บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองจากการวิเคราะห์โดยประมาณ

จากผลการทดลองหาสมบัติของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ในตารางที่ 3.2 จะเห็นว่าถ่านหินไม่ค่อยนาดจากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ 22.18% รองลงไปก็จะเป็นถ่านหินจากจังหวัดลำพูน (บ้านป่าคา) คือ 17.22% แต่อย่างไรก็ตาม ความชื้นของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ จะมีค่าอยู่ในช่วง 3.05-22.18% ถ้าพิจารณาปริมาณความชื้นจากรูปที่ 2.18 จะเห็นได้ว่าถ่านหินที่มีคุณภาพดีจะมีปริมาณความชื้นต่ำ ดังนั้นถ่านหินจากจังหวัดเลยจึงเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีที่สุด เพราะมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด คือ 3.05% รองลงมาก็เป็นถ่านหินจากจังหวัดตาก นอกจากนี้แล้วความชื้นจะมีผลต่อถ่านหินในด้านอื่นอีก คือ ทำให้ถ่านหินมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะสิ้นเปลืองค่าขนส่งโดยเปล่าประโยชน์ ในด้านการใช้งานเมื่อถ่านหินถูกเผาไหม้ จะทำให้สูญเสียความร้อน ในการทำให้ความชื้นกลายเป็นไอไปพร้อมกับก๊าซชนิดอื่น ๆ (waste gas) ส่วนผลดีของความชื้นต่อถ่านหินคือ เมื่อความชื้นระเหยออกไปแล้ว จะทำให้ถ่านหินถูกเปิดเป็นรูพรุน ทำให้อากาศแทรกผ่านเข้าไป ซึ่งจะช่วยให้การเผาไหม้ดียิ่งขึ้น

จากข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณเถ้าในตารางที่ 3.2 จะเห็นว่าถ่านหินแม่เมาะที่มีขนาด 1 มิลลิเมตร และเศษถ่านหินที่มีปริมาณเถ้ามากที่สุดคือ 46.15% และ 44.81% รองลงมาคือถ่านหินของจังหวัดเลย คือ 43.89% สำหรับปริมาณเถ้าจากถ่านหินในแหล่งอื่น ๆ จะอยู่ในช่วง 14.94-29.51% โดยเฉพาะถ่านหินไม่ค่อยนาดจากเหมืองแม่เมาะ มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุดคือ 7.57% โดยที่ตัวอย่างอื่นมีปริมาณเถ้าสูงอาจเนื่องจากมีเศษหิน ดินปนเข้าไปด้วย แต่ตัวอย่างนี้มีเถ้าน้อยจึงคาดว่าจะเป็นถ่านหินที่มีกำเนิดมาจากไม้ ที่มีขั้นตอนการวิวัฒนาการของการเกิดเป็นถ่านหินไม่สมบูรณ์ (immature) ดังจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักในเถ้าถ่านหิน ซึ่งจะเห็นว่ามีปริมาณ CaO, Na_2O และ MgO มากกว่าถ่านหินชนิดอื่น ๆ ตลอดจนผลการวิเคราะห์สารพวกพาราฟินิก ไฮโดรคาร์บอน จากการสกัดถ่านหินด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ปรากฏว่าสารตัวอย่างนี้ให้โครมาโตแกรมที่มีพีกของพาราฟินิก ไฮโดรคาร์บอน C_{29} และ C_{31} สูงกว่าปกติ ซึ่งผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างถ่านหินไม่ค่อยนาดจากเหมืองแม่เมาะนี้ยังมี

การทับถมน้อย ความร้อนและความดันไม่มากพอที่จะสลายพาราฟินิก ไฮโดรคาร์บอนที่มี C_{29} และ C_{31} ให้เป็นพาราฟินิก ไฮโดรคาร์บอนที่ต่ำกว่า C_{29} และ C_{31} นอกจากนี้การตรวจพบ C_{29} และ C_{31} ยังแสดงให้เห็นว่า ถ่านหินตัวอย่างนี้มีกำเนิดมาจากพืชบกชั้นสูงอีกด้วย อย่างไรก็ตาม เถ้าที่เป็นองค์ประกอบเหล่านี้เป็นปัญหาในการใช้งาน เพราะในขณะเผาไหม้ ถ่านหินจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน สารอนินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์เปลี่ยนรูปไปเป็นเถ้า ซึ่งประกอบด้วยออกไซด์ของโลหะต่าง ๆ จะรวมตัวกันเป็นก้อน เรียกว่า กาก (slag) ก่อให้เกิดปัญหาในเตาเผาได้ เถ้าของถ่านหินจากจังหวัดเลยมีปริมาณสูงมาก คาดว่าคงจะไม่ใช่เถ้าที่มาจากไม้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นเถ้าที่เกิดจากสารอนินทรีย์ภายนอกซึ่งทับถมลงมาด้วย

สำหรับปริมาณสารระเหย จะต้องนำมาคำนวณให้อยู่ในรูปของตัวอย่างแห้ง และไม่รวมสารอนินทรีย์เสียก่อน จากตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างถ่านหินขนาด 1 มิลลิเมตร และเศษถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะมีปริมาณสารระเหยมากที่สุดคือ 60.45% และ 67.77% นอกนั้นมีปริมาณใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วง 37.73-54.58 % ปริมาณสารระเหยเป็นองค์ประกอบของถ่านหินที่สลายตัวง่ายจะระเหยออกมาเมื่อได้รับความร้อน ปริมาณของสารระเหยที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณแตกต่างกันไปตามชนิดของถ่านหิน มีปริมาณสารระเหยน้อย แสดงถึงถ่านหินที่มีศักดิ์สูง เพราะบางส่วนได้สลายตัวออกไปด้วยความร้อนแล้ว จากผลการทดลองแสดงว่าถ่านหินของจังหวัดเลยมีคุณภาพดีที่สุด เพราะมีปริมาณสารระเหยน้อยที่สุด นอกจากนี้ปริมาณสารระเหยยังก่อให้เกิดปัญหามลภาวะในอากาศ โดยที่สารระเหยโมเลกุลใหญ่เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดเขม่าควัน และสารพิษ เมื่อนำไปเผาไหม้ ดังนั้นถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ และจากเหมืองแม่เมาะจังหวัดลำปางจึงอาจจะมีปัญหาเมื่อมาใช้งาน นอกจากนี้ปริมาณสารระเหยยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยประมาณจากขบวนการกลั่นสลายอีกด้วย

ปริมาณคาร์บอนคงตัวจะต้องนำมาคำนวณให้อยู่ในรูปของตัวอย่างแห้ง และไม่รวมสารอนินทรีย์เสียก่อน เช่นเดียวกับการหาปริมาณสารระเหย ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวนี้นำมาใช้เป็นตัวกำหนดคุณภาพของถ่านหินได้ ถ่านหินที่มีศักดิ์สูง จะมีค่าคาร์บอนคงตัวสูงด้วย เพราะปริมาณความชื้นและสารระเหยต่ำ จากตารางที่ 3.2 จะพบว่าค่าคาร์บอนคงตัวของถ่านหินจากจังหวัดเลยมีค่าสูงสุด ซึ่งมีถึง 88.54% แสดงว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยมีความสมบูรณ์ของการเป็นถ่านหินมากที่สุด อัตราส่วนของคาร์บอนคงตัวต่อสารระเหยก็สูงที่สุด คือมีค่าถึง 7.73 ดังนั้นเมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีที่สุดหากไม่คำนึงถึงปริมาณเถ้าที่มีอยู่ และรองลงมาคือถ่านหินที่จังหวัดตาก

4.2 การจัดลำดับชั้นของถ่านหินจากผลการวิเคราะห์โดยประมาณ และจากค่าความร้อน

การจัดลำดับชั้นของถ่านหินตาม ASTM-D388 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยใช้ปริมาณสารระเหยและปริมาณคาร์บอนคงตัว ซึ่งคำนวณให้อยู่ในรูปของตัวอย่างแห้ง และไม่รวมสารอนินทรีย์เป็นตัวกำหนดคุณภาพของถ่านหินตั้งแต่ซับบิทูมินัสที่มีปริมาณสารระเหยสูงประเภท A จนถึงแอนทราไซต์ สำหรับถ่านหินตั้งแต่ซับบิทูมินัสที่มีสารระเหยสูงประเภท B จนถึงบิทูมินัสที่มีสารระเหยสูงประเภท B จะใช้ค่าความร้อนซึ่งคำนวณให้อยู่ในรูปของตัวอย่างรวมความชื้นไม่รวมสารอนินทรีย์เป็นตัวกำหนดคุณภาพของถ่านหิน จากค่าความร้อนในตารางที่ 3.3 และจากปริมาณคาร์บอนคงตัว และปริมาณสารระเหยในตารางที่ 3.2 สามารถนำมาจัดลำดับชั้นของถ่านหินได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แสดงการจัดลำดับชั้นของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ

แหล่ง	ปริมาณการบอน* คงตัว %	ปริมาณสารระเหย* %	ค่าความร้อน** บีทียู/ปอนด์	ลำดับชั้นของถ่านหิน
จังหวัดกระบี่	42.12	57.88	7554	ลิกไนต์ A
จังหวัดเลย	88.54	11.46	13797	เซมิแอนทราไซต์
จังหวัดลำพูน (บ้านปาคา)	54.90	45.10	9018	ซับบิทูมินัส C
จังหวัดตาก (บ้านตาก)	58.64	41.36	11876	บิทูมินัสที่มีปริมาณสาร ระเหยสูงประเภท C
จังหวัดตาก (ระมาด)	62.27	37.73	10613	
จังหวัดลำปาง (แม่เมาะ)				
ตัวอย่างที่ 1 ไม่คัดขนาด	45.42	54.58	8894	ซับบิทูมินัส C
ตัวอย่างที่ 2 หลายขนาดรวมกัน	49.50	50.50	9943	ซับบิทูมินัส B
ตัวอย่างที่ 3 ขนาดกลาง	51.72	48.28	8628	ซับบิทูมินัส C
ตัวอย่างที่ 4 ขนาด 1 มม.	39.55	60.45	10623	ซับบิทูมินัส A
ตัวอย่างที่ 5 เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)	32.24	67.77	10273	ซับบิทูมินัส A

*ตัวอย่างแห้งและไม่รวมสารอนินทรีย์

**ตัวอย่างรวมความชื้นและไม่รวมสารอนินทรีย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองดังกล่าว อาจสรุปได้ว่า การจัดลำดับชั้นตาม ASTM ถ่านหินจากจังหวัดเลยมีศักดิ์สูงที่สุด จัดว่าเป็นชนิดเซมิแอนทราไซต์ รองลงมาคือ ถ่านหินจากจังหวัดตาก ซึ่งจัดว่าเป็นชนิดบิทูมินัส ที่มีปริมาณสารระเหยสูงประเภท C สำหรับถ่านหินของจังหวัดลำปาง (แม่เมาะ) และถ่านหินของจังหวัดลำพูน (บ้านป่าคา) มีศักดิ์ใกล้เคียงกัน จัดว่าเป็นชนิดซับบิทูมินัส สุดท้าย ถ่านหินของจังหวัดกระบี่ จัดว่าเป็นถ่านหินที่มีศักดิ์ต่ำที่สุดคือ ลิกไนต์

การพิจารณาในเชิงพาณิชย์ และการนำไปใช้ประโยชน์ แม้ว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยจะมีศักดิ์สูงถึงเซมิแอนทราไซต์ แต่การนำมาใช้งานอาจจะไม่ดีเท่ากับถ่านหินจากจังหวัดตาก เนื่องจากถ่านหินจากจังหวัดเลยมีปริมาณเถ้ามากกว่า ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาในการใช้งานได้ และจะเห็นได้ว่าค่าความร้อน (รวมความชื้นและรวมเถ้า) ของถ่านหินจากจังหวัดเลยมีค่าน้อยกว่าของถ่านหินจากจังหวัดตาก สำหรับถ่านหินของแหล่งแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นถ่านหินชนิดซับบิทูมินัสเกรดต่าง ๆ จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างจากเหมืองแม่เมาะ 5 ตัวอย่าง พบว่าถ่านหินชนิดไม่คัดขนาดจากเหมืองแม่เมาะมีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด คือ 7.57% และมีค่าความร้อนสูงที่สุดใน 5 ตัวอย่าง ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ในแหล่งเดียวกัน สำหรับถ่านหินจากจังหวัดลำพูน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีพอสมควร เพราะมีปริมาณเถ้า และความชื้นไม่มาก และยังมีค่าความร้อนสูงอีกด้วย และสำหรับถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ ซึ่งมีปริมาณเถ้าและความชื้นปานกลาง แต่ค่าความร้อนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอาจไม่ดีเท่าที่ควร

4.3 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองจากการวิเคราะห์โดยละเอียด

