



เนื่องจากงานวิจัยทางด้านคาร์บอนเฮกซันในประเทศไทยมุ่งที่ผลิตภัณฑ์ชาร์ และศึกษาสมบัติของชาร์ ซึ่งข้อมูลหรือการวิจัยของสมบัติของน้ำมันทาร์ และก๊าซยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษา Pyrolysis หรือคาร์บอนเฮกซันของถ่านหินแหล่งสำคัญในประเทศไทย เช่น ถ่านหินแม่เมาะ ลี กระจับปี่, ขนาดของอนุภาค 0.5-1 มม., 1-2 มม. และ > 2 มม. ว่า ถ่านหินแต่ละแหล่งนี้หลังคาร์บอนเฮกซันที่ช่วงอุณหภูมิ 400-900 ° ค. นั้นที่สภาวะอุณหภูมิ และ แหล่งใดที่เหมาะสมจะให้ปริมาณและสมบัติผลิตภัณฑ์ถ่านคาร์บอน ชาร์ น้ำมันทาร์ และก๊าซที่ดี โดยศึกษาสมบัติของถ่านคาร์บอน ชาร์ น้ำมันทาร์ และก๊าซที่ได้ดังนี้ คือ ผลิตภัณฑ์ของแข็งทำการวิเคราะห์โดยประมาณของถ่านหิน ก่อนคาร์บอนเฮกซัน และหลังคาร์บอนเฮกซันที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยหาความชื้น, สลักระเหย, เถ้า, กัมมะถัน และค่าความร้อน น้ำมันทาร์ศึกษาสมบัติของน้ำมันทาร์ คือ ความถ่วงจำเพาะ, กัมมะถัน, ค่าความร้อนและช่วงการกลั่นของน้ำมันทาร์ (Distillation method) รวมทั้งศึกษาส่วนประกอบของน้ำมันทาร์ (Solvent method) ในรูปของกลุ่ม Phenol, Tar Base และ Neutral oil ส่วนก๊าซทำการวิเคราะห์หองค์ประกอบของก๊าซ มีเทน, คาร์บอนมอนอกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์, อีเทน, อะเซททีลีน, โพรเพน, ออกซีเจน, ไนโตรเจน, ไฮโดรเจน, ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และค่าความร้อนของก๊าซ จากงานวิจัยนี้สามารถอธิบายและวิจารณ์ผลของการทดลองได้ดังต่อไปนี้

#### 4.1 ผลของอุณหภูมิและแหล่งถ่านหินต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นละลาย

ตารางที่ 4.1 แสดงสมบัติของถ่านหินของแหล่งต่าง ๆ ถ่านหินจากแหล่งแม่เมาะ กระจับปี่ และลี ขนาด 0.5-1 มม. ที่จะนำมาศึกษาคาร์บอนเฮกซันและผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อไป จากตัวอย่างถ่านหินเหล่านี้ถ่านหินจากลีเป็นถ่านหินเถ้าสูงและค่าความร้อนต่ำ ถ่านหินจากแม่เมาะมีเถ้าค่อนข้างต่ำ และค่าความร้อนสูงกว่า ถ่านหินจากกระจับปี่เป็นถ่านหินมีกัมมะถันมาก อย่างไรก็ตามตัวอย่างถ่านหินทั้งสามแหล่ง โดยดูจากค่าความร้อนสันได้ว่าเป็นถ่านหินชนิด Subbituminous

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของอุณหภูมิของการกลั่นละลายต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ของถ่านคาร์บอน ชาร์ ก๊าซ และน้ำมันทาร์ ที่ได้จากคาร์บอนเฮกซัน สำหรับถ่านหินแม่เมาะขนาด 0.5-1 มม. พบว่าเมื่ออุณหภูมิคาร์บอนเฮกซันเพิ่มขึ้นจาก 300 ° ค. เป็น 400 ° ค., 500 ° ค.,

600 °ซ., 900 °ซ. ได้ผลผลิตของถ่านคาร์บอนิลลดลงจาก 67.2 % เป็น 56.4 %, 54.5 %, 50.5 % และ 45.1 % ตามลำดับ ปริมาณของก๊าซที่เกิดจากก้นสลายมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2,000 ลบ.ซม. สำหรับอุณหภูมิคาร์บอนเฮกซ์ 300 °ซ. เป็น 20,500 ลบ.ซม. สำหรับอุณหภูมิ 900 °ซ. ส่วนน้ำมันทาร์มีปริมาณมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของคาร์บอนเฮกซ์สูงขึ้น ถ่านหินจากแหล่งแม่เมาะสามารถให้ปริมาณน้ำมันทาร์มากที่สุดประมาณ 5 ลบ.ซม. ที่อุณหภูมิคาร์บอนเฮกซ์ 900 °ซ. ตารางที่ 4.3 แสดงผลของอุณหภูมิของการก้นสลายกับปริมาณผลิตภัณฑ์ของถ่านคาร์บอนิล ก๊าซ และน้ำมันทาร์ได้จากคาร์บอนเฮกซ์ถ่านแม่เมาะขนาด 1-2 มม. ซึ่งมีย่านใหญ่กว่าถ่านหินที่แสดงผลในตารางที่ 4.2 ตารางที่ 4.4 แสดงผลของอุณหภูมิของการก้นสลายกับปริมาณผลิตภัณฑ์ของถ่านคาร์บอนิล ก๊าซ และน้ำมันทาร์ได้จากคาร์บอนเฮกซ์ถ่านหินกระป๋องขนาด 0.5-1 มม. และตารางที่ 4.5 แสดงผลของอุณหภูมิของการก้นสลายกับปริมาณผลิตภัณฑ์ของถ่านคาร์บอนิล ก๊าซ และน้ำมันทาร์ได้จากคาร์บอนเฮกซ์ถ่านหินลึนขนาด 0.5-1 มม. จากตารางที่ 4.3, - 4.4 และ 4.5 ให้ผลคล้ายคลึงกับตารางที่ 4.2 โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของคาร์บอนเฮกซ์ได้ผลผลิตของถ่านคาร์บอนิลลดลง ปริมาณของก๊าซที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นและน้ำมันทาร์มีปริมาณมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ถ่านหินจากแหล่งกระป๋องขนาด 0.5-1 มม. สามารถให้ปริมาณน้ำมันทาร์มากที่สุดประมาณ 3 ลบ.ซม. และก๊าซมากที่สุด 19,200 ลบ.ซม. ที่ 900 °ซ. ส่วนถ่านหินจากแหล่งลึนสามารถให้ปริมาณของน้ำมันทาร์มากที่สุด 11 ลบ.ซม. และก๊าซมากที่สุด 14,500 ลบ.ซม. ที่อุณหภูมิ 900 °ซ. น้ำมันทาร์ที่ได้จากถ่านหินแหล่งลึนมีปริมาณมากกว่าน้ำมันทาร์ที่ได้จากถ่านหินแม่เมาะและกระป๋อง

รูปที่ 4.1, รูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 แสดงผลของอุณหภูมิคาร์บอนเฮกซ์ต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากคาร์บอนเฮกซ์ถ่านหินแม่เมาะ ถ่านหินกระป๋อง และถ่านหินลึนตามลำดับ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิคาร์บอนเฮกซ์ ปริมาณน้ำมันทาร์ไม่เพิ่มขึ้นมากนักเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณที่ได้เริ่มคงที่จนถึงอุณหภูมิ 900 °ซ. ปริมาณก๊าซที่ได้มีปริมาณมากขึ้นตามลำดับและได้ปริมาณสูงสุดที่อุณหภูมิ 900 °ซ. ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเกิดการแตกสลายตัวของโมเลกุลบนผิวของถ่านหินได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือเป็นการเพิ่มพลังงานนั่นเอง และเป็นผลให้ส่วนของปริมาณถ่านชาร์มีค่าลดลง

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของขนาดของถ่านหินต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ของถ่านคาร์บอนิล ก๊าซ และน้ำมันทาร์ของถ่านหินจากกระป๋อง จะเห็นว่าปริมาณก๊าซได้จากคาร์บอนเฮกซ์ถ่านหินขนาด 0.5-1 มม. มีปริมาณมากเมื่อเทียบกับคาร์บอนเฮกซ์ถ่านหินขนาด 1-2 มม. และ

> 2 มม. ทั้งนี้อาจเป็นได้ว่าอนุภาคขนาดเล็กรบกวนในการสัมผัสความร้อนได้มากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่และทำให้เกิดการแตกสลายตัวของอนุภาคได้มากกว่า ซึ่งทำให้ได้ปริมาณก๊าซมากกว่า

ตารางที่ 4.7 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านคาร์บอน ก๊าซ และ น้ำหนักที่ได้จากคาร์บอนเฮกซามีนผ่านดินแห้งแล้ง แม่เมาะ และกระบี่ที่อุณหภูมิ  $600^{\circ}\text{C}$ . พบว่าปริมาณก๊าซได้จากถ่านดินแม่เมาะมากกว่าก๊าซที่ได้จากถ่านดินกระบี่ และสี ส่วนน้ำหนักที่ได้จากถ่านดินสีมีปริมาณ 11 ลบ.ซม. ซึ่งมีปริมาณมากกว่าปริมาณน้ำหนักรับได้จากถ่านดินกระบี่และแม่เมาะ คาร์บอนเฮกซามีนของถ่านดินสีให้ปริมาณก๊าซค่อนข้างต่ำแต่ให้ปริมาณน้ำหนักรับค่อนข้างสูง จะเห็นได้คาร์บอนเฮกซามีนของถ่านดินแห้งแล้งต่างกันให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ก๊าซและน้ำหนักรับต่างกัน

#### 4.2 ผลของอุณหภูมิต่อสมบัติของถ่านคาร์บอน

ตารางที่ 4.8 แสดงสมบัติถ่านคาร์บอนแม่เมาะขนาด 0.5-1 มม. ได้จากคาร์บอนเฮกซามีนที่อุณหภูมิต่าง ๆ คือ  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$ ,  $600^{\circ}\text{C}$  และ  $900^{\circ}\text{C}$ . เมื่ออุณหภูมิของคาร์บอนเฮกซามีนเพิ่มขึ้นคุณภาพของถ่านคาร์บอนที่ได้จะดีขึ้น คือ ปริมาณสารระเหยลดลงจากเดิม 37.51% เป็น 4.07% สำหรับอุณหภูมิคาร์บอนเฮกซามีน  $900^{\circ}\text{C}$  และปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นจากเดิม 35.72% เป็น 67.09% ซึ่งส่งผลให้ค่าความร้อนสูงขึ้นด้วยเป็น 6475 แคลอรีต่อกรัม สำหรับอุณหภูมิคาร์บอนเฮกซามีน  $900^{\circ}\text{C}$ . ในขณะที่เดียวกันเป็นผลให้ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นเป็น 26.76% และปริมาณกำมะถันเพิ่มเป็น 2.76% สำหรับถ่านคาร์บอนที่  $900^{\circ}\text{C}$ .

ตารางที่ 4.9 แสดงสมบัติถ่านคาร์บอนแม่เมาะขนาด 1-2 มม. ได้จากคาร์บอนเฮกซามีนที่อุณหภูมิ  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$  และ  $600^{\circ}\text{C}$ . ตารางที่ 4.10 แสดงสมบัติถ่านคาร์บอนกระบี่ขนาด 0.5-1 มม. ได้จากคาร์บอนเฮกซามีนที่อุณหภูมิ  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$  และ  $900^{\circ}\text{C}$ . และตารางที่ 4.11 แสดงสมบัติถ่านคาร์บอนสีขนาด 0.5-1 มม. ได้จากคาร์บอนเฮกซามีนที่อุณหภูมิ  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$ ,  $600^{\circ}\text{C}$  และ  $900^{\circ}\text{C}$ . ซึ่งให้ผลเหมือนกัน คือ อุณหภูมิของคาร์บอนเฮกซามีนเพิ่มขึ้น คุณภาพของถ่านคาร์บอนที่ได้จะดีขึ้น คือ ปริมาณสารระเหยลดลง และปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ค่าความร้อนสูงขึ้นด้วย ในขณะที่เดียวกันทำให้ร้อยละของเถ้าและกำมะถันสูงขึ้น

รูปที่ 4.4 รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 แสดงผลของอุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติถ่านคาร์บอนแม่เมาะ ถ่านคาร์บอนไครสต์และถ่านคาร์บอนลีสตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น ปริมาณของสารระเหยจะลดลงจนถึงอุณหภูมิ  $900^{\circ}\text{C}$  ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นนั้นเป็นการเพิ่มพลังงานในการทำให้สารระเหย ซึ่งจะเกิดทั้งพวกไฮโดรคาร์บอนและอะโรมาติกส์ที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน (nonhydrocarbon) เกิดการแตกสลายออกจากถ่านหินได้มากขึ้น (ดูรูปที่ 2.5) ทำให้ร้อยละปริมาณของคาร์บอนคงตัวในถ่านหินมีปริมาณสูงขึ้น ส่วนค่าความร้อนจะมีปริมาณสูงขึ้นเช่นกันตามปริมาณของสารคาร์บอนคงตัวที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าความร้อนของถ่านคาร์บอนไฮดรอกไซด์เพิ่มเมื่ออุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกไซด์เพิ่มจนถึงอุณหภูมิ  $600^{\circ}\text{C}$  แล้วค่าความร้อนถ่านคาร์บอนไฮดรอกไซด์จะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น ดังเช่น ถ่านคาร์บอนไครสต์ที่  $900^{\circ}\text{C}$  ค่าความร้อนลดลงเนื่องจากปริมาณแก๊สสูงมาก ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากที่วุ้นในถ่านจะประกอบไปด้วยสารประกอบเคมีของ Alkaline oxide และ oxide ของโลหะอื่น ๆ อยู่ ซึ่งสารประกอบเคมีเหล่านี้ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนของถ่านคาร์บอนไฮดรอกไซด์ เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนถ่านคาร์บอนไฮดรอกไซด์แม่เมาะสูงกว่าค่าความร้อนถ่านคาร์บอนลีสและไครสต์ สรุปลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างสารระเหยคาร์บอนคงตัวและถ่าน คือ ปริมาณสารระเหยลดลง ปริมาณของคาร์บอนคงตัวและถ่านเพิ่มขึ้นเช่นกันเมื่อเพิ่มอุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกไซด์

ตารางที่ 4.12 แสดงสมบัติถ่านคาร์บอนขนาดต่าง ๆ 0.5-1 มม., 1-2 มม. และ  $> 2$  มม. ของถ่านหินไครสต์ อุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกไซด์  $600^{\circ}\text{C}$  ค่าคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นและค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดถ่านหินเล็กลง แต่ปริมาณความชื้น ถ่าน และค่ากำมะถันมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับขนาดถ่านคาร์บอนต่าง ๆ กัน อาจกล่าวได้ว่าขนาดของถ่านหินมีผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 แต่ไม่มีผลมากนักต่อสมบัติของถ่านคาร์บอนไฮดรอกไซด์ สมบัติถ่านคาร์บอนไฮดรอกไซด์ใกล้เคียงกันสำหรับถ่านหินที่มีขนาดต่างกัน

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของถ่านคาร์บอนไฮดรอกไซด์จากถ่านหินลีส แม่เมาะและไครสต์ ขนาด 0.5-1 มม. คาร์บอนไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ  $600^{\circ}\text{C}$  ค่าความร้อนของถ่านคาร์บอนไฮดรอกไซด์แม่เมาะมีค่าสูงกว่าคาร์บอนไครสต์ และลีส โดยมีค่าเป็น 6,196 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งคิดแล้วเพิ่มค่าความร้อนจะเป็น 7.4% และถ่านหินคาร์บอนลีสมีการเพิ่มค่าความร้อนเพียง 4.62% และ ถ่านคาร์บอนไครสต์มีการเพิ่มความร้อนถึง 24.12%

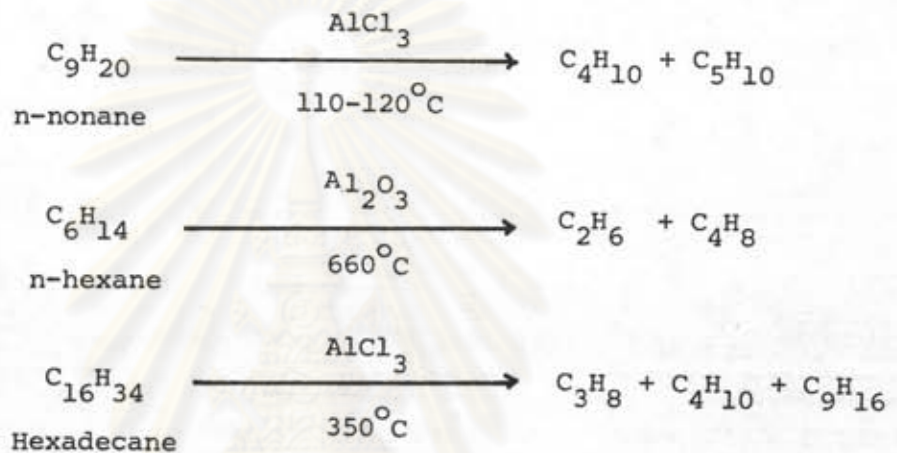
#### 4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อองค์ประกอบของก๊าซถ่านหิน

ตารางที่ 4.14 แสดงผลของอุณหภูมิคาร์บอนเฮกซ์ต่อองค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดที่ได้จากถ่านหินแม่เมาะขนาด 0.5-1 มม. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเฮกซ์ให้ผลดังนี้

1. มีเทนมีปริมาณเพิ่มขึ้นและมีค่าลดลง มีเทนมีค่าสูงสุด 14.09% ที่ 600° ช.
2. อะเซททีลีน และ ฮีเทน ให้ผลเช่นเดียวกัน คือเพิ่มขึ้นมีค่าสูงสุด 2.86% และ 0.8 % ตามลำดับที่ 500° ช.
3. คาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 5.04% ที่ 300° ช. เป็น 49.71% ที่ 900° ช.
4. คาร์บอนไดออกไซด์ จะมีปริมาณลดลงจาก 51.79% ที่ 300° ช. เป็น 16.09% ที่ 900° ช.
5. สำหรับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) ช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิคาร์บอนเฮกซ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งจากนั้นก็จะมีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิต่อไป ทั้งนี้ก็เป็นเพราะว่าช่วงอุณหภูมิแรก ๆ นั้นกำมะถันอินทรีย์ (Organic sulfur) เช่น thiophenes, mercaptans เป็นต้นมีการแตกสลายมาก และมีปริมาณมากที่สุดเป็น 3.34% ที่ 400° ช.

