บทที่ 6

อภิปราย ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแปรอุณหภูมิและระยะเวลาการคาร์บอไนซ์ยางรถยนต์ ซึ่งมีผลต่อแนวโน้มสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการวิเคราะห์โดยประมาณ คือ ค่าเถ้า สารระเหย และคาร์บอนคงตัว เพื่อเลือกภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอไนซ์ยางรถยนต์สำหรับนำไปกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งในขั้นตอนต่อไป เพื่อผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ โดยศึกษาตัวแปรต่างๆ ในการกระตุ้น ได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาในการกระตุ้น ขนาดของถ่านที่จะนำมากระตุ้น และอัตราการป้อนไอน้ำ

1. <u>การคาร์บอไนซ์ยางรถยนต์</u>

การทดลองใช้ยางรถยนต์ที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งมีขนาดประมาณ 0.5x0.5x0.5 เซนติเมตร ปริมาณ 1 กิโลกรัม ทำการคาร์บอไนซ์โดยผ่านแก๊สไนโตรเจนความดัน 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยศึกษาตัวแปรอุณหภูมิ และระยะเวลาการคาร์บอไนซ์

1.1 <u>อุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์</u>

พิจารณาผลการทดลองในตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 ถึง 5.5 เมื่ออุณหภูมิการคาร์บอไนซ์เพิ่มขึ้นจาก 400 ถึง 450 องศาเซลเซียส ที่เวลาการคาร์บอไนซ์เดียวกันคือ 30, 60, และ 90 นาที พบว่าปริมาณสารระเหยจะถูกกำจัดออกจากยางรถยนต์อย่างรวดเร็ว กล่าวคือ ลดลงจาก 36.27 เปอร์เซ็นต์ เป็น 23.11 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 36.28 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเวลาการคาร์บอไนซ์ 30 นาที, ลดลงจาก 26.99 เปอร์เซ็นต์ เป็น 15.52 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 42.50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเวลาการคาร์บอไนซ์ 60 นาที, ลดลงจาก 17.39 เปอร์เซ็นต์ เป็น 8.88 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 48.94 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเวลาการคาร์บอไนซ์ 90 นาที, เป็นผลให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ เพิ่มจาก 42.57 เปอร์เซ็นต์ เป็น 50.48 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 18.58 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเวลาการคาร์บอไนซ์ 30 นาที, เพิ่มจาก 45.60 เปอร์เซ็นต์ เป็น 51.71 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 13.13 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเวลาการคาร์บอไนซ์ 60 นาที, เพิ่มจาก 48.51 เปอร์เซ็นต์ เป็น 59.58 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 22.82 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเวลาการคาร์บอไนซ์ 90 นาที และเมื่อพิจารณาปริมาณร้อยละของเถ้า จะมีแนวโน้มคงที่ในช่วงอุณหภูมินี้ กล่าวได้ว่าเป็นการไล่สารระเหยด้วยความร้อนอย่างแท้จริง

