

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากเถาหนักชานอ้อยเพื่อใช้ในการกำจัดสีของกลูโคสไซรัปในขั้นตอนการกำจัดสีของกลูโคสไซรัป ซึ่งผลการวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลได้ดังนี้

-ผลการวิเคราะห์ proximate analysis ของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเถาหนักชานอ้อย ที่ผ่านการผลิตโดยวิธีเผาในขั้นตอนเดียว (one-stage pyrolysis) โดยเผาคาร์บอนในเซชันที่ 800 องศาเซลเซียส แล้วเผากระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที และ 60 นาที ผลการวิเคราะห์ค่า proximate analysis ของ ถ่านกัมมันต์ BBA-AC-30 และ BBA-AC-60 พบว่า ปริมาณสารระเหย (volatile mater) มีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) เพิ่มขึ้น และร้อยละของผลผลิต (% yield) มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเถาหนักชานอ้อย (BBA) นอกจากนั้นจะเห็นว่าถ่านกัมมันต์เมื่อระยะเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้นจาก 30 นาที (BFA-AC-30) เป็น 60 นาที (BFA-AC-60) จะมีปริมาณคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) เพิ่มขึ้น จาก ร้อยละ 56.02 เป็น 59.73 ขณะที่เถาหนักชานอ้อยมีคาร์บอนคงตัวเพียงร้อยละ 52.77 ทั้งนี้เนื่องจาก ความยาวนานในขั้นตอนเผากระตุ้นจะสามารถกำจัดสารระเหยและสารปนเปื้อนที่ไม่ใช่คาร์บอนได้เพิ่มขึ้น เถาหนักชานอ้อยจึงเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นถ่านกัมมันต์

-การวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) พบว่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเถาหนักชานอ้อยจะเพิ่มขึ้นจาก 478.81 เป็น 615.76 ตารางเมตรต่อกรัม เมื่อระยะเวลาเริ่มกระตุ้นด้วยไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 30 นาที เป็น 60 นาที ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อให้ระยะเวลาในการเผากระตุ้นเพิ่มขึ้น จะช่วยให้พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์สูงขึ้น และทำให้ปริมาตรของรูพรุนบนถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเถาหนักชานอ้อยสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้จะเห็นว่าลักษณะพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเถาหนักชานอ้อยที่ผลิตได้มีจำนวนรูพรุนขนาดกลาง (mesopore) มากกว่ารูพรุนขนาดเล็ก (micropore) ซึ่งน่าจะเป็นลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตได้จากหนักชานอ้อย ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจะมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ดูดซับสีของกลูโคสไซรัป

-ระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีของกลูโคสไชรปด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากถ่านหินชานอ้อยที่ระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำที่ระยะเวลา 30 นาที (BFA-AC-30) และ ที่ระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำที่ระยะเวลา 60 นาที (BFA-AC-60) คือ 120 นาที และ ประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไชรปด้วยถ่านกัมมันต์จากถ่านหินชานอ้อยชนิด BBA-AC-60 มี ประสิทธิภาพการกำจัดสีกลูโคสไชรป เท่ากับร้อยละ 90.63 ± 0.19 สูงกว่า การดูดซับสีกลูโคสไชรปด้วยถ่านกัมมันต์ BBA-AC-30 ซึ่งมีประสิทธิภาพการดูดซับสีเพียงร้อยละ 73.11 ± 0.09 ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากถ่านหินชานอ้อย BFA-AC-60 จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) สูงถึง 615.76 ตารางเมตร/กรัม ซึ่งสูงกว่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จากถ่านหินชานอ้อย BFA-AC-60 ที่มีพื้นที่ผิวเพียง 478.81 ตารางเมตร/กรัม ทำให้มีประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไชรปได้ดีกว่า และจากการทดลองยังพบว่าถ่านกัมมันต์จากถ่านหินชานอ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 30.61-31.42 อังสตรอม ซึ่งถูกจัดเป็นรูพรุนขนาดกลาง (mesopore) ซึ่งเหมาะสมในการดูดซับสีของกลูโคสไชรป

-ผลของค่าพีเอชหลังดูดซับสีกลูโคสไชรปที่ระยะเวลาการดูดซับสีจาก 5 นาที ถึง 300 นาที พบว่าเมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ BBA-AC-30 และ BBA-AC-60 เป็นตัวดูดซับ พีเอชเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยพีเอชเพิ่มจาก 5.60 เป็น 7.60 สำหรับถ่านกัมมันต์ BBA-AC-30 และเพิ่มขึ้นจาก 5.68 เป็น 7.69 สำหรับสำหรับถ่านกัมมันต์ BBA-AC-60 ทั้งนี้เนื่องจากพีเอชของถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติเป็นด่างเล็กน้อย (7-8) เมื่อทำการดูดซับกลูโคสไชรปทำให้สารละลายมีความเป็นด่างเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม พีเอชที่พบใกล้เคียงกับพีเอชที่ยอมรับได้ โดยทั่วไป พีเอชที่ยอมรับได้อยู่ระหว่าง 7.7-8.3

-ผลการศึกษาความสูงของถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไชรปพบว่า เมื่อความสูงของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านหินชานอ้อย เพิ่มขึ้น จาก 2.75 เซนติเมตร เป็น 5.5 เซนติเมตร จะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไชรปมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์มีปริมาณมากขึ้นทำให้พื้นที่ผิวในการดูดซับสีได้มากขึ้น

