

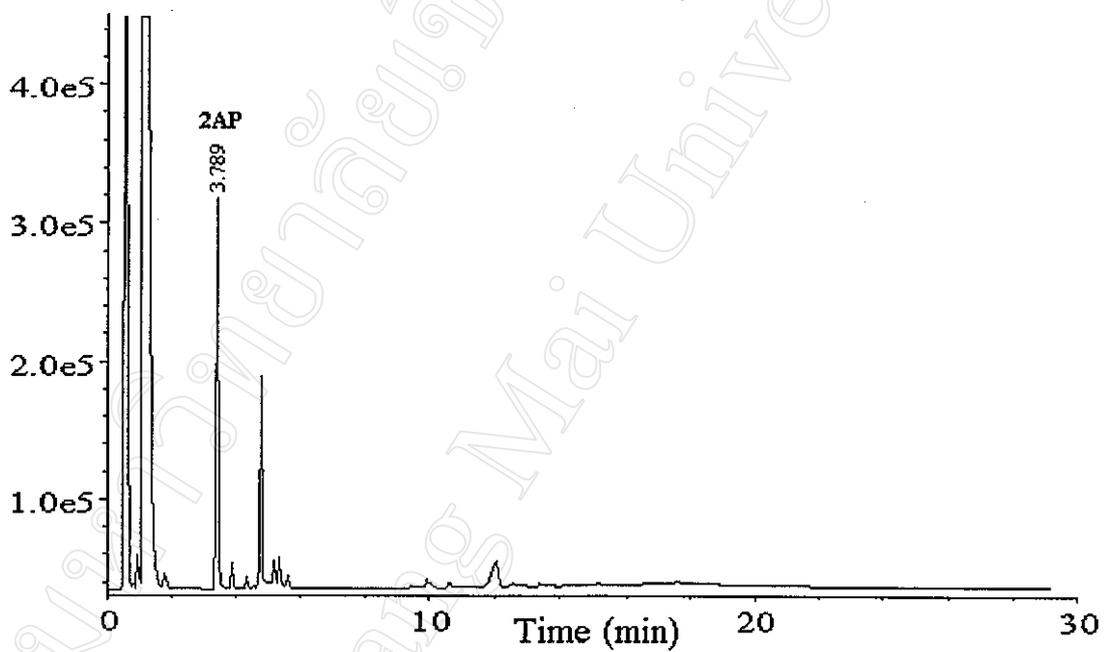
บทที่ 3

ผลการทดลอง

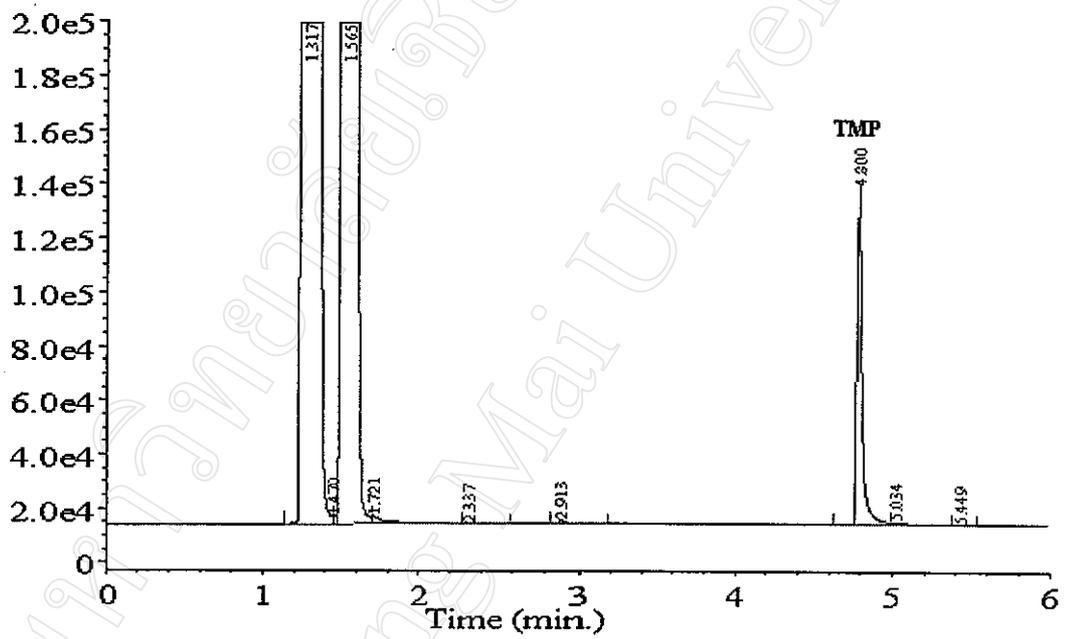
3.1 การพิสูจน์เอกลักษณ์สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline

การสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากตัวอย่างพืช เมื่อนำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี ใช้ capillary column ที่มีเฟสเป็น DB-1 โดยมี nitrogen gas (N₂) เป็นก๊าซพา (carrier gas) อัตราการไหลของ N₂ 2.0 mL ต่อนาที อุณหภูมิของ injector 230 °C ทำงานในระบบ split mode สภาวะที่ใช้คือโปรแกรมอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 50 °C จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 230 °C ด้วยอัตราเร็ว 10 °C ต่อนาที โดยตั้งอุณหภูมิของเครื่องตรวจวัด FID (flame ionization detector) ไว้ที่ 250 °C

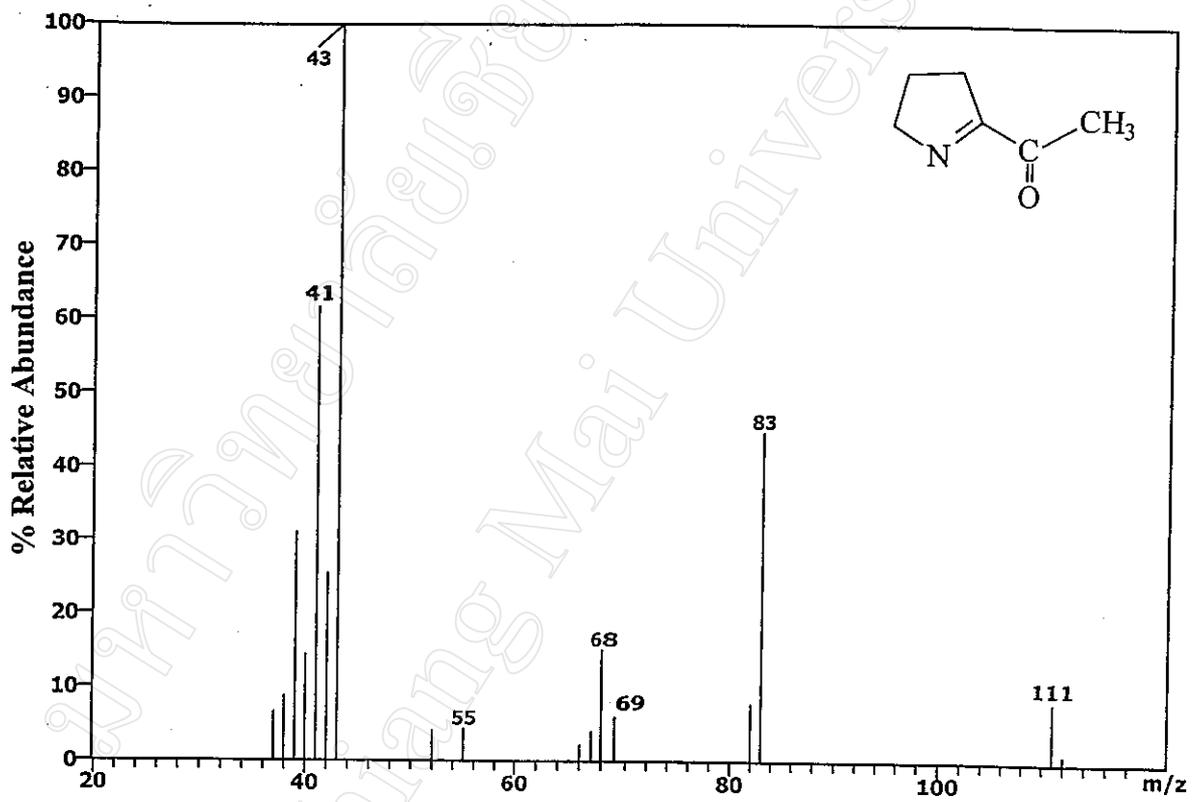
ได้ทำการตรวจสอบหาตำแหน่งพิกของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline โดยเทียบกับสารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrroline ที่สังเคราะห์ขึ้น กับสารที่สกัดได้จากตัวอย่างพืช พบว่าพิกที่ตำแหน่งเวลารีเทนชัน (retention time) ระหว่าง 3.7-3.8 นาที เป็นตำแหน่งของพิกสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ส่วนพิกของสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine พบว่าเป็นพิกที่ตำแหน่งเวลารีเทนชันระหว่าง 4.7-4.8 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้จากแมสสเปกตรัมของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline และ 2,4,6-trimethylpyridine ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรเมตรี (GC/MS) ดังแสดงในรูปที่ 3.3-3.4 และจากการเทียบข้อมูลแมสสเปกตรัมของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ที่มีรายงานในเอกสารอ้างอิง สารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine เทียบข้อมูลแมสสเปกตรัมกับ The NIST Mass Spectral Library พบว่าให้ข้อมูลแมสสเปกตรัมที่ตรงกัน



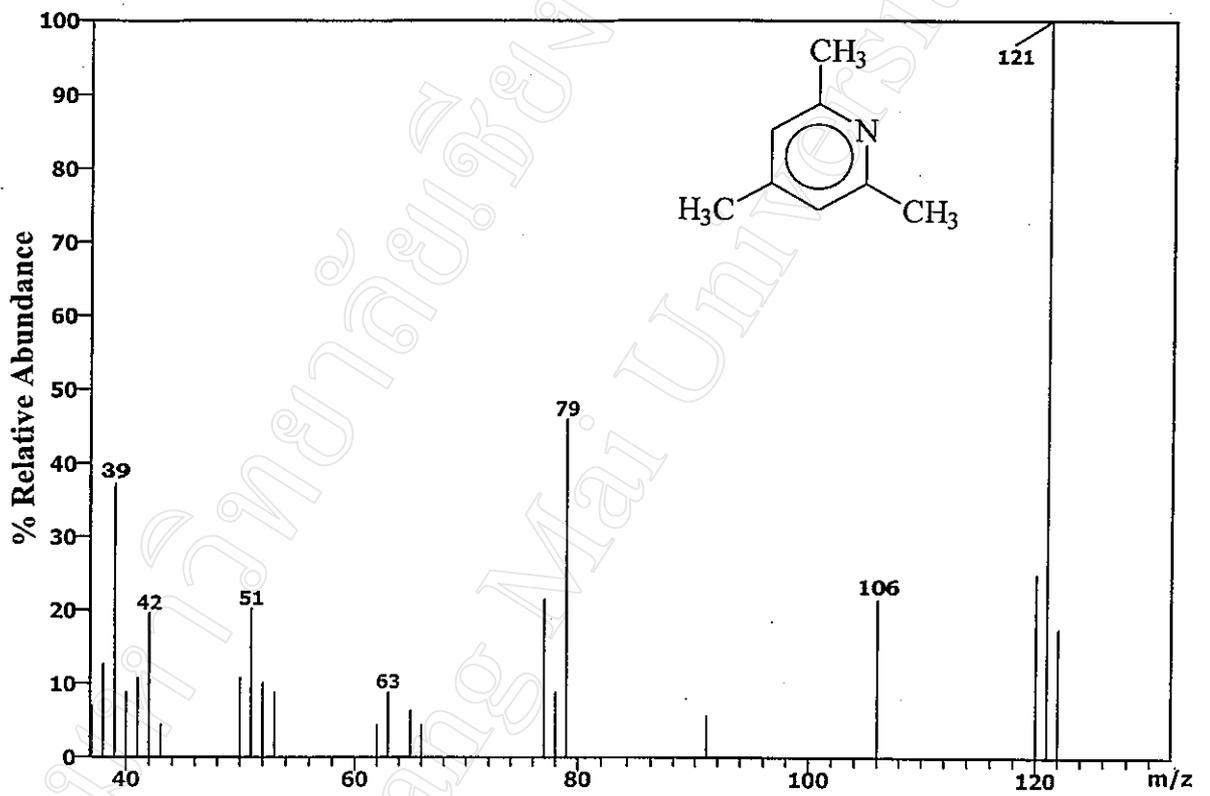
รูปที่ 3.1 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline วิเคราะห์ด้วยเทคนิค
ก๊าซโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.2 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine วิเคราะห์ด้วยเทคนิค
ก๊าซโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.3 แมสสเปกตรัมของสารมาตรฐานสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline



รูปที่ 3.4 แมสสเปกตรัมของสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine

3.2 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ที่สังเคราะห์ได้

จากรูปที่ 3.1 สามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารหอม 2AP ได้ดังนี้
เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดที่ได้จากการอินทิเกรตของเครื่อง GC รวมเท่ากับ 0.4678
คิดเป็น

$$\begin{aligned} & \text{เฉพาะเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใต้พีคสารหอม 2AP 0.1868 คิดเป็น} && 100 \quad \text{ส่วน} \\ & \therefore \text{เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารหอม 2AP คือ} && (100 \times 0.1868) / 0.4678 \\ & && 39.93 \% \end{aligned}$$

3.3 การคำนวณหาปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ในตัวทำละลาย benzene 33 mL ที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์

จากการสังเคราะห์สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline พบว่าปริมาณสาร 2-(1-hydroxyethyl) pyrrolidine คือ 0.531 กรัม ซึ่งมีมวล โมเลกุล (MW) คือ 115

$$\begin{aligned} \text{จากจำนวนโมล} &= \text{g / MW} \\ &= 0.531 / 115 \\ &= 4.62 \times 10^{-3} \quad \text{โมล} \end{aligned}$$

(เมื่อ g คือ มวลมีหน่วยเป็นกรัม และ MW คือ มวลโมเลกุล)

ดังนั้นจำนวนโมลของ 2-(1-hydroxyethyl) pyrrolidine ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นคือ 4.62×10^{-3} โมล

จากเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารหอม 2AP คือ 39.93% และ มวลโมเลกุลคือ 111

$$\begin{aligned} \therefore \text{ผลิตภัณฑ์สารหอม 2AP ที่สังเคราะห์ได้} &= (4.62 \times 10^{-3} \times 111 \times 39.93) / 100 \\ &= 204.69 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ในสารละลาย benzene 33 mL จะมีปริมาณสารหอม 2AP} &= 204.69 \text{ mg} \\ \text{ปีเปตสารหอม 2AP มา 1.0 } \mu\text{L จะมีปริมาณสารหอม 2AP} &= (204.69 \times 1.0) / 33 \\ &= 0.00620 \text{ mg} \\ &= 6.20 \quad \mu\text{g} \end{aligned}$$

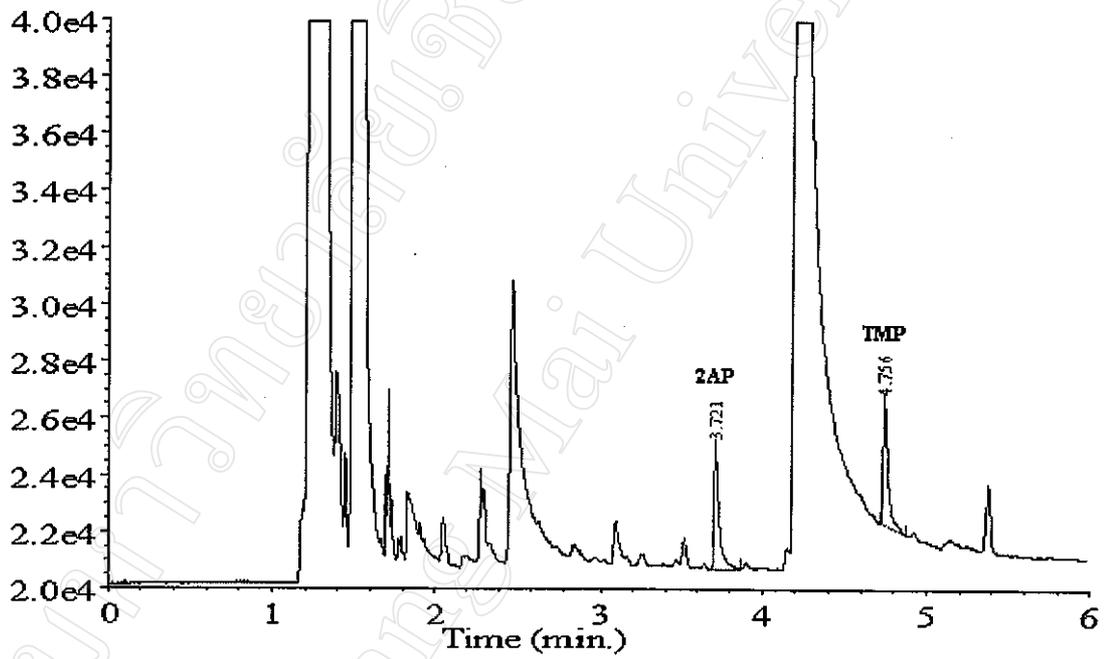
คำนวณแบบเดียวกันโดยเปลี่ยนจาก 1.0 μL เป็น 25.0, 50.0 และ 100.0 μL จะได้ปริมาณสารหอม 2AP เป็น 155.07, 310.14 และ 620.28 μg ตามลำดับ

3.4 การสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์และการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัด

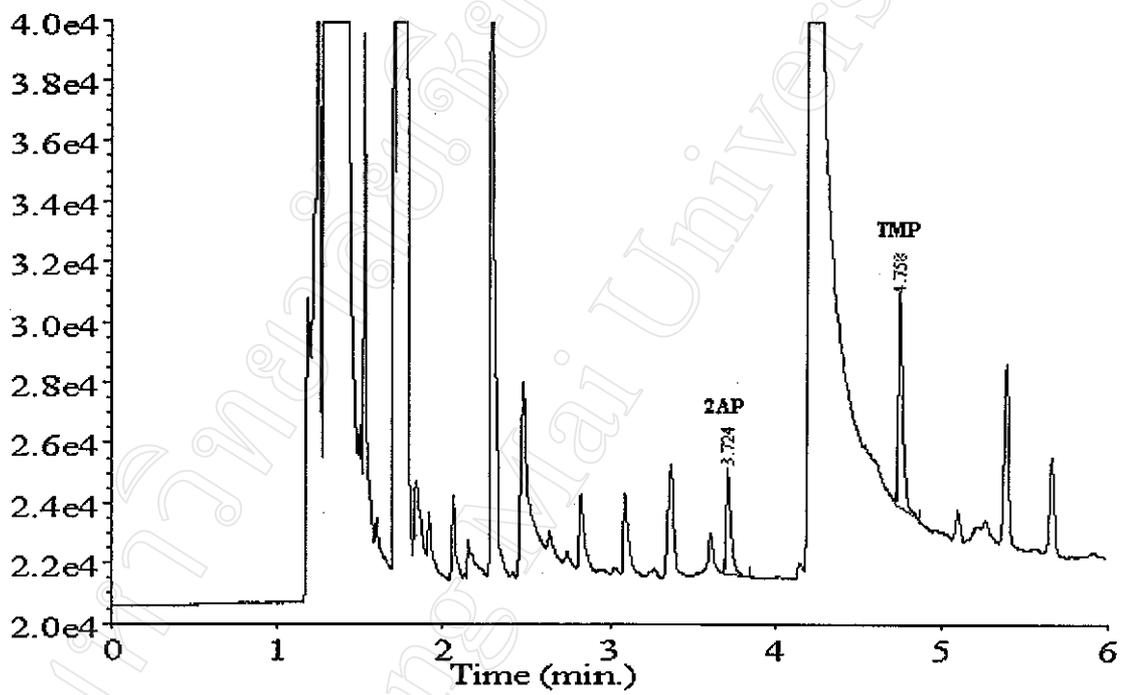
3.4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายอินทรีย์

เมื่อทำการทดลองโดยทำการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ โดยตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้มีดังนี้ methanol, toluene, diethyl ether, ethyl acetate, n-hexane, chloroform และ dichloromethane พบว่า เมื่อทำการสกัดใบเตยสดด้วย methanol สารสกัดที่ได้จะมีความข้นและหนืดสูง ไม่สามารถระเหยตัวทำละลาย methanol ออกเพื่อให้มีปริมาตรลดลงมาที่ 0.5 mL ได้ จึงไม่ได้นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี ส่วนสารสกัดใบเตยสดที่สกัดด้วย toluene, diethyl ether, ethyl acetate และ n-hexane เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีพบว่า การสกัดใบเตยสดด้วย toluene และ diethyl ether จะพบเฉพาะพีคของสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine แต่ไม่พบพีคของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ส่วนการสกัดใบเตยสดด้วย ethyl acetate และ n-hexane ไม่พบทั้งพีคของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline และพีคของสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ส่วนกรณีของตัวทำละลาย chloroform และ dichloromethane เมื่อนำมาสกัดกับใบเตยสด จะพบทั้งพีคของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline และพีคของสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ดังแสดงในรูปที่ 3.5-3.6 และตารางที่ 3.1 แสดงผลของตัวทำละลายที่มีต่อการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline

เมื่อพิจารณาโครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform และ dichloromethane พบว่าลักษณะของโครมาโทแกรมและองค์ประกอบของสารที่สกัดได้มีลักษณะต่างกันเล็กน้อยคือ ในการสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย dichloromethane ลักษณะของแต่ละพีคจะเด่นชัดกว่าเมื่อเทียบกับการสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform และจากตารางที่ 3.1 เมื่อพิจารณาที่ตัวทำละลาย chloroform และ dichloromethane พบว่า เมื่อสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform สามารถสกัดให้อัตราส่วนพื้นที่ได้พีคเฉลี่ยระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ในระดับที่สูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย dichloromethane นั่นคือสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform จะให้อัตราส่วนพื้นที่ได้พีค 0.8472 ± 0.04 (% RSD เท่ากับ 4.72) ขณะที่สกัดด้วยตัวทำละลาย dichloromethane ให้อัตราส่วนพื้นที่ได้พีคเพียง 0.4664 ± 0.06 (% RSD เท่ากับ 12.86)



รูปที่ 3.5 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.6 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย dichloromethane วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี

ตารางที่ 3.1 ผลของตัวทำละลายที่มีต่อการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline

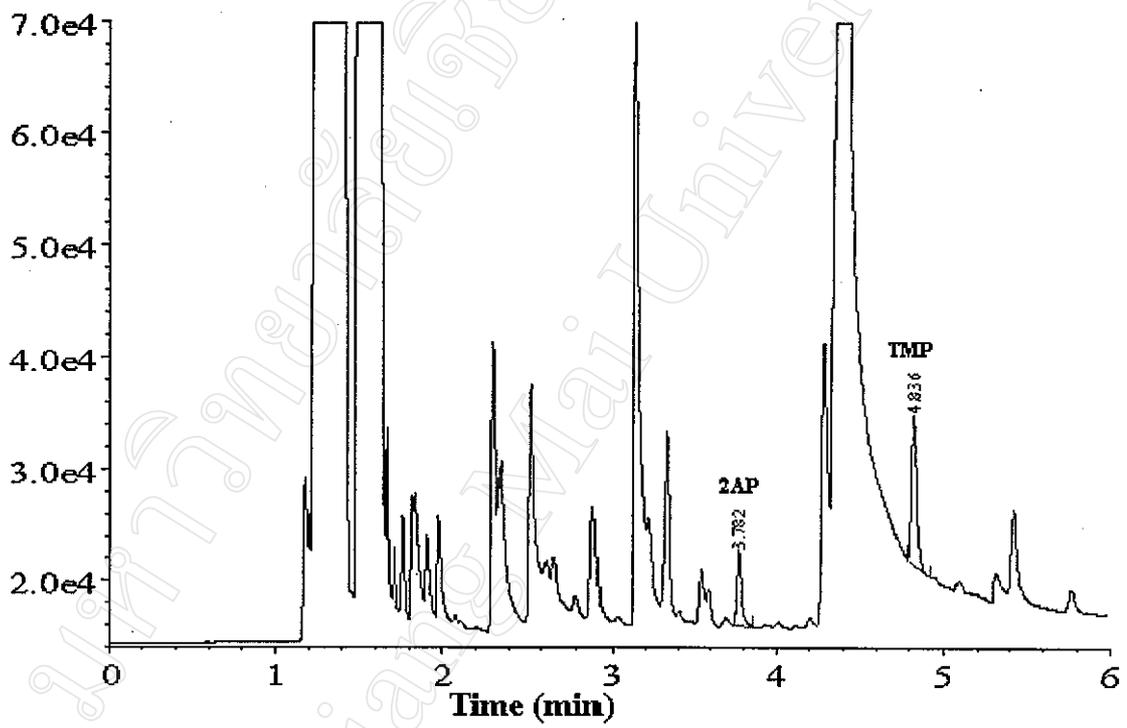
ตัวทำละลาย	ปริมาณใบเตย (กรัม)	พื้นที่ใต้พีค *		อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีค	% RSD
		2AP	TMP		
chloroform	10.037	7114	8835	0.8052	
	10.048	9142	10894	0.8392	
	10.065	9487	10573	0.8973	
		เฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบน		0.8472 \pm 0.04	4.72
dichloromethane	10.005	6999	13463	0.5199	
	10.017	8416	17870	0.4710	
	10.032	8503	20819	0.4084	
		เฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบน		0.4664 \pm 0.06	12.86
toluene	10.021	-	25864	-	
	10.057	-	27942	-	
	10.011	-	27477	-	
diethyl ether	10.067	-	209	-	
	10.078	-	1276	-	
	10.033	-	985	-	
ethyl acetate	10.081	-	-	-	
	10.017	-	-	-	
	10.028	-	-	-	
n-hexane	10.021	-	-	-	
	10.049	-	-	-	
	10.066	-	-	-	

* ได้จากการอินทิเกรตและคำนวณโดยคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมระบบข้อมูลของเครื่อง GC

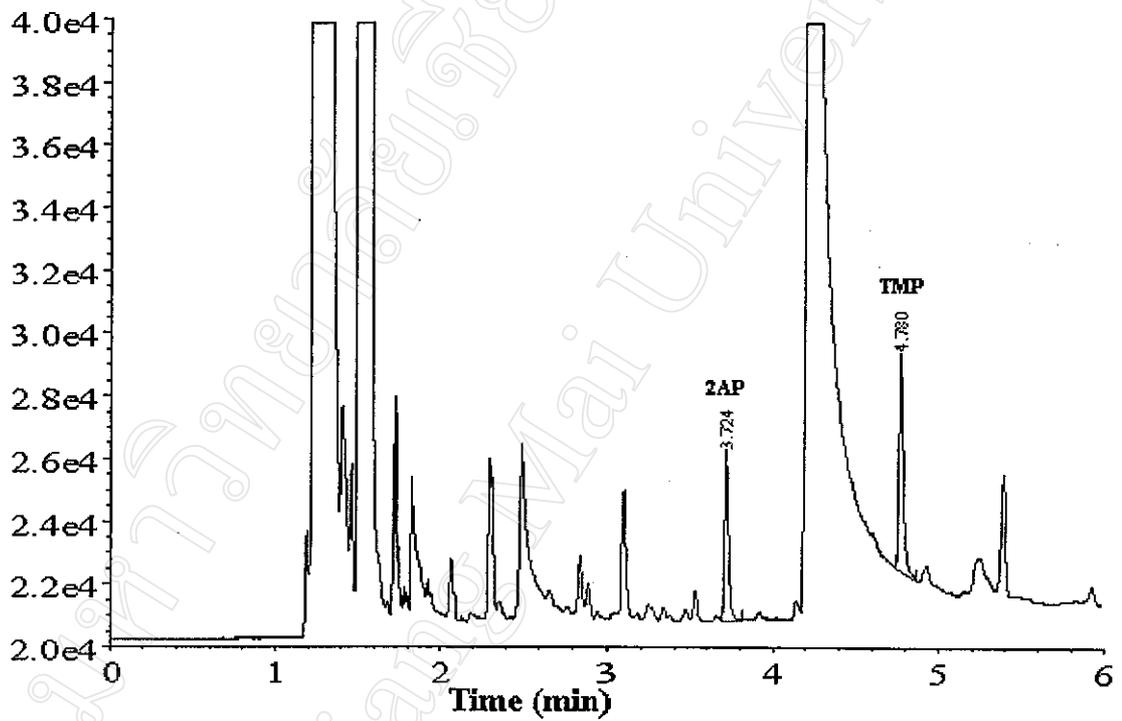
สรุปได้ว่าเมื่อทำการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ methanol, toluene, diethyl ether, ethyl acetate, n-hexane, chloroform และ dichloromethane นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีพบว่า ตัวทำละลาย chloroform และ dichloromethane ให้การสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ในปริมาณที่สามารถตรวจวัดด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีได้ ในขณะที่ตัวทำละลายอื่นให้ประสิทธิภาพของการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ไม่ดีพอ แต่การสกัดด้วยตัวทำละลาย chloroform จะให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine สูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย dichloromethane คือ สกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform จะให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีค 0.8472 ± 0.04 (% RSD เท่ากับ 4.72) ขณะที่สกัดด้วยตัวทำละลาย dichloromethane จะให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคเพียง 0.4664 ± 0.06 (% RSD เท่ากับ 12.86) และจากค่า % RSD ของตัวทำละลาย chloroform ที่ได้มีค่าไม่เกิน 10 % ในทางเคมีวิเคราะห์ถือว่าเชื่อถือได้