ในช่วงการเพิ่มอุณหภูมิจาก 450 ถึง 550 องศาเซลเซียส ที่เวลาการคาร์บอไนซ์เดียวกัน ปริมาณร้อยละของสารระเหยที่มีอยู่ในวัตถุดิบมีแนวโน้มลดลงในอัตราที่น้อยกว่าช่วงแรกอย่างเห็นได้ชัด เช่นเดียวกับปริมาณร้อยละของคาร์บอนคงตัวก็มีแนวโน้มที่ลดลงเช่นกัน และเมื่อสังเกตปริมาณร้อยละของเถ้าจะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจาก 26.40 เปอร์เซ็นต์ เป็น 48.10 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการคาร์บอไนซ์ 30 นาที, เพิ่มจาก 32.77 เปอร์เซ็นต์ เป็น 48.89 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการคาร์บอไนซ์ 60 นาที, เพิ่มจาก 31.54 เปอร์เซ็นต์ เป็น 59.29 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการคาร์บอไนซ์ 90 นาที ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าในช่วงอุณหภูมินี้ค่อนข้างสูงในการคาร์บอไนซ์ความร้อนสามารถทำให้พันธะในโครงสร้างคาร์บอนบางส่วนถูกทำลาย จึงทำให้คาร์บอนบางส่วนกลายเป็นสารระเหยและหลุดออกไปพร้อมกับสารระเหยเดิม นอกจากนี้เป็นที่สังเกตได้อีกว่าถ่านที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ยางรถยนต์มีปริมาณร้อยละของเถ้าสูงถึง 21.16 ถึง 59.29 เนื่องมาจากยางรถยนต์ที่เป็นวัตถุดิบที่ได้มาจากการสังเคราะห์ กรรมวิธีการผลิตยางรถยนต์มีการเติมสารปรุงแต่ง เช่น ซิงค์คลอไรด์ และมีปริมาณสารอนินทรีย์ที่อยู่ในคาร์บอนแบลค เช่น ซิลิกา, อลูมินา และเหล็กออกไซด์ ซึ่งต่างจากวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ

1.2 <u>ระยะเวลาการคาร์บอไนซ์</u>

พิจารณาผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.6 ถึง 5.9 พบว่าระยะเวลาการคาร์บอไนซ์มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยปริมาณสารระเหยออกจากวัตถุดิบ เมื่อใช้เวลาการคาร์บอไนซ์นานขึ้นมีผลทำให้ร้อยละของปริมาณสารระเหยลดลง ปริมาณร้อยละของคาร์บอนคงตัวและปริมาณร้อยละของเถ้าสูงขึ้น สำหรับการเพิ่มเวลาการคาร์บอไนซ์ในช่วงแรกจาก 30 ถึง 60 นาที มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ถ่านเพียงเล็กน้อย แต่ในการเพิ่มเวลาการคาร์บอไนซ์จาก 60 ถึง 90 ที่อุณหภูมิการคาร์บอไนซ์เดียวกันคือ 400, 450, 500 และ 550 มีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่สูงกว่า

เมื่อพิจารณาสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า สารระเหยและคาร์บอนคงตัวของถ่านที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ในตารางที่ 5.1 เลือกถ่านที่มีสมบัติเหมาะสมสำหรับนำไปกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดยพิจารณาจากถ่านที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง และมีปริมาณร้อยละของสารระเหยอยู่ในช่วง 20 - 25 (จักริน นิธีจันทร์, 2536) จะเห็นได้ว่าการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ได้ปริมาณร้อยละ

ของผลิตภัณฑ์ 47.2 ค่าร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว 50.48 ค่าร้อยละปริมาณสารระเหย 23.11 และค่าร้อยละปริมาณเถ้า 26.71 ซึ่งมีสมบัติเหมาะสมในการนำไปกระตุ้นในขั้นตอนต่อไป

2. การกระตุ้น

สำหรับการกระตุ้นได้ใช้ถ่านที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ที่ 450 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ปริมาณ 50 กรัม ทำการกระตุ้นโดยวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนี้

2.1 อุณหภูมิการกระตุ้น

การทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรอุณหภูมิและระยะเวลาการกระตุ้น ใช้ถ่านที่มีขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที และอัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที

พิจารณาผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.10 ถึง 5.15 ปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 800 ถึง 850 องศาเซลเซียส ที่เวลาการกระตุ้นเดียวกันคือ 15, 30, 45 นาที เห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของค่าพื้นที่ผิวซึ่งเกิดจากการที่ถ่านมีรูพรุนเกิดขึ้น ทำให้สมบัติในการดูดซับไอโอดีนและเมทธิลีนบลูมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของถ่านลดลง เนื่องจากการที่เนื้อถ่านมีรูพรุนเกิดขึ้นจำนวนมาก