ตารางที่ 4.15 แสดงผลของอุณหภูมิของคาร์บอนเฮกซ์ต่อองค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดที่ได้จากถ่านหินแม่เมาะขนาด 1-2 มม. สำหรับอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเฮกซ์ที่ 400°, 500° และ 600° ช. ตารางที่ 4.16 แสดงผลของอุณหภูมิของคาร์บอนเฮกซ์ต่อองค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดที่ได้จากถ่านหินกระป๋องขนาด 0.5-1 มม. สำหรับอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเฮกซ์ 300°, 400°, 500°, 600° และ 900° ช. และตารางที่ 4.17 แสดงผลของอุณหภูมิของคาร์บอนเฮกซ์ต่อองค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดที่ได้จากถ่านหินลึนขนาด 0.5-1 มม. สำหรับอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเฮกซ์ 400°, 500°, 600° และ 900° ช. ซึ่งให้ผลคล้ายคลึงกัน คือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของคาร์บอนเฮกซ์ปริมาณของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอน เช่น อะเซททีลีน โพรเพน ฮีเทน มีปริมาณเพิ่มขึ้นและลดลง คาร์บอนมอนอกไซด์จะมีปริมาณเพิ่มมาก ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์จะมีปริมาณลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ และสำหรับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) ช่วงแรกของอุณหภูมิคาร์บอนเฮกซ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งจากนั้นมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิต่อไปเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของตารางที่ 4.14, 4.15

และ 4.16 เห็นได้ว่าปริมาณก๊าซมีเทนและก๊าซไฮโดรคาร์บอน ( $C_2H_2, C_3H_8, C_2H_6$ ) ของถ่านหินลigniteปริมาณมาก ทั้งนี้เป็นเพราะว่าแหล่งลigniteให้ปริมาณน้ำมันทาร์มาก ดังนั้นในระหว่างคาร์บอน-เซชันจึงสามารถเกิดการแตกสลายให้ก๊าซไฮโดรคาร์บอนมาก ดังนั้นถ้าต้องการให้ได้ปริมาณของก๊าซไฮโดรคาร์บอนมากขึ้นอาจจะอาศัยเทคนิคการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น  $ZnCl_2$ ,  $SnCl_2$ ,  $Cr_2O_3-Al_2O_3$ ,  $AlCl_3$  เป็นต้น เพื่อช่วยให้เกิดการแตกสลายของน้ำมันทาร์เพิ่มขึ้น ดังปฏิกิริยาดังนี้ คือ



รูปที่ 4.7 แสดงผลของอุณหภูมิคาร์บอนเซชันต่อองค์ประกอบก๊าซถ่านหินกระชี่พบว่า อุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเซชันเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน และก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นและลดลง เนื่องจากช่วงแรกของอุณหภูมิคาร์บอนเซชันมีปริมาณของสารประกอบระเหยไฮโดรคาร์บอนอยู่มากในถ่านหิน ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิคาร์บอนเซชันสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1. อาศัยการแตกตัวของบอนด์โมเลกุล (bond breaking) โดยที่คาร์บอนมอนอกไซด์เกิดจากการแตกสลายตัวของกลุ่มพวก ether linkage และ carbonyl group เมื่ออุณหภูมิคาร์บอนเซชันสูงขึ้นจึงเกิดการแตกสลายตัวได้มากขึ้น เป็นผลให้คาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้น

2. อาศัยการเกิดปฏิกิริยาของคาร์บอนคงตัวกับออกซิเจน ถ่านหินทั้งไว้ในอากาศเป็นเวลานาน อากาศจะแทรกเข้าตามรูพรุนหรือซึมเข้าไป ดังนั้นในช่วงแรกของคาร์บอน-เซชันเปรียบเสมือนว่ามีออกซิเจนมากเป็นผลทำให้คาร์บอนคงตัวนั้นสามารถทำปฏิกิริยาสัมบูรณ์

มันออกซิเจนนั้น ทำให้ได้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์มากในช่วงแรกและเมื่อทำคาร์บอนไฮดรอกซีที่อุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้ไปจะเหลือน้อยลง เป็นผลให้คาร์บอนคงตัว (fix carbon) ไม่สามารถทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์กับออกซิเจน เลยเป็นผลทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์มากขึ้นนั่นเอง และถ้าพิจารณาต่อจะเห็นได้ว่าในถ่านหินจะมีน้ำอยู่ 2 รูปแบบ คือ ใน Physical form และ Chemical form (hydroxy group) จากคาร์บอนไฮดรอกซีในอุณหภูมิช่วงแรกจะมีน้ำออกมามาก พออุณหภูมิสูงขึ้นน้ำก็เริ่มออกมาน้อย ซึ่งน้ำนี้จะเป็นตัวให้ออกซิเจนโดยจะเกิดปฏิกิริยากับคาร์บอนคงตัวดังสมการข้างล่างต่อไปนี้



สมการทั้งสามนี้ อธิบายเหตุผลการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ได้ โดยช่วงแรกของอุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกซีเกิดคาร์บอนไดออกไซด์มาก เนื่องจากมีน้ำอยู่ปริมาณมากพอ อุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกซีสูงขึ้นน้ำเริ่มออกมาน้อย เป็นเหตุให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์มากขึ้น

ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นและลดลง เมื่ออุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกซีสูงขึ้น สามารถอธิบายเหตุผลที่เกิดขึ้นได้ด้วยเหตุผล 2 ประการ

1. อาศัยการเกิดปฏิกิริยาของคาร์บอนคงตัวกับออกซิเจน
2. อาศัยการแตกตัวของบอนด์ คาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการแตกสลายตัวของ

กลุ่ม carboxyl โดยที่กลุ่ม carboxyl นี้จะไม่ stable ที่ช่วงอุณหภูมิแรก ๆ ส่งผลให้เกิดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเมื่ออุณหภูมิต่ำ และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกลุ่ม carboxyl

(- COOH) แตกตัวหมด ทำให้ได้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิกับอีกจะเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำในทาร์ได้ก๊าซไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นจึงมีผลให้ร้อยละคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง

รูปที่ 4.8 แสดงผลของอุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกซีต่อองค์ประกอบของก๊าซถ่านหินแม่เมาะ และรูปที่ 4.9 แสดงผลของอุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกซีต่อองค์ประกอบของก๊าซถ่านหินสี ซึ่งจะให้ผลลักษณะคล้ายคลึงกับรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.18 แสดงผลของขนาดถ่านหินต่อองค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากถ่านหิน กระบี่คาร์บอนไฮดรอกซีที่อุณหภูมิ 600° ซ. สำหรับคาร์บอนไฮดรอกซีถ่านหินกระบี่ขนาดต่าง ๆ กัน

0.5-1 มม., 1-2 มม. และ >2 มม. พบกล่าวได้ว่าขนาดของถ่านหินไม่มีผลต่อองค์ประกอบของก๊าซ

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบองค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากคาร์บอนในเขยันท่านหินแหล่ง ลี้ แม่เมาะ ภาวะที่ ขนาด 0.5-1 มม. ที่ 600<sup>o</sup> ช. จะเห็นได้ว่าปริมาณมีเทนของก๊าซจากถ่านหินลี้มี 19.72% มีปริมาณมากกว่าของก๊าซได้จากถ่านหินแม่เมาะ และภาวะคาร์บอนมอนอกไซด์ของก๊าซจากถ่านหินแหล่งลี้ 16.85% มากกว่าก๊าซได้จากถ่านหินแม่เมาะ และภาวะ แต่คาร์บอนไดออกไซด์ของถ่านหินจากลี้ได้น้อยเมื่อเทียบกับสองแหล่ง คือ ได้ 28.07% สังเกตได้ว่าสมบัติก๊าซถ่านหินลี้คุณสมบัติใช่เป็นเชื้อเพลิงดีเหมาะสมดีกว่าจากก๊าซถ่านหินภาวะ และแม่เมาะ ซึ่งจะพิจารณาจากค่าความร้อนของก๊าซถ่านหินลี้ แม่เมาะ และภาวะมีค่าเป็น 376.49 บีทียูต่อ ลบ.ฟุต, 221.83 บีทียูต่อลบ.ฟุต และ 260.67 บีทียูต่อลบ.ฟุต ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณของ อะเซททีลีน, ฮีเทน, โพรเพน ของก๊าซถ่านหินลี้ก็มีปริมาณมากเมื่อเทียบกับอีก 2 แหล่ง คือ ได้ 2.67%, 0.79%, และ 2.44% ตามลำดับ

#### 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซและองค์ประกอบก๊าซกับเวลาของคาร์บอนในเขยันท่านหิน

จากที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 4.3 เป็นผลการทดลองด้านองค์ประกอบก๊าซในการทดลองนั้นโดยนำถ่านหิน 100 กรัม คาร์บอนในเขยันทั้งแต่จุดอุณหภูมิห้องถึงจุดอุณหภูมิสุดท้าย เช่น 600<sup>o</sup> ช. จนไม่มีก๊าซออกมาจากถ่านหินและเก็บก๊าซรวมทั้งหมดที่ได้ตั้งแต่จุดอุณหภูมิห้องถึง 600<sup>o</sup> ช. ไว้ในขวดเก็บก๊าซ และก๊าซรวมนำไปวิเคราะห์โดย Gas chromatography ซึ่งผลวิเคราะห์เป็นองค์ประกอบก๊าซรวมสำหรับจุดอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนในเขยันท 600<sup>o</sup> ช. และทำการทดลองเช่นเดียวกันโดยเปลี่ยนจุดอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนในเขยันทเป็น 400<sup>o</sup> , 500<sup>o</sup> , 600<sup>o</sup> และ 900<sup>o</sup> ช. ดังนั้นองค์ประกอบที่ได้ เป็นก๊าซรวมตั้งแต่เริ่มการทดลองถึงจุดอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนในเขยันทนั้น ๆ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ได้ นี้ เป็นการวิเคราะห์โดยเก็บก๊าซรวม

ในส่วนองงานวิจัยของหัวข้อ 4.4 นี้ เป็นการศึกษาองค์ประกอบของก๊าซเช่นกัน แต่ในการทดลองนี้โดยนำถ่านหินมา 100 กรัม มาคาร์บอนในเขยันทเริ่มจากจุดอุณหภูมิห้องถึงจุดอุณหภูมิสุดท้าย 600<sup>o</sup> ช. รูปที่ 4.10 แสดงการเพิ่มอุณหภูมิและปริมาณก๊าซที่เพิ่มขึ้นกับเวลาของคาร์บอนในเขยันทตลอดการทดลองชุดหนึ่ง ดังนั้นในการทดลองส่วนนี้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มระหว่างคาร์บอนในเขยันทนั้น 300<sup>o</sup> ช. , 400<sup>o</sup> ช. , 500<sup>o</sup> ช. และจุดอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนในเขยันท 600<sup>o</sup> ช. มีการเก็บก๊าซที่อุณหภูมินั้น ๆ ดังนั้นองค์ประกอบก๊าซที่วิเคราะห์เป็นองค์ประกอบของก๊าซที่ได้ที่

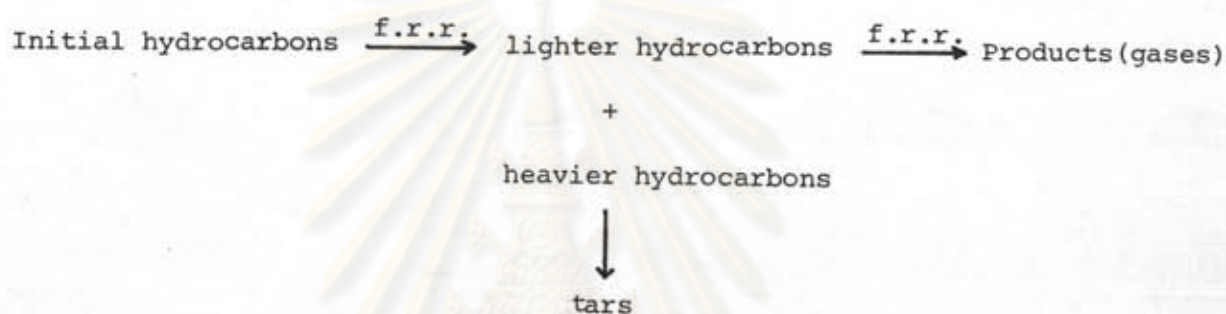


300° ซ., 400° ซ., 500° ซ. และ 600° ซ. ไม่ใช่องค์ประกอบรวมของก๊าซทั้งหมดดัง-  
เช่นผลของ 4.3 ดังนั้นจากตารางที่แล้วตั้งแต่ 4.14-4.19 นั้นเป็นผลของจุดหลอมตัวขององค์-  
ประกอบของก๊าซโดยการวิเคราะห์ก๊าซรวมทั้งหมด แต่ตารางที่ 4.20 ก. และ ข. นี้เป็นความ  
สัมพันธ์ของปริมาณก๊าซ องค์ประกอบก๊าซ จุดหลอมระหว่างคาร์บอนเฮกเซน และเวลาคาร์บอน-  
เฮกเซนของการทดลองชุดหนึ่ง คาร์บอนเฮกเซนของถ่านหินแม่เมาะขนาด 0.5-1 มม. ที่จุดหลอม  
สุดท้าย 600° ซ. จากตารางจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มจุดหลอมของคาร์บอนเฮกเซน ปริมาณก๊าซมีเทน  
(CH<sub>4</sub>) เพิ่มขึ้นและลดลงโดยมีค่าสูงสุด 29.04% ที่ 500° ซ. และปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์  
เพิ่มเมื่อจุดหลอมเพิ่มโดยมีค่าสูงสุด 33.29% ที่ 600° ซ. และค่าความร้อนก๊าซที่ 600° ซ. มี  
ค่าสูงสุดเป็น 418.25 บีทียูต่อ ลบ.ฟุต ตารางที่ 4.21 ก,ข และตาราง 4.22 ก,ข แสดง  
ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซ องค์ประกอบก๊าซ จุดหลอมระหว่างคาร์บอนเฮกเซน และเวลาของ  
คาร์บอนเฮกเซนของการทดลองคาร์บอนเฮกเซนถ่านหินกระบี่ และถ่านหินสี ซึ่งให้ผลคล้ายคลึงกับ  
ผลการทดลองของตารางที่ 4.20 ก. และ ข. ผลการทดลองตารางที่ 4.20 ก-ข, 4.21 ก-ข  
และ 4.22 ก-ข แสดงในรูปกราฟเป็นรูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ แสดงการ  
เพิ่มจุดหลอมและเพิ่มปริมาณก๊าซกับเวลาของคาร์บอนเฮกเซน และการเปลี่ยนแปลงมีเทนคาร์บอน-  
มอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์คล้ายคลึงกันสำหรับคาร์บอนเฮกเซนของ  
ถ่านหิน 3 แหล่ง คือ แม่เมาะ กระบี่ สี

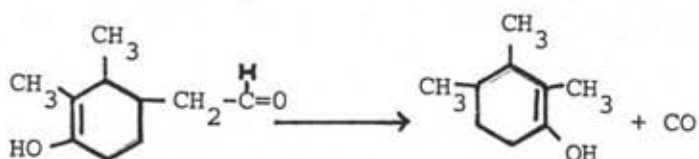
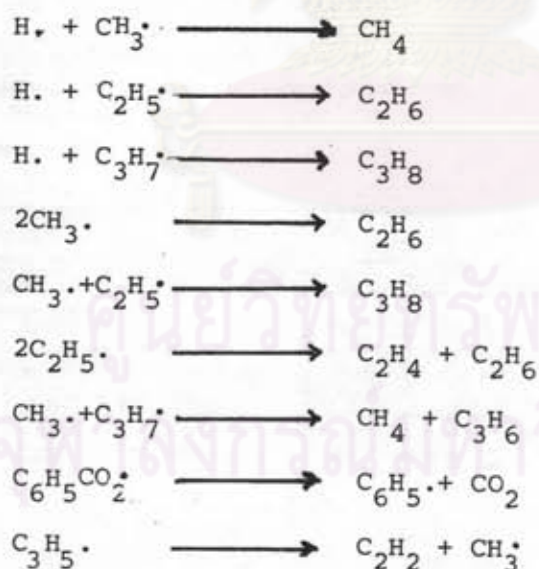
จากการทดลองข้างต้นกล่าวได้ว่า ตอนช่วงแรกคาร์บอนเฮกเซน คือ ช่วงจุดหลอม  
300° ซ. ก๊าซถ่านหินมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง และปริมาณของก๊าซมีเทนกับคาร์บอนมอ-  
นอกไซด์ต่ำเป็นผลให้ก๊าซถ่านหินมีค่าความร้อนต่ำ แต่ตอนช่วงหลังของคาร์บอนเฮกเซนคือช่วง  
จุดหลอม 500-600° ซ. มีปริมาณก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูง และปริมาณก๊าซคาร์-  
บอนไดออกไซด์ต่ำทำให้ค่าความร้อนของก๊าซถ่านหินสูงขึ้น ที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ด้วย  
เหตุผล 2 ประการ คือ

1. เนื่องจากว่าในช่วงแรกนั้น ปริมาณของออกซิเจนในถ่านหินมีมากอยู่ซึ่งทำปฏิกิริยา  
กับสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอนเป็นผลให้มีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ส่วน  
คาร์บอนเฮกเซนช่วงจุดหลอมหลังจากนั้นปริมาณออกซิเจนถูกใช้ไปเหลือน้อย ออกซิเจนที่เหลืออยู่น้อยนี้  
ไม่สามารถทำปฏิกิริยาสมบูรณ์กับสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นเป็นผลต่อเนื่องทำให้ได้  
ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลง และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ กับก๊าซมีเทนมีปริมาณมาก

2. อาศัยการแตกตัวของอนุมูลอิสระ (Free radical Reaction) โดยในช่วงแรกนั้น กลุ่ม carboxyl (-COOH) ไม่ stable แตกตัวง่ายมากกว่ากลุ่ม carbonyl, ether linkage และกลุ่มของ Aliphatic carbon เป็นผลให้มีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาก ส่วนคาร์บอนไอโซซีน ช่วงอุณหภูมิหลังนั้นปริมาณของกลุ่ม carboxyl เหลือน้อยลง แต่กลุ่ม carbonyl, ether linkage และกลุ่มของ Aliphatic carbon เริ่มแตกตัวมากขึ้น ดังนั้นเป็นผลให้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่น้อยลง และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับก๊าซมีเทนมีปริมาณมากขึ้น (ดูรูป 2.4 และรูปที่ 2.5 ประกอบ) ซึ่งสามารถแสดงเป็นลัมการข้างล่างนี้ (เป็น Termination Reaction)



(f.r.r. = free radical reaction)



สำหรับค่าความร้อนของก๊าซจากถ่านหินลignite ที่อุณหภูมิ  $500^{\circ}\text{C}$ . มีค่าสูงถึง 645.79 BTU ต่อ ลบ.ฟุต ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าที่ช่วงอุณหภูมินี้มันเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ไฮโดรคาร์บอนสามารถแตกตัวแล้วให้ปริมาณของก๊าซอะเซทิลีนและก๊าซโพรเพนมากคือ 15.56% และ 4.26% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงอุณหภูมิอื่น ๆ

#### 4.5 องค์ประกอบและสมบัติน้ำมันทาร์

##### 4.5.1 การวิเคราะห์น้ำมันทาร์โดยใช้วิธีสกัดละลาย (Solvent method)

ตารางที่ 4.23 เป็นตารางแสดงผลการวิเคราะห์น้ำมันถ่านหินจากการคาร์บอนไฮโดรเจน 300 - 900  $^{\circ}\text{C}$ . โดยใช้วิธีสกัดละลายสำหรับน้ำมันทาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไฮโดรเจนถ่านหินแหล่งลี้ แม่เมาะ และกระบี่ จากการวิเคราะห์พบว่า

1. ฟีนอลที่สกัดด้วยสารละลาย  $\text{NaHCO}_3$  มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอ่อนๆ มีปริมาณอยู่ในช่วง 7-9% ฟีนอลที่สกัดด้วยสารละลาย  $\text{NaOH}$  มีลักษณะเป็นของเหลวสีแดงคล้ำ มีปริมาณมากถึง 19.24% สำหรับน้ำมันทาร์จากถ่านหินแม่เมาะ ซึ่งฟีนอลทั้งสองที่แยกได้นี้มีสมบัติเป็นกรดทั้งคู่จึงรวมเรียกฟีนอลทั้งสองนี้เป็นผลิตภัณฑ์ล่วนที่เป็นกรด คิดเป็นร้อยละที่แยกได้มากถึง 28.04% สำหรับน้ำมันทาร์จากถ่านหินแม่เมาะ น้ำมันทาร์จากการคาร์บอนไฮโดรเจนถ่านหินลี้ และกระบี่ประกอบด้วยฟีนอลทั้งหมด 26.6% และ 21.45% ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์กรดนี้ถ้านำไปวิเคราะห์ทางเคมีควรประกอบด้วยสารประกอบของ phenol, cresols, xylenols, catechol และ aliphatic carboxylic acids เป็นต้น

