



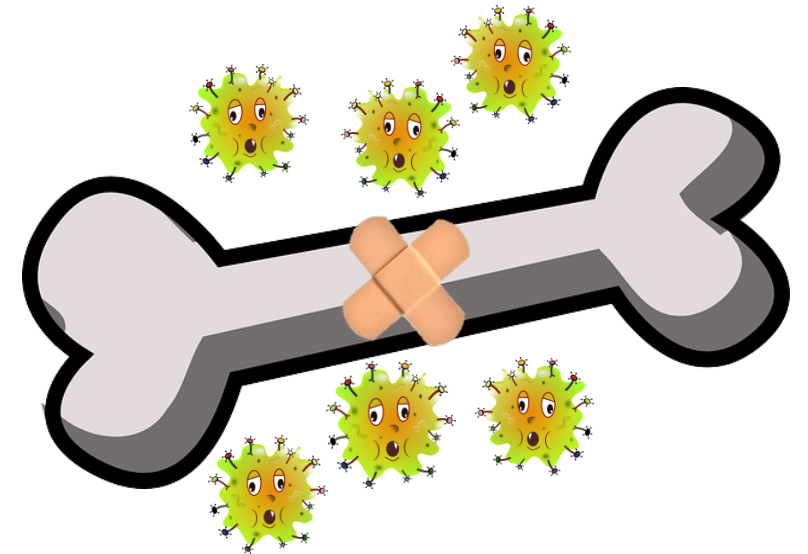
Biokeramike antibakterijskih svojstava kao novi smjer u inženjerstvu koštanog tkiva

Kemijski seminar 1

Suzana Inkret

Zašto novi implant materijali?

- povećana učestalost ozljeda i bolesti čvrstih tkiva
- tretman - najčešće implantacija
- problemi: učestale infekcije
 - antibiotici – mogućnost stvaranja rezistencije
- rješenja: novi implant materijali
 - biokompatibilnost i antibakterijsko djelovanje



Biokeramičke okosnice antibakterijskih svojstava

- 3D porozne strukture keramika s dodanim antibakterijskim agensom
- biokeramike – biokompatibilne, osteokonduktivne, osteoinduktivne
- dodatni materijali – antibakterijska svojstva (antibiotici, metalni ioni,..)
 - lokalna i ciljana primjena antibakterijskog agensa
- spriječavaju, ne izazivaju infekcije
- 4 vrste antibakterijskih materijala:
 1. biokeramike s antibioticima
 2. biokeramike s ionima antibakterijskog djelovanja
 3. biokeramike antimikrobnog djelovanja na temelju fizikalnog obilježja
 4. kombinacije više strategija antimikrobnog djelovanja

Biokeramike s antibioticima i ionima antibakterijskog djelovanja

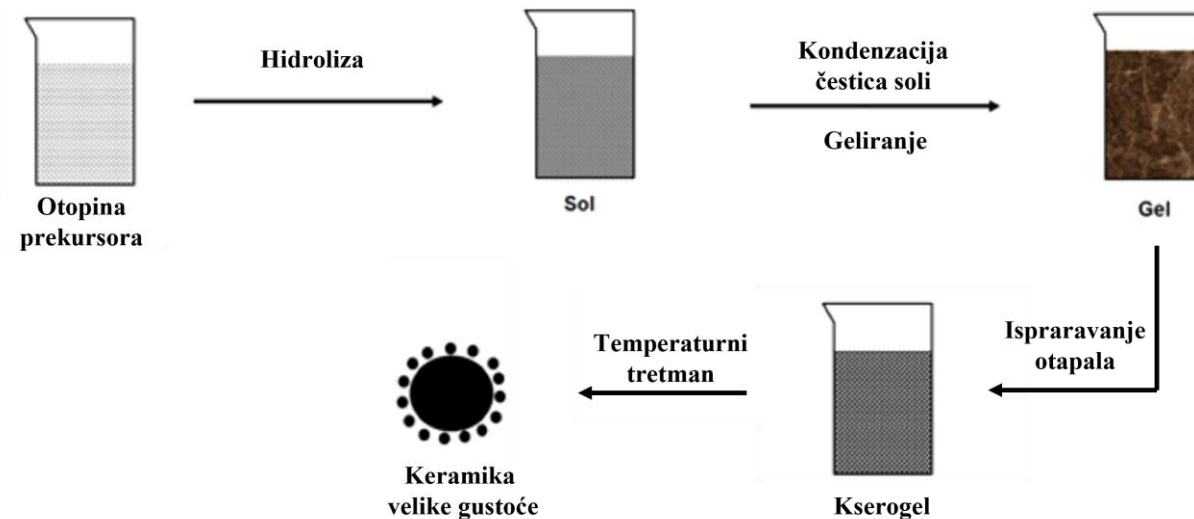
- važno kontrolirano i kontinuirano otpuštanje
 - kontrola koncentracijom antibiotika – naglo prvotno otpuštanje + ustaljeno otpuštanje
 - većina ima antibakterijski doseg
 - prevlačenje polimera antibiotikom / stvaranjem višeslojeva
- Ag^+ , La^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} ... – ioni, oksidi, nanočestice
- ioni mijenjaju pH i osmotski tlak – umiranje bakterija
- zahtjevi:
 - biokompatibilnost,
 - letalnost za bakterije,
 - ne utječe na osteogenezu.
- istraživanje maskiranja štetnih djelovanja

