

Biosorpcija kao nova biotehnologija u funkciji očuvanja i uravnoteženog korišćenja biodiverziteta

JELENA MILOJKOVIĆ¹
MIRJANA STOJANOVIĆ¹
MIRJANA RISTIĆ²

Originalni naučni rad
UDC:574.4/.5:575.16

1. UVOD

Permanentni porast intenziteta korišćenja prirodnih resursa sa osnovnim ciljem zadovoljenja sve većih potreba rastućeg stanovništva, uzrokovao je brojne ireverzibilne negativne promene prirodne i životne sredine, koje su počele da sve više predstavljaju izvor određenih problema. Savremeni pristup prepoznavanja osnovnih faktora koji dovode do gubitka biodiverziteta veoma je dobro definisan akronimom HIPPO, koji je izveden iz početnih slova sledećih reči (na engleskom jeziku): (H): Habitat alteration (Izmene/Promene staništa), (I): Invasive species (Invazivne, alohtone vrste), (P): Pollution (Zagađivanje), (P): Population growth (Populacioni rast organske vrste *Homo sapiens*), (O): Overexploitation (Preterana eksploatacija). (H): Habitat alteration (Izmene/Promene staništa) [1].

Zaštita i očuvanje prirodnih dobara i biodiverziteta zahteva integralni pristup u održivom upravljanju. Jedan od načina usklađenog razvoja, radi očuvanja prirodnih vrednosti zaštićenih prirodnih dobara jeste stimulisanje razvoja novih biotehnologija u funkciji očuvanja i uravnoteženog korišćenja biodiverziteta [2].

2. BIOSORPCIJA

Intenzivna istraživanja u svetu od devedesetih godina prošlog veka se vode u oblasti biosorpcije. Ova relativno nova biotehnologija koristi biosorbente za uklanjanje polutanata (teški metali i radionuklidi) iz kontaminiranih efluenata i voda. Biosorpcija se može definisati kao sposobnost određenih biomolekula (ili tipova biomase) da vežu ili koncentrišu određene jone ili druge molekule iz vodenih rastvora [3].

Adrese autora: ¹Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina ITNMS, Beograd, ²Tehnološko – metalurški fakultet Beograd, Srbija

Odgovarajuća biomasa (biosorbent) bi trebalo da bude: odbačeni biomaterijal dostupan u većim količinama i jeftin. U istraživanjima u svetu mogu se uočiti dva trenda za uklanjanje polutanata biosorpcijom. Prvi, je korišćenje naprednih tehnologija za uklanjanje polutanata, korišćenjem živih ćelija. Drugi trend se odnosi na razvoj komercijalnih biosorbensa korišćenjem mrtve biomase, imobilizacijom i poboljšanjem biosorptivnih procesa uključujući regeneraciju/ponovnu upotrebu. Na ovaj način biosorbenti se ponašaju kao jonoizmenjivači [3, 4].

Mehanizmi odgovorni za biosorpciju, mogu biti pojedinačni ili kombinacija sledećih procesa: jonska izmena, građenje kompleksa, adsorpcija, elektrostatička interakcija, mikrotaloženje i građenje helata [5].

Slično jonoizmenjivačima, biosorbenti su sposobni da odvoje određene jone odgovarajućim hemijski aktivnim grupama koje se nalaze u njihovoj strukturi. Neke od najvažnijih funkcionalnih (vezivnih) grupa su predstavljene tabelom 1.

Brojna istraživanja sa bakterijama, algama, kvascima i gljivama kao biosorbentima za uklanjanje teških metala, organskih jedinjenja i radionuklida su sprovedena u svetu [4]. Poznavanje sastava ćelijskog zida i razlike između vrste mikroorganizma je korisno za bolje razumevanje i upravljanje biosorpcijom [3]. Šematski prikaz ćelijskog zida je dat slikom 1.

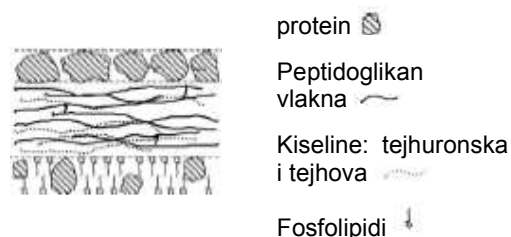
Saznanje o aktivnim mestima u biosorbentu može pomoći u istraživanjima sa više strana npr. za postavljanje odgovarajućeg matematičkog modela simulacije sorpcionog procesa. Ovakav model bi pomogao u vođenju daljeg eksperimentalnog rada i u predviđanju mogućnosti sorpcije pod različitim uslovima [3].