2. ส่วนของด่างที่แยกได้ด้วยสารละลาย  $\text{CHCl}_3$  จะมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มและเมื่อนำไปทำการระเหยเอาสารละลาย  $\text{CHCl}_3$  ออกจะได้อ่างที่มีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลเข้ม น้ำมันทาร์จากถ่านหินกระบี่ มีปริมาณต่างสูงถึง 10.56% น้ำมันทาร์จากถ่านหินแม่เมาะ มีปริมาณต่างค่อนข้างต่ำ 3.81% ในล่วนของด่างนี้จะมีองค์ประกอบของ Pyridines, quinolines เป็นต้น

3. ส่วนน้ำมัน Neutral ที่แยกได้จะมีลักษณะเป็นของเหลวสีด่างมีปริมาณมาก 56.19% สำหรับน้ำมันจากถ่านหินแม่เมาะ ซึ่งประกอบไปด้วยสารประกอบพวก paraffins, cycloparaffin และ aromatic เป็นต้น

4. ส่วนของน้ำมันทาร์ที่ไม่ละลายในเบนซีนนั้น ดังเช่นน้ำมันทาร์จากถ่านหินแหล่งลี้มีปริมาณน้ำมันทาร์ที่ไม่ละลายในเบนซีนถึง 4.85% ซึ่งน้ำมันล่วนนี้ประกอบไปด้วยสารประกอบพวก heptane, pentane, hexane และ decane เป็นต้น ซึ่งสารพวกนี้

สามารถใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมเคมีต่าง ๆ และตารางที่ 4.24 แสดงผลวิเคราะห์น้ำมันทาร์แบบไม่รวมผงถ่าน

#### 4.5.2 การวิเคราะห์น้ำมันทาร์โดยวิธีกลั่น (Distillation method)

ตารางที่ 4.25 แสดงสมบัติน้ำมันถ่านหินที่ได้จากช่วงอุณหภูมิคาร์บอนเฮกเซน 300 - 900 °ซ. โดยใช้วิธีกลั่นของน้ำมันทาร์ที่ได้จากคาร์บอนเฮกเซนถ่านหินจากสี่ แม่เมาะ และกระป๋ สัมปติของน้ำมันทาร์ก่อนนำไปกลั่นมีความต่งจ่าเพาะ ค่าความร้อน และกำมะถัน ดังแสดงในตารางที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าน้ำมันทาร์ของถ่านหินกระป๋มีค่าความร้อนสูง 12,762 แคลอรีต่อกรัม แต่ก็มีข้อเสีย คือ มีปริมาณกำมะถันสูงถึง 3.45% สำหรับการกลั่นน้ำมันทาร์นั้น เมื่อนำน้ำมันทาร์มากลั่นที่อุณหภูมิห้องความดัน 1 บรรยากาศค่า พบว่าน้ำมันทาร์เริ่มเดือดที่ช่วงอุณหภูมิ 60-70 °ซ. และกลั่นแยกออกได้ 3 ช่วง คือ ช่วงแรกที่อุณหภูมิ 80-210 °ซ. ได้ของเหลวมีลักษณะขาวขุ่นออกเหลืองนืด ๆ ไม่หนืดอยู่เป็น emulsion กับน้ำ ช่วงที่สองคือ ที่อุณหภูมิ 210-350 °ซ. ได้ของเหลวมีลักษณะออกเหลืองน้ำตาลเล็กน้อยไม่ขุ่นและไม่หนืด ช่วงสามที่อุณหภูมิสูงกว่า 350 °ซ. ได้ของเหลวมีลักษณะสีน้ำตาลแดงเข้มและมีลักษณะหนืด เมื่อทิ้งไว้เย็นจะมีลักษณะเป็นตะกอนแดงหรือ gel และส่วนกากที่ได้มีลักษณะเป็นของแข็งสีดำ จากตารางจะเห็นว่าน้ำมันทาร์จากถ่านหินแม่เมาะ กระป๋ และสี่ มีช่วงการกลั่นคล้ายคลึง ใช้น้ำมันเบาช่วง 80-210 °ซ. ประมาณ 17-27% และน้ำมันกลางช่วง 210-350 °ซ. ประมาณ 41- 48% และได้น้ำมันหนักช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 350 °ซ. ประมาณ 17-28%

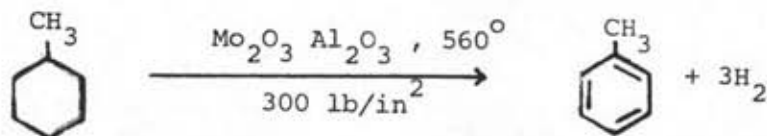
ตารางที่ 4.26 แสดงค่าความร้อนของน้ำมันทาร์ของอุณหภูมิคาร์บอนเฮกเซน 300 - 900 °ซ. สำหรับน้ำมันทาร์จากถ่านหินสี่ ค่าความร้อนก่อนนำไปกลั่นมีค่า 10,339 แคลอรีต่อกรัม และนำไปกลั่นแล้วได้ผลดังนี้ น้ำมันทาร์ช่วง 80-210 °ซ. มีค่าความร้อน 9,409 แคลอรีต่อกรัม น้ำมันทาร์ช่วง 210-350 °ซ. มีค่าความร้อน 9,337 แคลอรีต่อกรัม และน้ำมันทาร์ช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 350 °ซ. มีค่าความร้อน 10,287 แคลอรีต่อกรัม เห็นได้ว่าส่วนน้ำมันทาร์ช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 350 °ซ. มีค่าความร้อนสูงกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเป็นส่วนที่มี long chain carbon

#### 4.6 พลังงานของผลิตภัณฑ์ถ่านคาร์บอน น้ำมันทาร์และก๊าซ

รูปที่ 4.14 แสดงพลังงานของผลิตภัณฑ์ของแข็งของเหลว และก๊าซในรูปของร้อยละของคาร์บอนเฮกเซนถ่านหินกระป๋ขนาด 0.5-1 มม. เมื่ออุณหภูมิของการคาร์บอนเฮกเซน

สูงขึ้น (การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.) ปริมาณของถ่านชาร์ที่ได้จะลดลงที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากว่าค่าระเหยที่อยู่ในถ่านหินเกิดการกลั่นตัวและแตกสลายตัวออกจากถ่านหินนั่นเอง เป็นผลให้ปริมาณก๊าซ และปริมาณน้ำมันทาร์ที่ได้สูงขึ้น และปริมาณความร้อนที่ได้จากถ่านคาร์บอนนี้มีปริมาณมากกว่าปริมาณความร้อนที่ได้จากน้ำมันทาร์และก๊าซ รูปที่ 4.15 แสดงพลังงานของผลิตภัณฑ์ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซจากคาร์บอนเฮกซามีนถ่านหินสี 0.5-1 มม. และรูปที่ 4.16 แสดงพลังงานที่ได้จากผลิตภัณฑ์ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ จากคาร์บอนเฮกซามีนถ่านหินแม่เมาะขนาด 0.5-1 มม. จากรูปที่ 4.14, 4.15, 4.16 จะเห็นได้ว่าเมื่อดูการกระจายของพลังงานในสามผลิตภัณฑ์คาร์บอนเฮกซามีนถ่านหินกระป๋และถ่านหินแม่เมาะ พลังงานรวมในผลิตภัณฑ์ของแข็งสูง และพลังงานในผลิตภัณฑ์น้ำมันทาร์และก๊าซต่ำ ส่วนคาร์บอนเฮกซามีนถ่านหินสีจะได้พลังงานสูงพอสมควรในผลิตภัณฑ์น้ำมันทาร์และก๊าซต่ำ ส่วนคาร์บอนเฮกซามีนถ่านหินสีจะได้พลังงานสูงพอสมควรในผลิตภัณฑ์น้ำมันทาร์ เนื่องจากการกลั่นสลายถ่านสีให้ปริมาณน้ำมันทาร์สูงซึ่งน้ำมันทาร์นี้สามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานพวก diesel fuel ( $163-426^{\circ}\text{C}$ ;  $\text{C}_9-\text{C}_{25}$ ) และ jet fuel ( $148-260^{\circ}\text{C}$ ;  $\text{C}_9-\text{C}_{16}$ ) นอกจากนี้ยังน้ำมันทาร์ยังสามารถนำไปปรับปรุงผลิตเป็นสารเคมีอื่น ๆ ดังเช่น naphthalene, xylene, benzene, indene เป็นต้น

สิ่งที่น่าสังเกตและควรจะได้มีการพัฒนาทางด้านผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพที่ได้ จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งสามชนิด คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดนี้นั้นสามารถที่จะเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นได้ตามความจุประสงค์ที่ต้องการผลิตผลชนิดไหนเป็นหลัก โดยต้องอาศัยเทคนิคการไฮโดรแครกกิ้งตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าไปช่วยปรับปรุง ซึ่งเทคนิคนี้ทางต่างประเทศได้กำลังค้นคว้า และทดลองทำกันอยู่ เช่น ถ้าต้องการเพิ่มผลผลิตของน้ำมันทาร์ให้มากขึ้น และคุณภาพดีควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา  $\text{MoO}_3$ , Nickel Sulfide on Silica-alumina ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาตัวนี้มีสมบัติช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยา hydrocracking ของพวกโพลินิวเคลียอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polynuclear aromatic hydrocarbon) มากขึ้น และตัวเร่งปฏิกิริยานี้อาจจะช่วยให้เกิดปฏิกิริยา reforming, cyclization และ Polymerization เป็นต้น ดังเช่น ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสารประกอบพาราฟินให้กลายเป็นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน



methylcyclohexane aliphatic

toluene aromatic

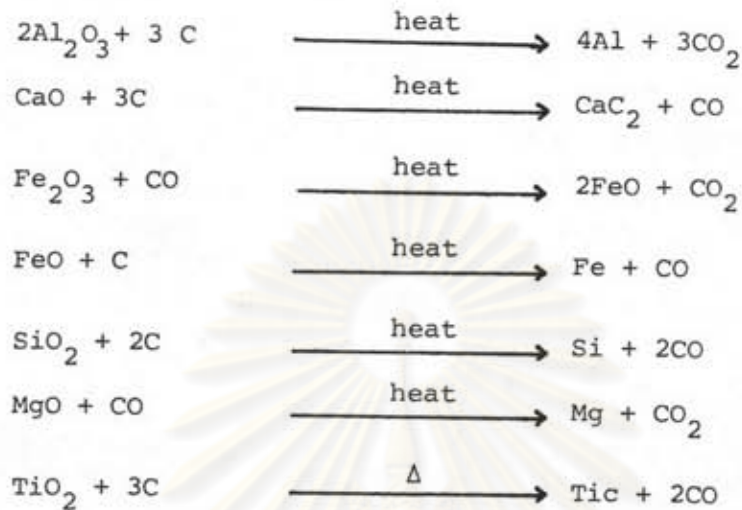
นอกจากนี้มันยังช่วยลดปริมาณของกำมะถันและไนโตรเจนด้วยในน้ำขันทาร์ได้มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา  $\text{CO}_2(\text{CO})_8$  dicobalt octacarbonyl เพื่อผลิตก๊าซ CO และ  $\text{H}_2$  นำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ methanol, ethanol และ ethyl glycol

ผลจากการทดลองดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปสภาวะคาร์บอนในเข็สน์ที่เหมาะสมได้ดังนี้ คือ

ถ่านหินแม่เมาะมีค่าความร้อน 9,568 ซีทียูต่อปอนด์ (ไม่รวมเถ้า) คาร์บอนคงตัว 48.72% และสารระเหย 51.17% (ไม่รวมความชื้นและเถ้า) ถ่านหินแม่เมาะสดได้ว่าเป็นถ่านหินชนิด subbituminous B ผลจากการคาร์บอนในเข็สน์ที่อุณหภูมิ  $600^\circ\text{C}$  และ  $900^\circ\text{C}$  ปรากฏว่าถ่านคาร์บอนในเข็สน์ที่ได้มีเถ้าประมาณ 21-26% มีค่าความร้อนที่ได้ประมาณ 6,200-6,500 แคลอรีต่อกรัม (ไม่รวมความชื้น) คิดเป็นร้อยละค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นเป็น 7.4-12.2% จากถ่านหินเดิม อัตราส่วนคาร์บอนคงตัวต่อสารระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 6.79-17.35 จากค่าเดิมของถ่านหินแม่เมาะ 0.95 ปริมาณกำมะถันไม่สูง ดังนั้นถ่านคาร์บอนในเข็สน์ที่ได้มีคุณภาพดี ค่าความร้อนสูงพอและมีสมบัติเหมาะสมสามารถนำไปผลิตเป็นถ่านอัดก้อนได้เป็นเชื้อเพลิงครัวเรือนและอุตสาหกรรม ส่วนปริมาณก๊าซที่ได้ก็มีปริมาณมาก แต่ค่าความร้อนของก๊าซจากถ่านหินแม่เมาะมีค่าค่อนข้างต่ำ คือ 221.83 ซีทียูต่อลบ.ฟุต และ 249.85 ซีทียูต่อลบ.ฟุต ที่อุณหภูมิ  $600^\circ\text{C}$  และ  $900^\circ\text{C}$ .

ถ่านหินกระป๋องมีค่าความร้อน 8,335 ซีทียูต่อปอนด์ (ไม่รวมเถ้า) คาร์บอนคงตัว 51.01% และสารระเหย 48.99% (ไม่รวมความชื้นและเถ้า) ถ่านหินกระป๋องสดได้ว่าเป็นถ่านหินชนิด subbituminous C ผลของคาร์บอนในเข็สน์ที่อุณหภูมิ  $600^\circ\text{C}$  ปรากฏว่าถ่านคาร์บอนในเข็สน์ที่ได้มีคุณภาพดีพอสมควร มีเถ้า 29.89% ค่าความร้อน 5,815 แคลอรีต่อกรัม มีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านคาร์บอนในเข็สน์แม่เมาะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าความร้อนที่เพิ่มได้ 24% จากถ่านหินเดิม แต่ปริมาณกำมะถันค่อนข้างสูงอันจะก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะเมื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม ส่วนคาร์บอนในเข็สน์ที่อุณหภูมิ  $900^\circ\text{C}$  นั้น มีค่าความร้อนถ่านคาร์บอนในเข็สน์ลดลงเป็น 5,616 แคลอรีต่อกรัม ถึงแม้ว่ามีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงขึ้นเป็น 61.57% ซึ่งมีปริมาณมากกว่าคาร์บอนคงตัวของถ่านคาร์บอนในเข็สน์ที่อุณหภูมิ  $600^\circ\text{C}$  ก็ตาม ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะว่าเมื่ออุณหภูมิขึ้น เถ้ามีปริมาณมากขึ้นเป็น 32.68% ทั้งนี้เป็นเพราะว่าในถ่านนั้นจะประกอบด้วยองค์ประกอบเคมีของ alkaline earth oxide และ oxide ของโลหะอื่น เช่น  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  เป็นต้น ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะเกิด

ปฏิกิริยา reduction กับคาร์บอนในถ่านคาร์บอนโอเป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียค่าความร้อนที่  
 เข้าไปในการเกิดปฏิกิริยา และเมื่ออ่งเปอร์เซ็นต์ของถ่านมากขึ้นเท่าไรโอกาสของการสูญเสีย  
 ค่าความร้อนก็จะมากขึ้น ดังสมการต่อไปนี้



จากสมการเหล่านี้เป็นเพียงตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบเคมีในถ่าน  
 เมื่อเกิดปฏิกิริยาต้องใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ เป็นผลให้สูญเสียความร้อน

ถ่านหินลี้มีค่าความร้อน 8300 ซีคียูต่อปอนด์ (ไม่รวมถ่าน) คาร์บอนคงตัว 44.93%  
 และสารระเหย 59.24% (ไม่รวมความชื้นและถ่าน) ถ่านหินลี้สดถือว่าเป็นถ่านหินชนิด sub-  
 bituminous C ผลของการคาร์บอนเฮชันที่อุณหภูมิ 500° ซ. ปรากฏว่าถ่านหินจากลี้  
 ให้คุณภาพถ่านคาร์บอนดีกว่าการคาร์บอนที่อุณหภูมิ 600° ซ. คือ มีค่าความร้อน 4,805  
 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งคิดว่าให้ค่าความร้อนค่อนข้างต่ำ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าความร้อนที่เพิ่ม  
 ประมาณ 7% จากถ่านหินเดิม เนื่องจากถ่านคาร์บอนลี้มีปริมาณถ่านมากถึง 40.60% (จาก  
 ตารางที่ 4.11 จะเห็นว่าเมื่อถ่านมีประมาณสูงถึง 41-43% จะส่งผลให้ค่าความร้อนของถ่าน  
 คาร์บอนจากถ่านหินลี้มีค่าลดลง) เมื่อพิจารณาถึงน้ำมันที่มาจากถ่านหินลี้มีปริมาณมากคือได้  
 11.00 ลบ.ซม. ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำมันที่มาจากถ่านหินกระบี่และแม่เมาะ น้ำมันที่ลี้นี้ให้  
 ร้อยละของพินอลสูง 26.67% และย่วง yellow oil 24.79% (และเมื่อทำการศึกษา  
 แยกตัวของสารประกอบนี้จะได้สารประกอบเคมี เช่น benzene, toluene, xylene,  
 phenol และ creosol.) นอกจากนี้ค่าความร้อนของก๊าซถ่านหินลี้ มีค่าสูงกว่าค่าความร้อน  
 ของก๊าซถ่านหินกระบี่และแม่เมาะ คือได้ 376.49 ซีคียูต่อลบ.ฟุต และ 388.93 ซีคียูต่อ  
 ลบ.ฟุต ที่อุณหภูมิ 600° ซ. และ 900° ซ. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 สัมปติของถ่านดินแหล่งแม่เมาะ, กระจับและลี้

	แม่เมาะ 0.5-1 มม.	กระจับ 0.5-1 มม.	ลี้ 0.5-1 มม.
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)			
ความชื้น	16.89	18.24	22.55
เถ้า	9.80	16.68	24.75
ล้าระเหย	37.51	31.88	31.22
คาร์บอนคงตัว	35.72	33.20	23.68
ค่ากำมะถัน (%)	1.55	3.69	1.16
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	5,769	4,719	4,480
(ซีทียู/ปอนด์)	10,384	8,494	8,064
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%) (ไม่รวมความชื้นและเถ้า)			
ล้าระเหย	51.17	48.99	59.24
คาร์บอนคงตัว	48.72	51.01	44.93
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	6,615	7,251	6,818
(ซีทียู/ปอนด์)	11,097	13,052	12,272
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	5,316	4,630	4,611
ค่าความร้อน (ซีทียู/ปอนด์)	9,568	8,335	8,300
(ไม่รวมเถ้า)			
ลำดับของถ่านดิน	subbituminous B	subbituminous C	subbituminous C

\* ไม่รวมความชื้น



ตารางที่ 4.2 ผลิตรวมที่ลอกจากคาร์บอนเฮกซามีนของถ่านหินแม่เมาะขนาด 0.5-1 มม.

ผลิตรวมที่ต่อ ถ่านหิน 100 กรัม	จุดหมักสุดท้ายคาร์บอนเฮกซามีน (°ซ.)				
	300	400	500	600	900
ถ่านคาร์บอนไนซ์ (กรัม)	67.2	56.4	54.5	50.5	45.1
น้ำในถ่าน (ลบ.ซม.)	2.0	3.0	4.0	5.0	5.0
ของเหลว (ลบ.ซม.)	28.0	30.0	32.0	32.0	29.0
ก๊าซ (ลบ.ซม.)	2,000	3,800	8,300	14,000	20,500

ตารางที่ 4.3 ผลิตรวมที่ลอกจากคาร์บอนเฮกซามีนถ่านหินแม่เมาะขนาด 1-2 มม.

