



Nanočestice srebra – sinteza, karakterizacija i primjena

Tea Juračić

Kemijski seminar I

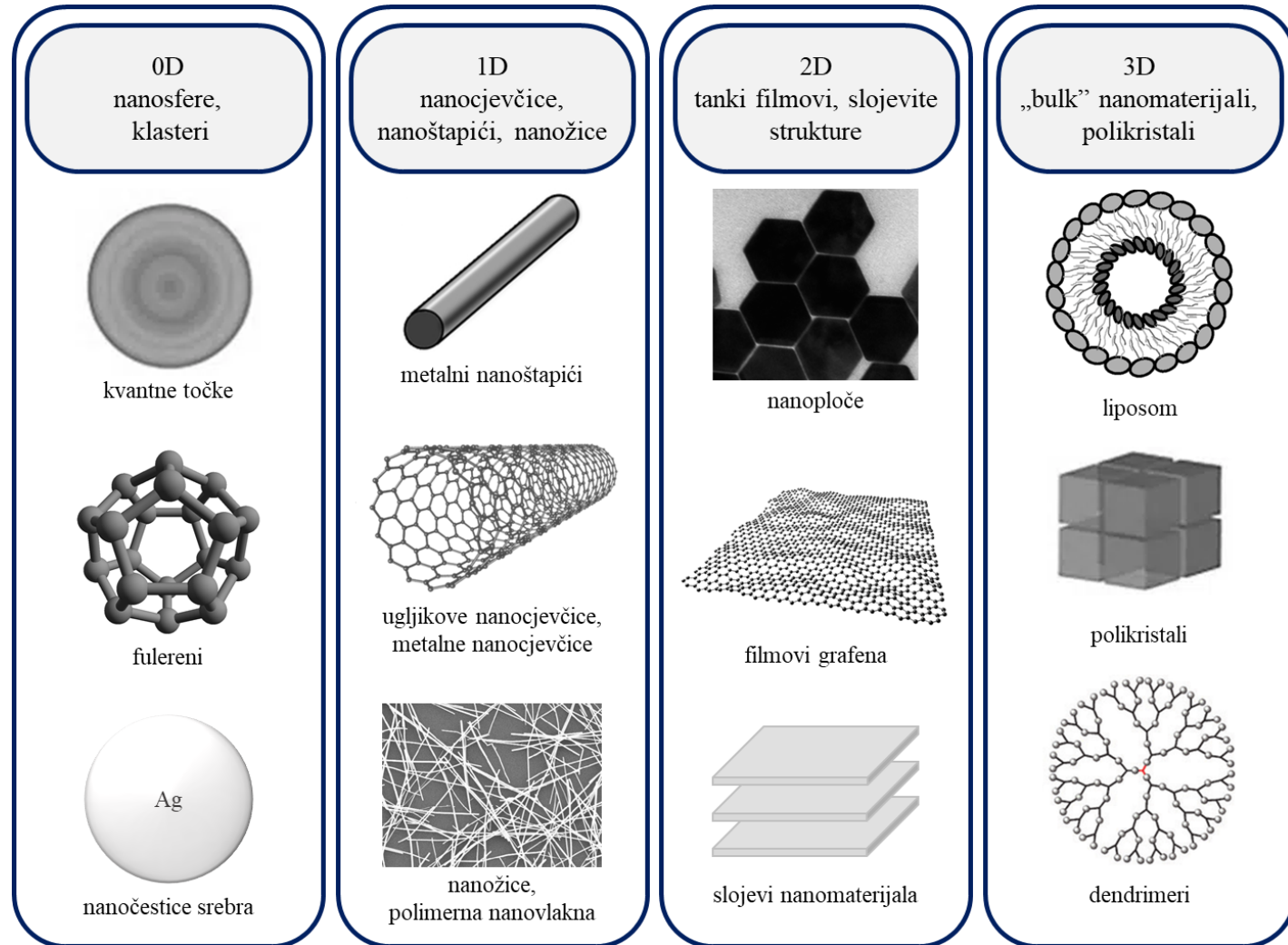
Doktorski studij Kemija, smjer: Fizikalna kemija

Prema radu: O. Pryshchepa, P. Pomastowski, B. Buszewski, *Adv. Colloid Interface Sci.* 284 (2020)
102246–102277

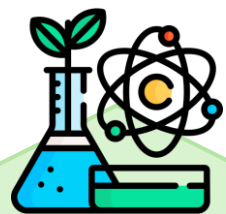


Nanomaterijali

- dimenzije u rasponu od 1 do 100 nm
- različiti oblici
- različite podjele
 - veličina, oblik, svojstva
 - organske, anorganske
 - tvrde, meke
- specifična svojstva
- primjena – medicina, antimikrobna sredstva, katalizatori, dodaci hrani, pročišćavanje voda

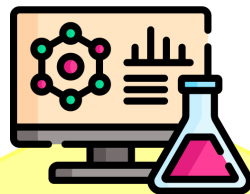
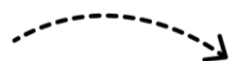


Nanočestice srebra (AgNP)



sinteza

- fizikalna
- kemijska
- biološka



karakterizacija

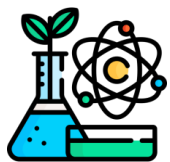
- SEM, TEM
- DLS, ELS
- spektrofotometrija
 - IR, Raman
- termalna analiza