จากผลการวิเคราะห์แบบละเอียดของตัวอย่าง 2 ประเภท คือ ตัวอย่างแห้ง และตัวอย่างรวมความชื้น ดังแสดงในตารางที่ 3.4 และ 3.5 และจากผลการทดลองนำไปคำนวณหาปริมาณเถ้าและสารอินทรีย์ออก ดังแสดงในตารางที่ 3.6 และ 3.7 จากข้อมูลที่ได้นี้สามารถนำไปจัดลำดับชั้นของถ่านหินตามวิธีของ Seyler ได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ผลจากการคำนวณหาค่าอัตราส่วนอะตอมมิก H/C และอะตอมมิก O/C ไปอธิบายถึงต้นกำเนิดของถ่านหิน ดังแสดงเป็นกราฟในแผนภาพของ Van Krevelen ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.14 จากนั้นจึงนำผลการทดลองไปคำนวณหาค่าความร้อนจากสูตรของ Dulong และ Boie เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองจริงด้วย

4.4 การจัดลำดับชั้นของถ่านหินจากผลการวิเคราะห์โดยละเอียด

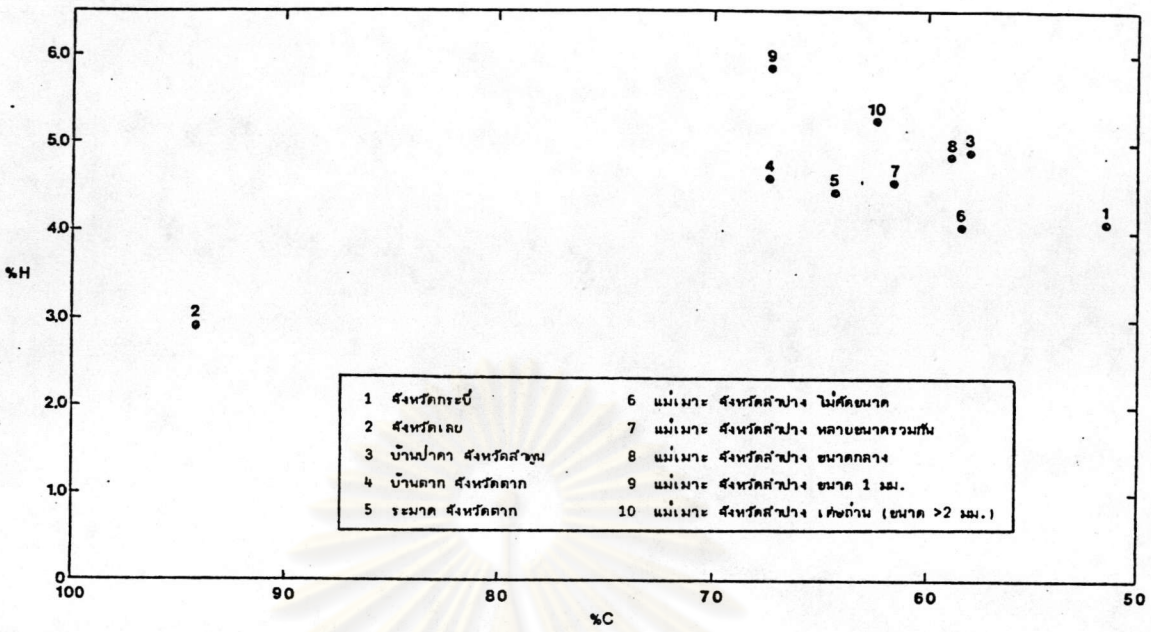
จากการจัดลำดับชั้นตามวิธีของ Seyler ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และจากผลการทดลองในตารางที่ 3.5 เมื่อคำนวณให้อยู่ในรูปตัวอย่างแห้ง และไม่รวมสารอนินทรีย์แล้ว สามารถนำผลมาจัดลำดับชั้นได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงการจัดลำดับชั้นของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ โดยวิธีของ Seyler

แหล่ง	%C*	%H*	ลำดับชั้นของถ่านหิน
จังหวัดกระบี่	51.73	4.12	ออร์โท-ซับ-ลิกนิทัล
จังหวัดเลย	94.19	2.89	ออร์โท-แอนทราไซต์
จังหวัดลำพูน (บ้านป่าคา)	57.92	4.89	ออร์โท-ซับ-ลิกนิทัล
จังหวัดตาก (บ้านตาก)	67.43	4.61	ออร์โท-ซับ-ลิกนิทัล
จังหวัดตาก (ระมาด)	62.32	4.44	ออร์โท-ซับ-ลิกนิทัล
จังหวัดลำปาง (แม่เมาะ)			
ตัวอย่างที่ 1 ไม่คัดขนาด	58.40	4.06	ออร์โท-ซับ-ลิกนิทัล
ตัวอย่างที่ 2 หลายขนาดรวมกัน	61.64	4.57	ออร์โท-ซับ-ลิกนิทัล
ตัวอย่างที่ 3 ขนาดกลาง	58.88	4.85	ออร์โท-ซับ-ลิกนิทัล
ตัวอย่างที่ 4 ขนาด 1 มม.	67.35	5.85	ออร์โท-เปอร์-ลิกนิทัล
ตัวอย่างที่ 5 เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)	62.44	5.24	ออร์โท- ลิกนิทัล

*ตัวอย่างแห้ง และไม่รวมสารอนินทรีย์

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 ยังสามารถนำมาสร้างเป็นแผนภาพได้ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % C และ % H ของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ

จากแผนภาพ จะเห็นได้ว่าถ่านหินจากจังหวัดกระบี่มีปริมาณคาร์บอนต่ำสุดอยู่ทางด้านขวามือ มีปริมาณไฮโดรเจนปานกลางประมาณ 4% และถ่านหินจากจังหวัดเลยมีปริมาณคาร์บอนสูงที่สุดแยกกลุ่มออกมา และมีปริมาณไฮโดรเจนต่ำที่สุดด้วยคือ 2.89% นอกนั้นจะมีปริมาณคาร์บอนอยู่ในช่วง 57.92-67.43% และปริมาณไฮโดรเจน 4.06-4.89% ยกเว้นถ่านหินขนาด 1 มิลลิเมตร และเศษถ่านหินจากแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งมีปริมาณไฮโดรเจนมากกว่า 5%

จากการจัดลำดับชั้นถ่านหินโดยวิธีของ Seyler จะเห็นได้ว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยมีคุณภาพดีที่สุด คือจัดเป็นถ่านหินชนิดออร์โทแอนทราไซต์ ส่วนถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ ลำพูน ตาก และลำปาง ตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณไฮโดรเจนน้อยกว่า 5.8% จัดว่าเป็นถ่านหินชนิด ออร์โท-ซับ-ลิกนิทัล และตัวอย่างที่ 4 ของถ่านหินจากแม่เมาะ จัดเป็นถ่านหินชนิด ออร์โท-เปอร์-ลิกนิทัล เพราะมีปริมาณไฮโดรเจนมากกว่า 5.8% ถึงแม้ว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยจะมีคุณภาพดีที่สุด แต่เมื่อทำการวิเคราะห์โดยรวมความชื้นและสารอนินทรีย์ปรากฏว่ามีปริมาณคาร์บอน 44.79% ซึ่งน้อยกว่าถ่านหินจากจังหวัดตาก และจากจังหวัดลำปาง แม่เมาะชนิดไม่คัดขนาดจากเหมืองแม่เมาะ ดังนั้นการนำถ่านหินจากจังหวัดเลยมาใช้จึงได้รับประโยชน์น้อยกว่า สำหรับถ่านหินจากแม่เมาะตัวอย่างที่ 2, 3, 4 และ 5 มีปริมาณ

คาร์บอนอยู่ในช่วง 30.13-42.25 % และถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ มีปริมาณคาร์บอน 37.82% เมื่อไม่รวมความชื้นและสารอนินทรีย์แล้วจะมีปริมาณคาร์บอนต่ำที่สุด คือ 51.52%

สำหรับปริมาณกำมะถันเมื่อเกิดการเผาไหม้ จะก่อให้เกิดปัญหามลภาวะ และการกัดกร่อนส่วนที่เป็นโลหะของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากตารางที่ 3.4 ปริมาณกำมะถันจากตัวอย่างรวมความชื้นและรวมเถ้า พบว่าถ่านหินจากจังหวัดกระบี่มีปริมาณกำมะถันมากที่สุด คือ 3.51% รองลงมาคือ ถ่านหินจากบ้านป่าคา ซึ่งมีประมาณกำมะถันถึง 2.61% ดังนั้นถ่านหินทั้ง 2 แหล่ง จึงมีปัญหาในด้านการใช้งาน แหล่งถ่านหินที่มีกำมะถันน้อยที่สุดคือ จังหวัดตาก มีปริมาณกำมะถัน 0.54% และ 0.75% สำหรับถ่านหินจากแหล่งอื่น ๆ มีปริมาณกำมะถันอยู่ในช่วง 1.76-1.28%

ปริมาณไฮโดรเจนจากตัวอย่างที่รวมความชื้นและเถ้า ดังแสดงในตารางที่ 3.4 พบว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยมีปริมาณไฮโดรเจนน้อยที่สุด คือ 1.48% สำหรับถ่านหินจากแหล่งอื่น ๆ มีปริมาณไฮโดรเจนอยู่ในช่วง 2.67-3.87% ปริมาณไฮโดรเจนเหล่านี้เมื่อคำนวณเอาปริมาณเถ้าออกแล้ว จะมีปริมาณไฮโดรเจนสูงขึ้น คือถ่านหินจากจังหวัดเลย มีปริมาณไฮโดรเจน 2.64% และถ่านหินจากแหล่งอื่น ๆ จะมีค่าอยู่ในช่วง 3.66-5.07% นอกจากนี้ปริมาณไฮโดรเจนจากตัวอย่างแห้งและรวมเถ้า ดังแสดงในตารางที่ 3.5 พบว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยก็ยังมีปริมาณไฮโดรเจนน้อยที่สุด คือ 1.49% สำหรับถ่านหินจากแหล่งอื่น ๆ มีปริมาณไฮโดรเจนอยู่ในช่วง 2.65-4.07% และเมื่อคำนวณเอาปริมาณเถ้าออกเป็นตัวอย่างแห้งและไม่รวมเถ้า พบว่าปริมาณไฮโดรเจนสูงขึ้น โดยที่ถ่านหินจากจังหวัดเลยจะมีปริมาณไฮโดรเจนถึง 2.66% และถ่านหินของแหล่งอื่น ๆ จะมีปริมาณไฮโดรเจนอยู่ในช่วง 4.01-5.32% ปริมาณของไฮโดรเจนในถ่านหินใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าถ่านหินผ่านขบวนการ metamorphism มากน้อยเพียงใดได้ด้วย เช่น ถ้ามีปริมาณน้อย แสดงว่าผ่านขบวนการ metamorphism มาเป็นเวลานาน

ปริมาณไนโตรเจนจากตัวอย่างรวมความชื้นและรวมเถ้า ดังแสดงในตารางที่ 3.4 พบว่าตัวอย่างถ่านหินชนิดไม่ศัดขนาดจากเหมืองแม่เมาะมีปริมาณมากที่สุดคือ 1.84% สำหรับถ่านหินจากแหล่งอื่น ๆ อยู่ในช่วง 0.54-1.28% และเมื่อคำนวณเอาปริมาณเถ้าออก ปริมาณไนโตรเจนสูงขึ้นสำหรับถ่านหินชนิดไม่ศัดขนาดจากเหมืองแม่เมาะมีปริมาณ 1.99% ตัวอย่างถ่านหินจากแหล่งอื่น ๆ อยู่ในช่วง 0.96-1.37% และจากการพิจารณาปริมาณไนโตรเจนจากตัวอย่างแห้งชนิดรวมเถ้า ดังแสดงในตารางที่ 3.5 จะเห็นว่าถ่านหินชนิดไม่ศัดขนาดจากเหมืองแม่เมาะมีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุด คือ 1.94% และถ่านหินจากแหล่งอื่น ๆ มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.57-1.21% เมื่อนำมาคำนวณเอาปริมาณเถ้าออก พบว่ามีปริมาณสูงขึ้น และอยู่ในช่วง 0.88-2.10%

4.5 ต้นกำเนิดยองถ่านหิน และการเปรียบเทียบค่าความร้อนที่ได้จากการคำนวณ กับที่ได้จากการทดลอง

