

วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาดังตัวแปรต่าง ๆ ในการคาร์บอนไนซ์ ได้แก่ อัตราการไหลของก๊าซ และเวลาที่มีผลต่อแนวโน้มคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยประมาณ คือ เถ้า สารระเหย และคาร์บอนคงตัว เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการคาร์บอนไนซ์สำหรับผลิตถ่านแก้มันต์ โดยการคาร์บอนไนซ์จะเป็นกระบวนการผลิตถ่านซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการกระตุ้นในขั้นตอนต่อมา ในการกระตุ้นมีการศึกษาดังตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ขนาดอนุภาคของถ่าน ปริมาณสารระเหย เวลาในการรับไอน้ำ อุณหภูมิเริ่มต้นในการป้อนไอน้ำ และปริมาณของถ่านที่ที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง

5.1 การคาร์บอนไนซ์

5.1.1 ขนาดของวัตถุดิบ หรือถ่าน

ขั้นแรกได้มีการใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0-4.75 มิลลิเมตร พบว่า เม็ดของถ่านขนาดนี้มีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก ทำให้ต้องใช้ความเร็วของก๊าซ หรืออัตราการไหลของก๊าซสูงมากในการทำให้เกิดปฏิกิริยาไครโซลีน โรตารีเตอร์ ที่มีอยู่ไม่สามารถวัดอัตราการไหลได้อีกทั้งเป็นการสิ้นเปลืองทั้งก๊าซ และความร้อนที่จะต้องสูญเสียไปกับก๊าซที่ปล่อยออก จึงได้เปลี่ยนขนาดของถ่านเป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-2.0 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดที่เล็กลงทำให้อัตราไหลของก๊าซในการทำให้เกิดปฏิกิริยาไครโซลีนลดลงและทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนน้อยลง แต่เนื่องจากขนาดที่คิดขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อนจะมีวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย และมีน้ำหนักเบา ได้แก่ส่วนที่เป็นเปลือกไม้ และรากไม้ที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์รวมอยู่ด้วย วัสดุที่เป็นเส้นใย และวัสดุน้ำหนักเบาเหล่านี้ จะเป็นอุปสรรคต่อการเกิดสภาวะฟลูอิโดซ์ เพราะจะไปเกาะเกี่ยวกันทำให้เกิดสภาวะที่เป็นช่อง (chaneling) และยังทำให้การป้อนวัตถุดิบโดยสกรูทำได้ลำบากเพราะวัสดุจับกันเป็นก้อนค้างอยู่บนที่ใส่สาร (hopper) นอกจากนี้ในขณะที่ทดลองวัสดุน้ำหนักเบาจะถูกก๊าซพาออกทางไซโคลอนทำให้ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ลดลง จึงต้องทำการแยกเส้นใย และวัสดุน้ำหนักเบาออก โดยทำการป้อนเม็ดที่ผ่านการคัดขนาดแล้วเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ของเครื่องคาร์บอนไนซ์ แต่ไม่เปิดเครื่องทำความร้อน ให้ลมเป่าวัสดุน้ำหนักเบา และเส้นใยออกทางไซโคลอน จะได้เม็ดของถ่านที่ผ่าน

การแยกแล้วออกทางถังเก็บผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

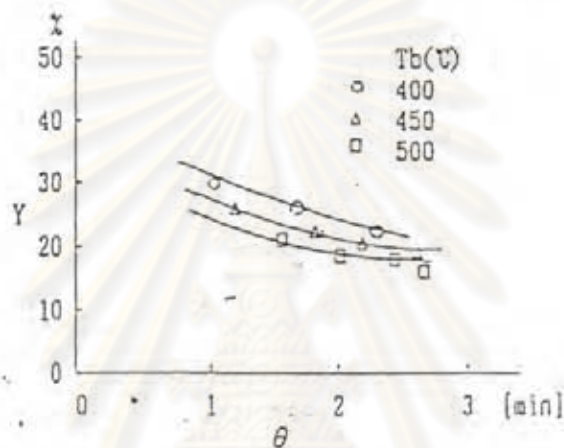
5.1.2 ตัวกลางในการคาร์บอนไอเซน

ในขั้นแรก ได้มีการใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวกลางเพื่อทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน แต่เนื่องจากต้องใช้เวลาในการคาร์บอนไอเซนมากทำให้สิ้นเปลืองทั้งก๊าซไนโตรเจน และพลังงาน จากงานวิจัยปริญญาโท (Senior Project) เรื่องการคาร์บอนไอเซนของดินพรุในฟลูอิดเบด โดยนริศรา อัจฉริยาเพชร และพนารัตน์ แก้วกายสิทธิ์ ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2535 ได้ทำการคาร์บอนไอเซนดินพรุ หรือพีต ในฟลูอิดเบดโดยใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวกลาง ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติ (วิเคราะห์โดยประมาณ) คือ ความชื้นร้อยละ 0.88 สารระเหยร้อยละ 16.80 แก๊วร้อยละ 1.95 คาร์บอนคงตัวร้อยละ 81.25 ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ 46.73 เมื่อเปรียบเทียบกับ การคาร์บอนไอเซนที่ใช้ตัวกลางเป็นอากาศในการวิจัยที่ใช้เวลาในการคาร์บอนไอเซน 4 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าการวิเคราะห์โดยประมาณเป็นร้อยละดังนี้ สารระเหย 14.18 แก๊ว 3.73 คาร์บอนคงตัว 80.36 ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ 36.25 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์จากการคาร์บอนไอเซนในตัวกลางที่เป็นก๊าซไนโตรเจนกับตัวกลางที่เป็นอากาศให้ผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกัน แตกต่างกันที่การคาร์บอนไอเซนในตัวกลางที่เป็นอากาศให้ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าและมีค่าแก๊วสูงกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับ การคาร์บอนไอเซนในตัวกลางที่เป็นก๊าซไนโตรเจน เนื่องจากการคาร์บอนไอเซนจะมีการเผาไหม้คาร์บอนไปบางส่วน แต่ถ้าเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนไอเซนแล้วจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันมาก การคาร์บอนไอเซนโดยใช้ตัวกลางที่เป็นก๊าซไนโตรเจนจะใช้เวลาในการคาร์บอนไอเซนมากกว่าประมาณ 30 เท่า เพราะว่าพีตเป็นตัวนำความร้อนที่เลว และในตัวกลางที่เป็นอากาศจะมีการเผาไหม้ สารระเหยบางส่วนของสารระเหยทำให้ได้ความร้อนจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นสำหรับการคาร์บอนไอเซนออกมาด้วย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอนไอเซนในตัวกลางที่เป็นอากาศจะมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับตัวกระตุ้นสูงกว่าการคาร์บอนไอเซนในตัวกลางที่เป็นก๊าซไนโตรเจน (Jankowska, 1991)

5.1.3 อุณหภูมิในการคาร์บอนไอเซน

เนื่องจากตัวกลางในการคาร์บอนไอเซนเป็นอากาศ มีก๊าซออกซิเจนผสมอยู่ทำให้ มีปฏิกิริยาการเผาไหม้เกิดขึ้นด้วย ปฏิกิริยาการเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน การควบคุม อุณหภูมิทำได้ยากโดยอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้นในการวิจัยจึงทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิเริ่มต้นภายในเบดเป็น 400 องศาเซลเซียส เป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่ขดลวดความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ และที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ซึ่งก็สูงพอที่จะทำให้เกิดการคาร์บอนไอเซน และปฏิกิริยาการเผาไหม้ได้ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงาน

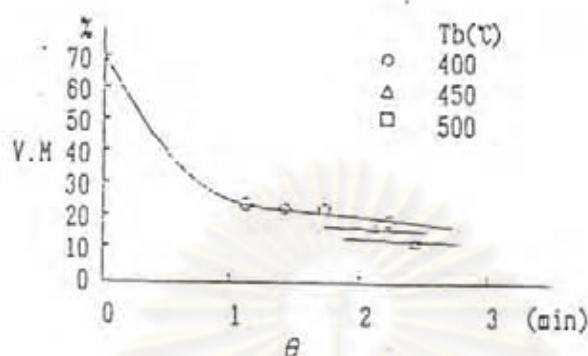
วิจัยเรื่อง Carbonization of Wood, ect. using a fluidized bed โดย Shigeo Mitsui ปี ค.ศ. 1992 ได้ทำการวิจัยการคาร์บอนไซซ์ด้วยใช้ตัวกลางเป็นอากาศ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 โดยในรูปที่ 5.1 เป็นความสัมพันธ์ของผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ และรูปที่ 5.2 เป็นความสัมพันธ์ของร้อยละสารระเหยกับเวลาที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าอุณหภูมิในเบดมีผลต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้อยเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนไซซ์



ที่มา Shigeo Mitsui, 1992

รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์กับเวลาที่อุณหภูมิต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา Shigeo Mitsui, 1992

รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสารระเหยกับเวลาที่อุณหภูมิต่างๆ

