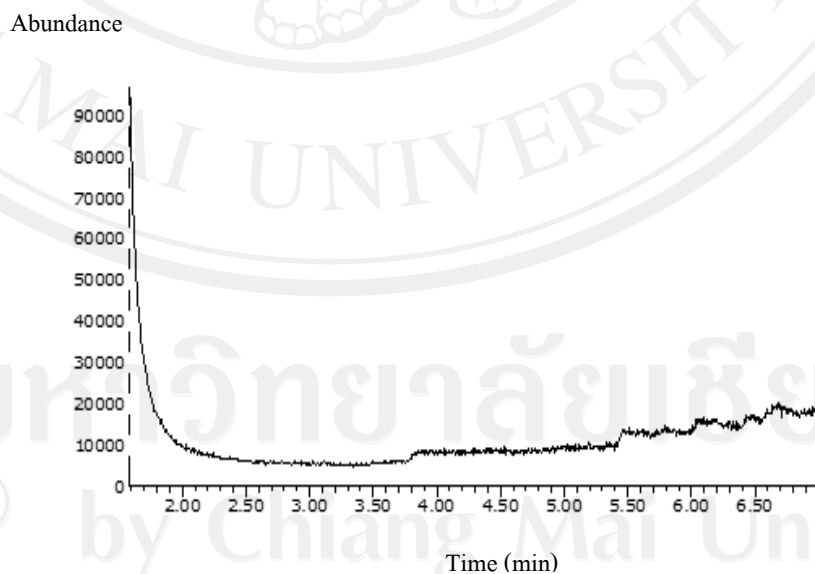


บทที่ 4

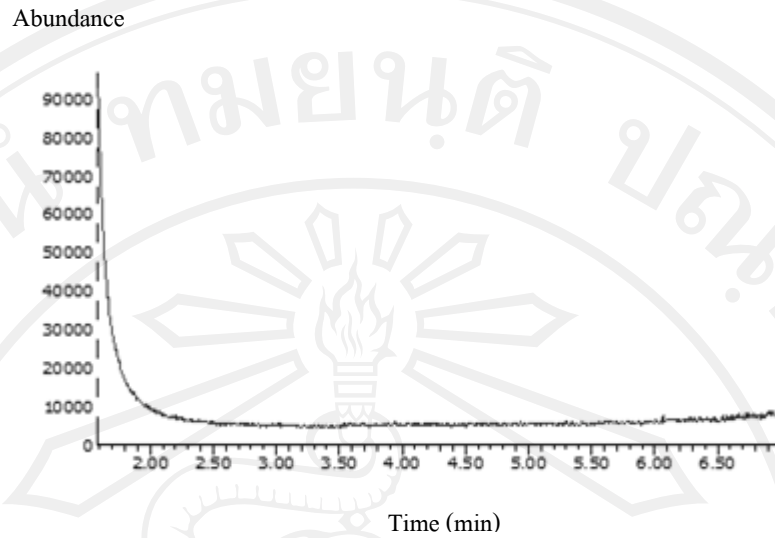
ผลการค้นคว้า

4.1 ผลการทดสอบวัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนแรกที่ต้องคำนึงก่อนการทดลอง คือ การนำวัสดุและสารเคมีมาวิเคราะห์ เพื่อดูรูปแบบของ Chromatogram ว่ามีพีคที่รบกวนพีคของน้ำมันเบนซินหรือไม่ และจากการทดสอบวัสดุและสารเคมี ทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ถุงชา (tea bag) และ Activated carbon เมื่อนำมาสกัดด้วย dichloromethane ปริมาตร 1ml ได้ผลดังรูป 4.1 และ 4.2 โดยพบว่า Chromatogram ของถุงชา (tea bag) และ Activated carbon นั้นไม่พบพีคที่รบกวนพีคของน้ำมันเบนซิน อีกทั้งยังทำให้ทราบว่าสารเคมีที่ใช้ในการสกัด คือ dichloromethane ไม่มีพีคที่รบกวนพีคของน้ำมันเบนซินเช่นกัน



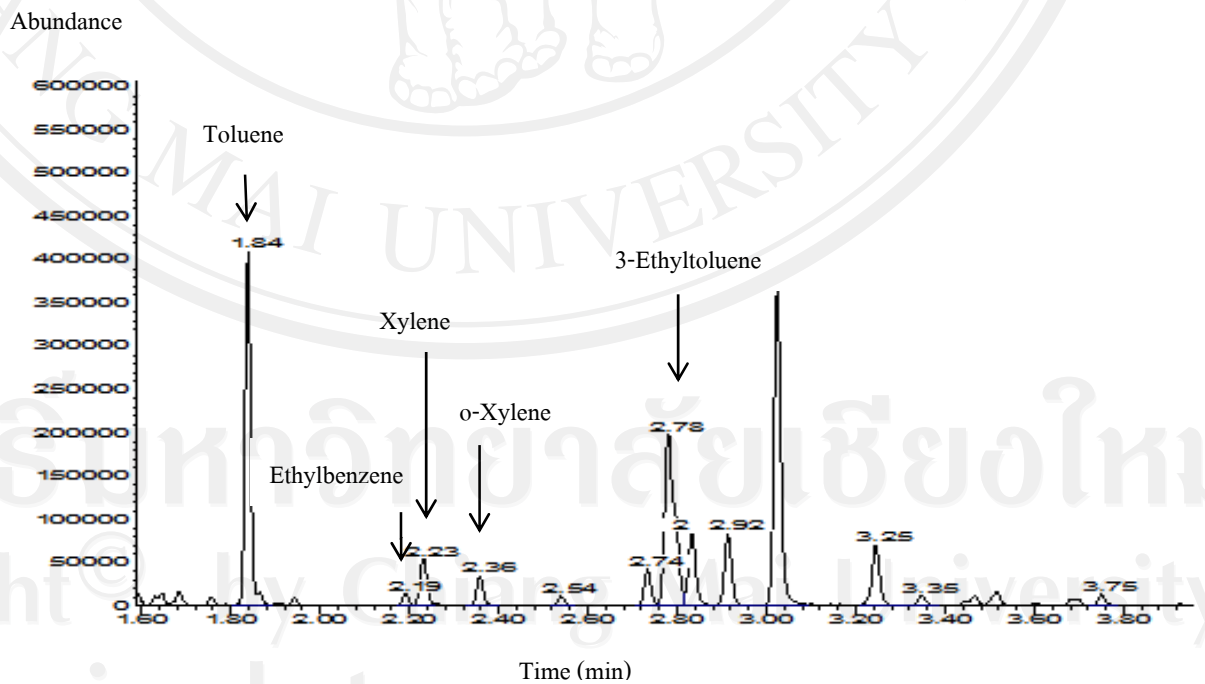
รูป 4.1 Chromatogram ของถุงชา (tea bag)



รูป 4.2 Chromatogram ของ Activated carbon

4.2 ผลการวิเคราะห์น้ำมันเบนซิน

จากการวิเคราะห์น้ำมันเบนซินเพื่อดูรูปแบบ Chromatogram ของน้ำมันเบนซิน เนื่องจากน้ำมันเบนซินมีองค์ประกอบหลายชนิดจึงได้พีกหลายพีก ดังรูป 4.3



รูป 4.3 Chromatogram ของน้ำมันเบนซินปริมาตร 0.6 μ l/ml วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/MS

จากรูป 4.3 รูปแบบ Chromatogram ของน้ำมันเบนซินวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/MS ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถระบุได้ว่าน่าจะเป็นสารใด ผลการวิเคราะห์พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของน้ำมันเบนซิน มีรูปแบบของ Chromatogram ที่คล้ายกัน และมีพีคหลายพีค แต่มีพีคที่น่าสนใจอยู่ 5 พีคที่ Eric Stauffer (2008) ได้แนะนำว่าเป็นพีคเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซิน ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 Retention time ทั้ง 5 ของสารประกอบหลักในน้ำมันเบนซินที่น่าสนใจ