3.4.2 ผลการศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform

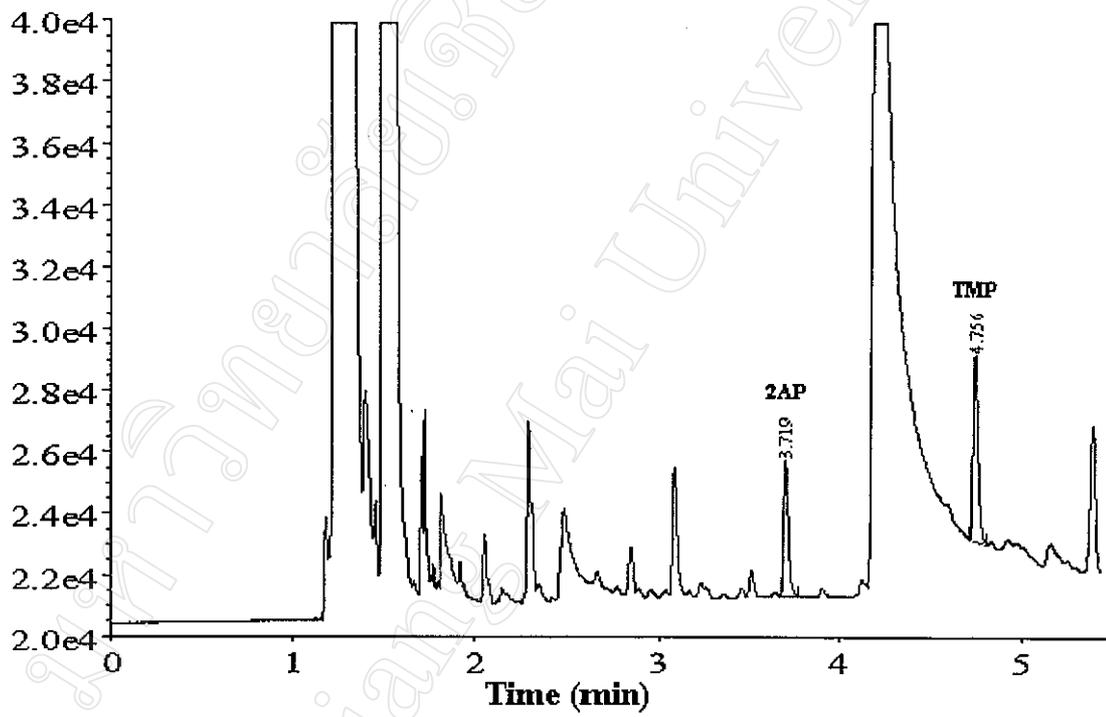
ได้ทำการทดลองโดยทำการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดประมาณ 10 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform โดยทำการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ใช้ในการสกัดคือ 15, 30, 45 และ 60 นาที นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีได้ผลแสดงดังรูปที่ 3.7-3.10 ตามลำดับ และตารางที่ 3.2 แสดงผลของเวลาที่มีต่อการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดประมาณ 10 กรัม



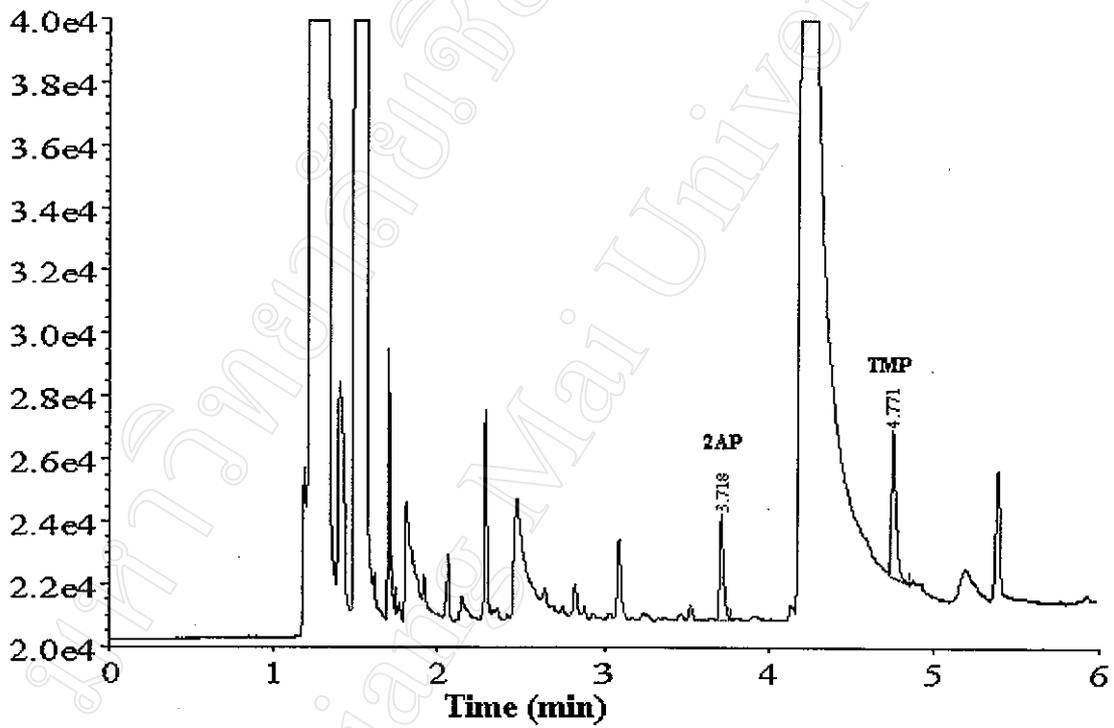
รูปที่ 3.7 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 15 นาที
วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.8 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที
วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.9 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 45 นาที
วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี



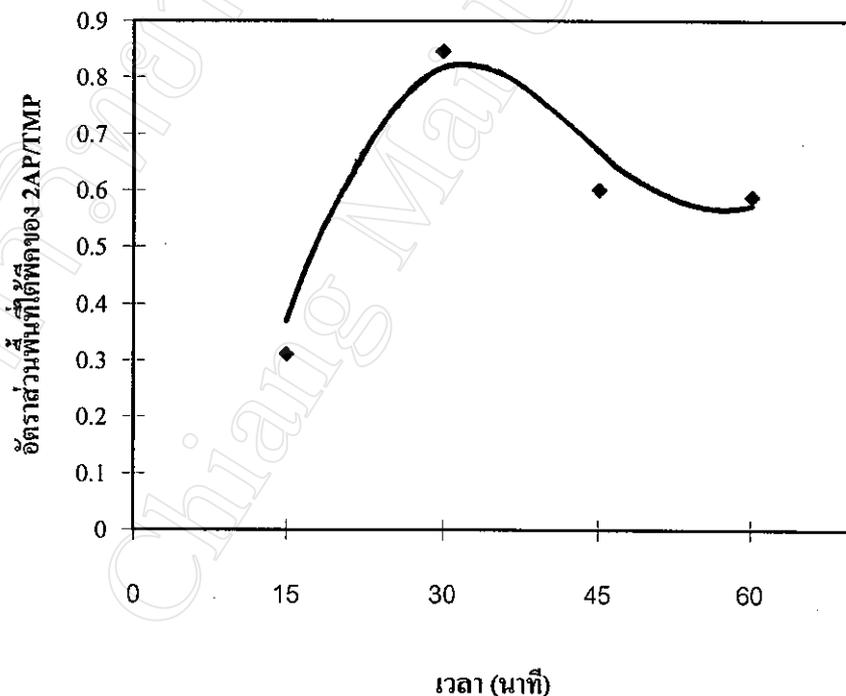
รูปที่ 3.10 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 60 นาที
วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี

ตารางที่ 3.2 ผลของเวลาที่มีต่อการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดประมาณ 10 กรัม

เวลา (นาที)	ปริมาณใบเตย (กรัม)	พื้นที่ใต้พีค *		อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีค	
		2AP	TMP	2AP/TMP	% RSD
15	10.076	14152	29837	0.3552	
	10.033	14510	48987	0.2962	
	10.044	14981	52881	0.2833	
		เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		0.3116 ± 0.04	12.84
30	10.037	7114	8835	0.8052	
	10.048	9142	10894	0.8392	
	10.065	9487	10573	0.8973	
		เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		0.8472 ± 0.04	4.72
45	10.017	7690	10940	0.7029	
	10.006	11042	19740	0.5594	
	10.021	8437	15554	0.5424	
		เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		0.6016 ± 0.09	14.96
60	10.081	8307	13672	0.6076	
	10.041	6365	11841	0.5379	
	10.056	5525	8900	0.6208	
		เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		0.5886 ± 0.04	6.80

* ได้จากการอินทิเกรตและคำนวณโดยคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมระบบข้อมูลของเครื่อง GC

เมื่อพิจารณาโครมาโทแกรมของสารสกัดที่ได้ที่เวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที พบว่าองค์ประกอบของสารที่สกัดได้มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยที่ช่วงเวลา 15 นาทีของการสกัด สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จำนวนองค์ประกอบของสารที่สกัดได้และความสูงของแต่ละพีคเฉลี่ยแล้วมีมากกว่าที่ช่วงเวลา 30 และ 45 นาที โดยเฉพาะที่เวลา 60 นาทีจะพบความแตกต่างอย่างชัดเจน ขณะที่เวลา 30, 45 และ 60 นาทีลักษณะของโครมาโทแกรมจะคล้ายคลึงกัน และจากตารางที่ 3.2 เมื่อพิจารณาพื้นที่ใต้พีคที่ได้ พบว่าที่เวลา 15 นาที ให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine น้อยที่สุดคือ 0.3116 ± 0.04 (% RSD เท่ากับ 12.84) ขณะที่ 30 นาที ให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคมากที่สุดคือ 0.8472 ± 0.04 (% RSD เท่ากับ 4.72) นำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีค 2AP/TMP กับช่วงเวลา (นาที) ที่ใช้ในการสกัดมาสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 3.11

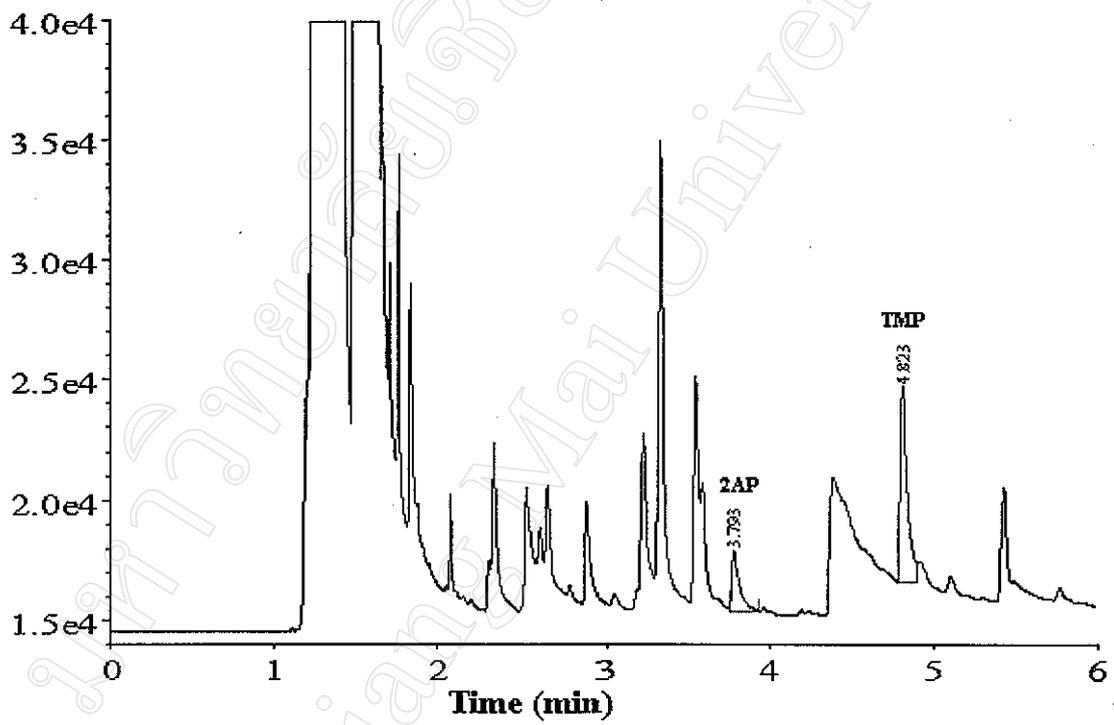


รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของ 2AP/TMP และช่วงเวลา (นาที) ที่ใช้ในการสกัด