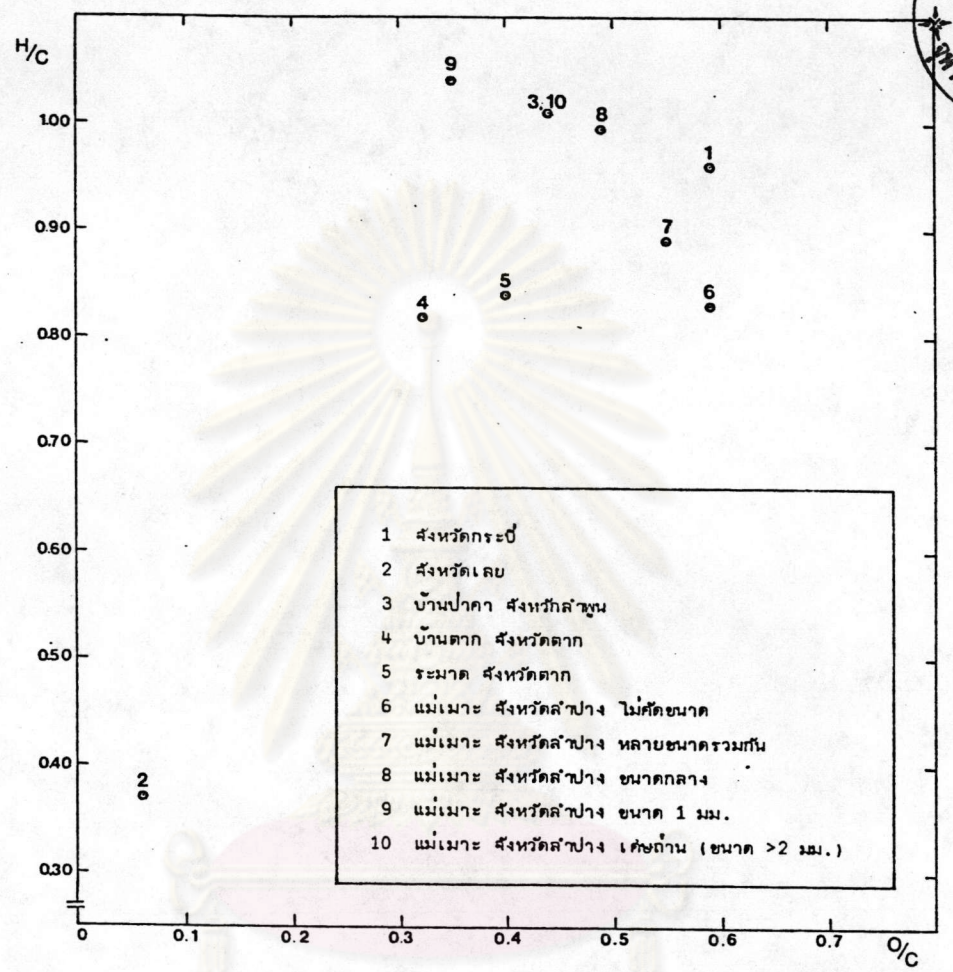
จากตารางที่ 3.7 นำผลการวิเคราะห์ %C, %H และ %O ของตัวอย่างแห้ง และไม่รวมเถ้ามาคำนวณหา อะตอมมิกคาร์บอน, อะตอมมิกไฮโดรเจน และอะตอมมิกออกซิเจน แล้วนำไปคำนวณหาอัตราส่วนอะตอมมิก H/C และอัตราส่วนอะตอมมิก O/C ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าอะตอมมิกคาร์บอน, ไฮโดรเจน และออกซิเจน และค่าอัตราส่วนอะตอมมิก H/C และ O/C

แหล่ง	อะตอมมิกคาร์บอน	อะตอมมิกไฮโดรเจน	อะตอมมิกออกซิเจน	อะตอมมิก H/C	อะตอมมิก O/C
จังหวัดกระบี่	4.21	4.02	2.46	0.96	0.59
จังหวัดเลย	7.21	2.66	0.44	0.37	0.06
จังหวัดลำพูน (บ้านป่าคา)	4.72	4.78	2.09	1.01	0.44
จังหวัดตาก (บ้านตาก)	5.45	4.47	1.74	0.82	0.32
จังหวัดตาก (ระมาด)	5.13	4.30	2.05	0.84	0.40
จังหวัดลำปาง (แม่เมาะ)					
ตัวอย่างที่ 1 ไม่คัดขนาด	4.82	4.01	2.83	0.83	0.59
ตัวอย่างที่ 2 หลายขนาดรวมกัน	4.95	4.39	2.74	0.89	0.55
ตัวอย่างที่ 3 ขนาดกลาง	4.69	4.64	2.23	0.99	0.48
ตัวอย่างที่ 4 ขนาด 1 มม.	5.11	5.32	1.78	1.04	0.35
ตัวอย่างที่ 5 เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)	4.76	4.79	2.09	1.01	0.44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากค่าอัตราส่วนอะตอมมิก H/C และอะตอมมิก O/C สามารถนำไปสร้างเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของอะตอมมิก H/C และอะตอมมิก O/C ของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย

จากรูปที่ 2.13 และ 2.14 แสดงขั้นตอนวิวัฒนาการของการเกิดถ่านหินจากจุดกำเนิดของถ่านหิน 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีกำเนิดมาจากสาหร่ายซึ่งมีไข (wax) เป็นองค์ประกอบ กลุ่มที่ 2 มีกำเนิดมาจากพืชชั้นสูงที่มีสปอร์เป็นองค์ประกอบ และกลุ่มที่ 3 มีกำเนิดมาจากพืชชั้นสูงที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ จากผลการทดลองซึ่งนำมาคำนวณหาอัตราส่วนอะตอมมิก H/C และ O/C พบว่าไม่มีตัวอย่างใดที่มีกำเนิดมาจากสาหร่ายและสปอร์ แต่มีกำเนิดมาจากเซลลูโลสซึ่งมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณออกซิเจนสอดคล้องกับผลของ

การวิเคราะห์โดยละเอียด นอกจากนี้พบว่าถ่านหินจากจังหวัดตาก, จังหวัดลำพูน (บ้านป่าคา) จังหวัดลำปาง (แม่เมาะ) และจังหวัดกระบี่ มีลักษณะคล้ายถ่านหินชนิดฮิวมิไนต์ (huminite) ยกเว้นถ่านหินจากจังหวัดเลย ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับชนิดอินเนอร์ทิไนต์ (innertinite) ซึ่งการจะบ่งบอกให้ชัดเจนว่าเป็นฮิวมิไนต์ หรืออินเนอร์ทิไนต์นั้น จำเป็นต้องอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพโดยใช้ศึกษาทางกล้องจุลทรรศน์ (microscopic studies) เพิ่มเติมด้วย

นอกจากนี้ได้ทำการคำนวณหาค่าความร้อนจากองค์ประกอบที่วิเคราะห์โดยละเอียดตามสมการของ Boie และ Dulong (44) คือ

Boie: $Hg\ (cal/g.) = 84.00\ C + 27.765\ H + 15.00\ N + 25.00\ S - 26.50\ O$

Dulong: $Hg\ (BTU./lb.) = 14.544\ C + 620.28\ (H-O/8) + 40.50\ S$

จากสมการของ Boie จะต้องเปลี่ยนแคลอรีต่อกรัมเป็น บีทียูต่อปอนด์ โดยคูณด้วยแฟกเตอร์ 1.80075 ในการคำนวณได้ใช้ค่า %C, %H, %N, %S และ %O 2 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 คำนวณเอาเถ้าออก และประเภทที่ 2 คำนวณเอาสารอนินทรีย์ออก ซึ่งผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5

เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นได้ว่า ถ้าใช้สูตรของ Boie คำนวณหาค่าความร้อน จะให้ผลใกล้เคียงกับค่าความร้อนที่ได้จากการทดลองกว่าการใช้สูตรของ Dulong ซึ่งถ้าพิจารณาดูจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากการทดลองแล้ว ค่าความร้อนที่คำนวณโดยสูตรของ Boie มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ในช่วงประมาณ 0.1-8% แต่ถ้าค่าความร้อนที่คำนวณโดยใช้สูตรของ Dulong จะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ในช่วงประมาณ 1-22% ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าสูตรของ Boie เหมาะที่จะใช้คำนวณหาค่าความร้อนของถ่านหินคุณภาพต่ำ โดยคำนวณจากปริมาณของไนโตรเจนที่ประกอบอยู่ด้วย ส่วนของสูตร Dulong นั้น เหมาะที่จะใช้สำหรับคำนวณหาค่าความร้อนของถ่านหินชนิดดี เพราะไม่มีการคำนวณปริมาณของไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากถ้าเป็นถ่านหินชนิดดี ปริมาณขององค์ประกอบที่มีไนโตรเจนจะถูกสลายไปจนเกือบหมด แต่ถ้าเป็นถ่านหินคุณภาพต่ำ จะมีสารพวกระเหยได้ ตลอดจนพวกสารประกอบของไนโตรเจนปนอยู่มาก จากผลในตารางที่ 4.4 และ 4.5 ถ่านหินจากจังหวัดเลยซึ่งเป็นถ่านหินคุณภาพดี เมื่อคำนวณค่าความร้อนโดยใช้สูตรของ Dulong จะให้ผลดีกว่าใช้สูตรของ Boie จากการทดลองนี้ทำให้ได้ข้อสรุปว่า ถ้าเราทราบค่าเปอร์เซ็นต์ของ C, H, O, S และ N ของถ่านหิน ทำให้สามารถคำนวณหาค่าความร้อนของถ่านหินได้โดยไม่ต้องทำการทดลอง แต่ผลที่ได้อาจเป็นค่าโดยประมาณ ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นข้อมูลประกอบได้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความร้อนเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลอง และจากการคำนวณจากตัวอย่างที่คำนวณเอาเถ้าออก

แหล่ง	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าที่ได้จากสมการของ Dulong	ค่าที่ได้จากสมการของ Boie	% ความแตกต่างจากสมการของ Dulong	% ความแตกต่างจากสมการของ Boie
จังหวัดกระบี่	7372	5513	6747	-25.21%	-8.47%
จังหวัดเลย	12686	12232	12842	-3.58%	+1.23%
จังหวัดลำพูน (บ้านป่าคา)	8832	7557	8517	-14.43%	-3.57%
จังหวัดตาก (บ้านตาก)	11516	10867	11486	-5.64%	-0.26%
จังหวัดตาก (ระมาด)	10311	8906	9757	-13.63%	-5.37%
จังหวัดลำปาง (แม่เมาะ)					
ตัวอย่างที่ 1 ไม่คัดขนาด	8808	7274	8335	-17.41%	-5.37%
ตัวอย่างที่ 2 หลายขนาดรวมกัน	9587	8542	9207	-10.90%	-3.96%
ตัวอย่างที่ 3 ขนาดกลาง	8249	6242	7375	-24.33%	-10.60%
ตัวอย่างที่ 4 ขนาด 1 มม.	9678	8745	9537	-9.64%	-1.45%
ตัวอย่างที่ 5 เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)	9411	8565	9398	-8.99%	-0.13%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความร้อนเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลอง และจากการคำนวณจากตัวอย่างที่คำนวณเอาสารอนินทรีย์ออก

แหล่ง	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าที่ได้จากสมการของ Dulong	ค่าที่ได้จากสมการของ Boie	% ความแตกต่างจากสมการของ Dulong	% ความแตกต่างจากสมการของ Boie
จังหวัดกระบี่	7554	5849	7031	-22.69%	-6.92%
จังหวัดเลย	13797	13982	14384	+1.34%	+4.25%
จังหวัดลำพูน (บ้านป่าคา)	9018	7883	8800	-12.56%	-2.42%
จังหวัดตาก (บ้านตาก)	11876	11448	11994	-3.61%	+0.99%
จังหวัดตาก (ระมาด)	10613	9394	10184	-11.48%	-4.05%
จังหวัดลำปาง (แม่เมาะ)					
ตัวอย่างที่ 1 ไม่คัดขนาด	8894	7421	8463	-16.56%	-4.84%
ตัวอย่างที่ 2 หลายขนาดรวมกัน	9943	8911	9729	-10.38%	-2.16%
ตัวอย่างที่ 3 ขนาดกลาง	8628	6886	7933	-20.19%	-8.05%
ตัวอย่างที่ 4 ขนาด 1 มม.	10623	10361	10939	-2.46%	+2.97%
ตัวอย่างที่ 5 เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)	10273	10061	10697	-2.07%	+4.13%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองจากการวิเคราะห์องค์ประกอบในเถ้าถ่านหิน