ในช่วงอุณหภูมิ 900 ถึง 950 องศาเซลเซียส ที่เวลาการกระตุ้นเดียวกัน ค่าพื้นที่ผิวของถ่านมีแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่ ในขณะที่สมบัติในการดูดซับเมทธิลีนบลูดีขึ้น และสมบัติในการดูดซับไอโอดีนมีแนวโน้มคงที่ แสดงว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการกระตุ้นให้สูงขึ้นมากๆ จะทำให้เกิดการขยายตัวของรูพรุนขนาดเล็กซึ่งเดิมดูดซับโมเลกุลไอโอดีนได้ดีเป็นรูพรุนขนาดกลางที่สามารถดูดซับโมเลกุลเมทธิลีนบลูได้

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกระตุ้น พบว่าสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 และ 950 องศาเซลเซียส มีสมบัติใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้แล้วพบว่าการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ 40.25, 35.63 และ 32.36 สำหรับเวลาการกระตุ้น 15, 30 และ 45 นาที ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าเมื่อกระตุ้นที่ 900 องศาเซลเซียส คือได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ 46.40, 42.64 และ 36.55 สำหรับเวลาการกระตุ้น 15, 30 และ 45 นาที ตามลำดับ

ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกระตุ้นคือ 900 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติดังนี้ สำหรับเมื่อใช้เวลาการกระตุ้น 15 นาที ถ่านกัมมันต์มีความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.470 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าร้อยละของเถ้า 28.10 ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 88.96

มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับไอโอดีน 602.56 มิลลิกรัมต่อกรัม และพื้นที่ผิว 438.91 ตารางเมตรต่อกรัม, สำหรับเมื่อใช้เวลาการกระตุ้น 30 นาที ถ่านกัมมันต์มีความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.453 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าร้อยละของเถ้า 28.96 ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 131.76 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับไอโอดีน 776.08 มิลลิกรัมต่อกรัม และพื้นที่ผิว 552.96 ตารางเมตรต่อกรัม, สำหรับเมื่อใช้เวลาการกระตุ้น 45 นาที ถ่านกัมมันต์มีความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.461 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าร้อยละของเถ้า 29.21 ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 137.26 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับไอโอดีน 660.69 มิลลิกรัมต่อกรัม และพื้นที่ผิว 511.81 ตารางเมตรต่อกรัม

2.2 <u>ระยะเวลาการกระตุ้น</u>

พิจารณาผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.16 ถึง 5.21 ปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่อใช้ระยะเวลาการกระตุ้น 15 และ 30 นาที ที่อุณหภูมิการกระตุ้นเดียวกัน คือ 800, 850, 900, 950 องศาเซลเซียส เห็นได้จากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าพื้นที่ผิว ซึ่งเป็นผลจากการเกิดรูพรุนขนาดเล็กและขนาดกลางที่สามารถดูดซับโมเลกุลต่างๆ ได้สังเกตได้จากสมบัติในการดูดซับเมทธิลีนบลูและไอโอดีนสูงขึ้น

เมื่อเพิ่มเวลาการกระตุ้นจาก 30 ถึง 45 นาที ที่อุณหภูมิการกระตุ้นเดียวกันคือ 800 และ 850 องศาเซลเซียส สมบัติในการดูดซับไอโอดีนมีแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลูมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการกระตุ้น ในช่วงเวลานี้ทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็กเพิ่มขึ้นในปริมาณน้อย แต่ทำให้รูพรุนขนาดเล็กเกิดการขยายตัวเป็นรูพรุนขนาดกลาง และจากแนวโน้มค่าพื้นที่ผิวคงที่แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดของรูพรุนมีผลต่อการเพิ่มของพื้นที่ผิวน้อยมาก

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นที่ระยะเวลา 30 นาที มีสมบัติที่ดีที่สุด เมื่อพิจาณารวมทั้งระยะเวลาและอุณหภูมิในการกระตุ้นพบว่า ภาวะที่เหมาะสมคือกระตุ้นที่ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.453 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าเถ้าร้อยละ 28.96 ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู 173.35 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับไอโอดีน 776.04 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าพื้นที่ผิว 552.96 ตารางเมตรต่อกรัม

