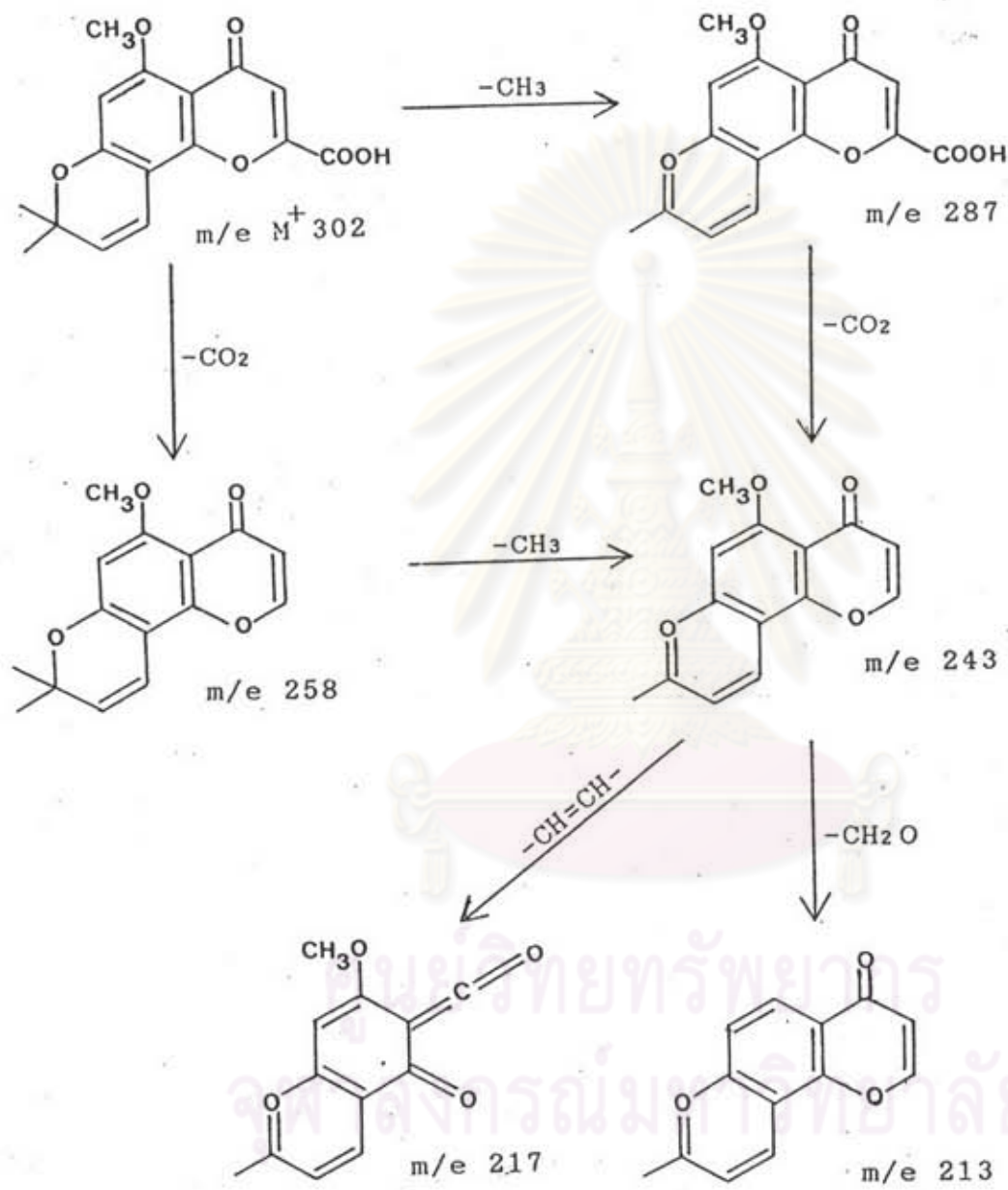
ตารางที่ 18(ต่อ)

คาร์บอน	ค่าเคมีคัลลชีพท์ (พีพีเอ็ม)	
	สาร 3	perforatic acid
5'	28.27	30.9
C5 -OCH ₃	56.44	59.3
C2 -COOH	165	165

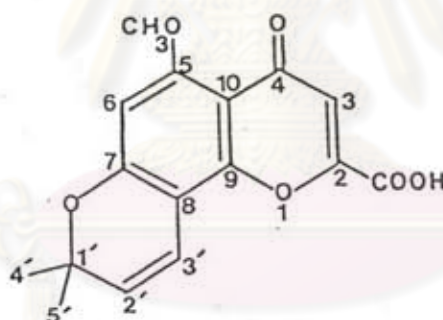
แมสสเปกตรัม (รูปที่ 18) แสดงโมเลกุลเชิงไอออน (M^+) ที่ m/e 302 ปรากฏการแตกตัวของพีคที่สำคัญที่ 287 ที่เกิดจากการหลุดออกของหมู่เมทิล 1 หมู่ ใน gem-dimethyl ($302-CH_3$) พีคที่ 258 เกิดจากการแตกตัวของหมู่คาร์บอกซิล ($302-CO_2$) และยังเกิดการแตกตัวที่ 243 ($287-CO_2$), 217 ($243-C_2H_2$), 213 ($243-CH_2O$) อีกด้วย ดังแผนภาพการแตกตัวของสาร 3 หน้า 58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 3 แสดงความน่าจะเป็นในการแตกตัวของสาร 3 (15)