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบหลักในเถ้าถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศไทย โดยใช้หลายเทคนิคด้วยกัน แต่ก็ได้ผลออกมาใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.12 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในเถ้าถ่านหินมีปริมาณของ SiO_2 อยู่ในช่วง 36.09-52.77% โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารตัวอย่างที่มี SiO_2 สูงสุดนั้นเป็นเศษถ่านจากแหล่งแม่เมาะ ดังนั้นส่วนหนึ่งของ SiO_2 อาจจะมาจากดินทรายที่ติดมาด้วยก็ได้ เพราะตัวอย่างอื่นในแหล่งเดียวกันมี SiO_2 น้อยกว่าเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ปริมาณของ SiO_2 ที่มีในเถ้าถ่านหิน เมื่อพิจารณาแล้วก็ไม่แตกต่างกันมากจนเกินไป ยกเว้นถ่านหินจากแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นตัวอย่างไม่คัดขนาด มีปริมาณ SiO_2 ต่ำมาก คือ 7.09% ซึ่งถ้าดูผลการวิเคราะห์ธาตุอื่น ๆ จะพบว่าแตกต่างจากตัวอย่างถ่านหินของแหล่งอื่นด้วย ในลักษณะที่ตรงกันข้ามประกอบกับข้อมูลอย่างอื่นที่ได้กล่าวมาแล้ว พิจารณาได้ว่าปริมาณของธาตุต่าง ๆ นั้น น่าจะเป็นองค์ประกอบของท่อนไม้ที่กลายเป็นถ่านหินมากกว่าที่จะเกิดการทับถมของฟีซ สำหรับ Al_2O_3 นั้น พบว่ามีปริมาณอยู่ในช่วง 19.36-31.67% แต่ตัวอย่างไม่คัดขนาดจากแม่เมาะก็มี Al_2O_3 น้อยมาก คือ 4.8% เช่นเดียวกับ SiO_2 สำหรับในกรณีของ Fe_2O_3 มีค่าอยู่ในช่วง 5.7-6.99% ซึ่งนับว่าใกล้เคียงกันยกเว้นถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ และบ้านป่าคา จังหวัดลำพูน รวมทั้งถ่านหินตัวอย่างไม่คัดขนาดจากแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 14.35-17.74% สำหรับปริมาณของ MgO โดยทั่วไปถ่านหินจะมีปริมาณ MgO อยู่ในช่วง 0.99-2.57% แต่ถ่านหินตัวอย่างไม่คัดขนาดจากแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีปริมาณ MgO สูงถึง 9.49% ปริมาณของ CaO ก็เช่นเดียวกัน ปริมาณโดยเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 1.26-8.33% ยกเว้นตัวอย่างไม่คัดขนาดจากแหล่งแม่เมาะ มีสูงถึง 23.50% ปริมาณของ K_2O มีอยู่ในช่วง 1.42-3.04% สำหรับ Na_2O มีอยู่ในช่วง 0.28-0.88% และ P_2O_5 มีอยู่ในช่วง 0.05-0.50%

เถ้าถ่านหินมีความสำคัญมาก เพราะเป็นตัวก่อให้เกิดปัญหาในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่นำถ่านหินไปใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยที่เถ้าถ่านหินทำให้เกิดกากซึ่งไปเกาะติดที่อุปกรณ์ในการเผาไหม้ ซึ่งกำจัดออกยากทำให้สูญเสียพลังงาน และเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดออก ในเถ้าถ่านหินที่มีสารประกอบเหล็กมาก ซึ่งจากการทดลองตัวอย่างที่มีปริมาณ Fe มาก มีอยู่ 3 ตัวอย่าง คือ ถ่านหินจากบ้านป่าคา จังหวัดลำพูน ถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ และถ่านหินตัวอย่างแม่เมาะไม่คัดขนาด จังหวัดลำปาง และทั้ง 3 ตัวอย่างมีปริมาณกำมะถันสูงด้วย สารประกอบเหล็กส่วนหนึ่งจะอยู่ในรูปไพไรต์ ซึ่งในขณะที่เกิดการเผาไหม้ FeS_2 ทำปฏิกิริยากับ O_2 เกิด Fe_2O_3 และ SO_2 ซึ่ง Fe_2O_3 จะถูกรีดิวซ์ให้มีปริมาณ O_2 น้อยลง เป็น Fe_3O_4, FeO หรือ

โลหะเหล็กเกาะติดอยู่ส่วนล่างของเตาเผา ซึ่งกำจัดออกได้ยากไม่ว่าในขณะร้อนหรือเย็น สำหรับ SO_2 จะรวมตัวกับ Na และ K ในเถ้าถ่านหิน เกิดสารประกอบ $(Na, K)_3 Al(SO_4)_3$ เป็นแถบสีขาวเกาะอยู่ที่ท่อหรือหม้อน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดกร่อนขึ้นได้ นอกจากนี้เถ้าถ่านหินส่วนที่ฟุ้งกระจายได้เป็นผงเถ้าไปเกาะติดอยู่กับอุปกรณ์ในการเผาไหม้ จำเป็นต้องกำจัดออกโดยการออกแบบอุปกรณ์ในการเป่า (soot blower) เพื่อเป่าให้ผงเถ้าหลุดออกไป สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาในการใช้งาน ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงต้องรู้ถึงคุณสมบัติและปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ในเถ้าถ่านหิน เช่น ความเป็นกรด, ความเป็นเบส, จุดหลอมเหลว และความหนืดขององค์ประกอบออกไซด์ต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำมาพิจารณาในการแก้ปัญหากำจัดกากออกจากเตาเผาได้

สำหรับธาตุที่มีปริมาณน้อยในถ่านหิน เป็นส่วนหนึ่งของสารอนินทรีย์เมื่อมีการเผาไหม้ ธาตุเหล่านี้จะถูกปล่อยออกมา อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุที่มีปริมาณน้อยนี้จึงมีความสำคัญ ในการทดลองหาธาตุที่มีปริมาณน้อย พบว่ามีธาตุ Ni และ Pb ในปริมาณน้อยมาก สำหรับธาตุ Zn, Cu, Mn และ Cr พบว่ามีปริมาณต่าง ๆ กันในแต่ละตัวอย่าง ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.11 ในการแสดงปริมาณธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ โดยทั่วไปกล่าวถึงในรูปปริมาณธาตุในตัวอย่างถ่านหิน พบว่าสำหรับ Zn ตัวอย่างไม่คัดขนาดจากแม่เมาะ จังหวัดลำปางจะมีปริมาณน้อยที่สุด คือ 3.77 ไมโครกรัม/กรัม สำหรับแม่เมาะตัวอย่างอื่น ๆ มีปริมาณ Zn อยู่ในช่วง 65.33-100.17 ไมโครกรัม/กรัม นอกจากนี้พบว่าตัวอย่างจากจังหวัดอื่น ๆ มีปริมาณ Zn อยู่ในช่วง 18.86-37.71 ไมโครกรัม/กรัม สำหรับปริมาณ Cu ในตัวอย่างถ่านหินมีปริมาณน้อยที่สุดคือ ตัวอย่างไม่คัดขนาดจากแม่เมาะ จังหวัดลำปาง แต่ถ่านหินตัวอย่างอื่น ๆ จากแม่เมาะอยู่ในช่วง 87-101.61 ไมโครกรัม/กรัม และปริมาณ Cu จากจังหวัดอื่น ๆ จะอยู่ในช่วง 7.25-78.50 ไมโครกรัม/กรัม สำหรับ Mn พบว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยมีมากที่สุด คือ 414.76 ไมโครกรัม/กรัม และถ่านหินตัวอย่างไม่คัดขนาดจากแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จะมี Mn น้อยที่สุด คือ 16.32 ไมโครกรัม/กรัม แต่ตัวอย่างอีก 4 ตัวอย่างจากแม่เมาะ จังหวัดลำปางมี Mn ค่อนข้างมากอยู่ในช่วง 63.24-120.50 ไมโครกรัม/กรัม สำหรับถ่านหินจากจังหวัดอื่น ๆ อยู่ในช่วง 17.02-78.19 ไมโครกรัม/กรัม สำหรับ Cr พบว่าถ่านหินตัวอย่างไม่คัดขนาดจากแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีปริมาณน้อยที่สุด คือ 2.84 ไมโครกรัม/กรัม และถ่านหินจากจังหวัดเลยมี Cr มากที่สุด คือ 61.26 ไมโครกรัม/กรัม สำหรับถ่านหินตัวอย่างอื่น ๆ อยู่ในช่วง 10.26-52.41 ไมโครกรัม/กรัม โดยสรุปแล้ว ถ่านหินตัวอย่างไม่คัดขนาดจากแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีปริมาณธาตุเหล่านี้น้อยที่สุด และจะเห็นได้ว่า ถ้าจะพิจารณากันถึงคุณภาพถ่านหินจาก

แหล่งเหล่านี้โดยดูจากปริมาณเถ้า และปริมาณของธาตุต่าง ๆ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาในการใช้งาน จะเห็นได้ว่า ถ่านหินจากบ้านป่าคา จังหวัดลำพูน เป็นถ่านหินที่ดีที่สุด รองลงมาก็เป็นถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ และจากจังหวัดตาก ตามลำดับ แต่เนื่องจากทั้งถ่านหินจากบ้านป่าคา จังหวัดลำพูน และถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ มีปริมาณกำมะถันสูง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาอากาศเป็นพิษเนื่องจากกำมะถันไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเวลาเผา ดังนั้นถ้านำปัญหานี้เข้ามาพิจารณาร่วมกับปริมาณเถ้าด้วยแล้ว ถ่านหินจากจังหวัดตากจัดเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีที่สุด

4.7 สรุป และวิจารณ์ผลการทดลองจากการสกัดถ่านหินด้วยสารละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

จากผลของการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารที่ได้จากการสกัดถ่านหินด้วยสารละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ นั้น ต้องการศึกษาดูองค์ประกอบทางเคมีทั่ว ๆ ไปว่าแต่ละส่วนที่ได้จากการสกัดเป็นสารประเภทใด มีมากน้อยเพียงใด เพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการศึกษาเกี่ยวกับความสมบูรณ์ของการเป็นถ่านหิน และดูลักษณะเฉพาะของถ่านหินในแต่ละแหล่งด้วย ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.15 ซึ่งมีการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ สกัดด้วยเฮกเซน เป็นเวลา 16 ชั่วโมง แต่สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล และเมทิลีนคลอไรด์เป็นเวลา 32 ชั่วโมง

การสกัดด้วยเฮกเซนนั้น ส่วนใหญ่จะได้สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอะลิแฟติกไฮโดรคาร์บอน ส่วนที่สกัดออกมาได้นี้มีปริมาณน้อยกว่าส่วนที่สกัดได้จากสารละลายอินทรีย์อีก 2 ชนิด แหล่งถ่านหินที่มีสารประกอบพวกนี้มากที่สุดได้แก่ถ่านหินจากแหล่งบ้านป่าคา จังหวัดลำพูน คือมีถึง 1.15% รองลงไปเป็นถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ ซึ่งมี 0.61% ส่วนแหล่งอื่น ๆ มีอยู่ในช่วง 0.13-0.48% สำหรับถ่านหินจากจังหวัดเลยมีส่วนที่ถูกสกัดออกมาได้เพียง 0.13% ซึ่งน้อยมาก แสดงว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยมีคุณภาพดีที่สุด รองลงมาคือ ถ่านหินจากจังหวัดตาก ซึ่งมีอยู่ 0.2-0.24% จากค่าเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า ถ่านหินที่มีการสะสมมาเป็นเวลานาน หรือมีความสมบูรณ์ของการเป็นถ่านหินมากกว่า ผลิตภัณฑ์ที่สกัดออกมาได้จะมีปริมาณน้อยเนื่องจากถ่านหินได้รับความร้อนและความดันในขณะที่ฝังตัวอยู่ใต้พื้นโลก แล้วเกิดการแตกพันธะของส่วนเชื่อมโยงในโครงสร้างของถ่านหิน หมู่ที่ทำหน้าที่เฉพาะต่าง ๆ จะระเหยออกไป และเกิดการรวมตัวเพิ่มความเป็นอะโรมาติกมากขึ้น ดังนั้นถ่านหินที่มีคุณภาพดีจึงมีผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดส่วนนี้น้อย

เมื่อพิจารณาจากส่วนที่สกัดได้ด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล นั้น ปรากฏว่าได้ผลิตภัณฑ์มากกว่าส่วนที่สกัดด้วยเฮกเซนหลายเท่าตัว และผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบประเภทโพลาร์อะโรมาติกที่มีหมู่ทำหน้าที่เฉพาะมาก เมื่อพิจารณาจากแหล่งต่าง ๆ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้

จากถ่านหินของจังหวัดลำพูนมีปริมาณมากที่สุดคือ 7.36% รองลงไปเป็นถ่านหินจากจังหวัดกระบี่ คือ 7.15% และที่น้อยที่สุดเป็นถ่านหินจากจังหวัดเลย คือ 0.08% ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดจากแหล่งอื่น ๆ จะมีปริมาณอยู่ในช่วง 2.56-4.71% โดยทั่วไปจะเห็นได้ว่าปริมาณที่สกัดได้จากแหล่งต่าง ๆ คล้ายกับผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้จากเฮกเซนคือ แหล่งที่สกัดได้มากที่สุดก็ยังคงได้มากที่สุด สำหรับแหล่งที่ได้ปริมาณน้อยที่สุด ก็ยังคงได้น้อยที่สุดเหมือนกัน