ผลิตรวมที่ต่อ ถ่านหิน 100 กรัม	จุดหมักสุดท้ายคาร์บอนเฮกซามีน (°ซ.)		
	400	500	600
ถ่านคาร์บอนไนซ์ (กรัม)	56.4	55.2	39.1
น้ำในถ่าน (ลบ.ซม.)	3.0	4.0	5.0
ของเหลว (ลบ.ซม.)	33.0	33.0	31.0
ก๊าซ (ลบ.ซม.)	5,000	8,000	12,700

ตารางที่ 4.4 ผลิตรังนกจากคาร์บอนเข้ยนของถ่านหินกระเป๋ขนาด 0.5-1 มม.

ผลิตรังนกต่อ ถ่านหิน 100 กรัม	จุดหมุ่สุดท้ายคาร์บอนเข้ยน (°ซ.)				
	300	400	500	600	900
ถ่านคาร์บอนฮี (กรัม)	67.5	62.5	58.9	53.5	50.6
น้ำันทาร์ (ลบ.ซม.)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
ของเหลว (ลบ.ซม.)	25.0	33.0	26.0	29.0	29.0
ก๊าซ (ลบ.ซม.)	3,800	4,200	8,200	12,000	19,200

ตารางที่ 4.5 ผลิตรังนกจากคาร์บอนเข้ยนถ่านหินลี้ขนาด 0.5-1 มม.

ผลิตรังนกต่อ ถ่านหิน 100 กรัม	จุดหมุ่สุดท้ายคาร์บอนเข้ยน (°ซ.)			
	400	500	600	900
ถ่านคาร์บอนฮี (กรัม)	66.3	54.0	51.0	49.9
น้ำันทาร์ (ลบ.ซม.)	9.0	10.0	11.0	11.0
ของเหลว (ลบ.ซม.)	28.0	27.0	27.0	31.0
ก๊าซ (ลบ.ซม.)	3,100	5,000	6,600	14,500

ตารางที่ 4.6 ผลิตรังไข่จากคาร์บอนไอเซชันของถ่านหินกระป๋องขนาดต่าง ๆ สำหรับอุณหภูมิสุดท้าย คาร์บอนไอเซชัน 600° ซ.

ผลิตรังไข่ต่อ ถ่านหิน 100 กรัม	ขนาดถ่านหิน (มม.)		
	0.5-1	1-2	>2
ถ่านคาร์บอนไอซ์ (กรัม)	53.5	56.2	55.1
น้ำอินทาร์ (ลบ.ซม.)	2.5	3.0	2.0
ของเหลว (ลบ.ซม.)	29.0	26.5	28.0
ก๊าซ (ลบ.ซม.)	12,000	11,000	10,150

ตารางที่ 4.7 ผลิตรังไข่จากคาร์บอนไอเซชันถ่านหินสี แม่เมาะและกระป๋องสำหรับอุณหภูมิสุดท้าย คาร์บอนไอเซชัน 600° ซ.

ผลิตรังไข่ต่อ ถ่านหิน 100 กรัม	แหล่งถ่านหิน		
	สี	แม่เมาะ	กระป๋อง
ถ่านคาร์บอนไอซ์ (กรัม)	51.0	50.5	53.5
น้ำอินทาร์ (ลบ.ซม.)	11.0	5.0	2.5
ของเหลว (ลบ.ซม.)	27.0	32.0	29.0
ก๊าซ (ลบ.ซม.)	6,600	14,000	12,000

ตารางที่ 4.8 สัมบัติของถ่านคาร์บอนแม่เมาะขนาด 0.5 - 1 มม.

สมบัติ	ถ่านหิน เริ่มต้น	อุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเซชัน (°C.)				
		300	400	500	600	900
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)						
ความชื้น	16.89	4.44	4.48	4.69	5.75	2.08
เถ้า	9.80	16.30	16.42	18.42	21.47	26.76
สารระเหย	37.51	32.77	22.29	17.32	9.77	4.07
คาร์บอนคงตัว	35.72	46.49	52.33	59.57	63.01	67.09
ค่ากำมะถัน (%)	1.55	2.04	2.07	2.16	2.14	2.93
*ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	5,769	5,452	5,712	5,814	6,196	6,375
(บีทียู/ปอนด์)	10,384	9,814	10,282	10,465	11,153	11,655
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)						
(ไม่รวมความชื้นและเถ้า)						
สารระเหย	51.17	41.34	33.84	22.53	13.42	5.72
คาร์บอนคงตัว	48.72	58.66	66.16	77.47	86.58	94.28
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	6,615	6,723	7,096	7,405	8,247	8,819
(บีทียู/ปอนด์)	11,907	12,101	12,773	13,329	14,845	15,874

\* ไม่รวมความชื้น

ตารางที่ 4.9 สัมบัติของถ่านคาร์บอนไอซ์แม่เมาะขนาด 1-2 มม.

สมบัติ	ถ่านหิน เริ่มต้น	จุดหลอมสุดท้ายคาร์บอนไอซ์ (%)		
		400	500	600
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)				
ความชื้น	21.16	4.71	5.42	4.51
เถ้า	9.41	16.04	17.42	20.10
สารระเหย	34.26	23.22	16.52	4.11
คาร์บอนคงตัว	34.57	56.03	60.64	71.28
ค่ากำมะถัน (%)	1.39	2.00	1.92	2.27
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	5,483	5,757	5,821	6,034
(บีทียู/ปอนด์)	7,934	10,364	10,479	10,861
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)				
ไม่รวมความชื้นและเถ้า				
สารระเหย	49.77	29.29	21.41	8.18
คาร์บอนคงตัว	50.23	70.70	78.59	91.82
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	6,232	7,466	7,719	7,987
(บีทียู/ปอนด์)	11,218	13,438	13,895	14,377

\* ไม่รวมความชื้น

ตารางที่ 4.10 สัมบัติของถ่านคาร์บอนไนซ์กระป๋องขนาด 0.5 - 1 มม.

สมบัติ	ถ่านหิน เริ่มต้น	จุดหลอมสุดท้ายคาร์บอนไนซ์ (%)				
		300	400	500	600	900
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)						
ความชื้น	18.24	2.27	2.76	3.29	2.30	2.46
เถ้า	16.68	24.08	27.26	27.85	29.89	32.68
สารระเหย	31.88	28.42	21.33	15.75	8.24	3.29
คาร์บอนคงตัว	33.20	45.23	48.65	53.04	59.57	61.57
ค่ากำมะถัน (%)	3.69	4.28	4.49	4.91	4.33	4.45
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	4,719	5,080	5,262	5,387	5,815	5,616
(บีทียู/ปอนด์)	8,494	9,144	9,472	9,697	10,467	10,109
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%) (ไม่รวมความชื้นและเถ้า)						
สารระเหย	48.99	38.59	30.48	22.87	12.15	5.07
คาร์บอนคงตัว	51.01	61.41	69.52	77.03	87.85	94.93
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	7,251	6,927	7,515	7,773	8,370	8,445
(บีทียู/ปอนด์)	13,052	12,469	13,527	13,991	15,066	15,201

\* ไม่รวมความชื้น

ตารางที่ 4.11 สัมบัติของถ่านคาร์บอนไอซ์ขนาด 0.5-1 มม.

สมบัติ	ถ่านหิน เริ่มต้น	จุดหลอมสุดท้ายคาร์บอนไอซ์ (%)			
		400	500	600	900
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)					
ความชื้น	22.55	2.18	2.31	2.49	2.46
เถ้า	24.75	36.85	40.60	43.07	44.77
สารระเหย	31.22	20.88	11.88	4.87	3.45
คาร์บอนคงตัว	23.68	40.09	45.21	49.57	49.32
ค่ากำมะถัน (%)	1.16	1.94	1.98	2.09	2.07
*ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	4,480	4,626	4,805	4,687	4,484
(บีทียู/ปอนด์)	8,064	8,327	8,649	8,437	8,071
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)					
(ไม่รวมความชื้นและเถ้า)					
สารระเหย	59.24	34.25	20.81	8.95	6.54
คาร์บอนคงตัว	44.93	65.75	79.19	91.05	93.46
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	6,818	7,216	7,940	4,162	8,272
(บีทียู/ปอนด์)	12,272	12,989	14,292	14,692	14,889

\* ไม่รวมความชื้น

ตารางที่ 4.12 สัมบัติของถ่านคาร์บอนโอโซนกระป๋องขนาดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนโอโซน  
600 ° ซ.

สมบัติ	ถ่านหิน เริ่มต้น 0.5-1	ขนาดถ่านหิน (มม.)		
		0.5-1	1-2	> 2
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)				
ความชื้น	18.24	2.30	2.46	2.50
เถ้า	16.68	29.89	29.29	34.82
สารระเหย	31.88	8.24	12.40	10.77
คาร์บอนคงตัว	33.20	59.57	55.85	52.67
ค่ากำมะถัน (%)	3.69	4.33	4.35	4.31
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	4,719	5,815	5,279	5,107
(บีทียู/ปอนด์)	8,494	10,467	9,502	9,193
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%) (ไม่รวมความชื้นและเถ้า)				
สารระเหย	48.99	12.15	18.28	17.18
คาร์บอนคงตัว	51.01	87.85	81.72	84.03
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	7,251	8,370	7,739	8,149
(บีทียู/ปอนด์)	13,052	15,066	13,930	14,668

\* ไม่รวมความชื้น



ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบสมบัติของถ่านคาร์บอนอสี แม่เมาะ กระป๋องขนาด 0.5-1 มม.

สมบัติ	สี		แม่เมาะ		กระป๋อง	
	เริ่มต้น	คาร์บอนไนซ์ 600 <sup>o</sup> ช.	เริ่มต้น	คาร์บอนไนซ์ 600 <sup>o</sup> ช.	เริ่มต้น	คาร์บอนไนซ์ 600 <sup>o</sup> ช.
การวิเคราะห์โดยประมาณ(%)						
ความชื้น	22.55	2.49	16.89	5.75	18.24	2.30
เถ้า	24.75	43.07	9.80	21.47	16.68	29.89
สารระเหย	31.22	4.87	37.51	9.77	31.88	10.54
คาร์บอนคงตัว	23.68	49.57	35.72	63.01	33.20	57.27
ค่ากำมะถัน (%)	1.16	2.09	1.55	2.14	3.69	4.33
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	4,480	4,687	5,769	6,196	4,719	5,815
(ซีทียู/ปอนด์)	8,064	8,437	10,384	11,153	8,494	10,467
การวิเคราะห์โดยประมาณ(%) (ไม่รวมความชื้นและเถ้า)						
สารระเหย	59.24	8.95	51.17	13.42	48.99	12.15
คาร์บอนคงตัว	44.93	91.05	48.72	86.58	51.01	87.85
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	6,818	8,162	6,615	8,247	7,251	8,370
(ซีทียู/ปอนด์)	12,272	14,692	11,907	14,845	13,052	15,066

\* ไม่รวมความชื้น

ตารางที่ 4.14 องค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดของคาร์บอนไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 0.5-1 มม.

องค์ประกอบ (%)	อุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนไฮดรอกไซด์ (°ซ.)				
	300	400	500	600	900
H <sub>2</sub>	0.02	0.18	0.36	0.34	0.20
O <sub>2</sub>	7.09	3.18	3.15	5.83	1.49
N <sub>2</sub>	30.51	12.93	12.93	22.35	23.29
CH <sub>4</sub>	1.32	8.64	11.97	14.09	7.92
CO	5.04	9.81	14.89	13.65	49.71
CO <sub>2</sub>	51.79	58.24	50.99	40.32	16.09
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.63	2.76	2.86	2.32	0.55
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.29	0.76	0.81	0.70	0.26
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	-	-	-	0.34
H <sub>2</sub> S	3.31	3.34	2.02	0.39	0.13
ค่าความร้อน (บีทียู/ลบ.ฟุต)	64.19	192.33	236.03	221.83	249.85

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 4.15 องค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดของคาร์บอนเฮกซามีนถ่านหินแม่เมาะขนาด 1-2 มม.

องค์ประกอบ (%)	อุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเฮกซามีน (°C.)		
	400	500	600
H <sub>2</sub>	0.37	0.31	0.39
O <sub>2</sub>	5.77	3.09	3.11
N <sub>2</sub>	23.49	12.43	13.36
CH <sub>4</sub>	7.59	14.02	15.54
CO	8.98	13.41	16.34
CO <sub>2</sub>	47.56	49.07	45.29
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	2.10	3.15	2.47
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2.10	0.77	0.57
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.94	2.08	1.45
H <sub>2</sub> S	1.61	1.67	1.48
ค่าความร้อน (BTU/ลบ.ฟุต)	158.43	304.68	299.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 องค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดของคาร์บอนเฮกเซนถ่านหินกระป๋องขนาด  
0.5-1 มม.

องค์ประกอบ (%)	อุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเฮกเซน (°C.)				
	300	400	500	600	900
H <sub>2</sub>	0.08	0.13	0.25	0.35	0.58
O <sub>2</sub>	9.13	8.31	3.24	2.54	4.77
N <sub>2</sub>	36.31	33.88	13.96	10.62	12.72
CH <sub>4</sub>	2.12	3.73	9.22	14.48	14.92
CO	9.92	8.54	11.48	15.19	21.24
CO <sub>2</sub>	39.64	41.39	54.50	50.95	41.39
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.53	0.82	1.59	1.22	0.91
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.23	0.28	0.45	0.35	0.31
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.48	0.85	1.02	0.72	0.25
H <sub>2</sub> S	1.56	2.07	4.29	3.57	2.88
ค่าความร้อน (บีทียู/ลบ.ฟุต)	86.16	115.51	212.41	257.79	260.67

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 องค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดของคาร์บอนไฮไดรเจนถ่านหินลignite  
0.5-1 มม.

องค์ประกอบ (%)	อุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนไฮไดรเจน (°C.)			
	400	500	600	900
H <sub>2</sub>	0.08	0.21	0.39	0.13
O <sub>2</sub>	18.55	2.80	5.50	1.12
N <sub>2</sub>	50.55	32.79	21.61	16.77
CH <sub>4</sub>	6.43	13.18	19.72	20.13
CO	10.42	10.59	16.85	31.13
CO <sub>2</sub>	11.83	23.02	28.07	25.41
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.67	10.46	2.67	2.06
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.28	1.03	0.79	0.82
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.64	2.78	2.44	1.62
H <sub>2</sub> S	0.56	3.14	1.95	0.81
ค่าความร้อน (บีทียู/ลบ.ฟุต)	131.15	424.40	376.49	388.93

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 องค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดของคาร์บอนเข้้นถ่านหินกระเป๋ขนาดต่าง ๆ  
ที่น้้ารับอุณหภูมิคาร์บอนเข้้น 600° ซ.

องค์ประกอบ (%)	ขนาดของถ่านหิน (มม.)		
	0.5-1	1-2	> 2
H <sub>2</sub>	0.35	0.34	0.31
O <sub>2</sub>	2.54	3.47	3.26
N <sub>2</sub>	10.62	14.52	13.39
CH <sub>4</sub>	14.48	12.27	13.38
CO	15.19	14.84	11.41
CO <sub>2</sub>	50.95	48.12	51.04
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1.22	1.49	1.62
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.35	0.36	0.39
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.72	0.85	0.91
H <sub>2</sub> S	3.74	3.74	4.29
ค่าความร้อน (บีทียู/ลบ.ฟุต)	257.79	242.96	250.57

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบองค์ประกอบก๊าซรวมทั้งหมดของคาร์บอนเขยันท่านหินสีแม่เมาะ  
 กระบี่ ขนาด 0.5-1 มม. ที่อุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเขยันท่านหิน 600°C.

องค์ประกอบ (%)	แหล่งถ่านหิน		
	กระบี่	แม่เมาะ	กระบี่
H <sub>2</sub>	0.39	0.34	0.35
O <sub>2</sub>	5.50	5.83	2.54
N <sub>2</sub>	21.61	22.35	10.62
CH <sub>4</sub>	19.72	14.09	14.48
CO	16.85	13.65	15.19
CO <sub>2</sub>	28.07	40.32	50.95
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	2.67	2.32	1.22
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.79	0.70	0.35
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.44	-	0.72
H <sub>2</sub> S	1.95	0.39	3.57
ค่าความร้อน (ซีคียู/ลบ.ฟุต)	376.49	221.83	260.67

ตารางที่ 4.20 ก. การเปลี่ยนอุณหภูมิและปริมาณก๊าซกับเวลาของคาร์บอนเซชันถ่านหินแม่เมาะ ขนาด 0.5-1 มม. โดยอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเซชัน 600<sup>o</sup>ซ.

เวลา (นาที)	0	7	13	19	23	25	28	32	36	43	49	56	65
อุณหภูมิ (°ซ.)	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
ปริมาตร (ลบ.ซม)	0	150	500	1,000	1,200	1,600	2,300	3,000	4,450	6,300	8,500	10,500	13,200

ตารางที่ 4.20 ข. องค์ประกอบของก๊าซที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างคาร์บอนเซชันถ่านหินแม่เมาะ

องค์ประกอบก๊าซ (%)	อุณหภูมิระหว่างคาร์บอนเซชัน (°ซ)			อุณหภูมิสุดท้าย (°ซ.)
	300	400	500	600
H <sub>2</sub>	0.14	0.34	0.61	0.66
O <sub>2</sub>	1.92	2.26	2.74	4.27
N <sub>2</sub>	6.98	8.29	10.92	19.14
CH <sub>4</sub>	8.06	13.95	29.04	23.37
CO	8.97	9.97	16.57	33.29
CO <sub>2</sub>	68.81	56.88	34.78	13.33
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	2.64	3.91	3.06	2.18
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.94	1.14	0.54	2.06
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	-	-	-
H <sub>2</sub> S	1.54	3.26	1.75	1.69
ค่าความร้อน (บีทียู/ลบ.ฟุต)	173.78	269.12	408.66	418.25



ตารางที่ 4.21 ก. การเปลี่ยนอุณหภูมิและปริมาณก๊าซกับเวลาของคาร์บอนเขย่นถ่านหินกระป๋อง  
ขนาด 0.5-1 มม. โดยอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเขย่น 600<sup>o</sup>ซ.

เวลา (นาที)	0	6	13	20	23	26	28	31	34	38	43	50	60
อุณหภูมิ (°ซ.)	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
ปริมาตร (ลบ. ซม)	0	80	320	1,300	1,800	2,450	3,550	3,700	4,500	5,500	7,100	8,550	10,700

ตารางที่ 4.21 ข. องค์ประกอบของก๊าซที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างคาร์บอนเขย่นถ่านหินกระป๋อง

องค์ประกอบก๊าซ (%)	อุณหภูมิระหว่างคาร์บอนเขย่น (°ซ)			อุณหภูมิสุดท้าย
	300	400	500	600
H <sub>2</sub>	0.11	0.25	0.39	0.52
O <sub>2</sub>	4.03	2.07	2.19	3.05
N <sub>2</sub>	15.22	7.83	8.63	14.41
CH <sub>4</sub>	5.24	10.01	23.29	21.93
CO	9.81	10.72	13.12	29.49
CO <sub>2</sub>	55.99	54.73	45.58	28.20
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1.33	2.07	1.49	0.28
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.49	0.64	0.32	0.07
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.09	5.08	0.38	0.05
H <sub>2</sub> S	6.67	6.61	4.59	1.99
ค่าความร้อน (บีทียู/ลบ.ฟุต)	180.66	342.88	340.72	332.37

ตารางที่ 4.22 ก. การเปลี่ยนอุณหภูมิและปริมาณก๊าซกับ เวลาของคาร์บอนเข้ชั้นถ่านหินลึ้นขนาด 0.5-1 มม. โดยอุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเข้ชั้น 600<sup>o</sup>ซ.