2.3 <u>ขนาดของถ่านที่ใช้กระตุ้น</u>

การทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรขนาดของถ่านที่ใช้ในการกระตุ้นใช้ถ่านขนาด 0.35 -1.18, 1.18 - 2.36 และ 2.36 - 4.75 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยมีอัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที และอัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อ

วินาที พิจารณาผลการทดลองจากตารางที่ 5.4 พบว่า เมื่อใช้ถ่านขนาดกลาง คือ 1.18 -2.36 มิลลิเมตร ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าการดูดซับไอโอดีน 890.02 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู 173.35 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าพื้นที่ผิว 692.03 ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสมบัติที่ดีกว่าเมื่อใช้ถ่านขนาดเล็ก (0.35 - 1.18 มิลลิเมตร) ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าการดูดซับไอโอดีน 776.08 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู 139.77 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าพื้นที่ผิว 552.96 ตารางเมตรต่อกรัม และขนาดใหญ่ (2.36 - 4.75 มิลลิเมตร) ซึ่งได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าการดูดซับไอโอดีน 660.89 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู 131.76 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าพื้นที่ผิว 502.93 ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะเมื่อใช้ถ่านขนาดใหญ่ไอน้ำจะผ่านไปยังช่องว่างของเม็ดถ่านได้อย่างรวดเร็ว เพราะถ่านขนาดใหญ่การเรียงตัวอย่างหลวมๆในเบด ทำให้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างไอน้ำและผิวถ่านน้อย และโมเลกุลของไอน้ำไม่สามารถแทรกเข้าไปส่วนในของเม็ดถ่านได้ทำให้สัดส่วนของพื้นที่ผิวที่เกิดปฏิกิริยามีน้อย และเมื่อใช้ถ่านขนาดเล็กเม็ดถ่านจะเรียงตัวแน่นในเบด ทำให้ไอน้ำผ่านไประหว่างเม็ดถ่านได้ยาก พื้นที่สัมผัสของโมเลกุลของไอน้ำกับผิวของเม็ดถ่านมีน้อย ทำให้ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นเม็ดถ่านขนาดเล็กและใหญ่มีสมบัติต่ำกว่าถ่านขนาดกลาง

ดังนั้นขนาดถ่านที่เหมาะสมคือ 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร ซึ่งได้ถ่านกัมมันต์มีสมบัติดีที่สุด คือ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.440 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าเถ้าร้อยละ 29.09 ค่าเมทธิลีนบลู 173.35 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีน 890.02 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าพื้นที่ผิว 692.03 ตารางเมตรต่อกรัม

2.4 <u>อัตราการป้อนไอน้ำ</u>

สำหรับการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรอัตราการป้อนไอน้ำ ใช้ขนาดถ่าน 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร ใช้ภาวะการกระตุ้นที่ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พิจารณาผลการทดลองจากตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.22 ถึง 5.26 เมื่อใช้อัตราการป้อนไอน้ำ 1.51 ถึง 1.88 กรัมต่อนาที ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติดีขึ้นเล็กน้อย ได้แก่ ค่าไอโอดีนสูงขึ้นจาก 838.96 มิลลิกรัมต่อกรัม เป็น 891.11 มิลลิกรัมต่อกรัม คิดเป็นเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลง 6.21 เปอร์เซนต์ ค่าเมทธิลีนบลูสูงขึ้นจาก 159.51 มิลลิกรัมต่อกรัม เป็น 172.03 มิลลิกรัมต่อกรัม คิดเป็นเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลง 7.84 เปอร์เซนต์ และค่าพื้นที่ผิวสูงขึ้นจาก 652.11 ตารางเมตรต่อกรัม เป็น 691.51 ตารางเมตรต่อกรัม คิดเป็นเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลง 6.05 เปอร์เซนต์ และค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรมีแนวโน้มลดลงจาก 0.448 กรัมต่อมิลลิลิตร เป็น 0.440 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีสมบัติที่ดีขึ้นเมื่อมีอัตราการป้อนไอน้ำสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อ