Retention time เฉลี่ย ของน้ำมันเบนซิน (min)	Group (Name)	m/z
1.84	Toluene	91
2.19	Ethylbenzene	91, 106
2.23	Xylene	91, 106
2.36	o-Xylene	91, 106
2.78	3-Ethyltoluene	105, 120

(ภาคผนวก ข-2)

4.3 ผลการทดสอบการซึมผ่านของน้ำมันเบนซินในดินทั้ง 2 ชุดดิน

ในการศึกษาการซึมผ่านของน้ำมันเบนซินในดิน จากการค้นคว้าหากลุ่มชุดดินในจังหวัดเชียงใหม่พบกลุ่มชุดดินทั้งหมด 23 กลุ่มชุดดิน จากกลุ่มชุดดิน 62 กลุ่มชุดดินในประเทศไทย สำหรับงานศึกษารุ่นนี้ได้คัดเลือกชุดดินที่ศึกษาอยู่ 2 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินหางดง หรือกลุ่มชุดดินที่ 5 และชุดดินสันทราย หรือกลุ่มชุดดินที่ 22 โดยเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มชุดดินที่ต้องการศึกษาจากลักษณะและคุณสมบัติของกลุ่มชุดดินนั้นๆ รวมไปถึงเป็นกลุ่มชุดดินที่มีผู้อยู่อาศัยและใช้ประโยชน์บนชุดดินดังกล่าว นำชุดดินทั้ง 2 ชุดดิน มาดำเนินการศึกษา โดยเริ่มจากการแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองในแต่ละชุดดิน ดังนี้

A คือ ชุดควบคุม ที่ไม่มีการเผาไหม้

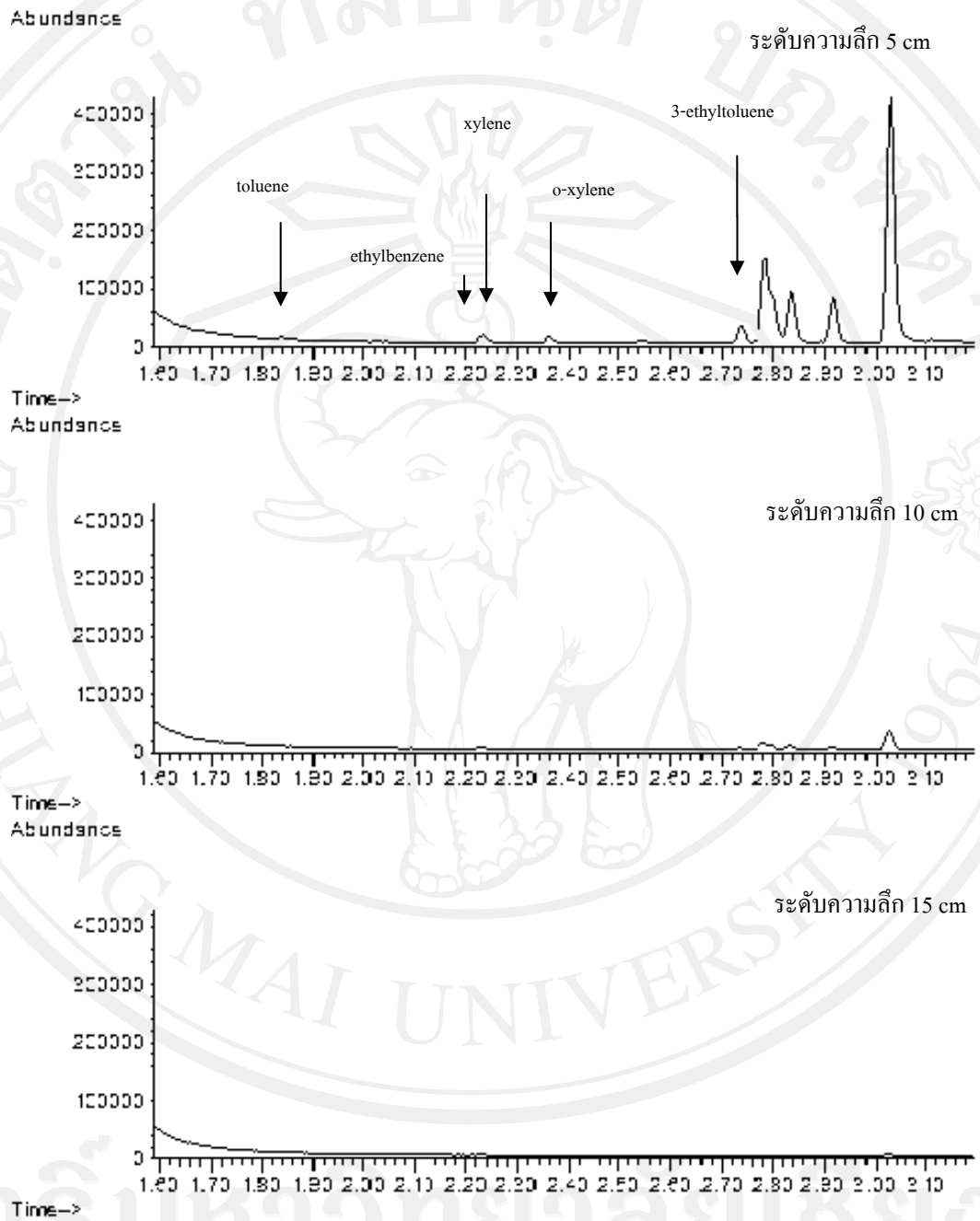
B คือ ชุดที่มีการเผาไหม้นาน 40 นาที แล้วใช้น้ำดับ ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

C คือ ชุดที่ปล่อยให้เผาไหม้โดยสมบูรณ์ ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

D คือ ชุดที่มีการเผาไหม้นาน 40 นาที แล้วใช้น้ำดับ ทิ้งไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างดินทั้ง 4 ชุดการทดลอง ในแต่ละชุดดินที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ นำไปสกัดด้วยตัวทำละลาย dichloromethane ปริมาตร 2 ml แล้วไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/MS เพื่อตรวจพิสูจน์หาน้ำมันเบนซินโดยวิเคราะห์จากหาฟิเคอเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในแต่ละระดับความลึกที่น้ำมันเบนซินสามารถซึมผ่านได้ของทั้ง 4 ชุดการทดลอง ในชุดดินหางดงและชุดดินสันทราย ได้ผลการทดลองดังนี้

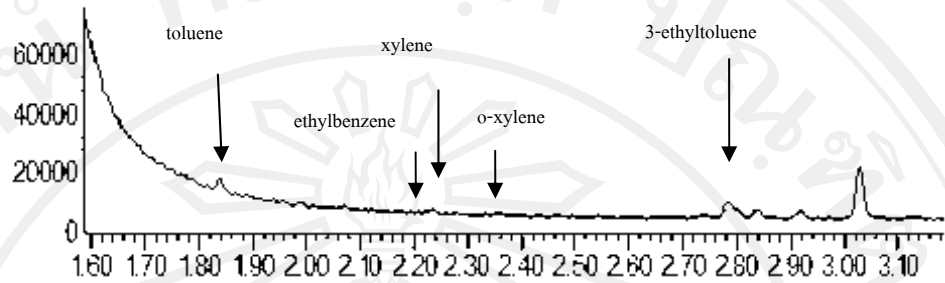
ผลการทดลองของชุดดินหางดง



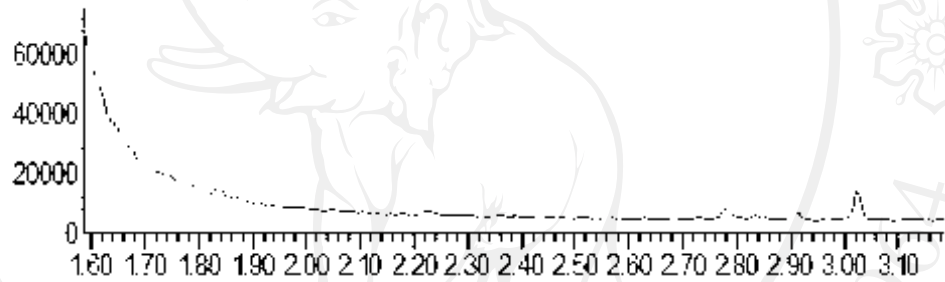
รูป 4.4 Chromatogram ของชุดการทดลอง A ในชุดดินหางดง คือ ชุดควบคุมที่ไม่มีการเผาไหม้ ทั้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ

Abundance

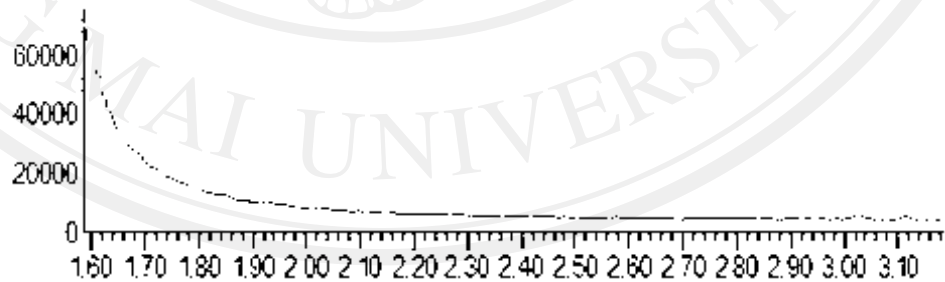
ระดับความลึก 5 cm

Time→
Abundance

ระดับความลึก 10 cm

Time→
Abundance

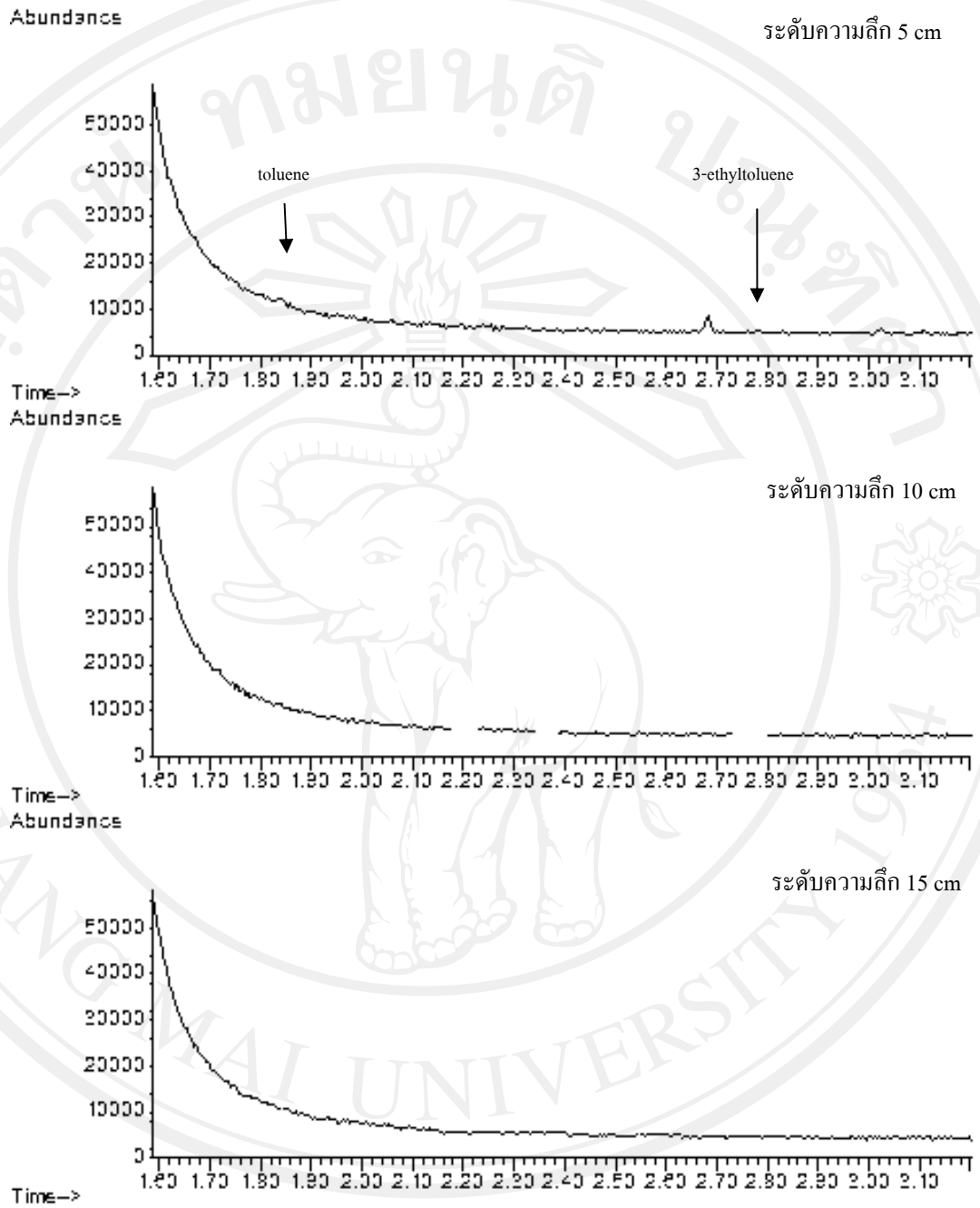
ระดับความลึก 15 cm



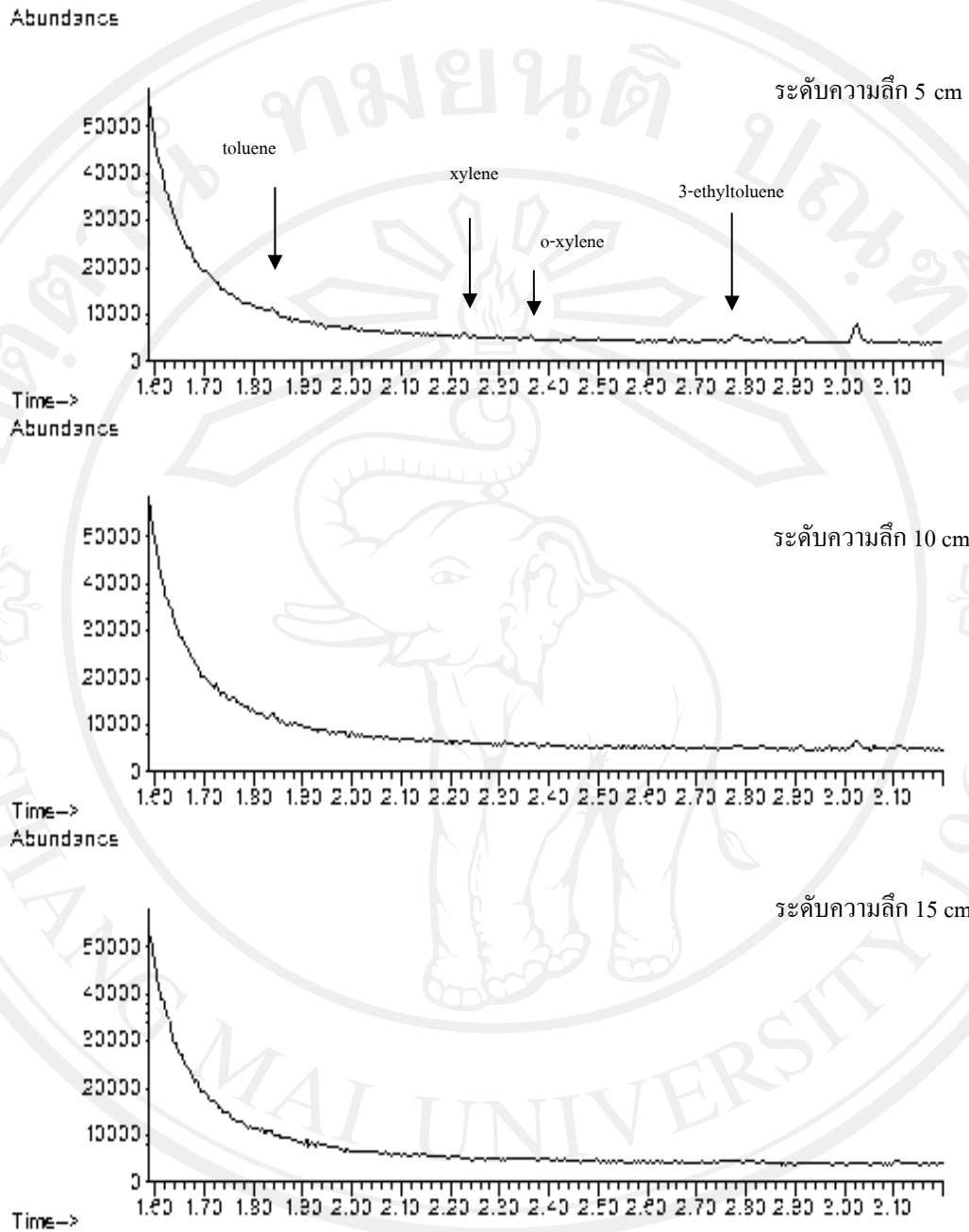
Time→

รูป 4.5 Chromatogram ของชุดการทดลอง B ในชุดดินทางคงคือ ชุดที่มีการเผา

ไหม้ 40 นาที แล้วใช้น้ำดับทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก
5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ



รูป 4.6 Chromatogram ของชุดการทดลอง C ในชุดดินหางคอง คือ ชุดที่ปล่อยให้เผาไหม้ โดยสมบรูณ์แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ



รูป 4.7 Chromatogram ของชุดการทดลอง D ในชุดดินทางดงคือ ชุดที่เผาไหม้นาน 40 นาที แล้วใช้น้ำดับทิ้งไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm และ 15 cm

ตามลำดับ

ตาราง 4.2 ปริมาณของสารประกอบหลักของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลืออยู่แต่ละชุดการทดลองใน
ชุดดินหางดง

ชุดการทดลอง	ระดับความลึก (cm)	ปริมาณของสารประกอบหลักของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ (ppm)				
		Toluene R.T 1.84	Ethylbenzene R.T 2.19	Xylene R.T 2.23	o-Xylene R.T 2.36	3-Ethyltoluene R.T 2.78
A	5	0.21	0.90	4.48	2.00	4.47
	10	0.18	0.17	0.83	0.48	0.74
	15	0.17	-	0.13	0.21	0.41
B	5	0.20	0.12	0.50	0.34	0.53
	10	0.20	0.05	0.34	0.31	0.47
	15	0.17	0.02	-	-	0.38
C	5	0.17	-	-	-	0.37