Biokeramike s fizikalnim svojstvima antibakterijskog djelovanja i kombinacije

- struktura površine, površinski naboj
- promjena mikrookoline izazvana vanjskim čimbenicima:
 - svjetlo, magnetsko polje, ultrazvuk
 - npr. fizikalni termalni efekt – apsorpcija svjetla ili zvuka → generiranje termalne energije – antibakterijsko djelovanje
- jedna strategija antibakterijskog djelovanja – obično nedovoljna za potpuni učinak
- kombinacije više strategija: više antibiotika, ioni + antibiotici, ...

Sinteze biokeramičkih okosnica

- sol – gel metoda
 - otapanje prekursora uz katalizator → geliranje → sušenje i zagrijavanje na različitim temperaturama



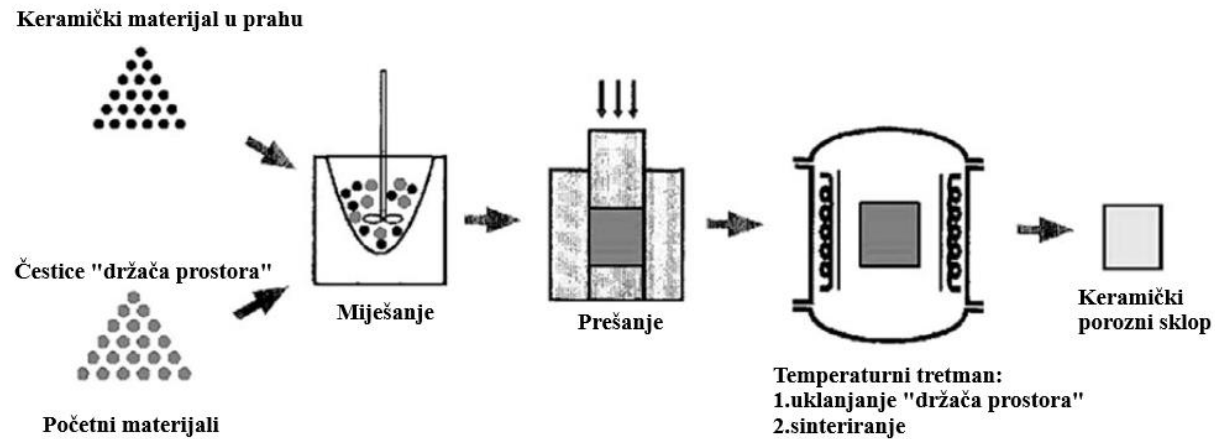
Slika 1. Shematskai prikaz sol-gel metode.

