



การพัฒนาวัสดุทดแทนกระดูกจากการปลูกผลึกนาโนไฮดรอกซีอะพาไทต์
บนเส้นไหมไฟโบรอิน

Development of bone replacement material via
nanohydroxyapatite crystal growth on silk fibroin fiber

โดย

ดร. ปิยะพงษ์ ปานแก้ว

ดร. กัลทิมา เซาร์ชาญชัยกุล

นางสาววรรณช ดีละมัน

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๗

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการเสนอแนวทางในการสร้างวัสดุผสมสำหรับการพัฒนาเป็นวัสดุทดแทนกระดูกในอนาคต ด้วยการปลีกลีกลีอะพาไทต์บนเส้นใยไฟโบรอิน การปลีกลีกลีอะพาไทต์ถูกเตรียมผ่านปฏิกิริยาการตกตะกอนระหว่างสารละลาย $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ และสารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ โดยใช้สารละลาย NH_4OH เป็นสารปรับ pH

งานวิจัยนี้จะตรวจสอบผลของความเข้มข้นของสารละลายและค่า pH เริ่มต้นที่มีต่อผลึกอะพาไทต์ที่เกิดขึ้น เปลือกไขไก่ถูกใช้เป็นวัสดุดิบของแคลเซียมโดยการเผาผงเปลือกไข่ที่อุณหภูมิ 1300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อจะได้รับผง CaO จากนั้นจึงนำไปละลายในกรด HNO_3 ก็จะได้รับสารละลาย $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ โดยสารละลายนี้จะถูกปรับความเข้มข้นเป็น 3 ระดับ และปรับค่า pH เป็น 7, 8 และ 9 ตามลำดับ สำหรับขั้นตอนการปลีกลีกลี นำเส้นใยไหมไฟโบรอินไปแช่ในสารละลาย $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นก็เติมสารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ลงไปในเส้นใยไหมไฟโบรอินที่ถูกแช่อยู่ในสารละลาย $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ จากนั้นปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีเป็นเวลา 1 นาที ก่อนที่จะนำเส้นใยไหมไฟโบรอินล้างตะกอนต่างๆที่ติดอยู่บนผิวของเส้นใยไหมไฟโบรอิน ผลการทดลองสรุปได้ว่า ผลึกที่เกิดขึ้นมีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบแบน แบบทรงกลม และแบบดอกไม้ ความเข้มข้นของสารละลายและระดับ pH ของสารละลาย มีผลต่ออัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสของผลึกอะพาไทต์ที่เกิดขึ้น โดยอัตราส่วน Ca/P เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น หรือระดับ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น ในส่วนสุดท้ายของงานวิจัย ได้ทำการถักทอเส้นใยไหมไฟโบรอินเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบลายขัดและแบบลายทแยง และนำไปตรวจสอบเพื่อหาค่ามอดุลัสของยังก์และค่าความทนของแรงดึงของทั้งสองรูปแบบนี้ ผลการทดลองพบว่าค่ามอดุลัสของยังก์ของผ้าฝ้ายเส้นใยไหมไฟโบรอินที่ถักทอแบบลายทแยงและลายขัดมีค่าประมาณ 616 MPa และ 425 MPa ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความทนต่อแรงดึงของผ้าฝ้ายเส้นใยไหมไฟโบรอินที่ถักทอแบบลายทแยงและลายขัดพบว่ามอดุลัสของยังก์ประมาณ 40 MPa และ 72 MPa ตามลำดับจากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าเงื่อนไขของการเตรียมตัวอย่างชิ้นงานที่ CP₁₉ มีความเหมาะสมที่สุดและการออกแบบเส้นใยไหมไฟโบรอินที่ถักทอแบบลายขัดมีความเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นวัสดุทดแทนกระดูกในอนาคต

คำสำคัญ: อะพาไทต์, เส้นใยไหมไฟโบรอิน, การปลีกลีกลี

Abstract

The objective of this research is to propose a new way to fabricate a composite material for future bone replacement development via growing apatite crystal on silk fibroin fiber. Apatite crystallization on silk fibroin fiber was prepared by precipitation reaction between $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ solution and $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ solution adjusted pH by NH_4OH solution.

In this work, Effect of solution concentration and initial pH values was investigated on apatite crystals. Chicken eggshells were used as calcium source by heating sufficiently powdered eggshells at $1300\text{ }^\circ\text{C}$ for 4 h to acquire CaO powders, made $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ solution by dissolving in 65% HNO_3 solution. Prepared $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ solutions were adjusted concentration as 3 levels and were adjusted different pH values of 7, 8 and 9, respectively. For processing of apatite crystallization, silk fibroin fibers were immersed in $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ solutions for 30 min. After that $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ solutions were added in silk fibroin fibers immersed in $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ solutions. Reaction time was fixed about 1 min before cleaning to remove impurity precipitates on surface of silk fibroin fiber. Finally, apatite crystallization on silk fibroin fibers occurred. The obtained result can conclude morphologies of apatite crystals on silk fibroin fibers was sheets sphere and flower. Solution concentrations and initial pH values directly influenced on Ca/P ratio of obtained apatite crystals by Ca/P ratio increases as increased solution concentrations or increased pH values. Finally research, silk fibroin fibers were woven as two patterns of plain weave and twill weave and they were investigated Young's modulus and tensile strength. The result indicates that Young's modulus of silk fibroin fiber sheets woven as twill weave and as plain weave were about 616 MPa and 425 Mpa and tensile strengths of them weave were about 40 Mpa and 72 Mpa, respectively. The optimum condition of growing apatite crystals on silk fibroin fibers was sample of CP₁₉. Design of silk fibroin fiber with plain weave was an optimum pattern for future biomedical applications.

Keyword: Apatite, Silk fibroin fiber, Crystallization