	10	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-
D	5	0.17	-	0.07	0.21	0.42
	10	0.16	-	-	0.18	0.38
	15	0.16	-	-	-	0.38

(ภาคผนวก ข-1)

จากผลการวิเคราะห์ที่พิกเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินที่ยังคงหลงเหลืออยู่ระดับความลึกต่างๆของแต่ละชุดการทดลองในชุดดินหางดง พบว่า

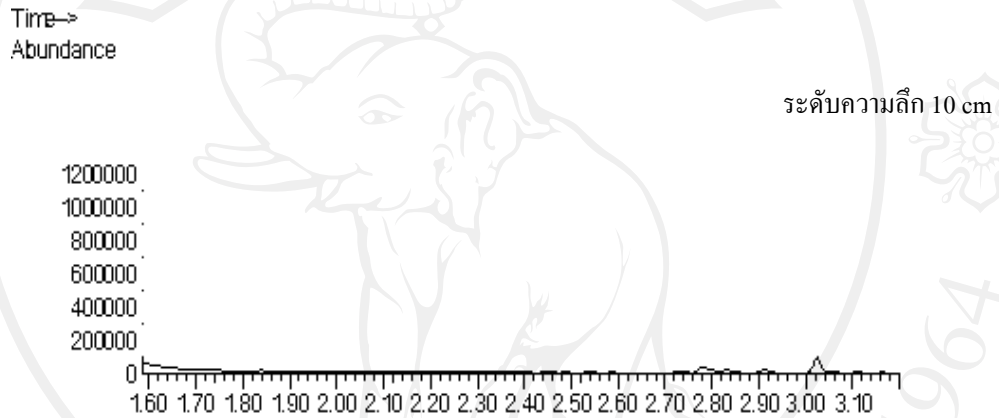
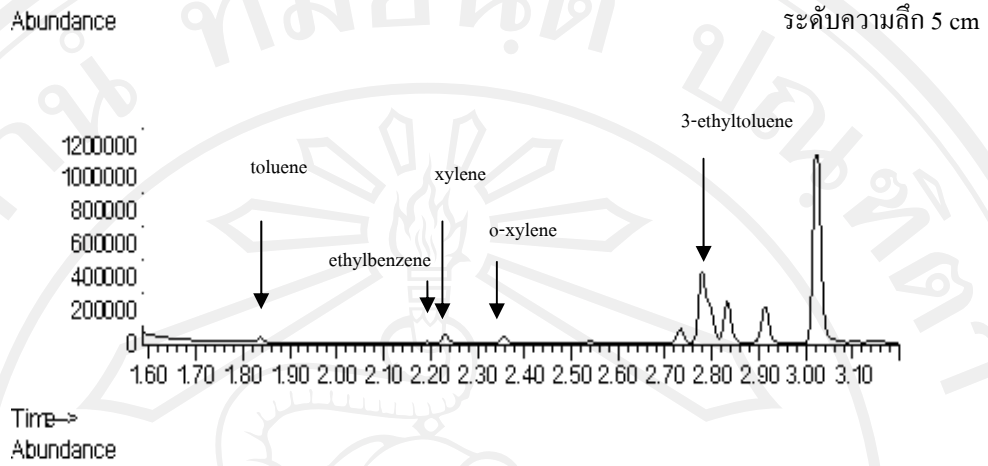
ชุดการทดลอง A คือ ชุดควบคุม ที่ไม่มีการเผาไหม้ พบว่า พบพิกเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลือ (รูป 4.4) ได้แก่ Toluene, Ethylbenzene, Xylene, o-Xylene และ 3-Ethyltoluene พิกเอกลักษณ์ของสารที่หลงเหลือมากที่สุด คือ 3-Ethyltoluene มีปริมาณ 5.62 ppm และพิกเอกลักษณ์ของสารที่หลงเหลือน้อยที่สุด คือ Toluene มีปริมาณ 0.56 ppm และพบมีปริมาณพิกเอกลักษณ์ของสารที่หลงเหลืออยู่ที่ระดับความลึก 5 cm และพบในปริมาณที่ลดลงที่ระดับความลึก 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ

ชุดการทดลอง B คือ ชุดที่มีการเผาไหม้ นาน 40 นาที แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง พบว่า ยังคงพบพิกเอกลักษณะของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลือ (รูป 4.5) ได้แก่ Toluene, Ethylbenzene, Xylene, o-Xylene และ 3-Ethyltoluene พิกเอกลักษณะของสารที่หลงเหลือมากที่สุด คือ 3-Ethyltoluene มีปริมาณ 1.38 ppm และน้อยที่สุด คือ Ethylbenzene มีปริมาณ 0.19 ppm (ตาราง 4.2) โดยหลงเหลืออยู่ที่ระดับความลึก 5 cm และ 10 cm ตามลำดับ