Tabela 1 - Glavne vezivne grupe za biosorpciju [3].

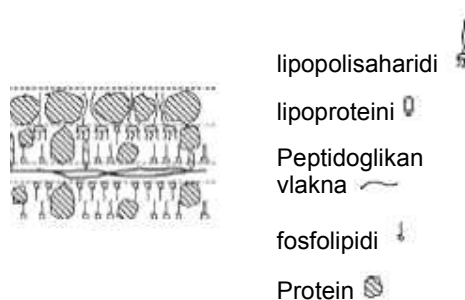
grupa	Strukturna formula	Zastupljenost u pojedinim biomolekulima
hidroksilna	-OH	PS, UA, SPS, AA
karbonilna	-C=O	Peptidna veza
karboksilna	-C=O OH	UA, AA
tiol	-SH	AA
sulfonat	O -S=O O	SPS
tioetar	>S	AA
amini	-NH ₂	Cto, AA
Sekundarni amini	>NH	Cti, PG, peptidna veza
amidi	-C=O NH ₂	AA
imini	=NH	AA
imidiazol	-C-N-H >CH H-C-N	AA
fosfonat	OH -P=O OH	PL
fosfatna	OH -O-P=O OH	DNA, RNA, ATP
fosfodiester	>P=O OH	TA, LPS

PS - polisaharidi; UA - uronske kiseline; SPS - sulfatni PS; Cto - hitosan; PG - peptidoglikan; AA - amino kiseline; TA - tejhova kiselina; PL - fosfolipidi; LPS - lipo PS.

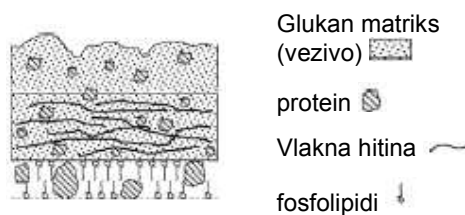
a) Gram pozitivne bakterije



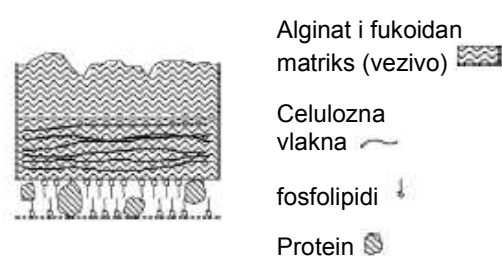
b) Gram negativne bakterije



c) Gljive



d) Alge



Slika 1 - Šematski prikaz strukture ćelijskog zida a) gram+ bakterija, b) gram- bakterija, c) gljiva i d) algi[3].

Kroz brojna ispitivanja u ovoj oblasti neki od faktora koji utiču na performanse biosorpcije su [6]:

- koegzistirajući katjoni (kalijum, NH₄⁺, magnezijum, teški metali);
- koegzistirajući anjoni (nitrat, sulfat, tiosulfat, hlorida, fluorida);
- vrsta sorbenta i količina;
- pH rastvora;

Prilikom biranja odgovarajućeg metala za biosorpciju treba uzeti u obzir [3]:

1. toksičnost metala (direktan uticaj na zdravlje)
2. cenu metala (mogućnost ponovnog iskorišćenja)
3. ponašanje samog metala na osnovu istraživanja

2.1 Ravnoteža i modeliranje biosorpcije

Modeli ravnotežnih izoterma su obično klasifikovani u empirijske jednačine i modele zasnovane na mehanizmu delovanja. Modeli zasnovani na mehanizmu delovanja se zasnivaju na mehanizmu biosorpcije metalnih jona, koji su u stanju ne samo da predstavljaju nego i da objasne i predvide eksperimentalno ponašanje. Na osnovu ovakvih modela postavljaju se matematički modeli simulacije biosorpcije. Neki od najčešće korišćenih empirijskih modela su: Langmir model (L tipa, na osnovu jednoslojne adsorpcije rastvora), Freundlich modela (tip F, razvijen za heterogene površine) BET, Redlich–Peterson, Sips, Toth, Radke–Prausnitz itd. Ovi modeli mogu da obezbede informacije o mogućnosti usvajanja polutanata, kapaciteta i razlika u usvajanju između različitih vrsta biosorbenata. U realnom slučaju otpadne vode sadrže mešavinu metalnih jona i drugih polutanata tako da su razvijeni više-komponentni adsorptivni modeli kao što su: kombinovani Langmuir–Freundlich, IAST, prvog reda izraz Lagergren, jednačina pseudo drugog reda, itd. [4,7].