5.1.4 ผลกระทบของตัวแปรที่มีผลต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ในการศึกษาการคาร์บอนไอซ์นิต คุณสมบัติที่สนใจ และสามารถตรวจวิเคราะห์ได้ คือ ค่าการวิเคราะห์โดยประมาณได้แก่ สารระเหย เต้า คาร์บอนคงตัว และปริมาณผลิตภัณฑ์โดยตัวแปรสำคัญที่ทำการศึกษา คือ อัตราการไหลของอากาศ และเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนไอซ์นิต การทดลองถ้าศึกษาตัวแปรตัวใดที่กำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่แล้วเปลี่ยนค่าตัวแปรนั้นเป็นค่าต่าง ๆ ที่ต้องการทำการศึกษา ผลิตภัณฑ์ที่ได้ในแต่ละการทดลองถูกนำไปวิเคราะห์โดยประมาณดังแสดงในภาคผนวก ค. ผลการวิเคราะห์ได้นำมาเปรียบเทียบกับตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

5.1.4.1 อิทธิพลของอัตราการป้อนอากาศที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ผลของอัตราการป้อนอากาศกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์แสดงดังรูปที่

4.4 ซึ่งอธิบายผลของอัตราการป้อนอากาศต่อผลของคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

5.1.4.1.1 สารระเหย

ในรูปที่ 4.4 แสดงผลของร้อยละสารระเหยในผลิตภัณฑ์ ที่ความเร็วอากาศต่าง ๆ คือที่ความเร็วอากาศเป็น 1.2, 1.4, 1.7 และ 2.1 เท่าของความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดไอเซชัน (ที่ 200 องศาเซลเซียส) พบว่าปริมาณสารระเหยมี

ค่าไกล้เคียงกันมากที่สุดอัตราไหลของอากาศต่างกัน และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยที่ความเร็วอากาศสูงๆ เพราะว่ามีผลของแข็งในเบตผสมกันได้ดี และความปั่น่วนสูงทำให้มีการถ่ายเทมวลสารจากเม็ดนิวตไปสู่กระแสก๊าซได้ดีโดยที่ความเร็วอากาศสูง ๆ น่าจะมีค่าสารระเหยในผลิตภัณฑ์น้อยกว่ามาก แต่เนื่องจากเวลาในการคาร์บอนไนซ์สั้นมาก คือ 3 นาที ซึ่งก็รวมเวลาในการป้อนวัตถุดิบ และเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนจากเบตสู่เม็ดนิวตรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการไล่ความชื้นออกด้วย จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการเกิดการสลายตัวด้วยความร้อน และปลดปล่อยสารระเหยออกจากพิตสั้นมาก อุณหภูมิภายในเบตก็ยังต่ำอยู่ในช่วงประมาณ 250-350 องศาเซลเซียส โดยที่ปริมาณสารระเหยนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นอย่างมากเพราะมีความสัมพันธ์กับพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะชนิดของสารระเหยที่ถูกปล่อยออก น้ำหนักโมเลกุล และจุดเดือดของสารระเหยที่ปล่อยออก อีกทั้งอากาศที่ใช้เป็นตัวกลางก็มีความเร็วที่อยู่ในสภาวะพลูโตไธซ์ทั้งหมด จึงทำให้อัตราการไหลของอากาศมีผลต่อปริมาณสารระเหยในผลิตภัณฑ์น้อยมาก ซึ่งมีค่าสารระเหยโดยเฉลี่ยร้อยละ 24.6

5.1.4.1.2 คาร์บอนคงตัว

ค่าคาร์บอนคงตัว มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับค่าสารระเหย โดยที่ค่าสารระเหยลดลงจะทำให้ค่าคาร์บอนคงตัวมีค่าสูงขึ้น ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาร์บอนคงตัวกับอัตราไหลของอากาศ คือ ค่าคาร์บอนคงตัว จะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่ออัตราการไหลอากาศสูงขึ้น เนื่องจากการคาร์บอนไนซ์เป็นการปลดปล่อยสารระเหยออกจากวัตถุดิบให้เหลือส่วนที่เป็นของแข็งที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักที่เรียกว่าถ่านชาร์ เมื่อสารระเหยในผลิตภัณฑ์ลดลงจะทำให้อัตราส่วนของคาร์บอนในผลิตภัณฑ์สูงขึ้นด้วย ดังนั้นค่าคาร์บอนคงตัวจึงสูงขึ้นเมื่อสารระเหยในผลิตภัณฑ์ลดลง จากรูปที่ 4.4 ผลของค่าคาร์บอนคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่อัตราการไหลของอากาศต่างๆ พบว่ามีค่าไกล้เคียงกัน โดยมีค่าคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยร้อยละ 72.5

5.1.4.1.3 เถ้า

โดยปกติแล้วค่าเถ้าจะสูงขึ้นเมื่อความเร็วอากาศสูงขึ้นเพราะปริมาณเถ้ามีความสัมพันธ์กับสารระเหย ถ้าในผลิตภัณฑ์มีสารระเหยต่ำก็จะมีอัตราส่วนของเถ้าในผลิตภัณฑ์สูง นอกจากนี้การเผาไหม้บางส่วนของคาร์บอนในผลิตภัณฑ์ก็จะทำให้เกิดเถ้า แต่ผลการทดลองที่แสดงในรูปที่ 4.4 พบว่าปริมาณเถ้าที่ความเร็วต่าง ๆ ของอากาศมีค่าเกือบเท่ากัน คือ ประมาณร้อยละ 3 เพราะว่าคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สารระเหย ค่าคาร์บอนคงตัวมีค่าไกล้เคียงกัน และการเผาไหม้คาร์บอนในส่วนที่เป็นผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นน้อยมาก

5.1.4.1.4 ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์

แนวโน้มผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ลดลงเล็กน้อย เมื่อความเร็ว ของอากาศสูงขึ้น จากผลการทดลองที่แสดงในรูป 4.4 ที่ความเร็วอากาศต่ำสุด คือ

ที่ความเร็วอากาศเป็น 1.2 เท่าของความเร็วต่ำสุดในการเกิดพลาสมาไอออน จะมียุทธศาสตร์ของผลิตภัณฑ์สูงสุด คือ ร้อยละ 43.5 และที่ความเร็วอากาศสูงขึ้นจะมีปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลง โดยผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ต่ำสุดที่ร้อยละ 37.5 ที่ความเร็วอากาศ 2.1 เท่าของความเร็วต่ำสุดในการเกิดพลาสมาไอออน เพราะความเร็วของอากาศสูงสามารถไล่สารระเหยออกไปได้มากกว่าจึงทำให้เหลือผลิตภัณฑ์อยู่น้อยกว่า อีกทั้งเกิดการขัดสีของอนุภาคของแข็งทำให้เกิดการแตกหักของผลิตภัณฑ์เป็นผงเล็กๆ ซึ่งวัสดุที่เป็นผงเหล่านี้จะถูกแยกออกทางไซโคลอน ทำให้ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ลดลง อย่างไรก็ตามจากผลการทดลอง ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน เฉลี่ยร้อยละ 39.9

ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากการวิเคราะห์โดยประมาณที่ความเร็วอากาศต่าง ๆ นั้นใกล้เคียงกัน เพราะว่าการคาร์บอนไอออนเกิดขึ้นในเวลาอย่างรวดเร็วมาก คือ 3 นาทีรวมเวลาในการป้อน การถ่ายเทความร้อนภายในเบดเกิดอย่างรวดเร็วซึ่งมีผลมาจากการคายความร้อนของปฏิกิริยาการเผาไหม้บางส่วน ความเร็วอากาศที่แตกต่างกันไม่มาก และต่างก็เป็นความเร็วที่ทำให้เกิดสภาวะพลาสมาไอออน ผลิตภัณฑ์จึงไม่แตกต่างกันมากนัก ความเร็วอากาศที่เหมาะสม จึงเป็นความเร็วอากาศที่ต่ำใกล้เคียงกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดพลาสมาไอออนคือ ความเร็ว 1.2 เท่าของความเร็วต่ำสุดในการเกิดพลาสมาไอออน เพราะว่าให้ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์มากกว่า และเป็นการประหยัดพลังงานที่จะสูญเสียไปกับอากาศที่ปล่อยออก โดยอัตราไหลของอากาศสูงจะสูญเสียพลังงานความร้อนจากเบดให้อากาศในปริมาณที่มากกว่าที่ อัตราการไหลอากาศที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในการคาร์บอนไอออนจะอยู่ในช่วง 400-750 องศาเซลเซียส ความเร็วก๊าซจะมีความเร็วสูงขึ้นตามอุณหภูมิ ดังนั้นความเร็วก๊าซจึงมีค่าสูงกว่า 1.2 เท่าของความเร็วในการเกิดพลาสมาไอออน (ที่ 200 องศาเซลเซียส) จึงทำให้ไม่เกิดสภาวะเป็นช่อง(chaneling)

5.1.4.2 อิทธิพลของเวลาในการคาร์บอนไอออนที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ผลของเวลาในการคาร์บอนไอออนต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งอธิบายผลของเวลาต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