ชุดการทดลอง C คือ ชุดที่ปล่อยให้เผาไหม้โดยสมบูรณ์ แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง พบว่า พบพิกเอกลักษณะของน้ำมันเบนซินหลงเหลืออยู่บางพิกเท่านั้น และมีปริมาณที่ต่ำมาก (รูป 4.6) คือ Toluene ที่ปริมาณ 0.17 ppm และ 3-Ethyltoluene ที่ปริมาณ 0.37 ppm (ตาราง 4.2) และพบที่ระดับความลึก 5 cm เท่านั้น

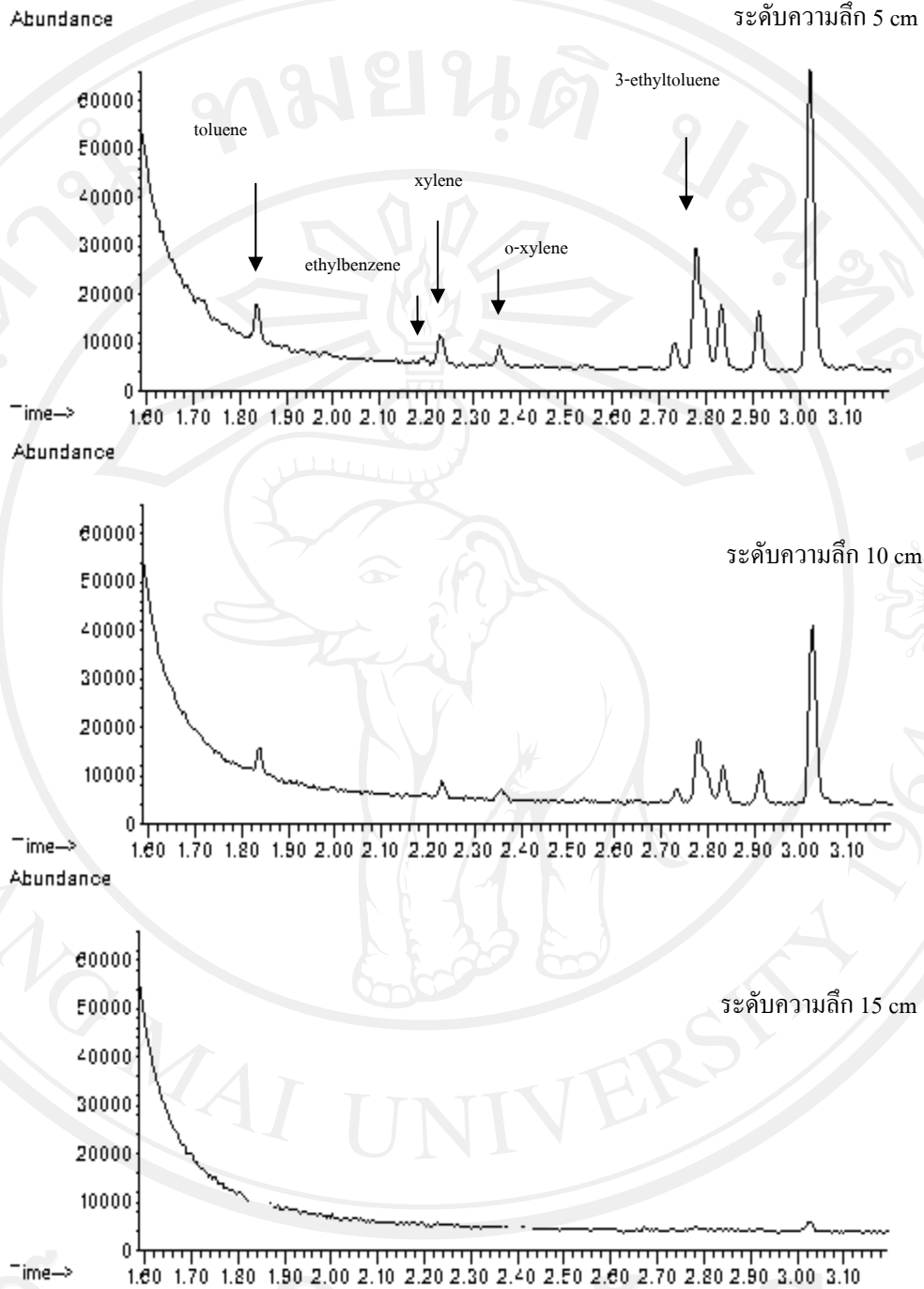
ชุดการทดลอง D คือ ชุดที่มีการเผาไหม้ นาน 40 นาที แล้วทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง พบว่า ยังคงพบพิกเอกลักษณะของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลืออยู่บางพิก (รูป 4.7) ได้แก่ Toluene, Xylene, o-Xylene และ 3-Ethyltoluene พิกเอกลักษณะของสารที่หลงเหลือมากที่สุด คือ 3-Ethyltoluene มีปริมาณ 1.13 ppm และไม่พบพิกของ Ethylbenzene หลงเหลืออยู่ (ตาราง 4.2) โดยหลงเหลืออยู่ที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ

ผลการทดลองชุดดินสันทราย



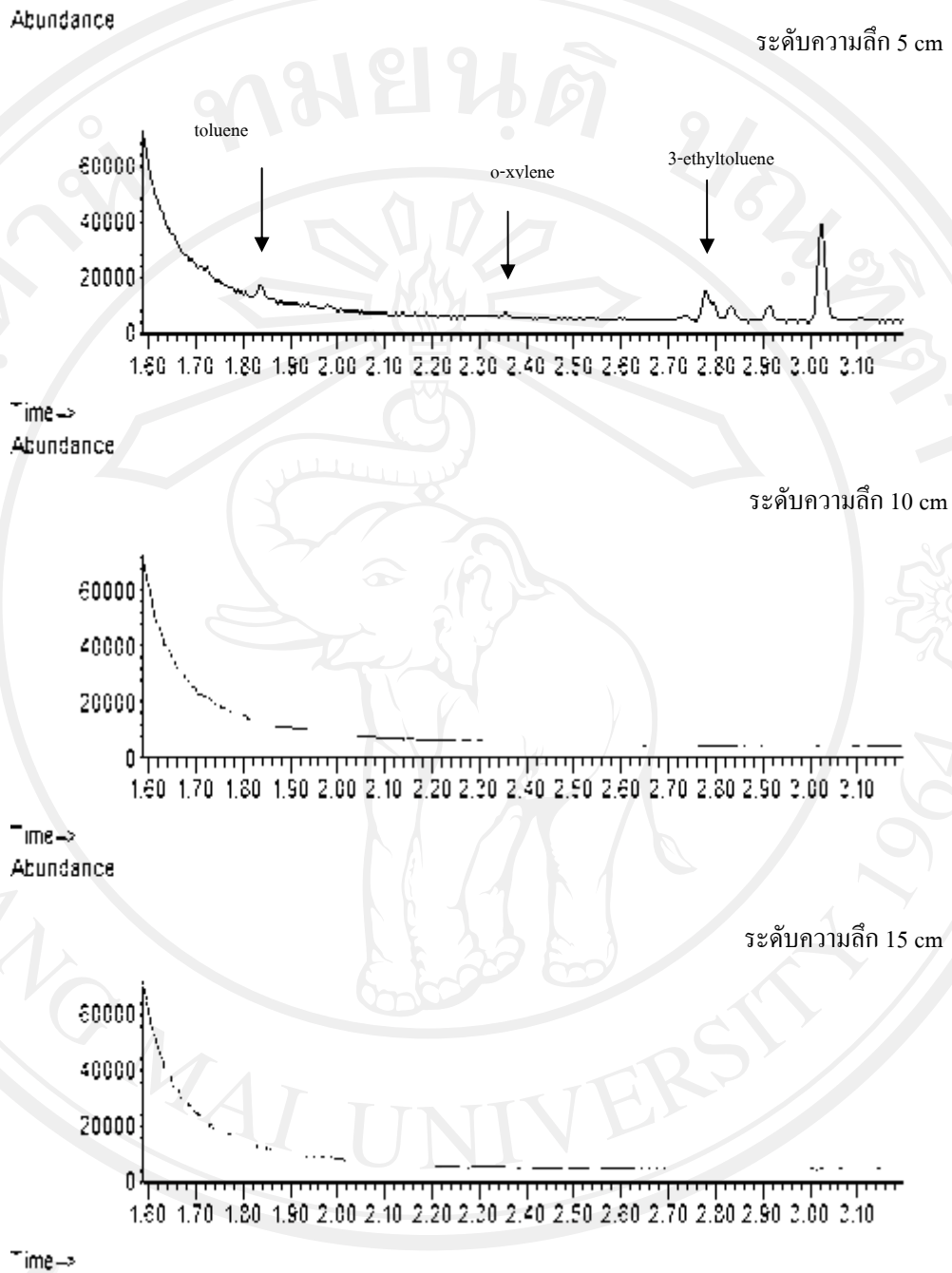
รูป 4.8 Chromatogram ของชุดการทดลอง A ในชุดดินสันทราย คือ ชุดควบคุมที่ไม่มี

