

บทที่ 5

อภิปรายและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การแปรภาวะเพื่อเตรียมถ่านไม้โกงกาง

ภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์ ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา คือ อุณหภูมิ , เวลา เนื่องจากมีผลต่อบัจจัยของสมบัติของถ่าน คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ (Y) , ปริมาณเถ้า (Ash) , ปริมาณสารระเหย (VCM) และปริมาณคาร์บอนคงตัว (FC)

- อุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.7- 4.10 เมื่ออุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์เพิ่มขึ้นจาก 250 ถึง 400 ° C พบว่าปริมาณสารระเหยจะลดลงจาก 41.71 % เป็น 30.31 % ที่เวลา 20 นาที , 37.66 % เป็น 24.42 % ที่เวลา 40 นาที , 33.52 % เป็น 18.83 % ที่เวลา 60 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 27.33 % , 35.16 % และ 43.82 % ตามลำดับ เป็นผลมาจากที่อุณหภูมิสูงความร้อนจะเป็นตัวพาสารระเหยออกมาจากถ่าน ทำให้ปริมาณสารระเหยที่เหลือในถ่านมีค่าไม่สูงมากนัก จากการทดลองพบว่าในช่วงอุณหภูมิต้นๆ สารระเหยจะออกมาเป็นปริมาณมากเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิสุดท้าย (สังเกตได้จากความชันของกราฟ รูปที่ 4.9 พบว่าจะมีความชันสูงในช่วงแรก) แสดงว่าสารระเหยที่อยู่บริเวณผิวจะแพร่ผ่านออกได้ง่ายกว่าส่วนที่อยู่ในเนื้อถ่านซึ่งจะต้องใช้เวลานาน

ปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลงจาก 68.46 % เป็น 37.41 % ที่เวลา 20 นาที , 44.27 % เป็น 32.78 % ที่เวลา 40 นาที , 40.21 % เป็น 20.06 % ที่เวลา 60 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 45.35 % , 25.95 % และ 50.11 % ตามลำดับ นั่นคือที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากวัตถุดิบที่เป็นเนื้อไม้ ความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการลุกไหม้ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เนื้อไม้บางส่วนกลายเป็นเถ้าและสารระเหยจะถูกไล่ออกจากเนื้อถ่าน ขณะเดียวกันก็จะเกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชัน ทำให้ได้สารประกอบพวกคาร์บอนออกไซด์ ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้น้อยลง

ปริมาณคาร์บอนคงตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงจาก 52.76 % เป็น 63.82 % ที่เวลา 20 นาที , 56.08 % เป็น 67.05 % ที่เวลา 40 นาที , 66.22 % เป็น 74.53 % ที่เวลา 60 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 20.96 % , 19.56 % และ 23.76 % ตามลำดับ พบว่าที่เวลา 20 นาทีมีค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนค่อนข้างสูง เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำ (250 °

C) ไม้โกงกางเผาไหม้ไม่หมด มีปริมาณเนื้อไม้ค่อนข้างสูงแต่เมื่อคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะความร้อนจะเข้าไปไล่สารต่างๆที่ไม่ใช่คาร์บอนอะตอมออกไปในรูปก๊าซ (สารระเหย) สังเกตได้จากมีเปอร์เซ็นต์ของสารระเหยลดลง ทำให้เปอร์เซ็นต์คาร์บอนที่อยู่ในเนื้อไม้มากขึ้น ส่วนปริมาณถ้ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก คือค่อนข้างใกล้เคียงกัน

- เวลาของการคาร์บอนไนซ์ จากตารางและรูปที่ 4.3 - 4.6 เมื่อเพิ่มเวลาการคาร์บอนไนซ์ จาก 20 นาทีเป็น 60 นาที ทำให้สมบัติของไม้โกงกางเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ จะมีค่าสารระเหยลดลง จาก 41.71 % เป็น 33.52 % ที่อุณหภูมิ 250 ° C , 35.44 % เป็น 23.02 % ที่อุณหภูมิ 300 ° C , 33.79 % เป็น 20.64 % ที่อุณหภูมิ 350 ° C , 30.31 % เป็น 18.83 % ที่อุณหภูมิ 400 ° C คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 19.61 % , 35.05 % , 38.92 % และ 37.88 % ตามลำดับ นั่นคือเมื่อใช้เวลาในการคาร์บอนไนซ์นานขึ้นไม้โกงกางจะได้รับความร้อนมากขึ้น สารระเหยที่อยู่ในตัวเนื้อถ่าน (ซึ่งออกได้ยากมาก ต้องใช้เวลานาน) จะออกจากถ่านไม้โกงกางได้ ทำให้ปริมาณสารระเหยลดลง