Sinteze biokeramičkih okosnica

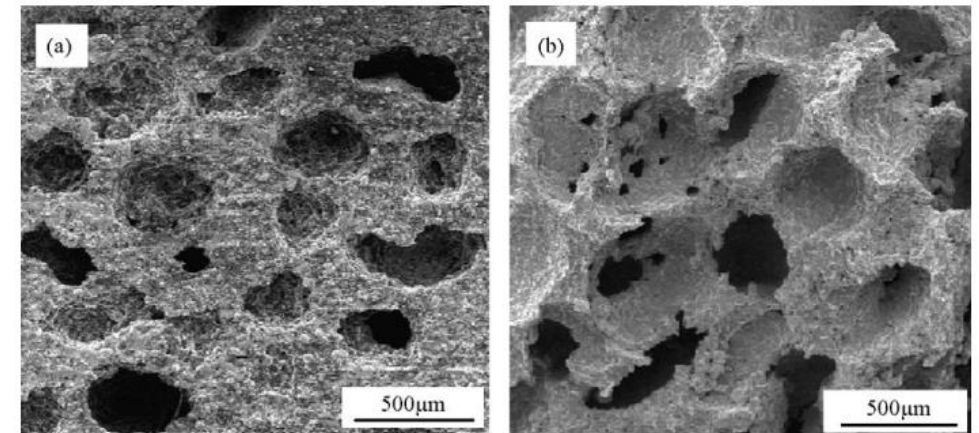
- dobivanje biokeramičkih spojeva korištenjem mikrovalnog zračenja
 - otapanje prekursora → zračenje u modificiranoj mikrovalno pećnici → zagrijavanje pri visokim temperaturama
 - značajno ubrzana reakcija
- priprema biokeramika *in situ* taloženjem – taloženje iz prekursorskih otopina, smrzavanje i sušenje → dobivanje biokeramičke okosnice sa samostalnim antibakterijskim djelovanjem

Sinteze biokeramičkih okosnica

- najstarija – sinteriranje praha – nedovoljno kontrole poroznosti
- metoda držača razmaka – kontrolirani oblik i veličina pora
 - do 80 % poroznosti



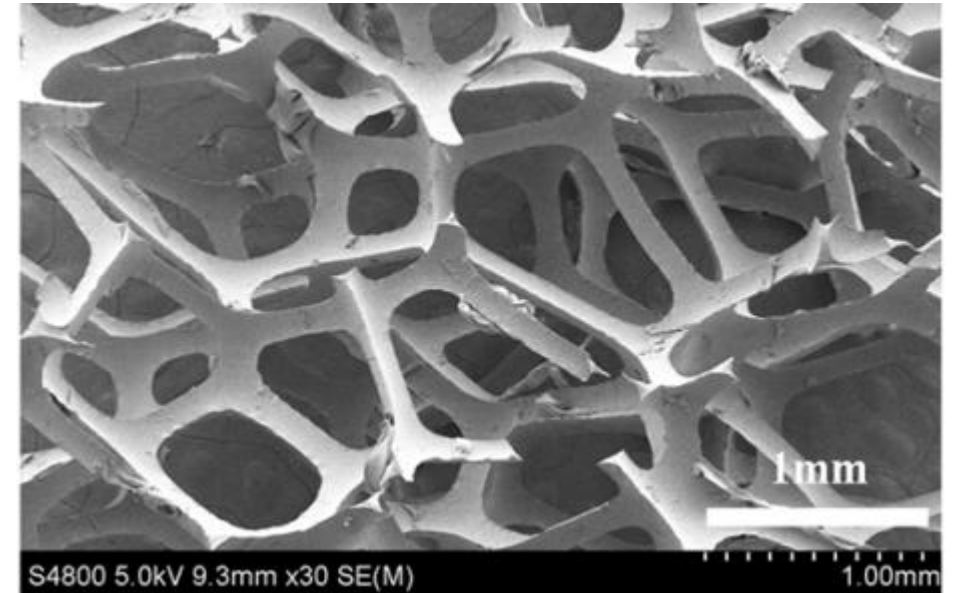
Slika 2. Shematski prikaz metode držača razmaka



Slika 3. Materijali različite poroznosti: a) 55 %, b) 70 %.

