



ORIGINALNI NAUČNI ČLANAK

Mogućnost primene ksantana za uklanjanje jona metala iz otpadnih voda

Ida Zahović | Zorana Rončević | Jelena Dodić | Jovana Grahovac | Siniša Dodić

Univerzitet u Novom Sadu,
Tehnološki fakultet, 21000 Novi
Sad Srbija.

Odgovorni autor:

Ida Zahović, Univerzitet u Novom
Sadu, Tehnološki fakultet Novi
Sad, Srbija.

Email: idaidaza@gmail.com

Glavne riječi:

*ksantan, otpadne vode, uklanjanje
jona metala.*

Izvod

Biopolimeri poseduju sposobnost apsorpcije velike količine vode ili bioloških fluida pri čemu bubre i formiraju hidrogelove. Zahvaljujući tome našli su široku primenu u različitim granama industrije, a između ostalog koriste se i za uklanjanje jona metala iz vode. Zbog svoje jedinstvene strukture i izuzetnih reoloških karakteristika, ksantan, komercijalno najznačajniji mikrobiološki biopolimer, mogao bi se primenjivati i za prečišćavanje otpadnih voda jer bi se strukture formirane u prisustvu metala mogle lako odvojiti mehaničkim putem. Stoga su istraživanja iz okvira ovog rada izvedena u cilju ispitivanja mogućnosti umrežavanja sirovog ksantana različitim jonima metala. Na osnovu uspešnosti umrežavanja i stabilnosti formiranih struktur procenjeno je daje primenom ovog biopolimera moguće ukloniti jone olova i gvožđa iz otpadnih voda.

1. UVOD

Savremen način života i povećanje obima industrijske proizvodnje u značajnoj meri utiču na degradaciju kvaliteta životne sredine što za posledicu ima poremećaj prirodne ravnoteže i narušavanje zdravlja ljudi. Naučnici procenjuju da je veliki broj smrtnih slučajeva uzrokovan zagađenjem vazduha, vode i zemljišta. Širenje zagađenja omogućeno je protokom vode kroz površinske i unutrašnje slojeve zemljišta jer se na taj način raznose i talože štetne materije, što je upravo razlog porasta broja naučnih istraživanja o prečišćavanju otpadnih voda [1].

Zagađujuće materije prisutne u otpadnim vodama mogu se klasifikovati u tri grupe, i to fizičke, hemijske i biološke. Zagađene vode prirodnim kruženjem dospevaju prelaze u podzemne vode, odakle sigurno dolaze do reka, jezera i mora. Hemijsko zagađenje vode direktnim ili indirektnim putem može dovesti do uginuća vodenog sveta, a masovno uginuće određene grupe organizama u vodi može poremetiti prirodnu ravnotežu u čitavom vodenom ekosistemu. Sa druge strane, zagađivanje vode otrovnim materijama ima i indirektnu posledicu na čoveka. [2]. Osim ljudskog otpada, vodu zagađuje i vodeni saobraćaj, đubriva i pesticidi sa obradivih površina, kao i rastvarači i deterdženti iz domaćinstava i fabrika. Ipak, najveći zagađivači voda su industrijski efluenti nastali prilikom izvođenja različitih proizvodnih postupaka. Među najopasnije polutante koji potiču iz industrijskih otpadnih voda ubrajaju se toksični metali kao što su gvožđe, olovo, kobalt, bakar, aluminijum, natrijum i drugi [3].

Kako bi se otpadne vode bezbedno ispustile u životnu sredinu potrebno ih je prečistiti primenom odgovarajućih mehaničkih, hemijskih i/ili bioloških metoda. Mehaničke metode prečišćavanja otpadnih voda podrazumevaju postupke za uklanjanje krupnijih nečistoća i suspendovanih čestica, a zasnovane su na delovanju fizičkih sila kao što su gravitacija i pritisak. Hemijske

metode predstavljaju procese u kojima se uklanjanje zagađujućih materija obavlja izvođenjem određenih hemijskih reakcija ili fizičko-hemijskih fenomena. Biološki procesi prečišćavanja otpadnih voda zasnovani su na primeni mikroorganizama koji usvajaju i metabolišu brojne organske i neorganske materije iz otpadnih voda. Navedene metode poseduju niz prednosti, ali i nedostataka. Naime, neke od njih zahtevaju upotrebu toksičnih i skupih materijala, dok neke nisu u potpunosti efikasne i mogu dovesti do pojave novog otpada [4]. Zbog toga je pažnja naučne javnosti usmerena na ispitivanje mogućnosti primene biokompatibilnih materijala za prečišćavanje otpadnih voda od kojih su se kao najpogodniji pokazali biopolimeri.