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวในถ่านไม้โกงกางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จาก 52.76 % เป็น 60.22 % ที่อุณหภูมิ 250 ° C , 58.89 % เป็น 71.44 % ที่อุณหภูมิ 300 ° C , 59.28 % เป็น 72.99 % ที่อุณหภูมิ 350 ° C , 63.82 % เป็น 74.53 % ที่อุณหภูมิ 400 ° C คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 14.14 % , 21.31 % , 23.13 % และ 16.78 % ตามลำดับ

ส่วนปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ที่เวลามากขึ้นจะมีค่าลดลงจาก 68.46 % เป็น 40.21 % ที่อุณหภูมิ 250 ° C , 48.16 % เป็น 38.17 % ที่อุณหภูมิ 300 ° C , 40.16 % เป็น 27.83 % ที่อุณหภูมิ 350 ° C , 37.41 % เป็น 20.06 % ที่อุณหภูมิ 400 ° C คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 41.26 % , 20.95 % , 30.45 % และ 46.38 % ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ พบว่าถ่านที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้น (ใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ควรมีปริมาณสารระเหยไม่มากและไม่น้อยเกินไป คืออยู่ในช่วงร้อยละ 20-25 (บุญชัย ตระกูลมหชัย , 2536) นอกจากนี้จะใช้ปริมาณผลิตภัณฑ์ (%Yield) และค่าคาร์บอนคงตัว (%FC) มาพิจารณาประกอบควบคู่ไปด้วย จากตารางที่ 4.1 พบว่ามีหลายสภาวะที่มีปริมาณสารระเหยอยู่ในช่วง ร้อยละ 20-25 คือที่ 300 ° C ที่ 60 นาที , ที่ 350 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที และที่ 400 ° C เวลา 40 นาที คือ มีปริมาณสารระเหย 23.02 % , 20.64 % , 24.42 % ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณผลิตภัณฑ์ของสภาวะดังกล่าว พบว่าที่อุณหภูมิ 300 ° C ณ เวลา 60 นาที มีปริมาณผลิตภัณฑ์สูงสุด คือ 38.07 % ในขณะเดียวกันค่าคาร์บอนคงตัวที่ได้ค่อนข้างสูง คือ 71.44 % ดังนั้นจะถือว่าช่วงอุณหภูมิ 300 ° C เวลา 60 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์ที่สุด มีปริมาณผลิตภัณฑ์ร้อยละ 38.07 ปริมาณสารระเหย

ร้อยละ 23.02 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 71.44 และปริมาณแก๊สร้อยละ 5.54 โดยถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์มีลักษณะมันวาว เปราะและถูกเผาไหม้ทั้งหมด

5.2 การผลิตถ่านกัมมันต์โดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

หลังจากที่ทดลองหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านจากไม้โกงกางได้แล้ว ถ่านไม้โกงกางยังมีค่าในการดูดซับไม่ดัดนัก คือ มีพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดแค่ 198.1 ตร.ม./ก. โดยมีพื้นที่ผิวรูพรุนชนิดแมคโครพอร์ 72.6 ตร.ม./ก. และชนิดไมโครพอร์ 125.5 ตร.ม./ก. เนื่องด้วยมีทาร์และสารที่ได้จากการเผาสลายอุดอยู่ตามรูพรุนและความร้อนจากการคาร์บอนไนซ์ไม่สูงพอที่จะกำจัดทาร์ได้ จึงต้องทำการปรับปรุงสมบัติในการดูดซับให้ดียิ่งขึ้น โดยนำมากระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อให้ถ่านกัมมันต์มีสมบัติที่ดีจึงทำการทดลองแปรภาวะต่างๆที่จะใช้กระตุ้น โดยทำการศึกษาตัวแปร 3 ตัวแปร คือ อุณหภูมิ , เวลาและขนาดอนุภาค ตัวแปรเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ คือ ค่าการดูดซับไอโอดีน (IA) , ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู (MB) , ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (BD) และปริมาณผลิตภัณฑ์ (Y)