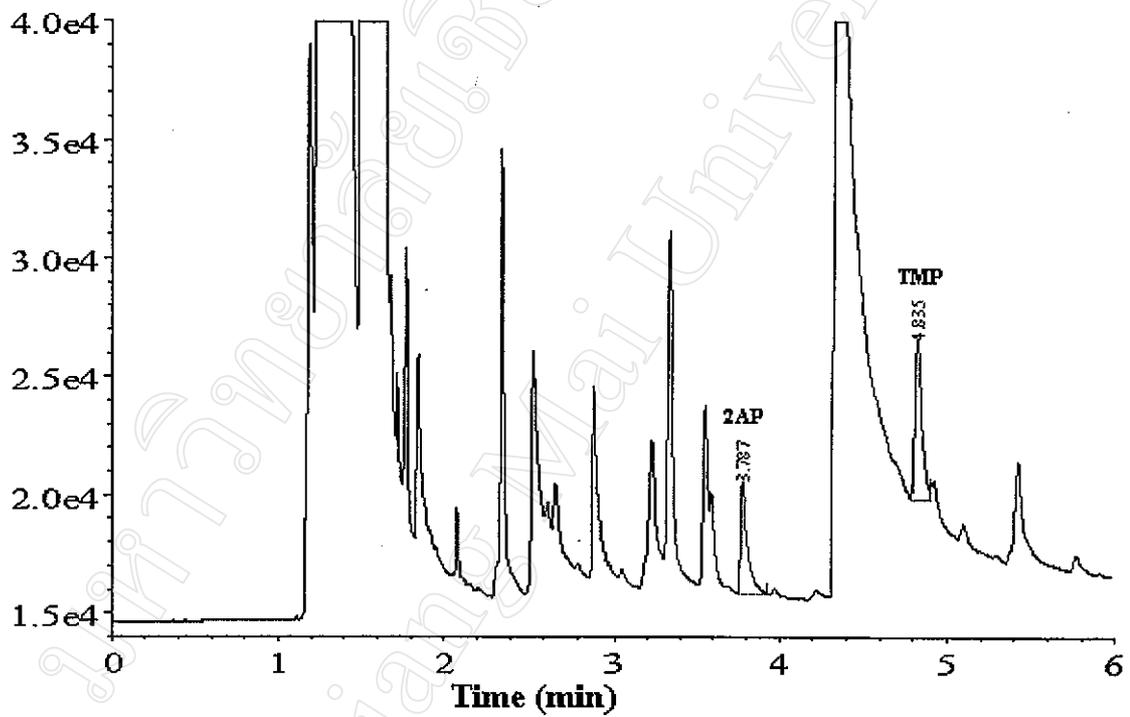
สรุปได้ว่าการศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform คือ 15, 30, 45 และ 60 นาที นำสารสกัดทั้งหมดไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีพบว่า เวลาที่ใช้ในการสกัด 30 นาทีจะให้สารสกัดที่มีอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ในปริมาณมากที่สุดคือ 0.8472 ± 0.04 (% RSD เท่ากับ 4.72) และที่เวลา 15 นาทีสามารถสกัดใบเตยสดให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีค 2AP/TMP น้อยที่สุดคือ 0.3116 ± 0.04 (% RSD เท่ากับ 12.84) ขณะที่เวลา 45 นาทีและ 60 นาที จะสกัดให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีค 2AP/TMP 0.6016 ± 0.09 (% RSD เท่ากับ 14.96) และ 0.5886 ± 0.04 (% RSD เท่ากับ 6.80) ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าที่เวลา 30 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ด้วยตัวทำละลาย chloroform

3.4.3 ผลการศึกษาปริมาณของตัวอย่างใบเตยที่ใช้ในการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที

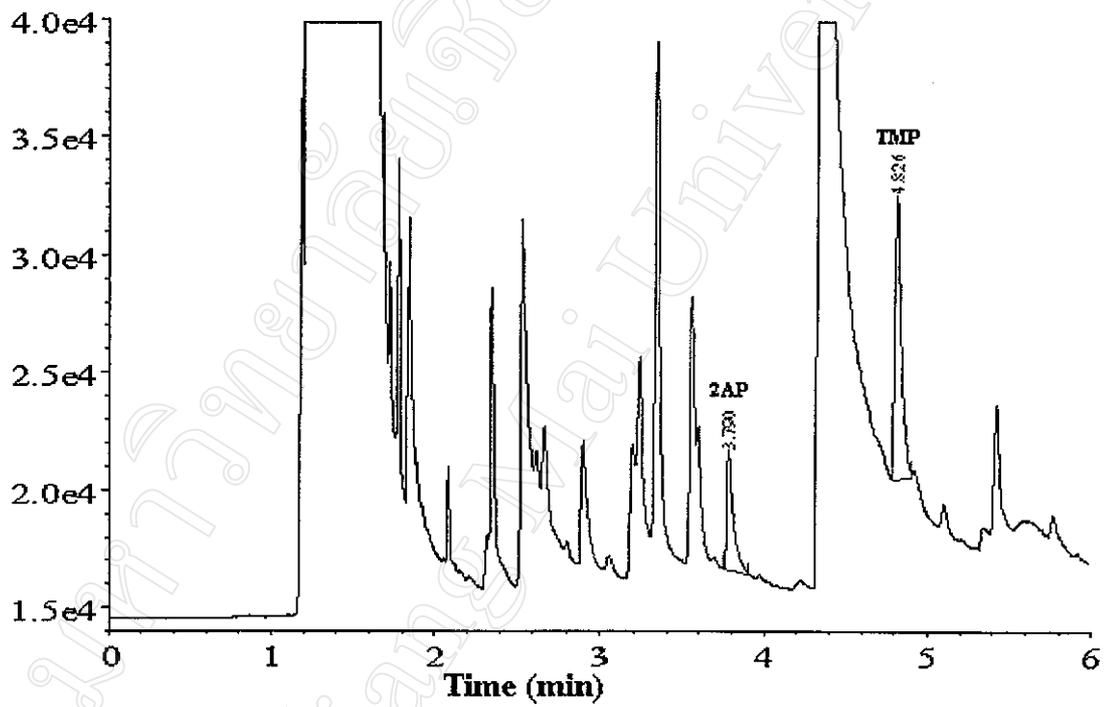
ได้ทำการทดลองโดยทำการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform โดยใช้ปริมาณตัวอย่างใบเตย 3, 5, 7, 10 และ 13 กรัม ใช้เวลาในการสกัด 30 นาที โดยแต่ละปริมาณใบเตยตัวอย่างที่ทดลองได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี ได้ผลการวิเคราะห์แสดงโดยโครมาโทแกรมในรูปแบบที่ 3.12-3.16 ตามลำดับ



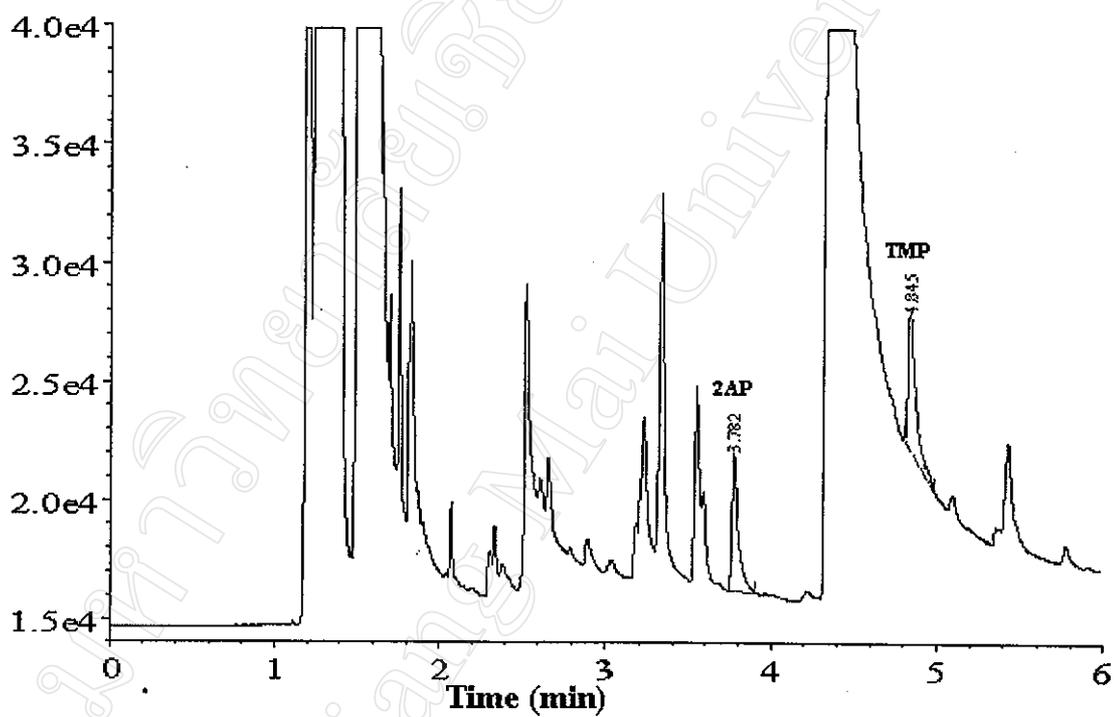
รูปที่ 3.12 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดประมาณ 3 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี



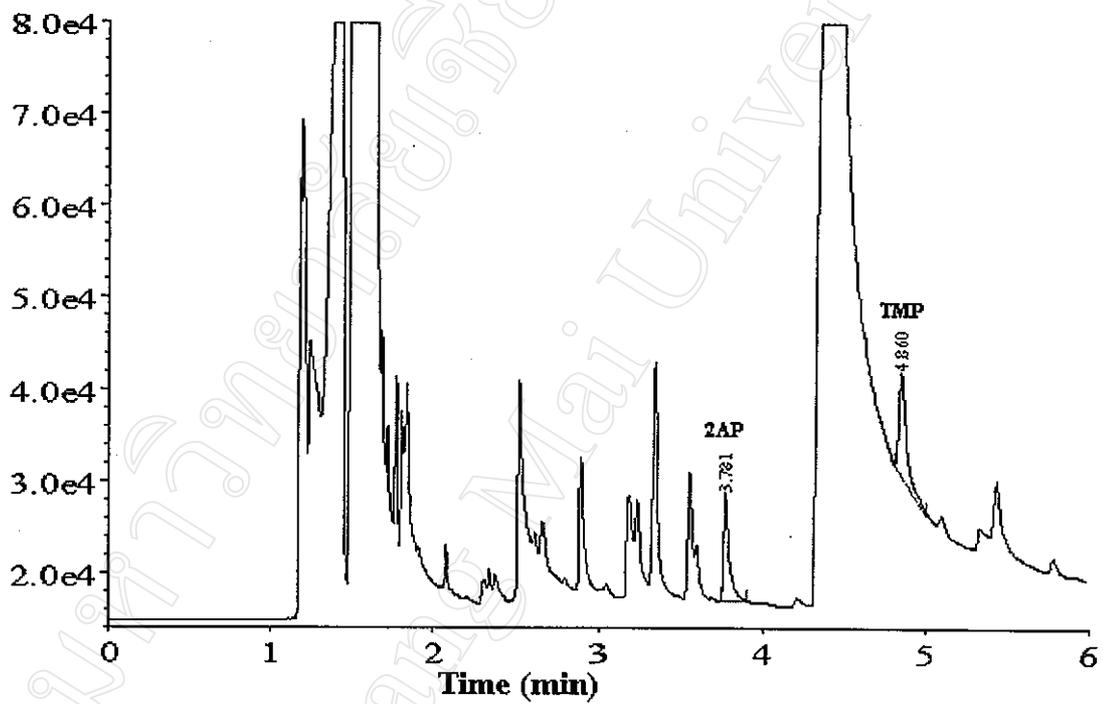
รูปที่ 3.13 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดประมาณ 5 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที วิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.14 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดประมาณ 7 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.15 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดประมาณ 10 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที วิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี



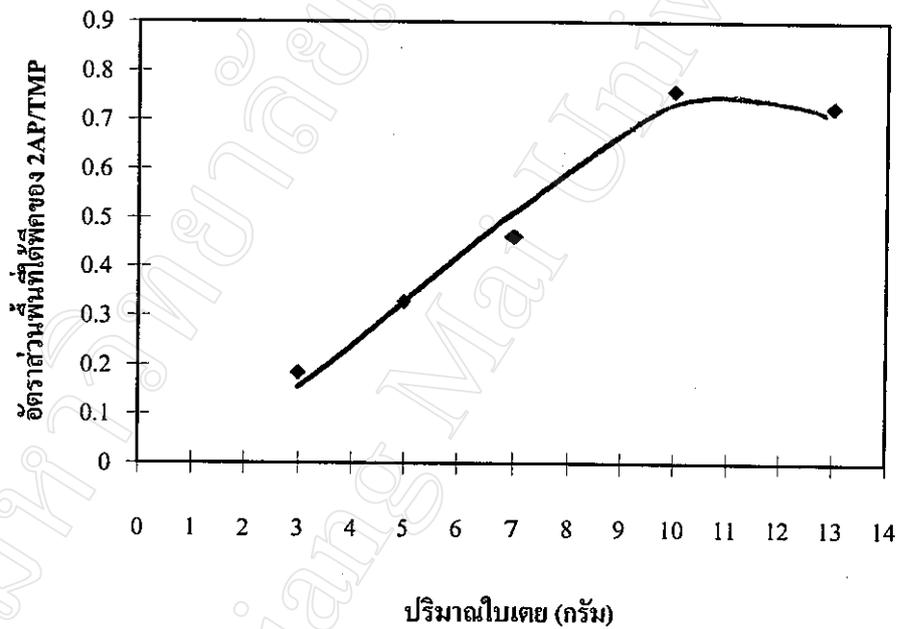
รูปที่ 3.16 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดประมาณ 13 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี

จากการพิจารณาโครมาโทแกรมทั้งหมดของสารสกัดจากใบเตยสดที่ปริมาณต่างๆ พบว่าการสกัดใบเตยสดประมาณ 3 กรัม ความสูงของพีคที่เวลารีเทนชัน 4.3-4.4 นาที ต่ำมากเมื่อเทียบกับการสกัดใบเตยสดที่ปริมาณมากขึ้น โดยการสกัดใบเตยสดประมาณ 7 และ 10 กรัม อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine อยู่ในระดับที่สูง กล่าวคือใบเตยสดประมาณ 7 กรัม ตัวทำละลาย chloroform สามารถสกัดให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine เฉลี่ยเท่ากับ 0.4615 ± 0.03 (% RSD เท่ากับ 6.50) ขณะที่ใบเตยสดประมาณ 10 กรัม ตัวทำละลาย chloroform สามารถสกัดให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ยมากที่สุดคือ 0.7597 ± 0.07 (% RSD เท่ากับ 9.21) และการสกัดใบเตยสดประมาณ 3 กรัม จะให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.1844 ± 0.02 (% RSD เท่ากับ 10.85) ขณะที่ใบเตยสดประมาณ 13 กรัมจะให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ยใกล้เคียงกับ 10 กรัม คือ 0.7265 ± 0.06 (% RSD เท่ากับ 8.26) ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine กับปริมาณใบเตย (กรัม) ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที

ตารางที่ 3.3 ผลของอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine กับการสกัดใบเตยสดที่ปริมาณต่างๆ ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที

ปริมาณใบเตย (กรัม)	พื้นที่ใต้พีค *		อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีค	% RSD
	2AP	TMP		
3.003	4025	20597	0.1967	
3.021	4797	25481	0.1883	
3.049	4101	24381	0.1682	
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		0.1844 ± 0.02	10.85
5.038	8160	23246	0.3510	
5.062	6920	24018	0.2881	
5.017	9566	27547	0.3473	
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		0.3288 ± 0.04	12.17
7.036	15047	31690	0.4748	
7.008	12378	28758	0.4304	
7.086	15648	32642	0.4794	
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		0.4615 ± 0.03	6.50
10.038	15915	18986	0.8382	
10.083	13701	18935	0.7236	
10.057	14403	20081	0.7172	
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		0.7597 ± 0.07	9.21
13.053	26115	35204	0.7418	
13.036	31539	40694	0.7750	
13.017	25129	37913	0.6628	
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		0.7265 ± 0.06	8.26

* ได้จากการอินทิเกรตและคำนวณ โดยคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมระบบข้อมูลของเครื่อง GC

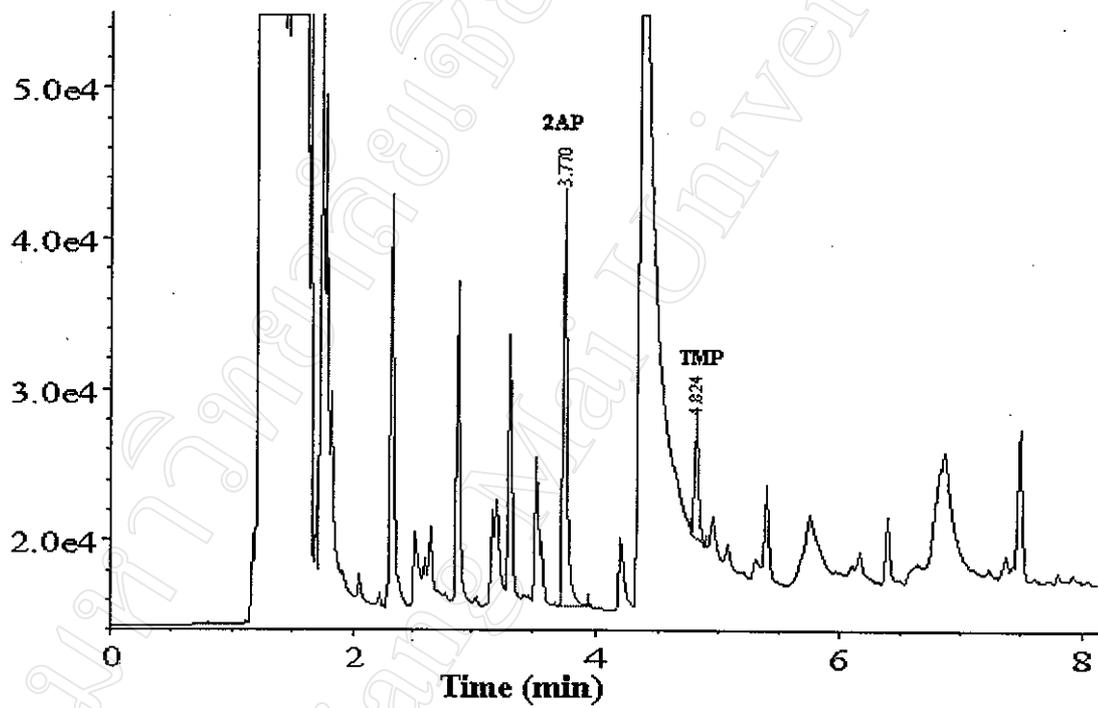


รูปที่ 3.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ได้พิกสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine กับปริมาณไบเตย (กรัม) ที่สกัดด้วย ตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine กับปริมาณใบเตย (กรัม) ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที พบว่าที่ปริมาณใบเตยในช่วง 10-12 กรัม ตัวทำละลาย chloroform สามารถสกัดให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ออกมาได้มากที่สุด

3.5 การสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดโดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M

เมื่อทำการทดลองโดยทำการสกัดใบเตยสดด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M ที่มีสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ละลายอยู่ด้วยความเข้มข้น 0.5 ppm ใช้สภาวะการทดลองเกี่ยวกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย chloroform คือ ใบเตยสดประมาณ 10 กรัม และใช้เวลาในการสกัด 30 นาที ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 3.18 และตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.18 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากใบเตยสดประมาณ 10 กรัม ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 M ที่เวลา 30 นาที วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี

ตารางที่ 3.4 ผลการสกัดใบเตยสดประมาณ 10 กรัมด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M ที่เวลา 30 นาที

ปริมาณใบเตย (กรัม)	พื้นที่ได้ฟีด *		อัตราส่วนพื้นที่ได้ฟีด	
	2AP	TMP	2AP/TMP	% RSD
10.050	43615	14331	3.0434	
10.006	55878	17214	3.2461	
10.019	59289	18687	3.1727	
	เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน		3.1541 ± 0.10	3.17

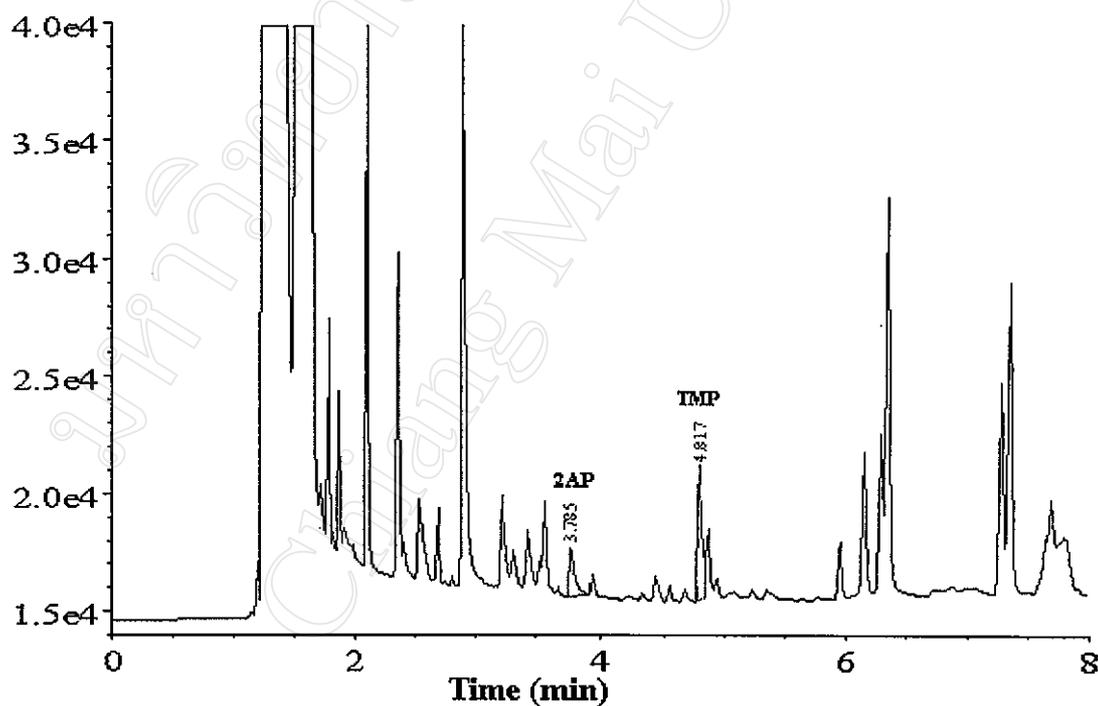
* ได้จากการอินทิเกรตและคำนวณโดยคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมระบบข้อมูลของเครื่อง GC

เมื่อพิจารณาจากโครมาโทแกรมพบว่า ฟีดที่ได้มีลักษณะที่เด่นชัดกว่าและมืองค์ประกอบของฟีดเล็กๆ มากกว่าการสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform โดยเฉพาะฟีดของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline มีลักษณะที่เด่นชัดมาก และจะมีบางองค์ประกอบที่มีเวลารีเทนชันเท่ากันกับการสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform เช่นที่เวลารีเทนชัน 2.3, 2.5, 3.3 และ 3.5 นาที เป็นต้น และยังพบฟีดที่เวลารีเทนชันในช่วง 4.3-4.4 นาที ที่พบอยู่ระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline กับสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine เหมือนกับการสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform ด้วยเช่นกัน ซึ่งการสกัดใบเตยสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M จะให้อัตราส่วนพื้นที่ได้ฟีดระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ในระดับที่สูงกว่าการสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform โดยการสกัดใบเตยสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M จะให้อัตราส่วนพื้นที่ได้ฟีดเท่ากับ 3.1541 ± 0.10 (% RSD เท่ากับ 3.17) ขณะที่การสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform จะให้อัตราส่วนพื้นที่ได้ฟีดได้สูงที่สุดเพียง 0.8472 ± 0.04 (% RSD เท่ากับ 4.72) เมื่อใช้ใบเตยสดประมาณ 10 กรัม เท่ากัน

สรุปได้ว่าการสกัดใบเตยสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M ให้จำนวนองค์ประกอบที่แยกได้มากกว่าการสกัดใบเตยสดด้วยตัวทำละลาย chloroform และยังให้อัตราส่วนพื้นที่ได้ฟีดระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ในระดับสูงคือ 3.1541 ± 0.10 (%RSD เท่ากับ 3.17) ซึ่งสูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย chloroform ประมาณ 4 เท่า

3.6 การสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากดอกขมขนาดสดด้วยตัวทำละลาย chloroform

ในการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากดอกขมขนาดสดโดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที เมื่อนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 3.19 และตารางที่ 3.5



รูปที่ 3.19 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากดอกขมขนาดสดประมาณ 10 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี

ตารางที่ 3.5 ผลการสกัดออกซิเจนขนาดสเปกตรัมประมาณ 10 กรัมด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที

ปริมาณออกซิเจนขนาด (กรัม)	พื้นที่ใต้พีค *		2AP/TMP	% RSD
	2AP	TMP		
10.065	8563	11256	0.7607	
10.018	8952	10159	0.8812	
10.032	7962	9076	0.8773	
	เฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบน		0.8397 \pm 0.07	8.34

* ได้จากการอินทิเกรตและคำนวณ โดยคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมระบบข้อมูลของเครื่อง GC

เมื่อพิจารณาจากโครมาโทแกรมที่ได้พบว่าการสกัดออกซิเจนขนาดสเปกตรัมด้วยตัวทำละลาย chloroform ลักษณะพีคที่ได้คล้ายกับการสกัดไบโอดีเอสด้วยตัวทำละลาย chloroform และการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M โดยพบว่าไม่มีบางพีคที่มีเวลาริเทนชันที่ตรงกันเช่น 2.3, 2.5, 2.9, 3.3 และ 3.5 นาที เป็นต้น ขณะที่พีคที่เวลาริเทนชันในช่วง 4.3-4.4 นาที ซึ่งเป็นพีคที่อยู่ระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline กับสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ที่พบในการสกัดไบโอดีเอสด้วยตัวทำละลาย chloroform และสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M กลับมีขนาดลดลงต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และในการสกัดออกซิเจนขนาดสเปกตรัมด้วยตัวทำละลาย chloroform จะพบองค์ประกอบที่อยู่ระหว่างพีคของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline กับพีคของสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine มีจำนวนมากว่าการสกัดไบโอดีเอสด้วยตัวทำละลาย chloroform และสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M

การสกัดออกซิเจนขนาดสเปกตรัมด้วยตัวทำละลาย chloroform สามารถสกัดให้อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคระหว่างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ต่อสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine ในปริมาณที่สูงคือ 0.8397 ± 0.07 (% RSD เท่ากับ 8.34) ซึ่งใกล้เคียงกับการสกัดไบโอดีเอสด้วยตัวทำละลาย chloroform (0.8472 ± 0.04 % RSD เท่ากับ 4.72) สรุปได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบผลการสกัดใบเตยสดประมาณ 10 กรัมด้วยตัวทำละลาย chloroform กับ สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M และสกัดดอกขมนาดสดประมาณ 10 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที

เปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ได้ฟีดเฉลี่ยของการสกัด		
ใบเตยด้วย CHCl ₃	ขมนาดด้วย CHCl ₃	ใบเตยด้วย 0.1 M HCl
0.8472 ± 0.04	0.8397 ± 0.07	3.1541 ± 0.10

สรุปได้ว่าการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากดอกขมนาดสดด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาทีจะให้อัตราส่วนพื้นที่ได้ฟีดในระดับที่สูงคือ 0.8397 ± 0.07 (% RSD เท่ากับ 8.34) ใกล้เคียงกับการสกัดใบเตยสดคือ 0.8472 ± 0.04 (% RSD เท่ากับ 4.72) โดยการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M จะให้ประสิทธิภาพในการสกัดที่ดีกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย chloroform ถึงเกือบ 4 เท่า

3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยและดอกขมนาด ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย chloroform

การวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline อาศัยวิธี Internal Standard โดยมี 2-acetyl-1-pyrroline เป็นสารมาตรฐานและ 2,4,6-trimethylpyridine เป็นสารมาตรฐานภายใน นำสารละลายผสมที่ความเข้มข้นต่างๆ มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีและนำอัตราส่วนพื้นที่ได้ฟีดและอัตราส่วนโดยน้ำหนักที่แต่ละความเข้มข้นของสารละลายมาสร้างกราฟมาตรฐาน เพื่อใช้ในการหาปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.7 และรูปที่ 3.20 เป็นกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่กับอัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrroline กับสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine

3.7.1 การคำนวณหาปริมาณสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine

ในการสกัดสารหอม 2AP จากตัวอย่างพืช เมื่อกรองเอากากตัวอย่างพืชทิ้ง แล้วนำสารละลายใส่มา 40 mL ระเหยตัวทำละลาย chloroform ออกด้วยเครื่องหมุนระเหย ที่อุณหภูมิ 40°C จนสารสกัดมีปริมาตรเหลือ 1.0 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสารสกัดมีปริมาตรเหลือเพียง 0.5 mL จากการทดลอง ได้เตรียม stock สารละลาย TMP 0.5 ppm ใน 500 mL

$$\begin{aligned} \text{จาก ppm} &= \mu\text{g / mL} \\ \mu\text{g} &= \text{ppm} \times \text{mL} \\ &= 0.5 \times 500 \\ &= 250 \end{aligned}$$