สำหรับการสกัดถ่านหินด้วยเมทิลีนคลอไรด์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดเป็นสารประกอบโพลาร์แต่น้อยกว่าส่วนที่สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล ปริมาณสารที่สกัดได้จึงน้อยกว่าส่วนที่ 2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายนี้ พบว่าปริมาณที่สกัดได้จากถ่านหินของจังหวัดลำพูนยังคงมากที่สุดเช่นเดิม และปริมาณที่สกัดได้จากถ่านหินของจังหวัดเลยยังคงน้อยที่สุดเช่นเดียวกัน แต่ปริมาณที่สกัดได้จากถ่านหินของจังหวัดกระบี่จะมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณที่สกัดได้จากถ่านหินของจังหวัดลำปางแหล่งแม่เมาะ อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่ในถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ เหล่านี้ ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบพวกโพลาร์อะโรมาติก

ในการศึกษาหาองค์ประกอบในแต่ละส่วนที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ กันนั้น โดยนำไปแยกออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟี และใช้ซิลิกาเจลเป็นตัวดูดซับ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดใส่ลงไปในคอลัมน์ แล้วทำการชะล้างด้วยตัวทำละลายเฮกเซน เบนซีน เบนซีน-เมทานอล และเมทานอล ปริมาณที่ได้ในแต่ละส่วนแสดงอยู่ในตารางที่ 3.18 เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าในส่วนที่ 1 แสดงถึงปริมาณของสารประกอบพวกอะลิแฟติก ส่วนที่ 2 แสดงถึงปริมาณของสารประกอบพวกอะโรมาติก สำหรับส่วนที่ 3 และ 4 แสดงถึงปริมาณของสารประกอบพวกโพลาร์ ซึ่งมีหมู่ทำหน้าที่เฉพาะมาก พบว่าแหล่งถ่านหินจากจังหวัดกระบี่มีส่วนที่ 1, 2, 3 และ 4 ใกล้เคียงกันทั้ง 4 ส่วน ส่วนของจังหวัดลำพูนมีส่วนที่ 3 และ 4 รวมกันมากกว่าส่วนที่ 1 และ 2 รวมกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ่านหินจากจังหวัดลำพูนมีความสมบูรณ์ของการเป็นถ่านหินน้อย แต่ในทางตรงข้าม ถ่านหินจากจังหวัดเลยจะมีปริมาณของส่วนที่ 1 และ 2 มากกว่าส่วนที่ 3 และ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ่านหินจากจังหวัดเลยเป็นถ่านหินชนิดดีกว่า มีความสมบูรณ์ของการเป็นถ่านหินมากกว่าแหล่งอื่น สำหรับถ่านหินจากจังหวัดตาก จะมีปริมาณของส่วนที่ 1 และ 2 มากกว่าส่วนที่ 3 และ 4 คล้ายกับถ่านหินจากจังหวัดเลย แต่มีปริมาณที่สกัดได้มากกว่า ซึ่งกล่าวได้ว่าถ่านหินจากจังหวัดตากเป็นถ่านหินชนิดดี รองลงมาจากจังหวัดเลย และสำหรับถ่านหินจากจังหวัดลำปาง มีปริมาณส่วนที่ 1 และ 2 น้อยกว่าส่วนที่ 3 และ 4 คล้ายกับถ่านหินจากจังหวัดลำพูน แต่ส่วนที่สกัดได้จากถ่านหินด้วยตัวทำละลายเฮกเซนของจังหวัดลำปาง

ได้น้อยกว่าประมาณครึ่งหนึ่งของจังหวัดลำพูน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ่านหินของจังหวัดลำปางน่าจะมีโครงสร้างที่ต่างกัน ทั้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์โดยประมาณและค่าความร้อน ถ้าพิจารณากราฟแท่งดังแสดงในรูปที่ 3.16 จะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์ที่สกัดได้มีปริมาณของสารในแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน (กราฟแท่งมีลักษณะแตกต่างกัน) ถ้าถ่านหินมาจากแหล่งเดียวกัน ลักษณะของรูปกราฟจะคล้ายกัน เช่น จากรูป ก ถึง จ เป็นถ่านหินจากแหล่งแม่เมาะมีลักษณะของกราฟแท่งเหมือนกัน หรือจากจังหวัดตาก คือรูป ญ, ฎ ก็มีลักษณะเหมือนกัน สำหรับถ่านหินแหล่งแม่เมาะ และแหล่งบ้านป่าคา จะมีการกระจายคล้าย ๆ กัน คือมีส่วนที่เป็นสารประกอบโพลาร์มากที่สุด

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล เมื่อนำไปแยกเป็นส่วนย่อย ๆ ด้วยคอลัมน์ซิลิกาเจล แล้วชะล้างด้วยตัวทำละลายถึง 7 ชนิด ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.19 จะเห็นได้ว่าสารที่สกัดออกมาได้นั้นเป็นสารพวกที่โมเลกุลมีหมู่ทำหน้าที่เฉพาะมากคือส่วนที่ 6 มากที่สุด รองลงมาเป็นสารประกอบพวกโมโนฟีนอล คือส่วนที่ 4 และถัดมาเป็นสารประกอบพวกเบสิกไนโตรเจน เฮเทอโรไซคลิกคือส่วนที่ 5 นอกจากนี้จากกราฟแท่งในรูปที่ 3.17 ซึ่งแสดงการกระจายของสารอินทรีย์ พบว่าถ้าถ่านหินมาจากแหล่งเดียวกัน จะมีแบบอย่างคล้ายกัน สำหรับกราฟแท่งของจังหวัดเลยแตกต่างออกไป และมีปริมาณน้อยด้วย ผลการวิเคราะห์ที่เหมือนกันทุก ๆ แหล่งคือ ส่วนที่ 2 ซึ่งชะล้างด้วยเฮกเซน/15% โทลูอีน สารประกอบที่ถูกชะล้างออกมาเป็นพวกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนมีปริมาณน้อยที่สุด ยกเว้นถ่านหินจากจังหวัดเลยที่ต่างจากแหล่งอื่น ๆ สำหรับส่วนที่ 3 ที่ถูกชะล้างด้วยคลอโรฟอร์ม เป็นสารประกอบพวกโพลาร์อะโรมาติก โดยเฉลี่ยมีปริมาณของส่วนนี้ไม่มากนัก จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า ถ่านหินจากแหล่งจังหวัดเลยเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีที่สุด เพราะมีสารประกอบพวกที่มีหมู่ทำหน้าที่เฉพาะในโครงสร้างของถ่านหินน้อยที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงการวิวัฒนาการของการเป็นถ่านหินมีมากกว่า สำหรับถ่านหินคุณภาพต่ำที่สุดได้แก่ถ่านหินจากแหล่งจังหวัดลำพูน (บ้านป่าคา) และจากจังหวัดกระบี่ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ในแต่ละตัวอย่างของแหล่งเดียวกันจะคล้ายกัน และการกระจายของสารแต่ละประเภทของตัวอย่างถ้ามาจากแหล่งเดียวกันก็จะมีแบบอย่างคล้ายกัน

ในกรณีที่นำส่วนที่สกัดได้โดยใช้เมทิลีนคลอไรด์ไปแยกออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยใช้สารละลายชะล้าง 7 ชนิดเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 3.20 และ รูปที่ 3.18 พบว่าส่วนที่แยกออกมาได้มากที่สุดเป็นส่วนที่ 4 ซึ่งเป็นสารพวกโมโนฟีนอล รองลงมาเป็นส่วนที่ 6 ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีหมู่ทำหน้าที่เฉพาะมาก จากกราฟแท่งตามรูปที่ 3.18 ซึ่งแสดงการกระจายของสารประกอบแต่ละประเภทในถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ การกระจายของสารประกอบเป็นไปใน

แบบอย่างเดียวกัน ยกเว้นถ่านหินจากจังหวัดเลย ซึ่งในส่วนที่ 3 มีสารประกอบพวกโพลาร์อะโรมาติกมากที่สุด รองลงมาเป็นส่วนที่ 6 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกราฟแท่งในรูปที่ 3.17 และ 3.18 จะเห็นได้ว่า ส่วนที่ 6 ในรูปที่ 3.17 มากกว่าส่วนที่ 6 ในรูปที่ 3.18 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในการสกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล มีความเป็นอะโรมาติกและโพลาร์มากกว่าเมทิลีนคลอไรด์ จึงสกัดเอาสารประเภทที่อยู่ในกลุ่มนี้ออกมาได้มากกว่า

ในการศึกษาหาองค์ประกอบของสารประเภทต่าง ๆ ที่ได้จากการชะล้างแต่ละส่วนด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ นั้น เป็นเรื่องที่ยุ่งยากซับซ้อนมาก เพราะมีสารประกอบประเภทต่าง ๆ ปนอยู่มาก และเป็นงานที่ต้องใช้เวลาและงบประมาณมาก ตลอดจนเทคนิคในการวิเคราะห์ก็จะต้องใช้หลายอย่างด้วย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาเฉพาะส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนที่ชะล้างด้วยเฮกเซนเท่านั้น ในการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ได้จากการชะล้างด้วยเฮกเซนจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด องค์ประกอบเหล่านี้จัดว่าเป็นสารพวกอะลิแฟติก ไฮโดรคาร์บอน ประกอบด้วยอัลเคนไฮโดรคาร์บอนที่เป็นนอร์มัล-พาราฟินิก และที่เป็นโซ่กิ่ง ไฮโดรคาร์บอน รวมทั้งพวกไซโคอัลเคน ผลิตภัณฑ์ส่วนนี้นำไปวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทาง gas chromatography ด้วยคอลัมน์ OV 101 capillary ยาว 25 เมตร โดยใช้สภาวะในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.21 แล้วทำการวิเคราะห์โดยเทียบกับสารมาตรฐาน และจากการสไปค์ ได้โครมาโตแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.20-3.29 จะเห็นได้ว่าลักษณะของโครมาโตแกรมมีลักษณะเฉพาะซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละแหล่ง และถ้าเป็นแหล่งเดียวกัน ก็จะมีลักษณะเหมือนกัน แม้จะใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดชนิดต่างกันก็ตาม ซึ่งจากการทดลองนี้ทำให้เห็นได้ว่า จากการสกัดถ่านหินแล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วย gas chromatography สามารถให้โครมาโตแกรมเป็น finger print ใช้บอกแหล่งของถ่านหินได้ เพราะมีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งอย่างน้อยใช้สำหรับบอกแหล่งถ่านหินที่มีอยู่ในประเทศไทยขณะนี้

จากโครมาโตแกรมที่ได้นี้ สามารถนำไปหาค่า CPI ของถ่านหินแต่ละแหล่งได้ ผลของการคำนวณหาค่า CPI แสดงอยู่ในตารางที่ 3.22 ซึ่งจะเห็นว่าค่า CPI ของถ่านหินจากทุกแหล่งมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าความสมบูรณ์ของการเป็นถ่านหินยังไม่ดีนัก แต่แหล่งถ่านหินจากจังหวัดเลยมีค่า CPI ต่ำสุด และมีปริมาณของคาร์บอนอะตอมที่เป็นเลขคู่และเลขคี่ในโครมาโตแกรมในปริมาณเท่า ๆ กัน แสดงว่ามีความสมบูรณ์ของการเป็นถ่านหินมากกว่าแหล่งอื่น แต่ถ่านหินตัวอย่างแม่เมาะไม่ศัดขนาดของจังหวัดลำปาง มีปริมาณของคาร์บอนอะตอมที่เป็นเลขคี่มากกว่าเลขคู่ และมีค่า CPI อยู่ในช่วง 2.08-3.99 แสดงว่ามีความสมบูรณ์ของการเป็นถ่านหินน้อย และมีคุณภาพต่ำ

ซึ่งสนับสนุนผลการวิเคราะห์อื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าพิจารณาจากโครมาโตแกรมจะเห็นพีกของ C_{31} สูงเด่นมาก แสดงว่าซากพืชที่เปลี่ยนแปลงกลายเป็นถ่านหินยังไม่สมบูรณ์ ยังคงมีสภาพเป็นไม้อยู่มาก อย่างไรก็ดี ถ้าคำนวณค่า CPI โดยไม่รวม C_{31} และ C_{32} ได้ว่า CPI ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า CPI ของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ ซึ่งสกัดด้วยสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยคำนวณจากสูตร

$$CPI = \frac{1}{2}\left[\frac{\Sigma conc^{n}\ C_{19}-C_{29}}{\Sigma conc^{n}\ C_{18}-C_{28}} + \frac{\Sigma conc^{n}\ C_{19}-C_{29}}{\Sigma conc^{n}\ C_{20}-C_{30}}\right]$$