- เมื่ออุณหภูมิการกระตุ้นเพิ่มขึ้นจาก 700 °C ถึง 850 °C พบว่าค่าการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้นจาก 279.28 มก./ก. เป็น 330.81 มก./ก. ที่เวลา 30 นาที , 286.11 มก./ก. เป็น 345.89 มก./ก. ที่เวลา 60 นาที, 287.34 มก./ก. เป็น 351.88 มก./ก. ที่เวลา 90 นาที, 290.95 มก./ก. เป็น 354.29 มก./ก. ที่เวลา 120 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 18.45%,20.89%,20.94%และ 21.77% ตามลำดับ

ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นจาก 7.65 มก./ก. เป็น 12.88 มก./ก. ที่เวลา 30 นาที , 8.11 มก./ก. เป็น 13.51 มก./ก. ที่เวลา 60 นาที, 8.48 มก./ก. เป็น 13.65 มก./ก. ที่เวลา 90 นาที, 8.57 มก./ก. เป็น 16.02 มก./ก. ที่เวลา 120 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 68.37 %,66.58%,60.97%และ 86.93% ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการกระตุ้นให้สูงขึ้น ความร้อนจากขั้นตอนการกระตุ้น (700-850 °C) จะไปไล่ทาร์และสารที่ได้จากการเผาสลายที่ติดอยู่ตามรูพรุนของถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ ขณะเดียวกันไอน้ำร้อนยวดยิ่งและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับเนื้อถ่านทำให้เกิดรูพรุนใหม่ขึ้นมา ดังนั้นค่าการดูดซับไอโอดีนและเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์จะมีความมากขึ้น นั่นคือถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับไอโอดีนและเมทิลีนบลูได้ดีที่อุณหภูมิสูงๆ จะเห็นได้ชัดเจนในช่วงอุณหภูมิ 800-850 °C แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดซับไอโอดีนและเมทิลีนบลู พบว่าค่าการดูดซับไอโอดีนจะมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง

น้อยกว่าค่าการดูดซับเมทิลีนบลู แสดงว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการกระตุ้นให้สูงมากๆจะทำให้รูพรุนขนาดเล็กเกิดการรวมตัว ซึ่งเดิมดูดซับไอโอดีนได้ดีไปเป็นรูพรุนขนาดกลาง ที่สามารถดูดซับเมทิลีนบลูได้

ส่วนค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรจะลดลงจาก 0.5507 ก./ลบ.ซม. เป็น 0.4062 ก./ลบ.ซม. ที่เวลา 30 นาที , 0.5417 ก./ลบ.ซม. เป็น 0.3955 ก./ลบ.ซม. ที่เวลา 60 นาที , 0.5268 ก./ลบ.ซม. เป็น 0.4532 ก./ลบ.ซม. ที่เวลา 90 นาที , 0.5181 ก./ลบ.ซม. เป็น 0.4719 ก./ลบ.ซม. ที่เวลา 120 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 26.24 % , 26.99 % , 13.97 % และ 8.92 % ตามลำดับ

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการกระตุ้นให้สูงมากขึ้นค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นไอน้ำร้อนยวดยิ่งและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับถ่านได้ดี ถ่านกัมมันต์จะมีรูพรุนมากขึ้น ปริมาตรรูพรุนในเนื้อถ่านมากขึ้น ทำให้น้ำหนักของถ่านลดลงความหนาแน่นเชิงปริมาตรจึงมีค่าลดลง ส่วนผลของปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลงจาก 35.57 % เป็น 33.54 % ที่เวลา 30 นาที , 34.42 % เป็น 32.14 % ที่เวลา 60 นาที , 28.88 % เป็น 26.81 % ที่เวลา 90 นาที และ 27.55 % เป็น 25.23 % ที่เวลา 120 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 5.71 % , 6.62 % , 7.17 % และ 8.42 % ตามลำดับ นั่นคือเมื่ออุณหภูมิการกระตุ้นสูงขึ้น ถ่านมีความพรุนมากขึ้น ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลง

- เมื่อเพิ่มเวลาการกระตุ้นให้มากขึ้นจาก 30 นาทีเป็น 120 นาที ความสามารถในการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้นจาก 279.88 มก./ก. เป็น 290.95 มก./ก. ที่อุณหภูมิ 700 °C , 286.23 มก./ก. เป็น 298.17 มก./ก. ที่อุณหภูมิ 750 °C , 308.30 มก./ก. เป็น 330.88 มก./ก. ที่อุณหภูมิ 800 °C และ 330.81 มก./ก. เป็น 354.29 มก./ก. ที่อุณหภูมิ 850 °C คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 3.96 % , 4.17% , 7.32 % และ 7.09 % ตามลำดับ

ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นจาก 7.65 มก./ก. เป็น 8.57 มก./ก. ที่อุณหภูมิ 700 °C , 8.76 มก./ก. เป็น 9.74 มก./ก. ที่อุณหภูมิ 750 °C , 10.11 มก./ก. เป็น 12.88 มก./ก. ที่อุณหภูมิ 800 °C และ 12.88 มก./ก. เป็น 16.02 มก./ก. ที่อุณหภูมิ 850 °C คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 12.03 % , 11.19 % , 27.40 % และ 24.39 % ตามลำดับ

จากการทดลองเมื่อเพิ่มเวลาการกระตุ้น ถ่านกัมมันต์จะมีความสามารถในการดูดซับไอโอดีนและเมทิลีนบลูมากขึ้นและค่าการดูดซับไอโอดีนจะมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าค่าการดูดซับเมทิลีนบลู แสดงว่าเมื่อเพิ่มเวลาการกระตุ้น รูพรุนขนาดเล็กของถ่านกัมมันต์จะขยายตัวเป็นรูพรุนขนาดกลางทำให้สามารถดูดซับค่าเมทิลีนบลูได้ดี

ส่วนค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรจะลดลงจาก 0.5507 ก./ลบ.ซม. เป็น 0.5181ก./ลบ.ซม. ที่อุณหภูมิ 700 °C , 0.5318 ก./ลบ.ซม. เป็น 0.4878 ก./ลบ.ซม. ที่อุณหภูมิ 750 °C ,

0.4381 ก./ลบ.ซม. เป็น 0.3740 ก./ลบ.ซม. ที่อุณหภูมิ 800 ° C และ 0.4062 ก./ลบ.ซม. เป็น 0.4719 ก./ลบ.ซม. ที่อุณหภูมิ 850 ° C คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 5.92 % , 8.27 % , 14.63 % และ 16.17 % ตามลำดับ

ความหนาแน่นเชิงปริมาตรมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าที่เวลานานขึ้นทำให้ถ่านกัมมันต์มีรูพรุนมากขึ้น น้ำหนักของถ่านกัมมันต์จะน้อยลง ดังนั้นความหนาแน่นเชิงปริมาตรจะลดลง

ส่วนผลของปริมาณผลิตภัณฑ์จะลดลงจาก 35.57 % เป็น 27.55 % ที่อุณหภูมิ 700 ° C, 34.42 % เป็น 27.19 % ที่อุณหภูมิ 750 ° C , 34.29 % เป็น 26.77 % ที่อุณหภูมิ 800 ° C และ 33.54 % เป็น 25.23 % ที่อุณหภูมิ 800 ° C คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง 22.55 % , 20.78 % , 21.93 % และ 24.78 % ตามลำดับ นั่นคือ เมื่อเวลาการกระตุ้นนานขึ้น ถ่านกัมมันต์จะมีรูพรุนมากขึ้น ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จะลดลง

เมื่อพิจารณาความสามารถในการดูดซับไอโอดีน พบว่า ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียสมีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุด (> 310 mg/g) และ ณ ที่อุณหภูมินี้พบว่าเมื่อทำการกระตุ้นเป็นเวลา 60 นาทีจะได้ปริมาณผลิตภัณฑ์มากกว่ากระตุ้นที่เวลา 90 และ 120 นาที ซึ่งค่าการดูดซับไอโอดีนไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนที่เวลา 30 นาที ค่าการดูดซับไอโอดีนจะมีค่าน้อยที่สุด

ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกาง คือที่ อุณหภูมิ 850 ° C ณ เวลาการกระตุ้น 1 ชั่วโมง จะให้ถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติต่อไปนี้ ร้อยละของปริมาณผลิตภัณฑ์ (Y) 32.64 % , ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (BD) 0.3955 ก./ลบ.ซม. , ค่าการดูดซับไอโอดีน (IA) 345.89 มก./ก., ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู(MB) 13.51 มก./ก. , ร้อยละของความชื้น (M) 0.93 % , ร้อยละของปริมาณเถ้า (Ash) 6.44 %

จากผลการทดลองอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที นำภาวะดังกล่าวมากระตุ้นกับถ่านขนาดต่างๆ ทั้ง 5 ขนาด คือ < 0.355 , 0.355-0.60 , 0.6-1.18 , 1.18-2.35, 2.35-4.75 มิลลิเมตร โดยทำการกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่มากเกินพอและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตรา 5 l/min ปริมาณการป้อนอากาศ 5 l/min. พิจารณาจากผลการทดลอง พบว่า อนุภาคขนาด < 0.355 มม. มีค่าการดูดซับไอโอดีน 532.48 มก./ก. ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 240.66 มก./ก. และค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.4317 ก./ลบ.ซม. และมีพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด 460.11 ตร.ม./ก. โดยแบ่งเป็นพื้นที่ผิวรูพรุนชนิดแมคโครพอร์ 141.48 ตร.ม./ก. พื้นที่ผิวรูพรุนชนิดไมโครพอร์ 318.63 ตร.ม./ก. อนุภาคขนาด 0.355-0.60 มม. มีค่าการดูดซับไอโอดีน 615.27 มก./ก. ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 248.25 มก./ก. , ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.3429 ก./ลบ.ซม. และมีพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด 564.36 ตร.ม./ก. โดยแบ่งเป็นพื้นที่ผิวรูพรุนชนิดแมคโครพอร์ 171.58 ตร.ม./ก. พื้นที่ผิวรูพรุนชนิดไมโครพอร์ 392.78 ตร.ม./ก. อนุภาคขนาด 0.60-1.18 มม. มีค่าการดูดซับไอโอดีน 675.14 มก./ก. ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู

254.73 มก./ก. , ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.3223 ก./ลบ.ซม. และมีพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด 639.74 ตร.ม./ก. โดยแบ่งเป็นพื้นที่ผิวรูพรุนชนิดแมคโครพอร์ 156.50 ตร.ม./ก. พื้นที่ผิวรูพรุนชนิดไมโครพอร์ 483.24 ตร.ม./ก. อนุภาคขนาด 1.18-2.35 มม. มีค่าการดูดซับไอโอดีน 571.23 มก./ก. ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 244.77 มก./ก. ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.3729 ก./ลบ.ซม. และมีพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด 481.80 ตร.ม./ก. โดยแบ่งเป็นพื้นที่ผิวรูพรุนชนิดแมคโครพอร์ 136.59 ตร.ม./ก. พื้นที่ผิวรูพรุนชนิดไมโครพอร์ 345.21 ตร.ม./ก. และอนุภาคขนาด 2.35-4.75 มม. มีค่าการดูดซับไอโอดีน 505.67 มก./ก. ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 239.69 มก./ก. , ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.3913 ก./ลบ.ซม. และมีพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด 439.68 ตร.ม./ก. โดยแบ่งเป็นพื้นที่ผิวรูพรุนชนิดแมคโครพอร์ 161.72 ตร.ม./ก. พื้นที่ผิวรูพรุนชนิดไมโครพอร์ 277.96 ตร.ม./ก.