จากการทดสอบสาร 3 ด้วย 5% NaHCO₃ พบว่า เกิดฟองแก๊สเล็กน้อยขึ้นมาจากผลึกของสาร ทำให้สันนิษฐานได้ว่าในสาร 3 น่าจะมีหมู่ -COOH ในสูตรโครงสร้าง ซึ่งตรงกับข้อมูลใน off-resonance ของคาร์บอน-13 เอ็นเอ็มอาร์ ที่ปรากฏพีคแบบซิงเกิ้ลที่ 177.69 พีพีเอ็ม แม้ว่า จะไม่เกิดสัญญาณของโปรตอนของ -COOH ในโปรตอนเอ็นเอ็มอาร์ก็ตาม ซึ่งการไม่เกิดสัญญาณนั้นอาจเนื่องมาจากว่า ใช้ dimethylsulfoxide ละลายสาร 3 ในการวิเคราะห์โปรตอน-1 เอ็นเอ็มอาร์ อาจทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนกันระหว่างโปรตอน ทำให้ไม่สามารถเห็นพีคโปรตอนของหมู่คาร์บอกซิลิกได้ และจากการเปรียบเทียบข้อมูลทางสเปกโทสโคปีของสาร 3 พบว่าตรงกับ perforatic acid ซึ่งเป็นสารที่เคยค้นพบในรากคนทามาก่อน ในปี 1984 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวจีน (14) ซึ่งจากรายงานพบว่า สารตัวนี้สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งในหนูทดลองได้ สูตรโครงสร้างของสาร 3 แสดงดังภาพด้านล่าง



สาร 3 Perforatic acid

3.2.4 การตรวจหาสูตรโครงสร้างของสาร 4

สาร 4 เป็นผลึกรูปเข็มสีเหลืองอ่อน สลายตัวที่ 220 °C (dec.) ได้จากสิ่งสกัดในเมทานอล คกผลึกให้บริสุทธิ์ด้วยเอทานอลและแอสีโตนร้อน ได้สารหนัก 30 มิลลิกรัม ค่า R_f 0.45 สาร 4 พอกจางสีของ Br₂ ใน CCl₄ ให้ผลลบกับ 2,4-DNP แสดงว่า สาร 4 มีพันธะคู่แต่ไม่มีคาร์บอนิลในสูตรโครงสร้าง

อินฟราเรดสเปกตรัม (รูปที่ 19) แสดงการดูดกลืนของหมู่ $-OH$ ที่ 3400 cm^{-1} . การยืดของ $C=C$ ที่มีความเข้มสูงที่ 1620 และ 1590 แสดงการยืดของ $C-O$ ในหมู่เมทอกซีที่ 1200 และ 1150 cm^{-1} . และการงอออกนอกระนาบของวงแอโรแมติก ที่ 810 และ 755 cm^{-1} . ดังแสดงในตารางที่ 19.

ตารางที่ 19 แสดงการดูดกลืนรังสีของสาร 4

แถบการดูดกลืน (cm^{-1} .)	ลักษณะแถบการดูดกลืน	แสดงลักษณะ
3400	s	$-OH$ ยืด
2980, 2920	w	$C-H$ การยืดของ $-CH_2-$, $-CH_3$
1620, 1590	s	$C=C$ ยืดของพันธะคู่
1460, 1380	m	$C-H$ การงอของ $-CH_2$, $-CH_3$
1390, 1380	m	$C-H$ การงอของ $-CH_3$ แบบ gem-dimethyl
1200	s	$C-O-C$ ยืดอย่างไม่มีสมมาตร
1060	m	$C-O-C$ ยืดอย่างมีสมมาตร
810, 765	s	$C-H$ การงอออกนอกระนาบของพวกแอโรแมติก

โปรตอน-1 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม (รูปที่ 20) ปรากฏสัญญาณแสดงถึงหมู่ gem-dimethyl ที่ 1.48 พีพีเอ็ม สัญญาณที่ 3.92 พีพีเอ็ม แสดงถึงหมู่เมทอกซี ที่ 5.65 , 6.88 แสดงสัญญาณโปรตอนของพันธะคู่และ 6.35 พีพีเอ็ม เป็นสัญญาณโปรตอนของวงแอโรแมติก