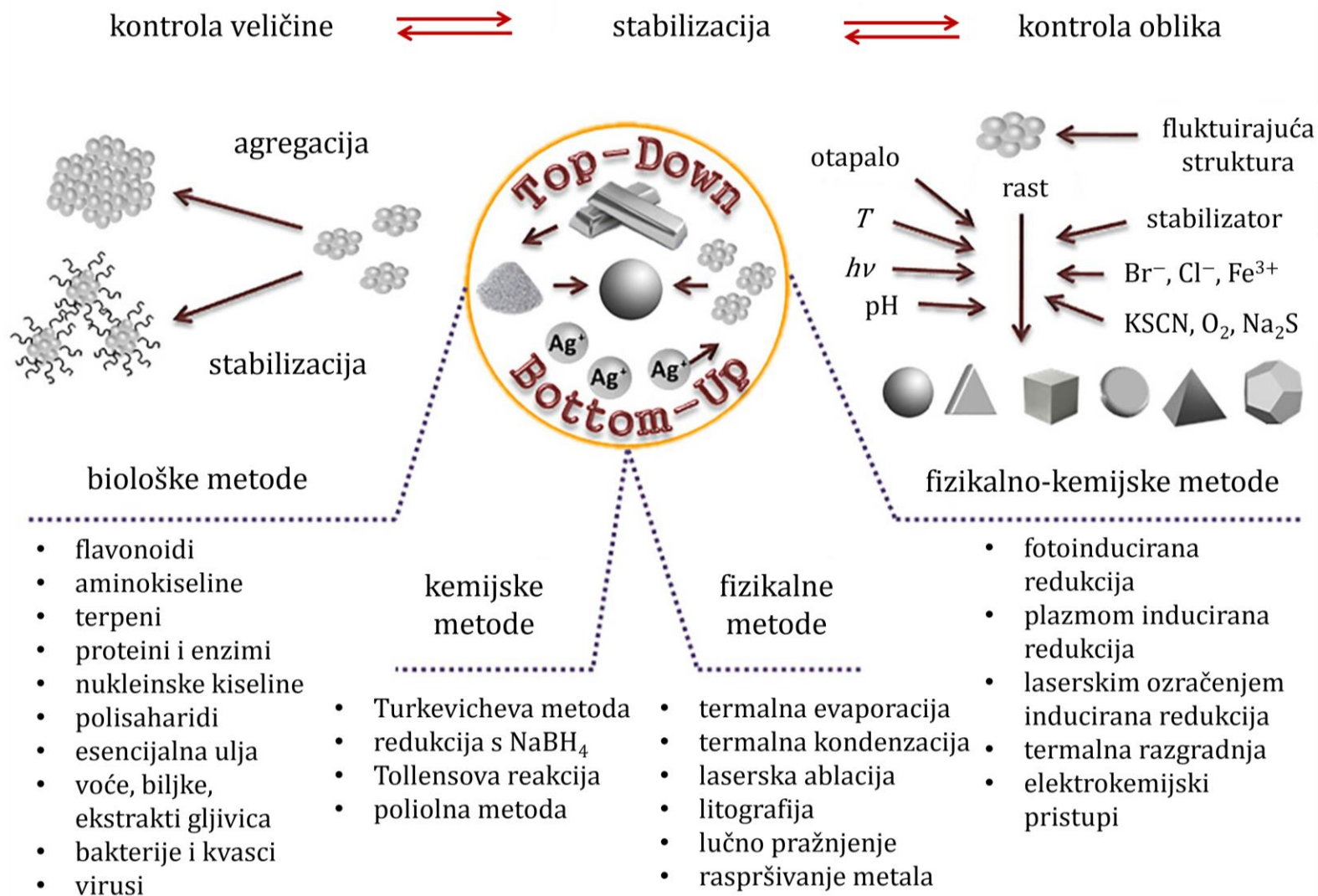
fizikalno-kemijska
svojstva



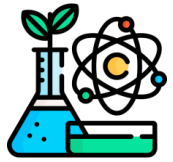
primjena



Sinteza nanočestica srebra

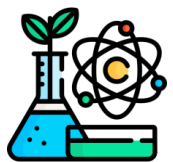


Principi sinteze nanočestica srebra.



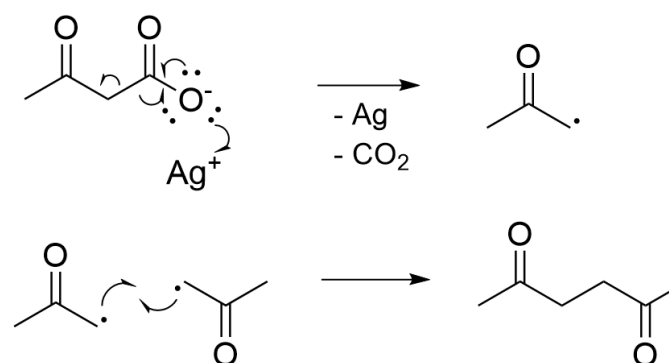
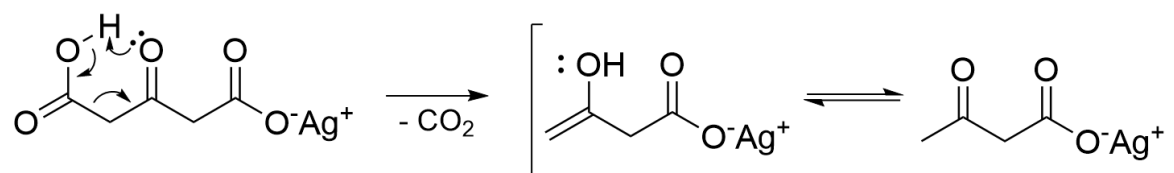
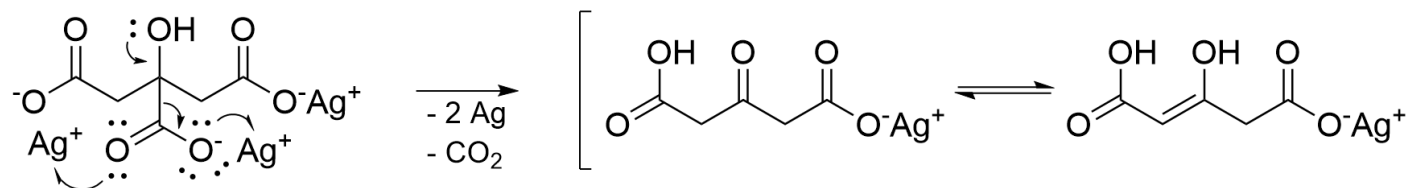
Sinteza nanočestica srebra

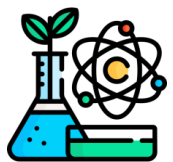
- fizikalne metode sinteze
 - plazma, elektromagnetsko zračenje, toplina, električno pražnjenje
- lučno pražnjenje – primjena visokog napona između dvije srebrne elektrode pri čemu nastaje električni luk → isparavanje srebra koje kondenzira u obliku nanočestica u inertnom plinu ili u vodi
- laserska ablacija – visokoenergetski laser cilja površinu srebra → isparavanje srebra koje kondenzira u obliku nanočestica u okolnom mediju (voda, etanol)
- litografija – oblikovanje nanostrukture na površini koristeći svjetlo, elektrone ili skenirajuću sondu
 - izrada nanotočaka, linija, mreža ili filmova na površini