จากผลการทดลอง ตารางที่ 4.3 และ กราฟรูปที่ 4.19-4.24 พบว่าถ่านกัมมันต์ขนาด 0.60-1.18 มม. ให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุด ที่เป็นเช่นนี้เพราะอนุภาคขนาดเล็กจะอัดตัวกันแน่น ทำให้อิอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แทรกตัวเข้าไปทำปฏิกิริยากับถ่านได้ยาก ส่วนถ่านกัมมันต์ที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ (> 1.18 มม.) จะมีช่องว่างระหว่างอนุภาคมากกว่าอนุภาคขนาดเล็กทำให้อิอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แทรกตัวเข้าไปทำปฏิกิริยากับถ่านได้ทั่วถึงกว่า แต่เหตุที่มีค่าการดูดซับไอโอดีนน้อยเพราะเป็นที่ขนาดอนุภาคซึ่งมีขนาดใหญ่เกินไปแม้จะมีเวลาในการเกิดปฏิกิริยานาน แต่โมเลกุลของก๊าซออกซิไดซ์ไม่สามารถเข้าไปในส่วนอนุภาคได้มาก สัดส่วนของพื้นที่ผิวที่เกิดปฏิกิริยาจึงมีน้อย (บุญชัย ตระกูลมหชัย , 2537) และจากการศึกษาสมบัติของถ่านกัมมันต์พบว่า ถ่านกัมมันต์ตัวใดที่มีค่าการดูดซับไอโอดีนสูง จะเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติที่ดี เป็นเช่นนี้เพราะว่า ไอโอดีนเป็นอนุภาคขนาดเล็ก รูพรุนที่ดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุดจะเป็นรูรูพรุนขนาดเล็ก ดังนั้นตัวดูดซับตัวใดดูดซับไอโอดีนได้ดี ถือได้ว่าเป็นตัวดูดซับที่ดีที่สุดเนื่องด้วยมีปริมาณรูพรุนขนาดเล็กมากที่สุด สามารถตรวจสอบได้จากค่าพื้นที่ผิวรูพรุนขนาดเล็ก (micropores) ซึ่งวิเคราะห์ได้จากเครื่อง BET ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกัน คือ ถ่านใดดูดซับไอโอดีนได้ดีก็จะมีพื้นที่ของรูพรุนขนาดเล็กมาก จากการทดลองพบว่า ถ่านกัมมันต์ขนาด 0.6-1.18 มม. ที่ทำการกระตุ้น ณ อุณหภูมิ 850 °C เป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 l/min. และไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่มากเกินพอ จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติดังนี้ ร้อยละของปริมาณผลิตภัณฑ์ 27.47, ร้อยละของปริมาณความชื้น 0.80 , ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.3223 ก./ลบ.ซม. , ค่าการดูดซับไอโอดีน 675.14 มก./ก. , ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 254.73 มก./ก.

5.3 ความสามารถในการดูดซับไดโครเมตอออนของถ่านกัมมันต์

- เมื่อทำการศึกษา Adsorption spectrum ของสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ เมื่อ pH เปลี่ยนแปลงไป โดยวิธีการ Scan Spectrum ที่ wavelength ตั้งแต่ 200 ถึง 900 นาโนเมตร พบว่าสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่ $pH > 5$ มีการเปลี่ยนแปลงจาก $Cr_2O_7^{2-}$ เป็น $Cr_2O_4^{2-}$

- จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายกรดไนตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อทำการ equilibrate กับถ่านกัมมันต์ซึ่งมี $pH = 9.43$ พบว่าในการศึกษาความจุในการดูดซับสีของ $Cr_2O_7^{2-}$ ควรใช้สารละลายเริ่มต้นไม่เกิน $pH 2$ เพราะที่กรดไนตริกที่ความเข้มข้น $0.001 M$ ($pH=3$) เมื่อนำมา equilibrate กับถ่านกัมมันต์จะทำให้ pH มีการเปลี่ยนแปลงไปมาก คือ เปลี่ยนแปลงจาก $pH 3$ เป็น $pH 6$ ภายใน 6-7 ชั่วโมง ดังนั้นจึงไม่สมควรจะใช้กรดไนตริกที่ ความเข้มข้น $0.001 M$ ($pH=3$) มาปรับ pH ของ $K_2Cr_2O_7$ (โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกางดูดซับ) เพราะจะทำให้ $Cr_2O_7^{2-}$ เปลี่ยนเป็น $Cr_2O_4^{2-}$ ($Cr_2O_7^{2-}$ เปลี่ยนเป็น $Cr_2O_4^{2-}$ ที่ $pH > 5$, ดังรูปที่ 4.23)