5.1.4.2.1 สารระเหย

ในการคาร์บอนไอออนโดยใช้ตัวกลางเป็นอากาศ จะมีการสลายตัวของสารอินทรีย์ และปลดปล่อยสารระเหยปริมาณมากออกจากวัฏดุติบอย่างรวดเร็ว จากรูป 4.5 จะเห็นว่าในช่วง 3 นาทีแรกมีอัตราการลดลงของสารระเหยในผลิตภัณฑ์ในอัตราที่สูงที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอนไอออน 3 นาที มีการลดลงของสารระเหยจากวัฏดุติบที่มีสารระเหยร้อยละ 61.88 เหลือร้อยละ 26.15 ลดลง 57.2 เปอร์เซ็นต์ อัตราการลดลงของสารระเหยจะลดลงเมื่อเวลาการคาร์บอนไอออนเพิ่มขึ้น ที่เวลาในการคาร์บอนไอออน 4 นาที ผลิตภัณฑ์

ที่ได้มีค่าสารระเหยร้อยละ 14.18 ลดลงจากค่าสารระเหยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 3 นาที 45.8 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 5 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าสารระเหยร้อยละ 10.88 ลดลงจากค่าสารระเหยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 4 นาที 23.3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 7 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าสารระเหยร้อยละ 9.46 ลดลงจากค่าสารระเหยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 6 นาที 13.1 เปอร์เซ็นต์และที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 8 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าสารระเหยร้อยละ 8.47 ลดลงจากค่าสารระเหยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 7 นาที 10.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถอธิบายได้ดังในรูปที่ 2.12 เป็นการแสดงการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของชีวมวลโดย Probstien และ Hick, 1985 การเปลี่ยนแปลงของชีวมวลเมื่อได้รับความร้อน การเปลี่ยนแปลงมีการไล่สารระเหยออก และได้ผลิตภัณฑ์เป็นถ่าน หรือชาร์ ถ้าหากปฏิกิริยายังคงดำเนินต่อไปถ่านก็จะเกิดการเผาไหม้ได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เถ้า และพลังงาน ซึ่งขั้นตอนการเปลี่ยนจากชีวมวลเป็นถ่านใช้เวลา น้อยกว่าขั้นตอนการเผาไหม้ถ่านเป็นถ่านมาก

5.1.4.2.2 คาร์บอนคงตัว

ค่าคาร์บอนคงตัวแปรผกผันกับปริมาณสารระเหย จากผลการทดลองที่แสดงในรูป 4.5 ค่าคาร์บอนคงตัวนี้เพิ่มขึ้นเมื่อสารระเหยลดลง โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนคงตัวสูงมากในช่วงแรก ที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 3 นาที มีค่าคาร์บอนคงตัวร้อยละ 68.92 เพิ่มขึ้นจากค่าคาร์บอนคงตัวในวัตถุดิบ (ร้อยละ 35.81) 92.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 4 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าคาร์บอนคงตัวร้อยละ 80.36 เพิ่มขึ้นจากค่าคาร์บอนคงตัวที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 3 นาที 16.6 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการคาร์บอนไนซ์ 4-8 นาที ค่าคาร์บอนคงตัวค่อนข้างคงที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยค่าคาร์บอนคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ที่เวลา 4-8 นาที จะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 80.36-84.75 ค่าคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์จากการคาร์บอนไนซ์ที่เวลา 4, 5, 6, 7 และ 8 นาทีเท่ากับ ร้อยละ 82.7

5.1.4.2.3 เถ้า

เนื่องจากวัตถุดิบมีค่าเถ้าค่อนข้างต่ำ มีค่าเถ้า ร้อยละ 2.31 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์จึงมีค่าเถ้าไม่สูงมาก เมื่อเวลาการคาร์บอนไนซ์เพิ่มมากขึ้นปริมาณเถ้าก็จะสูงขึ้น เพราะปริมาณเถ้าจะสูงขึ้นเมื่อสัดส่วนของสารระเหยลดลง และการเผาไหม้ของคาร์บอนที่เป็นผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะที่บริเวณผิวของอนุภาค ค่าเถ้าในผลิตภัณฑ์มีค่า สูงที่สุดเมื่อเวลาในการคาร์บอนไนซ์นานที่สุด คือ 8 นาที มีเถ้าร้อยละ 4.87

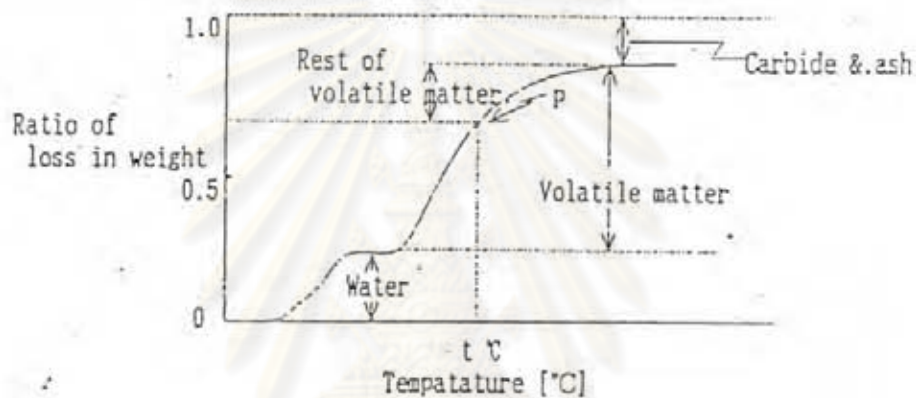
5.1.4.2.4 ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์

แนวโน้มผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาการคาร์บอนเพิ่มขึ้น โดยจะมีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ลดลงในอัตราที่สูงมากในช่วงเวลาเริ่มต้นจนถึง 3 นาที คือมีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 43.50 มีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 56.5 ที่เวลาการคาร์บอน 4 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 36.25 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่เวลา 3 นาที 16.7 เปอร์เซ็นต์ และในการคาร์บอน 5 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 34.00 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่เวลา 4 นาที 6.2 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการคาร์บอน 6 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 28.50 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่เวลา 5 นาที 19.3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการคาร์บอน 7 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 26.00 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่เวลา 6 นาที 9.6 เปอร์เซ็นต์ และที่เวลาการคาร์บอน 8 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 25.00 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่เวลา 7 นาที 4.0 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ลดลงด้วยอัตราที่สูงมากในช่วงเวลา 3 นาทีแรก และลดลงด้วยอัตราที่ลดลงเมื่อเวลาการคาร์บอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากในช่วงแรกมีการไล่สารระเหยออกจากวัตถุดิบมากทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วงหลังที่ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงน้อยลง เพราะเหลือสารระเหยน้อยลง และการระเหยของสารระเหยในส่วนที่เหลือนี้ทำได้ยาก เพราะสารระเหยมีจุดเดือดสูงและต้องใช้พลังงานสูงในการสลายพันธะ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเผาไหม้ถ่านเป็นถ่าน ใช้เวลามากกว่าการเปลี่ยนแปลงจากไม้ หรือชีวมวลเป็นถ่านมาก

5.1.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเบด

การวิจัยนี้มีการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตราที่สูง ผลก็คือจะได้ถ่านที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ ความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับตัวกระตุ้นสูง เนื่องจากการคาร์บอนด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่สูงอะตอมของคาร์บอนจะเรียงตัวเป็นระเบียบน้อยทำให้เกิดช่องว่างมากเกิดเป็นรูพรุนขนาดใหญ่ เมื่อทำการกระตุ้นตัวกระตุ้นจะเข้าทำปฏิกิริยาได้ง่าย (Kostomarova, 1978) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเบดแสดงได้ดังรูปที่ 4.6 เมื่อป้อนวัตถุดิบลงไปเบดอุณหภูมิจะลดลงจาก 400 องศาเซลเซียส เป็น 200 องศาเซลเซียส ในเวลาประมาณ 2 นาที เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากเบดสู่เมล็ดพืช อุณหภูมิคงที่อยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียสประมาณ 1 นาที ในการระเหยน้ำ หรือ ความชื้น ที่เวลาประมาณ 3-6 นาที เป็นช่วงที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงที่สุด เพราะมีการเผาไหม้สารระเหยทำให้ได้พลังงานความร้อนออกมามาก ที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 400 องศาเซลเซียส เครื่องทำความร้อนจะหยุดการทำงาน อุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอันเนื่องมาจากความร้อนจากการเผาไหม้เท่านั้น ในช่วงเวลาประมาณ 6-8 นาทีนั้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการที่จะมีการเผาไหม้ถ่านที่

นับเป็นข้อเท็จจริงเบื้องต้นหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเบตมีความสัมพันธ์กับการการสูญเสีย น้ำหนักของวัตถุดิบดังรายงานของ Shigeo Mitsui, 1992 แสดงการสูญเสียน้ำหนักที่อุณหภูมิ ต่างๆ มีการสูญเสียน้ำในขั้นแรก และสูญเสียสารระเหย ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นคาร์บอน คือ ถ่านชาร์ หรือ คาร์ไบด์(carbide) และเต้าดังแสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักนี้ คล้ายคลึงกับผลการทดลองที่ได้ในงานวิจัยนี้ที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเวลาการคาร์บอนเพิ่มขึ้น