Sinteza nanočestica srebra

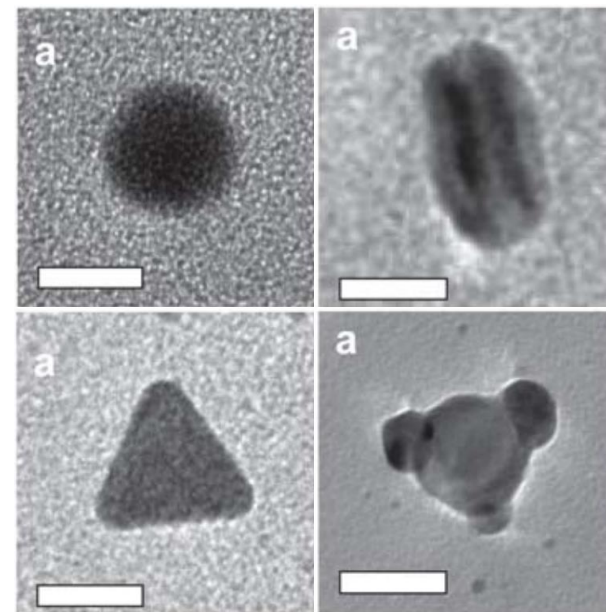
- kemijske metode sinteze
 - četiri ključne komponente
 - metalni prekursor
 - redukcijsko sredstvo
 - stabilizator
 - otapalo
 - Turkevicheva metoda
 - srebrov nitrat
 - trinatrijev citrat
 - zagrijavanje



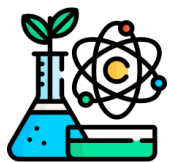


Sinteza nanočestica srebra

- kemijske metode sinteze
 - Tollensova reakcija
 - $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
 - glukoza, formaldehid, askorbinska kiselina
 - poliolna metoda
 - srebrov nitrat
 - etilenglikol, glicerol
 - zagrijavanje
 - potrebno dodati stabilizator
- redukcija s NaBH_4
 - srebrov nitrat
 - potrebno dodati stabilizator
 - porozne nanočestice, nanotrokuti, nanošipke, u obliku kolačića

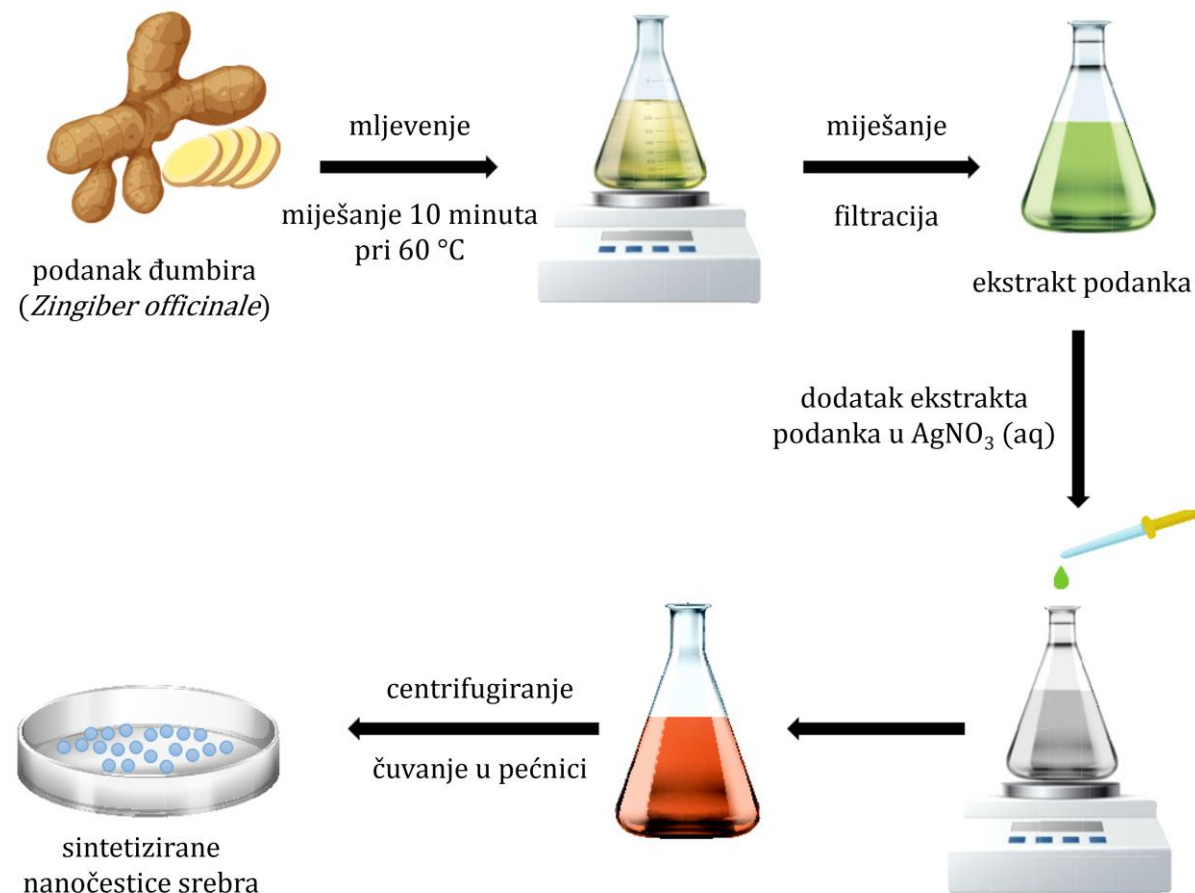


TEM slike nanočestica srebra sintetiziranih redukcijom AgNO_3 s različitim koncentracijama NaBH_4 .