- ศึกษาหาเวลาที่เหมาะสม(Kinetic studies) ในการศึกษาความจุในการดูดซับสีของ $Cr_2O_7^{2-}$ บนผิวถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ โดยการเตรียมสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่ $588.4 ppm$ ในกรดไนตริก ที่ $pH 1$ และ 2 ตามลำดับ นำถ่านกัมมันต์ 0.25 กรัม มาแช่ใน สารละลาย $K_2Cr_2O_7$ $25 ml$. เป็นเวลา 20 นาที, $1,2,3,4,5,6,7,8,9$ และ 24 ชั่วโมงแล้วนำสารละลาย $Cr_2O_7^{2-}$ ที่เหลือจากการดูดซับถ่านกัมมันต์มาวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร แล้วนำผลของค่า Absorbance ที่วัดได้มาคำนวณหาปริมาณของ $Cr_2O_7^{2-}$ ที่เหลืออยู่ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ $Cr_2O_7^{2-}$ (รายละเอียดการสร้างกราฟมาตรฐาน ; ภาคผนวก ณ) และสามารถหามิลลิกรัมที่ถูกดูดซับของ $Cr_2O_7^{2-}$ ได้โดยนำปริมาณ $Cr_2O_7^{2-}$ ที่เหลืออยู่ หักออกจากปริมาณ $Cr_2O_7^{2-}$ เริ่มแรกจากการทดลองพบว่าถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับ $Cr_2O_7^{2-}$ ได้มากขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น และสารละลาย $Cr_2O_7^{2-}$ จะเข้าสู่สมดุลของการดูดซับที่เวลาประมาณ 7 ชั่วโมง นั่นคือระยะเวลาในการดูดซับจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการดูดซับบนผิวถ่าน คือเวลาที่สัมผัสต้องมากพอในการดูดซับจนเข้าสู่ภาวะสมดุลย์

- ศึกษา Adsorption Isotherm เป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่าง $Cr_2O_7^{2-}$ ที่ถูกดูดซับ mg/g . กับความเข้มข้นของ $Cr_2O_7^{2-}$ ที่เหลืออยู่ โดยเตรียมสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ให้มีความเข้มข้นต่างๆกัน 2 ชุด โดยให้ชุดที่ 1 กับ 2 มี $pH 1$ และ 2 นำมา equilibrate กับถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกาง โดยให้ถ่าน 0.25 กรัม ต่อสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ 25 มิลลิตร เป็นเวลา 7 ชั่วโมง (ซึ่งเป็นเวลาที่ระบบเข้าสู่สมดุลจากผลของ Kinetic studies) แล้วนำ $Cr_2O_7^{2-}$ ที่เหลือจากการดูดซับไปวัดค่า Absorbance ณ ความยาวคลื่น $350 nm$. นำค่า Abs. ที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณหามิลลิกรัมการดูดซับ $Cr_2O_7^{2-}$ ต่อกรัมของถ่าน พบว่าเมื่อความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับมากขึ้น ณ เวลาการดูดซับเท่าเดิม (ที่สมดุลย์ 7 ชั่วโมง) ความสามารถในการดูดซับ $Cr_2O_7^{2-}$ ของถ่านจะมีแนวโน้มมากขึ้นและเข้าสู่สมดุลของการดูดซับ ดังนั้นความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในสาร

ละลายก็จะเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการดูดซับ และจากข้อมูลการดูดซับ dichromate ion บนผิวถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้โกงกาง ขนาดอนุภาค 0.6-1.18 mm. ณ pH 1 และ 2 เมื่อนำไป plot ตาม Langmuir equation เพื่อหา Adsorption capacity ของแต่ละภาวะดังสมการ

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{kX_m} + \frac{C_e}{X_m}$$

ที่ pH 1 จะได้ค่า Adsorption capacity (X_m) 66.23 มิลลิกรัม/กรัม และที่ pH 2 เท่ากับ 59.52 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งค่าที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากดังนั้นจะสรุปได้ว่า ที่ pH 1 และ 2 จะไม่ผลต่อความจุในการดูดซับถ่านกัมมันต์