Sinteze biokeramičkih okosnica

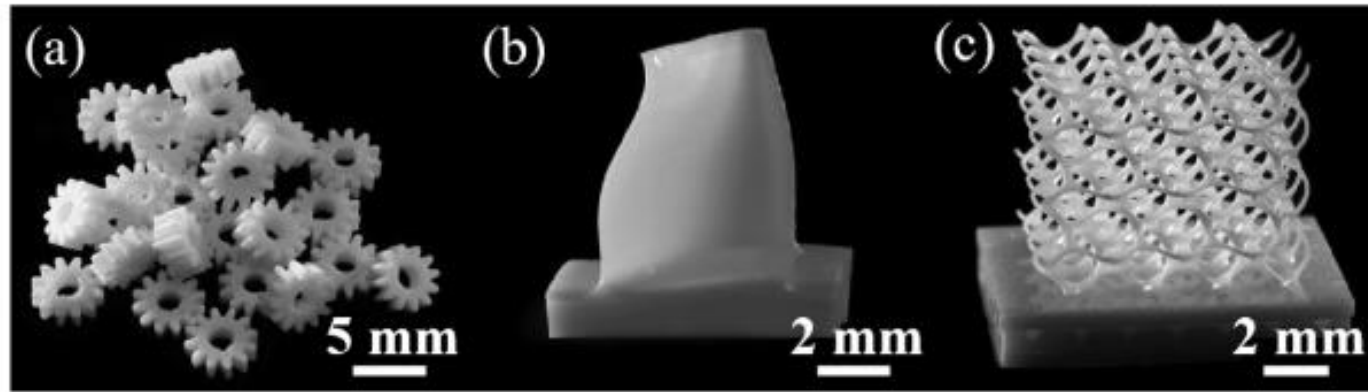
- replikacija metodom spužve
- poliuretanska spužva → uranjanje u suspenziju
→ prešanje (postupak se ponavlja nekoliko puta)
→ zagrijavanje pri 1000 °C
- za antibakterijska svojstva: prevlačenje hidrogelom



Slika 4. SEM mikrografija poliuretanske spužve.

Sinteze biokeramičkih okosnica

- 3D printanje – najnovija tehnika pripreme
 - priprema 3D modela → digitalno rezanje u 2D modele
 - početni materijali : prahovi ili suspenzije
 - tehnike printanja: fotopolimerizacija, ekstrudiranje, lasersko sinteriranje ili taljenje



Slika 5. Različiti produkti dobiveni 3D printanjem.

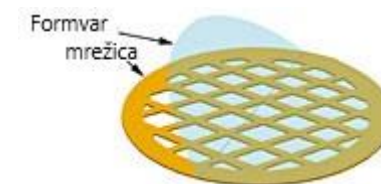
Karakterizacija biokeramičkih okosnica

Rentgenska strukturna analiza

- jedna od prvih tijekom karakterizacije – daje informacije o kristalnoj strukturi
- razlikuje kristalne, amorfne i slabo kristalne uzorke
- ne može odrediti uređenost kratkog dometa unutar amornog uzorka ili razlike u takvim uređenim „nanostrukturama”

Elektronska difrakcija na TEM

- difrakcija elektrona prilikom prolaska kroz tanak sloj materijala
- difrakcijski maksimumi u obliku točaka ili prstenova
- snimanje iz nekoliko upadnih kuteva → određivanje pune 3D strukture
- korištena obično za otopine i suspenzije



Karakterizacija biokeramičkih okosnica

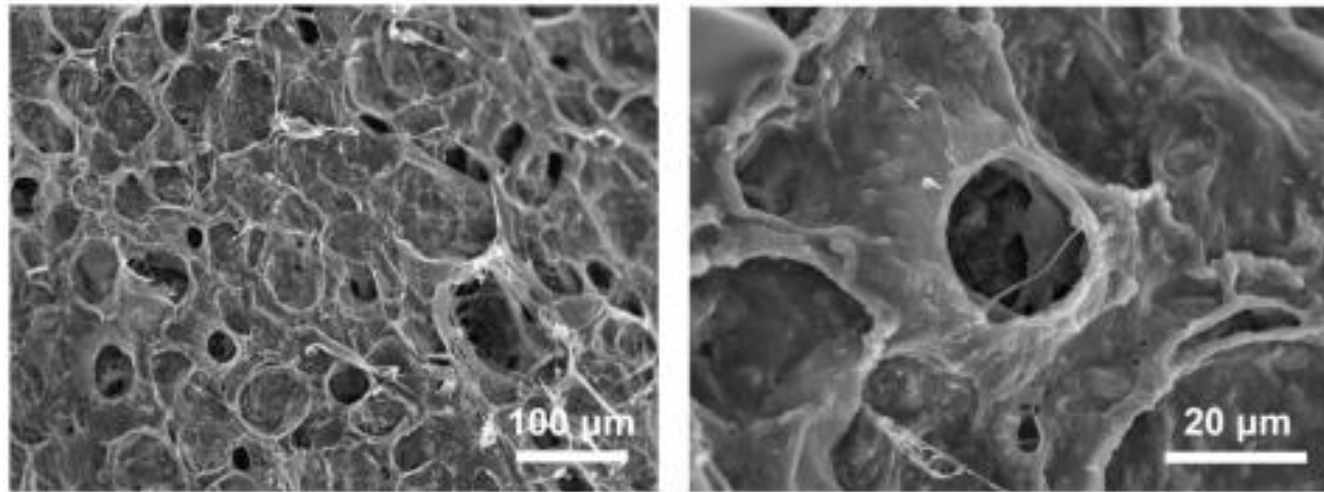
Infracrvena spektroskopija s Fourierovom transformacijom

- prepoznaje slaganja kratkog dometa u strukturi, no ima slabu rezoluciju
- derivacije spektara omogućuje bolje prepoznavanje različitih formi istog materijala
- prva derivacija – točnije određivanje položaja vrpci
- druga derivacija – promjene oblika vrpci ili pojava novih
- jeftinija metoda usporedbe uređenja kratkog dometa sličnih materijala

Karakterizacija biokeramičkih okosnica

SEM i TEM mikroskopije

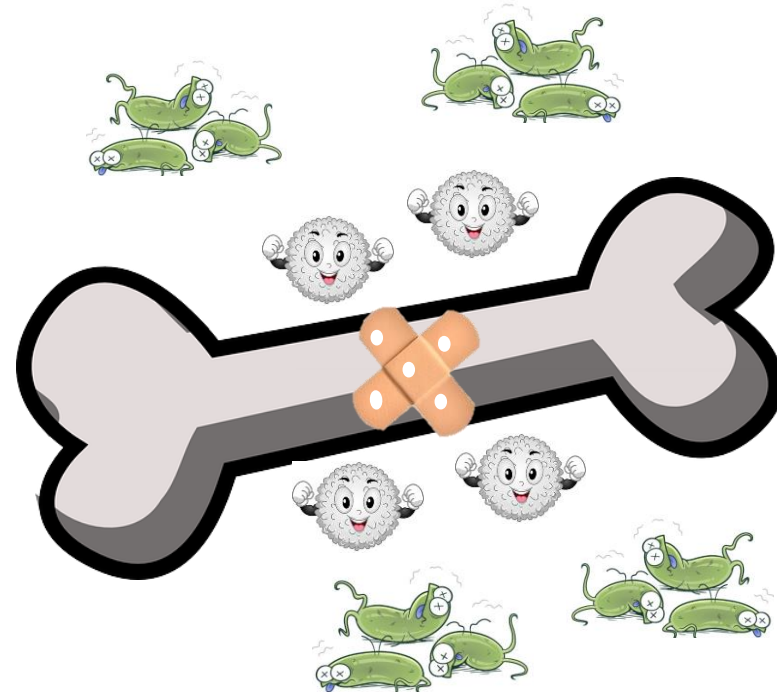
- određivanje i vizualizacija morfologije i strukture površine
- vrlo dobra razlučivost, vidljivi uzorci do veličine ispod 1 nm
- SEM – omogućuje 3D vizualizaciju uzoraka



Slika 6. SEM mikrografije biokeramičkih okosnica.

Zaključak

- biokeramičke okosnice – mehanička potpora, biokompatibilnost
 - materijali za regeneraciju kostiju
- funkcionalizacija okosnica kombinacijom više antibakterijskih agensa
- sinteze – priprema što zelenija i jednostavnija



Hvala na pažnji!