Sinteza nanočestica srebra

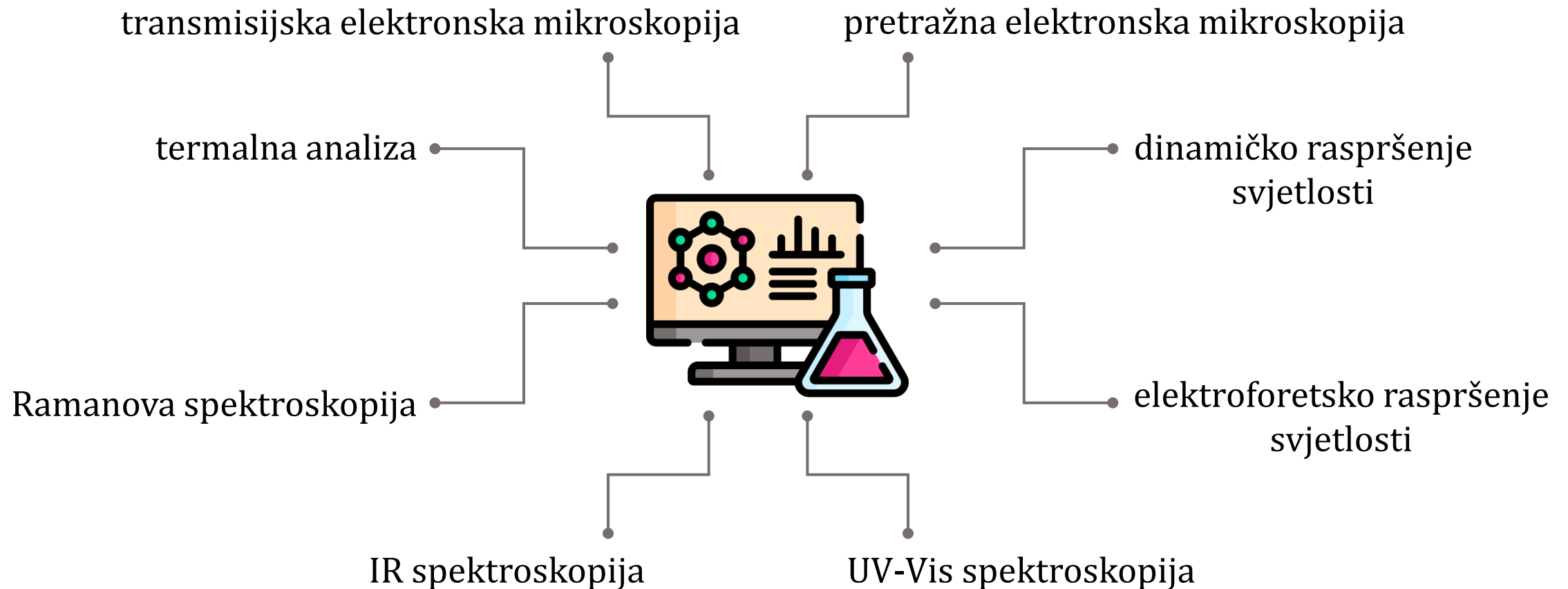
- biološke metode sinteze
 - ekološki prihvatljive metode
 - niža citotoksičnost sintetiziranih nanočestica srebra
 - četiri ključne komponente – metalni prekursor, reducens, stabilizator, otapalo
 - reducensi i stabilizatori iz bioloških izvora
- ograničena kontrola nad morfologijom i čistoćom nanočestica
- mogućnost nastanka srebrova klorida i kompozita Ag/AgCl

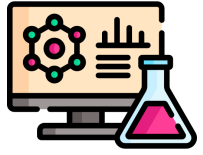


Postupak sinteze nanočestica srebra uz ekstrakt podanka đumbira (*Zingiber officinale*).

Karakterizacija nanočestica srebra

- razumijevanje strukture, svojstva i ponašanja nanočestica srebra





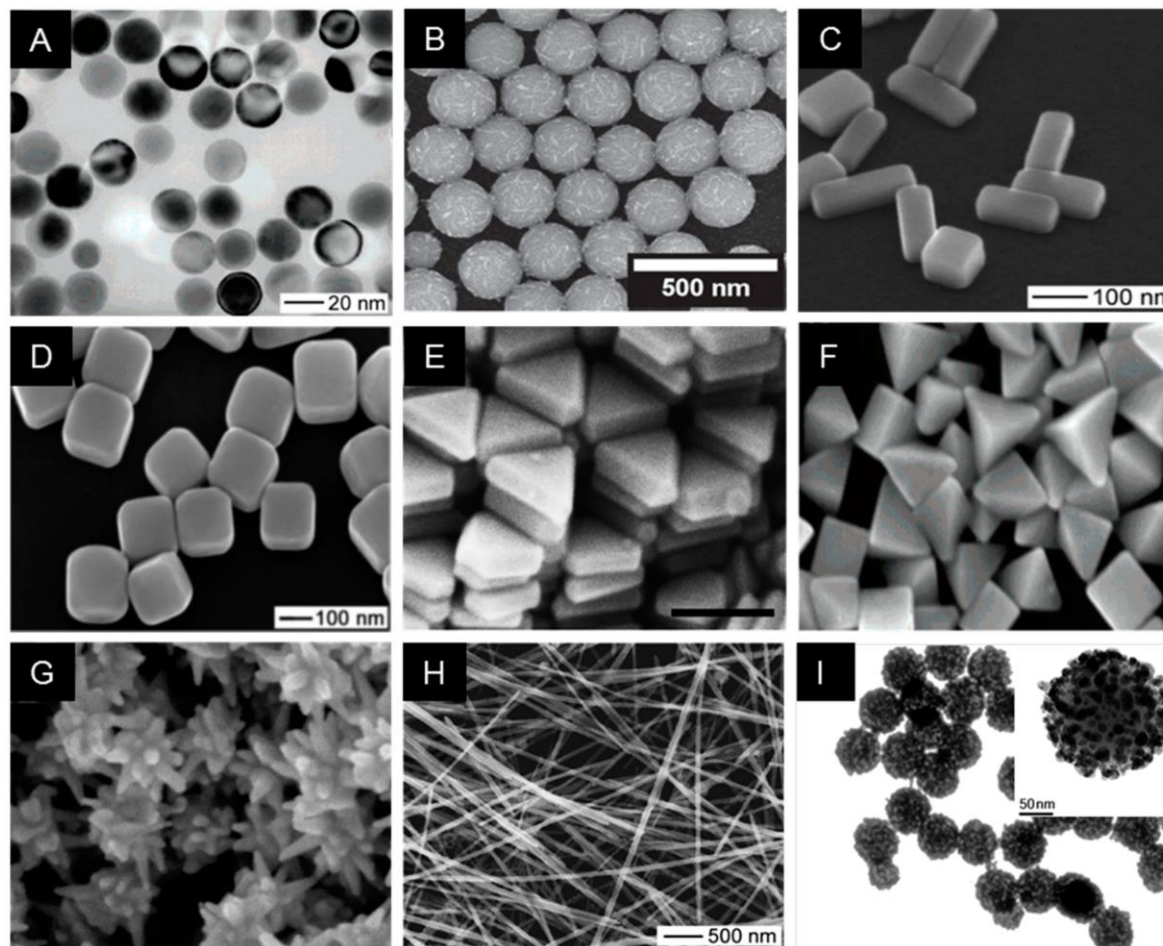
Karakterizacija nanočestica srebra

- elektronska mikroskopija
 - transmisijaska elektronska mikroskopija (engl. *Transmission Electron Microscopy*, TEM)
 - usmjereni snope elektrona prolazi kroz tanki sloj uzorka
 - proučavanje veličine, oblika, rasporeda i unutarnje strukture
 - pretražna elektronska mikroskopija (engl. *Scanning Electron Microscopy*, SEM)
 - prelazak fokusiranog snopa elektrona preko površine uzorka
 - formiranje slike, difraktograma ili kemijskog spektra uzorka
- praćenje sinteze nanočestica srebra u mikroorganizmima, njihov rast i agregacija
- adsorbirane molekule na površini nanočestica srebra