เวลา (นาที)	0	6	12	20	25	30	35	44	49	55	60	71	82
อุณหภูมิ (°ซ.)	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	560	600
ปริมาตร (ลบ. ซม)	0	200	600	800	1,500	2,000	2,400	2,700	3,200	3,600	4,000	5,100	6,300

ตารางที่ 4.22 ข. องค์ประกอบของก๊าซที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างคาร์บอนเข้ชั้นถ่านหินลึ้น

องค์ประกอบก๊าซ (%)	อุณหภูมิระหว่างคาร์บอนเข้ชั้น (°ซ.)			อุณหภูมิสุดท้าย (°ซ.)
	300	400	500	600
H <sub>2</sub>	0.03	0.14	0.32	0.12
O <sub>2</sub>	3.39	3.39	1.63	2.03
N <sub>2</sub>	29.89	14.34	5.99	8.71
CH <sub>4</sub>	2.61	10.44	21.60	26.66
CO	12.31	19.57	15.46	26.57
CO <sub>2</sub>	45.96	39.46	29.81	32.02
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.62	4.30	15.56	1.49
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.51	1.78	1.26	0.31
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.33	0.55	4.26	1.54
H <sub>2</sub> S	3.35	6.04	4.11	0.55
ค่าความร้อน (บีทียู/ลบ.ฟุต)	112.22	311.74	645.79	418.85

ตารางที่ 4.23 การวิเคราะห์ไขมันหาร์จากลภาวะคาร์บอนเฮกเซน (300-900 °ซ.)

โดยใช้วิธีตัวทำละลาย (Solvent method)

องค์ประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ลิ	แม่เมาะ	กระเป๋
ส่วนของผงถ่าน	5.67	2.11	2.52
ส่วนของไขมันหาร์ไม่ละลาย			
โชนเบนซิน	4.85	0.91	0.53
ฟีนอลล์กัด้วย $\text{NaHCO}_3$	8.79	8.80	7.94
ฟีนอลล์กัด้วย $\text{NaOH}$	17.88	19.24	14.54
ต่าง	5.37	3.81	10.56
น้ำมัน Neutral	48.81	56.19	49.44
กากไขมันหาร์	8.62	8.48	5.07
ย้อผิดพลาค	0.02	0.48	9.36

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยจากกลีบดอกคาร์บอนไฮดรอกซี 300-900 °ซ.

โดยใช้วิธีตัวทำละลาย (Solvent method)

องค์ประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	สี	แม่เมาะ	กระป๋
ส่วนของผงถ่าน	-	-	-
ส่วนของน้ำมันหอมระเหยไม่ละลาย	5.14	0.93	0.54
โนเบนซีน			
พินอลสกัดด้วย $\text{NaHCO}_3$	9.32	8.99	8.14
พินอลสกัดด้วย $\text{NaOH}$	18.96	19.66	14.91
ต่าง	5.69	3.89	10.83
น้ำมัน Neutral	51.74	57.40	50.71
กากน้ำมันหอมระเหย	9.14	8.66	5.20

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 สัมปัติน้ำมันทานตะวันจากลภาวะคาร์บอนไฮดรเจน 300-900 ° ๗.

โดยใช้วิธีการกลั่น (Distillation method)

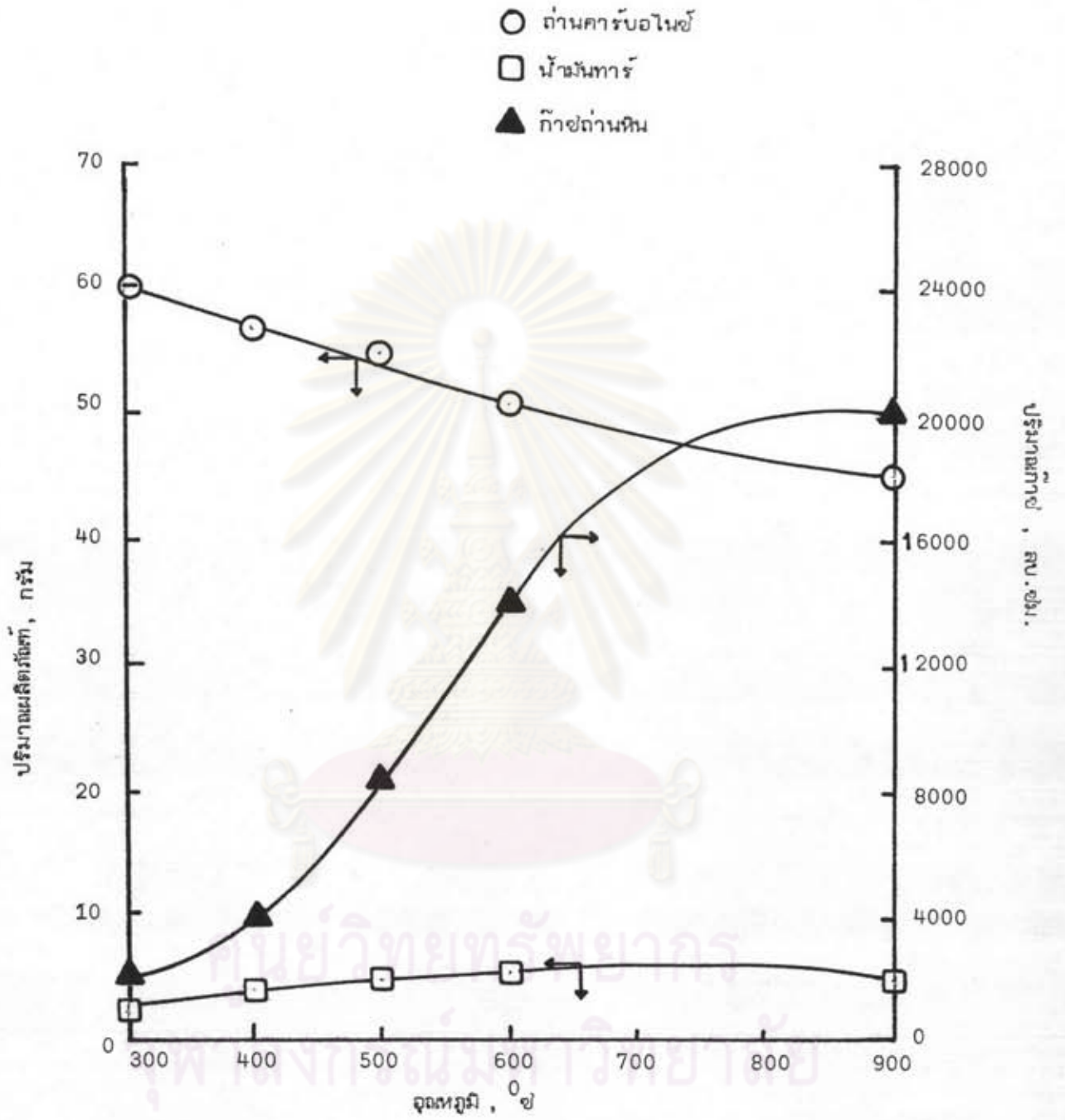
	สี	แม่เมะ	กระป๋
ความถ่วงจำเพาะ	0.985	0.978	0.968
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	10339	8779	12762
(ซีทียู/ปอนด์)	18610	15802	22972
กำมะถัน (%)	2.04	1.23	3.45
การกลั่น (% โดยปริมาตร)			
จุดหมอกที่เริ่มเดือด (°๗)	60-70	55-70	60-70
80-210°๗.(yellow oil)	24.79	17.14	27.59
210-350°๗.(brown-greenish yellow oil)	41.32	48.57	48.28
350-end°๗.(red-brown waxy oil black)	26.17	28.57	17.24
กาก (% โดยปริมาตร)	7.71	5.71	6.89

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

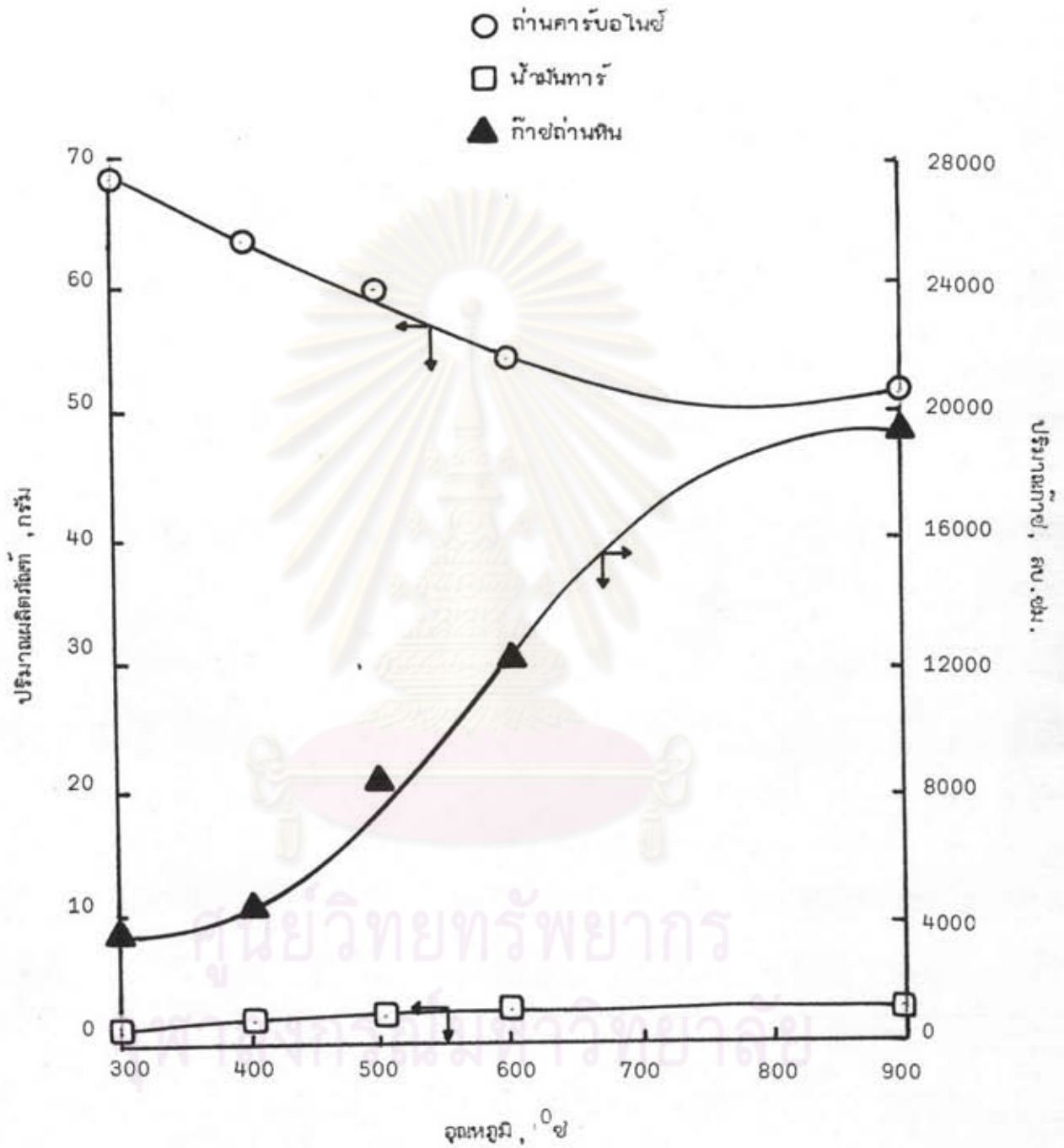
ตารางที่ 4.26 ความร้อนของน้ำมันทาร์จากลัฏวะคาร์บอนเฮกเซน 300-900 °ซ.  
ที่กลั่นได้แต่ละช่วงของจุดหลอมน้ำมันทาร์จากแหล่งนี้

ความถ่วงจำเพาะ	0.985
กำมะถัน (%)	2.4
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	10339
(บีทียู/ปอนด์)	18610
จุดหลอมที่เริ่มเดือด (°ซ)	60-70
ช่วงจุดหลอมที่กลั่นได้ (แคลอรี/กรัม)	
80-210°ซ. (yellow oil)	9409
210-350°ซ. (brown-greenish yellow oil)	9837
350-end°ซ. (red-brown waxy oil black)	10287

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

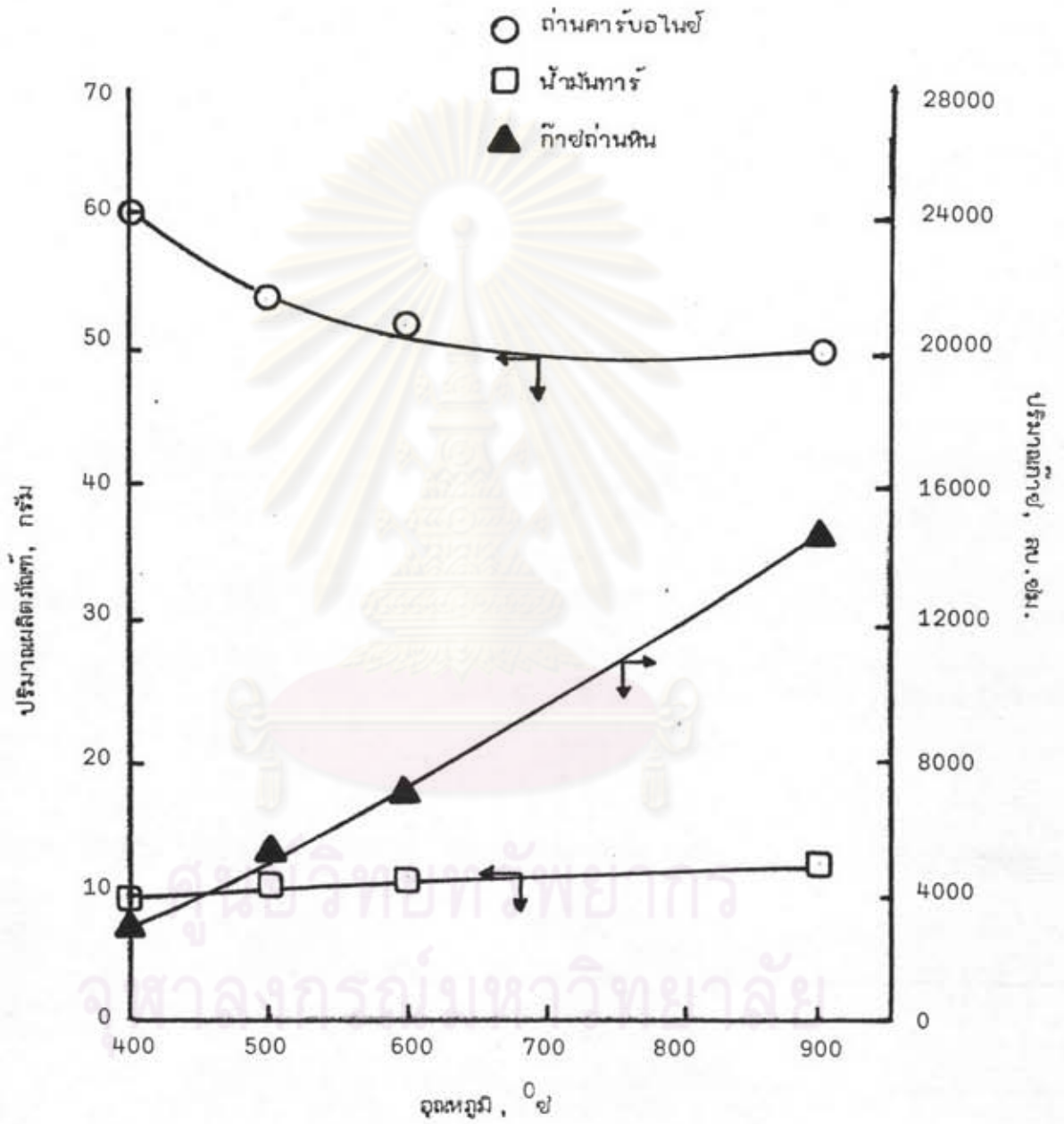


รูปที่ 4.1 ผลของจุดหมอกคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถ่านหินแม่เมาะ ขนาด 0.5 - 1 มม.

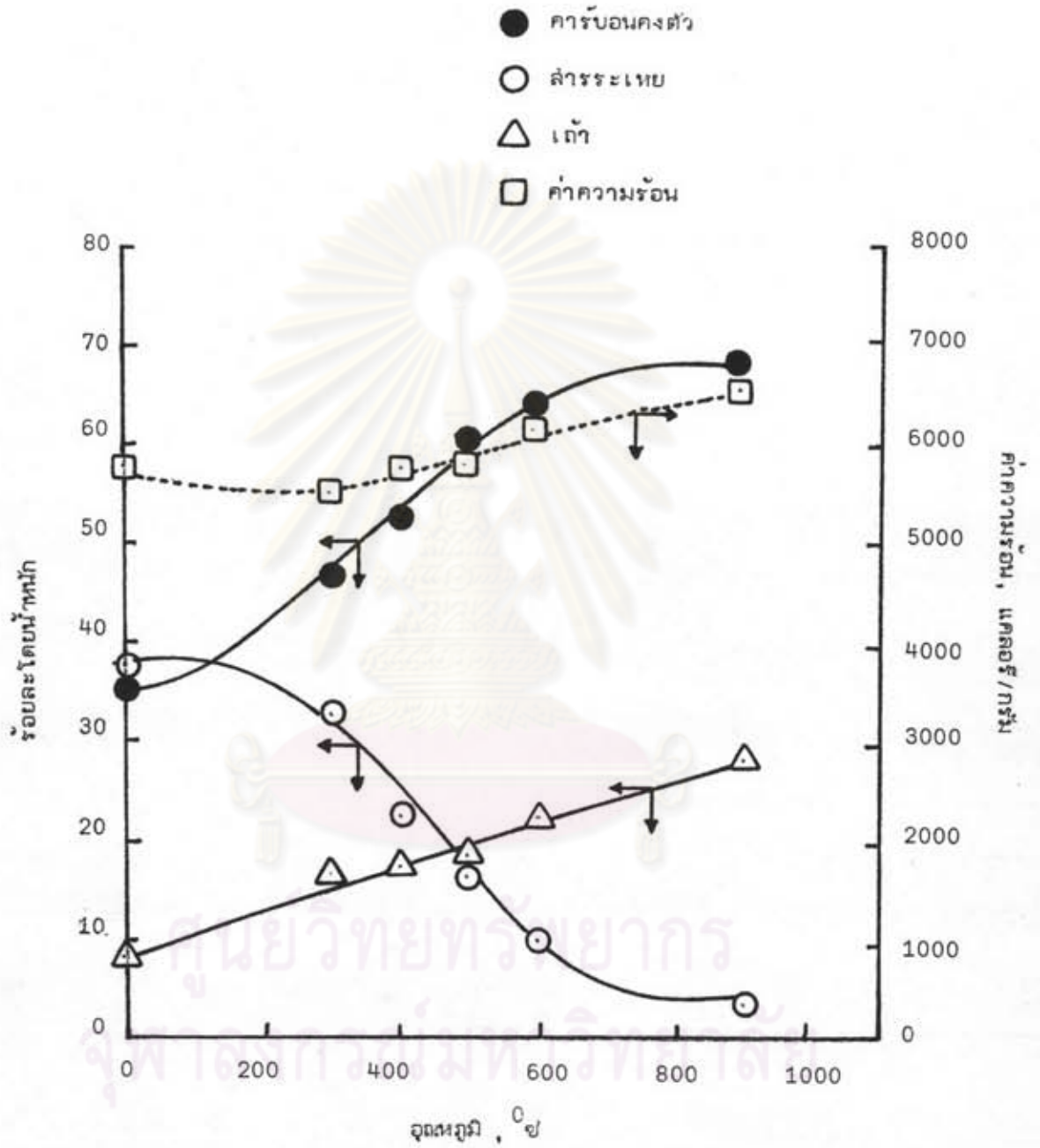


รูปที่ 4.2 ผลของจุดรวมคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถ่านหินกระป๋อง ขนาด 0.5 - 1 มม.