นั่นคือ ในสารละลาย 500 mL มีเนื้อสาร TMP 250 μg

หากสาร TMP ไม่ได้ระเหยหายไปในช่วงการทดลอง

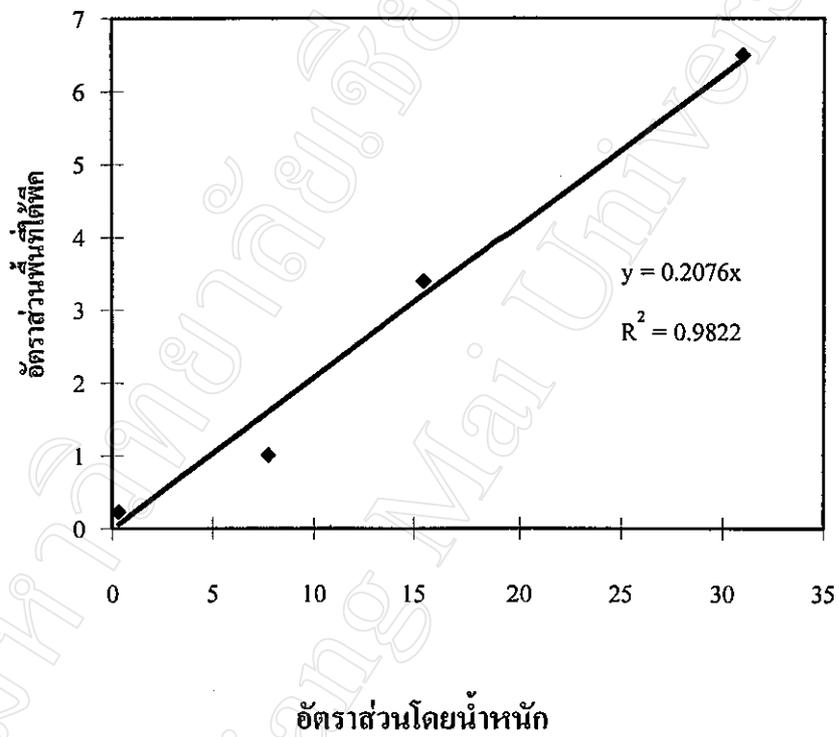
พบว่าสารละลาย 40 mL จะมีเนื้อสาร TMP $(250 \times 40) / 500 = 20 \mu\text{g}$

∴ เมื่อระเหยตัวทำละลายออกเหลือปริมาตร 0.5 mL ยังคงมีเนื้อสาร TMP 20 μg เช่นกัน

ตารางที่ 3.7 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนพื้นที่ที่ได้พีคกับอัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrroline กับสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine

สารละลายผสม มาตรฐานที่	ปริมาตร		ปริมาณ (μg)		พื้นที่ที่ได้พีค *		อัตราส่วนโดย น้ำหนัก
	2AP (μL)	TMP (mL)	2AP	TMP	2AP	TMP	
1	1.0	40.0	6.20	20.0	6139	26995	0.2274
2	25.0	40.0	155.07	20.0	38585	38399	1.0048
3	50.0	40.0	310.14	20.0	18716	5500	3.4029
4	100.0	40.0	620.28	20.0	97351	14978	6.4996

* ได้จากการอินทิเกรตและคำนวณ โดยคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมระบบข้อมูลของเครื่อง GC



รูปที่ 3.20 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคกับอัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrroline กับสารมาตรฐานภายใน 2,4,6-trimethylpyridine

3.7.2 การคำนวณหาปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากตัวอย่างพืช

จากกราฟมาตรฐานสามารถคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ได้ดังนี้

จากการทดลองที่ 2.5.2 การศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ที่เวลา 30 นาที ครั้งที่ 1 ใช้ตัวอย่างใบเตยสด 10.037 กรัม

$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้พิก} &= \frac{\text{พื้นที่ที่ได้พิก 2AP}}{\text{พื้นที่ที่ได้พิก TMP}} \\ &= 7114 / 8835 \\ &= 0.8052 \end{aligned}$$

จากกราฟมาตรฐานสามารถคำนวณอัตราส่วนโดยน้ำหนักได้จากสมการเส้นตรง $Y = 0.2076 X$ เมื่อ Y คือ อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้พิก และ X คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนัก

$$\begin{aligned} Y &= 0.2076 X \\ X &= 0.8052 / 0.2076 \end{aligned}$$

$$\text{นั่นคือน้ำหนัก 2AP / น้ำหนัก TMP} = 3.88$$

จากการทดลองใช้สารมาตรฐานภายใน TMP 20 μg ในสารละลาย 40 mL (จากข้อ 3.7.1 หน้า 87)

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือปริมาณสารหอม 2AP} &= 3.88 \times 20 \\ &= 77.60 \mu\text{g} \end{aligned}$$

เนื่องจากการสกัดสารหอม 2AP ด้วยตัวทำละลาย chloroform ใช้ตัวทำละลายเริ่มแรก 70 mL เมื่อกรองสารละลายที่ได้จากการสกัดนำมาทำการวิเคราะห์เพียง 40 mL

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นปริมาณสารหอม 2AP ในสารสกัดทั้งหมด} &= (77.60 \times 70) / 40 \\ &= 135.80 \mu\text{g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ปริมาณสารหอม 2AP ในใบเตย} &= 135.80 / 10.037 \\ &= 13.53 \text{ ppm} \end{aligned}$$

คำนวณแบบเดียวกันจะได้ปริมาณสารหอม 2AP ในครั้งที่ 2 และ 3 คือ 14.07 และ 15.02 ppm
คิดเป็นปริมาณสารหอม 2AP เฉลี่ย $(13.53 + 14.07 + 15.02) / 3 = 14.21 \text{ ppm}$

จากตัวอย่างวิธีการคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากตัวอย่างพืชสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.8-3.10

ตารางที่ 3.8 ผลของเวลาต่ออัตราส่วนโดยน้ำหนักและความเข้มข้น (ppm) ที่ได้จากการคำนวณของสารสกัดใบเตยสดประมาณ 10 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform

เวลา (นาที)	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก	ความเข้มข้น (ppm)	% RSD
15	1.71	5.94	
	1.43	4.99	
	1.36	4.74	
เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน	1.50	5.22 ± 0.63	12.07
30	3.88	13.53	
	4.04	14.07	
	4.32	15.02	
เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน	4.08	14.21 ± 0.75	5.28
45	3.39	11.84	
	2.69	9.41	
	2.61	9.12	
เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน	2.90	10.12 ± 1.49	14.72
60	2.93	10.17	
	2.59	9.03	
	2.99	10.41	
เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน	2.84	9.87 ± 0.74	7.50

จากตารางที่ 3.8 พบว่า ในช่วงเวลา 15 นาที สารสกัดใบเตยสดให้ปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นคือ 30, 45 และ 60 นาที โดยที่เวลา 15 นาที สามารถสกัดปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดได้ความเข้มข้น 5.22 ± 0.63 ppm (% RSD เท่ากับ 12.07) ที่เวลา 45 นาที สกัดได้ 10.12 ± 1.49 ppm (% RSD เท่ากับ 14.72) และที่เวลา 60 นาที สกัดได้ 9.87 ± 0.74 ppm (% RSD เท่ากับ 7.50) ขณะที่เวลา 30 นาที ตัวทำละลาย chloroform สามารถสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยสดได้ปริมาณมากที่สุดคือ 14.21 ± 0.75 ppm (% RSD เท่ากับ 5.28)

ตารางที่ 3.9 ผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักและความเข้มข้น (ppm) ที่ได้จากการคำนวณของสารสกัดดอกชมนาดสดประมาณ 10 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที

อัตราส่วนโดยน้ำหนัก	ความเข้มข้น (ppm)	% RSD
3.66	12.73	
4.24	14.81	
4.23	14.76	
ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบน	14.10 \pm 1.19	8.44

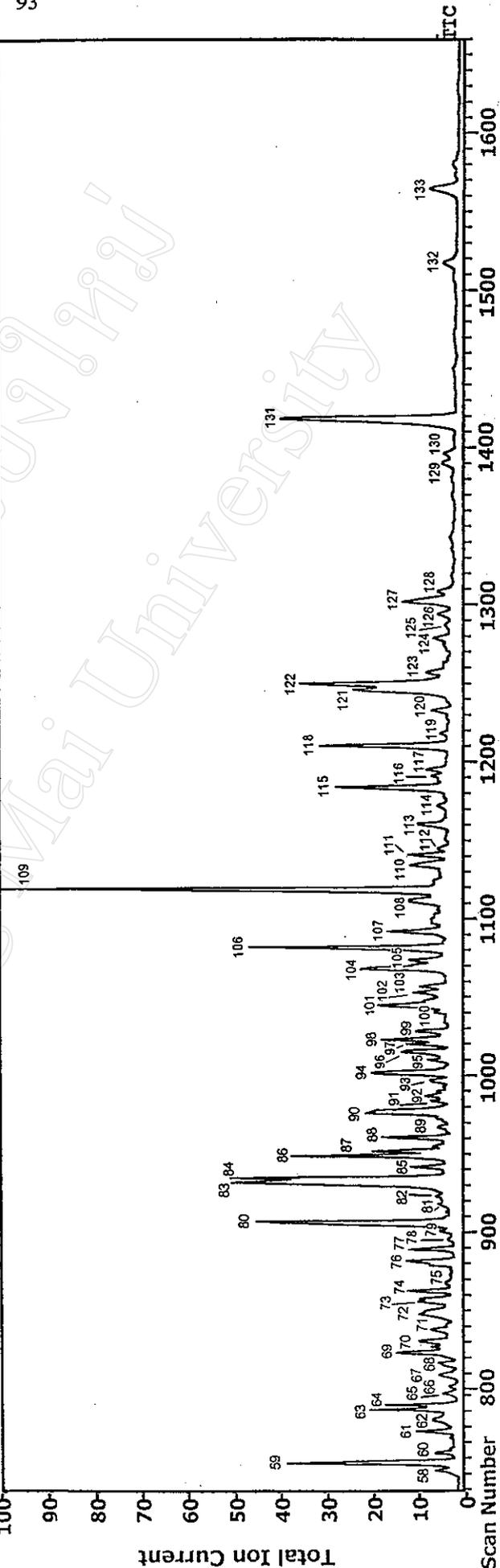
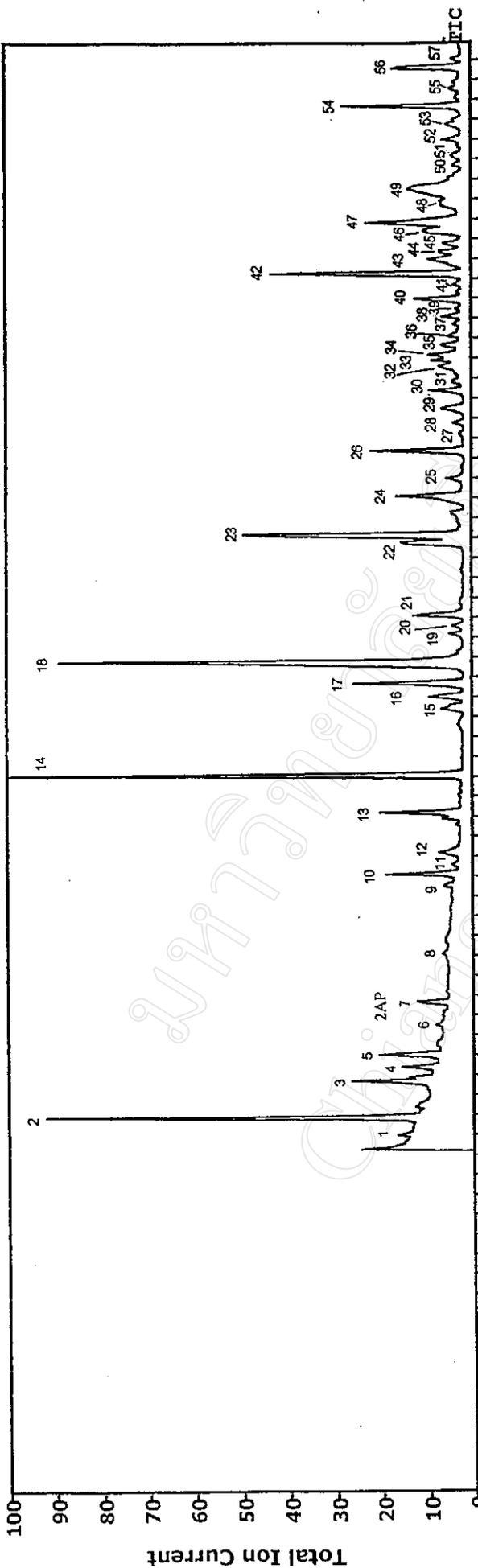
ตารางที่ 3.10 เปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ย (ppm) ของการสกัดใบเตยและดอกชมนาดสดประมาณ 10 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform ที่เวลา 30 นาที

ความเข้มข้นเฉลี่ย (ppm) ของสารสกัดกับพืชตัวอย่างที่สกัดด้วย CHCl_3	
ใบเตยสด	ดอกชมนาดสด
14.21 \pm 0.75	14.10 \pm 1.19

จากตารางที่ 3.9 และ 3.10 เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นระหว่างการสกัดดอกชมนาดสดและใบเตยสดประมาณ 10 กรัม ด้วยตัวทำละลาย chloroform เป็นเวลา 30 นาที พบว่าการสกัดสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline จากดอกชมนาดสดจะให้ปริมาณความเข้มข้นของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ในระดับใกล้เคียงกันคือสกัดใบเตยสดให้ความเข้มข้นของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline 14.21 \pm 0.75 ppm (% RSD เท่ากับ 5.28) และสกัดดอกชมนาดสดจะให้ความเข้มข้น 14.10 \pm 1.19 ppm (% RSD เท่ากับ 8.44)