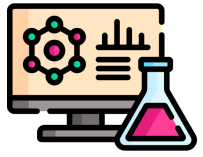


Karakterizacija nanočestica srebra

- elektronska mikroskopija

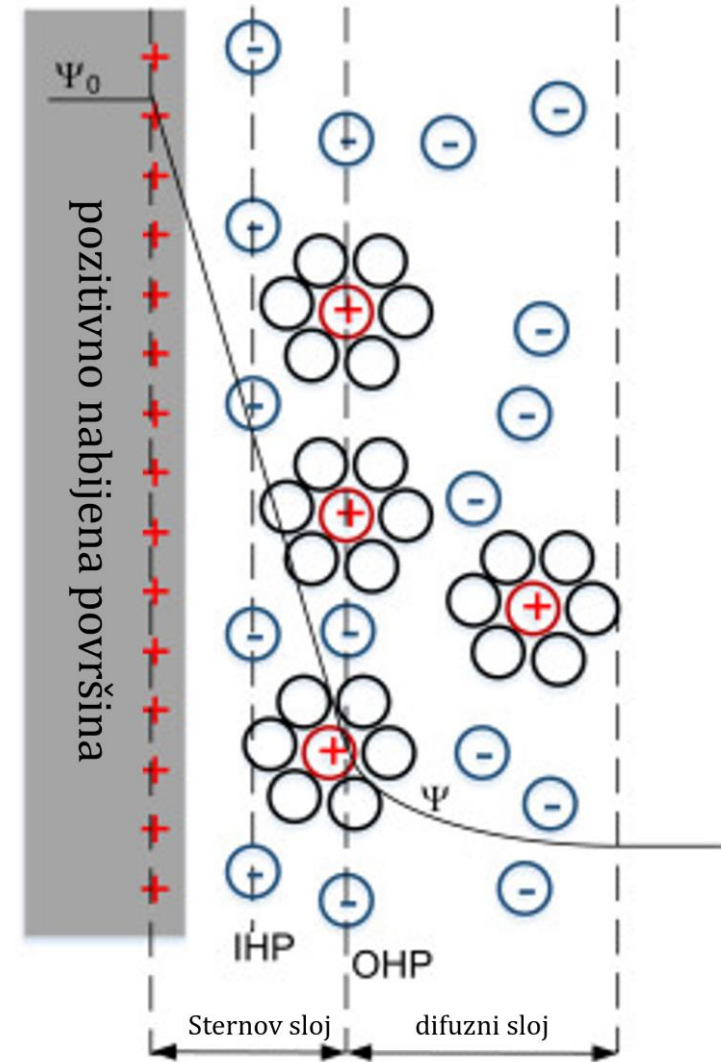


TEM i SEM slike nanostruktura srebra dobivenih pri različitim reakcijskim uvjetima sinteze.



Karakterizacija nanočestica srebra

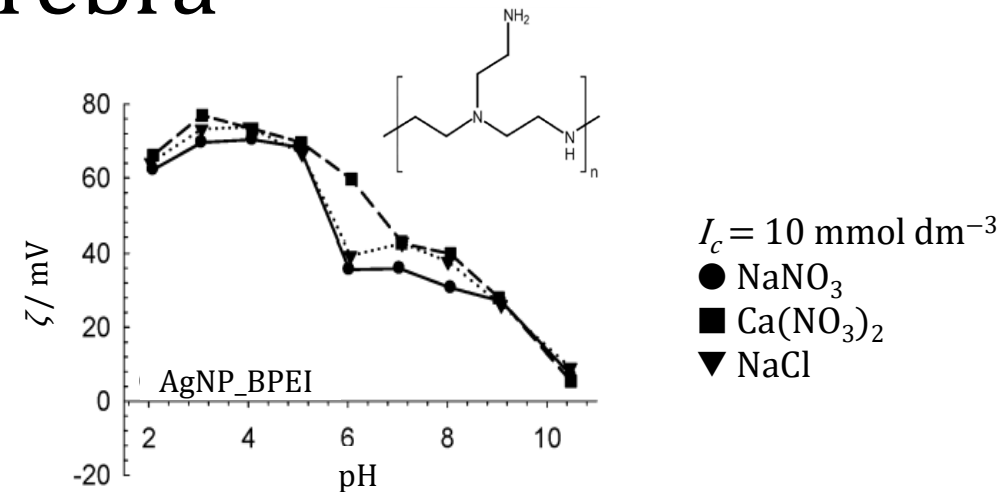
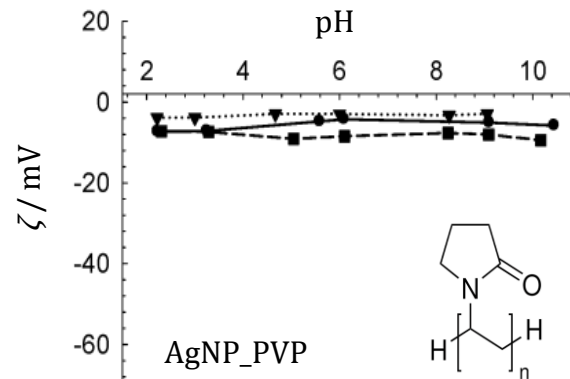
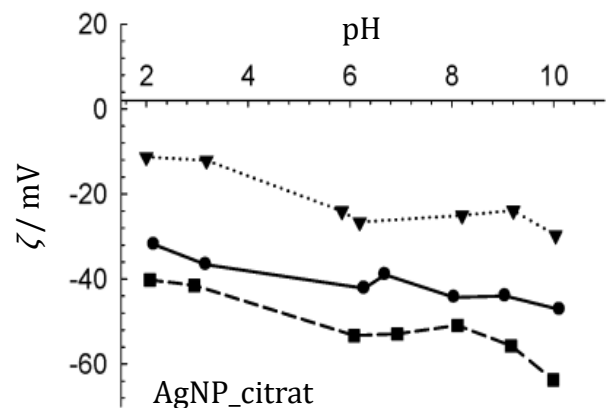
- dinamičko raspršenje svjetlosti (engl. *Dynamic Light Scattering*, DLS)
 - određivanje hidrodinamičkog promjera čestica
- elektroforetsko raspršenje svjetlosti (engl. *Electrophoretic Light Scattering*, ELS)
 - određivanje elektrokinetičkog potencijala čestica
- komplementarne tehnike
- utjecaj pH-vrijednosti, ionske jakosti, prisutnosti drugih molekula