ใช้อัตราการป้อนไอน้ำน้อยปริมาณโมเลกุลของไอน้ำที่ผ่านไปทำปฏิกิริยากับผิวถ่านมีน้อยและอาจผ่านไปไม่ทั่วทั้งเบดคอลัมม์ แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนไอน้ำสูงขึ้นกว่า 1.88 กรัมต่อนาที พบว่าสมบัติต่างๆ ของถ่านกัมมันต์มีแนวโน้มคงที่ แสดงว่าเมื่อให้ปริมาณไอน้ำมากจนทำปฏิกิริยาพอดีกับผิวของถ่านแล้ว ปริมาณไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจากนี้จะไม่มีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้ ดังนั้นปริมาณไอน้ำที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดลองคือ 1.88 กรัมต่อนาที

จากการศึกษาตัวแปร อุณหภูมิ ระยะเวลาการกระตุ้น ขนาดของถ่าน และอัตราการป้อนไอน้ำ ได้ข้อสรุปว่าภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์จากยางรถยนต์คือ ใช้ขนาดของเม็ดถ่าน 1.18-2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราการป้อนไอน้ำ 1.88 กรัมต่อนาที ได้ผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ร้อยละ 34.70 ของปริมาณถ่านจากการคาร์บอไนซ์ หรือคิดเป็นร้อยละ 17.35 ของปริมาณยางรถยนต์เริ่มต้น ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ได้มีความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.440 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าเถ้าร้อยละ 29.05 ค่าเมทธิลีนบลู 172.03 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีน 891.11 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด 691.51 ตารางเมตรต่อกรัม

2.5 <u>สมบัติโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์</u>

จากการวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้โดยใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่ 900 องศาเซลเซียส 30 นาที มีอัตราการป้อนไอน้ำ 1.88 กรัมต่อนาที และอัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที พบว่ามีร้อยละของปริมาณเถ้า 30.13 ร้อยละของปริมาณสารระเหย 18.41 และร้อยละของปริมาณคาร์บอนคงตัว 51.46 ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปน้อยมากจากสมบัติของถ่านซึ่งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นคือมีร้อยละของปริมาณเถ้า 23.17 ร้อยละของปริมาณสารระเหย 23.17 และร้อยละของปริมาณคาร์บอนคงตัว 53.66 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดังกล่าวเป็นผลมาจาก ในขั้นตอนการกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ไอน้ำบางส่วนจะเกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันกับผิวคาร์บอน ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ทำให้อุณหภูมิในเบดลดลง ดังนั้นในการทดลองจึงได้ป้อนอากาศเข้าไปพร้อมกับไอน้ำด้วย เพื่อให้อากาศทำปฏิกิริยากับคาร์บอนบางส่วน ทำให้ช่วยเพิ่มอุณหภูมิภายในเบดให้สูงตามต้องการได้

3. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวทั้งหมดกับค่าการดูดซับไอโอดีน</u>

จากค่าพื้นที่ผิวทั้งหมดและค่าการดูดซับไอโอดีนในตารางที่ 5.3 นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสอง พบว่าค่าการดูดซับไอโอดีนมีความสัมพันธ์แปรตรงกับพื้นที่ผิวทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 6.1 โดยได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามสมการที่ 6.1

$$IA = 1.05S + 147.05 \quad (6.1)$$

เมื่อ IA คือ ค่าการดูดซับไอโอดีน หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

S คือ ค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด หน่วยเป็นตารางเมตรต่อกรัม

ค่า R^2 ของสมการเท่ากับ 0.9507

4. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวทั้งหมดกับค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู</u>