3.8 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของสารสกัดจากดอกขมนาด

สารสกัดจากดอกขมนาดด้วยตัวทำละลาย chloroform เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรเมตรี ใช้ capillary column DB-1 และโปรแกรมอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 50 °C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10°C ต่อนาที อุณหภูมิสุดท้าย 230°C และคงอุณหภูมิไว้ที่ 230 °C เป็นเวลา 12 นาที ให้ผลของการแยกองค์ประกอบในสารสกัดของดอกขมนาดได้ผลดังแสดงในโครมาโทแกรมรูปที่ 3.21 ส่วน mass spectral data และชนิดหรือโครงสร้างทางเคมีของสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัดจากดอกขมนาดได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 3.11 การแปลผลชนิดหรือโครงสร้างทางเคมีจาก mass spectral data ของแต่ละองค์ประกอบที่ได้ ส่วนใหญ่อาศัยการเปรียบเทียบค่าเวลาริเทนชันกับสารอ้างอิงสารมาตรฐานและการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับฐานข้อมูล mass spectral data ของ NIST (The National Institute for Science and Technology) โดยเทียบกับ %Fit จาก library ถ้าอยู่ในช่วง 85-100 ถือว่าสารที่สกัดได้เป็นสารตัวเดียวกับสารที่อยู่ใน library ถ้า %Fit จาก library อยู่ในช่วง 60-84 ถือว่าสารที่สกัดได้ยังระบุแน่ชัดไม่ได้ว่าเป็นสารตัวเดียวกับใน library จะใช้เครื่องหมาย ? แล้วตามด้วยชื่อสารที่คาดว่าน่าจะใช้สารตัวนั้น และถ้า %Fit ต่ำกว่า 50 ให้ถือว่าสารตัวนั้นเป็น Unknown



รูปที่ 3.21 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากดอกพญาเสือโคร่งที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมตรี

ตารางที่ 3.11 ข้อมูลทางแมสสเปกตรัมขององค์ประกอบในสารสกัดจากดอกขมขนาด

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
1	Unknown	281(28), 207(32), 191(5), 121(11), 84(22), 57(11), 41(26), 49(100) , 43(43)
2	? Isopentyl-3-hydroxy-2-methylenebutanoate	164(1), 142(2), 116(8), 99(50), 59(15), 43(100)
3	Unknown	102(38), 86(20), 69(15), 59(100) , 58(37), 43(33), 41(95)
4	Benzene, ethyl-	106(30), 91(100) , 78(8), 77(7), 65(12), 51(13), 50(8), 41(17)
5	Unknown	121(13), 106(20), 102(20), 91(38), 96(17), 68(10), 59(71), 49(48), 43(93), 41(100)
6	? 1,1-Heptanediol, diacetate	209(16), 207(8), 161(4), 121(10), 97(17), 81(28), 70(43), 55(61), 44(66), 48(89), 42(48), 41(100)
7	2-Acetyl-1-pyrroline	111(8), 83(52), 68(15), 69(9), 43(100) , 42(21), 41(62)
8	Unknown	281(25), 265(5), 207(24), 133(10), 121(37), 91(15), 84(24), 79(20), 55(37), 49(100)
9	Unknown	281(14), 207(9), 121(51), 108(16), 93(11), 86(15), 79(29), 69(16), 58(8), 51(42), 43(100) , 41(48)
10	Pyridine, 2,4,6-trimethyl-	121(100) , 120(39), 106(20), 91(5), 79(43), 77(17), 51(14), 42(16)
11	Unknown	281(12), 207(5), 121(11), 84(26), 73(19), 60(22), 59(22), 49(100) , 45(95), 43(56), 41(35)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
12	? 1-Iodo-2-methylnonane	250(3), 127(17), 105(8), 84(16), 68(7), 58(36), 57(37), 43(100) , 41(36)
13	Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	283(11), 282(12), 281(100) , 193(2), 74(4)
14	Cyclohexane, 1-methylene-3-(1-methylethenyl)-, (R)-	136(29), 121(34), 107(43), 95(40), 94(68), 93(87), 81(92), 79(41), 67(100) , 53(32), 41(26)
15	Unknown	282(17), 207(20), 93(28), 67(28), 59(58), 55(40), 49(87), 43(100)
16	Unknown	157(3), 131(6), 89(7), 88(13), 84(6), 71(10), 51(80), 49(8), 43(100) , 41(8)
17	2-Furanmethanol, 5-ethenyl tetrahydro-.alpha.,.alpha., 5-trimethyl-, cis-	168(2), 153(31), 135(11), 111(15), 94(50), 93(55), 81(28), 79(21), 59(98), 43(100) , 40(50)
18	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-, acetate, (1S exo)-	121(10), 93(18), 81(100) , 80(25), 69(17), 55(15), 43(39)
19	Unknown	267(35), 251(11), 207(13), 86(20), 84(32), 71(16), 70(10), 57(133), 51(35), 49(100) , 43(80), 41(50)
20	Unknown	267(15), 251(6), 207(7), 84(23), 71(44), 57(52), 49(49), 43(100)
21	? 3,6-Bis(N,N-dimethyl amino)-9-methylcarbazole	267(100) , 251(15), 223(2), 193(12), 126(2), 95(2), 71(2), 43(3)
22	Unknown	267(8), 153(8), 135(5), 109(7), 94(57), 79(34), 68(63), 67(95), 55(30), 43(100) , 41(51)
23	2H-Pyran-3-ol, 6-ethenyl tetrahydro-2,2,6-trimethyl-	153(27), 125(3), 94(97), 93(18), 81(25), 79(33), 68(59), 67(98), 43(100)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
24	2-Pentadecanone, 6,10,14, trimethyl-	153(5), 135(5), 121(3), 109(5), 93(12), 79 (16), 71(40), 59(38), 43(100)
25	? Oxiran, 2,2'-(1,4 butanediyl) bis-	281(6), 207(4), 138(4), 109(8), 95(17), 81 (27), 67(35), 55(44), 43(71), 41(100)
26	? 1,6-Anhydro-2,4-dideoxy (-D-arabo-hexopyranose)	121(2), 97(4), 85(3), 71(54), 57(98), 56(26), 55(24), 43(86), 42(20), 41(100)
27	Unknown	341(10), 281(10), 207(9), 95(12), 84(25), 69 (33), 67(30), 57(30), 55(30), 49(60), 43(63), 41(100)
28	Unknown	341(6), 281(6), 207(4), 111(5), 95(5), 84(18), 71(37), 57(90), 43(71), 41(100)
29	? Benzene, (2-bromocyclo propyl)-	163(2), 136(5), 118(25), 117(83), 91(100) , 89 (45), 88(27), 77(8), 65(33), 51(20)
30	Unknown	123(7), 111(5), 93(11), 81(20), 69(52), 67 (24), 53(13), 43(19), 41(100)
31	Unknown	341(13), 281(7), 251(5), 207(6), 137(8), 111 (15), 93(32), 81(23), 67(36), 55(51), 49(42), 43(100) , 41(69)
32	Benzene,(isocyanomethyl)-	117(91), 91(100) , 89(66), 88(132), 77(16), 65 (35), 51(21), 50(28)
33	? Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	341(100) , 325(14), 294(1), 250(5), 223(1), 193(1), 164(1), 104(9), 73(15), 45(3)
34	? Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	341(100) , 325(22), 283(2), 250(6), 237(2), 193(1), 155(2), 117(5), 90(3), 73(15), 57(10), 41(9)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
35	Unknown	341(26), 325(13), 281(15), 207(13), 135(9), 111(18), 93(31), 81(33), 67(33), 57(44), 55 (45), 43(100)
36	Unknown	341(8), 327(6), 281(10), 207(10), 111(6), 97 (80, 85(29), 71(39), 57(74), 43(96), 41(100)
37	Unknown	341(8), 281(10), 207(8), 111(6), 85(22), 71 (34), 57(78), 43(74), 41(100)
38	Heptadecane, 2,6,10,14, tetramethyl-	281(2), 250(2), 212(1), 159(2), 142(15), 115 (180, 85(12), 70(15), 71(78), 57(100) , 44(79), 41(99)
39	Unknown	341(6), 281(10), 207(7), 97(7), 85(25), 57 (71), 43(95), 41(100)
40	Octane, 5-ethyl-2-methyl-	135(2), 121(2), 111(4), 97(3), 85(38), 71(63), 57(80), 43(100)
41	Unknown	341(5), 281(6), 207(5), 111(7), 97(8), 85(30), 71(50), 57(69), 43(100) , 41(98)
42	Hexatriacontane	121(1), 109(2), 97(15), 85(35), 71(60), 57 (100), 43(86), 41(92)
43	Unknown	207(52), 193(12), 177(8), 151(35), 119(70), 92(43), 71(100) , 43(84)
44	Unknown	281(100) , 265(11), 251(7), 209(3), 177(2), 137(4), 119(9), 93(15), 67(48), 55(23), 43 (93)
45	Unknown	208(5), 193(19), 179(8), 165(20), 151(8), 138 (31), 124(24), 109(47), 95(65), 83(47), 67 (35), 57(48), 55(41), 43(63), 41(100)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
46	Unknown	281(5), 207(3), 111(17), 97(12), 85(26), 83(27), 69(57), 57(45), 55(50), 43(100) , 41(98)
47	Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-,acetate	200(1), 164(90), 131(28), 103(41), 91(34), 71(68), 57(71), 43(100)
48	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	429(8), 401(3), 341(43), 325(11), 251(3), 153(4), 124(4), 85(25), 71(50), 57(58), 43(100) , 41(83)
49	? Colchifoine	153(13), 135(5), 109(6), 93(14), 79(15), 71(40), 59(50), 43(100)
50	Unknown	327(5), 281(7), 207(4), 111(6), 97(9), 85(29), 71(43), 57(74), 43(100) , 41(99)
51	Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	178(100) , 163(34), 147(40), 135(19), 107(62), 91(52), 77(23), 57(37), 41(61)
52	Heptadecane, 2,3-dimethyl	281(5), 207(4), 161(6), 115(7), 105(10), 93(13), 85(28), 71(65), 57(78), 43(100) , 41(98)
53	2-Pentadecyn-1-ol	156(13), 141(13), 107(15), 95(17), 81(31), 67(35), 55(47), 43(78), 41(100)
54	? Pentadecane, 3-methyl	156(3), 111(5), 97(7), 85(37), 71(61), 57(100) , 43(85), 41(95)
55	? 3,5-Dibutoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5-bis(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	415(30), 383(5), 327(100) , 253(5), 163(10), 121(7), 85(5), 73(41), 57(18), 43(20)
56	? Caryophyllene	189(10), 161(15), 147(14), 133(41), 119(24), 105(44), 91(64), 79(52), 67(38), 55(26), 43(21), 41(100)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
57	Unknown	327(9), 281(16), 207(7), 133(8), 109(12), 95(14), 81(20), 69(28), 57(38), 49(40), 43(100) , 41(83)
58	? 3-Butoxy-1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3(trimethylsiloxy)trisiloxane	349(5), 281(71), 267(18), 251(7), 220(10), 177(32), 163(10), 149(14), 135(17), 121(10), 95(15), 71(22), 58(80), 41(100)
59	Cyclotridecane	161(2), 147(3), 135(2), 121(4), 111(21), 97(42), 83(55), 69(75), 55(67), 43(51), 41(100)
60	Unknown	281(5), 163(5), 135(4), 123(4), 111(7), 97(11), 85(34), 71(63), 57(84), 43(100) , 41(93)
61	Cubebene	204(14), 161(96), 133(37), 119(60), 105(100) , 91(93), 79(58), 53(22), 41(88)
62	Unknown	281(5), 191(4), 168(9), 137(33), 122(8), 111(16), 95(20), 81(34), 67(41), 57(50), 43(71), 41(100)
63	? 3-Eicosene(E)-octadecane, 5-methyl-	117(6), 99(20), 85(36), 71(59), 57(100) , 43(79), 41(93)
64	? Octadecane, 5-methyl-	155(2), 123(2), 111(6), 85(52), 71(81), 69(21), 57(97), 43(100) , 41(86)
65	Unknown	281(8), 267(3), 251(3), 170(17), 155(19), 128(6), 111(11), 97(18), 83(29), 69(41), 55(55), 43(77), 41(100)
66	Unknown	415(8), 341(12), 327(21), 281(42), 161(130), 119(18), 105(17), 85(32), 71(53), 57(74), 41(69), 43(100)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
67	? 2-Propenamide, 2-methyl-N-phenyl-	161(8), 147(11), 127(15), 105(30), 91(100) , 69(32), 57(28), 43(40), 41(57)
68	Unknown	281(3), 218(4), 175(6), 133(20), 119(9), 105(17), 91(100) , 71(12), 57(18), 43(31), 41(37)
69	Unknown	281(5), 170(3), 155(3), 124(3), 85(47), 71(74), 57(94), 43(100) , 41(84)
70	? Dodecane, 1,2-dibromo	281(7), 251(3), 135(3), 125(5), 111(15), 97(12), 91(21), 85(37), 71(58), 57(80), 43(97), 41(100)
71	Unknown	281(6), 170(5), 123(4), 111(13), 97(9), 85(38), 71(64), 57(79), 55(46), 43(100) , 41(96)
72	? Dodecane	170(89), 130(29), 102(75), 85(40), 70(88), 57(58), 41(100)
73	Benzene, (1-methylnonyl)-	218(3), 105(100) , 91(11), 71(10), 57(150), 41(26)
74	? Nonadecane, 3-methyl-	170(3), 97(10), 85(41), 71(60), 57(100) , 43(84), 41(93)
75	Benzeneacetic acid, 4-hydroxy-3-methoxy-	182(42), 137(100) , 122(17), 107(12), 77(16), 65(12), 51(10)
76	Benzene, (1-pentylhexyl)-	232(3), 161(19), 119(17), 105(38), 91(100) , 41(18)
77	Benzene, (1-butylheptyl)-	213(2), 175(10), 147(19), 119(5), 105(28), 91(100) , 79(3), 41(28)
78	? Oxirane, 2-methyl-3-propyl, trans-	121(9), 105(10), 95(13), 85(40), 71(55), 57(94), 43(95), 41(100)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
79	? Oxirane, 2-methyl-3-propyl, trans-	105(14), 97(15), 85(28), 71(48), 57(94), 43 (82), 41(100)
80	1-Hexadecane	124(6), 111(27), 97(55), 83(74), 69(76), 57 (72), 55(70), 43(57), 41(100)
81	? 2-Hexene, 1-chloro	111(14), 97(22), 91(25), 83(29), 69(40), 57 (49), 55(66), 43(66), 41(100)
82	? 3-Methoxycinnamic acid	178(100), 161(30), 135(62), 107(76), 89(38), 77(79), 51(56),
83	Unknown	180(7), 137(8), 123(12), 111(20), 93(47), 81 (74), 67(70), 57(70), 43(60), 41(100)
84	Benzene, 1,4-didecyl-	232(5), 124(5), 105(100), 91(15), 81(21), 57 (25), 41(47)
85	Unknown	119(4), 105(10), 97(9), 85(35), 71(74), 57 (100), 43(82), 41(86)
86	Pentacosane, 13-phenyl-	246(5), 217(5), 175(9), 161(12), 119(22), 105 (47), 91(100), 71(47), 57(56), 41(52)
87	? Pentacosane, 13-phenyl-	147(17), 133(7), 119(12), 105(37), 91(100), 71(8), 57(11), 43(15), 41(28)
88	Benzene, (1-propylnonyl)-	246(4), 235(4), 219(7), 147(5), 133(25), 105 (16), 91(100), 41(29)
89	? Docosanoic acid, 1,2,3- propanetriyl ester	281(7), 124(12), 111(18), 97(19), 85(32), 69 (54), 57(74), 43(95), 41(100)
90	Benzene, (1-ethyldecyl)-	246(4), 217(4), 161(3), 133(10), 119(41), 105 (20), 91(100), 71(11), 57(13), 41(31)
91	? Decane, 1,1'-oxybis-	125(5), 111(11), 97(11), 85(49), 71(72), 69 (32), 57(96), 43(100), 41(98)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
92	? Tetradecanoic acid, ethyl ester	257(100) , 213(20), 199(22), 171(21), 157(31), 143(23), 101(60); 88(71), 69(58), 55(64), 41(85)
93	? 2-Dodecenal	177(7), 155(5), 168(45), 120(77), 83(27), 71(32), 57(58), 41(100)
94	Benzene, (1-methylundecyl)-	246(5), 188(2), 147(2), 105(100) , 91(10), 57(8), 41(23)
95	Tetradecanoic acid, 1-methyl ethyl ester	229(35), 185(10), 143(7), 129(17), 97(8), 61(56), 41(100)
96	? Pentacosane, 13-phenyl	260(25), 189(3), 161(7), 133(9), 119(21), 105(38), 91(100) , 78(5), 41(13)
97	Benzene, (1-butylonyl)-	260(22), 203(5), 147(21), 119(8), 105(37), 91(100) , 78(5), 57(7), 41(26)
98	6H-Dibenzo[b,d]pyran-1-ol, 3-hexyl-6a,7,8,10a-tetrahydro-6,6-9-trimethyl-, (6aR-trans)-	282(10), 250(8), 193(10), 149(40), 123(10), 109(19), 95(23), 85(17), 71(26), 57(39), 43(100) , 41(64)
99	? Pentacosane, 13-phenyl-	429(2), 279(3), 260(18), 243(27), 213(12), 133(22), 105(12), 91(100) , 65(5), 41(17)
100	? 1,3,5,7,9,11,13-Heptaethyl cycloheptasiloxane	475(2), 429(87), 415(8), 401(12), 355(48), 341(53), 326(12), 251(12), 221(19), 209(5), 133(12), 105(20), 91(25), 73(100) , 97(36), 43(45)
101	? Tetradecane, 1-chloro-	260(21), 231(4), 175(4), 133(10), 119(50), 91(100) , 69(28), 55(50), 41(71)
102	? Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	271(100) , 227(15), 199(9), 171(12), 157(25), 129(9), 115(13), 100(64), 88(65), 73(38), 55(46), 41(68)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
103	? 5H-Furo[3,2-g][1]benzo pyran-5-one, 7-(hydroxy methyl)-4,9-dimethoxy	277(17), 261(100) , 243(10), 205(87), 189 (54), 175(60), 161(25), 115(20), 91(38), 77 (24), 57(80), 41(75)
104	? Octadecane, 1-chloro-	260(11), 124(5), 105(42), 85(44), 71(65), 57 (100) , 41(84)
105	Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	271(95), 251(10), 227(19), 199(12), 171(14), 143(23), 129(15), 101(16), 87(79), 74(86), 43 (100)
106	? 1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl-2-ethylhexyl ester	334(2), 279(17), 205(18), 149(100) , 104(7), 93(2), 76(7), 41(20)
107	Docosane	267(9), 111(10), 97(9), 85(54), 71(83), 57 (100) , 43(91), 41(75)
108	? 9-Hexadecenoic acid	283(43), 243(18), 207(4), 194(7), 152(6), 124 (8), 96(28), 81(28), 69(38), 55(57), 41(100)
109	Benzo[g][1]benzothiopyrano [4,3-b]indole	285(100) , 255(5), 213(3), 185(3), 157(6), 115 (5), 101(13), 88(8), 96(7), 55(11), 41(19)
110	? 2-Ethyl-1-dodecanol	257(8), 111(9), 97(14), 85(42), 71(63), 57 (100) , 43(85), 41(87)
111	? Hexadecanoic acid, cyclo hexyl ester	257(100) , 213(4), 185(5), 129(6), 97(7), 83 (11), 61(33), 43(58), 41(60)
112	? 3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7- hexamethyl-3,5,5-tris (trimethylsiloxy)tetrasiloxane	494(4), 461(6), 429(23), 415(16), 387(6), 355 (31), 341(46), 281(100) , 251(10), 221(13), 147(13), 85(19), 73(62), 57(38), 43(30)
113	Unknown	261(5), 108(17), 93(40), 79(100) , 67(45), 57 (32), 55(47), 43(52), 41(95)
114	? Pentadecane, 8,8-diheptyl	309(42), 283(8), 252(5), 209(5), 169(14), 155 (9), 95(25), 83(48), 69(50), 55(65), 41(100)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
115	? Pentadecene	125(9), 111(30), 97(57), 85(24), 83(61), 69(60), 57(105), 55(69), 43(61), 41(100)
116	? Heptadecanoic acid, ethyl ester	299(82), 269(25), 255(97), 213(28), 199(16), 170(10), 157(39), 143(18), 101(78), 88(100) , 55(28), 41(95)
117	9-Octadecenoic acid(Z)-, tetradecyl ester	401(5), 297(12), 265(28), 253(6), 152(7), 125(8), 111(29), 97(55), 83(58), 69(98), 55(80), 41(100)
118	? Decane, 2,3,8-trimethyl	123(7), 111(11), 97(16), 85(46), 71(80), 57(100) , 43(76), 41(81)
119	Octadecanoic acid, methyl ester	299(70), 269(21), 255(95), 213(10), 199(13), 185(5), 157(7), 143(25), 129(15), 101(15), 74(87), 55(55), 43(100)
120	? 2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, 2-ethyl ester	290(30), 178(100) , 161(45), 133(120), 118(10), 103(8), 77(10), 55(10), 41(30)
121	Linoleic acid ethyl ester	308(5), 263(57), 219(3), 164(7), 149(13), 135(17), 109(24), 95(56), 81(93), 67(100) , 55(61), 41(92)
122	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,Z,Z)-	307(27), 277(14), 261(33), 250(15), 217(4), 135(18), 121(28), 93(23), 79(100) , 67(51), 55(27), 41(63)
123	Unknown	135(7), 111(14), 95(21), 85(52), 71(71), 57(99), 43(98), 41(100)
124	Heptadecanoic acid, 15-methyl-, ethyl ester	312(79), 283(18), 269(90), 255(35), 213(17), 199(13), 171(11), 157(33), 115(14), 101(67), 88(70), 73(33), 55(70), 41(100)