ที่มา Shigeo Mitsui, 1992

รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ของการสูญเสียน้ำหนักกับอุณหภูมิ

5.2 การกระตุ้น

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงตัวแปรต่าง ๆ ในการกระตุ้นที่มีผลต่อคุณสมบัติการดูดซับของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบ ปริมาณไอน้ำ ขนาดวัตถุดิบ อุณหภูมิในการให้ไอน้ำ ปริมาณ วัตถุดิบที่ป้อนในการทดลองแต่ละครั้ง เวลาที่ใช้กระตุ้น ตัวกลางในการทำปฏิกิริยา และอัตราการไหล คุณสมบัติที่ทำการศึกษา คือ พื้นที่ผิวจำเพาะ ค่าไอโอดีนแรมเบอร์ ค่าการดูดซับเมทิลเฮกซ์ และผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์

5.2.1 ตัวกลางในการทำปฏิกิริยา

จากงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น งานวิจัยเรื่องการผลิตด่างกันมันต์จากพืชโดยการเผา และกระตุ้นด้วยไอน้ำในเตาฟลูอิดไบริด ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดย เกศรา นุตาลัย และคณะ พ.ศ.2534 ใช้ตัวกลางในการกระตุ้นเป็นไอน้ำเริ่มจากบรรจุถ่านพีตลงในเบด เปิดก๊าซในโตรเจนเข้าเบดและเปิดเครื่องทำความร้อนให้อุณหภูมิได้ตามต้องการแล้วจึงปิดก๊าซในโตรเจนให้ไอน้ำเข้าทำปฏิกิริยา จับเวลาที่ไอน้ำทำปฏิกิริยา ผลปรากฏว่าได้ผลดีที่สุดที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลากระตุ้น 90 นาที ด่างกันมันต์ที่ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 968 ตารางเมตรต่อกรัม สำหรับงานวิจัยทำในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าคือ เส้นผ่าศูนย์กลางเบดขยายขนาดจาก 44 มิลลิเมตร เป็น 120 มิลลิเมตร ทำให้ไอน้ำเพียงอย่างเดียวทำให้เกิดฟลูอิดที่อุณหภูมิประมาณ 800-900 องศาเซลเซียสได้ยาก เพราะว่าไอน้ำเป็นตัวพาความร้อนที่ดี ซึ่งจะพาความร้อนออกจากเบดเกิดการสูญเสียความร้อน และอุณหภูมิสูงขึ้นได้ยากมาก จากงานวิจัยระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่องการผลิตด่างกันมันต์จากดินพรุโดยกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่ยาวในฟลูอิดเบด โดย อรรถ ศรวิระนวิทย์ และศักดิ์นิต ศรีรัตน พ.ศ. 2534 ได้ใช้ไนโตรเจนผสมกับไอน้ำในการกระตุ้น พบว่าถ่านพีตที่เป็นวัตถุดิบเป็นตัวพาความร้อนที่เลวทำให้การถ่ายเทอุณหภูมิจากเบดสู่ถ่านทำได้ช้ามากยิ่งเมื่อเบดมีขนาดใหญ่แล้วจะมีการสูญเสียความร้อนออกไปกับก๊าซที่ทำให้เกิดฟลูอิดเช่นกันในปริมาณมาก ถึงแม้ว่าก๊าซไนโตรเจนจะมีความจุความร้อนน้อยกว่าไอน้ำ แต่อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาสูงมากประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส เครื่องทำความร้อนต้องทำงานอย่างหนักเป็นเวลานาน เกิดปัญหาเสถียรความร้อนขาด หม้อแปลงกระแสหม้ออยู่บ่อยๆ บางครั้งก็ไม่สามารถทำอุณหภูมิให้สูงถึงอุณหภูมิที่ต้องการได้ หรือซ้ำทำให้สิ้นเปลืองก๊าซไนโตรเจนและไฟฟ้าปริมาณมาก

งานวิจัยนี้ได้ใช้อากาศเป็นหลักในตัวกลางที่ทำให้เกิดฟลูอิดเช่นกัน เพราะว่าอากาศมีราคาถูก และอากาศก็สามารถใช้เป็นตัวออกซิไดซ์ หรือเป็นตัวกระตุ้นได้ จุดเด่นของการใช้อากาศเป็นตัวกระตุ้นก็คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นต่ำกว่าตัวกลางชนิดอื่น และใช้เวลาสั้นกว่าด้วย นอกจากนี้ยังเป็นทางเลือกพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับขดลวดความร้อนเพราะเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้สารระเหยในวัตถุดิบและคาร์บอนบางส่วน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน จึงไม่เกิดปัญหาจากการนำความร้อนที่ไม่ดีของถ่าน เนื่องจากอากาศ หรือออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรงมากทำให้ควบคุมปฏิกิริยาได้ยาก ถ่านกันมันต์ที่ผลิตได้มีคุณสมบัติการดูดซับต่ำเมื่อเทียบกับผลผลิตโดยใช้ตัวกระตุ้นชนิดอื่น เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ โดยกระตุ้นด้วยไอน้ำจะได้ผลกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติการดูดซับดีที่สุด (Janakowska, 1991) การทดลองในงานวิจัยนี้ทำโดยขั้นแรก เผาถ่านพีตในสภาวะฟลูอิดในในตัวกลางที่เป็นอากาศอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อถึงอุณหภูมิที่

ต้องการ คือ 700-925 องศาเซลเซียส แล้วจึงเปิดไอน้ำให้เข้าทำปฏิกิริยากับถ่านที่กำลังร้อนปรากฏว่าอัตราการเพิ่มอุณหภูมิของเบดลดลงทันที และอุณหภูมิเกือบคงที่ขณะได้รับไอน้ำ ดังรูปที่ 4.16 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเบด เพราะว่าคาร์บอนทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนขณะที่ไอน้ำทำปฏิกิริยากับคาร์บอนเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน โดยถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองมีคุณสมบัติที่ตมามีค่าพื้นที่ผิว และการดูดซับสูง เวลาที่ใช้ในการกระตุ้นน้อยกว่าการกระตุ้นด้วยไอน้ำเพียงอย่างเดียว หรือไอน้ำผสมในโตรเจนมาก

5.2.2 อัตราการไหลอากาศ

อากาศที่ใช้ในการวิจัย ต้องความเร็วสูงพอที่จะทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดเซชัน โดยใช้ความเร็ว 3.21 เมตรต่อวินาที หรือประมาณเท่ากับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดเซชันที่ 700 องศาเซลเซียส โดยถือเอาค่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดเซชันของถ่านฟีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4-2.0 มิลลิเมตร เป็นเกณฑ์ ซึ่งถ้าหากความเร็วสูงเกินไปก็จะเป็นการประหยัดพลังงาน และมีการสูญเสียผลิตภัณฑ์ออกทางไซโคลอนมาก แต่ถ้าความเร็วต่ำมากก็ไม่อยู่ในสภาวะฟลูอิดซ์ อุณหภูมิสูงขึ้น แต่เนื่องจากต้องการให้ความเร็วลมคงที่เพื่อใช้เปรียบเทียบกับตัวแปรอื่น จึงใช้ความเร็วลมเป็นค่าคงที่

5.2.3 ปริมาณไอน้ำ

งานวิจัยเรื่อง การผลิตถ่านกัมมันต์จากดินพुरुโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำยังยวด โดย อรณพ ศรีวรรณวิทย์ และศักดิ์พัทธ์ ศรีรัตนาน พ.ศ. 2534 ใช้ไอน้ำยังยวดจากเครื่องผลิตไอน้ำ ซึ่งทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมพันด้วยลวดความร้อน 1 กิโลวัตต์ ปรากฏว่าเกิดปัญหาเกี่ยวกับความดันภายในเครื่องผลิตไอน้ำ อัตราการป้อนน้ำและการควบคุมอุณหภูมิ ทำให้ไม่สามารถควบคุมให้อัตราการผลิตไอน้ำคงที่ได้ และยังไม่สามารถผลิตไอน้ำปริมาณมากได้ เพราะเครื่องมีขนาดเล็ก ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มีค่าพื้นที่ผิว และค่าการดูดซับต่ำกว่ามาตรฐานมาก งานวิจัยนี้จึงทำการต่อท่อไอน้ำจากหม้อกำเนิดไอน้ำ (boiler) จากโรงงานของภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงมาใช้แทน โดยควบคุมอัตราการไหลด้วยวาล์ว และมาตรวัดความดัน มาตรวัดความดันมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีสเกลตั้งแต่ 0.5-10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ข้องละ 0.5 ตารางเซนติเมตร ได้มีการทดลองด้วยความดันไอน้ำที่ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปรากฏว่าที่ความดันต่ำสุดคือ 0.25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือทดลองที่อัตราส่วนของผสมระหว่างไอน้ำกับอากาศเท่ากับ 7.6 เปอร์เซ็นต์ โดยจะให้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพดีมีค่าการดูดซับสูง และประหยัดกว่าการทดลองที่ไอน้ำปริมาณสูงกว่า นอกจากปริมาณไอน้ำที่สูงจะทำให้อุณหภูมิภายในเบดลดต่ำลง เกิดการควบแน่นของไอน้ำภายในเบด ถ่านในเบดจึงเปียกชื้นนำผลิตภัณฑ์ออกจาก