จากค่าพื้นที่ผิวทั้งหมดและค่าการดูดซับเมทธิลีนบลูในตารางที่ 5.3 นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสอง ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลูมีความสัมพันธ์แปรตรงกับพื้นที่ผิวทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 6.2 ได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามสมการที่ 6.2

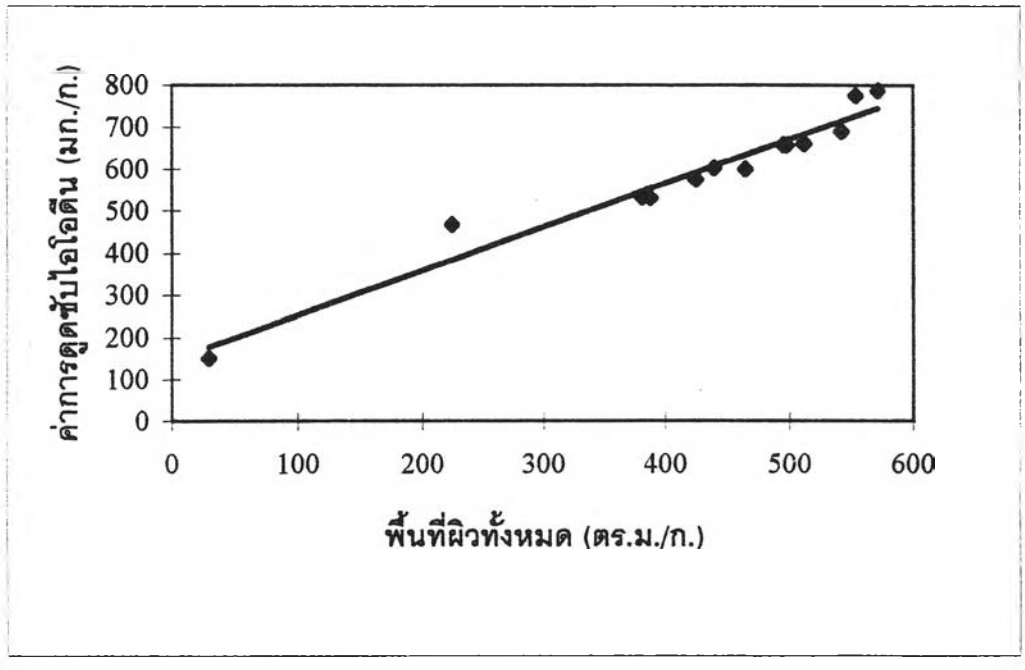
$$MB = 0.27S - 3.84 \quad (6.2)$$

เมื่อ MB คือ ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

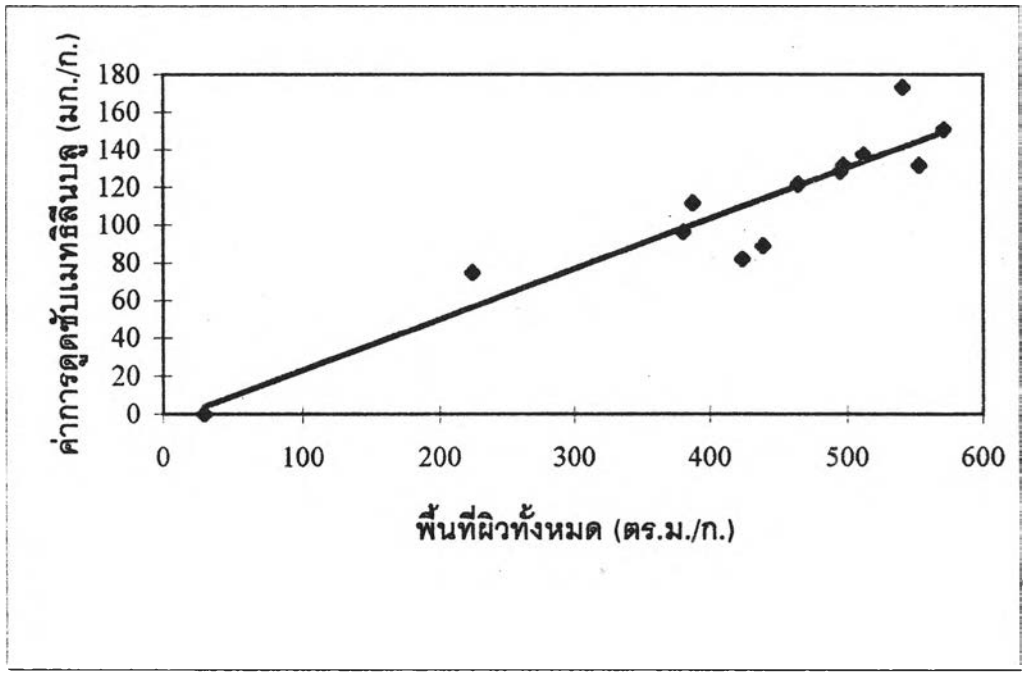
S คือ ค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด หน่วยเป็นตารางเมตรต่อกรัม