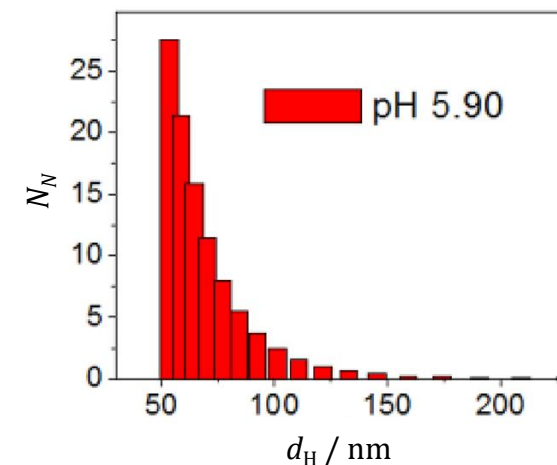
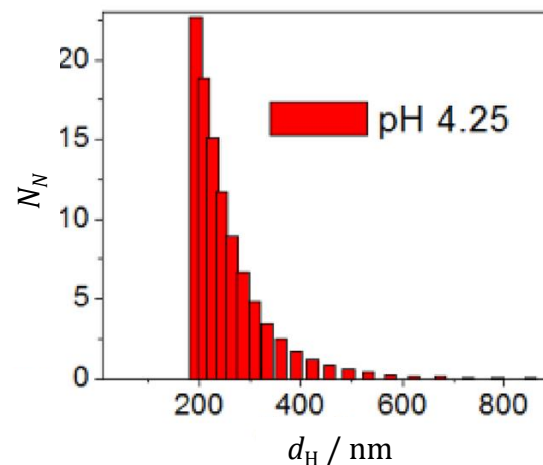
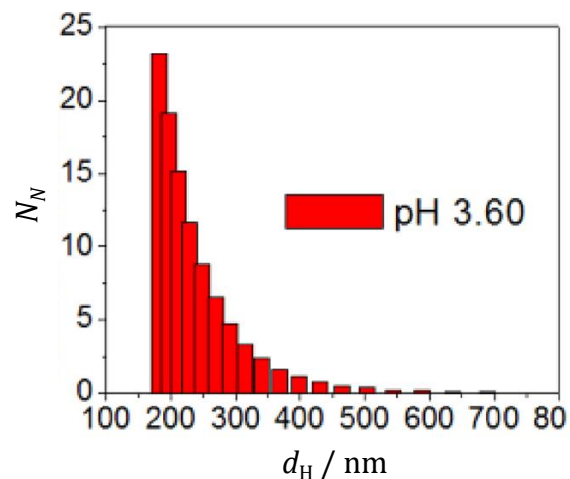
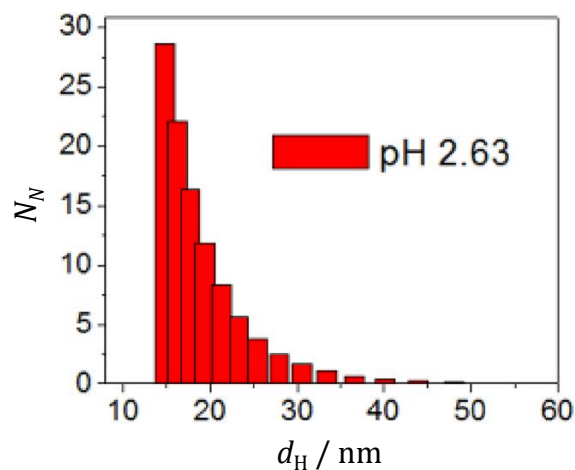
Shematski prikaz električnog međupovršinskog sloja.



Karakterizacija nanočestica srebra



Elektrokinetički potencijal nanočestica srebra pri različitim pH-vrijednostima.

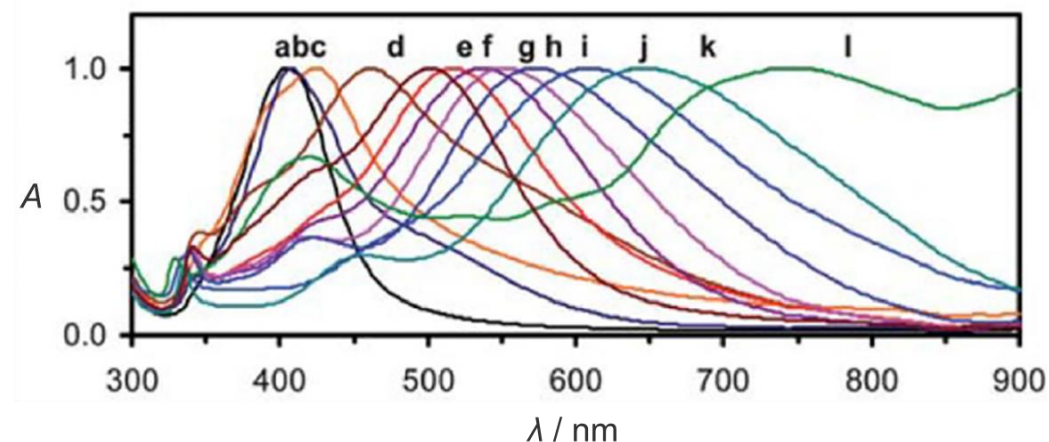


Hidrodinamički promjer nanočestica srebra sintetiziranih redukcijom AgNO_3 s NaBH_4 pri različitim pH-vrijednostima.



Karakterizacija nanočestica srebra

- UV-Vis spektroskopija
 - lokalizirana površinska plazmonska rezonancija (engl. *Localized Surface Plasmon Resonance*, LSPR)
 - položaj i intenzitet apsorpcijskog maksimuma srebra ovise o veličini, obliku, sastavu
 - praćenje sinteze AgNP