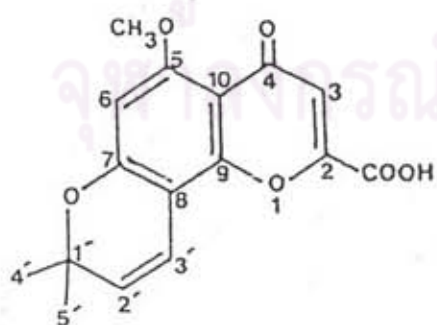
คาร์บอน-13 เอ็นเอ็มอาร์ สเปกตรัม (รูปที่ 21) จากข้อมูลของ off-resonance ปรากฏสัญญาณของคาร์บอนแบบ ซิงเกิล ที่ 160.47, 158.98, 154.52, 109.32, 103.3 พีพีเอ็ม แสดงถึงคาร์บอนในวงเบนซีนที่เป็นแบบ ควอเทอนารี คาร์บอน นั่นก็คือคาร์บอนของวงเบนซีนทั้ง 5 ตัวนี้ จะต้องต่ออยู่กับหมู่แทนที่ ยกเว้นสัญญาณแบบ ดับเบิ้ล ที่ 97.07 พีพีเอ็ม ซึ่งแสดงถึงคาร์บอนของวงเบนซีน ที่มีไฮโดรเจนอะตอมติดอยู่ด้วย 1 ตัว สำหรับสัญญาณพีคที่ปรากฏแบบ ดับเบิ้ล ที่ 127.58 และ 115.42 บ่งบอกว่าคาร์บอนทั้ง 2 ตัวนี้เป็นคาร์บอนในพันธะคู่ สัญญาณที่ 78.65 พีพีเอ็ม ซึ่งเกิดสัญญาณแบบ ซิงเกิล แสดงว่าเป็นพวก ควอเทอนารี คาร์บอน ที่ต่ออยู่กับออกซิเจนอะตอม ที่ 56.19 พีพีเอ็ม แสดงถึงหมู่เมทอกซี และที่ 28.30 พีพีเอ็ม ที่เป็นแบบ ควอเทิล แสดงถึงหมู่เมทิล และเมื่อพิจารณาร่วมกับข้อมูลของ โบรตอนเอ็นเอ็มอาร์ สเปกตรัม ที่ปรากฏสัญญาณของ 6 โบรตอนที่ 1.44 พีพีเอ็ม ทำให้สรุปได้ว่าเป็นสัญญาณของคาร์บอนแบบ gem-dimethyl ค่าเคมีคัลชิฟท์ของสาร 4 มีค่าใกล้เคียงกันกับ ค่าเคมีคัลชิฟท์ของสาร 3 ซึ่งก็คือ perforatic acid และ 2-methylalloptaeroxylin (36) ในบางส่วน ดังแสดงเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 คาร์บอน-13 เคมีคัลชิฟท์ของสาร 4 เปรียบเทียบกับ perforatic acid และ 2-methylalloptaeroxylin

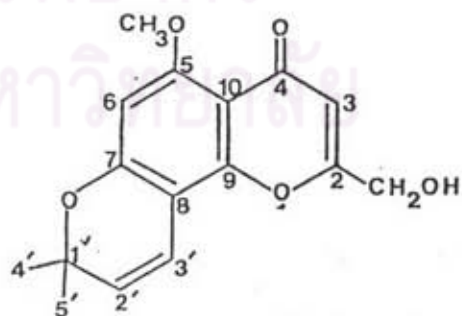
คาร์บอน	ค่าเคมีคัลชิฟท์ (พีพีเอ็ม)		
	สาร 4	สาร 3	2-methylalloptaeroxylin
C ₂	-	162.47	162.53
C ₃	-	112.52	111.92
C ₄	-	177.69	177.55
C ₅	154.52	154.62	154.35
C ₆	97.07	96.37	96.48

ตารางที่ 20 (ต่อ)

คาร์บอน	ค่าเคมีคัลซึพท์ (พีพีเอ็ม)		
	สาร 4	สาร 3	2-methylalloptaeroxylin
C7	160.47	160.08	160.71
C8	109.32	108.84	108.62
C9	158.98	157.37	157.65
C10	103.32	102.44	102.41
C1'	78.65	77.84	77.93
C2'	127.58	127.25	127.32
C3'	115.42	115.33	115.32
C4'	28.3	28.27	28.23
C5'	28.3	28.27	28.23
-OCH ₃	56.19	56.44	56.40
-COOH	-	165	-
-CH ₃	-	-	19.67