การเผาไหม้ เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ

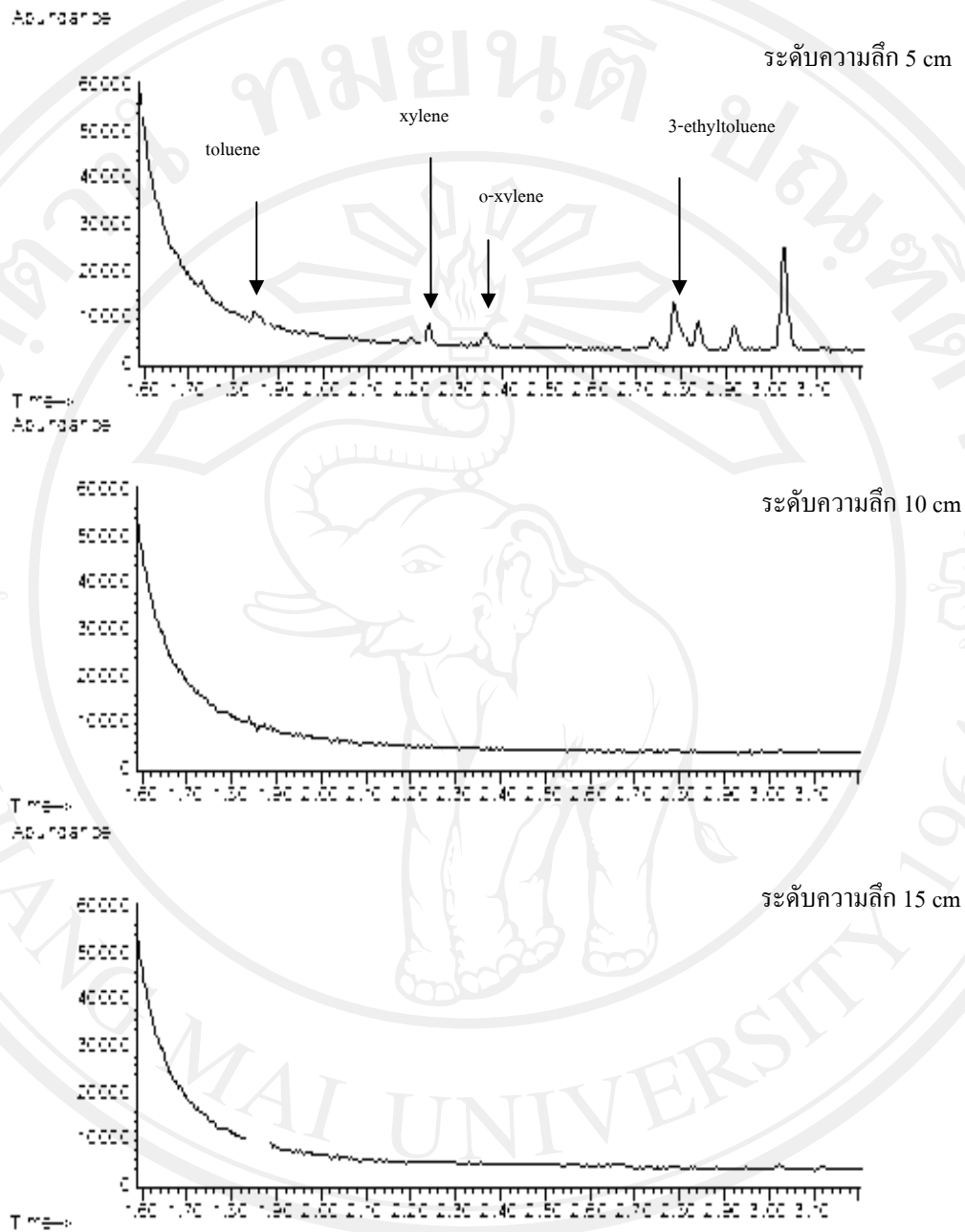


รูป 4.9 Chromatogram ของชุดการทดลอง B ในชุดดินสันทราย คือ ชุดที่มีการเผาไหม้นาน

40 นาที แล้วใช้น้ำดับทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ



รูป 4.10 Chromatogram ของชุดการทดลอง C ในชุดดินสันทราย คือ ชุดที่ปล่อย
ให้เผาไหม้โดยสมบูรณ์ แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm
และ 15 cm ตามลำดับ



รูป 4.11 Chromatogram ของชุดการทดลอง D ในชุดดินสันทราย คือ ชุดที่มีการเผาไหม้ นาน 40 นาที แล้วใช้น้ำดับทิ้งไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ

ตาราง 4.3 ปริมาณของสารประกอบหลักของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลืออยู่แต่ละชุดการทดลองในชุดดินสันทราย

ชุดการทดลอง	ระดับความลึก (cm)	ปริมาณของสารประกอบหลักของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ (ppm)				
		Toluene R.T 1.84	Ethylbenzene R.T 2.19	Xylene R.T 2.23	o-Xylene R.T 2.36	3-Ethyltoluene R.T 2.78
A	5	0.53	3.37	3.29	6.57	12.06
	10	0.25	0.63	3.05	1.23	1.40
	15	0.16	-	-	-	0.38
B	5	0.26	0.54	2.29	0.88	1.07
	10	0.23	0.29	1.35	0.62	0.76
	15	0.17	0.02	-	-	0.38
C	5	0.16	-	-	0.19	0.39
	10	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-
D	5	0.23	0.25	0.93	0.51	0.67
	10	0.18	0.38	0.23	0.27	0.45
	15	0.16	-	-	-	0.36

(ภาคผนวก ข-2)

จากผลการวิเคราะห์พีคเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินที่ยังคงหลงเหลืออยู่ที่ระดับความลึกต่างๆ ของแต่ละชุดการทดลองในชุดดินสันทราย พบว่า

ชุดการทดลอง A คือ ชุดควบคุม ที่ไม่มีการเผาไหม้ พบพีคเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินทั้ง 5 พีค ยังคงหลงเหลืออยู่ (รูป 4.8) ได้แก่ Toluene, Ethylbenzene, Xylene, o-Xylene และ 3-Ethyltoluene พีคเอกลักษณ์ของสารที่หลงเหลือมากที่สุด คือ 3-Ethyltoluene มีปริมาณ 13.84 ppm และพีคเอกลักษณ์ของสารที่หลงเหลือน้อยที่สุด คือ Toluene มีปริมาณ 0.94 ppm (ตาราง 4.3) ที่ระดับความลึก 5 cm และพบในปริมาณสารลดลงที่ระดับความลึก 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ

ชุดการทดลอง B คือ ชุดที่มีการเผาไหม้ นาน 40 นาที แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง พบว่า ยังคงพบพีคเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินทั้ง 5 พีค ยังคงหลงเหลืออยู่ (รูป 4.9) ได้แก่ Toluene, Ethylbenzene, Xylene, o-Xylene และ 3-Ethyltoluene พีคเอกลักษณ์ของสารที่หลงเหลือมากที่สุด คือ 3-Ethyltoluene มีปริมาณ 2.21ppm และปริมาณของสารที่ต่ำที่สุด คือ Toluene มีปริมาณ 0.66 ppm (ตาราง 4.3) ซึ่งพบว่ามีความถี่การลดลงของปริมาณของสารที่หลงเหลืออยู่ที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ

ชุดการทดลอง C คือ ชุดที่ปล่อยให้เผาไหม้โดยสมบูรณ์ แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง พบพีคเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลืออยู่บางพีคเท่านั้น และมีปริมาณที่ต่ำ (รูป 4.10) คือ Toluene ที่ปริมาณ 0.32 ppm, o-Xylene ที่ปริมาณ 0.19 ppm และ 3-Ethyltoluene ที่ปริมาณ 0.39 ppm (ตาราง 4.3) และพบที่ระดับความลึก 5 cm เท่านั้น

ชุดการทดลอง D คือ ชุดที่มีการเผาไหม้ นาน 40 นาที แล้วทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง พบว่า ยังคงพบพีคเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลือ (รูป 4.11) ได้แก่ Toluene, Ethylbenzene, Xylene, o-Xylene และ 3-Ethyltoluene พีคเอกลักษณ์ของสารที่หลงเหลือมากที่สุด คือ 3-Ethyltoluene มีปริมาณ 1.48 ppm โดยไม่พบปริมาณของ Ethylbenzene หลงเหลืออยู่ (ตาราง 4.3) และพบในปริมาณที่ลดลงที่ระดับความลึก 5 cm, 10 cm ตามลำดับ และที่ความลึก 15 cm พบว่าพีคเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินที่หลงเหลืออยู่บางพีคเท่านั้น และมีปริมาณที่ต่ำมาก

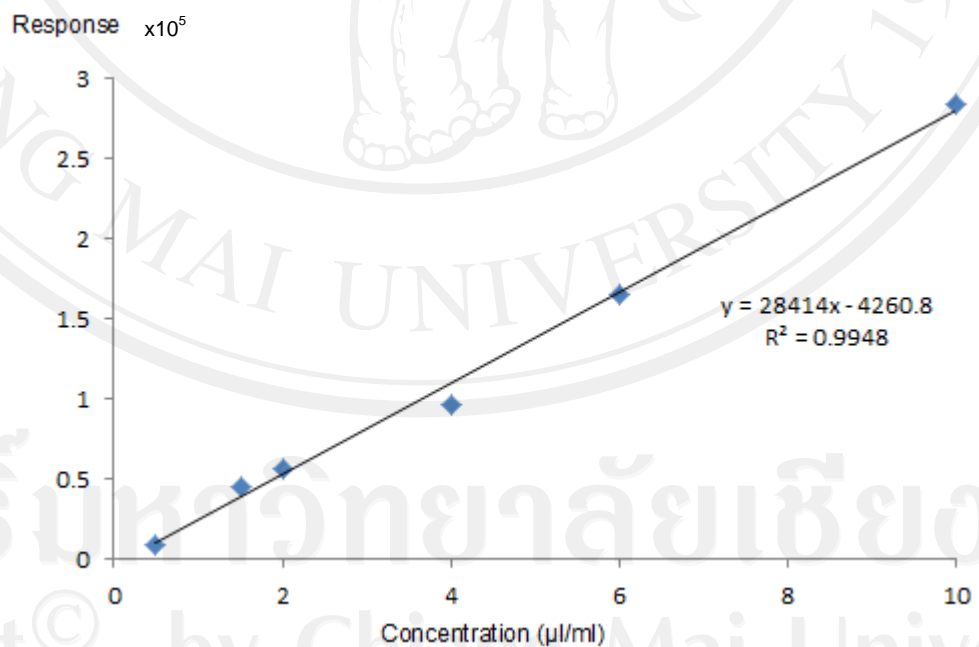
4.1.4 การทำ calibration curve

นำค่าการตอบสนองของพีคเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.5, 1.5, 2.0, 4.0, 6.0 และ 10.0 $\mu\text{l/ml}$ นำมาทำพล็อตกราฟได้ดังนี้

ตาราง 4.4 การตอบสนองของพีค Toluene ค่า Retention time ที่ 1.84 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของน้ำมัน เบนซิน (µl/ml)	ค่าการตอบสนอง (Response)
0.5	9359
1.5	45344
2.0	56545
4.0	96169
6.0	164671
10.0	284295

กราฟมาตรฐานของสารละลาย Toluene มีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.5-10.0 µl/ml และมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.9948$ (รูป 4.12)



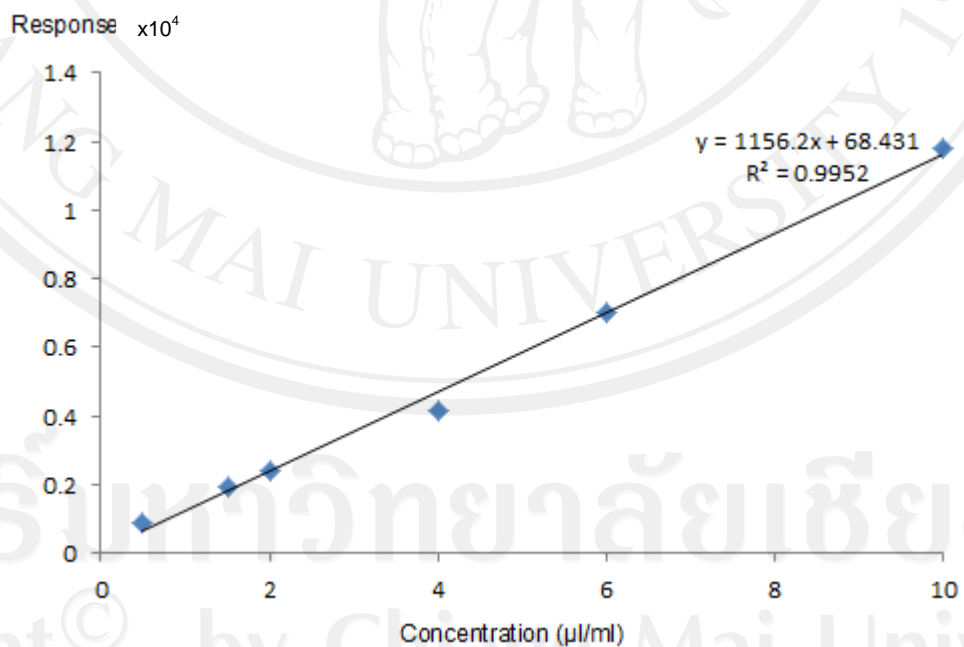
รูป 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองกับความเข้มข้นของสารละลาย

มาตรฐาน Toluene

ตาราง 4.5 การตอบสนองพีค Ethylbenzene ค่า Retention time ที่ 2.19 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของน้ำมัน เบนซิน ($\mu\text{l/ml}$)	การตอบสนอง (Response)
0.5	863
1.5	1916
2.0	2428
4.0	4140
6.0	6986
10.0	11826