ค่า R^2 ของสมการเท่ากับ 0.8625

จากความสัมพันธ์ของพื้นที่ผิวทั้งหมดกับค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู และความสัมพันธ์ของพื้นที่ผิวทั้งหมดกับค่าการดูดซับไอโอดีน แสดงให้เห็นว่าเมื่อถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของถ่าน ทำให้เกิดรูพรุนขนาดต่างๆ ที่สามารถดูดซับโมเลกุลของไอโอดีนและเมทธิลีนบลูได้



รูปที่ 6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวทั้งหมดกับค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นถ่านขนาด 0.35-1.18 มิลลิเมตร ที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ โดยมีอัตราการป้อนไอน้ำ 2.05 มิลลิกรัมต่อนาที



รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวทั้งหมดกับค่าการดูดซับเมทธิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นถ่านขนาด 0.35-1.18 มิลลิเมตร ที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ โดยมีอัตราการป้อนไอน้ำ 2.05 มิลลิกรัมต่อนาที

5.เปรียบเทียบภาวะที่เหมาะสมในการผลิตและคุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากงาน วิจัยนี้กับงานวิจัยของ Ogasawara and coworker (1987)

รายละเอียดของงานวิจัย	งานวิจัยของ Ogasawara and coworker (1987)	งานวิจัยนี้
วัตถุดิบ	ยางรถยนต์	ยางรถยนต์
ขั้นตอนการผลิต	การกระตุ้น	การคาร์บอไนซ์และการกระตุ้น
แก๊สออกซิไดซ์ที่ใช้	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งและแก๊สฮีเลียม	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศ
ภาวะการกระตุ้นที่เหมาะสม อุณหภูมิการกระตุ้น เวลาการกระตุ้น อัตราการป้อนไอน้ำ	 800 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง 0.75 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของยางรถยนต์ต่อวินาที	 900 องศาเซลเซียส 30 นาที 0.63 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของถ่านจากการคาร์บอไนซ์ต่อวินาที
ร้อยละของผลิตภัณฑ์	ไม่ได้รายงานไว้	17.35 %นน.
ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของผลิตภัณฑ์	1260 ตร.ม./ก.	691.51 ตร.ม./ก.

ข้อเสนอแนะ

1. ควรออกแบบเครื่องแอคติเวเตอร์ให้สามารถนำผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ออกมาได้ทันทีหลังจากปฏิกิริยาสิ้นสุด เพื่อที่จะได้ทำการทดลองครั้งต่อไปได้ทันที

2. ควรศึกษาผลของสมบัติของถ่านที่นำมากระตุ้น เช่น ปริมาณสารระเหย, ปริมาณคาร์บอนคงตัว และปริมาณเถ้า ที่มีต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้