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Peak No.	Structure	m/z (% relative abundance)
125	Unknown	375(7), 284(12), 255(6), 207(5), 137(5), 123(7), 111(20), 97(27), 85(39), 71(56), 57(88), 43(89), 41(100)
126	? Nonadecane, 2,3-dimethyl-	111(15), 97(17), 85(47), 71(67), 57(92), 43(100) , 41(79)
127	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	111(10), 97(14), 85(47), 71(67), 57(100) , 43(81), 41(77)
128	Unknown	250(7), 123(9), 111(14), 95(26), 81(42), 67(39), 57(67), 43(81), 41(100)
129	? 2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, 2-ethyl ester	290(28), 255(8), 178(100) , 161(42), 133(18), 103(7), 89(9), 55(15), 41(30)
130	? 1-Dodecanethiol	255(40), 171(5), 125(10), 111(27), 97(39), 83(55), 69(82), 57(74), 43(74), 41(100)
131	? Nonadecane, 10-methyl-	111(8), 97(12), 85(53), 71(72), 57(100) , 43(63), 41(64)
132	? Hexanedioic acid, dioctyl ester	371(11), 313(4), 285(7), 259(20), 147(19), 129(100) , 111(62), 83(25), 70(38), 55(64), 41(79)
133	Unknown	441(14), 125(5), 111(10), 97(14), 85(45), 71(67), 57(100) , 43(75), 41(71)

จากรูปที่ 3.21 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากดอกขมิ้นและข้อมูลทางแมสสเปกตรัมขององค์ประกอบของสารสกัดจากดอกขมิ้น สรุปได้ว่าองค์ประกอบในสารสกัดจากดอกขมิ้นมีมากกว่า 130 องค์ประกอบ เมื่อนำสารสกัดมาวิเคราะห์แบบ total analysis ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรเมตรี พบว่าในช่วงแรกๆ ของโครมาโทแกรมความแอ็ดขององค์ประกอบที่ได้ยังไม่มากนักเมื่อเทียบกับองค์ประกอบที่ได้ในช่วงหลัง โดยองค์ประกอบในสารสกัดที่สามารถแปลผลโครงสร้างทางเคมีได้ ส่วนใหญ่แล้วองค์ประกอบที่ได้จะเป็นสารประเภท aliphatic hydrocarbons รองลงมาได้แก่สารประเภท carboxylic acids, esters และ aromatic compounds นอกจากนี้ยังพบสารประเภท alcohols, ethers, nitrogen-containing compounds, aldehydes และ ketones รวมอยู่ด้วย โดยรวบรวมไว้ในตารางที่ 3.12 ส่วนองค์ประกอบที่ไม่สามารถบอกประเภทหรือโครงสร้างทางเคมีได้ (Unknown) นั้นส่วนใหญ่จะให้ mass spectrum ใกล้เคียงกับสารประเภท hydrocarbons

ตารางที่ 3.12 สรุปลองค์ประกอบในสารสกัดจากดอกขมขนาด

Compounds	Peak No.
<i>Hydrocarbons</i>	
1-Iodo-2-methylnonane	12
Cyclohexane, 1-methylene-3-(1-methylethenyl)-, (R)-	14
Heptadecane, 2,6,10,14, tetramethyl-	38
Octane, 5-ethyl-2-methyl-	40
Hexatriacontane	42
Heptadecane, 2,3-dimethyl	52
Pentadecane, 3-methyl	54
Caryophyllene	56
Cyclotridecane	59
Cubebene	61
3-Eicosene(E)-octadecane, 5-methyl-	63
Octadecane, 5-methyl-	64
Dodecane, 1,2-dibromo	70
Dodecane	72
Nonadecane, 3-methyl-	74
1-Hexadecane	80
2-Hexene, 1-chloro	81
Tetradecane, 1-chloro-	101
Octadecane, 1-chloro-	104
Docosane	107
Pentadecane, 8,8-diheptyl	114
Pentadecene	115
Decane, 2,3,8-trimethyl	118
Nonadecane, 2,3-dimethyl-	126
Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	127
Nonadecane, 10-methyl-	131

ตารางที่ 3.12 (ต่อ)

Compounds	Peak No.
<i>Acids and Esters</i>	
Isopentyl-3-hydroxy-2-methylenebutanoate	2
1,1-Heptanediol, diacetate	6
Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-, acetate, (1S exo)-	18
Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate	47
Benzeneacetic acid, 4-hydroxy-3-methoxy-	75
3-Methoxycinnamic acid	82
Docosanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester	89
Tetradecanoic acid, ethyl ester	92
Tetradecanoic acid, 1-methyl ethyl ester	95
Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	102
1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl-2-ethylhexyl ester	106
9-Hexadecenoic acid	108
Hexadecanoic acid, cyclohexyl ester	111
Heptadecanoic acid, ethyl ester	116
9-Octadecenoic acid(Z)-, tetradecyl ester	117
Octadecanoic acid, methyl ester	119
2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, 2-ethyl ester	120
Linoleic acid ethyl ester	121
9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,Z,Z)-	122
Heptadecanoic acid, 15-methyl-, ethyl ester	124
2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, 2-ethyl ester	129
Hexanedioic acid, dioctyl ester	132
<i>Aromatics</i>	
Benzene, ethyl-	4
Benzene, (2-bromocyclopropyl)-	29
Benzene,(isocyanomethyl)-	32
Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	51

ตารางที่ 3.12 (ต่อ)

Compounds	Peak No.
Benzene, (1-methylnonyl)-	73
Benzene, (1-pentylhexyl)-	76
Benzene, (1-butylheptyl)-	77
Benzene, 1,4-didecyl-	84
Pentacosane, 13-phenyl-	86
Benzene, (1-propylnonyl)-	88
Benzene, (1-ethyldecyl)-	90
Bezene, (1-methylundecyl)-	94
Benzene, (1-butylnonyl)-	97
<i>Alcohols and Ethers</i>	
2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro-.alpha.,.alpha., 5-trimethyl-, cis-	17
2H-Pyran-3-ol, 6-ethenyltetrahydro-2,2,6-trimethyl-	23
Oxiran, 2,2'-(1,4 butanediyl)bis-	25
1,6-Anhydro-2,4-dideoxy (-D-arabo-hexopyranose)	26
2-Pentadecyn-1-ol	53
Oxirane, 2-methyl-3-propyl, trans-	78
Decane, 1,1'-oxybis	91
2-Ethyl-1-dodecanol	110
<i>Nitrogen-containing</i>	
2-Acetyl-1-pyrroline	7
Pyridine, 2,4,6-trimethyl-	10
3,6-Bis(N,N-dimethylamino)-9-methylcarbazole	21
2-Propenamide, 2-methyl-N-phenyl-	67
<i>Aldehydes and ketones</i>	
2-Pentadecanone, 6,10,14, trimethyl-	24
2-Dodecenal	93

ตารางที่ 3.12 (ต่อ)

Compounds	Peak No.
<i>Miscellaneous</i>	
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	13
Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	33
Colchifoine	49
3,5-Dibutoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5-bis(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	55
3-Butoxy-1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3(trimethylsiloxy)trisiloxane	58
6H-Dibenzo[b,d]pyran-1-ol, 3-hexyl-6a,7,8,10a-tetrahydro-6,6-9-trimethyl-, (6aR-trans)-	98
1,3,5,7,9,11,13-Heptaethylcycloheptasiloxane	100
5H-Furo[3,2-g][1]benzopyran-5-one, 7-(hydroxymethyl)-4,9-dimethoxy	103
Benzo[g][1]benzothiopyrano[4,3-b]indole	109
3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-tris(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	112
1-Dodecanethiol	130