เบลได้ยาก ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ดี ดังนั้นตลอดการวิจัยจึงใช้ปริมาณไอน้ำคงที่ที่ความดัน 0.25 ตารางเซนติเมตร หรืออัตราส่วนของผสมระหว่างไอน้ำกับอากาศประมาณ 7.6 เปอร์เซ็นต์

5.2.4 อิทธิพลของปริมาณสารระเหยของวัตถุดิบที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

อิทธิพลของปริมาณสารระเหยของวัตถุดิบที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ พื้นที่ผิวจำเพาะ ไอโอดีนเน็มเบอร์ และการดูดซับเมทิลเนลลู แสดงดังรูปที่ 4.7 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

5.2.4.1 ปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบที่มีต่อค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลองที่แสดงในรูปที่ 4.7 พบว่าปริมาณสารระเหยที่มีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 3.6-41.9 ในวัตถุดิบให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะใกล้เคียงกันมากอยู่ในช่วง 850.9-925.1 ตารางเมตรต่อกรัม เฉลี่ย 877.2 ตารางเมตรต่อกรัม แต่เมื่อใช้ชนิดที่ยังไม่ได้ทำการคาร์บอนไนซ์เป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์จะมีพื้นที่ผิวต่ำมากเท่ากับ 490.9 ตารางเมตรต่อกรัม แสดงว่าปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบมีผลต่อค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของผลิตภัณฑ์น้อยมาก แต่ถ้าวัตถุดิบไม่ได้ผ่านการคาร์บอนไนซ์มาก่อน จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบที่ผ่านการคาร์บอนไนซ์มาแล้ว เพราะว่าวัตถุดิบที่ผ่านการคาร์บอนไนซ์มาแล้วมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนมากกว่าทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาสูงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่ผิวสูงกว่า

5.2.4.2 ปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบที่มีต่อค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ของผลิตภัณฑ์

แนวโน้มของค่าไอโอดีนเน็มเบอร์นั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับพื้นที่ผิว ปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบตั้งแต่ร้อยละ 3.6-41.9 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ใกล้เคียงกันมาก คือ มีค่าอยู่ในช่วง 938.1-996.4 มิลลิกรัมต่อกรัม เฉลี่ย 945.2 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่เมื่อใช้วัตถุดิบเป็นชนิดที่ยังไม่ได้ผ่านการคาร์บอนไนซ์เป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์มีค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ต่ำ คือเท่ากับ 599.7 มิลลิกรัมต่อกรัม

5.2.4.3 ปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบที่มีต่อการดูดซับเมทิลเนลลูของผลิตภัณฑ์

การดูดซับเมทิลเนลลูของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัตถุดิบที่มีค่าสารระเหยร้อยละ 3.6-41.9 มีค่าใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 150.0-205.1 มิลลิกรัมต่อกรัม หรือเฉลี่ยเท่ากับ 178 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่ในการใช้วัตถุดิบที่ยังไม่ได้คาร์บอนไนซ์ผลิตภัณฑ์จะมีค่าการดูดซับเมทิลเนลลูที่ต่ำมาก คือ เท่ากับ 10.0 มิลลิกรัมต่อกรัม

ปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบมีผลต่อคุณสมบัติการดูดซับ และค่าพื้นที่ผิวจำเพาะไม่มากนักแนวโน้มของทั้งพื้นที่ผิวจำเพาะ ค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ และค่าการดูดซับเมทิลเนลลูมีแนวโน้มเดียวกัน ดังนั้นมันส์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีปริมาณสารระเหยร้อยละ 3.6-41.9 มีค่าการดูดซับเมทิลเนลลู ไอโอดีนเน็มเบอร์ และพื้นที่ผิวจำเพาะใกล้เคียงกัน เนื่องจากในกระบวนการกระตุ้น

ของการวิจัยนี้ ชั้นแรกมีการเผาถ่านพืชให้ร้อนจนอุณหภูมิสูงตามต้องการ ซึ่งก็เป็นการคาร์บอนไธไล์สารระเหยออกจากวัตถุดิบด้วย ปริมาณของสารระเหยในวัตถุดิบจึงไม่ค่อยมีผลต่อคุณสมบัติการดูดซับของผลิตภัณฑ์มากนัก แต่สำหรับพืชที่ยังไม่ได้คาร์บอนไธลที่มีค่าสารระเหยประมาณร้อยละ 60 นั้นให้ค่าการดูดซับที่ต่ำมาก เพราะว่าการเกิดรูพรุนใน ชั้นแรกไม่ได้ มีรูพรุนน้อย และมีขนาดเล็ก ส่วนวัตถุดิบที่ผ่านการคาร์บอนไธลมาก่อนจะเป็นวัตถุดิบที่มีความพรุนมากกว่า รูพรุนมีขนาดใหญ่กว่า ทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับตัวกระตุ้นสูง จึงได้ผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ และมีความสามารถในการดูดซับสูงกว่า อย่างไรก็ตามหากใช้วัตถุดิบที่มีปริมาณสารระเหยสูงจะมีเกิดควมมากในระหว่างการกระตุ้น แต่ถ้าสารระเหยในวัตถุดิบต่ำจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีได้มากกว่า และผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์น้อยลง ดังนั้นในการทดลองต่อมาจึงใช้ปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบคงที่ ประมาณร้อยละ 10-15 หรือ คาร์บอนไธลประมาณ 5 นาที

5.2.5 เวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำ

5.2.5.1 ผลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่มีต่อ

พื้นที่ผิวจำเพาะ

จากผลการทดลองที่แสดงดังรูปที่ 4.8 เวลาที่ใช้ในการทดลองได้แก่ 3, 5, 7, 9 และ 10 นาที วัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.0, 1.0-1.4 และ 1.4-2.0 มิลลิเมตร

วัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 611.5 ตารางเมตรต่อกรัม เมื่อเพิ่มเวลากระตุ้นด้วยไอน้ำเป็น 5 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 784.7 ตารางเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่เวลา 3 นาที ประมาณ 28.3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลากระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงสุด คือเท่ากับ 852.5 ตารางเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที ประมาณ 8.7 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเมื่อเวลากระตุ้นด้วยไอน้ำเพิ่มขึ้นจะมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะลดลง ที่เวลากระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 805.8 ตารางเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะลดลงจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำนาน 7 นาที ประมาณ 5.5 เปอร์เซ็นต์และที่เวลากระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 794.3 ตารางเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะลดลงจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที ประมาณ 1.4 เปอร์เซ็นต์ แนวโน้มของพื้นที่ผิวจะสูงขึ้นเมื่อเวลาในการกระตุ้นเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการกระตุ้นทำให้รูพรุนเพิ่มมากขึ้น จนสูงสุดที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำนาน 7 นาที หลังจากนั้นเมื่อเวลากระตุ้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าพื้นที่ผิวลดลง เนื่องจากผนังของรูพรุนที่เกิดขึ้นแตกทำลายบางส่วนทำให้พื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ลดลง

วัตถุดิบขนาดต่างๆ ในแต่ละเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำมาเฉลี่ย จะได้ว่าค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที เท่ากับ 704.3 ตารางเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที เท่ากับ 791.9 ตารางเมตรต่อกรัม มีค่าเพิ่มขึ้นจากพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที เท่ากับ 12.4 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที มีค่าเท่ากับ 967.8 ตารางเมตรต่อกรัม เพิ่มขึ้นจากพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที 22.2 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที เท่ากับ 824.0 ตารางเมตรต่อกรัม ลดลงจากพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที เท่ากับ 14.9 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาทีเท่ากับ 703.4 ตารางเมตรต่อกรัม มีค่าลดลงจากพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที 14.6 เปอร์เซ็นต์

5.2.5.2 ผลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่มีต่อค่าไอโอดีนัมเบอร์

ผลของเวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำมีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลต่อพื้นที่ผิวจำเพาะ โดยจะเพิ่มขึ้นตามเวลาการกระตุ้นจนสูงสุดที่เวลา 7 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าไอโอดีนัมเบอร์ประมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อกรัม และลดลงที่เวลากระตุ้น 9 และ 10 นาที ตามลำดับ ผลการทดลองดังในรูปที่ 4.9

วัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าไอโอดีนัมเบอร์ 733.6 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเพิ่มเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำเป็น 5 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าไอโอดีนัมเบอร์ 902.6 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนัมเบอร์เพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที 23 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าไอโอดีนัมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 994.3 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนัมเบอร์เพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที 10.2 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าไอโอดีนัมเบอร์ 871.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนัมเบอร์ลดลงจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที 12.3 เปอร์เซ็นต์ และที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าไอโอดีนัมเบอร์ 858.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนัมเบอร์ลดลงจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที 1.5 เปอร์เซ็นต์

วัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0-1.4 มิลลิเมตร ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าไอโอดีนัมเบอร์ 880.8 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเพิ่ม

10.8 เปอร์เซ็นต์และค่าไอโอดีนในเบียร์เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที เท่ากับ 855.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ลดลงจากค่าไอโอดีนในเบียร์เฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที 6.9 เปอร์เซ็นต์

5.2.5.3 ผลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่มีต่อการดูดซับเมทิลีนบลู

การดูดซับเมทิลีนบลูมีค่าสูงขึ้นมากเมื่อเวลาในการกระตุ้นนานขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.10 โดยกราฟการดูดซับเมทิลีนบลูที่เวลา 5 นาที เป็น 7 นาที มีอัตราการเพิ่มของค่าการดูดซับเมทิลีนบลูของผลิตภัณฑ์มากกว่าที่เวลา 3 นาที เป็น 5 นาที ซึ่งการดูดซับเมทิลีนบลูมีค่ามากที่สุดที่เวลา 7 นาที มีค่าประมาณ 250 มิลลิกรัมต่อกรัม หลังจากนั้นจะลดลงเมื่อเวลามากขึ้น คือ เวลา 9 และ 10 นาที ตามลำดับ

วัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำนาน 3 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 115.3 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 135.2 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที เท่ากับ 17.3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลูสูงสุด คือ เท่ากับ 238.5 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที 76.4 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเท่ากับ 217.1 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูลดลงจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที 9 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 205 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูลดลงจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที 5.6 เปอร์เซ็นต์

วัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0-1.4 มิลลิเมตร ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 80 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 142.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที 78.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำนาน 7 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู เท่ากับ 261.3 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที 83 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 244.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูลดลงจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที 6.3 เปอร์เซ็นต์ และที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับ

เมทิลีนบลู 193.7 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูลดลงจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที 20.9 เปอร์เซ็นต์

วัดดูดึบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4-2.0 มิลลิเมตร ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 134.3 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 162.6 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที 21.1 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับเมทิลีนบลู 259 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที 59.3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 261.2 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที 0.8 เปอร์เซ็นต์ และที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 106.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูลดลงจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที 58.4 เปอร์เซ็นต์

ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลูสูงสุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัดดูดึบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0-1.4 มิลลิเมตร เวลาในการกระตุ้น 7 นาที มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 261.3 มิลลิกรัมต่อกรัม กับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัดดูดึบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4-2.0 มิลลิเมตร ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 และ 9 นาที ซึ่งให้ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเคียงกัน คือ เท่ากับ 259 และ 261.2 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับผลิตภัณฑ์มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 261.2 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งถ้านำค่าการดูดซับเมทิลีนบลูของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากวัดดูดึบขนาดต่างๆ ในแต่ละเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำมาเฉลี่ย จะได้ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที เท่ากับ 109.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที เท่ากับ 146.9 มิลลิกรัมต่อกรัม เพิ่มขึ้นจากค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที 33.6 เปอร์เซ็นต์ ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที เท่ากับ 252.9 มิลลิกรัมต่อกรัม เพิ่มขึ้นจากค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที 72.2 เปอร์เซ็นต์ ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที เท่ากับ 241 มิลลิกรัมต่อกรัม ลดลงจากค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที เท่ากับ 4.7 เปอร์เซ็นต์ และค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที เท่ากับ 168.5 มีค่าลดลงจากค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที 30.1 เปอร์เซ็นต์ ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำเพิ่มขึ้น โดยที่

เวลาการกระตุ้นเพิ่มขึ้นจาก 5 นาที เป็น 7 นาที ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูจะเพิ่มขึ้นมาก และมีค่าสูงสุดที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 7 นาที ที่เวลาการกระตุ้น 9 นาที มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลูลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อเวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 10 นาที ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูลดลงมาก เนื่องจากผนังรูพรุนของถ่านกัมมันต์ถูกทำลายมาก ลักษณะรูปร่างของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้สามารถศึกษาได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ถึง 4.24

5.2.5.4 ผลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาในการกระตุ้นด้วยไอ้ที่มีต่อผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.11 ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างมากเมื่อเวลาในการกระตุ้นเพิ่มมากขึ้น ขนาดวัตถุดิบที่ต่างกันมีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกันเมื่อเวลาในการกระตุ้นด้วยไอ้เท่ากัน

วัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร ที่เวลาในการกระตุ้นด้วยไอ้ 3 นาที มีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 45.1 มีการสูญเสียน้ำหนัก 54.9 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 5 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 29.0 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอ้ 3 นาที 35.7 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 7 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 19.8 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอ้ 5 นาที 31.7 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 9 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 8.6 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอ้ 7 นาที 56.6 เปอร์เซ็นต์ และที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 10 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 1.4 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอ้ 9 นาที 83.7 เปอร์เซ็นต์

วัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0-1.4 มิลลิเมตร ที่เวลาในการกระตุ้นด้วยไอ้ 3 นาที มีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 53.5 มีการสูญเสียน้ำหนัก 46.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 5 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 39.0 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอ้ 3 นาที 27.1 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 7 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 18.2 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอ้ 5 นาที 53.3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 9 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 10.0 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอ้ 7 นาที ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอ้ 10 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 1.7 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอ้ 9 นาที 83.0 เปอร์เซ็นต์

วัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4-2.0 มิลลิเมตร ที่เวลาในการกระตุ้นด้วยไอ้ 3 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 42.0 มีการสูญเสียน้ำหนัก

58.0 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 34.3 เปอร์เซ็นต์ ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที เท่ากับ 18.3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 18.0 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที 47.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 14.2 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที 21.1 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 5.2 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที 63.4 เปอร์เซ็นต์

วัตถุประสงค์ทั้ง 3 ขนาด ให้ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกันที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำเท่ากัน เมื่อนำผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์มาเฉลี่ยในแต่ละเวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำจะได้ว่า ที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 46.9 สูญเสียน้ำหนัก 43.1 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที เท่ากับร้อยละ 34.1 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที เท่ากับ 33.0 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที เท่ากับร้อยละ 18.7 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 5 นาที 45.2 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที เท่ากับร้อยละ 10.9 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที 41.7 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที เท่ากับร้อยละ 2.8 ลดลงจากผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 9 นาที 74.3 เปอร์เซ็นต์

ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง เมื่อเวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะที่เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 10 นาที จะมีอัตราการสูญเสียผลิตภัณฑ์ที่สูงมากที่สุด เพราะเหลือดำอยู่ในเบคน้อยและมีขนาดเล็กลงมากทำให้มีการสูญเสียทั้งความร้อนและผลิตภัณฑ์เนื่องจากการเผาไหม้ในอัตราที่สูง ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที ซึ่งมีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 18.7 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักดำนึ่ง หรือประมาณร้อยละ 4.7 ของน้ำหนักนึ่งแห้ง

จะเห็นว่าขนาดของวัตถุประสงค์ที่นำมาทดลองมีผลต่ออันที่ผิว ไอโอดีนในเมเบอร์ การดูดซับเมทิลเมอร์ และเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ไม่มากนัก เนื่องจากขนาดของวัตถุประสงค์มีขนาดใกล้เคียงกันมากทำให้เห็นความแตกต่างของคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ได้ไม่ชัดเจน

5.2.6 อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ

เนื่องจากต้องการที่จะทดลองให้เห็นถึงความแตกต่างของอุณหภูมิที่เริ่มให้ไอน้ำได้รับไอน้ำจึงทำการทดลองที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง และแตกต่างกันค่อนข้างมากระหว่างละ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งถ้าทำให้ที่ทดลองในชั้นแรกมีขนาดเล็กไม่สามารถทำอุณหภูมิภายในเบคไคให้สูงถึงอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสได้ จึงได้ใช้ด้านพื้นที่ได้จากการคาร์บอนอินทรีย์แบบเบสบรรจุ ที่มีขนาดของเม็ดถ่านประมาณ 2.0-4.0 มิลลิเมตร ปริมาณที่ใช้ก็ให้เพิ่มมากขึ้นจาก 0.5 กิโลกรัม เป็น 1.0 กิโลกรัม เวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.12

5.2.6.1 ผลของอุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำที่มีต่อพื้นที่ผิวจำเพาะ

ที่อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 700 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 552.9 ตารางเมตรต่อกรัม ที่อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 800 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ 626.1 ตารางเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะมากกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการเริ่มให้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส 13.2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 900 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ 735.1 ตารางเมตรต่อกรัมพื้นที่ผิวจำเพาะมากกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการเริ่มให้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 17.4 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 925 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ 837.8 ตารางเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะมากกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการเริ่มให้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส 14.0 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ผิวจำเพาะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่เริ่มให้ไอน้ำสูงขึ้น เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนกับตัวกระตุ้นจะสูงตามไปด้วย จึงทำให้ได้รูพรุนที่ต้องการเร็วกว่าการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นในเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่เท่ากันคือ 7 นาที อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำที่สูงจึงให้ผลลัพธ์ที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการให้ไอน้ำที่อุณหภูมิต่ำ