Poznato je da biopolimeri poseduju sposobnost apsorpcije velike količine vode ili bioloških fluida, pri čemu bubre i formiraju hidrogelove [5]. Zahvaljujući tome našli su raznoliku primenu, a između ostalog koriste se i za uklanjanje pojedinih jona metala iz različitih otpadnih voda [6]. Među biopolimerima mikrobiološkog porekla kao komercijalno najznačajniji izdvojio se ksantan koga proizvode bakterije roda *Xanthomonas* na polusintetičkim podlogama čija su osnova različiti industrijski efluenti [7]. Zbog svoje jedinstvene strukture i izuzetnih reoloških karakteristika ksantan bi se mogao primenjivati i za prečišćavanje otpadnih voda jer bi se strukture formirane u prisustvu metala mogle lako odvojiti mehaničkim putem. Međutim, ova istraživanja su relativno nova i u početnim fazama.

Cilj ovog rada je ispitivanje mogućnosti umrežavanja sirovog ksantana različitim jonima metala. Na osnovu uspešnosti umrežavanja ksantana i stabilnosti formiranih struktura procenjen je potencijal primene ovog biopolimera za uklanjanje jona metala iz otpadnih voda.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

Priprema rastvora ksantana

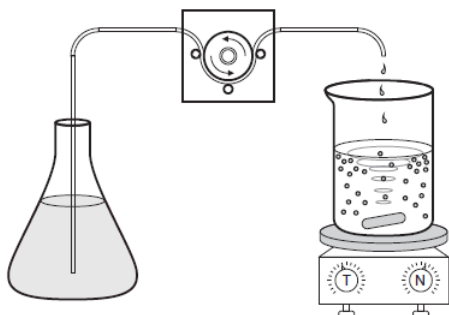
Za umrežavanje korišćen je 2,5% (w/v) vodeni rastvor sirovog ksantana sintetisanog na otpadnim vodama iz proizvodnje belog vina pomoću soja *Xanthomonas campestris* ATCC 13951. Priprema rastvora ksantana podrazumevala je suspendovanje potrebne količine biopolimera u česmenskoj vodi, a zatim njegovo višerasovno rastvaranje u uslovima konstantnog mešanja.

Priprema rastvora metalnih jona

Kao agensi za umrežavanje upotrebljeni su joni jednovalentnih, dvovalentnih i trovalentnih metala. Od izvora jona metala korišćene su soli (hloridi, sulfati i nitrati) natrijuma, kalijuma, kobalta, bakra, olova i gvožđa. Za potrebe ovih istraživanja pripremljeni su vodeni rastvori pomenutih metalnih jona različitih koncentracija (0,025 M, 0,050 M i 0,075 M) i vrednosti pH (3, 5, 7 i 9).

Postupak umrežavanja

Umrežavanje sirovog ksantana izvedeno je na ambijentalnoj temperaturi ukapavanjem njegovog rastvoru rastvor jona metala peristaltičkom pumpom brzinom od 1 kap/s (prečnik creva 0,3 mm) uz konstantno mešanje od 150 o/min koje je obezbeđeno postavljenjem suda za umrežavanje na magnetnu mešalicu. Na slici 1 dat je šematski prikaz korišćene aparature.



Slika 1. Šematski prikaz aparature za laboratorijsko umrežavanje ksantana

Očvršćivanje, odnosno mehanička stabilnost formiranih struktura ksantana postignuta je njihovim odležavanjem u rastvoru jona metala u toku 10 min uz konstantno mešanje.

