

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

ผลของการเติมบีแซดที่ต่อสมบัติทางกายภาพ ไฟฟ้า และฤทธิ์ทางชีวภาพของแก้วเคลือบฟอสเฟต

ผู้เขียน

นางสาว สิริพร ธิกันทา

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลพรรณ เพ็งพัด

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน วัสดุออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เพราะวัสดุชนิดนี้สามารถสร้างพันธะเชื่อมต่อกับเนื้อเยื่อมนุษย์เมื่อฝังเข้าไปในร่างกาย โดยการเกิดปฏิกิริยาชีวฟิสิกส์ (biophysical) และชีวเคมี (biochemical) ขึ้นเพื่อกระตุ้นการซ่อมแซมและฟื้นฟูเนื้อเยื่ออย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการเติมสารไฟอซิโอเล็กทริกแบบเรียมเซอร์โคเนียมไททานตต่อสมบัติทางกายภาพ ไฟฟ้า และฤทธิ์ทางชีวภาพของแก้วเคลือบฟอสเฟต โดยทำการศึกษาวิธีการเตรียมเซรามิก ทั้งหมด 2 ระบบด้วยกัน คือ แก้วเซรามิกชีวภาพเคลือบฟอสเฟตแบบเรียมเซอร์โคเนียมไททานต (CPGs/BZT0.05 glass-ceramics) และการเตรียมเซรามิกชีวภาพเคลือบฟอสเฟตแบบเรียมเซอร์โคเนียมไททานต (CPGs/BZT0.10)

ในระบบแรก ได้ทำการปลูกผลึกแบบเรียมเซอร์โคเนียมไททานต ($\text{BaZr}_{0.05}\text{Ti}_{0.95}\text{O}_3$, BZT0.05) ซึ่งเป็นสารไฟอซิโอเล็กทริกลงในแก้วระบบ $45\text{P}_2\text{O}_5\text{-}40\text{CaO-}15\text{Na}_2\text{O}$ (CPGs) ในอัตราส่วนร้อยละ 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 โดยน้ำหนัก โดยทำการเตรียมด้วยวิธีการหลอมแบบอินคอปอเรชัน จากนั้นจึงนำแก้วที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความร้อนเชิงอนุพันธ์ (Differential Thermal Analysis, DTA) เพื่อหาเงื่อนไข

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกผลึก $\text{BaZr}_{0.05}\text{Ti}_{0.95}\text{O}_3$ (BZT0.05) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการปลูกผลึกคือ 550 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำชิ้นงานที่ผ่านการปลูกผลึกไปทำการวิเคราะห์เฟสองค์ประกอบที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction, XRD) และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางไฟฟ้า โครงสร้างทางจุลภาค ตลอดจนความเข้ากันได้กับร่างกายมนุษย์โดยการแช่ในสารละลายจำลองไอออนพลาสมาเลือดมนุษย์ (stimulated body fluids: SBF) จากการทดลอง พบว่า แก้วเซรามิกชีวภาพ CPGs/BZT0.05 ที่ผ่านการตกผลึกที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส แสดงสมบัติความเข้ากันได้กับร่างกายมนุษย์ที่ดี โดยการสร้างชั้นอะพาไทต์ (apatite-like layer) ขึ้นบริเวณผิวชิ้นงาน และยังมีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี โดยมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต เท่ากับ 74 และค่าคงที่โพธิโซอิเล็กทริกเท่ากับ 33 พิโคคูลอมบ์ต่อนิวตัน ที่การเติม BZT0.05 ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