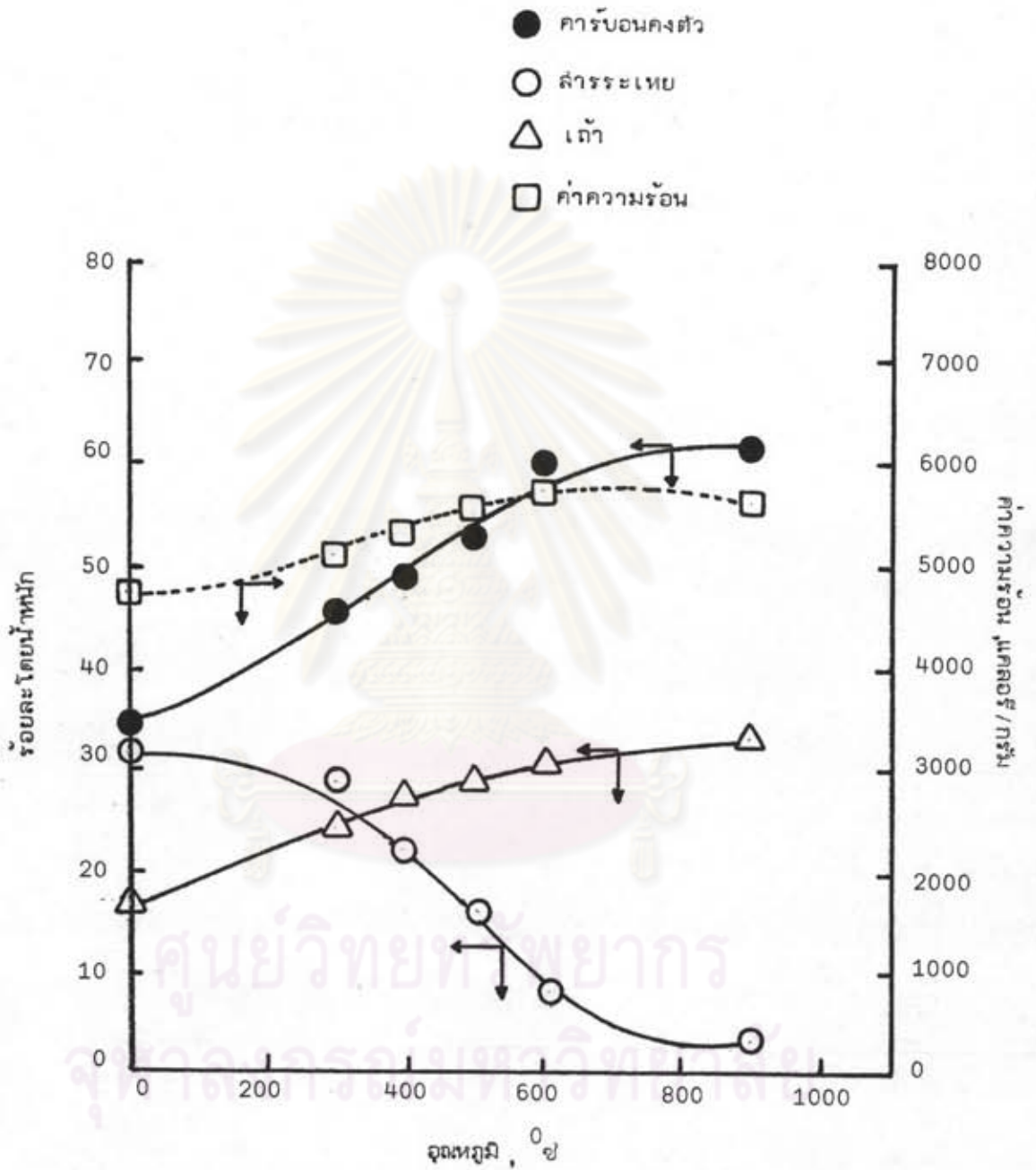




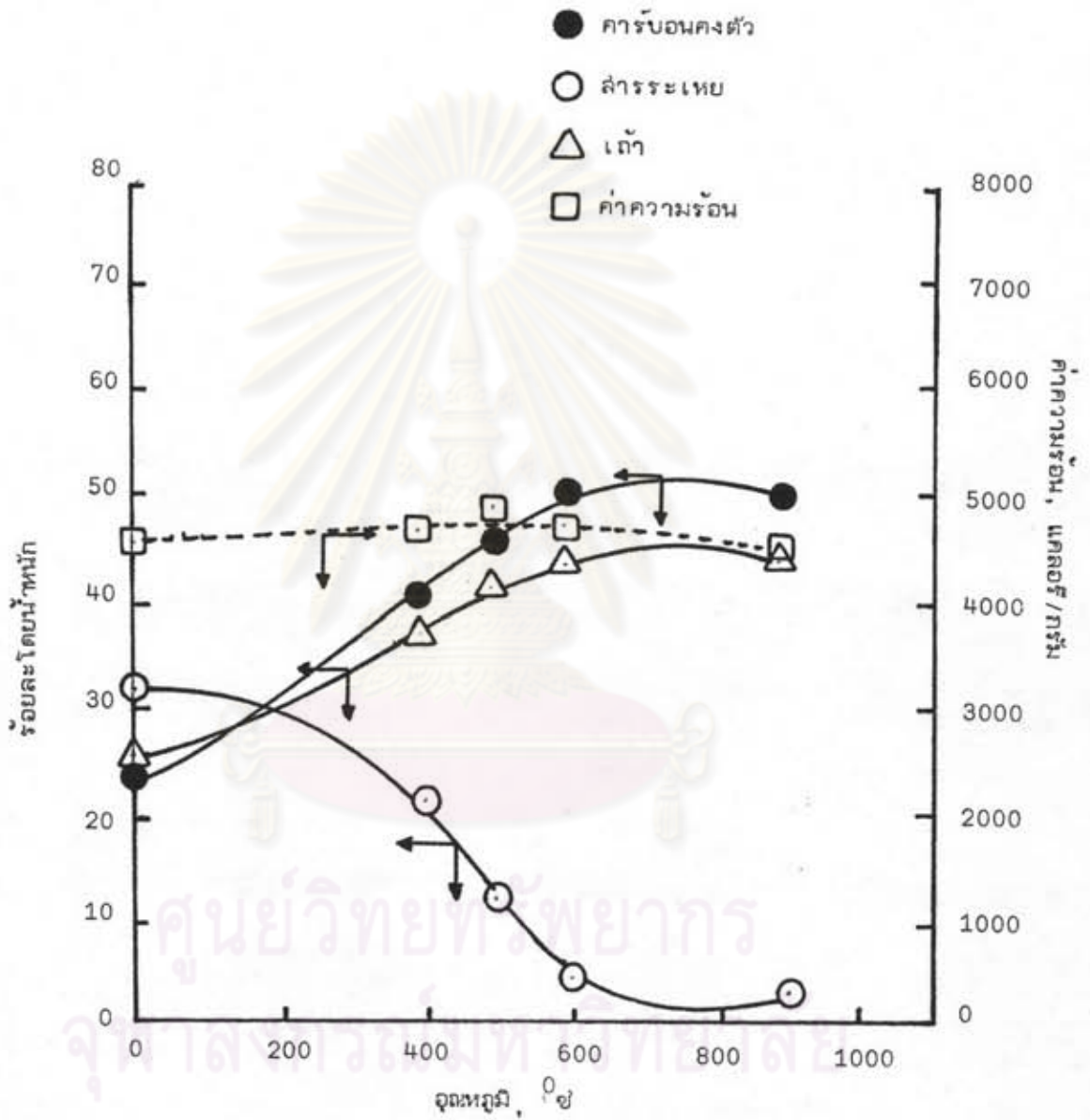
รูปที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถ่านหินสี ขนาด 0.5 - 1 มม.



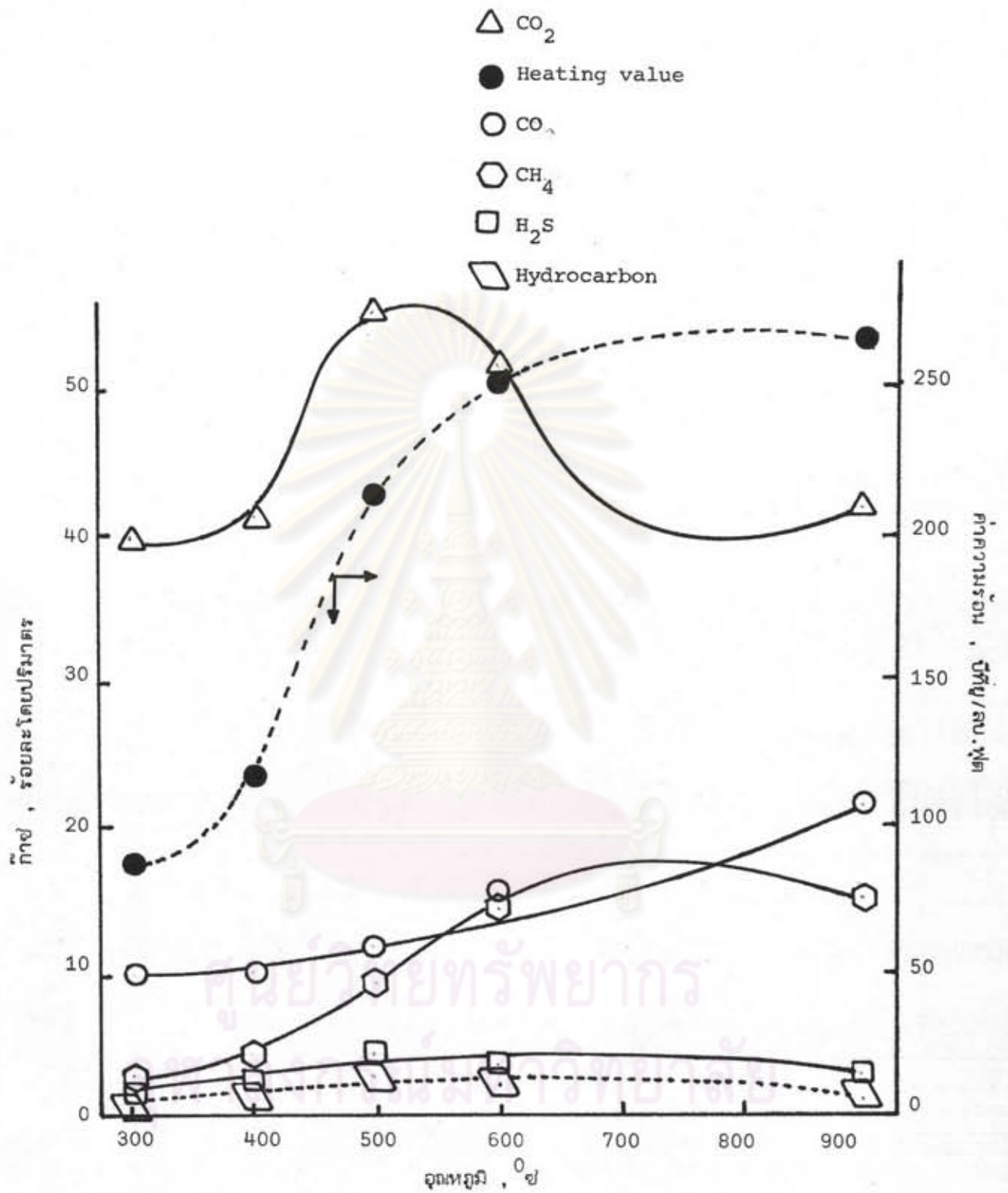
รูปที่ 4.4 ผลของอุณหภูมิคาร์บอนไนเซชันต่อสมบัติถ่านคาร์บอนแม่เมาะ ขนาด 0.5 - 1 มม.



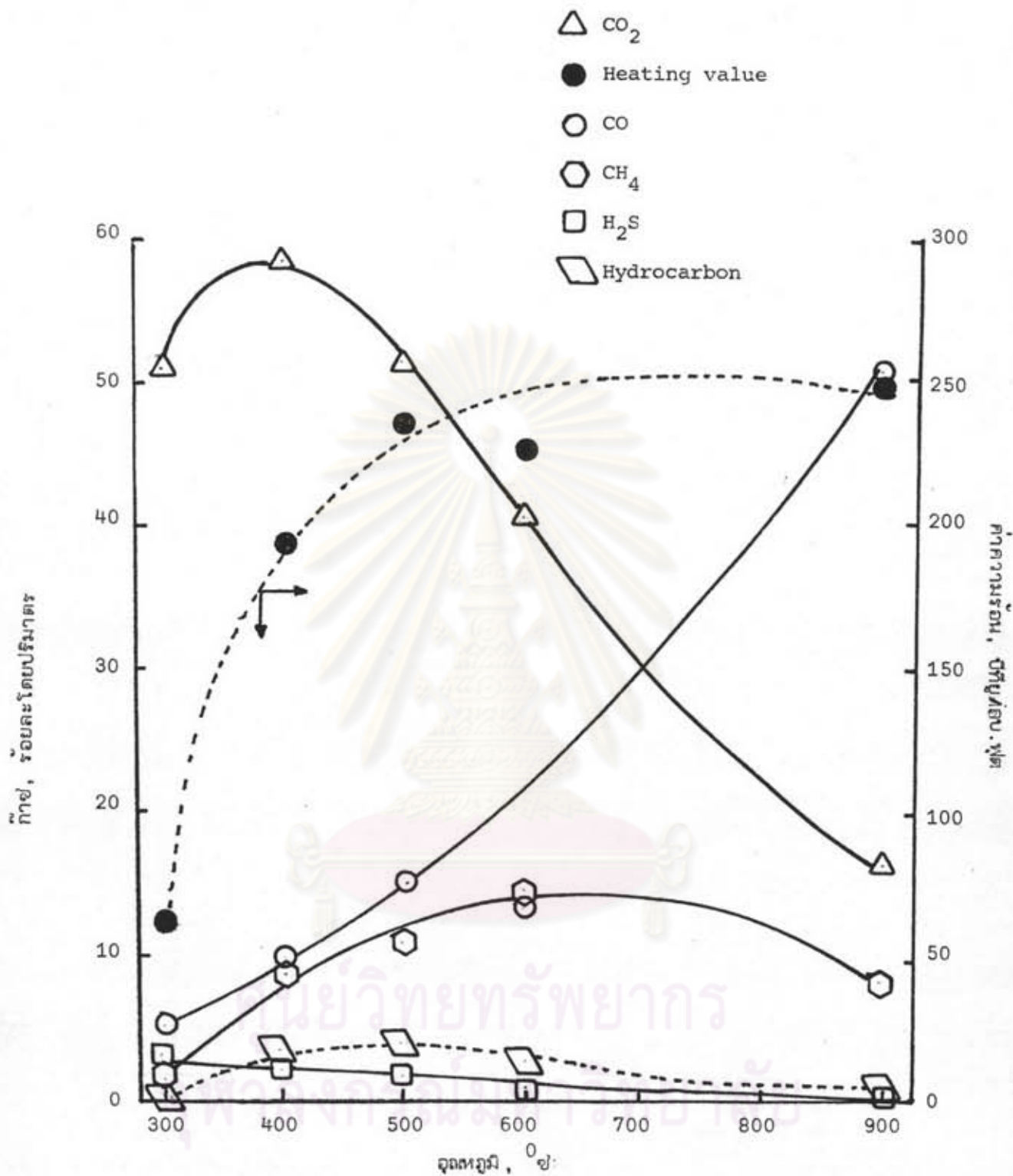
รูปที่ 4.5 ผลของอุณหภูมิคาร์บอนไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติถ่านคาร์บอนไฮดรอกไซด์  
ขนาด 0.5 - 1 มม.



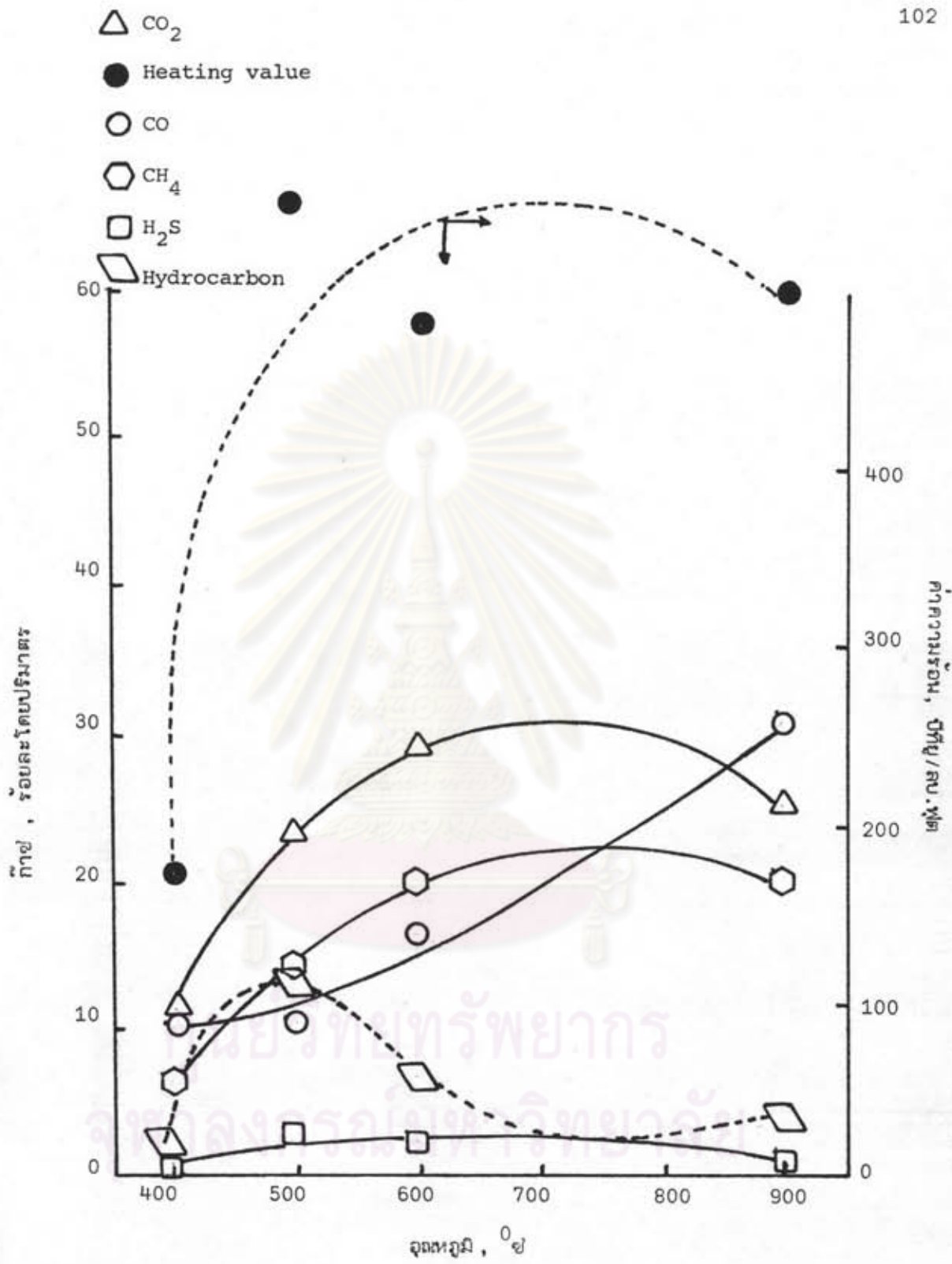
รูปที่ 4.6 ผลของอุณหภูมิคาร์บอนไนเซชันต่อสมบัติถ่านคาร์บอนซีลี  
ขนาด 0.5 - 1 มม.