กราฟมาตรฐานของสารละลาย Ethylbenzene มีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.5-10.0 $\mu\text{l/ml}$ และมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.9952$ (รูป 4.13)

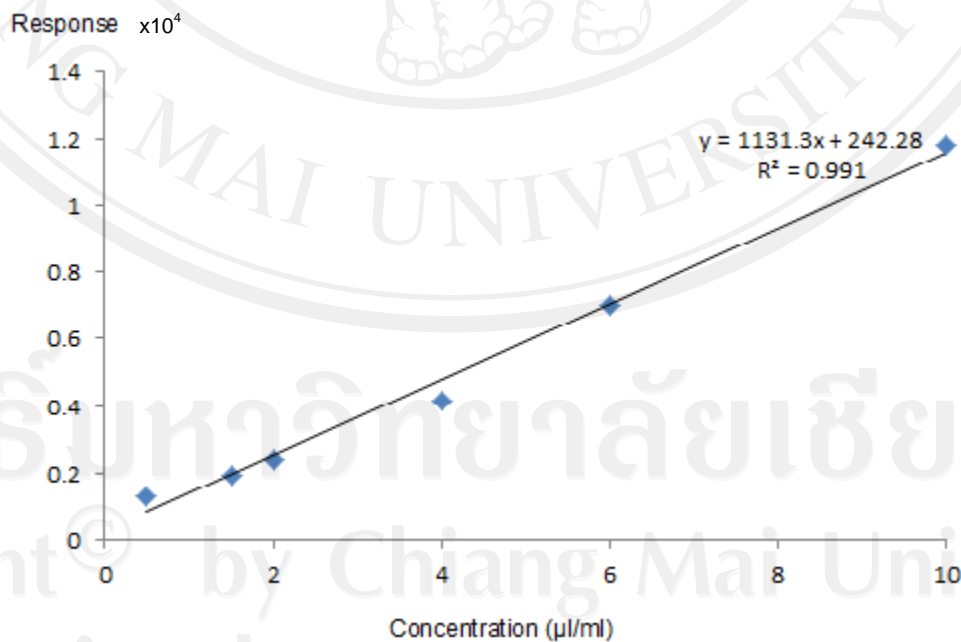


รูป 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของพีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Ethylbenzene

ตาราง 4.6 การตอบสนองของพีค Xylene ค่า Retention time ที่ 2.23 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของน้ำมันเบนซิน ($\mu\text{l/ml}$)	การตอบสนอง (Response)
0.5	1308
1.5	1916
2.0	2428
4.0	4140
6.0	6986
10.0	11826

กราฟมาตรฐานของสารละลาย Xylene มีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.5-10.0 $\mu\text{l/ml}$ และมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.991$ (รูป 4.14)

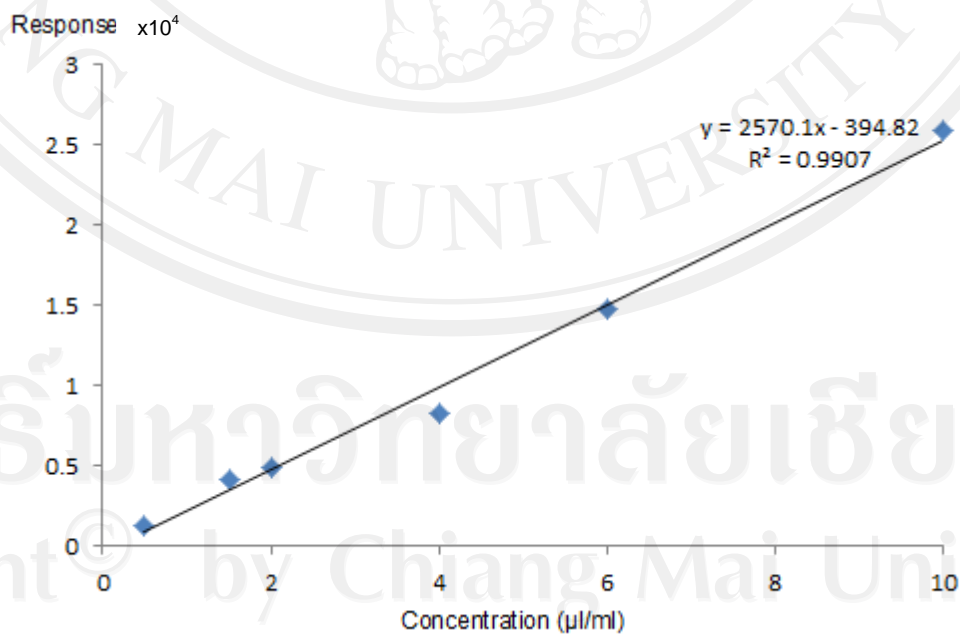


รูป 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของพีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Xylene

ตาราง 4.7 การตอบสนองของพีค o-Xylene ค่า Retention time ที่ 2.36 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของน้ำมันเบนซิน ($\mu\text{l/ml}$)	ค่าการตอบสนอง (Response)
0.5	1308
1.5	4156
2.0	4850
4.0	8226
6.0	14835
10.0	25938

กราฟมาตรฐานของสารละลาย o-Xylene มีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.5-10.0 $\mu\text{l/ml}$ และมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.9907$ (รูป 4.15)

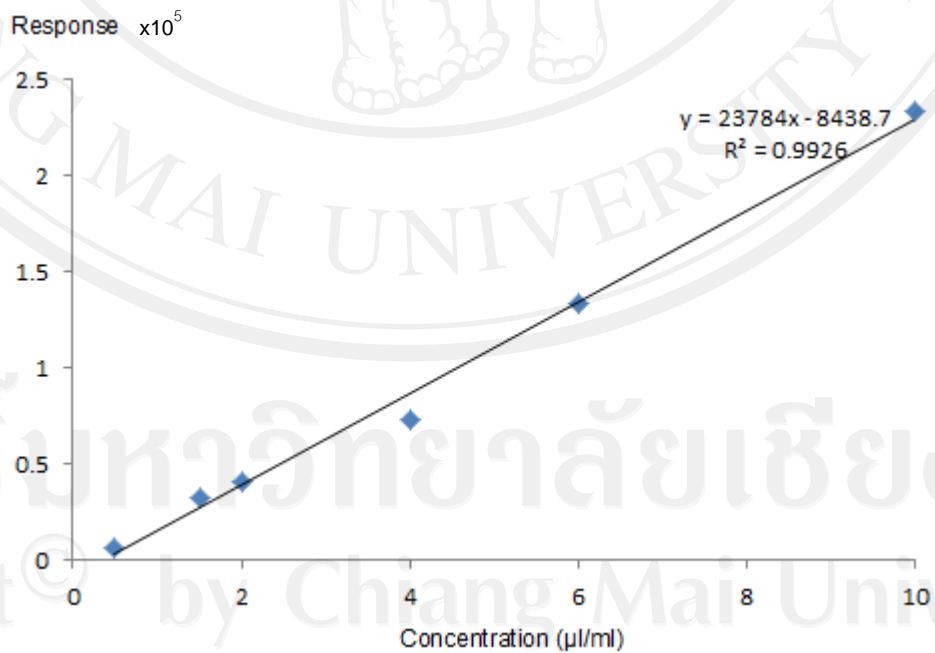


รูป 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของพีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน o-Xylene

ตาราง 4.8 การตอบสนองของพีค 3-Ethyltoluene มีค่า Retention time ที่ 2.78 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของน้ำมันเบนซิน ($\mu\text{l/ml}$)	ค่าการตอบสนอง (Response)
0.5	6626
1.5	32773
2.0	40329
4.0	72603
6.0	133704
10.0	234143

กราฟมาตรฐานของสารละลาย 3-Ethyltoluene มีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.5-10.0 $\mu\text{l/ml}$ และมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.9926$ (รูป 4.16)



รูป 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของพีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 3-Ethyltoluene