

บทคัดย่อ

Lignin ได้จากวัสดุเหลือทิ้งและผลผลิตพลอยได้ทางการเกษตรและนับเป็นแหล่งคาร์บอนหมุนเวียนขนาดใหญ่แหล่งหนึ่งแต่มีการศึกษาการนำไปใช้ประโยชน์น้อยมากเมื่อเทียบกับชีวมวลจากแหล่งอื่น เนื่องจากปัญหาการลดลงของน้ำมันดิบซึ่งปัจจุบันใช้ในการผลิตสารตั้งต้นในการผลิต polymer หลายชนิด ทำให้เกิดความตื่นตัวในงานวิจัยที่จะค้นหาแหล่งคาร์บอนจากพืชมาใช้ประโยชน์เพื่อลดการใช้หรือนำมาทดแทนสารเคมีที่เตรียมจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่เป็นแหล่งวัตถุดิบที่ใช้แล้วหมดไป ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสกัด lignin จากกากอ้อยซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลด้วยการใช้ต่างความเข้มข้นต่ำเพื่อนำมาทดลองใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต carbon fiber ด้วยเทคนิค electrospinning เปรียบเทียบกับการใช้ polyacrylonitrile (PAN) ที่เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมการผลิต carbon fiber ซึ่งได้จากปิโตรเลียมและมีราคาสูง ในงานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของ lignin ที่สกัดได้จากกากอ้อยด้วยเทคนิค FTIR, TGA และ DSC เพื่อใช้เป็นข้อมูลร่วมกับการหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูป carbon nanofiber พบว่า lignin จากกากอ้อยมีค่า maximum decomposition temperature (DTG_{max}) อยู่ที่ประมาณ 350 – 355 °C และมีค่า melting temperature อยู่ที่ประมาณ 150 °C ซึ่งจะเป็นข้อมูลในการเลือกอุณหภูมิเพื่อเผาในกระบวนการ thermal stabilization เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเส้นใย ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมขึ้นรูปเส้นใยพบว่าไม่สามารถใช้ lignin เพียงอย่างเดียวเพื่อขึ้นรูปเส้นใยได้ โดยพบว่าการใช้ PAN และ lignin ในตัวทำละลาย DMSO ที่อัตราส่วน PAN และ lignin เท่ากับ 75% และ 25% ตามลำดับ สามารถขึ้นรูปเส้นใยได้ เมื่อนำไปผ่านกระบวนการ stabilization (250 °C/3 ชั่วโมง) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเส้นใย และ carbonization (800 °C/1 ชั่วโมง) ให้โครงสร้างของคาร์บอนมีการจัดเรียงตัวใหม่ พบว่าเส้นใย carbon nanofiber ที่ได้มีขนาดพื้นที่ผิวเส้นใยเฉลี่ยอยู่ที่ 414 m²/g โดยสัดส่วนของ lignin ที่เพิ่มขึ้นในเส้นใยมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิว แต่การเพิ่มปริมาณ lignin มีแนวโน้มทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเพิ่มสัดส่วน amorphous structure ให้กับระบบเส้นใยในขณะที่การนำไฟฟ้าในโครงสร้างผลึก crystalline structure มีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากข้อจำกัดของเตาเผาที่มีทำให้สามารถใช้ช่วงการเผา (Carbonization step) ได้เพียงหนึ่งช่วง ซึ่งอาจยังไม่สามารถทำให้เกิดการจัดเรียงตัวโครงสร้างของ lignin ที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการเผาเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลอย่างมากต่อคุณสมบัติด้านพื้นผิวและการนำไฟฟ้าของเส้นใย carbon nanofiber ซึ่งหากสามารถปรับช่วงการเผาที่เหมาะสมได้คาดว่าจะสามารถเห็นความแตกต่างได้มากขึ้น เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดจากการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการนี้ไปคำนวณต้นทุนการผลิต พบว่าต้นทุนการผลิต carbon nanofiber ต่อกรัมเท่ากับ 388.22 บาท หรือ กิโลกรัมละ 388,219.53 บาท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับราคาจำหน่ายของผลิตภัณฑ์คาร์บอนนาโนไฟเบอร์ในท้องตลาด พบว่ายังมีช่องว่างระหว่างต้นทุนการผลิตของคาร์บอนนาโนไฟเบอร์ที่ผลิตในโครงการ กับราคาจำหน่ายของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด จึงมีความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน แต่ควรมีการศึกษาทางด้านเทคนิคเกี่ยวกับการผลิตระดับต้นแบบ หรือ Pilot Scale ก่อนการผลิตเชิงพาณิชย์ และเนื่องจากราคาของคาร์บอนนาโนไฟเบอร์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ ความบริสุทธิ์ และปริมาณในการสั่งซื้อ ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาคุณสมบัติเพิ่มเติมตามการใช้ประโยชน์ที่ต้องการ เช่น การนำไฟฟ้า คุณสมบัติในการดูดซับโลหะหนัก คุณสมบัติในการสร้างพันธะ กล่าวคือจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเทคนิค การตลาด และการเงิน (ต้นทุน) เบื้องต้นมีความเป็นไปได้ในการผลิตคาร์บอนนาโนไฟเบอร์ด้วย lignin จากกากอ้อย แต่ยังมีข้อจำกัดสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์

Abstract

Lignin obtained from agricultural by products and wastes is now the largest renewable carbon sources. However, a number of researches carried out on lignin utilization are very limited compared to other biomass. Due to petroleum crisis, carbon sources from plants are now gained much attention as it could potentially replace some petroleum based-chemicals used in various polymer industries. This present work aims to use lignin extracted from sugarcane bagasse under mild alkali condition to be a raw material of electrospun carbon nanofiber in comparison with polycrylonitrile (PAN), an expensive commercial raw material for carbon fiber production. The physic-chemical properties of extracted lignin from bagasse were determined using FTIR, TGA and DSC to obtain basic information for carbon nanofiber production. A maximum decomposition temperature (DTG_{max}) and melting temperature were 350 – 355°C and 150°C, respectively. For nanofiber production, lignin alone was found not suitable for electrospinning process while in the mixture form of PAN and lignin solution in DMSO at the ratio of 75:25 (w/w) was successfully spun. The spun fiber was subjected to stabilization (250°C/1 h) to increase strength and carbonization steps (800°C/1 h) for carbon structural reorganization. The obtained carbon nanofiber had an average surface area of 414 m²/g and surface area seems to increase with an increasing of lignin proportion. However, an increase of lignin also resulted in decreasing of conductivity. This could be explained by the fact that conductivity could be increased by crystalline structure but increasing of lignin increase more amorphous structure. Nevertheless, this could have been improved if the carbonization could be adjusted which is not the situation of the project. The production detail at laboratory scale was further used from economical study. The results showed that the cost of carbon nanofiber was 388.22 THB/g or 388,219.53 THB/kg. Comparison with an available commercial carbon nanofiber showed that the current cost from laboratory scale still has a chance to commercialize under the condition of technical improvement with larger production scale (pilot scale). In addition, the price of carbon nanofiber rely on the properties and ordered amount, therefore the specific detail in certain properties such as conductivity or metal ion absorptivity could be also studies. To conclude, technical and economic studies showed that carbon nanofiber produced from extracted lignin from bagasse could be potentially developed but not yet in a commercial scale.