ABSTRACT

This research work is divided into two sections. The first section is focused on the study of the effect of type of carbon source and additional supplement in the cultured medium of bacterial cellulose (BC) on its production yield, structure, and properties. From the results, it was found that the type of carbon source significantly influenced not only the production yield of bacterial cellulose (BC) but also its structure and mechanical properties. Also, it can be summarized that except for glycerol (p > 0.05), other carbon sources, i.e. sucrose, glucose, fructose and mannitol, used in the culture media of BC resulted in the high mechanical properties of the BC sheets. In the study of the effect of additional supplements (i.e. pineapple and coconut juices) in the cultured medium of bacterial cellulose (BC) on the production yield, it was found that addition of optimum amounts of juices in the cultured medium of BC positively and significantly affected bacterial cellulose yield (p > 0.05). The addition of pineapple juice of 30% v/v and coconut juice of 50% v/v were the optimum amounts providing the highest cellulose productivity at approximately 2-fold increase in production yield as compared to 'the control medium' (no juice added medium). However, at the higher amounts of juice addition, the reduction in cell growth and cellulose production was found. Here, the added juices can create saturated carbon source environment that may directly inhibit cell activity and subsequently, decrease the cellulose yield. The results suggested that both supplements can effectively improve the cellulose yield but pineapple juice is a slightly more effective one.

In the second section, bacterial cellulose nanowhiskers (BCNWs) was prepared by acid hydrolysis of bacterial cellulose (BC) and then used to reinforce in the starch-based nanocomposite films. The effect of acid hydrolysis time and pH

adjustment on structure and properties of the obtained BCNWs was investigated. It was found that the 48 hours acid hydrolyzed BCNWs possessed the highest perfection of the crystal lattice or crystallinity. Transmission electron microscope (TEM) revealed that the continuous BC fibre network transformed into the isolated rod-like nanocrystals of the BCNWs with a diameter and length of averaged 28.18±2.0 nm and 637.61±147.10 nm, respectively. The sulfuric acid treatment leads to a decrease in the thermal stability of BCNWs confirmed by thermogravimetric analysis (TGA). This is due to the induced sulfate groups onto the BCNWs' surface after acid hydrolysis. Additional pH adjustment by NaOH can significantly improve the thermal stability of the BCNWs. The pH of BCNWs was adjusted to 3, 5, or 7 and, thereafter, bionanocomposites of starch-based reinforced with BCNWs of different adjusted pHs (at contents of 1, 5, 10 wt%) were prepared by film casting technique. With increasing BCNWs content, the bionanocomposites revealed a significant improvement in their crystallinity (confirmed by XRD), thermal stability (an increment of 20-30 ^{o}C, confirmed by TGA) and water resistance. The highest water resistance was observed in the bionanocomposite films reinforced with 10 wt% BCNWs of pH 7. However, the mechanical properties of the films reinforced with BCNWs of pH 3 and BCNWs of pH 7 were not found to be entirely enhanced because of a poor interaction between BCNWs of pH 3 and starch matrix as well as a formation of large aggregates of BCNWs of pH 7 in the bionaocomposite structures. Nevertheless, the films reinforced with BCNWs of pH 5 showed a noticeably improvement in the mechanical properties, the film stiffness in particular. Probably, the optimum dispersion of BCNWs and sufficient interfacial interaction in this system was obtained.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมุ่งเน้นถึงการศึกษาผลกระทบของแหล่งคาร์บอนและอาหารเสริมที่ใช้ในการเลี้ยงแบคทีเรียเซลลูโลสต่อโครงสร้าง สมบัติ และปริมาณการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลส จากผลการทดลองพบว่า ชนิดของแหล่งคาร์บอนมีผลต่อปริมาณการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลส อีกทั้งยังมีผลต่อโครงสร้างและสมบัติเชิงกลของแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผลิตได้อีกด้วย โดยชนิดของแหล่งคาร์บอนที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียอันได้แก่ ซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส และแมนนิทอล ช่วยให้แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่เตรียมได้มีสมบัติเชิงกลที่ดี ยกเว้นแหล่งคาร์บอนจากกลีเซอรอลที่แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสแสดงสมบัติเชิงกลด้อยกว่าแหล่งคาร์บอนชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) สำหรับการศึกษาผลกระทบของการเติมอาหารเสริม ได้แก่ น้ำสับปะรด และน้ำมะพร้าวในอาหารเลี้ยงเชื้อนั้น พบว่าการเติมอาหารเสริมในปริมาณที่เหมาะสมจะส่งผลให้ปริมาณการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ปริมาณการเติมน้ำสับปะรดและน้ำมะพร้าวที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 30 และ 50 โดยปริมาตร ตามลำดับ โดยสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสได้ถึง 2 เท่า เมื่อเทียบกับปริมาณการผลิตจากอาหารเลี้ยงเชื้อแบบมาตรฐาน อย่างไรก็ดีเมื่อปริมาณอาหารเสริมมากเกินไป การเติบโตและปริมาณการผลิตเซลลูโลสจะลดลง อันเนื่องมาจากสภาวะที่แหล่งคาร์บอนอิ่มตัวเมื่อมีปริมาณอาหารเสริมมากเกินไป ส่งผลให้กิจกรรมภายในเซลล์และปริมาณการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสลดลง จึงสรุปได้ว่า การเติมอาหารเสริมสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่ต้องเติมในปริมาณที่เหมาะสม และน้ำสับปะรดมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าน้ำมะพร้าวเล็กน้อย