5.2.6.2 ผลของอุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำที่มีต่อค่าไอโอดีนเนมเบอร์

ที่อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 700 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าไอโอดีนเนมเบอร์ 781.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 800 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าไอโอดีนเนมเบอร์ 824.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนเนมเบอร์มากกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการเริ่มให้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส 5.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 900 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าไอโอดีนเนมเบอร์ 806.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนเนมเบอร์น้อยกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการเริ่มให้ไอน้ำ 800 องศาเซลเซียส 2.2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 925 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าไอโอดีนเนมเบอร์ 910.5 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนเนมเบอร์มากกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการเริ่มให้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

12.9 เปอร์เซ็นต์ ค่าไอโอดีนในเบอรี่มีแนวโน้มเช่นเดียวกับพื้นที่ผิวจำเพาะ โดยที่ค่าไอโอดีนในเบอรี่ของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นในการให้อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะมีอัตราการเกิดรูพรุนที่สูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

5.2.6.3 ผลของอุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับเมทิลีนบลู

ที่อุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิเท่ากับ 700 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับเมทิลีนบลู 104.5 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่อุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับเมทิลีนบลู 141.6 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเริ่มให้อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส 35.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับเมทิลีนบลู 101.5 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเริ่มให้อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 28.3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิ 925 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับเมทิลีนบลู 244.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเริ่มให้อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส 141.2 เปอร์เซ็นต์ การดูดซับเมทิลีนบลูในเม็มน้ำมันเช่นเดียวกับพื้นที่ผิวจำเพาะ และค่าไอโอดีนในเบอรี่ คือ สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นในการให้อุณหภูมิเข้าทำปฏิกิริยาสูงขึ้น ค่าสูงสุดของการดูดซับเมทิลีนบลู คือ 925 องศาเซลเซียส เท่ากับ 244.8 มิลลิกรัมต่อกรัม เนื่องจากวัดคุณสมบัติมาจากการคาร์บอนในแบบเบดบรรจุ (fixed bed) ทำให้มีขนาดของรูพรุนเล็กไม่ค่อยมีความโปร่งไวในการทำปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิการทำปฏิกิริยาสูงจึงมีอัตราการเกิดรูพรุนชนิดแมคโครพอร์สูงกว่าการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำกว่า

5.2.6.4 ผลของอุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิที่มีต่อผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์

ที่อุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 44.5 สูญเสียน้ำหนัก 55.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 40.6 น้อยกว่าผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการเริ่มให้อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส 8.8 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 32.4 น้อยกว่าผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จากการเริ่มให้อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 20.2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเริ่มให้อุณหภูมิ 925 องศาเซลเซียส ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 18.8 น้อยกว่าผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเริ่มให้อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส 42.0 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ในเม็มน้ำมันลดลงเมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นในการให้อุณหภูมิเข้าทำปฏิกิริยาสูงขึ้น โดยจะลดลงด้วยอัตราที่สูงที่อุณหภูมิ 925 องศาเซลเซียส เพราะในการให้อุณหภูมิภายในเบดสูงชันจาก 900 เป็น 925 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลานานกว่าเมื่อเทียบกับการเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 เป็น 800 หรือ

จาก 800 เป็น 900 องศาเซลเซียส มีการเผาไหม้คาร์บอนจำนวนมากเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์จึงลดลงมาก ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์แสดงในรูปที่ 4.13

แนวโน้มของพื้นที่ผิว ไอโอดีนเน็มเบอร์ และการดูดซับเมทิลีนบลู มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของการทำปฏิกิริยากับไอน้ำสูงขึ้น ในขณะที่ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง โดยค่าพื้นที่ผิว และคุณสมบัติการดูดซับที่ได้มีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัสดุดิบ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ในฟลูอิด์เบด เพราะว่าค่าที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ในฟลูอิด์เบด มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับตัวกระตุ้นสูงกว่าค่าที่ได้จากเบดบรรจุ ที่อุณหภูมิสูงก็จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงด้วย อย่างไรก็ตามการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงมากเช่น 925 องศาเซลเซียส นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานแล้วยังได้ผลิตภัณฑ์ที่ต่ำมากด้วย ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิการเริ่มให้ไอน้ำ 925 องศาเซลเซียส เท่ากับ 18.8 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณร้อยละ 6.4 ของน้ำหนักแห้ง

5.2.7 ปริมาณการป้อนวัสดุดิบ

ปริมาณการป้อนวัสดุดิบในการทดลองแต่ละครั้งมีการแปรค่าเป็น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม วัสดุดิบขนาด 1.0-1.4 มิลลิเมตร อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 700 องศาเซลเซียส เวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.14

5.2.7.1 ผลของปริมาณการป้อนวัสดุดิบที่มีต่อพื้นที่ผิวจำเพาะ

ปริมาณการป้อนวัสดุดิบ 0.5 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 959.9 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาณการป้อนวัสดุดิบ 1.0 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 907.6 ตารางเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะน้อยกว่าที่ปริมาณการป้อนวัสดุดิบ 0.5 กิโลกรัม 5.4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการป้อนวัสดุดิบ 1.5 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ได้มีพื้นที่ผิว 1,052 ตารางเมตรต่อกรัม และปริมาณการป้อนวัสดุดิบ 2.0 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ได้มีพื้นที่ผิว 1,023 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาณการป้อนวัสดุดิบ 0.5 และ 1.0 กิโลกรัม ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะใกล้เคียงกันและพื้นที่ผิวต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปริมาณวัสดุดิบ 1.5 และ 2.0 กิโลกรัมอยู่เล็กน้อย ปริมาณการป้อน 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะใกล้เคียงกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,037.5 ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งปริมาณวัสดุดิบน้อยจะมีการสูญเสียผิวของคาร์บอนเนื่องจากการเผาไหม้มากกว่าปริมาณวัสดุดิบมากในการที่ให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ ทำให้รูพรุนน้อยลงไปด้วย

5.2.7.2 ผลของปริมาณการป้อนวัสดุดิบที่มีต่อค่าไอโอดีนเน็มเบอร์

ปริมาณการป้อนวัสดุดิบ 0.5 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ได้มีค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ 1,027 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณการป้อนวัสดุดิบ 1.0 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ได้มีค่า

ไอโอดีนเน็มเบอร์ 985.5 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 0.5 และ 1.0 กิโลกรัม ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ใกล้เคียงกัน แต่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากการป้อนวัตถุดิบ 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม เล็กน้อย ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 1.5 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ 1,039 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 2.0 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ 1,053 มิลลิกรัมต่อกรัม แนวโน้มของค่าไอโอดีนเน็มเบอร์เป็นเช่นเดียวกับพื้นที่ผิวจำเพาะ ค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ที่มีค่าสูงคือปริมาณการป้อน 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าไอโอดีนเน็มเบอร์เฉลี่ยเท่ากับ 1,046 มิลลิกรัมต่อกรัม อย่างไรก็ตามปริมาณการป้อนวัตถุดิบทั้ง 4 ค่า คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 กิโลกรัม ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าไอโอดีนเน็มเบอร์ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

5.2.7.3 ผลของปริมาณวัตถุดิบที่มีต่อการดูดซับเมทิลีนบลู

ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 0.5 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับเมทิลีนบลู 261.3 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 1.0 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับเมทิลีนบลู 220.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 1.5 กิโลกรัม มีการดูดซับเมทิลีนบลูของผลิตภัณฑ์ 356.5 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 2.0 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับเมทิลีนบลู 354.5 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูสูงสุด คือที่ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยของการดูดซับเมทิลีนบลู เท่ากับ 355.5 มิลลิกรัมต่อกรัม

5.2.7.4 ผลของปริมาณการป้อนวัตถุดิบที่มีต่อผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์

ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 0.5 กิโลกรัม มีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 18.2 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณร้อยละ 6.2 ของน้ำหนักพืชแห้ง ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 1.0 กิโลกรัม มีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 37.6 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณร้อยละ 12.8 ของน้ำหนักพืชแห้ง ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 1.5 กิโลกรัม มีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 48.3 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณร้อยละ 14.8 ของน้ำหนักพืชแห้ง ปริมาณการป้อนวัตถุดิบ 2.0 กิโลกรัม มีผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 59.1 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณร้อยละ 20.1 ของน้ำหนักพืชแห้ง

เมื่อปริมาณการป้อนสูงขึ้นก็จะเพิ่มผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์มากขึ้น

