บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการมุ่งเน้นการเตรียมวัสดุคาร์บอนโมโนลิทจากใยบวบซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้มีโครงสร้างรูพรุนแบบลำดับขั้นโดยเฉพาะโครงสร้างรูพรุนแบบแมคโครพอร์ที่มีรูพรุนระดับนาโนพอร์อยู่บนผนังของมัน โดยการนำใยบวบมาทำการไฮโดรไลสิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 1 M แล้วอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 180 °C นาน 2 ชั่วโมง จะได้คาร์บอนพรีเคอร์เซอร์ที่มีรูปทรงโมโนลิทและมีโครงสร้างแบบแมคโครพอร์ซึ่งเกิดจากระบบท่อลำเลียงของตัวใยบวบเอง เมื่อนำคาร์บอนพรีเคอร์เซอร์ไปคาร์บอไนเซชันภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจนที่อัตราการไหลและอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 50 ml/min และ 10 °C /min ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าสามารถสร้างรูพรุนไมโครพอร์ลงบนผนังของแมคโครพอร์ได้แม้ว่าอุณหภูมิที่ใช้จะต่ำแค่ 500 °C โดยพบว่าที่อุณหภูมิดังกล่าวคาร์บอนโมโนลิทที่ได้จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะบีอีทีและปริมาตรรูพรุนไมโครพอร์อยู่ที่ 387 m^2/g และ 0.18 cm^3/g ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ดีไม่มีมีโซพอร์เกิดขึ้นแม้ว่าจะใช้อุณหภูมิในการคาร์บอไนเซชันที่สูงถึง 800 °C ในขณะที่การนำคาร์บอนพรีเคอร์เซอร์ไปทำการกระตุ้นด้วยคาร์บอนไดออกไซค์ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 800 °C ขึ้นไปพบว่าคาร์บอนโมโนลิทที่ได้จะมีโครงสร้างมีโซพอร์เกิดขึ้นบนผนังของแมคโครพอร์ จากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิการกระตุ้นที่ 800 °C จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะบีอีที ปริมาตรรูพรุนในช่วงไมโครพอร์ และปริมาตรรูพรุนในช่วงมีโซพอร์เท่ากับ 713 m^2/g 0.30 cm^3/g และ 0.14 cm^3/g ตามลำดับ สำหรับอุณหภูมิการกระตุ้นที่ 900 °C จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะบีอีที ปริมาตรรูพรุนในช่วงไมโครพอร์ และปริมาตรรูพรุนในช่วงมีโซพอร์เท่ากับ 989 m^2/g 0.41 cm^3/g และ 0.20 cm^3/g ตามลำดับ สำหรับอุณหภูมิการกระตุ้นที่ 1000 °C จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะบีอีที ปริมาตรรูพรุนในช่วงไมโครพอร์ และปริมาตรรูพรุนในช่วงมีโซพอร์ เท่ากับ 1611 m^2/g 0.67 cm^3/g และ 0.25 cm^3/g ตามลำดับ แต่คาร์บอนที่โมโนลิทที่ได้มีการแตกหัก ในการทดลองส่วนที่เหลือได้นำคาร์บอนโมโนลิทที่มีรูพรุนแบบลำดับขั้นที่เตรียมขึ้นได้ไปทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตรึงรูปเอนไซม์ไลเปส พบว่า คาร์บอนโมโนลิทสามารถให้ค่ากิจกรรมเอนไซม์ได้สูงถึง 0.6 μmol/min - g of carbon และสามารถตรึงรูปเอนไซม์ได้ 52.1 % ของปริมาณเอนไซม์เริ่มต้น เมื่อตรึงรูปเอนไซม์ไลเปสที่ pH และ ปริมาณเอนไซม์เริ่มต้นที่ 7 และ 0.1 mg/ml โดยใช้ความเข้มข้นของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ 10 mM

คำสำคัญ: โครงสร้างรูพรุนแบบลำดับขั้น คาร์บอนโมโนลิท ใยบวบ การคาร์บอไนเซชัน การกระตุ้นด้วยคาร์บอนไดออกไซค์ ไลเปส การตรึงรูปเอนไซม์

Abstract

This research aims to prepare a carbon monolith from dried luffa sponge, *Luffa cylindrical*, that has hierarchical porous structure, especially the macropore having the nanopore on its wall, by hydrolyzing the luffa fiber with sulfuric acid at the concentration of 1M, and then compressing to form the carbon precursor in a monolithic shape at the temperature of 180 °C for 2 hours. The obtained carbon precursors have macropores derived from intrinsic xylem or phloem structure. When the carbon precursors are carbonized under nitrogen ambient at the flow rate of 50 ml/min and the heating rate of 10 °C /min, the result shows that the micropores can be generated on the macropore walls even though the carbonizing temperature is as low as 500 °C. The study found that, at such low temperature, the obtained carbon monolith has BET specific surface area, $S_{BET,}$ and micropore volume, V_{mic}, at 387 m^2/g and 0.18 cm^3/g respectively. However, mesopores cannot be created though using the high carbonizing temperature at 800 °C. While the carbon precursors are activated by carbon dioxide at the temperature up to 800 °C, it is found that the mesopores can be formed on the macropore walls. The experiment result shows that activating temperature at 800 °C has S_{BET}, V_{mic} and V_{meso} of 713 m^2/g 0.30 cm^3/g and 0.14 cm^3/g, respectively. For the activating temperature at 900 °C, it has S_{BET}, V_{mic} and V_{meso} of 989 m^2/g 0.41 cm^3/g and 0.20 cm^3/g, respectively. And for activating temperature at 1000 °C, it has S_{BET}, V_{mic} and V_{meso} of 1611 m^2/g 0.67 cm^3/g and 0.25 cm^3/g, respectively, nonetheless, at this temperature the derived carbon monolith is cracked. For the rest of the experiment, it focused on finding the suitable conditions to immobilize lipase, *Candida rugosa* lipase, on the hierarchical porous carbon monolith. The result shows that the suitable pH and initial enzyme concentration are 7 and 0.1 mg/ml, respectively, for 10 mM of phosphate-buffer. The lipase-immobilized carbon monolith has enzyme activity of 0.6 μmol/min - g of carbon. The lipase can be immobilized on the carbon of 52.1 % of the initial amount.

Keywords: Hierarchical porous structure, Carbon monolith, *Luffa cylindrica*, carbonization, Carbon dioxide activation, *Candida rugosa* lipase, Enzyme immobilization