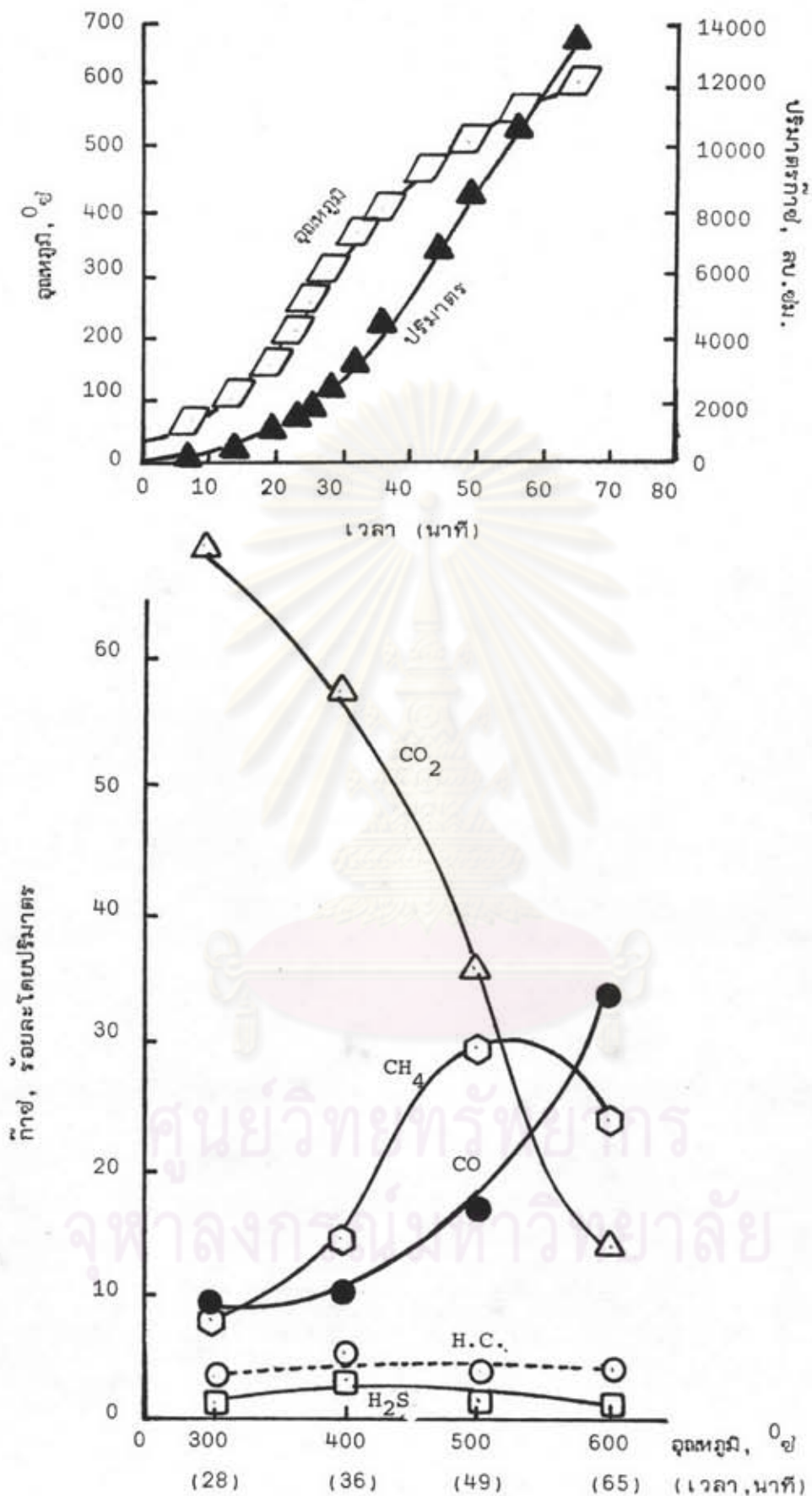
รูปที่ 4.7 ผลของอุณหภูมิคาร์บอนโนเชลีนต่อองค์ประกอบก๊าซรวมของถ่านหินกระชี่ ขนาด 0.5 - 1 มม.



รูปที่ 4.8 ผลของอุณหภูมิคาร์บอนเซชันต่อองค์ประกอบก๊าซรวมของถ่านหินแม่เมาะ ขนาด 0.5 - 1 มม.

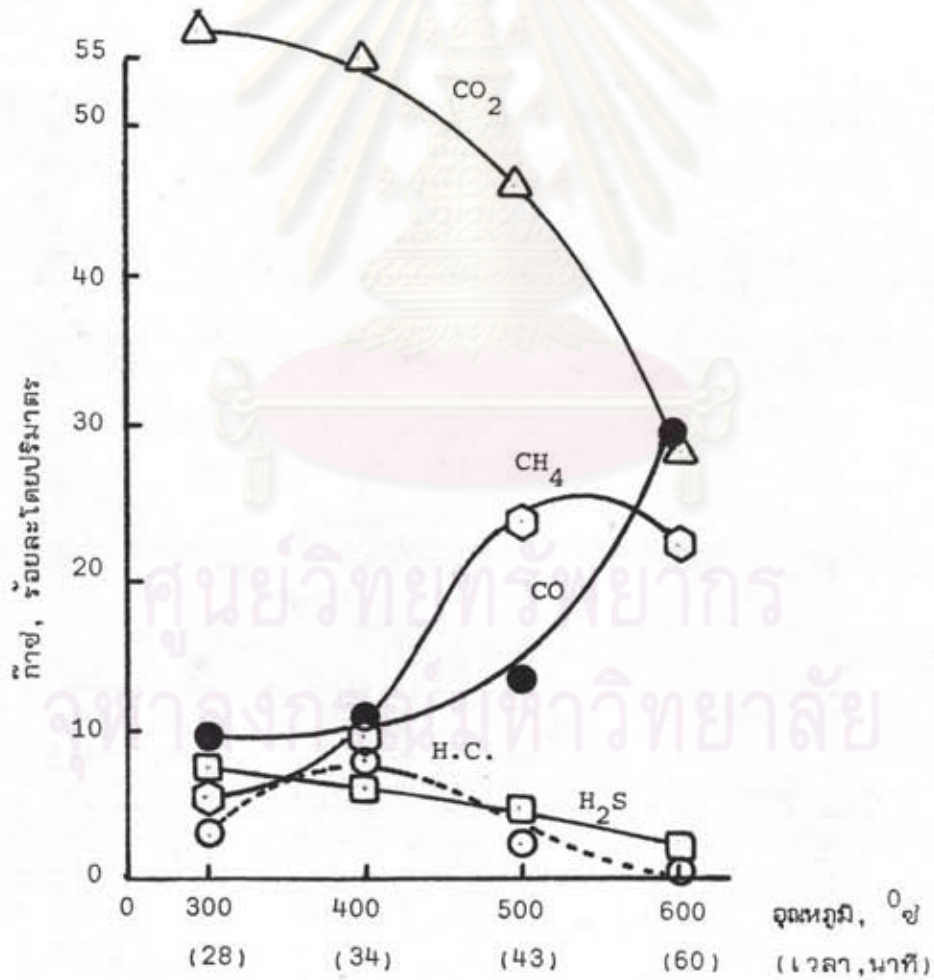
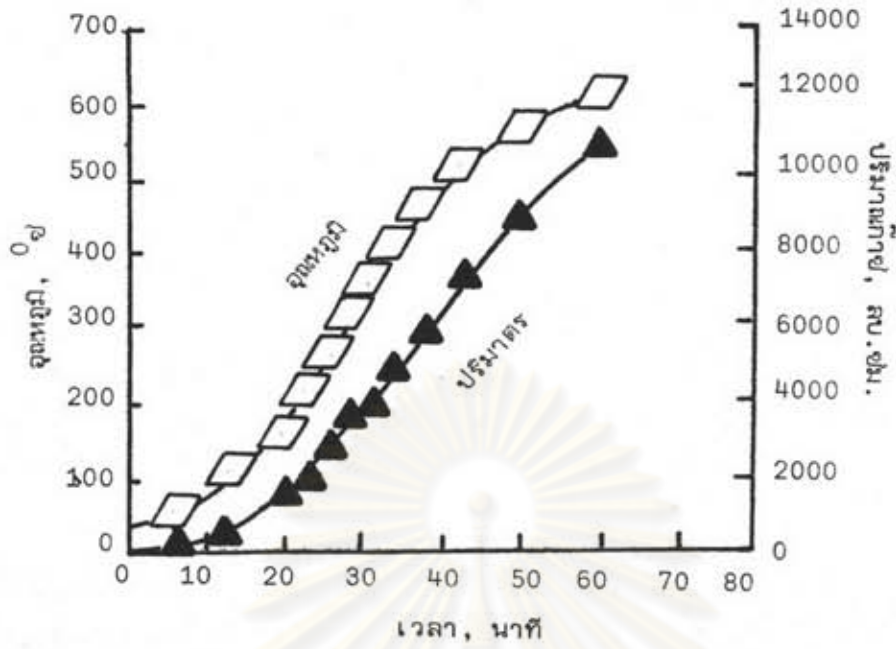


รูปที่ 4.9 ผลของอุณหภูมิคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับโดยหินปูนขนาด 0.5 - 1 มม.

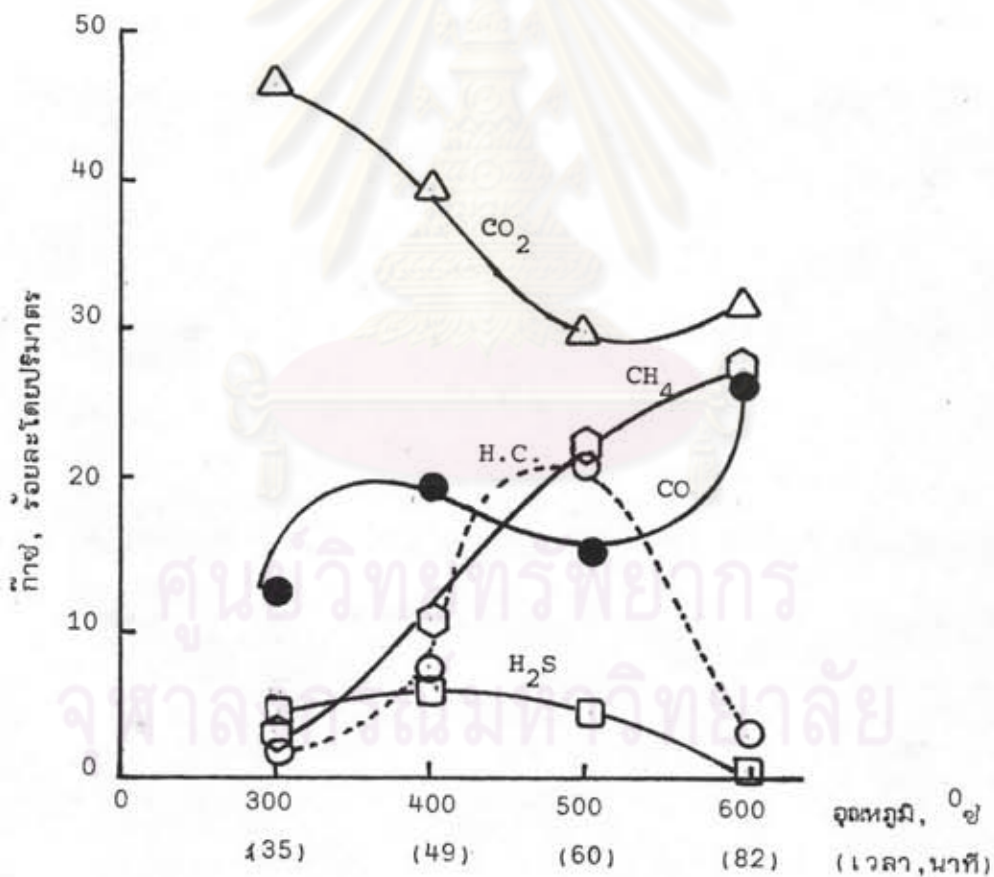
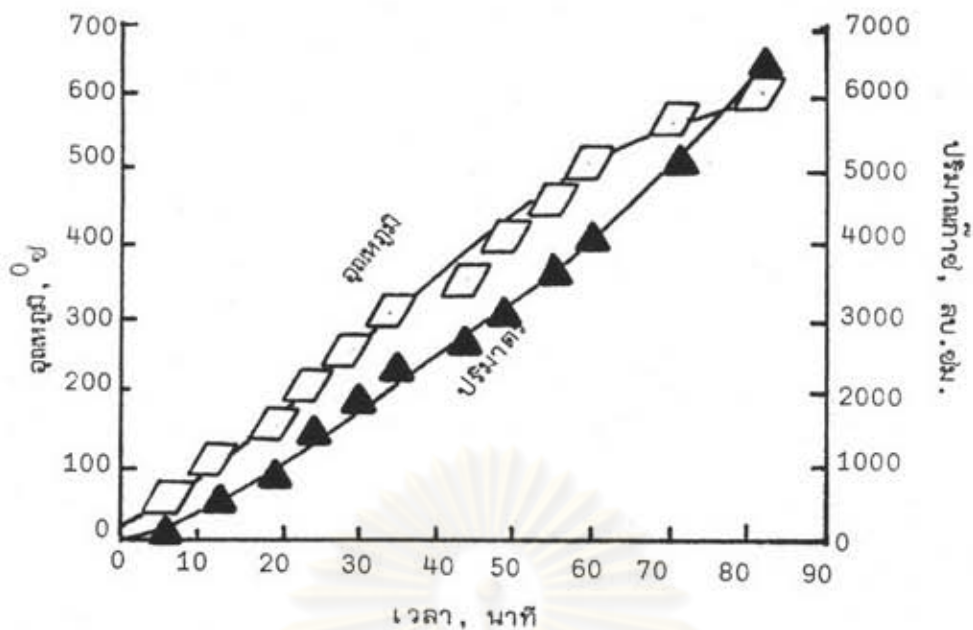


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซ, องค์ประกอบก๊าซ, จุดทศนิยมและเวลาของคาร์บอนไอเซชัน ถ่านหินแม่เมาะขนาด 0.5 - 1 มม.

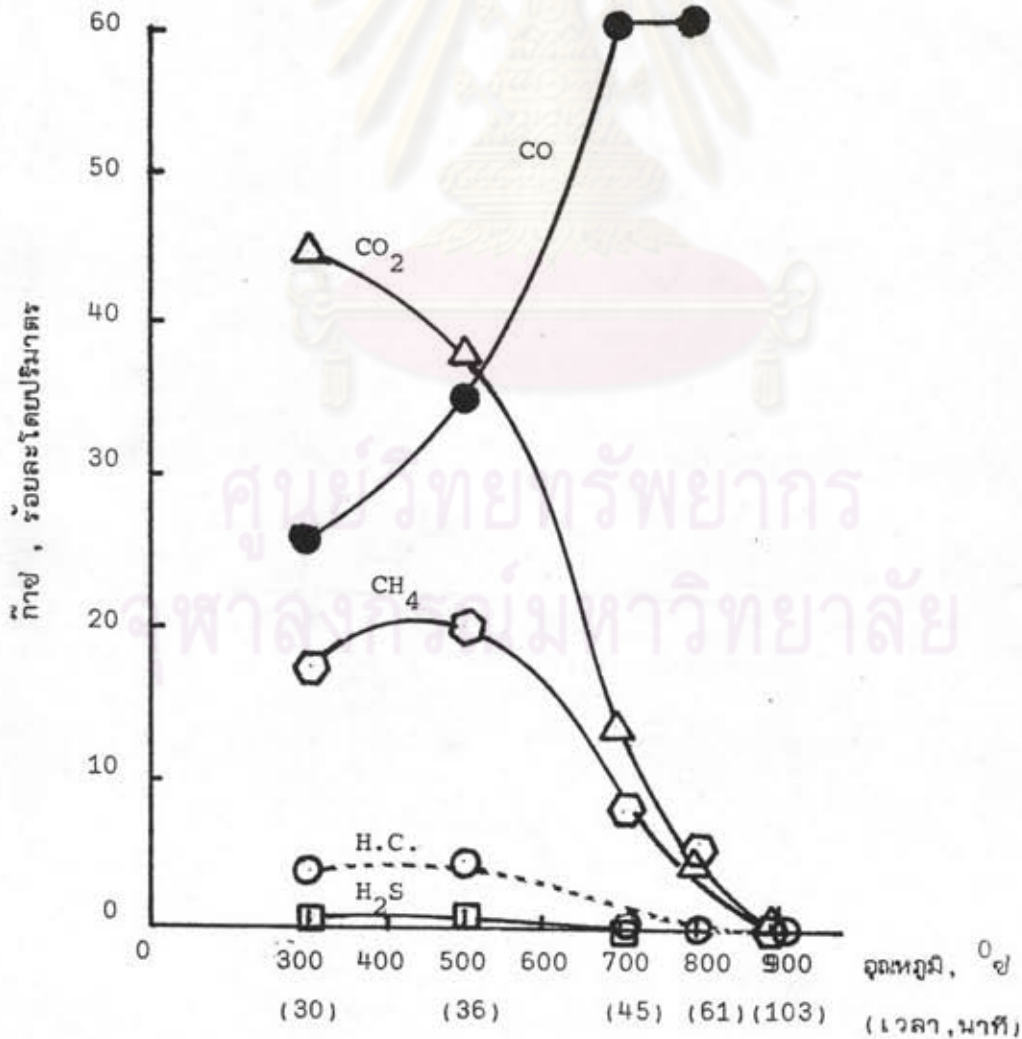
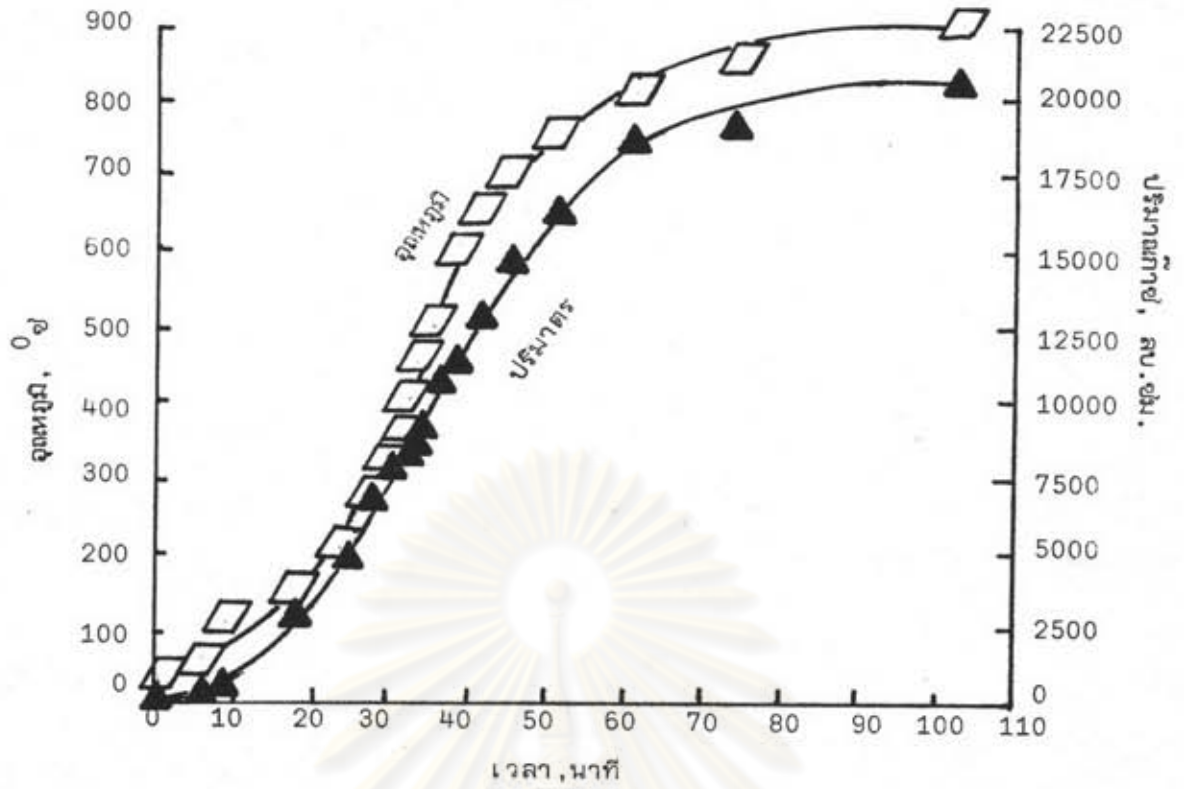