2.2 Selekcija odgovarajućeg biosorbenta i njegova primena

Izbor odgovarajućeg biosorbenta se može izvršiti na osnovu: ravnotežnih izoterma, koeficijenta difuzije i sa praktične strane dostupnosti i cene biosorbenta. Uklanjanje teških metala pomoću poljoprivrednog otpada, sporednih industrijskih bio-proizvoda i odbačenih prirodnih materija su biosorbenti koji se pored algi, plesni, kvasaca, bakterija i gljiva intenzivno ispituju zbog dostupnosti u većim količinama i niske cene. Neki od njih su: vuna, piljevina, šumski otpad (opalo lišće, borove iglice, mahovina...), koštice, kora (od stabljika različitih biljaka), ljuška (od prerade žitarica: pšenice, pirinča, kukuruza, i drugog koštunjavog voća: ora-ha, lešnika, badema, kokosa...), celuloza, otpadni mulj, otpad iz pivara, otpadni mulj iz destilerija, šljaka, ostaci iz prehrambenih industrija (proizvodnje voćnih sokova, prerade morskih plodova: ljuštura rakova, šećerana, uljara, proizvodnje čaja...) ... Biosorbenti se mogu i aktivirati (HCl, NaOH, HCHO...) u cilju bolje aktivacije vezivnih grupa čime se poboljšava biosorpcija [7].

Efikasnost biosorpcije prilikom uklanjanja metala zavisi od mogućnosti regeneracije biosorbenta kao i od troškova pripreme biosorbenta.

Poređenjem sa jonskom izmenom biosorpcija sadrži sledeće [3, 7, 8]:

- ista oprema (npr. cevi, kolone, itd) može se koristiti za obe tehnologije (instalacija za dati tretman može da se naizmenično koristi na obe vrste adsorbensa).
- Prema svim procenama, biosorbens može biti najmanje (1/10) reda veličine jeftiniji. Za razliku od jonoizmenjivačkih materijala biosorbenti su obnovljivi ili otpadni materijali kojima se na taj način produžava životni ciklus LCA
- Kraći životni ciklus može se pretpostaviti za biosorbents.

3. ZAKLJUČAK

Najveći razlog za korišćenje biosorbensa, zasniva se na obnovljivim ili otpadnim materijalima tako da je biosorpcija jeftina a efikasna biotehnologija za uklanjanje polutanata. To svakako garantuje mogućnost za lako otvaranje novih tržišta. Prednosti biosorpcije su: niska cena, visoka efikasnost, minimiziranje nastanka hemijskih i / ili bioloških muljeva, manja upotreba agresivnih sredstava, regeneracija biosorbenta, mogućnost ponovnog iskorišćenja metala. Primenjivanjem biosorpcije produžava se životni ciklus LCA određenih materijala jer velika količina raznovrsnih biomaterijala koje je smatrana za otpad dobija novu primenu. Imajući u vidu dugoročnost, obim i multidimenzionalnost problema zaštite i održivog korišćenja biodiverziteta za sadašnji i budući razvoj ljudskog društva, razvoj i primena biosorpcije kao nove biotehnologije dobija na značaju.

4. LITERATURA

- [1] Isajev V., Beus V., Mataruga M., Biodiverzitet zaštićenih područja u Bosni i Hercegovini i njihov značaj za konzervaciju, Naučna konferencija: "Gazdovanje šumskim ekosistemima nacionalnih parkova i drugih zaštićenih područja" Jahorina, Bosna i Hercegovina, p. 11 – 24, 2006.
- [2] Izvršno veće AP Vojvodine - Pokrajinski sekretarijat za zaštitu životne sredine i održivi razvoj www.eko.vojvodina.gov.rs
- [3] Bohumil Volesky B., Biosorption and me. Water Research, 41, p. 4017-4029, 2007.
- [4] Wang J., Chen C., Biosorbents for heavy metals removal and their future, Biotechnology Advances, 27, p. 195–226, 2009.
- [5] Veglio F, Beolchini F., Removal of metals by biosorption: a review. Hydrometallurgy, 44, p. 301–16, 1997.
- [6] Gavrilescu M., Pavel L. V., Cretescu, I. Characterization and remediation of soils contaminated with uranium, Journal of Hazardous Materials, 163, p. 475–510, 2009.