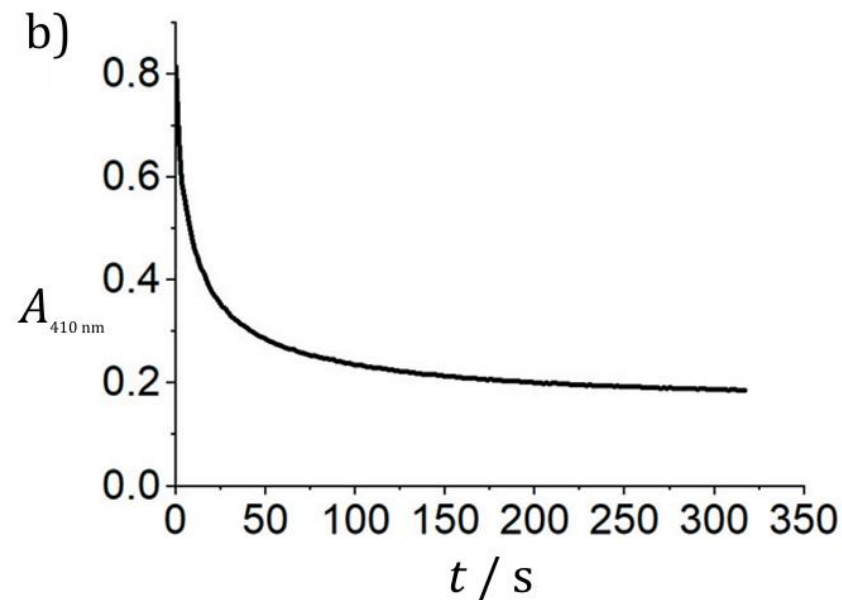
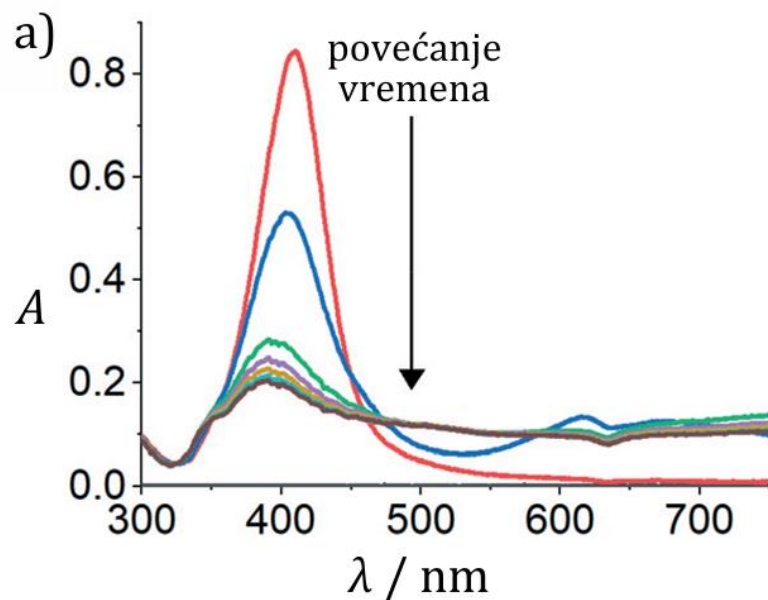


Suspencije koloidnog srebra različitih oblika i odgovarajući apsorpcijski spektri.



Karakterizacija nanočestica srebra

- UV-Vis spektroskopija
 - modifikacija površine i vezanje molekula
 - praćenje stabilnosti suspenzije
 - kinetika reakcija koje uključuju AgNP

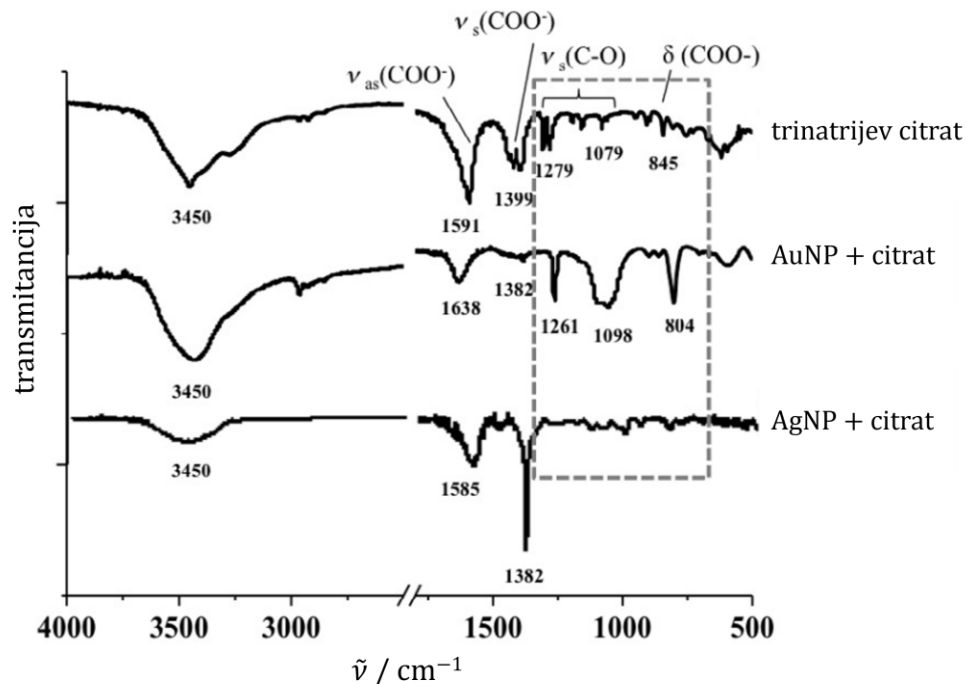


Praćenje agregacije suspenzije nanočestica srebra nakon dodatka otopine natrijeva klorida koncentracije 80 mmol dm^{-3} .
a) UV-Vis spektri suspenzije srebra u različitim trenucima agregacije. b) Promjena apsorpcijskog maksimuma nanočestica srebra pri 410 nm u vremenu.

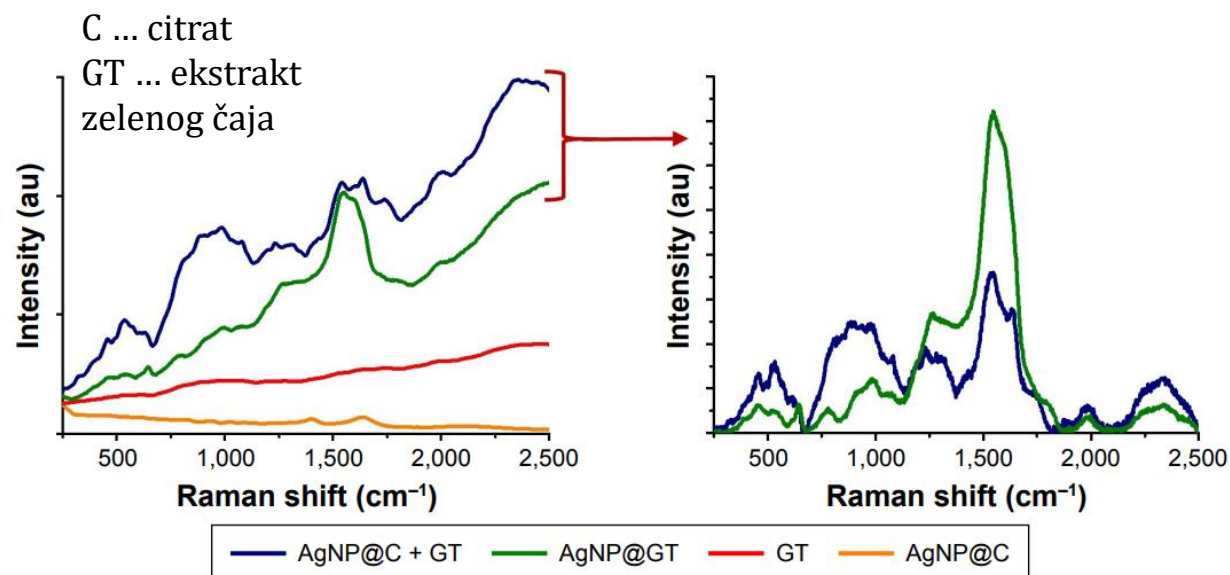


Karakterizacija nanočestica srebra

- IR i Ramanova spektroskopija
 - komplementarne informacije
 - kontrola funkcionalizacije površine, identifikacija funkcijskih skupina adsorbiranih molekula, identifikacija skupina koje stabiliziraju nanočestice srebra