Karakterizacija formiranih struktura

Po završetku odležavanja izvršena je karakterizacija formiranih struktura ksantana. U tu svrhu merena je veličina umreženih struktura, a određivan je i sadržaj suve materije istih.

Veličina formiranih struktura ksantana određena je merenjem njihovih dimenzija pomoću nonijusa. Za merenje korišćen je nasumično odabran uzorak od deset umreženih struktura. Sadržaj suve materije umreženih struktura ksantana određen je gravimetrijski, odnosno njihovim sušenjem na temperaturi od 105°C do postizanja konstantne mase (Sl. list SFRJ 29/83).

umrežavanja, izgled i stabilnost formiranih struktura za

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U skladu sa definisanim ciljem, tokom ovih istraživanja ispitana je mogućnost umrežavanja sirovog ksantana jednovalentnim (Na^+ , K^+), dvovalentnim (Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}) i trovalentnim (Fe^{3+}) jonima metala. Umrežavanje je izvedeno ukapavanjem rastvora ksantana u rastvore metalnih jona prethodno opisanim postupkom. Kako bi se ispitao uticaj vrednosti pH i koncentracije metalnih jona na uspešnost umrežavanja izvršena je karakterizacija formiranih struktura koja je pored vizuelnog pregleda uključivala i merenje veličine, kao i određivanje suve materije struktura. Vizuelnim pregledom uočeno je da li je došlo do formiranja struktura, a procenjeno je i da li je formirana struktura stabilna ili se raspada na dodir.

Uticaj vrednosti pH rastvora jona metala

Kako bi se ispitao uticaj vrednosti pH rastvora metalnih jona na uspešnost umrežavanja, rastvor sirovog ksantana ukapavan je u 0,050 M rastvore metalnih jona čija je vrednost pH podešena na 3, 5, 7 ili 9. Mogućnost umrežavanja, izgled i stabilnost formiranih struktura za sve ispitivane jone, osim olova i gvožđa, opisana je i sumarno prikazana u tabeli 1.

Uticaj vrednosti pH rastvora jona olova i gvožđa na uspešnost umrežavanja ksantana nije ispitano jer je bilo nemoguće izvršiti korekciju ovog parametra u rastvorima pomenutih jona. Naime, vrednost pH rastvora jona gvožđa bilo je nemoguće podesiti iznad 3, dok se kod rastvora jona olova stvarao talog prilikom dodavanja i kiselina i baza. Stoga su za umrežavanje ksantana jonima olova i gvožđa korišćeni rastvori pomenutih metalnih jona bez korekcije vrednosti pH.

Rezultati prikazani u tabeli 1 pokazuju da formiranje čvrste i stabilne strukture nije bilo moguće postići u svim analiziranim uslovima. Na osnovu datih objašnjenja može se ustanoviti da se, ako se kao agensi za umrežavanje koriste joni natrijuma, kalijuma i kobalta, najstabilnije strukture obrazuju ako je vrednost pH rastvora ovih jona 7. Najstabilnije strukture formirane u rastvoru jona bakra obrazovane su pri vrednosti pH od 5 što je veoma blisko inicijalnim vrednostima pH rastvora soli bakra. Imajući u vidu da je umrežavanje ksantana rastvorima jona pomenutih metala moguće, ali da ne nastaju stabilne i čvrste strukture može se reći da ovi metali ne umrežavaju ksantan dovoljno dobro ukoliko su prisutni u koncentraciji od 0,05 M.

Uticaj koncentracije jona metala u rastvoru

Kako bi se ispitao uticaj koncentracije jona metala na uspešnost umrežavanja, rastvor sirovog ksantana ukapavan je u 0,025 M, 0,050 M i 0,075 M rastvore metalnih jona čija je vrednost pH podešena na onu vrednost koja se u prethodnom setu eksperimenata pokazala kao najpogodnija, osim za rastvore jona olova i gvožđa čija vrednost pH nije korigovana. Mogućnost sve ispitivane jone, opisana je i sumarno prikazana u