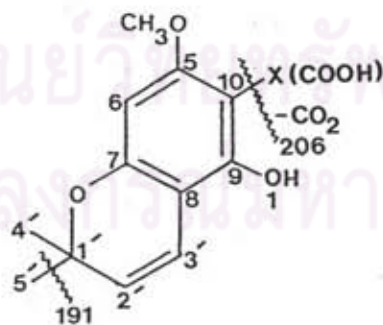
สาร 3



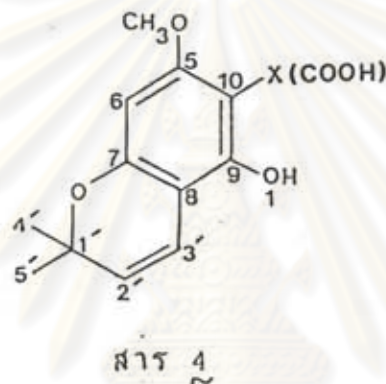
2-Methylalloptaeroxylin

จากตารางการเปรียบเทียบ ค่าเคมีคัลลิกซ์ของคาร์บอนของสาร 4 กับ perforatic acid และ 2-methylalloptaeroxylin พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันแต่ไม่ได้เหมือนกันทีเดียวนัก แตกต่างกันตรงที่ สาร 4 ไม่ปรากฏพีดที่แสดงถึงสัญญาณของ หมู่คาร์บอนิลเลย ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทางอินฟราเรดสเปกตรัม ที่ไม่มีการดูดกลืนรังสี ในช่วงความถี่ 1640-1800 ซม. แต่มีการดูดกลืนรังสีที่มีความเข้มสูง แสดงถึงหมู่ -OH ที่ความถี่ 3400 ซม. แทน นอกจากนี้คาร์บอนเคมีคัลลิกซ์ของสาร 4 ยังไม่ปรากฏพีดที่แสดงถึงพันธะคู่อีก 1 พันธะ (perforatic acid ปรากฏที่ 162.47 (C₂) และ 112.52 (C₃), 2-methylalloptaeroxylin ปรากฏที่ 162.53 (C₂) และ 111.92 (C₃)) ตรงกับข้อมูลของโปรตอน-1 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม ที่ไม่ปรากฏพีด สัญญาณโปรตอนของคาร์บอนที่ 3 ที่ 6.62 พีพีเอ็ม

แมสสเปกตรัม (รูปที่ 23) ไม่สามารถบอกโมเลกุลเชิงไอออน (M⁺) ได้ เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่ไม่เพียงพอ แต่ปรากฏพีดที่สำคัญบางส่วนที่ m/e 206 ซึ่งเป็นพีดที่น่าจะ เกิดจากการหลุดออกของหมู่ -CO₂ (250-44) ที่ m/e 191 แสดงถึงการหลุดออกของหมู่เมทิล ใน gem-dimethyl (206-15) และยังปรากฏพีดที่มีความเข้มสูง ที่ m/e 44 แสดงถึงหมู่ -CO₂ อีกด้วย ซึ่งความน่าจะเป็นในการแตกตัวของสาร 4 บางส่วน แสดงไว้ดังภาพด้านล่าง



จากการทดสอบปฏิกิริยา และข้อมูลทางสเปกโทรสโกปีทั้งหมด ทำให้สรุปสูตรโครงสร้างของสาร 4 ได้บางส่วนว่า สาร 4 มีสูตรโครงสร้างใกล้เคียงกันกับสาร 3 ขนาดโบแต่ส่วนพันธะคู่ (C₂, C₃) และส่วนคาร์บอนิล (C₄) และตรงตำแหน่ง 1 ของสาร 4 น่าจะเป็นหมู่ -OH มาแทน พอที่จะสันนิษฐานได้ว่าตำแหน่ง 10 น่าจะเป็นหมู่คาร์บอกซิลิก เพราะสาร 4 สามารถทำปฏิกิริยาให้ฟองแก๊สกับ 5 % NaHCO₃ แต่เนื่องจากสารที่ได้มีจำนวนน้อย ไม่สามารถนำมาทดลองเพื่อยืนยันได้อีก จึงสรุปว่าสาร 4 มีสูตรโครงสร้างบางส่วนของสาร 4 เป็นดังภาพด้านล่าง



3.2.5 การตรวจสอบสูตรโครงสร้างของสาร 5

สาร 5 เป็นผลึกรูปเข็มไม่มีสี จุดหลอมเหลว 66-68 °C ค่า R_f 0.22 ตกผลึกให้บริสุทธิ์ด้วยแอสซิโตนร้อน สาร 5หนัก 50 มิลลิกรัม ทดสอบให้ผลลบกับ Liebermann-Burchard รีเอเจนต์ แสดงว่าไม่ใช่สารพวกสเตอรอยด์หรือไดเทอร์ปีนอยด์ แต่สามารถพอกจางสีของ Br₂ ใน CCl₄ แสดงว่ามีพันธะคู่ในสูตรโครงสร้าง

อินฟราเรดสเปกตรัม (รูปที่ 24) มีการดูดกลืนที่ความถี่ 3080 ซม⁻¹ ซึ่งเป็น การยืด C-H ของพวกอัลคีน 2920 และ 2850 C-H ของไฮโดรคาร์บอนแบบอิ่มตัว จากความถี่ที่ 1730 ซม⁻¹ บอกได้ว่าเป็นพวกคาร์บอนิลของพวกเอสเทอร์ แสดงถึงหมู่ gem dimethyl ที่ 1375 ซม⁻¹ และที่ 720 ซม⁻¹ แสดงถึงหมู่เมทิลสั้น ที่ต่อกันอยู่หลายๆ หมู่ (long chain) การดูดกลืนรังสีของสาร 5 ดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 แสดงการดูดกลืนรังสีของสาร 5