ในส่วนที่สองของงานวิจัยนี้ ได้ทำการเตรียมเซลลูโลสนาโนคริสตัลด้วยวิธีการแยกสลายด้วยกรด (Acid hydrolysis) โดยใช้แบคทีเรียเซลลูโลสเป็นวัตถุดิบ จากนั้นนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในแผ่นฟิล์มวัสดุผสมระดับนาโนที่มีแป้งเป็นวัสดุหลัก และทำการศึกษาถึงผลกระทบของเวลาที่ใช้ในกระบวนการแยกสลายด้วยกรด และการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ส่งผลต่อสมบัติของเซลลูโลสนาโนคริสตัลด้วย พบว่า เมื่อแยกสลายแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยกรดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เซลลูโลสนาโนคริสตัลมีค่าความเป็นผลึกสูงที่สุด จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องทะลุ (TEM) แสดงให้เห็นลักษณะของเส้นใยของแบคทีเรียเซลลูโลสที่เปลี่ยนจากแบบโครงข่ายไปเป็นเซลลูโลสนาโนคริสตัลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 28 นาโนเมตร โดยมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 637.61 นาโนเมตร แต่เมื่อผ่านกระบวนการแยกสลายด้วยกรด ความเสถียรทางความร้อนของเซลลูโลสนาโนคริสตัลกลับลดลง ซึ่งยืนยันได้จากผลการ

วิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) ความเสถียรทางความร้อนที่ลดลงนี้เป็นผลมาจากหมู่ซัลเฟตที่เกิดขึ้นบนผิวของเซลลูโลสนาโนคริสตัลหลังจากการแยกสลายด้วยกรด การปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของ เซลลูโลสนาโนคริสตัลโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สามารถปรับปรุงความเสถียรทางความร้อนของเซลลูโลสนาโนคริสตัลได้ ดังนั้นจึงปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของเซลลูโลสนาโนคริสตัลเป็น 3 5 และ 7 จากนั้นจึงทำการเตรียมฟิล์มวัสดุผสมระดับนาโนโดยกำหนดปริมาณการเติมเซลลูโลสนาโนคริสตัล เป็นร้อยละ 1 5 และ 10 โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเซลลูโลสนาโนคริสตัล ค่าความเป็นผลึก ความเสถียรทางความร้อนและการต้านทานน้ำของฟิล์มวัสดุผสมมีค่าดีขึ้น โดยฟิล์มวัสดุผสมที่ต้านทานน้ำได้ดีที่สุดคือฟิล์มที่เสริมแรงด้วยเซลลูโลสนาโนคริสตัลที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7 ในปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตาม สมบัติเชิงกลของฟิล์มวัสดุผสมเสริมแรงด้วยเซลลูโลสนาโนคริสตัลที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3 และ 7 ไม่ดีขึ้นในทุกด้าน เนื่องจากเซลลูโลสนาโนคริสตัลที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3 ยึดเหนี่ยวกับแป้งได้ไม่ดี ส่วนเซลลูโลสนาโนคริสตัลที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7 เกาะตัวเป็นก้อนในโครงสร้างของวัสดุผสม ในทางกลับกันฟิล์มวัสดุผสมที่เสริมแรงด้วยเซลลูโลสนาโนคริสตัลที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5 ช่วยให้สมบัติเชิงกลมีค่าที่ดีขึ้น โดยเฉพาะค่าความแข็งแกร่ง ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการที่เซลลูโลสนาโนคริสตัลกระจายตัวได้ดีในฟิล์ม ทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างองค์ประกอบที่มากพอ