แหล่ง	Carbon preference index (CPI)		
	สกัดด้วย โทลูอีน/25% เอทานอล	สกัดด้วย เมทีลีนคลอไรด์	สกัดด้วย เฮกเซน
จังหวัดกระบี่	1.93	1.83	1.50
จังหวัดเลย	1.00	1.02	0.55
จังหวัดลำพูน (บ้านป่าคา)	1.10	1.01	1.14
จังหวัดตาก (บ้านตาก)	1.59	1.56	1.44
จังหวัดตาก (ระมาด)	1.67	1.62	1.43
จังหวัดลำปาง (แม่เมาะ)			
ตัวอย่างที่ 1 ไม่คัดขนาด	2.08	1.83	1.47
ตัวอย่างที่ 2 หลายขนาดรวมกัน	1.73	1.78	1.36
ตัวอย่างที่ 3 ขนาดกลาง	2.24	2.09	1.50
ตัวอย่างที่ 4 ขนาด 1 มม.	2.02	1.75	1.33
ตัวอย่างที่ 5 เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)	1.95	2.14	1.62

ค่า CPI ในตารางที่ 4.6 ไม่ต่างจากค่า CPI ในตารางที่ 3.22 มากนัก ยกเว้นตัวอย่างแม่เมาะไม่คัดขนาด จากจังหวัดลำปาง พบว่าค่า CPI ลดลงจาก 3.99 เป็น 2.08 สำหรับการสกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล, ลดลงจาก 3.09 เป็น 1.83 สำหรับการสกัดด้วยเมทิลีนคลอไรด์ และลดลงจาก 2.08 เป็น 1.47 สำหรับการสกัดด้วยเฮกเซน

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณของสารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของถ่านหิน ทั้งโดยประมาณ และโดยละเอียด รวมทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้นำผลเหล่านี้มาศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้ เพื่อที่จะดูว่าค่าเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับคุณภาพของถ่านหิน ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ทั้งหมดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และค่า CPI กับ ค่าความร้อน ปริมาณสารระเหย และ % คาร์บอนตามลำดับ ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 4.3-4.11 จะเห็นได้ว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ทั้งหมดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ มีความสัมพันธ์กันกับค่าความร้อนของถ่านหินคือ ถ้าค่าความร้อนของถ่านหินมีค่ามากปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์จะมีปริมาณน้อย ดังรูปที่ 4.3 และถ้าถ่านหินมี % คาร์บอนสูง ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์จะมีค่าน้อยด้วย ซึ่งลักษณะของความสัมพันธ์ของทั้งสอง พารามิเตอร์นี้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน และมีลักษณะคล้ายกัน ส่วนความสัมพันธ์ของ % ปริมาณสารระเหยได้ กับ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ทั้งหมดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ จะเป็นอีกลักษณะหนึ่ง คือ ถ้าปริมาณสารระเหยของถ่านหินมีค่ามาก ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ทั้งหมดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ก็จะมีปริมาณมากด้วย ดังรูปที่ 4.4

สำหรับค่า CPI ซึ่งได้มีผู้วิจัยนำมาใช้สำหรับบอกคุณภาพของถ่านหิน ดังนั้นจึงได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า CPI ของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ที่คำนวณได้ กับ ค่าความร้อน % คาร์บอน และ ปริมาณสารระเหยได้ตามลำดับดังรูปที่ 4.6-4.8 นอกจากนี้ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า CPI ที่ไม่รวม C_{31} และ C_{32} กับพารามิเตอร์ ดังกล่าวด้วย แสดงดังรูปที่ 4.9-4.11 จากความสัมพันธ์เหล่านี้ทำให้สามารถพิจารณาได้ว่า ถ้าค่า CPI น้อย ค่าความร้อนและค่า % คาร์บอนของถ่านหินจะมีค่ามากและเป็นไปในลักษณะเดียวกัน แต่ถ้าค่า CPI ของถ่านหินมีค่าน้อย ปริมาณของสารระเหยได้ก็จะน้อยด้วย ดังนั้น เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ผลการทดลองสามารถบ่งบอกได้ว่าคุณภาพของถ่านหินจากจังหวัดเลยมีคุณภาพดีกว่าถ่านหินจากแหล่งอื่น ตลอดทั้งความสมบูรณ์ของการเป็นถ่านหินก็ดีกว่าด้วย สำหรับถ่านหินจากแหล่งอื่น พบว่ามีคุณภาพพอ ๆ กัน

การศึกษาหาสารประกอบอินทรีย์โดยการสกัด และการใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟีนี้เป็นการทดลองที่ยังไม่มีรายงานสำหรับถ่านหินในประเทศไทย ผลของการศึกษานี้แม้ว่าจะเป็นเพียงการศึกษายั้นพื้นฐาน แต่จากผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่ได้นี้เมื่อนำมาพิจารณาจะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กัน และแสดงว่าอาจจะนำมาใช้เป็นแนวทางในการบอกคุณภาพของถ่านหินได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีถ่านหิน 2 ชนิด วิธีที่ง่ายที่จะบอกว่าถ่านหินชนิดใดมีคุณภาพดีกว่า ก็ให้นำมาสกัดด้วยเฮกเซน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี คำนวณค่า CPI หรือดูจาก finger print อาจบอกได้คร่าว ๆ ว่าถ่านหินชนิดใดดีกว่ากัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาในแนวทางนี้ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยคุณภาพของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณของสารต่าง ๆ ตลอดจนศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทำให้พบปัญหาที่ควรแก้ไขและควรดำเนินงานวิจัยดังข้อเสนอแนะต่อไปนี้

1. ในการเก็บตัวอย่างถ่านหิน เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการกำเนิด, สภาพแวดล้อมในการสะสมตัว จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างที่ความลึกต่าง ๆ กัน และทำการศึกษาทางธรณีวิทยาควบคู่กันไปด้วย เพื่อหาเหตุผลในการอธิบายให้สอดคล้องกับความจริงทางธรณีวิทยา

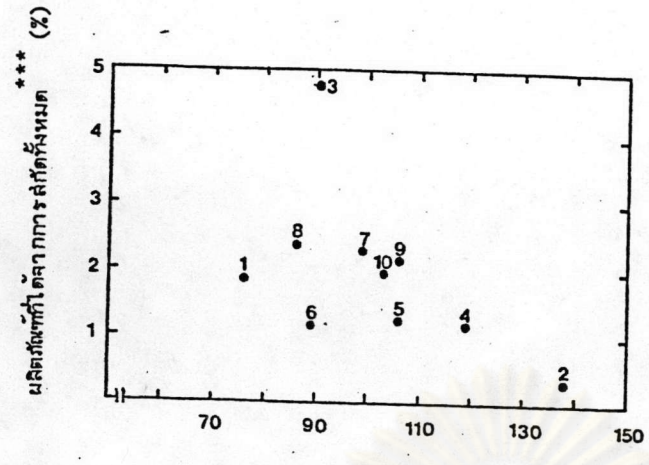
2. ในการสกัดถ่านหินด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ สำหรับตัวอย่างถ่านหินแม่เมาะไม่คัดขนาด จากจังหวัดลำปาง ให้โครมาโตแกรมที่ผิดปกติจากโครมาโตแกรมตัวอย่างอื่นซึ่งน่าที่จะมีการวิจัยต่อถึงลักษณะเฉพาะของตัวอย่างนี้

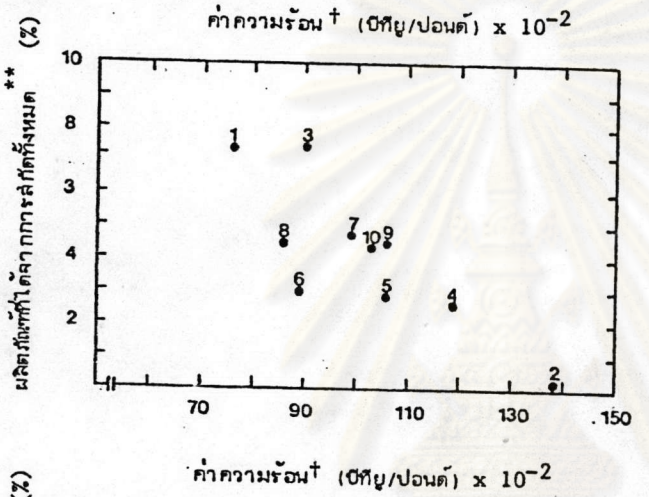
3. ในการแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดทั้งหมด ได้ทำการหาองค์ประกอบในส่วนที่เป็นนอร์มัล-พาราฟิน แต่สำหรับนอร์มัล-อัลเคนที่เป็นโซ่กิ่ง เป็นวงกลม และสารประกอบพวกไอโซพรีนอยด์นั้นยังไม่ได้ทำการวิเคราะห์ องค์ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญในการบอกถึงต้นกำเนิดและสภาวะในการสะสมตัวซึ่งน่าจะมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

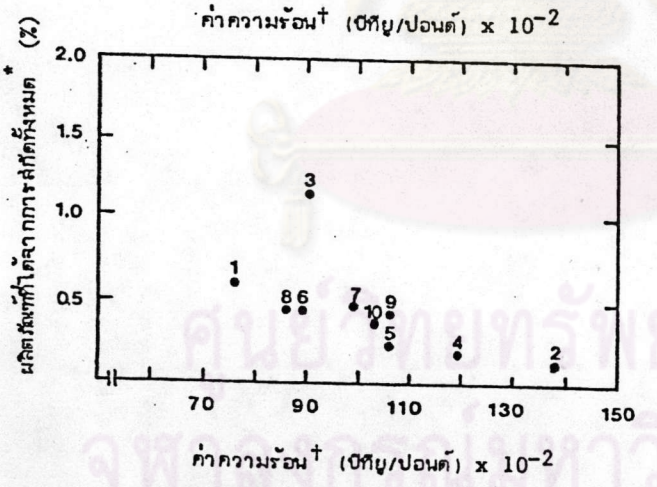
4. ในการหาองค์ประกอบในส่วนที่ชะล้างด้วย เฮกเซน/15% โทลูอีน, คลอโรฟอร์ม, คลอโรฟอร์ม/10% ไดเอทิลอีเทอร์, ไดเอทิลอีเทอร์/3% เอทานอล, เมทานอล และคลอโรฟอร์ม/3% เอทานอล ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำ เนื่องจากสารที่ถูกชะล้างออกมามีโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก ต้องใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง และงบประมาณในการวิเคราะห์มาก แต่องค์ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญ เพราะเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่พบในของเหลวที่

ได้จากถ่านหิน โดยขบวนการต่าง ๆ เช่น ขบวนการ SRC ขบวนการ liquefaction และขบวนการกลั่นสลายซึ่งสารเหล่านี้สามารถนำไปใช้ผลิตสารเคมี และใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ สมควรที่จะมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



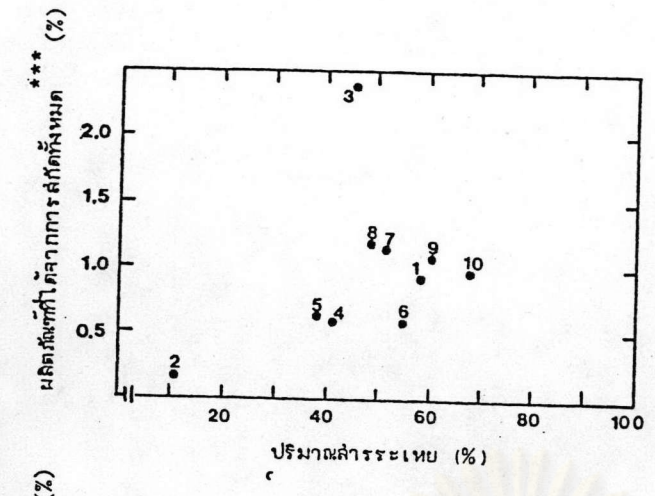


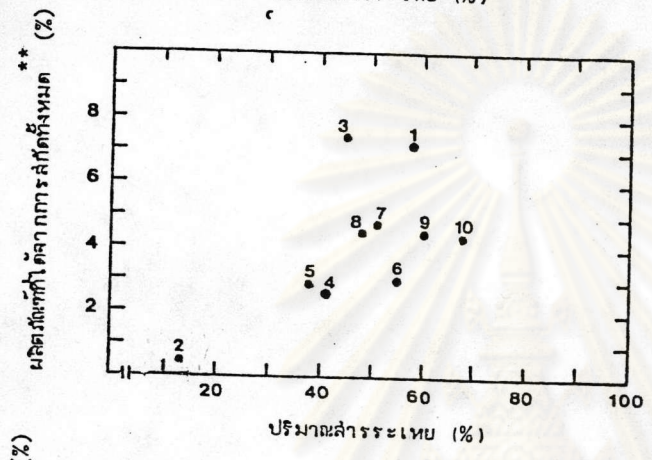


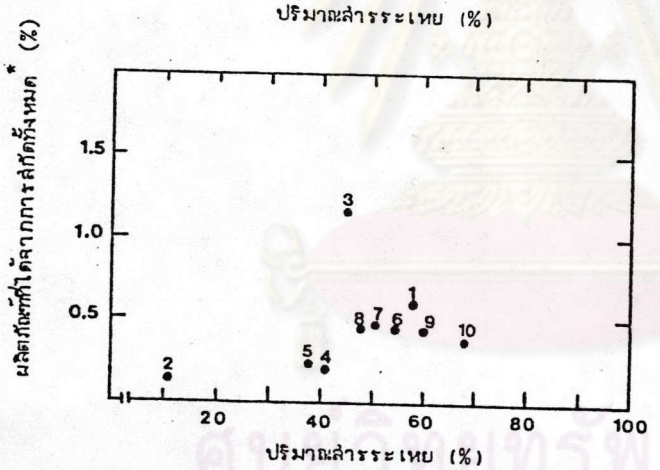
1 จังหวัดกระบี่
2 จังหวัดเลย
3 บ้านป่าคา จังหวัดสกลนคร
4 บ้านตาก จังหวัดตาก
5 ระมาด จังหวัดตาก
6 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไม่คัดขนาด
7 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หลายขนาดรวมกัน
8 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาดกลาง
9 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 1 มม.
10 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)