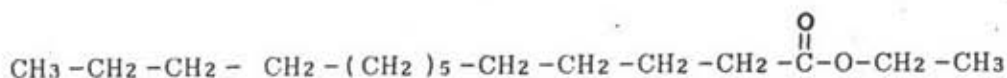
แถบการดูดกลืน (ซม ⁻¹ .)	ลักษณะแถบการดูดกลืน	แสดงลักษณะ
3080	w	C-H การยืดของอัลคีน
2920, 2850	s	C-H การยืดของ -CH ₂ -, -CH ₃
1730	s	C=O การยืดของคาร์บอนิลพาก เอสเทอร์
1640	m	C=C การยืดของพันธะคู่
1470, 1375	s	C-H การงอของ -CH ₂ -, -CH ₃
1170, 1100	s	C-O-C ยืดของพากอีเทอร์
880	s	C-H การงอออกนอกระนาบของ R ₁ R ₂ C=CR ₃ H
720	m	C-H การงอของหมู่ -CH ₂ - ต่อ กันมากกว่า 4 คาร์บอนขึ้นไป

โปรตอน-1 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม (รูปที่ 25) แสดงสัญญาณของโปรตอนแบบดับเบิ้ลิต ที่ 4.67 และ 4.71 พีพีเอ็ม ซึ่งเป็นสัญญาณของเมทิลีนโปรตอน (CH₂=C-R₁ R₂) ส่วนสัญญาณที่ 4.56 พีพีเอ็ม แสดงถึงสัญญาณของโปรตอน ในส่วนแอลกอฮอล์ (R-C(=O)-O-CH₂-CH₂-) สัญญาณที่ปรากฏแบบ ทริบเพล็ต ที่ 2.30 พีพีเอ็ม เป็นสัญญาณโปรตอนในส่วนของกรด (-CH₂-CH₂-C(=O)-OR) สัญญาณแบบ ซิงเกิลิต ที่ 2.17 พีพีเอ็ม (>CH-C-) ที่ 1.25 พีพีเอ็ม เป็นสัญญาณโปรตอนที่มีความเข้มสูงของหมู่ -CH₂- หลายาหมู่ต่อกัน ที่ 0.98-0.90 พีพีเอ็ม แสดงถึงสัญญาณของหมู่เมทิล หมู่เมทิลีน หรือ เมทิลโปรตอน

คาร์บอน-13 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม (รูปที่ 26) ปรากฏสัญญาณที่สำคัญที่ 173.64 พีพีเอ็ม แสดงถึงคาร์บอนของแอลเทอร์ สัญญาณที่ 156.83 และ 105.95 พีพีเอ็ม แสดงถึงพันธะคู่ในสูตรโครงสร้าง ที่ 78.42 พีพีเอ็ม น่าจะเป็นสัญญาณของคาร์บอนที่ติดอยู่กับออกซิเจนอะตอม ($R-CH-OH$) สัญญาณที่ 26.67 ซึ่งมีความเข้มสูงมากแสดงถึงสัญญาณของหมู่เมทิลีน ที่ต่อกันอยู่หลายหมู่ สัญญาณที่ 52.20 ถึง 14.12 พีพีเอ็ม เป็นสัญญาณของหมู่เมทิล, เมทิลีน, เมทิน และพวก ควอเทอนารี คาร์บอน และจากข้อมูลของแมสสเปกตรัม ที่ปรากฏพีคที่ 256 ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นพีคที่แสดงถึง palmitic acid ($C_{16}H_{32}O_2$) จึงได้ทำการเปรียบเทียบค่าเคมีคัลชิต์บางส่วนของ สาร 5 กับ palmitic acid, ethyl ester (37) ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 คาร์บอน-13 เคมีคัลชิต์ของสาร 5 เปรียบเทียบกับ palmitic acid, ethyl ester

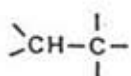
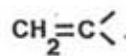
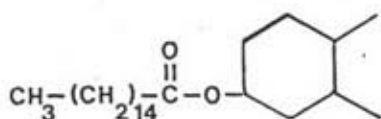
คาร์บอน	สาร 5	palmitic acid, ethyl ester
1	14.1	14.12
2	14.4	-
3	22.8	22.70
4	25.2	25.20
5	29.3	29.25
6	29.5	29.37
7	29.7	29.67
8	29.9	30.50
9	32.1	31.94
10	34.5	34.80
11	59.9	-
12	173.64	173.3



Palmitic acid, ethyl ester

แมสสเปกตรัม (รูปที่ 27) แสดงสัญญาณโมเลกุลเชิงไอออนที่ m/e 664 ซึ่งจากการคำนวณพบว่ามีสูตรโมเลกุลเป็น $\text{C}_{46}\text{H}_{80}\text{O}_2$ พบพีคที่ m/e 649 แสดงถึงการหลุดออกของหมู่เมทิล ($-\text{CH}_3$) และพบพีคที่แสดงถึงการหลุดออกของหมู่เอสเทอร์ที่ m/e 408 ($664 - 256 : \text{C}_{30}\text{H}_{48}$) ส่วนที่เป็นเอสเทอร์ปรากฏพีคที่ m/e 256 ซึ่งตรงกับน้ำหนักโมเลกุลของ Palmitic acid ($\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$)