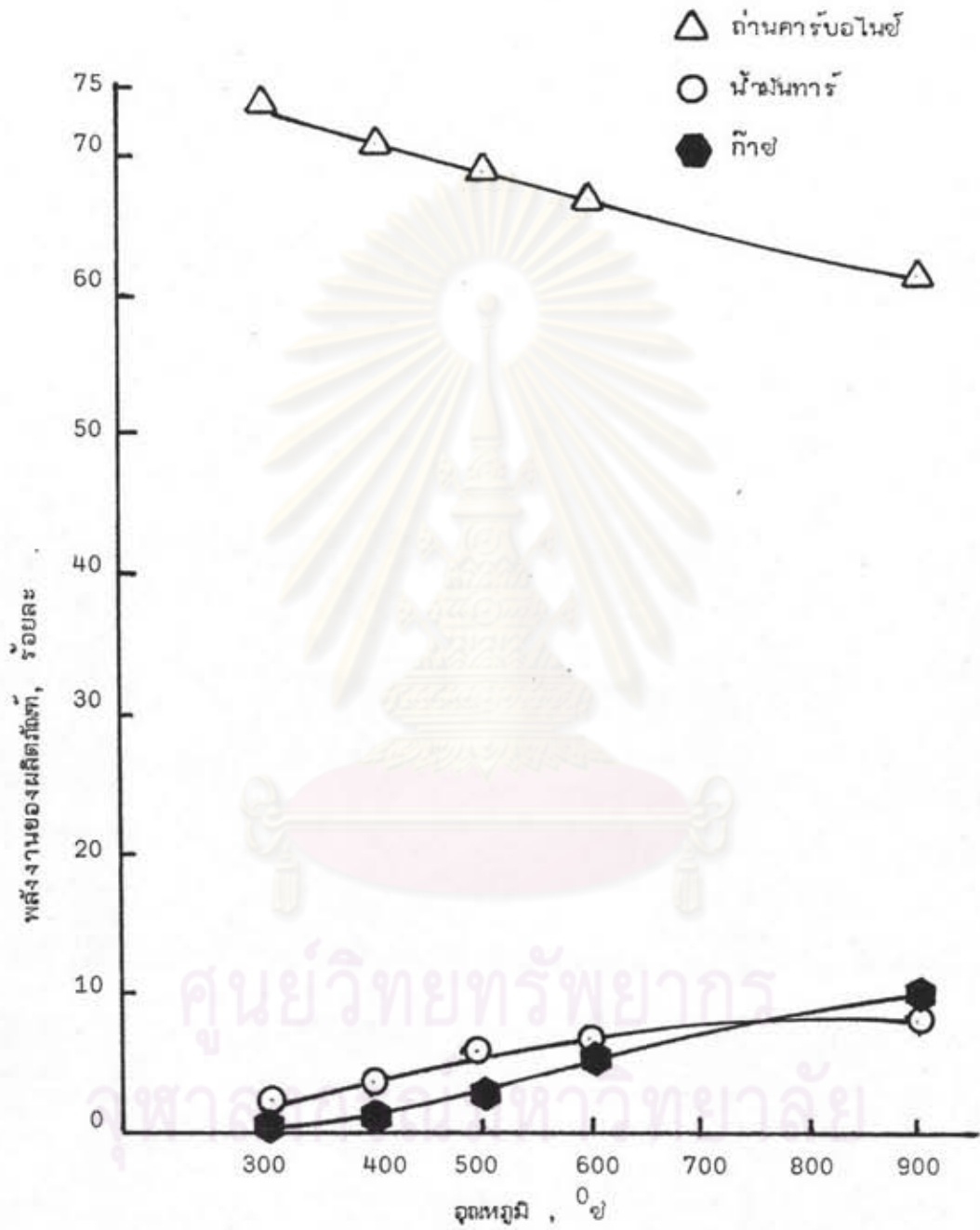
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซ, องค์ประกอบก๊าซ, อุณหภูมิและเวลาของคาร์บอนไฮไดรเจนถ่านหินกระป๋องขนาด 0.5 - 1 มม.



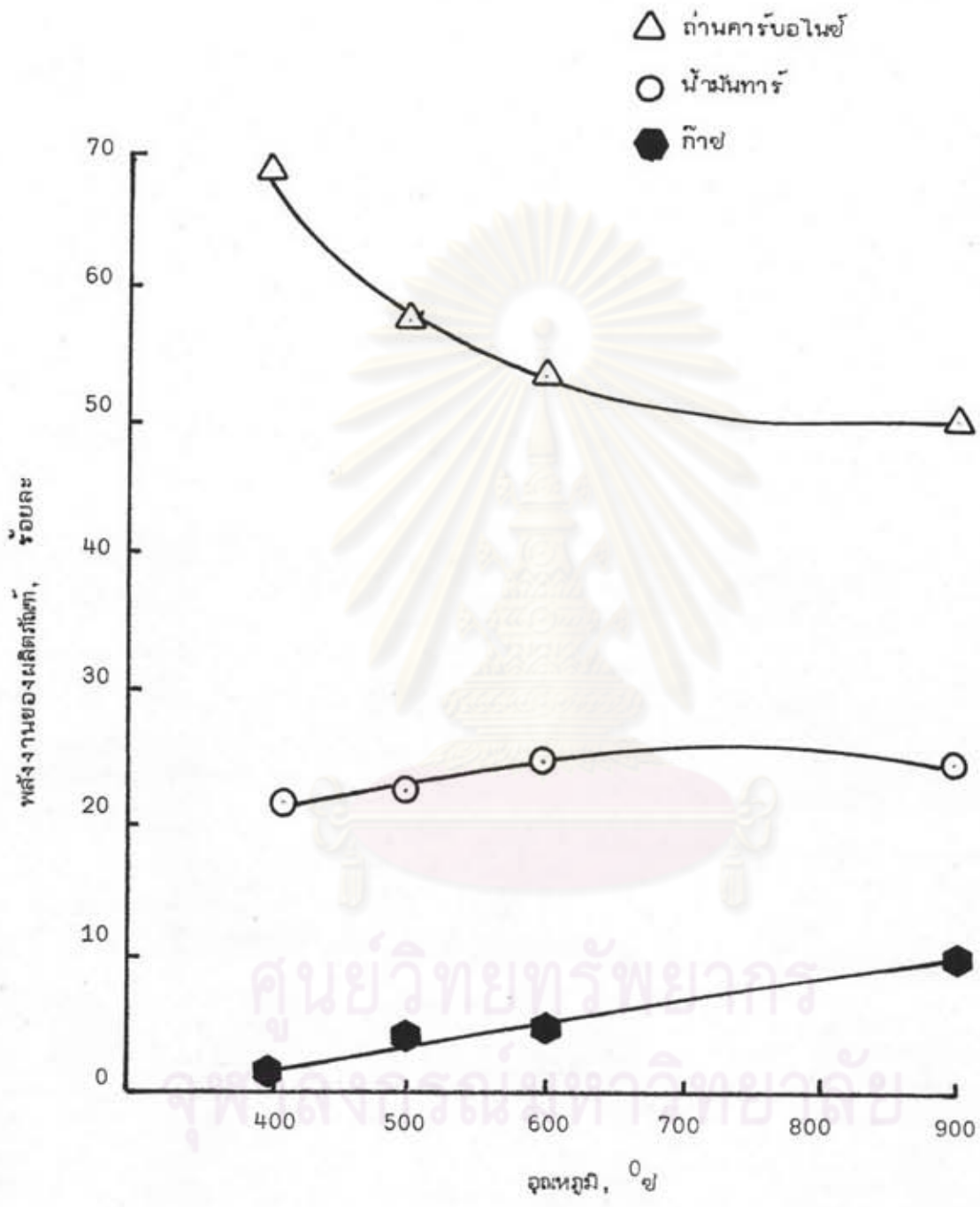
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซ, องค์ประกอบก๊าซ, อุณหภูมิและเวลาของคาร์บอนไอเซินถ่านหินลignite ขนาด 0.5-1 มม.



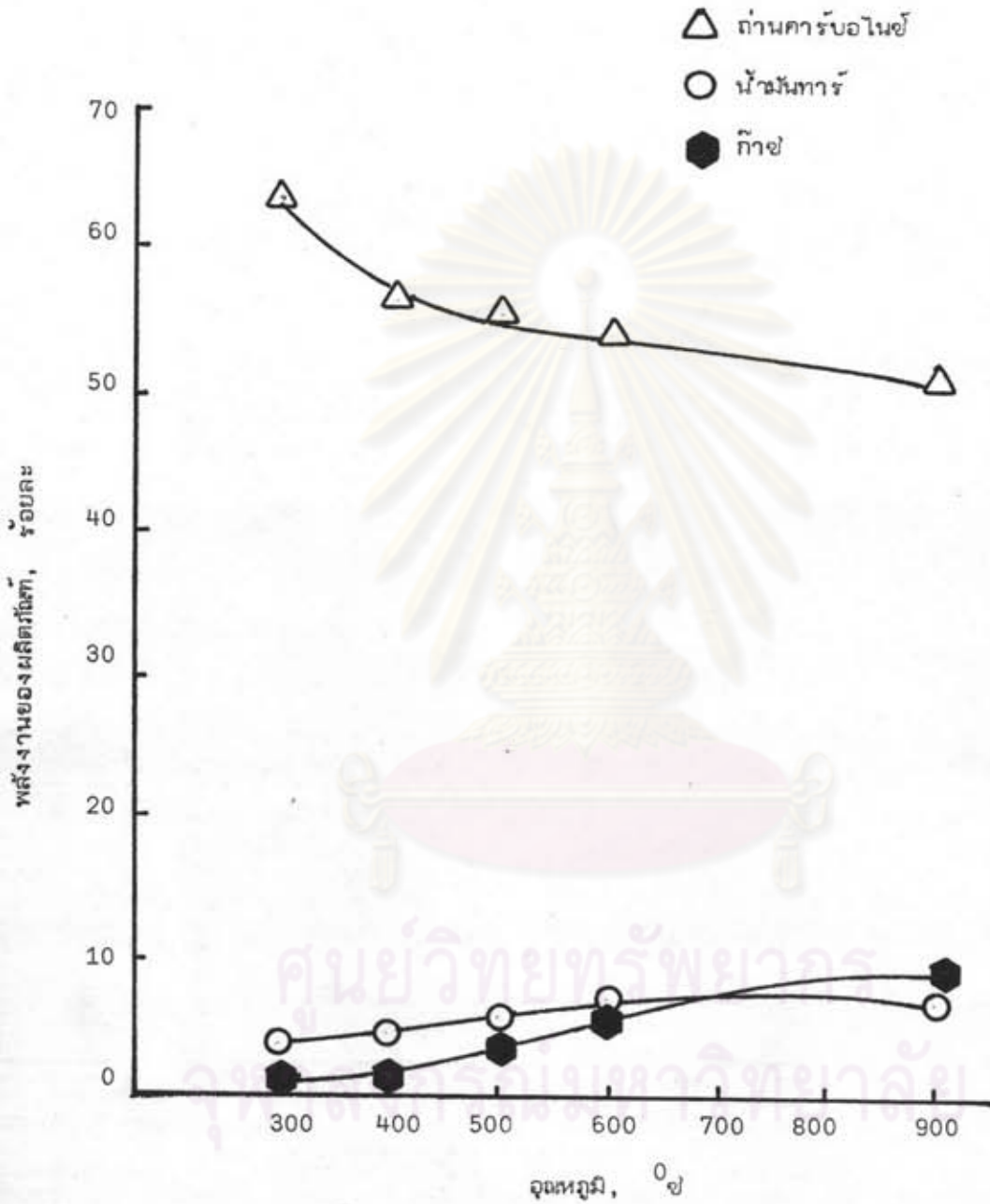
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซ, องค์ประกอบก๊าซ, จุดเหนือและเวลาของคาร์บอนไอเซ็นถ่านหินแม่เมาะขนาด 0.5-1 มม.



รูปที่ 4.14 ผลของจุดหมอมิต่อพลังงานที่ได้จากผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซของคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิกระป๋องขนาด 0.5 - 1 มม.



รูปที่ 4.15 ผลของอุณหภูมิต่อพลังงานที่ได้จากผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ของคาร์บอนไนซ์อินทันทันดินลึกลงมา 0.5 - 1 มม.



รูปที่ 4.16 ผลของอุณหภูมิต่อพลังงานที่ได้จากผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และถ่านของคาร์บอนเข้ชั้นถ่านหินแม่เมาะขนาด 0.5 - 1 มม.

สรุปผลและข้อ เสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคาร์บอนไอเซชันของถ่านหินและผลิตภัณฑ์ที่ได้ เพื่อเป็นแนวทางหรือข้อมูลเบื้องต้นในการนำลิกไนท์ที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติในประเทศไทยมาปรับปรุงใช้ให้เป็นประโยชน์ได้มากที่สุด โดยศึกษาสภาวะคาร์บอนไอเซชัน เช่น อุณหภูมิ ขนาดของอนุภาค แหล่ง ถ่านหินต่าง ๆ และผลที่มีต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว ก๊าซที่ได้จากคาร์บอนไอเซชัน รวมทั้งศึกษาสมบัติของฮาร์ น้ำมันทาร์ และก๊าซถ่านหินผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. อิทธิพลของอุณหภูมิและแหล่งถ่านหินต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกลั่นละลาย

ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณผลิตภัณฑ์นั้นกล่าวได้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิในช่วง  $300^{\circ}\text{C}$  ถึง  $900^{\circ}\text{C}$  ปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านคาร์บอนไอเซชันมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิก็คือเป็นการเพิ่มพลังงานในการทำให้สารระเหยที่เป็นทั้งสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และที่ไม่ใช่สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเกิดการระเหยตัวและพร้อมทั้งเกิดการสลายตัวของโมเลกุลบนผิวถ่านด้วย เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ก๊าซที่ได้จะมีปริมาณเพิ่มและปริมาตรสูงสุดอุณหภูมิ  $900^{\circ}\text{C}$  มีค่าประมาณ 19200 - 20500 ลบ.ซม. ส่วนปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันทาร์จะมีปริมาณเพิ่มเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและปริมาณคงที่ที่อุณหภูมิประมาณ  $600-700^{\circ}\text{C}$

ส่วนขนาดต่าง ๆ ของถ่านหิน 0.5 - 1 มม., 1-2 มม. และ  $> 2$  มม.

ไม่มีผลมากต่อปริมาณของถ่านคาร์บอนไอเซชัน น้ำมันทาร์ และก๊าซ

ผลของแหล่งถ่านหินจาก 3 แหล่ง คือ แหล่งแม่เมาะ ลำปาง แหล่งลี้ ลำพูน และแหล่งกระบี่ ต่อผลิตภัณฑ์คาร์บอนไอเซชัน สรุปได้ว่าปริมาณของถ่านคาร์บอนไอเซชันที่ได้ใกล้เคียงกัน คาร์บอนไอเซชันของถ่านหินแหล่งแม่เมาะให้ปริมาณก๊าซสูงสุด และคาร์บอนไอเซชันถ่านหินแหล่งลี้ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด

2. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อสมบัติของถ่านคาร์บอนไอเซชัน

ผลของอุณหภูมิการ์บอนไอเซชันตั้งแต่  $300^{\circ}\text{C}$  ถึง  $900^{\circ}\text{C}$  เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นคุณภาพของถ่านคาร์บอนไอเซชันที่ดีขึ้น คือปริมาณสารระเหยลดลงและปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น ส่งผล

ให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเนื่องจากสารระเหย ซึ่งเป็นทั้งไฮโดรคาร์บอนและไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน เกิดการแตกสลายออกจากถ่านหินได้มากขึ้น เป็นผลให้ร้อยละปริมาณของสารคาร์บอนคงตัวใน ถ่านหินมีปริมาณสูงขึ้น แต่ในขณะที่เดียวกันทำให้ร้อยละของเถ้า และกำมะถันสูงขึ้นด้วย

### 3. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อองค์ประกอบของก๊าซถ่านหิน

ผลของอุณหภูมิคาร์บอนในเข็ญตั้งแต่  $300^{\circ}\text{C}$  ถึง  $900^{\circ}\text{C}$  เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปริมาณ ก๊าซมีเทน และไฮโดรคาร์บอนจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงอุณหภูมิประมาณ  $400-700^{\circ}\text{C}$  เพราะ เกิดการแตกสลายตัวของน้ำมันทาร์มากปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ เพิ่มขึ้นกับการเพิ่มอุณหภูมิเมื่อ พิจารณาองค์ประกอบรวมของก๊าซที่อุณหภูมิ  $600^{\circ}\text{C}$  และ  $900^{\circ}\text{C}$  ก๊าซจากถ่านหินแหล่งสี่ประกอบ ด้วยไฮโดรคาร์บอนมากกว่า และค่าความร้อนมากกว่าก๊าซจากถ่านหินแหล่งกระบี่และแม่เมาะ

### 4. องค์ประกอบและสมบัติน้ำมันทาร์

สมบัติของน้ำมันทาร์จากถ่านหินแหล่งสี่ กระบี่ และแม่เมาะ มีค่าความร้อนในช่วง 8779 - 12762 แคลอรีต่อกรัม ร้อยละกำมะถันในน้ำมันทาร์ถ่านหินแหล่งกระบี่มีปริมาณสูง คือ 3.45 % เมื่อเทียบกับอีก 2 แหล่ง ส่วนน้ำมันทาร์ที่แยกด้วยตัวทำละลาย (solvent) สามารถแยกเป็นฟีนอล 23 - 28 % น้ำมัน Neutral 50 - 57 % และต่าง 3 - 10 %

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนมากเป็นของแข็ง ผลิตภัณฑ์ผลอยได้ ของเหลวและก๊าซได้น้อย ควรได้มีการศึกษาปรับปรุงคาร์บอนในเข็ญ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ของ เหลวและก๊าซเพิ่มขึ้น อันเป็นแนวทางที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ดังนั้นในอนาคตควรจะได้มี การศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1. อิทธิพลของอัตราความร้อนต่อผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ
2. อิทธิพลของ catalyst ต่อผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ
3. อิทธิพลของ hydrogenation ต่อผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ
4. อิทธิพลของออกซิเดชันต่อผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ
5. อิทธิพลของความดันต่อผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