* สกัดด้วยเฮกเซน
** สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล
*** สกัดด้วยเมทิลีนคลอไรด์
† รวมความชื้น และไม่รวมสารอนินทรีย์

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดทั้งหมด





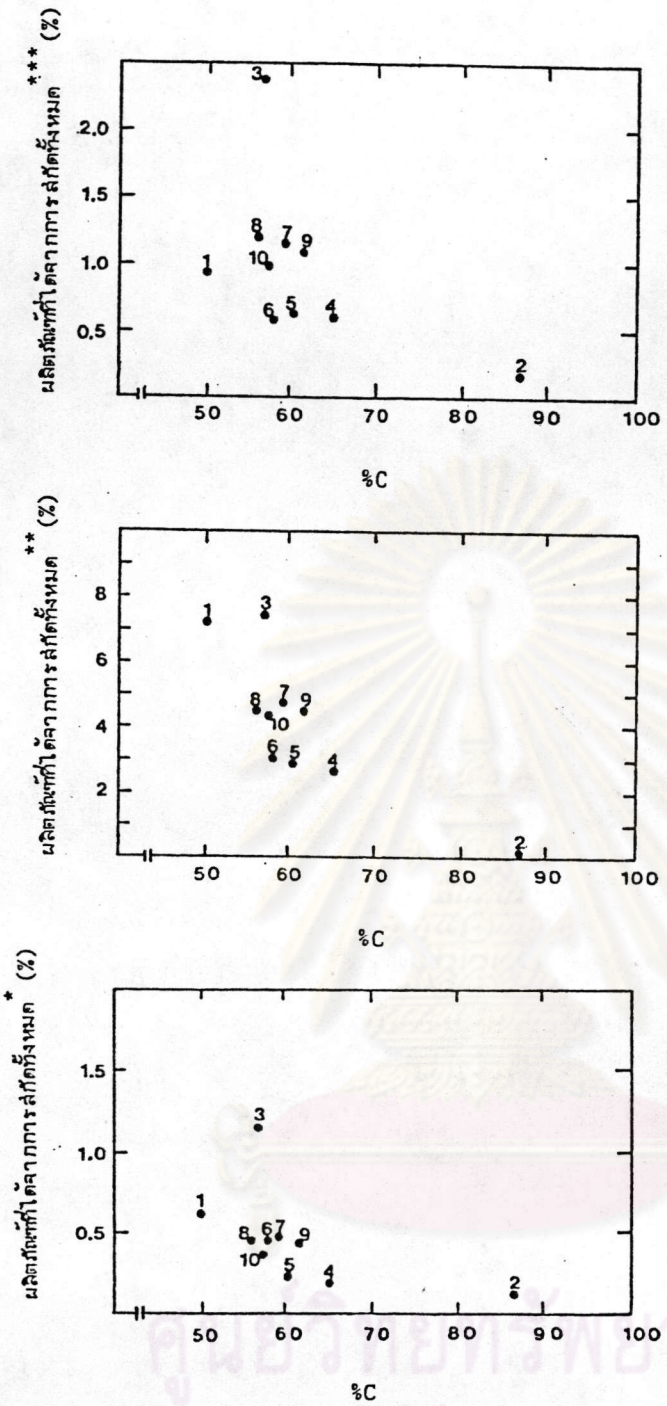


1 จังหวัดกระบี่
2 จังหวัดเลย
3 บ้านปาคา จังหวัดลำพูน
4 บ้านตาก จังหวัดตาก
5 ระมาด จังหวัดตาก
6 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไม่คัดขนาด
7 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หลายขนาดรวมกัน
8 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาดกลาง
9 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 1 มม.
10 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)

* สกัดด้วยเฮกเซน
** สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล
*** สกัดด้วยเมทีลีนคลอไรด์

รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสำรระเหยกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

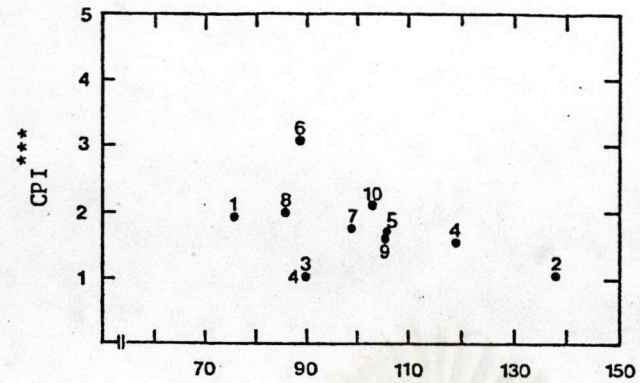


1 จังหวัดกระบี่
2 จังหวัดเลย
3 บ้านปาค่า จังหวัดลำพูน
4 บ้านตาก จังหวัดตาก
5 ระมาด จังหวัดตาก
6 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไม่คัดขนาด
7 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หลายขนาดรวมกัน
8 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาดกลาง
9 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 1 มม.
10 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)

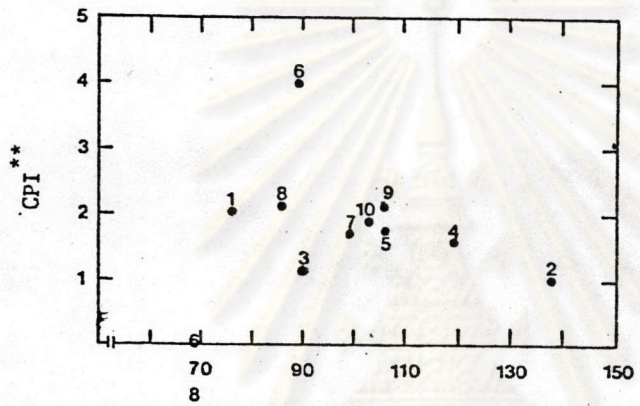
* สกัดด้วยเฮกเซน
** สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล
*** สกัดด้วยเมทิลีนคลอไรด์

รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %C กับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดทั้งหมด

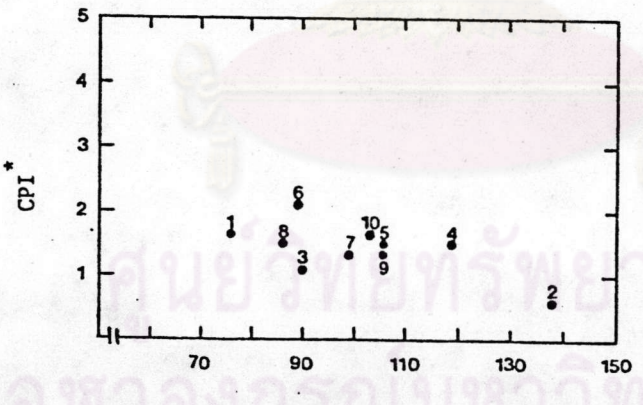
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค่าความร้อน† (บีทียู/ปอนด์) x 10^{-2}



ค่าความร้อน† (บีทียู/ปอนด์) x 10^{-2}

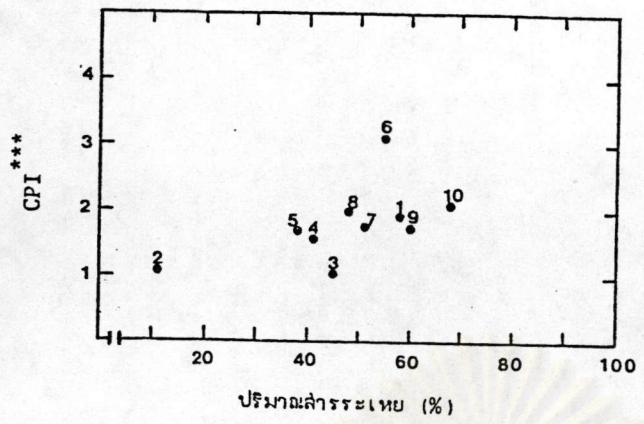


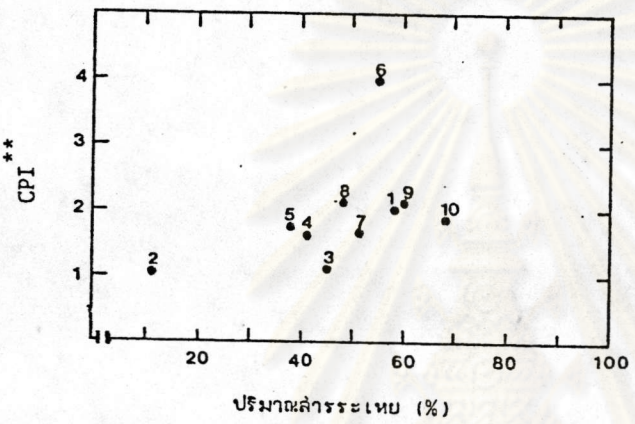
ค่าความร้อน† (บีทียู/ปอนด์) x 10^{-2}

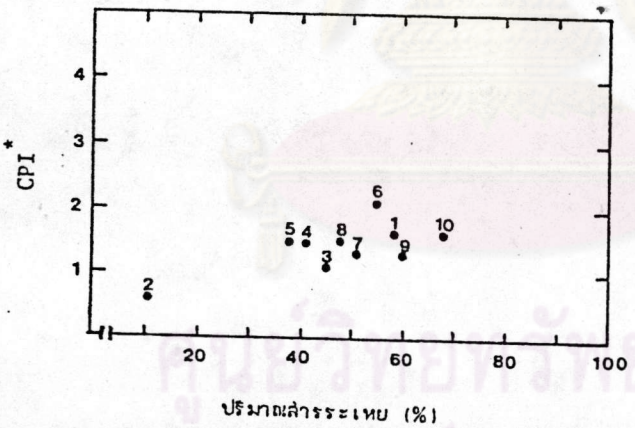
1 จังหวัดกระบี่
2 จังหวัดเลย
3 บ้านป่าคา จังหวัดลำพูน
4 บ้านตาก จังหวัดตาก
5 ระมาด จังหวัดตาก
6 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไม่คัดขนาด
7 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หลายขนาดรวมกัน
8 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาดกลาง
9 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 1 มม.
10 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)

*สกัดด้วยเฮกเซน
**สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล
***สกัดด้วยเมทีลีนคลอไรด์
†รวมความชื้น และไม่รวมสารอนินทรีย์

รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับค่า CPI



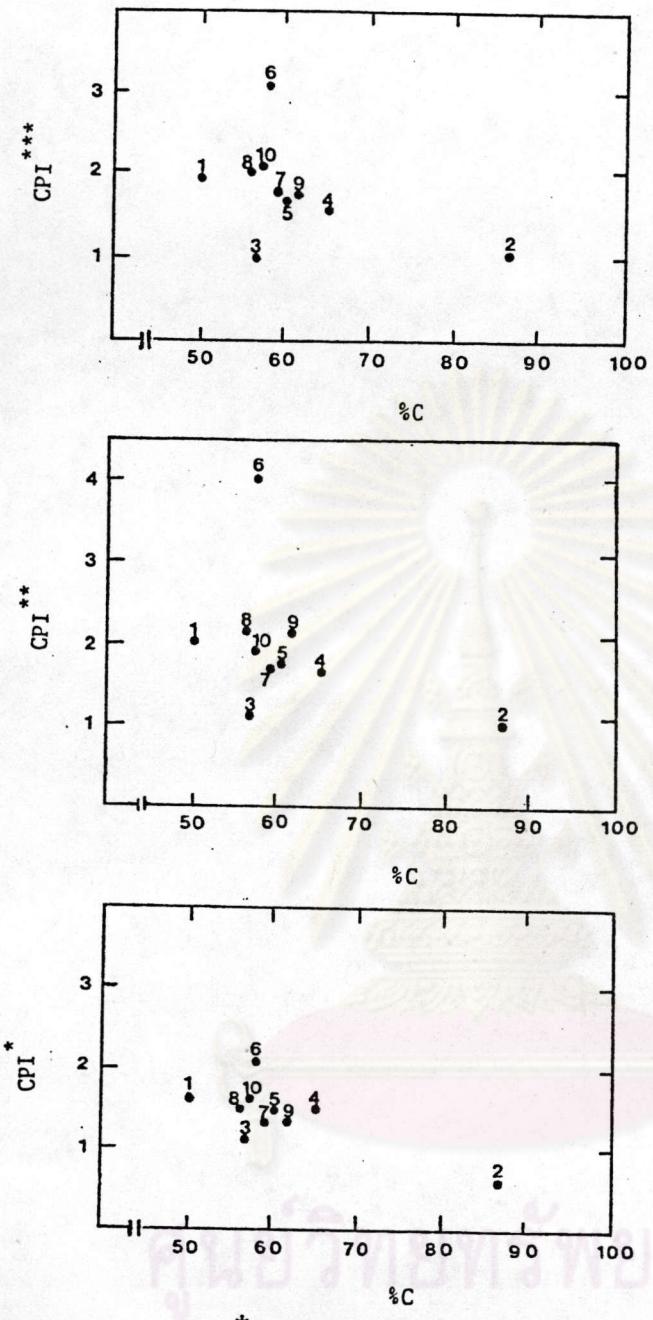




1 จังหวัดกระบี่
2 จังหวัดเลย
3 บ้านป่าคา จังหวัดลำพูน
4 บ้านตาก จังหวัดตาก
5 ระมาด จังหวัดตาก
6 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไม่คัดขนาด
7 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หลายขนาดรวมกัน
8 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาดกลาง
9 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 1 มม.
10 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)

* สกัดด้วยเฮกเซน
** สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล
*** สกัดด้วยเมทีลีนคลอไรด์

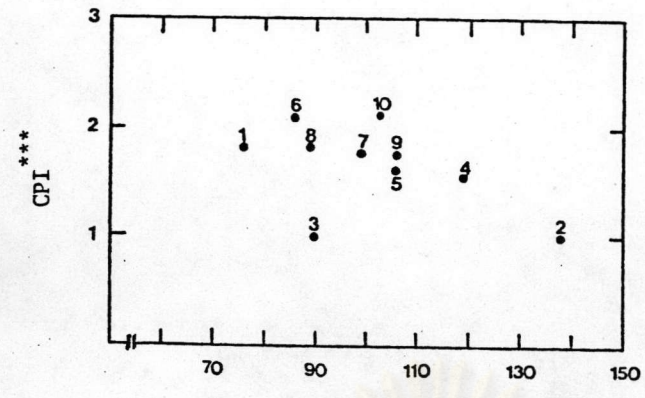
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารระเหย กับค่า CPI.

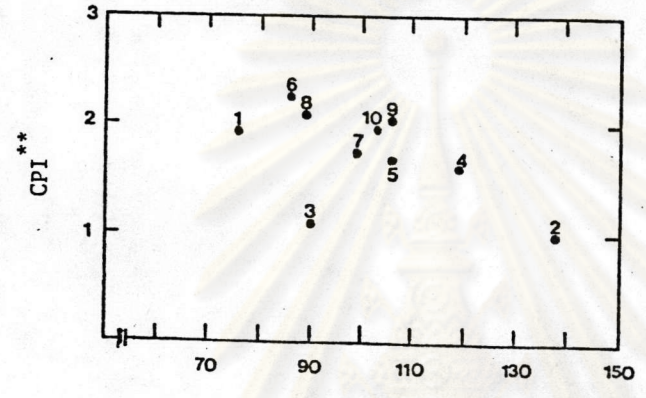


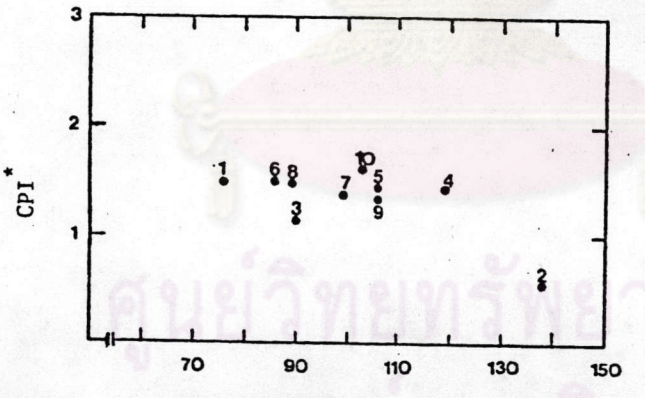
1 จังหวัดกระบี่
2 จังหวัดเลย
3 บ้านป่าคา จังหวัดลำพูน
4 บ้านตาก จังหวัดตาก
5 ระมาด จังหวัดตาก
6 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไม่คัดขนาด
7 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หลายขนาดรวมกัน
8 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาดกลาง
9 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 1 มม.
10 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)

* สกัดด้วยเฮกเซน
** สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล
*** สกัดด้วยเมทีลีนคลอไรด์

รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %C กับค่า CPI



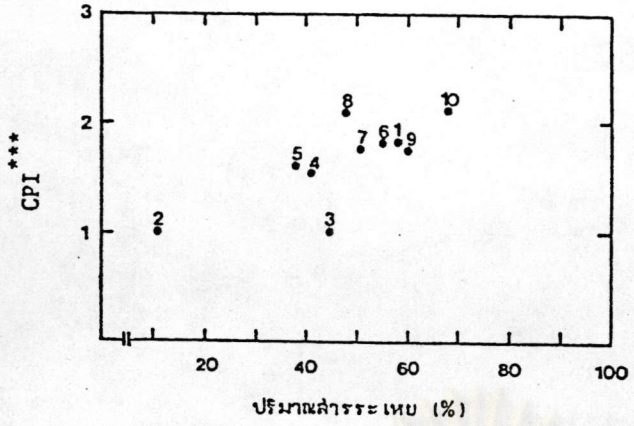


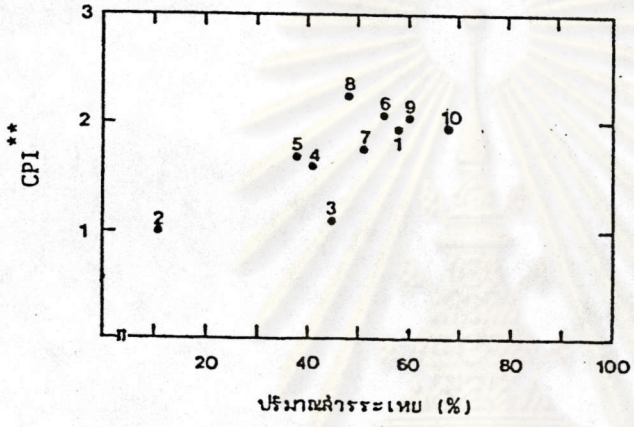


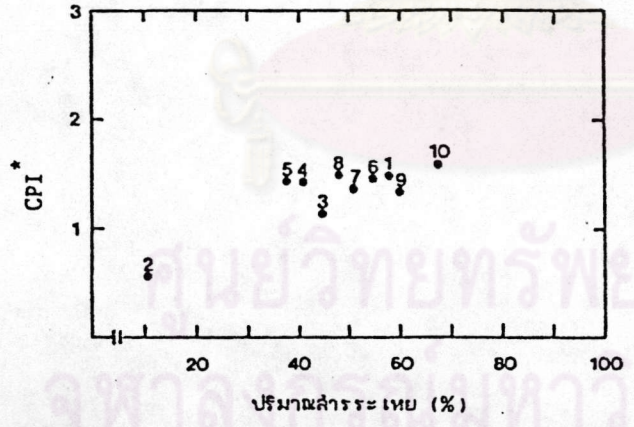
1 จังหวัดกระบี่
2 จังหวัดเลย
3 บ้านป่าคา จังหวัดลำพูน
4 บ้านตาก จังหวัดตาก
5 ระมาด จังหวัดตาก
6 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไม่คัดขนาด
7 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หลายขนาดรวมกัน
8 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาดกลาง
9 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 1 มม.
10 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)

*สกัดด้วยเฮกเซน
**สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล
***สกัดด้วยเมทิลีนคลอไรด์
†รวมความชื้น และไม่รวมสารอนินทรีย์

รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับค่า CPI (ไม่รวม C_{31} และ C_{32})





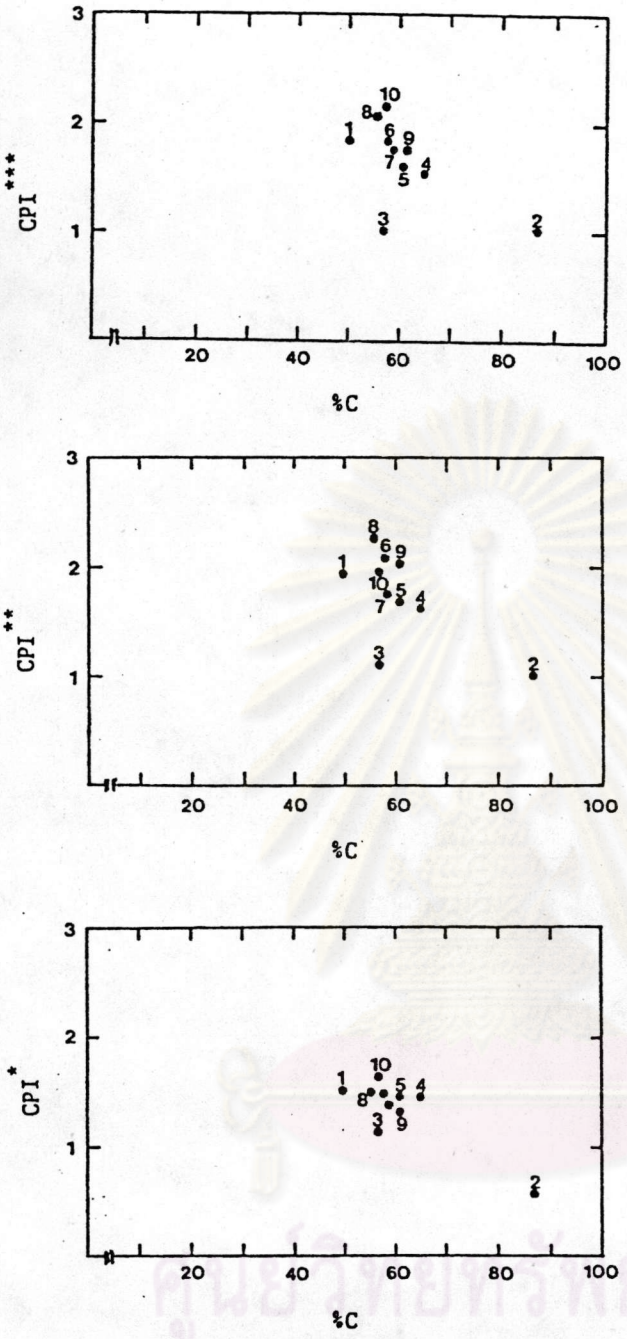


1 จังหวัดกระบี่
2 จังหวัดเลย
3 บ้านป่าคา จังหวัดลำพูน
4 บ้านตาก จังหวัดตาก
5 ระมาด จังหวัดตาก
6 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไม่คัดขนาด
7 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หลายขนาดรวมกัน
8 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาดกลาง
9 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 1 มม.
10 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)

* สกัดด้วยเฮกเซน
** สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล
*** สกัดด้วยเมทีลีนคลอไรด์

รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารระเหยกับค่า CPI (ไม่รวม C_{31} และ C_{32})

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1 จังหวัดกระบี่
2 จังหวัดเลย
3 บ้านป่าคา จังหวัดลำพูน
4 บ้านตาก จังหวัดตาก
5 ระมาด จังหวัดตาก
6 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไม่คัดขนาด
7 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หลายขนาดรวมกัน
8 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาดกลาง
9 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 1 มม.
10 แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เศษถ่าน (ขนาด >2 มม.)

* สกัดด้วยเฮกเซน
** สกัดด้วยโทลูอีน/25% เอทานอล
*** สกัดด้วยเมทิลีนคลอไรด์

รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า %C กับค่า CPI (ไม่รวม C_{31} และ C_{32})