จากการทดสอบปฏิกิริยาเคมีและข้อมูลทางสเปกโทรสโกปี บอกได้ว่าสาร 5 เป็นสารพาคไตรเทอร์ปีนอยด์ ที่มีพันธะคู่ในสูตรโครงสร้าง โดยที่พันธะคู่นั้นอยู่นอกวง cyclic เนื่องจากเกิดสัญญาณโปรตอนแบบ ดับเบิ้ลต ที่ 4.67 และ 4.71 พีเอ็ม ซึ่งเป็นสัญญาณ 2 โปรตอน ของหมู่เอทิลีน ($\text{CH}_2 = \text{CR}_1\text{R}_2$) และจากการเปรียบเทียบค่าเคมีคัลซิฟของสาร 5 และ Palmitic acid รวมกับผลที่ได้จากแมสสเปกตรัม พบว่าส่วนที่เป็นเอสเทอร์ของสาร 5 น่าจะเป็น palmitic acid สำหรับส่วนที่เป็นไตรเทอร์ปีนอยด์ ซึ่งควรมีสูตรโมเลกุลเป็น $\text{C}_{30}\text{H}_{50}\text{O}$ นั้น เมื่อนำค่าเคมีคัลซิฟไปเปรียบเทียบกับสารที่มีสูตรโมเลกุลเดียวกัน ประมาณ 30 ชนิด พบว่ามีค่าเคมีคัลซิฟทั้งโปรตอนและคาร์บอนใกล้เคียงกับ Lupeol ที่สุด แต่ก็ยังมีบางส่วน ที่ไม่เหมือนกันทีเดียวนัก และเนื่องจากสารที่ได้มีไม่มากพอ ที่จะทำการไฮโดรไลส์ เพื่อแยกเอาทั้งส่วนไตรเทอร์ปีนอยด์ และส่วนเอสเทอร์ มาทำการวิเคราะห์ให้แน่นอน จึงสรุปส่วนของสูตรโครงสร้างของสาร 5 ได้คร่าวๆ ตามภาพด้านล่างนี้



3.2.6 การตรวจหาสูตรโครงสร้างของสาร 6

สาร 6 เป็นผลึกruboแลฐานสีขาว สลายตัวที่ 250°C (dec.) ซึ่งได้จากการตกผลึก ให้บริสุทธิ์ด้วยเอทานอลร้อนหลายครั้ง มีค่า R_f 0.06 ได้มาจากการชะคอลัมน์ ของสิ่งสกัดจากเฮกเซนด้วยคลอโรฟอร์ม-เมทานอล (7-3) ทดสอบด้วย Liebermann-Burchard รีเอเจนต์ ได้สารละลายสีม่วงบนเขียว และสามารถพอกจางสีของ Br_2 ใน CCl_4 แสดงว่า สาร 6 น่าจะเป็นสารพวกสเตอรอยด์ ที่มีพันธะคู่ในสูตรโครงสร้าง

อินฟราเรดสเปกตรัม (รูปที่ 28) แสดงถึงหมู่แอลกอฮอล์ ($-\text{OH}$) โดยการดูดกลืนที่ช่วงความถี่ $3600\text{--}3400\text{ cm}^{-1}$. ความถี่ที่ 2970 , 2940 และ 2880 แสดงถึงการยืด- C-H ของไฮโดรคาร์บอนแบบอิ่มตัว การยืดที่ 1640 และการงอที่ 1380 cm^{-1} . แสดงถึงพันธะคู่และหมู่ gem-dimethyl และแสดงถึง glycosidic linkage ที่ $1080\text{--}1030\text{ cm}^{-1}$. ค่าการดูดกลืนรังสีของสาร 6 แสดงดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การดูดกลืนรังสีที่ความถี่ต่างๆของสาร 6

แถบการดูดกลืน (cm^{-1} .)	ลักษณะแถบการดูดกลืน	แสดงลักษณะ
3600-3400	b	$-\text{OH}$ ยืด
2940-2880	s	C-H การยืดของ CH_2, CH_3
1640	w	$\text{C}=\text{C}$ ยืด
1470	m	C-H การงอแบบไม่มีสมมาตรของ CH_2, CH_3
1370	m	C-H การงอของหมู่ gem-dimethyl
1080-1030	s	C-O ยืด
800	w	C-H การงอออกนอกระนาบของ trisubstitued vinyl

โปรตอน-1 เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม (รูปที่ 29) ปรากฏพีคที่แสดงสัญญาณของ สเตอรอยด์ที่ 0.68-1.26 (m), แสดงสัญญาณโปรตอนของน้ำตาลที่ 3.38-3.76 พีพีเอ็ม ที่ 4.43 พีพีเอ็ม เป็นพีคของ anomeric proton ที่แสดงถึงการต่อกันระหว่าง สเตอรอยด์และน้ำตาล (glycosidic linkage) และสัญญาณที่ 5.36 พีพีเอ็ม เป็น สัญญาณของโอเลฟินิคโปรตอน