-ผลของ FTIR พบว่าหลังการดูดซับ มีหมู่ฟังก์ชันที่เพิ่มขึ้นบนผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินชานอ้อย (BBA-AC-60) ได้แก่ หมู่ หมู่คาร์บอนิล ($C=O$, พีค 1650 ต่อเซนติเมตร) และ หมู่ไฮดรอกซิล (OH), ตำแหน่งพีค 1440 ต่อเซนติเมตร) และหมู่ $C-O$ (ตำแหน่งพีคที่ 1156, 1089, 1036 ต่อเซนติเมตร) ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่มีอยู่แล้วในกลูโคสไชรป และ ตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชัน ดังกล่าวไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจจะสรุปได้ว่าไม่มีหมู่ฟังก์ชันใดบนผิวของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านหินชานอ้อยที่มีผลต่อการดูดซับสีของกลูโคสไชรป

-การศึกษาการแยกแยะ (desorption) สีของกลูโคสไשר์ปออกจากถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากถ่านหินชันน้อย โดยใช้ น้ำกลั่น ตามด้วย 0.5 M NaOH และ เอทานอล 95 % ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการแยกแยะสีของน้ำมันรำข้าวดิบออกจากตัวดูดซับด้วย เอทานอล 95 % ค่อนข้างสูงมาก สำหรับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินชันน้อยชนิด BBA-AC-30 และ BBA-AC-30 เท่ากับร้อยละ 86.58±1.25 และ ร้อยละ 87.75±0.87 ตามลำดับ และจากผลของประสิทธิภาพการแยกแยะสีของกลูโคสไשר์ปและ FTIR สามารถสรุปได้ว่ากลไกการดูดซับสีของกลูโคสไשר์ปบนถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากถ่านหินชันน้อยน่าจะเป็นการดูดซับทางกายภาพ (physical adsorption) โดยสีกลูโคสไשר์ปจะถูกดูดเข้าไปในพื้นที่ผิวที่มีรูพรุนเป็นจำนวนมาก เมื่อเข้าไปในรูพรุนแล้วสีกลูโคสไשר์ปถูกดึงดูดไว้ด้วยแรงแวลเดอร์วาล ซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่ค่อนข้างน้อยจึงง่ายที่จะแยกแยะด้วยเอทานอล และจะเห็นว่า ถ่านกัมมันต์จากถ่านหินชันน้อยมีโครงสร้างของรูพรุนขนาด กลาง (mesopore) มากกว่าขนาดเล็ก (micropore) แสดงว่า การดูดซับสีของถ่านกัมมันต์จากถ่านหินชันน้อยน่าจะใช้รูพรุนขนาดกลาง (mesopore) ในการดูดซับ

-เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสีของกลูโคสไשר์ปด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านหินชันน้อย กับ ถ่านกัมมันต์ทางการค้า และถ่านหินชันน้อย โดยใช้ระยะเวลาการดูดซับ 120 นาที และความสูงของถ่านกัมมันต์เท่ากับ 5.5 เซนติเมตร พบว่าถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากถ่านหินชันน้อย ชนิด BBA-AC-30 และ BBA-AC-60 มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่า ถ่านหินชันน้อย และ ถ่านกัมมันต์ทางการค้า โดยประสิทธิภาพการดูดซับสีจากกลูโคสไשר์ปด้วยถ่านกัมมันต์ BFA-AC-60 มีประสิทธิภาพการดูดซับสีสูงสุดเท่ากับร้อยละ 90.83 ±0.24 รองลงมาได้แก่ ถ่านกัมมันต์ BFA-AC) -30 (ประสิทธิภาพเท่ากับ ร้อยละ 73.11 ±0.09) ถ่านกัมมันต์ทางการค้า (ประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 65.49 ±0.46) และ ถ่านหินชันน้อย (ประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 45.09±0.09) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากถ่านหินชันน้อย BBA-AC-60 มีพื้นที่ผิวสูงประมาณ 615.76 ตารางเมตร/กรัม เมื่อเทียบกับตัวดูดซับอื่นๆ เช่น ถ่านกัมมันต์ BBA-AC-30 และ ถ่านหินชันน้อย ที่มีพื้นที่ผิวเพียง 478.81 และ 281.51 ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ยกเว้น ถ่านกัมมันต์ทางการค้า (commercial activated carbon, AC) ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (959 ตารางเมตร/กรัม) มากกว่าถ่านกัมมันต์จากถ่านหินชันน้อย แต่ประสิทธิภาพการดูดซับต่ำกว่าทั้งนี้อาจเนื่องจาก โครงสร้างพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ทางการค้ามีโครงสร้างรูพรุนเป็นขนาดเล็ก (micropore)มากกว่า รูพรุนขนาดกลาง (mesopore) จึงอาจไม่เหมาะสำหรับการดูดซับสีที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่กว่า โดยสัดส่วนของปริมาตรของรูพรุนเล็กต่อปริมาตรรูพรุนทั้งหมด (micropore volume :total voume (V_{mi}/V_T) มีค่าสูงถึงเพียง 93. 52% ซึ่งน่าจะจะไม่เหมาะสมกับการดูดซับสีของกลูโคสไשר์ป

ข้อเสนอแนะ

- ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากเถ้านักขาน้อย โดยวิธี one stage pyrolysis ควรเพิ่มอุณหภูมิในการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำให้มีค่าสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส และเพิ่มระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับสีของกลูโคสไฮรัปสูงขึ้นด้วย