ในระบบที่ 2 ได้ทำการเตรียมเซรามิกชีวภาพแคลเซียมฟอสเฟต ($45\text{P}_2\text{O}_5\text{-}40\text{CaO-}15\text{Na}_2\text{O}$, CPGs) และแบเรียมเซอร์โคเนียมไททาเนต ($\text{BaZr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$, BZT0.10) โดยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (solid-state reaction) ในอัตราส่วนร้อยละ 100:0 90:10 70:30 50:50 30:70 10:90 และ 5:95 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำผงที่ได้ไปอัดขึ้นรูป แล้วทำการเผาที่อุณหภูมิ 500 550 600 และ 650 องศาเซลเซียส แล้วตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ชีวภาพ และสมบัติทางไฟฟ้า ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction, XRD) การทดสอบความเข้ากันได้กับร่างกายมนุษย์ การวัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริก และโพธิโซอิเล็กทริก จากการทดลองนี้ พบว่า รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ในทุกอัตราส่วน มีความสอดคล้องกับเฟส $\beta\text{-Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (JCPDS หมายเลข 03-0604) เฟส NaPO_3 (JCDPS หมายเลข 011-0650) และเฟส BZT (JCDPS หมายเลข 031-0019) โดยที่เฟส BZT จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ BZT อีกทั้งสมบัติไดอิเล็กทริก โพธิโซอิเล็กทริก และความแข็งแรงของเซรามิกชีวภาพ จะสูงขึ้นตามปริมาณของ BZT ที่เติม จากการศึกษาสมบัติทางชีวภาพ พบว่า เซรามิกชีวภาพมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ เมื่อทำการแช่ในสารละลายจำลองไอออนพลาสมาของเลือดมนุษย์ (stimulated body fluids: SBF) เป็นเวลา 7 วัน จะเกิดการเติบโตของชั้นอะพาไทต์บนผิวชิ้นงานเซรามิกชีวภาพ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเซรามิกชีวภาพโพธิโซอิเล็กทริกที่เตรียมได้นี้ไปพัฒนาเป็นวัสดุชีวภาพสำหรับฟื้นฟูกระดูกที่เสียหายโดยการสร้างกระดูกขึ้นใหม่และช่วยให้เซลล์เติบโต

Thesis Title Effects of BZT Addition on Physical, Electrical and Bioactive Properties of Calcium Phosphate Glass

Author Miss Siriporn Tigunta

Degree Master of Science (Materials Science)

Thesis Advisor Assistance Professor Dr.Kamonpan Pengpat

Abstract

Electrically active bioglass has increased much attention as artificial bone graft materials. In the present work, the effects of barium zirconium titanate (BZT) addition on physical, electrical and bioactive properties of calcium phosphate glass (CPGs) in two systems were investigated. These systems are calcium phosphate glass ($45\text{P}_2\text{O}_5\text{-}40\text{CaO-}15\text{Na}_2\text{O}$: CPGs) with addition of barium zirconium titanate ($\text{BaZr}_{0.05}\text{Ti}_{0.95}\text{O}_3$: BZT0.05) and calcium phosphate glass ($45\text{P}_2\text{O}_5\text{-}40\text{CaO-}15\text{Na}_2\text{O}$: CPGs) with addition of barium zirconium titanate ($\text{BaZr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$, BZT0.10).

For the first system, the fabrication of bioglass-ceramics embedded with barium zirconium titanate crystals has been carried out. The $\text{BaZr}_{0.05}\text{Ti}_{0.95}\text{O}_3\text{-}x40\text{CaO-}45\text{P}_2\text{O}_5\text{-}15\text{Na}_2\text{O}$ bioglass-ceramics (CPGs/xBZT where $x = 0, 10, 20, 30, 40$ and 50 wt%) were prepared by an incorporation method. Crystallization temperature of each glass was achieved by differential thermal analysis (DTA). The XRD and SEM techniques were also used to characterize their phase formation and microstructure, respectively. The results showed that, the addition BZT content at 10 wt.% possessed highest dielectric constant and piezoelectric coefficient. The biocompatibility

of BZT/CPGs of all bioglass samples was found to be higher than that of the pure CPGs after soaking in SBF for 14 days.

For the second system, the $\text{BaZr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$ addition on calcium phosphate ceramics was investigated. The $\text{BaZr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$ -40CaO-45P₂O₅-15Na₂O ceramics ((1-x)CPGs-xBZT where x = 0, 10, 20, 30 and 40 mol%) was prepared by conventional melt quenching technique. Then powder was compacted and sintered at various temperatures. The structural properties were characterized by X-ray diffraction (XRD). From the XRD result, BZT (JCDPS file no. 031-0019), β -Ca₂P₂O₇ (JCDPS file no. 03-0604), NaPO₃ (JCDPS file no. 011-0650) were found to precipitate in all glass ceramics. The amount of BZT phase was found to increase with increasing BZT content. It was found that, dielectric, piezoelectric and also microhardness properties of the glass ceramics could be enhanced by the addition of BZT. The glass ceramics had good bioactivity except for the glass ceramic sample with x = 0.2, which showed no evidence of apatite growth in simulated body fluid for 7 days. Piezoelectric bioglass may be of particular interest in the development of biomaterials for repairing bone defects by regeneration of bone and support of cellular growth.