

Thesis Title Development of Bioglasses and Bioglass-ceramics for Medical Applications

Author Miss Wilaiwan Leenakul

Degree Doctor of Philosophy (Materials Science)

Thesis Advisory Committee

Asst. Prof. Dr. Kamonpan Pengpat	Advisor
Prof. Emeritus Dr. Tawee Tunkasiri	Co-advisor
Prof. Dr. Gobwuth Rujijanagul	Co-advisor
Asst. Prof. Sukum Eitssayeam	Co-advisor

ABSTRACT

45S5 Bioglass[®] is a highly bioactive substance that has the ability to promote stem cells differentiation into osteoblasts, which produce bone matrices. This work has an aim to develop the 45S5 Bioglass for medical application such as bone substitutes and hypothermia. Firstly, the work has been concentration on the investigation of 45S5 bioglass[®], in terms of modification of raw materials, processing techniques, properties and mechanism of crystallization. Secondly, the extended application of the studied 45S5[®] bioglass has been placed on the hyperthermia treatment by ferrimagnetic materials/45S5 bioglass ceramics.

The crystallization kinetic of glass ceramics derived from 45S5 Bioglass® made from rice husk ash was studied. In order to investigate and control the sintering process of these samples, the crystallization kinetic of the major phase was studied by differential scanning calorimetry (DSC) in the range of 700 to 800°C and temperature-time-transformation (TTT) curves were established. All thermal parameters (the first glass transition temperature; T_{g1} , the softening point; T_s , the crystallization temperature; T_c and the second glass transition temperature; T_{g2}) of the prepared glass containing rice husk precursor were found to be lower than that of the controlled glass. The crystallization of $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{SiO}_3\text{O}_9$ occurs in all bioglass ceramics made from both commercial silica and RHA. The Avrami exponent, n of each bioglasses lies between 2.25 and 3, indicative of the bulk crystallization mechanism rather than surface crystallization.

Moreover, the ferrimagnetic glass-ceramics were prepared from $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (BF)- SiO_2 - CaO - Na_2O - P_2O_5 system using various method (conventional melting technique, modified incorporation method and modified sintering method). These samples also exhibited good magnetic properties comparable to that of other magnetic glass ceramics. The bioactivity of the BF glass ceramics improved with increasing BF content as was evident by the formation of bone-like apatite layers on the surface of all of the glass ceramics after soaking in SBF for 14 days. The results support the use of these bioactive glass ceramics for hyperthermia treatment within the human body.

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การพัฒนาแก้วชีวภาพและแก้วเซรามิกชีวภาพเพื่อการประยุกต์ทาง
การแพทย์

ผู้เขียน นางสาววิไลวรรณ ลีนะกุล

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.กมลพรรณ เพ็งพัค

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ศ.เกียรติคุณ.ดร.ทวี ดันนศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ศ.ดร.กอบวุฒิ รุจินากุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผศ.ดร. สุชุม อีสเสียม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

แก้วชีวภาพ 45S5 เป็นแก้วที่มีความเข้ากันได้ดีกับร่างกายมนุษย์สามารถกระตุ้นให้เกิดเซลล์กระดูกได้ งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาแก้วชีวภาพ 45S5 สำหรับใช้ในทางการแพทย์ อย่างเช่น เป็นสารทดแทนกระดูกและใช้ประยุกต์ในการรักษาโรคมะเร็งโดยวิธีไฮโปเทอร์เมีย เริ่มจากการศึกษาถึงกระบวนการเตรียมสารตั้งต้นของแก้วชีวภาพ 45S5 รวมไปถึงศึกษาถึงกลไกกลศาสตร์ของการเกิดผลึกและสมบัติต่างๆของแก้วจากนั้นนำแก้วชีวภาพ 45S5 มาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ โดยการเจือสารเฟอร์ริแมกเนติก เพื่อให้แก้วชีวภาพมีสมบัติทางแม่เหล็กสำหรับนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการรักษาโรคมะเร็งโดยวิธีไฮโปเทอร์เมีย

จากการศึกษาถึงจลศาสตร์การเกิดผลึกของแก้วชีวภาพ 45S5ที่ใช้สารตั้งต้นที่ต่างกัันดังกล่าว โดยการควบคุมอุณหภูมิการเกิดผลึกในช่วงอุณหภูมิ 700-800 องศาเซลเซียส ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณความร้อนแบบส่องกราดเชิงอนุพันธ์ (DSC) และแผนภาพความสัมพันธ์

ระหว่าง เวลา อุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงวัฏภาคของสาร (TTT) พบว่าอุณหภูมิในการแปลงเฟสของแก้ว อุณหภูมิการเกิดผลึก อุณหภูมิในการหลอมแก้ว รวมไปถึงพลังงานในการเกิดผลึกของชิ้นงานที่มีเกลบเป็นวัตถุดิบมีค่าต่ำกว่าชิ้นงานที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก

จากการประดิษฐ์แก้วเซรามิกชีวภาพที่ประกอบด้วยสารเฟอรรีแมกเนติกคริสตัลระดับนาโนสำหรับการประยุกต์ในการรักษาโรคมะเร็งด้วยวิธีไฮโปเทอร์เมียโดยทำการเตรียมแก้วชีวภาพ 45S5 ที่มีการเจือสารที่มีสมบัติแม่เหล็กด้วยการเตรียมวิธีที่ต่างกัน 3 วิธี คือ หนึ่งการใช้กระบวนการวิธีหลอมแก้วแบบดั้งเดิม (conventional glass melting technique) สองการใช้กระบวนการวิธีแบบอินคอเปอร์ชัน (modified incorporation method) ซึ่งเป็นการนำวิธีการสังเคราะห์ผงแม่เหล็กแบบมิกซ์ออกไซด์ (mixed oxide) ขึ้นมาก่อนแล้วจึงนำมาหลอมผสมกับผงออกไซด์ของแก้วเซรามิกชีวภาพตามสัดส่วนที่เหมาะสม และสาม คือการใช้กระบวนการวิธีแบบโมดิฟายซินเตอร์ริง (modified sintering) คือเป็นการเตรียมผงแม่เหล็กแบบมิกซ์ออกไซด์ แล้วมาผสมกับแก้วเซรามิกที่ผ่านการหลอมแล้ว จากนั้นมาเผาผนึกในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน ผลการทดลองพบว่าชิ้นงานที่ได้มีสมบัติทางแม่เหล็กที่ดีและยิ่งไปกว่านั้นการเจือสารที่มีสมบัติแม่เหล็กมีผลกระตุ้นให้เกิดการสร้างชั้นอะพาไทต์มากขึ้นหลังจากทำการแช่ชิ้นงานในสารละลายจำลองไอออนพลาสมาของเลือดมนุษย์เป็นเวลา 7 วัน แสดงถึงความเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อของมนุษย์อีกด้วย