เพราะว่าในการทดลองที่อุณหภูมิสูงต้องใช้ปริมาณความร้อนมากเพื่อที่จะให้อุณหภูมิในเบดสูงขึ้น ซึ่งปริมาณเท่านี้มากจะให้ปริมาณความร้อนมากกว่าถ่านปริมาณน้อยกว่า โดยที่มีการสูญเสียความร้อนออกจากเบดไปกับอากาศในปริมาณใกล้เคียงกัน ดังนั้นปริมาณวัตถุดิบที่น้อยกว่าจะมีอัตราส่วนการสูญเสียคาร์บอนสูงกว่า จึงเหลือผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วน้อยกว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณป้อนวัตถุดิบกับเปอร์เซ็นต์แสดงดังรูปที่ 4.15

ปริมาณการป้อนของวัตถุดิบที่แตกต่างกันที่ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 กิโลกรัม ให้ค่าพื้นที่ผิว ไอโอดีนัมเบอร์ และการดูดซับเมทิลีนบลู ไม่แตกต่างกันมากโดยเฉพาะที่ปริมาณการป้อนที่ 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติการดูดซับสูงสุดใกล้เคียงกัน แต่ที่ปริมาณการป้อน 2.0 กิโลกรัม ให้ผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์สูงกว่า

5.2.8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเบด

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเบดในกระบวนการกระตุ้มมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.16 โดยเวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิถึงจุดที่ต้องการจะแตกต่างกัน วัตถุดิบที่มีสารระเหยสูงจะใช้เวลานานกว่าในการทำให้ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิในช่วงแรกจะลดลงเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากเบดสู่เม็ดถ่าน อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้และเมื่อได้รับไอน้ำอุณหภูมิค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากการทำงานของเครื่องทำความร้อน เพราะว่าปฏิกิริยาระหว่างไอน้ำกับคาร์บอนเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อนแต่ปฏิกิริยาเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนนอกจากนี้ไอน้ำเป็นตัวพาความร้อนที่ดีกว่าอากาศจึงมีการสูญเสียความร้อนส่วนหนึ่งไปกับไอน้ำที่ออกจากเบดด้วย

5.2.9 การกระจายขนาดของผลิตภัณฑ์หลังการกระตุ้ม

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าขนาดของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มีขนาดลดลงจากวัตถุดิบเล็กน้อย จากวัตถุดิบขนาด 1.0-1.4 มิลลิเมตร ได้ผลิตภัณฑ์มีขนาด 0.355-0.500 มิลลิเมตร ร้อยละ 18.87 ขนาด 0.500-1.000 มิลลิเมตร ร้อยละ 31.96 และขนาด 1.000-1.400 มิลลิเมตร ร้อยละ 48.27 แต่สำหรับความหนาแน่น ก่อนการกระตุ้มถ่านมีความหนาแน่น 0.41 กรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากกระตุ้มถ่านมีความหนาแน่น 0.25 กรัมต่อมิลลิลิตร แสดงว่าถ่านที่ผลิตได้มีขนาดลดลงเล็กน้อยแต่มีความพรุนเพิ่มขึ้นมาก การสูญเสียน้ำหนักเป็นการเพิ่มความพรุนมากกว่าลดขนาดอนุภาค

5.2.10 การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ภาพที่ 4.17 ถึง 4.27 แสดงให้เห็นลักษณะของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ ในถ่านกัมมันต์ที่มีค่าพื้นที่ผิวแตกต่างกัน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายต่างกัน เป็นการแสดงถึงขนาด และลักษณะของรูพรุนขนาดต่าง ๆ พบว่าถ่านที่ยังไม่กระตุ้มจะมีรูพรุนกระจายรูรูตันไม่ลึก ส่วนถ่านหลังจากการกระตุ้มจะมีรูพรุนที่ลึก และมีความซับซ้อนมากกว่า ประกอบด้วยรูพรุนขนาดใหญ่และเล็กเป็นจำนวนมาก จากภาพจะเห็นลักษณะของรูรูคล้ายเส้นใยพันกัน และลักษณะคล้ายรังผึ้งเมื่อเป็นภาพที่กำลังขยายสูง 1,000 เท่า

5.2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวจำเพาะกับค่าไอโอดีนแอมเบอร์

ค่าไอโอดีนแอมเบอร์มีความสัมพันธ์โดยแปรผันตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ โดยให้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 5.1

$$I = 0.6294 S + 397.7 \quad (5.1)$$

เมื่อ I เป็นค่าไอโอดีนแอมเบอร์ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

S เป็นค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ หน่วยเป็นตารางเมตรต่อกรัม

ค่า R ของสมการเท่ากับ 0.8846

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวจำเพาะกับค่าไอโอดีนแอมเบอร์แสดงดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวจำเพาะกับค่าไอโอดีนแอมเบอร์

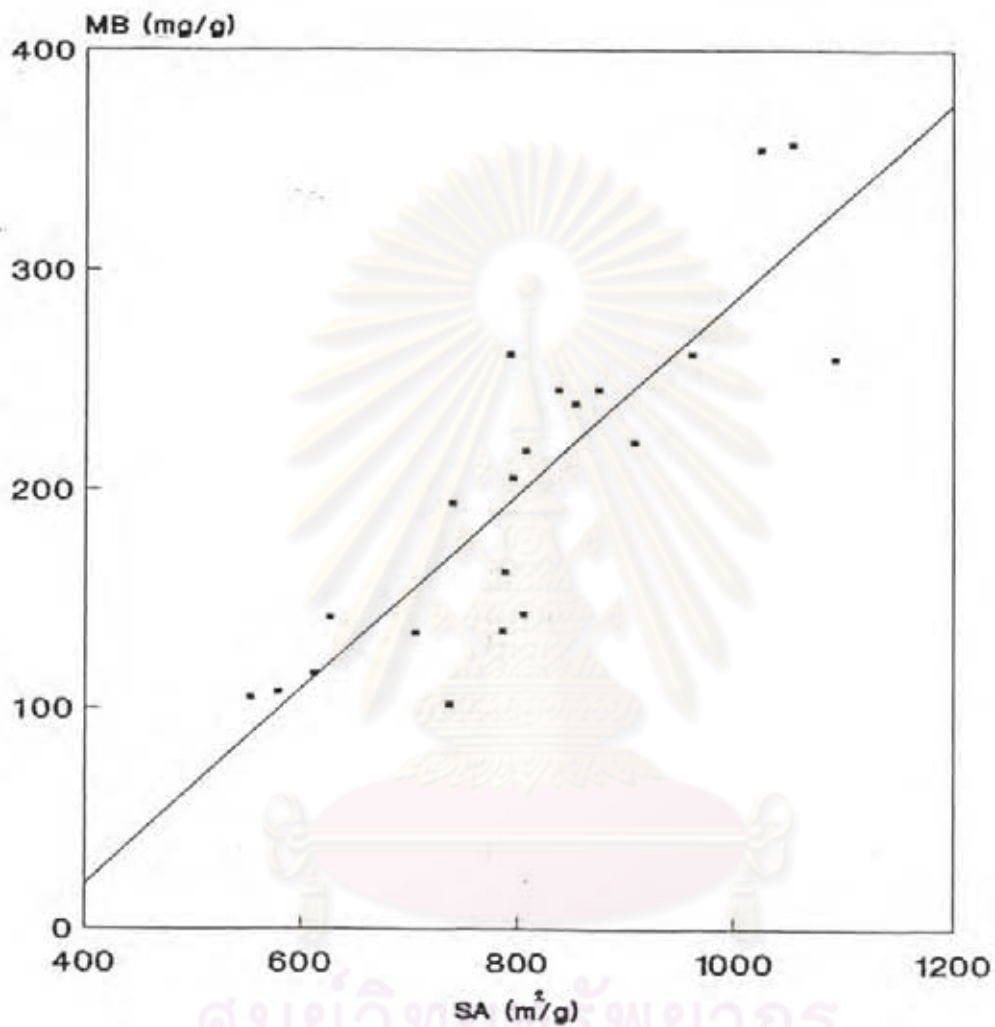
ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวจำเพาะกับค่าไอโอดีนแอมเบอร์ แสดงให้เห็นว่าค่าไอโอดีนแอมเบอร์กับพื้นที่ผิวจำเพาะมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ทำให้สามารถประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะได้เมื่อทราบค่าไอโอดีนแอมเบอร์

5.2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวจำเพาะกับค่าการดูดซับเมทิลีนบลู
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวจำเพาะกับค่าการดูดซับเมทิลีนบลู มีลักษณะเป็นเส้นตรงดังสมการที่ 5.2

$$MB = 0.4323 S - 144.6 \quad (5.2)$$

เมื่อ MB เป็นค่าการดูดซับเมทิลีนบลู หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม
S เป็นพื้นที่ผิวจำเพาะ หน่วยเป็นตารางเมตรต่อกรัม
ค่า R ของสมการเท่ากับ 0.8708

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวจำเพาะกับค่าการดูดซับเมทิลีนบลู

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับเมทิลีนบลูกับพื้นที่ผิวจำเพาะ พบว่าค่าการดูดซับเมทิลีนบลูสูงพื้นที่ผิวจำเพาะก็จะสูงด้วย แสดงว่าขนาดของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กัน โดยถ้ามีรูพรุนขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นก็จะมีรูพรุนขนาดเล็กเพิ่มขึ้นด้วย