IR spektri trinatrijeva citrata, nanočestica zlata i srebra s adsorbiranim citratima.

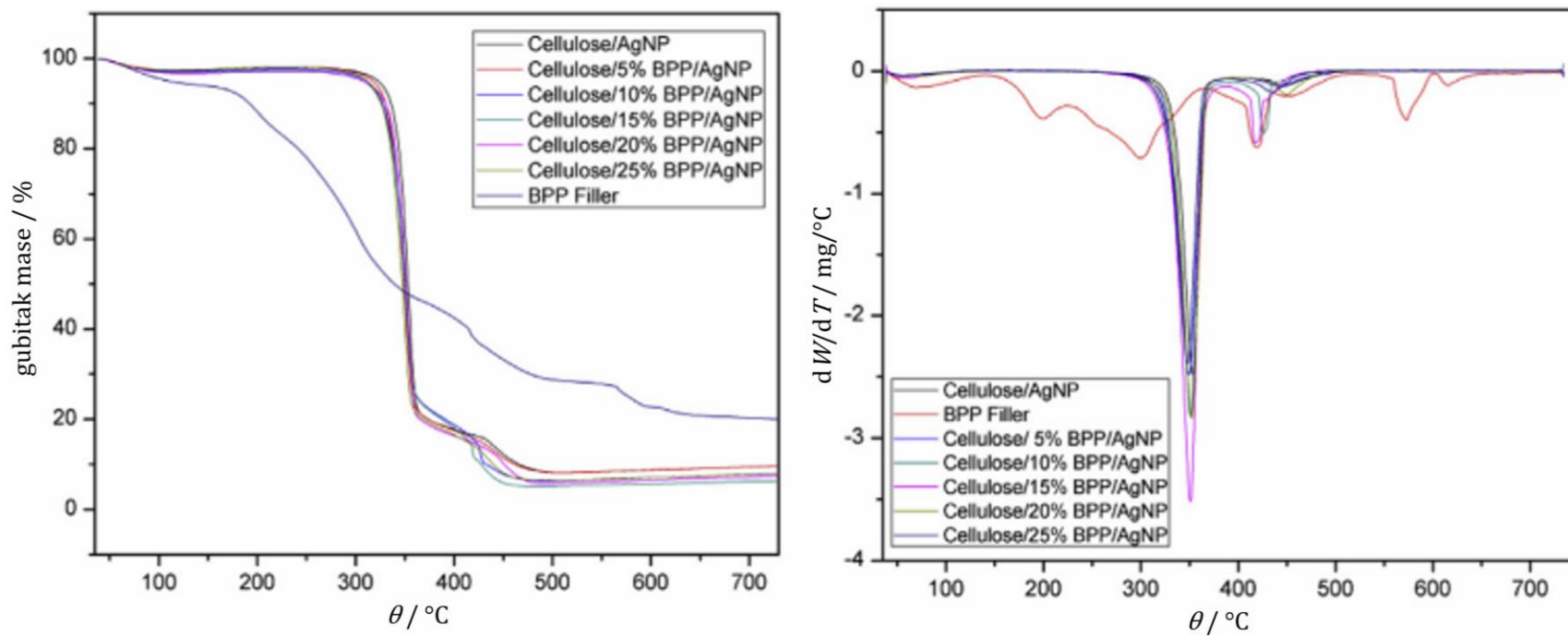


Ramanovi spektri ekstrakta zelenog čaja i nanočestica srebra.



Karakterizacija nanočestica srebra

- termalna analiza
 - visokotemperaturna in situ rendgenska difrakcija (engl. *X-Ray Diffraction*, XRD)
 - termogravimetrijska analiza (engl. *Thermogravimetric Analysis*, TGA)
 - diferencijalna pretražna kalorimetrija (engl. *Differential Scanning Calorimetry*, DSC)



TGA analiza punila od praha kore banane (BPP) i kompozita celuloza/BPP/AgNP.



Fizikalno-kemijska svojstva nanočestica srebra

- određena kemijskim sastavom, veličinom i površinskim svojstvima
- kloriranje, oksidacija, sulfidacija
- utjecaj stabilizatora i površinskih modifikatora
- stvaranje legura sa zlatom, paladijem i platinom te nanokompozita s TiO_2 i SiO_2
- potencijal nanočestica Ag_2S i Ag_2O – biokompatibilnost, antimikrobna svojstva



Struktura jezgra-omotač (engl. *core-shell*) sastavljena od nanočestica srebra (crna jezgra) i silicijeva dioksida (svijetli omotač).



Primjena nanočestica srebra

- površinski pojačano Ramanovo raspršenje (engl. *Surface Enhanced Raman Scattering*, SERS)
 - LSPR → vrući elektroni (engl. *hot electrons*) → pojačanje Ramanovog raspršenja
 - niske koncentracije analita
- nanostrukturo potpomognuta laserska desorpcija/ionizacija (engl. *Nanostructure-Assisted Laser Desorption/Ionization*, NALDI)
 - veća učinkovitost desorpcije iona
 - veća osjetljivost nego u slučaju zlata i platine
- kataliza
- fluorescencija
- apsorpcija solarne energije
- biosenzori



Zaključak

- nanočestice srebra predstavljaju svestranu klasu materijala s brojnim primjenama u znanosti, industriji i biomedicini
- svaka metoda sinteze omogućuje specifičnu kontrolu nad veličinom, oblikom i površinskom kemijom nanočestica srebra
 - utjecaj na stabilnost, reaktivnost i biokompatibilnost
- potrebna detaljna karakterizacija nanočestica srebra
 - razumijevanje odnosa strukture i svojstava
 - optimizacija materijala

Hvala na pozornosti!