คาร์บอน-13 เอ็นเอ็มอาร์ สเปกตรัม (รูปที่ 30) ปรากฏพีคที่ 140.63 และ 121.68 พีพีเอ็ม แสดงสัญญาณของคาร์บอนในพันธะคู่ และแสดงสัญญาณ คาร์บอน ของน้ำตาล 6 คาร์บอนที่ 62.5, 71.2, 73.8, 75.9, 76.3, และ 101.3 พีพีเอ็ม ซึ่งจากการพิจารณา ค่าเคมีคัลชิฟท์ของสาร 6 พบว่ามีส่วนใกล้เคียงกันกับสาร 2 ซึ่งเป็นของผสมสเตอรอยด์ แต่แตกต่างกันที่สาร 6 มีส่วนที่เป็นน้ำตาล อยู่ในโครงสร้าง ค่าย จึงได้ทำการเปรียบเทียบ ค่าเคมีคัลชิฟท์ของสาร 6 กับ β -sitosteryl-glucoside (38) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 คาร์บอน-13 เคมีคัลชิฟท์ของสาร 6 เปรียบเทียบกับ β -sitosteryl glucoside

คาร์บอน	สาร 6	β -sitosteryl glucoside
1	37.30	37.6
2	29.73	30.3
3	78.59	78.5
4	39.26	39.3
5	140.63	140.9
6	121.68	121.9
7	31.94	32.1
8	31.94	32.1
9	50.0	50.4

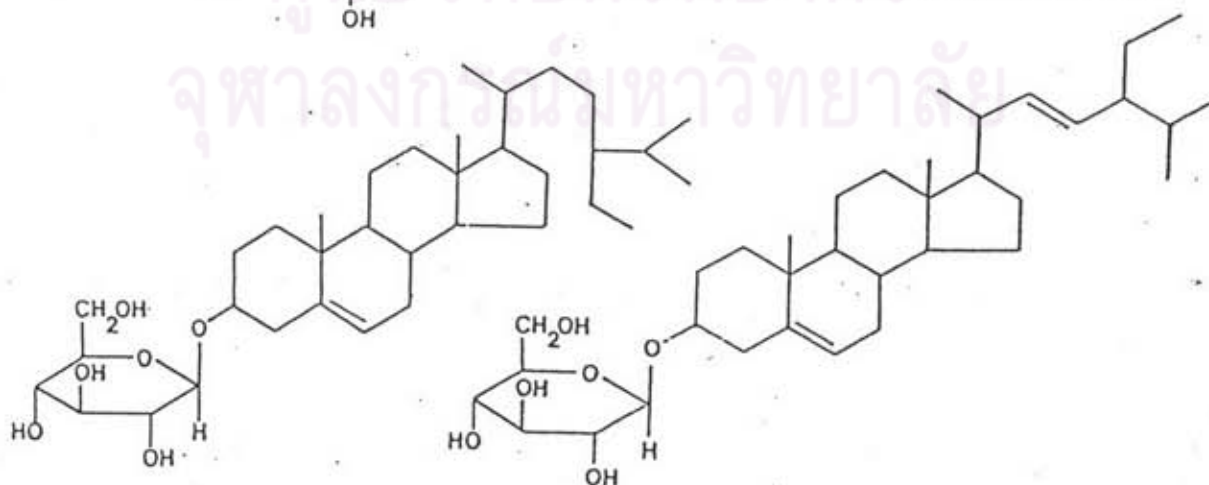
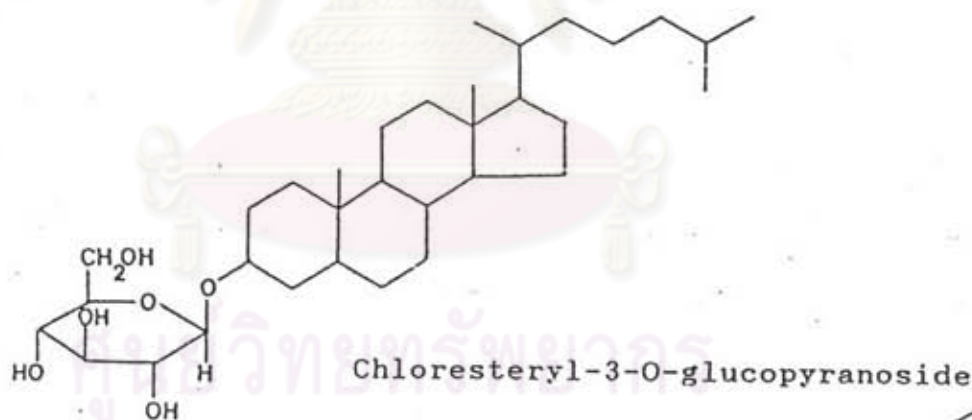
ตารางที่ 24(ต่อ)

คาร์บอน	สาร 6	β -sitosteryl glucoside
10	37.30	37.0
11	20.04	21.4
12	40.16	40.0
13	41.11	42.5
14	56.79	56.9
15	24.25	24.6
16	28.50	28.5
17	56.07	56.3
18	11.85	12.0
19	19.30	19.4
20	36.70	36.4
21	19.12	19.2
22	34.03	34.3
23	26.33	26.5
24	45.88	46.1
25	29.31	29.5
26	19.3	19.4
27	20.04	20.0
28	23.5	23.5
29	11.98	12.2
C-1	101.30	102.6
C-2	73.83	75.3
C-3	75.97	78.5