tabeli 2. Prikazani rezultati pokazuju da koncentracija jona metala u rastvoru značajno utiče na uspešnost umrežavanja, ali i stabilnost formiranih struktura. Jednovalentni joni metala (Na^+ i K^+) nisu pokazali naročitu sposobnost umrežavanja ksantana u primenjenim uslovima. Ukapavanje rastvora ksantana u rastvore pomenutih metalnih jona rezultiralo je formiranjem sitnih, nestabilnih struktura, izduženog, ali ipak nepravilnog oblika. Nešto stabilnije strukture obrazovane su pri upotrebi NaCl kao izvora jona metala. Ove strukture nisu bile čvrste, ali se nestabilna forma održavala u vidu elipsoidnih struktura neko vreme u rastvoru. Od ispitivanih dvovalentnih jona metala (Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}), najbolje umrežavanje postignuto je prilikom ukapavanja sirovog ksantana u rastvor jona olova, dok rastvori jona kobalta i bakra nisu pokazali pozitivne rezultate umrežavanja u

primenjenim uslovima. Umrežavanjem ksantana rastvorom jona olova pri svim ispitivanim koncentracijama formirane su stabilne strukture. Ipak, primećeno je da se stabilnost formiranih struktura povećavala sa porastom koncentracije jona olova u rastvoru. Najveća koncentracija rastvora jona olova (0,075 M) umrežila je ksantan pri čemu su formirane stabilne strukture, elipsoidnog oblika, ali neujednačene veličine. Međutim, najbolje umrežavanje postignuto je u prisustvu trovalentnih metalnih jona (Fe^{3+}), odnosno ukapavanjem rastvora ksantana u 0,075 M rastvor gvožđe(III)-hlorida. Pri navedenim uslovima formirane su stabilne strukture elipsoidnog oblika. Unutrašnjost ovih struktura bila je ispunjena, a primećena je i njihova duga postojanost u rastvoru. Izgled pomenutih struktura prikazan je na slici 2.

Tabela 1. Uticaj vrednosti pH 0,050 M rastvora jona metala na uspešnost umrežavanja sirovog ksantana

Izvor metalnih jona	Početna vrednost pH	Karakteristike formiranih struktura			
		pH=3	pH=5	pH=7	pH=9
NaCl	7,58	nestabilne, nepravilnog oblika	nešto stabilnije nego na pH=3 ali i dalje nestabilne, nepravilnog oblika	stabilnije nego na pH=5 ali još uvek nestabilne, nepravilnog oblika	manje stabilne nego na pH=5 i 7, nepravilnog oblika
Na_2SO_4	7,65	nestabilne, nepravilnog oblika, sitnije od NaCl	stabilnije nego na pH=3 ali još uvek nestabilne, nepravilnog oblika	stabilnije nego na pH=5 ali i dalje nestabilne, nepravilnog oblika	stabilnije nego na pH=3, ali manje stabilne nego na pH=7, nepravilnog oblika
NaNO_3	7,61	nestabilne, sitne, nepravilnog oblika	stabilnije nego na pH=3 ali i dalje nestabilne, sitne, nepravilnog oblika	stabilnije nego na pH=5 ali još uvek nestabilne, sitne, nepravilnog oblika	stabilnije nego na pH=3 ali ipak nestabilne, sitne, nepravilnog oblika
KCl	7,64	nestabilne, sitne, nepravilnog oblika	nešto stabilnije nego na pH=3, sitne, nepravilnog oblika	stabilnije nego na pH=5, sitne, nepravilnog oblika	neposredno nakon ukapavanja rastvora ksantana gube oblik i raspadaju se
K_2SO_4	7,63	stabilniji od KNO_3 , izduženog oblika	stabilniji nego na pH=3, manje izduženog oblika	stabilniji nego na pH=5, manje izduženog oblika	manje stabilni nego na pH=7, manje izduženog oblika
KNO_3	7,62	nestabilne, izdužene ali i dalje nepravilnog oblika	stabilnije nego na pH=3, izdužene, ali i dalje nepravilnog oblika	veoma slične kao na pH=5, izdužene, ali još uvek nepravilnog oblika	nestabilne, izdužene ali ipak nepravilnog oblika
CoCl_2	7,12	nestabilne, sitne, elipsoidnog oblika	nešto stabilnije nego na pH=3, sitne, elipsoidnog oblika	nešto stabilnije nego na pH=5, sitne, elipsoidnog oblika	-
CuCl_2	4,47	nestabilne, sitne, nepravilnog oblika	nešto stabilnije ali se ipak raspadaju, nepravilnog oblika	-	-
CuSO_4	5,07	veoma nestabilne, nepravilnog oblika	nešto čvršće, sitne, nepravilnog oblika	-	-

Tabela 2. Uticaj koncentracije jona metala u rastvoru na uspešnost umrežavanja sirovog ksantana

Izvor metalnih jona	Početna vrednost pH	Karakteristike formiranih struktura		
		c=0,025 M	c=0,050 M	c=0,075 M
NaCl	7,00	nestabilne, nepravilnog oblika	stabilnije nego kada je c=0,025 M, ali i dalje nestabilne, nepravilnog oblika	stabilnije duže vreme u rastvoru, elipsoidnog oblika
Na₂SO₄	7,00	nestabilne, sitne, izdužene, ali i dalje nepravilnog oblika	stabilnije nego kada je c=0,025 M ali još uvek nestabilne, nepravilnog oblika	nestabilne, sitne, izuženog, ali ipak nepravilnog oblika
NaNO₃	7,00	nestabilne, sitne, nepravilnog oblika	stabilnije nego kada je c=0,025 M ali još uvek nestabilne, sitne, nepravilnog oblika	nestabilne, sitne, nepravilnog oblika
KCl	7,00	neposredno nakon ukapavanja rastvora ksantana gube oblik i raspadaju se	stabilnije nego kada je c=0,025 M ali još uvek nestabilne, sitne, nepravilnog oblika	nešto stabilnije, nepravilnog oblika
K₂SO₄	7,00	nestabilne, sitne, izdužene, ali i dalje nepravilnog oblika	stabilniji od KNO ₃ , izduženog oblika	stabilne, izduženog oblika
KNO₃	7,00	nestabilne, sitne, izdužene, ali i dalje nepravilnog oblika	stabilnije nego kada je c=0,025 M ali i dalje nestabilne, izdužene, nepravilnog oblika	nešto stabilnije, nepravilnog oblika
CoCl₂	7,00	nestabilne, sitne, elipsoidnog oblika	stabilnije nego kada je c=0,025 M ali još uvek nestabilne, sitne, elipsoidnog oblika	čvršće ali i dalje nestabilne, sitne, elipsoidnog oblika
CuCl₂	5,29	nestabilne, nepravilnog oblika	nešto stabilnije nego kada je c=0,025 M ali se i dalje raspadaju po izdvajanju iz rastvora	čvršće ali i dalje nestabilne, krupnije, prilično ujednačenog oblika
CuSO₄	5,28	nestabilne, sitne, nepravilnog oblika	čvršće nego kada je c=0,025 M, sitne, nepravilnog oblika	nešto stabilnije nego kada je c=0,05 M, neodređen oblik, nepravilnog oblika
Pb(NO₃)₂	3,00	stabilne, elipsoidnog oblika, neujednačene veličine, ispunjene unutrašnjosti	na dodir se deformišu ali ne raspadaju, sitne, elipsoidnog oblika	čvršće nego kada je c=0,050 M, sitne, elipsoidnog oblika
FeCl₃·6H₂O	1,96	stabilne, elipsoidnog oblika, ujednačene veličine, ispunjene unutrašnjosti	stabilne, elipsoidnog oblika, ispunjene unutrašnjosti, postojane duže vreme u rastvoru	čvršće nego kada je c=0,050 M, elipsoidnog oblika, ispunjene unutrašnjosti, postojane duže vreme u rastvoru



Slika 2. Izgled struktura ksantana formiranih u rastvoru jona gvožđa

Veličina formiranih struktura

Na osnovu zapažanja datih u tabelama 1 i 2 jasno je da se ravnomernim ukapavanjem rastvora ksantana u rastvore jona različitih metala formiraju strukture različitih karakteristika i veličina što je posledica pristunog metalnog jona, njegovog izvora i koncentracije u rastvoru, kao i vrednosti pH rastvora. S obzirom da su u prisustvu jona gvožđa i olova formirane najstabilnije strukture nastavak istraživanja posvećen je određivanju njihovih dimenzija. U tabeli 3 dati su rezultati određivanja veličine struktura umreženih jonima gvožđa različite koncentracije prilikom njihovog odležavanja u rastvoru tokom 24 h.

Tabela 3. Veličina struktura formiranih u prisustvu jona gvožđa različitih koncentracija tokom 24 h

Vreme (h)	Prosečna veličina: širina x dužina (mm)			
	0,015 M	0,025 M	0,050 M	0,075 M
0	3,99 x 5,48	3,86 x 5,50	3,76 x 5,60	3,61 x 5,45
3	3,71 x 5,35	3,57 x 5,97	3,83 x 5,30	3,39 x 5,24
6	3,42 x 5,38	3,56 x 5,44	3,66 x 5,46	3,66 x 5,37
24	3,69 x 5,23	3,65 x 5,13	3,56 x 5,41	3,59 x 5,16

Rezultati prikazani u tabeli 3 ukazuju da se dimenzije struktura formiranih u prisustvu različitih koncentracija jona gvožđa u maloj meri smanjuju sa povećanjem sadržaja pomenutog metalnog jona u rastvoru. Dakle, strukture najvećih dimenzija formirane su pri koncentraciji jona gvožđa od 0,015 M, dok su strukture najmanjih veličina obrazovane u 0,075 M rastvoru pomenutih jona. Ovo može biti posledica toga što u prisustvu veće koncentracije jona dolazi do boljeg umrežavanja, formiraju se manje porozne strukture čija je unutrašnjost ispunjena. Strukture formirane pri nižim sadržajima jona gvožđa su više porozne čime je omogućena difuzija rastvora u njihovu unutrašnjost što za posledicu ima nastanak struktura većih dimenzija.

Praćenje karakteristika struktura tokom njihovog odležavanja u rastvoru neophodno je kako bi se definisao uticaj vremena na njihovu stabilnost u rastvoru jona. Dobijeni rezultati (tabela 3) pokazuju da se veličina formiranih struktura neznatno menja tokom njihovog dvadesetčetvorosatnog odležavanja u rastvoru jona gvožđa bez obzira na njegovu koncentraciju.

Slično ponašanje uočeno je i kod struktura formiranih u prisustvu jona olova. Rezultati određivanja veličine struktura umreženih jonima olova različite koncentracije tokom njihovog odležavanja u periodu do 24 h prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4. Veličina struktura formiranih u prisustvu jona olova različitih koncentracija tokom 24 h

Vreme (h)	Prosečna veličina: širina x dužina (mm)		
	0,025 M	0,050 M	0,075 M
0	4,42 x 6,85	3,67 x 5,31	3,40 x 4,98
3	3,86 x 6,56	3,52 x 5,10	3,44 x 4,74
6	4,12 x 6,58	3,76 x 5,11	3,51 x 5,01
24	3,55 x 5,01	3,53 x 4,87	3,50 x 4,67

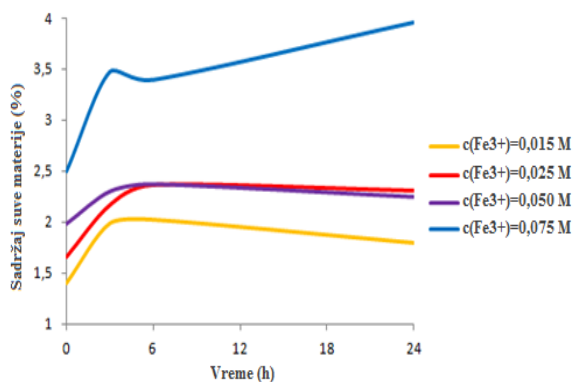
Rezultati prikazani u tabeli 4 u skladu su sa prethodno dobijenim vrednostima, odnosno ukazuju da se dimenzije

struktura obrazovanih u prisustvu različitih koncentracija jona olova u maloj meri smanjuju sa povećanjem njihovog sadržaja u rastvoru za umrežavanje. Bitno je napomenuti da ukapavanjem rastvora sirovog ksantana u 0,015 M rastvor jona olova ne dolazi do formiranja bilo kakvih struktura.

Stoga su strukture najvećih dimenzija formiranje u rastvoru jona olova koncentracije 0,025 M, dok su strukture obrazovane u 0,075 M rastvoru ovih metalnih jona najmanje veličine. Kao i u prethodnom slučaju, veličina formiranih struktura neznatno se menja tokom njihovog odležavanja u rastvoru jona olova bez obzira na njegovu koncentraciju.

Sadržaj suve materije umreženih struktura

Karakterizacija struktura formiranih u prisustvu jona gvožđa i olova različitih koncentracija podrazumevala je i određivanje njihove suve materije, kao i praćenje promene vrednosti ovog parametra prilikom odležavanja obrazovanih struktura tokom 24 h. Dobijeni rezultati grafički su predstavljeni na slikama 3 i 4.

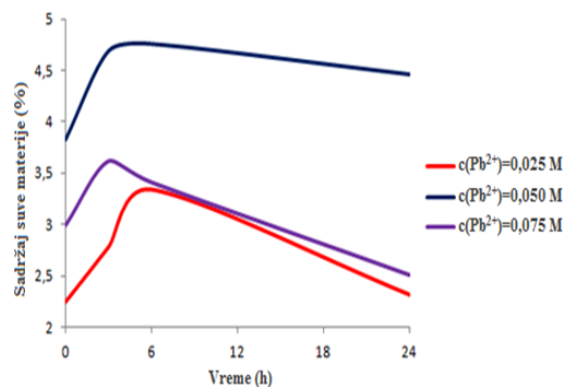


Slika 3. Promena sadržaja suve materije struktura formiranih u prisustvu jona gvožđa različite koncentracije tokom 24 h

Rezultati promene sadržaja suve materije struktura formiranih u rastvorima jona gvožđa različitih koncentracija prikazani su na slici 3 gde se može videti da su po završenom postupku umrežavanja dobijene strukture koje karakteriše različit sadržaj suve materije. Najveći sadržaj suve materije imale su strukture umrežene jonima gvožđa koncentracije 0,075 M, dok su u 0,015 M rastvoru ovog metalnog jona formirane strukture sa najmanjom vrednošću ovog parametra. Dakle, jasno je da se sa povećanjem koncentracije jona gvožđa u rastvoru povećava i sadržaj suve materije formiranih struktura. Razlog ove pojave može biti to što se u koncentrovanijim rastvorima metalnih jona formiraju čvršće strukture koje su posledica umrežavanja većeg broja molekula ksantana posredstvom većeg broja metalnih jona.

Rezultati prikazani na slici 3 pokazuju i da se sadržaj suve materije struktura formiranih u prisustvu jona gvožđa menja tokom njihovog odležavanja u rastvoru za umrežavanje. Može se primetiti da tokom prvih 3 h sadržaj suve materije struktura raste nakon čega se ne menja značajno do 6 h kada počinje da opada. Odstupanje se javlja kod struktura koje su obrazovane u 0,075 M rastvoru jona gvožđa gde dolazi do pada sadržaja suve materije između 3 h i 6 h, dok nakon toga sadržaj suve materije struktura raste.

Promena sadržaja suve materije struktura formiranih u prisustvu jona olova različite koncentracije tokom njihovog odležavanja u rastvoru predstavljena je na slici 4. Prikazani rezultati ukazuju da su sustrukture sa najvećim sadržajem suve materije formirane u prisustvu jona olova koncentracije 0,050 M, dok je najmanji sadržaj suve materije zabeležen kod struktura obrazovanih u najmanje koncentrovanom rastvoru jona olova. S obzirom da je sadržaj suve materije struktura formiranih u rastvoru jona olova koncentracije 0,050 M značajno veći od ostalih, može se pretpostaviti da se u tom slučaju najveći broj molekula ksantana umrežava ovim metalnim jonima. Za razliku od struktura koje nastaju u prisustvu jona gvožđa, strukture formirane jonima olova slično se ponašaju tokom odležavanja u rastvoru za umrežavanje, kao što se može i videti sa slike 4. Predstavljeni rezultati ukazuju da sadržaj suve materije dobijenih struktura raste tokom prvih 3 h nakon čega dolazi do opadanja vrednosti ovog parametra strukture formirane pri svim ispitivanim koncentracijama jona olova.



Slika 4. Promena sadržaja suve materije struktura formiranih u prisustvu jona olova različite koncentracije tokom 24 h

5. ZAKLJUČAK

U skladu sa definisanim ciljem, u okviru ovog rada ispitana je mogućnost umrežavanja sirovog ksantana različitim jonima metala. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da uspešnost umrežavanja sirovog ksantana u velikoj meri zavisi od sadržaja metalnih jona u rastvoru, ali i od njegove vrednosti pH.

Dokazano je da u prisustvu jona natrijuma, kalijuma, kobalta i bakra u primenjenim eksperimentalnim uslovima ne dolazi do stabilnog umrežavanja sirovog ksantana. Naime, siirovi ksantan je moguće umrežiti trovalentnim

jonima gvožđa ukoliko se koriste rastvori ovog metalnog jona koncentracije od 0,015 M do 0,075 M čija vrednost pH nije korigovana. Pri ovim uslovima formiraju se najstabilnije strukture, elipsoidnog oblika čija prosečna veličina iznosi 4,08 x 5,53 mm.

Do formiranja stabilnih struktura dolazi i prilikom ukapavanja rastvora sirovog ksantana u rastvore jona olova koncentracije od 0,025 M do 0,075 M čija je vrednost pH podešena na 3. U ovim uslovima obrazuju se nešto mekanije, elipsoidne strukture prosečnih dimenzija oko 3,63 x 5,80 mm.

Na osnovu uspešnosti umrežavanja i stabilnosti formiranih struktura može se konstatovati da ksantan ima veliki potencijal primene za uklanjanje jona gvožđa i olova iz otpadnih voda.

LITERATURA

1. Veljković N., Vidojević D., Jovičić M. (2010). Uticaji zagađujućih materija iz urbanih otpadnih voda na životnu sredinu i zdravlje. Zbornik referata međunarodne konferencije "Otpadne vode, komunalni i čvrsti otpad i opasan otpad", Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Subotica.
2. Kitanović R., Šušteršič V. (2013). Tretman otpadnih voda. *Military technical courier* 61 (3), 122-140.
3. Haider S., Bukhari N., Al-Masry W. A., Haider A. (2010). Removing heavy metals from water. *Society of Plastics Engineers*, 10.1002/spepro.003042
4. Povrenović D., Knežević M. (2013). Osnove tehnologije prečišćavanja otpadnih voda. Beograd, Srbija: Tehnološko-metalurški fakultet.
5. Panić V. (2012). Sinteza i svojstva hidrogelova na bazi metakrilne kiseline modifikovanih zeolitima, Doktorska disertacija, Beograd, Srbija: Tehnološko-metalurškifakultet.
6. Chen Q., Zhu L., Zhao C., Zheng J. (2012). Hydrogels for removal of heavy metals from aqueous solution. *Environmental & analytical toxicology* 5:2.
7. Bajić B., Rončević Z., Puškaš V., Miljić U., Dodić S., Grahovac J., Dodić J. (2015). White wine production effluents used for biotechnological production of xanthan. *Journal on processing and energy in agriculture* 19 (1), 52-55.

The possibility of application of xanthan in removal of metal ions from wastewaters

ABSTRACT

Biopolymers have the ability to absorb large amounts of water or biological fluids. They are swelling and forming hydrogels. Thanks to this, they have found a variety of applications, and among others they can be used to remove some metal ions from the water. Due to its unique structure and exceptional rheological characteristics, microbiological biopolymer, xanthan, can also be used for purification of wastewater because structures formed in the presence of metals can be easily separated. Therefore, the research from this paper was carried out in order to examine the possibilities of crosslinking the xanthan with different metal ions. Based on the successful crosslinking and stability of the formed crosslinked structures, it has been estimated that with the use of this biopolymer it is possible to remove ions of lead and iron from wastewaters.

Key words: *removal of metal ions, wastewaters, xanthan.*