- [7] Febrianto J., Kosasih A.N., Sunarso J., Ju Y.H., Indraswati N., Ismadji S., Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies, *Journal of Hazardous Materials*, 162, p. 616–645, 2009.
- [8] Milojković J., Stojanović M., Grubišić M., Ileš D., Kraj životnog ciklusa proizvoda, III Sipozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, Soko Banja, Srbija p. 468 – 474, 2008.

IZVOD

BIOSORPCIJA KAO NOVA BIOTEHNOLOGIJA U FUNKCIJI OČUVANJA I URAVNOTEŽENOG KORIŠĆENJA BIODIVERZITETA

Ubrzan tehnološko-ekonomski razvoj, bez adekvatne zaštite životne sredine, je prouzrokovao pojavu velikog broja problema: zagađenje, otpad, gubitak biodiverziteta, uvođenje invazivnih vrsta, osobađanje genetski modifikovanih organizama, itd. Zaštita i očuvanje prirodnih dobara i biodiverziteta zahteva integralni pristup u održivom upravljanju. Jedan od pristupa je i stimulisanje razvoja novih biotehnologija u funkciji očuvanja i uravnoteženog korišćenja biodiverziteta. Povećana industrijska proizvodnja je dovela do ozbiljnih problema u životnoj sredini uzrokujući starenje nekoliko ekosistema zbog akumulacije polutanata. Veliko interesovanje u svetu postoji za biološkim materijalom, bakterijama, algama, kvascima i gljivama, kao biosorbentima za uklanjanje teških metala, zbog njihove niske cene, dobrih performansi i dostupnosti u većim količinama. Biosorpcija se može definisati kao sposobnost određenih biomolekula (ili tipova biomase) da vežu ili koncentrišu određene jone ili druge molekule iz vodenih rastvora. Biosorbenti za razliku od monofunkcionalnih jonoizmenjivača, sadrže različite funkcionalne grupe. Ovi materijali, kao jeftini ali efikasni adsorbenti, predstavljaju dobro rešenje za uklanjanje metala, posebno teških metala iz vodenih rastvora. Različite vrste biosorbenata koje su smatrane za otpad dobijaju novu primenu i produžava im se životni ciklus. Pristup biosorpciji je multidisciplinarni sa tačke hemijskog, mikrobiološkog i procesnog inženjstva i omogućava širi spektar remedijacionih tehnika u odnosu na jonsku izmenu. Ovaj rad predstavlja pregled savremenih trendova u biosorpciji i prikaz korišćenih biosorbenta za uklanjanje polutanata (teški metali i radionuklidi) iz kontaminiranih efluenta i voda.

Cljučne reči: biosorpcija, biosorbenti, otpad, polutanti

ABSTRACT

BIOSORPTION AS A NEW BIOTECHNOLOGY WITH AN AIM OF PROTECTION AND BALANCED USE OF BIODIVERSITY

Rapid techno-economic development, without adequate protection of the environment, caused a number of emergence problems: pollution, waste, loss of biodiversity, introduction of invasive species, release of o genetically modified organisms etc. Protection, conservation of natural resources and biodiversity requires an integrated approach to sustainable management. One approach is to stimulate the development of new biotechnology with an aim of saving and balanced usage of biodiversity. An increased industrial activity has intensified more environmental problems such as deterioration of several ecosystems due to the accumulation of pollutants. A vast array of biological materials, especially bacteria, algae, yeasts and fungi have received increasing attention for heavy metal removal due to their good performance, low cost and large available quantities. Biosorption has been defined as the property of certain biomolecules (or types of biomass) to bind and concentrate selected ions or other molecules from aqueous solutions. Biosorbents, unlike mono functional ion exchange resins, contains variety of functional sites. Advantages of these materials are their efficiency and low cost and application of biosorbents is good solution for removing metals, especially heavy metals from aqueous solutions. Different types of biosorbents that were considered for waste are getting a new application with extending product life cycle. Biosorption needs a multidisciplinary approach from the point of chemical, microbiological and process engineering, and allows a wider range of remediation techniques in relation to the ion exchange. This paper presents an overview of trends in biosorption and application of biosorbents for removing the pollutants (heavy metals and radionuclides) from contaminated effluents and water.

Key words: biosorption, biosorbents, waste, pollutants