ตารางที่ 24(ต่อ)

คาร์บอน	สาร ๖	β -sitosteryl glucoside
C-4	71.15	71.7
C-5	76.27	78.5
C-6	62.50	62.8

จากผลของสเปกโทรสโกปี และการเปรียบเทียบค่า retention time ใน aglycone ของสาร ๖ ซึ่งมีค่า 12.16, 16.39 และ 19.36 นาที กับของผสมของสเตอรอยด์ ทำให้ทราบว่าสาร ๖ เป็นสารจำพวก glycoside โดยที่ aglycone เป็นของผสมของสเตอรอยด์พวก chloesterol, stigmasterol และ β -sitosterol ค่อยอยู่กับน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวคือ กลูโคส ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังนี้

 β -Sitosteryl-3-O-glucopyranoside

Stigmasteryl-3-O-glucopyranoside

3.3 การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารที่แยกได้

จากการศึกษารายงานการวิจัยต่างๆ พบว่าสารบางชนิดที่แยกได้จากรากของต้นคนทา มีฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.3.1 สาร 2

เป็นของผสมสเตอรอยด์พวก β -sitosterol, stigmasterol และ campesterol จากรายงานพบว่าสเตอรอยด์เหล่านี้ ใช้เป็นส่วนประกอบในการเตรียมผลิตภัณฑ์อาหาร, ยา และสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร (39) เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางบำรุงผิวป้องกันผิวแห้ง (40) ใช้ในการลดคอเรสเตอรอล (anti-hypercholesterolemic) (41) และยังพบว่าสเตอรอยด์ ที่สกัดจากรากของต้น adlay สามารถนำมาใช้ในเครื่องสำอางได้อีกด้วย (42)

3.3.2 สาร 3

perforatic acid จากรายงานพบว่าสารตัวนี้มีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งในหนูทดลองได้ (inhibitory action hepatic carcinoma) (15)

3.3.3 สาร 6

ของผสมของ β -sitosteryl-O-glucopyranoside, stigmasteryl-O-glucopyranoside และ chloresteryl-O-glucopyranoside พบว่า chloresteryl-O-glucopyranoside ใช้ในการลดการอักเสบในอุ้งเท้าของหนูทดลอง (rat paw edema) (43) β -sitosteryl-O-glucopyranoside ใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต (growth promoting activity) (44) และของผสมสเตอรอยด์เหล่านี้ มีฤทธิ์ในการยับยั้งโรคเม็ดโลหิตขาวมากผิดปกติได้ (antitumor activity against leukemia) (45,46) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการลดอาการแพ้อย่างรุนแรง (anaphylaxis) ในสัตว์ทดลอง (47) ได้อีกด้วย

แผนภาพที่ 4 สารที่แยกได้จากรากคนทาที่ซื้อจากร้านขายสมุนไพร

- สาร 1 ~ ผลึกรูปเข็มสีเหลืองอ่อน จุดหลอมเหลว $102-105^{\circ}\text{C}$ คือ heteropeucenin-7-methyl-ether
- สาร 2 ~ ผลึกรูปเข็มสีขาว จุดหลอมเหลว $128-130^{\circ}\text{C}$ คือ ของผสม β -sitosterol, stigmasterol และ campesterol
- สาร 3 ~ ผลึกรูปบอัสฐานสีเหลืองอ่อน สลายตัวที่ 230°C คือ perforatic acid
- สาร 6 ~ ผลึกรูปบอัสฐานสีขาว สลายตัวที่ 250°C คือ ของผสม β -sitosteryl-o-glucopyranoside, sigmasteryl-o-glucopyranoside และ chloresteryl-o-glucopyranoside

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 5 สารที่แยกได้จากรากคนทาที่เก็บตัวอย่างจากจังหวัด จันทบุรี

- สาร 1 ผลึกรูปเข็มสีเหลืองอ่อน จุดหลอมเหลว $102-105^{\circ}\text{C}$ คือ heteropeucenin-7-methyl-ether
- สาร 2 ผลึกรูปเข็มสีขาว จุดหลอมเหลว $128-130^{\circ}\text{C}$ คือ ของผสม β -sitosterol, stigmasterol และ campesterol
- สาร 3 ผลึกรูปอสัณฐานสีเหลืองอ่อน สลายตัวที่ 230°C คือ perforatic acid
- สาร 4 ผลึกรูปเข็มสีเหลืองอ่อน สลายตัวที่ 220°C สูตรโครงสร้างที่ได้ยังไม่แน่นอน
- สาร 5 ผลึกรูปเข็มไม่มีสี จุดหลอมเหลว $66-68^{\circ}\text{C}$ คือ เอสเทอร์ของ palmitic acid (สูตรโครงสร้างที่ได้ยังไม่แน่นอน)
- สาร 6 ผลึกรูปอสัณฐานสีขาว สลายตัวที่ 250°C คือ ของผสม β -sitosteryl-o-glucopyranoside, sigmasteryl-o-glucopyranoside และ chloresteryl-o-glucopyranoside

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย