

การวิเคราะห์ถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย



นางสาวอรรณพ ชัยลภากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

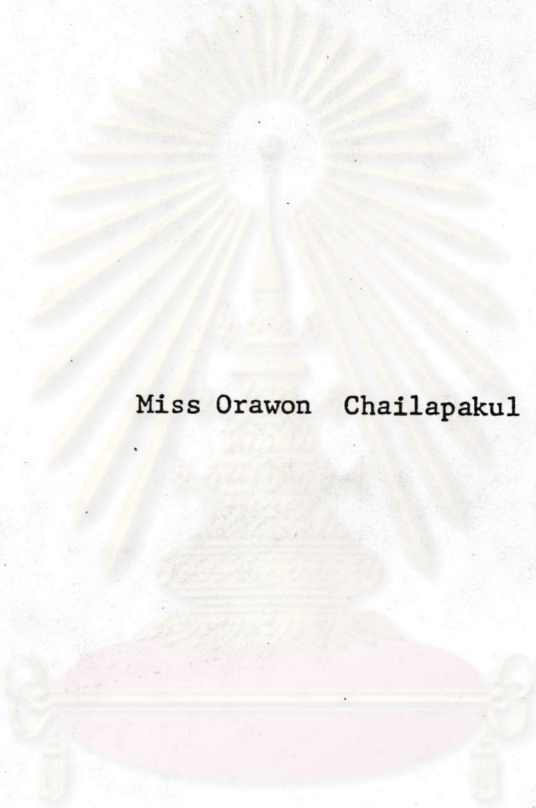
ISBN 974-567-092-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

011899

i 10297480

Analysis of Coals from Various Sources in Thailand



Miss Orawon Chailapakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemistry

Graduate School

Chulalongkorn University

1987



หัวข้อวิทยานิพนธ์      การวิเคราะห์หัตถ์ถิ่นหินจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย  
โดย                              นางสาวอรุณรรณ ชัยลภากุล  
ภาควิชา                              เคมี  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์แมน อมรสิทธิ์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม      ดร. นิวัฒน์ เกรียวลกุล



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรารักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร. เพลด็จ สิริสุนทร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์แมน อมรสิทธิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ดร. นิวัฒน์ เกรียวลกุล)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ัญญา บุษยเกียรติ)

.....กรรมการ  
(ดร. สิทธิชัย สิริพัฒน์ไพบูลย์)



หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย
ชื่อผู้จัดทำ	นางสาวอรุณรรณ ชัยลภากุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์แมน อมรสิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. นิวัฒน์ เกรียวสกุล
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2529



### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณภาพของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศไทย คือ ถ่านหินจากจังหวัดกระบี่, ลำพูน, ตาก, เลย และลำปาง ได้ทำการวิเคราะห์ถ่านหินทั้งแบบโดยประมาณ โดยละเอียด และวิเคราะห์ถ่านหินด้วยเทคนิค atomic absorption spectrophotometry, UV-Vis absorption spectrophotometry และ X-ray fluorescence spectrometry นอกจากนี้ยังได้ทำการสกัดถ่านหินด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ แล้วนำออกไปแยกเป็นส่วน ๆ โดยใช้เทคนิคทางลิควิดโครมาโตกราฟี (liquid chromatography) นำส่วนที่ละลายด้วยเฮกเซนไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของนอร์มัล-พาราฟินิกไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ capillary column gas chromatograph ได้โครมาโตแกรม (chromatogram) ที่มีลักษณะเฉพาะ (finger prints) ของถ่านหินแต่ละชนิด ซึ่งนำไปคำนวณหาค่า carbon preference index (CPI) ได้ และจากผลการวิเคราะห์แบบโดยประมาณและโดยละเอียด นำไปใช้ในการจัดลำดับชั้นของถ่านหินได้ว่า ถ่านหินจากจังหวัดเลยจัดเป็นถ่านหินชนิดเฮมิแอนทราไซต์ ถ่านหินจากจังหวัดตากจัดเป็นถ่านหินชนิดพิททิมินัลที่มีปริมาณสารระเหยสูงประเภท C ถ่านหินจากจังหวัดลำพูนและลำปาง จัดเป็นถ่านหินชนิดซบพิททิมินัล และถ่านหินจากจังหวัดกระบี่มีค่าดัชนีที่ต่ำที่สุด จัดเป็นถ่านหินลิกไนต์ สำหรับผลการวิเคราะห์ถ่านหินแบบโดยละเอียดกับผลการวิเคราะห์ของส่วนที่ได้จากการสกัดถ่านหินด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ได้ผลที่สอดคล้องกันว่าถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ เหล่านี้มีต้นกำเนิดมาจากพืชบกชั้นสูง นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า CPI และปริมาณผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้จากการสกัดถ่านหินด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ มีความสัมพันธ์กับค่าความร้อน %คาร์บอนและปริมาณสารระเหยอีกด้วย



Thesis Title            Analysis of Coals from Various Sources in Thailand  
Name                    Miss Orawon Chailapakul  
Thesis Advisor        Associate Professor Maen Amorasit  
Thesis Co-Advisor    Dr. Nivat Kriausakul  
Department            Chemistry  
Academic Year        1986



#### ABSTRACT

In this research, the quality of coals from various sources of Thailand, namely, changwat Krabi, Lamphun, Tak, Loei and Lampang were studied by proximate and ultimate analysis and the ashes were analysed using the techniques of atomic absorption spectrophotometry, UV-Vis absorption spectrophotometry and X-ray fluorescence spectrometry. The solvent extractions from coals were separated by liquid chromatography technique. The eluents from hexane fraction were subjected to a capillary column gas chromatograph for characterization of n-paraffinic hydrocarbons. Since the chromatograms were fingerprints, the carbon preference index (CPI) for the n-paraffin could be calculated. Ranking of coal based on the proximate and ultimate data resulted that coal from changwat Loei was a semianthracite. Coal from changwat Tak was a high volatile C bituminous coal, coal from changwat Lamphun and Lampang were classified as subbituminous coal, and coal from changwat Krabi was the lower grade and ranking as lignite. From the ultimate data and the analysis of the coal extracts clearly show that the coal was originated from terrestrial plants. In addition either CPI or total extraction yield correlated very well with heating value, % carbon and the volatile matter.





### กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 2 ท่าน คือ รองศาสตราจารย์แมน อมรสิทธิ์ และ ดร. นิวัฒน์ เกียรติวาลกุล ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำอย่างดียิ่งทั้งทางด้านวิชาการ และปฏิบัติการ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ัญญา บุญยเกียรติ ซึ่งกรุณาอนุเคราะห์ในการจัดเก็บและเตรียมตัวอย่าง ตลอดจนให้ข้อมูลและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่การวิจัยนี้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณวัฒนา นพคุณ นักวิทยาศาสตร์ 5 และ คุณศศิคุ้มย์ เล็กียรยานนท์ นักวิทยาศาสตร์ 3 และสำนักงานพลังงานแห่งชาติ ในความเชื่อเพื่อและช่วยเหลือในการใช้ห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์ในการวิจัยบางส่วน สุดท้ายผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กองเชื้อเพลิง-ธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี ที่มีส่วนช่วยเหลือในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ผู้เขียนต้องขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีส่วนสนับสนุนในงานวิจัยนี้ อันเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาถิ่นหินในประเทศไทยของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย งานวิจัยนี้จึงสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ท
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 แหล่งกำเนิดและปริมาณที่ผลิตในประเทศไทย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำวิจัยครั้งนี้.....	5
2. ทฤษฎี.....	6
2.1 ถ่านหินและกำเนิดของถ่านหิน.....	6
2.1.1 ถ่านหินจำแนกตามลักษณะของการสลายตัว.....	6
2.1.2 สภาพแวดล้อมที่เกิดการสลายเป็นถ่านหิน.....	7
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของอินทรีย์วัตถุที่เป็นต้นกำเนิดของถ่านหิน.....	7
2.2.1 โพรตีน.....	7
2.2.2 คาร์โบไฮเดรต.....	8
2.2.3 ไนมัน.....	10
2.3 ขบวนการเกิดพีท.....	16
2.3.1 ลักษณะการเกิดทางธรณีวิทยา.....	16
2.3.2 ลักษณะการเกิดทางชีวเคมีและธรณีเคมี.....	17
2.4 ขบวนการเกิดถ่านหิน.....	18
2.5 องค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุในถ่านหิน.....	23
2.5.1 สารอินทรีย์ซึ่ง เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตที่เปลี่ยน-	



3.7.2	การวิเคราะห์หาปริมาณกำมะถัน.....	59
3.7.3	การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจน.....	59
3.8	การวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักในแก้วถ่านหินโดยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry.....	59
3.8.1	การเตรียมแก้วถ่านหิน.....	64
3.8.2	การเตรียมสารละลายตัวอย่างเพื่อจะวิเคราะห์.....	64
3.8.3	การวิเคราะห์หาปริมาณ $\text{SiO}_2$ และ $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	64
3.8.4	การวิเคราะห์หาปริมาณ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ และ $\text{MgO}$ .....	65
3.9	การวิเคราะห์หาธาตุที่มีปริมาณน้อยในแก้วถ่านหินโดยใช้เทคนิคทาง Atomic Absorption Spectrophotometry.....	71
3.9.1	การเตรียมสารละลายมาตรฐาน และการทำกราฟมาตรฐาน.....	71
3.9.2	การเตรียมแก้วถ่านหิน.....	72
3.9.3	การเตรียมสารละลายตัวอย่าง.....	72
3.9.4	การวิเคราะห์ปริมาณ $\text{Cr}$ , $\text{Cu}$ , $\text{Zn}$ และ $\text{Mn}$ .....	72
3.10	การวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักในแก้วถ่านหินโดยใช้เทคนิคทาง UV-VIS Absorption Spectrophotometry, Titration และ Flame photometry.....	72
3.10.1	การเตรียมแก้วถ่านหิน.....	76
3.10.2	การวิเคราะห์ปริมาณของ $\text{SiO}_2$ และ $\text{Al}_2\text{O}_3$ โดยเทคนิคทาง UV-VIS Absorption Spectrophotometry.....	76
3.10.3	การวิเคราะห์หาปริมาณของ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ , $\text{MgO}$ , $\text{Na}_2\text{O}$ , $\text{K}_2\text{O}$ และ $\text{P}_2\text{O}_5$ โดยเทคนิคทาง Spectrophotometry และ Volumetric Titration.....	77
3.11	การวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบในแก้วถ่านหินโดยใช้เทคนิค X-Ray Fluorescence Spectrometry.....	83



3.11.1 การทำคุณภาพวิเคราะห์.....	83
3.11.2 การทำปริมาณวิเคราะห์.....	83
3.12 การวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการของสารที่ได้จากการสกัดถ่านหิน	
ด้วยสารละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ.....	86
3.12.1 การสกัดถ่านหิน.....	86
3.12.2 การแยกผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้โดยใช้เทคนิคทางคอลัมน์	
โครมาโตกราฟี.....	87
3.12.3 การวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการของนอร์มัล-พาราฟินในส่วนที่	
ได้จากการชะล้างคอลัมน์ด้วยเฮกเซนด้วยเทคนิคทาง	
ก๊าซโครมาโตกราฟี.....	98
4. สรุปผลการทดลอง วิเคราะห์ และข้อ เสนอแนะ.....	113
4.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองจากการวิเคราะห์โดยประมาณ.....	113
4.2 การสกัดลำดับขั้นของถ่านหินจากผลการวิเคราะห์โดยประมาณ	
และจากค่าความร้อน.....	115
4.3 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองจากการวิเคราะห์โดยละเอียด.....	117
4.4 การสกัดลำดับขั้นของถ่านหินจากผลการวิเคราะห์โดยละเอียด.....	118
4.5 ต้นกำเนิดของถ่านหิน และการเปรียบเทียบค่าความร้อนที่ได้จาก	
การคำนวณ กับที่ได้จากการทดลอง.....	121
4.6 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองจากการวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ	
ในถ้ำถ่านหิน.....	126
4.7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองจากการสกัดถ่านหินด้วยสารละลาย	
อินทรีย์ชนิดต่าง ๆ.....	128
บรรณานุกรม.....	145
ภาคผนวก.....	150
ประวัติผู้เขียน.....	156



ลํารับัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงปริมาณการผลิตและการใช้ถ่านหินลิกไนต์ในประเทศไทย.....	3
2.1	แสดงลํารอนิทริยชนิดต่าง ๆ ที่พบในถ่านหิน.....	26
2.2	แสดงการสกัดลําดับชั้นของถ่านหินโดย Grüner-Bousquet.....	28
2.3	แสดงการสกัดลําดับชั้นของถ่านหินโดย Seyler.....	30
2.4	แสดงการสกัดแบ่งถ่านหินตามคักัด โดยวิธี ASTM D.388 <sup>A</sup> .....	35
3.1	แสดงปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ในลํารมาตรฐาน ...	51
3.2	แสดงผลการวิเคราะห์หุคูลลํมบัติของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ โดยประมาณ..	54
3.3	แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความร้อนของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ.....	58
3.4	แสดงผลการวิเคราะห์หุคูลลํมบัติของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ โดยละเอียด ตัวอย่างรวมความอื่น, รวมเก้้า.....	60
3.5	แสดงผลการวิเคราะห์หุคูลลํมบัติของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ โดยละเอียด ตัวอย่างแห้ง, รวมเก้้า.....	61
3.6	แสดงผลการวิเคราะห์หุคูลลํมบัติของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ โดยละเอียด ตัวอย่างรวมความอื่น.....	62
3.7	แสดงผลการวิเคราะห์หุคูลลํมบัติของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ โดยละเอียด ตัวอย่างแห้ง, ไม่รวมเก้้า.....	63
3.8	แสดงค่า instrument parameters ต่าง ๆ ที่จะเลือกใช้ในการ วิเคราะห์หาปริมาณธาตุโดยใช้เทคนิคทาง atomic absorption spectrophotometry.....	66
3.9	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ ในถ่านหินโดยใช้ เทคนิคทาง Atomic Absorption Spectrophotometry.....	70
3.10	แสดงค่า instrument parameters ต่าง ๆ ที่จะเลือกใช้.....	72
3.11	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุที่มีปริมาณน้อยในเก้้าถ่านหินโดยใช้ เทคนิคทาง Atomic Absorption Spectrophotometry.....	75



3.12	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ ในถ้ำถ่านหิน โดยใช้เทคนิคทาง UV-VIS Spectrophotometry, Titration และ Flame Photometry.....	82
3.13	แสดงปริมาณของสารประกอบที่ใช้เตรียมสารมาตรฐานเพื่อใช้ทำ ปริมาณวิเคราะห์ของธาตุต่าง ๆ ในถ้ำถ่านหินโดยใช้เทคนิค XRFs..	84
3.14	ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ ในถ้ำถ่านหิน โดยใช้เทคนิคทาง X-Ray Fluorescence Spectrometry.....	85
3.15	แสดงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ.....	86
3.16	แสดงสารละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ละลายผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 1.....	90
3.17	แสดงสารละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ละลายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล และจากการสกัดด้วยเมทิลีนคลอไรด์.	91
3.18	แสดงปริมาณของสารที่สกัดได้ด้วยเอทเธน แล้วนำไปแยกเป็นส่วน ๆ โดยนำไปผ่านคอลัมน์ที่เตรียมจากซิลิกาเจล แล้วละลายด้วยตัวทำ ละลายอินทรีย์ต่าง ๆ.....	92
3.19	แสดงปริมาณของสารที่สกัดได้ด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล แล้วนำไป แยกเป็นส่วน ๆ โดยนำไปผ่านคอลัมน์ที่เตรียมจากซิลิกาเจล แล้ว ละลายด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ.....	93
3.20	แสดงปริมาณของสารที่สกัดได้ด้วยเมทิลีนคลอไรด์ แล้วนำไปแยกเป็น ส่วน ๆ โดยนำไปผ่านคอลัมน์ที่เตรียมจากซิลิกาเจล แล้วละลายด้วย ตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ.....	94
3.21	แสดงสภาวะของการใช้เครื่อง gas chromatograph ในการหา องค์ประกอบของพวกพาราฟินิก ไฮโดรคาร์บอน.....	99
3.22	แสดงค่า CPI ของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ ซึ่งสกัดด้วยสารอินทรีย์ชนิด ต่าง ๆ.....	101
4.1	แสดงการสกัดลำดับขั้นของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ โดยวิธี ASTM.....	116
4.2	แสดงการสกัดลำดับขั้นของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ โดยวิธีของ Seyler...	118
4.3	แสดงค่าอะตอมมิกคาร์บอน, ไฮโดรเจน และออกซิเจน และค่า	



## ตารางที่

## หน้า

	อัตราส่วนอะตอมมิก H/C และ O/C.....	121
4.4	แสดงค่าความร้อนเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลอง และ จากการคำนวณจากตัวอย่างที่คำนวณเอาตัวออก.....	124
4.5	แสดงค่าความร้อนเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลอง และ จากการคำนวณจากตัวอย่างที่คำนวณเอาสารอินทรีย์ออก.....	125
4.6	แสดงค่า CPI ของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ ซึ่งสกัดด้วยสารอินทรีย์ ชนิดต่าง ๆ.....	132



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

1.1	แผนที่แสดงแหล่งถ่านหินทั่ว ๆ ไป และแหล่งถ่านหินที่ทำถาวรวิจัยในประเทศไทย.....	2
2.1	ก. แสดงปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ฟินระเปปไทด์ของโปรตีน ข. แสดงโครงสร้างของกรดอะมิโนที่ตรวจพบในพืช.....	8
2.2	แสดงโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่าง ๆ.....	9
2.3	แสดงการสลายไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอโรลและกรดไขมัน.....	10
2.4	ก. แสดงหน่วยไอโซพรีน ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของสารประเภท สเตอรอยด์, เทอร์พีน และแคโรทีนอยด์ ข. แสดงเทอร์พินโนเลน (terpinolen) เกิดจากไอโซพรีน 2 หน่วย สับเป็นวง.....	11
2.5	ก. แสดงโครงสร้างของเบตา-แคโรทีน ข. แสดงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ค. แสดงโครงสร้างของนิวเคลียลฟอสเฟต.....	12
2.6	ก. แสดงโครงสร้างของเนื้อเยื่อ ข. แสดงโครงสร้างของฟอสโฟลิพิด.....	13
2.7	แสดงโครงสร้างของควิน พบในเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ปกป้องของพืช....	14
2.8	ก. แสดงโครงสร้างของอะโรมาติกแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ ลิกนิน ข. แสดงโครงสร้างของลิกนินโมเลกุล.....	15
2.9	แสดงโครงสร้างของสารตั้งต้นของแทนนิน.....	16
2.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการละทอนแล่ง, ปริมาณสารระเหย, ปริมาณคาร์บอน และไฮโดรเจน.....	18
2.11	ก. แสดงโครงสร้างของถ่านหินไวทรีไนต์ (85.5% C) โดยอาศัย ข้อมูลทางรังสีเอ็กซ์ ข. แสดงโครงสร้างของถ่านหินไวทรีไนต์ (82.0% C) โดยอาศัย	



รูปที่

หน้า

	ข้อมูลทางเคมี.....	20
	ค. แสดงโครงสร้างของถ่านหินที่มีปริมาณสารระเหยต่าง ๆ กัน....	20
2.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมู่ฟังก์ชันที่เฉพาะต่าง ๆ ที่มีออกซิเจนกับคุณภาพของถ่านหิน (เมื่อ %C เพิ่มขึ้น).....	21
2.13	แสดงแผนภาพของ van Krevelen ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนอะตอมฮิก H/C และ O/C ของอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ที่เป็นต้นกำเนิดของถ่านหิน.....	22
2.14	แสดงขั้นตอนการวิวัฒนาการของการเกิดถ่านหิน 3 กลุ่ม.....	23
2.15	แสดงผลของความร้อนที่มีต่อสารอินทรีย์ในถ่านหิน.....	27
2.16	แสดงแผนภาพล้ามเหล็ยมของ Grout และ Ralston.....	29
2.17	แสดงแผนภาพการสัดลำดับขั้นของถ่านหินโดย Seyler.....	31
2.18	แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อน, ปริมาณความชื้น, ปริมาณสารระเหย, ปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านหินคุณภาพต่าง ๆ จากพีทถึงแอนทราไซต์.....	33
2.19	แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถ่านหินลิกไนต์ที่เมือง Torony ในระยะเวลาต่าง ๆ.....	39
2.20	แสดงโครงสร้างที่เป็นไปได้ของสารประกอบในส่วนที่ 3 ซึ่งถูกชะล้างด้วยคลอโรฟอร์ม.....	40
2.21	แสดงโครงสร้างที่เป็นไปได้ของสารประกอบในส่วนที่ 5 ซึ่งถูกชะล้างด้วยไดเอทิลอีเทอร์/3% เอทานอล.....	41
2.22	แสดงโครมาโตแกรมของอะลิแฟติกไฮโดรคาร์บอนของถ่านหินลิกไนต์..	43
2.23	แสดงโครมาโตแกรมของอะลิแฟติกไฮโดรคาร์บอนของถ่านหินลignite	44
2.24	แสดงโครมาโตแกรมของอะลิแฟติกไฮโดรคาร์บอนของถ่านหินชนิดแข็ง..	45
2.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CPI และ % การสะท้อนของถ่านหินคุณภาพต่าง ๆ.....	46
2.26	แสดงการเปรียบเทียบการกระจายของนอร์มัล-อัลเคนที่ได้จากถ่านหินชนิดบิทูมินัส จากขบวนการสกัดด้วยคลอโรฟอร์มกับจากขบวนการ	



	liquefaction.....	47
3.1	แสดงเครื่องหาค่าความร้อนแบบอัตโนมัติ.....	56
3.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับค่าความเข้มข้นของซิลิคอน.....	67
3.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับค่าความเข้มข้นของอะลูมิเนียม.....	67
3.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับค่าความเข้มข้นของเหล็ก.....	68
3.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับค่าความเข้มข้นของแคลเซียม.....	68
3.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับค่าความเข้มข้นของแมกนีเซียม.....	69
3.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับค่าความเข้มข้นของโครเมียม.....	73
3.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับค่าความเข้มข้นของทองแดง.....	73
3.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับค่าความเข้มข้นของสังกะสี.....	74
3.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับค่าความเข้มข้นของแมงกานีส.....	74
3.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Flame Intensity กับค่าความเข้มข้นของโซเดียม.....	81
3.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Flame Intensity กับค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียม.....	81
3.13	แสดงขั้นตอนการสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ.....	87
3.14	แสดงขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 1.....	88
3.15	แสดงขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 2 หรือผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 3.....	88



3.16	แสดงกราฟแท่งจากการนำสารที่สกัดได้ด้วยเฮกเซนไปแยกเป็นส่วน ๆ โดยนำไปผ่านคอลัมน์ที่เตรียมจากซิลิกาเจล แล้วชะล้างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ.....	95
3.17	แสดงกราฟแท่งจากการนำสารที่สกัดได้ด้วยโทลูอีน/25% เอทานอลไปแยกเป็นส่วน ๆ โดยนำไปผ่านคอลัมน์ที่เตรียมจากซิลิกาเจล แล้วชะล้างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ.....	96
3.18	แสดงกราฟแท่งจากการนำสารที่สกัดได้ด้วยเมทิลีนคลอไรด์ไปแยกเป็นส่วน ๆ โดยนำไปผ่านคอลัมน์ที่เตรียมจากซิลิกาเจล แล้วชะล้างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ.....	97
3.19	แสดงโครมาโตแกรมจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph โดยใช้ Temperature programming.....	102
3.20	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารพวกพาราฟีนิคไฮโดรคาร์บอนของแหล่งถ่านหินจังหวัดเลย.....	103
3.21	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารพวกพาราฟีนิคไฮโดรคาร์บอนของแหล่งถ่านหินจังหวัดกระบี่.....	104
3.22	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารพวกพาราฟีนิคไฮโดรคาร์บอนของแหล่งถ่านหินบ้านป่าคา จังหวัดลำพูน.....	105
3.23	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารพวกพาราฟีนิคไฮโดรคาร์บอนของแหล่งถ่านหินจังหวัดตาก.....	106
3.24	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารพวกพาราฟีนิคไฮโดรคาร์บอนของแหล่งระมัด จังหวัดตาก.....	107
3.25	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารพวกพาราฟีนิคไฮโดรคาร์บอนของแหล่งแม่เมาะ ไม่คัดขนาด จังหวัดลำปาง.....	108
3.26	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารพวกพาราฟีนิคไฮโดรคาร์บอนของแหล่งถ่านหินแม่เมาะ หลายขนาดรวมกัน จังหวัดลำปาง..	109
3.27	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารพวกพาราฟีนิคไฮโดรคาร์บอนของแหล่งแม่เมาะขนาดกลาง จังหวัดลำปาง.....	110



3.28	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์หาลำพวงพาราฟีนิกไฮโดร- คาร์บอนของแหล่งถ่านหินแม่เมาะ ขนาด 1 มม. จังหวัด ลำปาง.....	111
3.29	แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์หาลำพวงพาราฟีนิกไฮโดร- คาร์บอนของแหล่งถ่านหินแม่เมาะเค็ชถ่าน จังหวัดลำปาง.....	112
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %C และ %H ของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ.	119
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของอะตอมมิก H/C และ O/C ของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย.....	122
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ สกัดทั้งหมด.....	136
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารระเหยกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการสกัดทั้งหมด.....	137
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %C กับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัด ทั้งหมด.....	138
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับค่า CPI.....	139
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารระเหยกับค่า CPI.....	140
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %C กับค่า CPI.....	141
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับค่า CPI (ไม่รวม C <sub>31</sub> และ C <sub>32</sub> ).....	142
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารระเหยกับค่า CPI (ไม่รวม C <sub>31</sub> และ C <sub>32</sub> ).....	143
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า %C กับค่า CPI (ไม่รวม C <sub>31</sub> และ C <sub>32</sub> ).....	144