ธัญญาพร วันเพ็ญ : การศึกษาวัสดุกลาสเซรามิกพรุนจากเปลือกไข่ขยะชีวภาพที่เป็นแหล่งของแคลเซียมออกไซด์ สำหรับการพัฒนาเฟสชีวภาพในลูกตาเทียมแบบพรุน (A STUDY OF POROUS GLASS-CERAMIC MATERIAL FROM BIOWASTE EGGSHELLS AS A SOURCE OF CALCIUM OXIDE FOR BIOPHASE DEVELOPMENT IN POROUS PROSTHETIC EYEBALLS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.จิรัชญา อายะวรรณา, 97 หน้า.

คำสำคัญ: กลาสเซรามิกพรุน/เปลือกไข่/ลูกตาเทียม

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวัสดุกลาสเซรามิกพรุนจากเปลือกไข่ขยะชีวภาพที่เป็นแหล่งของแคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide; CaO) สำหรับพัฒนาเฟสชีวภาพในลูกตาเทียมแบบพรุน โดยทำการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมีของแก้วแคลเซียมซิลิเกตและอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปกลาสเซรามิกพรุน เพื่อให้ได้โครงสร้างและสมบัติที่เหมาะสมต่อการทดสอบสภาวะจำลองในการใช้งานในร่างกาย โดยพบว่ากลาสเซรามิกพรุนที่มีองค์ประกอบของโซเดียมออกไซด์ (Sodium oxide; $Na_2O$) ร้อยละ 10 โดยโมล แคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide; CaO) ร้อยละ 30 โดยโมล และซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide; $SiO_2$) ร้อยละ 60 โดยโมล และหลอมขึ้นรูปกลาสเซรามิกพรุนที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ยืนไฟ 2 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ดีที่สุด สำหรับพัฒนาต่อไปเป็นวัสดุกลาสเซรามิกพรุนที่มีความพรุนตัวประมาณร้อยละ 40 ซึ่งเพียงพอสำหรับให้เนื้อเยื่อยึดเกาะตามทฤษฎี การทดสอบเบื้องต้นในสารจำลองของเหลวร่างกายมนุษย์ เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่ามีเฟสชีวภาพ ได้แก่ โวลลาสโทไนต์ (Wollastonite; $CaSiO_3$) เป็นเฟสหลักและพบดีวิไทรท์ (Devitrite; $Na_2Ca_3Si_6O_{16}$) เป็นเฟสรอง ซึ่งล้วนสามารถเข้ากันได้ดีกับร่างกายของมนุษย์และมีความเสถียรของน้ำหนักหลังทดสอบ แสดงให้เห็นถึงความทนทานต่อสารจำลองในร่างกาย (Simulated body fluid; SBF) จึงพัฒนาต่อมาด้วยการเปรียบเทียบคุณสมบัติกลาสเซรามิกพรุนในองค์ประกอบข้างต้น โดยใช้วัตถุดิบที่ให้แคลเซียมออกไซด์ต่างกัน กล่าวคือ จากเปลือกไข่ดิบ เปลือกไข่เผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ยืนไฟ 2 ชั่วโมง และแคลเซียมคาร์บอเนตเชิงพาณิชย์ และทดสอบต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 เดือน และ 8 เดือน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของเฟสชีวภาพ น้ำหนักของวัสดุ ความพรุนตัวและโครงสร้างจุลภาค พบว่ากลาสเซรามิกพรุนจากวัตถุดิบทั้ง 3 แหล่ง ให้เฟสชีวภาพโวลลาสโทไนต์และดีวิไทรท์ที่สามารถเข้ากันได้ดีกับร่างกายของมนุษย์เหมือนกัน ความพรุนตัวมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 36 และมีรูพรุนเปิด ขนาดใหญ่ประมาณ 200 – 1000 ไมโครเมตร ซึ่งเทียบเท่ากับลูกตาเทียมทางการค้าเม็ดพอร์ (Medpor) ที่ใช้งานในปัจจุบันน้ำหนักของชิ้นทดสอบมีการเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 1 หลังจากทดสอบทางชีวภาพต่อเนื่องไปจน 8 เดือน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถเลือกใช้เปลือกไข่ดิบที่เป็นขยะชีวภาพจากครัวเรือน นำมาผลิตเป็นวัสดุชีวภาพกลาสเซรามิกพรุน โดยไม่จำเป็นต้องผ่าน

กระบวนการที่ซับซ้อน มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาต่อไป เพื่อเป็นต้นแบบของลูกตาเทียมแบบพรุนที่มีความแข็งแรงเพียงพอ และสามารถใช้งานต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 8 เดือนโดยไม่เป็นพิษต่อร่างกายจึงเป็นอีกหนึ่งวัสดุทางเลือกใหม่สำหรับผู้ป่วยที่จำเป็นต้องมีการผ่าตัดดวงตาในอนาคต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุ ลายมือชื่อนักศึกษา ชัยฐานร วันเพ็ญ

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

THANYAPON WANPEN : A STUDY OF POROUS GLASS-CERAMIC MATERIAL FROM BIOWASTE EGGSHELLS AS A SOURCE OF CALCIUM OXIDE FOR BIOPHASE DEVELOPMENT IN POROUS PROSTHETIC EYEBALLS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. JIRATCHAYA AYAWANNA, 97 PP.

Keywords: POROUS GLASS-CERAMIC/EGGSHELL/ORBITAL IMPLANT

This research studied the porous glass-ceramic materials from biowaste eggshell which is the source of calcium oxide for developing bio-phase in porous orbital implants. The chemical compositions of calcium silicate glass and the fabrication temperature of porous glass-ceramic are adjusted to obtain an appropriate structure and properties for *in vitro* tests by simulated body fluid. Porous glass-ceramic composed of 10 mol% sodium oxide, 30 mol% calcium oxide, and 60 mol% silicon dioxides with sintering at 1000°C for 2 hours is an appropriate condition to further develop to be the porous glass ceramic with theoretical porosity of about 40% for fasten implant tissue. A preliminary test in simulated body fluid for 1 month reveals the presence of wollastonite (primary phase) and devitrite (secondary phase), which are both biocompatible phases and has weight stability after the test, indicating the resistance to simulated body fluid. Further development by comparing the properties of the above glass-ceramic composition prepared from different raw material sources of calcium oxides including raw eggshells, calcined eggshells at 1000°C for 2 hours, and commercial calcium carbonate is conducted continually for 3 months and 8 months. This is to monitor the bio-phase transformation, weight change, porosity, and microstructure. All porous glass-ceramic from 3 raw material sources provides the biocompatible wollastonite and devitrite phases. The porosity was 36% on average of the open macropore with 200–1000 microns in diameter, which is equivalent to the current commercial Medpor orbital implant. The weight of specimens increases by less than 1% after continuous *in vitro* tests for 8 months, indicating that the raw eggshell from household biowaste could be produced the porous glass-ceramic biomaterials without any complex process. There is a possibility to further develop to be a prototype of the porous orbital implant with strong enough to use continuously

for 8 months without body toxicity. This is a new alternative material for patients who need eye surgery in the future.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Materials Engineering

Academic Year 2022

Student's Signature ธัญญานธ วันเพ็ญ

Advisor's Signature