

# Primjena nanotehnologije kod proizvodnje biogoriva

---

**Grubor, Mateja; Bilandžija, Nikola; Matin, Ana; Jurišić, Vanja; Ćosić, Antonio; Rapić, Maja; Krička, Tajana**

*Source / Izvornik:* **Zbornik radova 57. hrvatskog i 17. međunarodnog simpozija agronoma, 2022, 629 - 633**

**Conference paper / Rad u zborniku**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:443432>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-20**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



## Primjena nanotehnologije kod proizvodnje biogoriva

Mateja Grubor, Nikola Bilandžija, Ana Matin, Vanja Jurišić, Antonio Ćosić, Maja Rapić, Tajana Krička

*Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska  
(mgrubor@agr.hr)*

### Sažetak

Još uvijek je prisutna značajna ovisnost o fosilnim gorivima, što tjera svijet u potragu za alternativnim izvorima energije i novim tehnologijama za njihovo bolje iskorištavanje. Prije svega, glavni problem kod iskorištavanja biomase jest dostupnost učinkovite biotehnologije za iskorištavanje biomase na što isplativiji način na komercijalnoj razini. Kao potencijalno rješenje ovog problema može biti upotreba nanotehnologije u postupcima pretvorbe biomase u biogoriva, stoga cilj ovog rada je dati uvid u mogućnost primjene nanomaterijala u iskorištavanju biomase za bioenergiju.

**Ključne riječi:** biomasa, nanotehnologija, pretvorba, biogoriva

### Uvod

Cilj nanotehnologije je manipuliranje materijalima na atomskoj i molekularnoj razini za stvaranje novih molekularnih struktura poznati kao „nanomaterijali“. Tako izmijenjeni novi materijali imaju drugačije karakteristike od prvobitnog materijala. Važno je naglasiti da se na razini nanočestica mogu dogoditi promijene električnih, kemijskih, magnetskih, mehaničkih ili bioloških svojstva koje ih razlikuju od prvobitnog materijala, iako nije zamijećena promijene u kemijskom sastavu (Srivastava, i sur., 2018.).

Nanotehnologija se pokazala kao obećavajuća prekretnica u proizvodnji biogoriva time što ima potencijal rješavanja problema koje nalazimo u dosad korištenim metodama. Dosadašnje metode predtretmana lignocelulozne mase zahtijevaju puno vremena, opasne kemikalije, velike količine energije i vode da bi se celuloza, hemiceluloza i lignin transformirali iz jednog oblika u drugi, a ostavlja za sobom opasne otpadne tvari koje se moraju pravilno zbrinuti da ne predstavljaju opasnost za okoliš. Jedna od metoda zahtjeva enzimatsku razgrađuju celuloze na jednostavne šećere, gdje kasnije ti šećeri prolaze proces fermentacije u etanol koristeći etanogene mikroorganizme. Tu dolazi nanotehnologija kao zamjena klasičnoj metodi zbog potencijala izgradnje materijala promijenjenog poretka atoma u nanostrukture raznih tipova. To je moguće zbog toga što lignocelulozna masa je napravljena od gradivnih nanočestica koje daju karakteristična svojstva materijalu, stoga nanočestice mogu imobilizirati slojeve skupih enzima koji se mogu iznova koristiti za razgradnju dugog lanca polimera celuloze u jednostavnije oblike šećere podložnih fermentaciji za proizvodnju etanola (LTU, 2009.). Primjena nanotehnologije ima potencijal povećanja učinkovitosti razgradnje sirovina te poboljšati proizvodnju biogoriva i njegovu efikasnost, što bi doprinijelo nižim cijenama novim oblicima biogoriva.

Unatoč obećavajućim prednostima, nanotehnologija je izazvala zabrinutost vezanu za potencijalna okolišna i gospodarska pitanja (Srivastava i sur., 2018.) zbog nestabilnosti materijala na nanoskali. Jedna od velikih prepreka za bolje implementiranje i provođenje ispitivanja nanotehnologije čini nepostojanje regulativa i zakona vezanih za korištenje i istraživanje nanotehnologije (Engelmann i Von Hohendorff, 2019.).

Slijedom navedenog cilj rada je dati pregled mogućnost primjene nanotehnologije u proizvodnji biogoriva.

### **Budućnost sektora biogoriva uz nanotehnologiju**

Različiti vrste nanomaterijala zanimljive su u ulozi nosača u tehnici imobilizacije enzima zbog toga što imaju veliku površinu u odnosu na druge materijale koje se primjenjuju u imobilizaciji, a istovremeno enzimi se mogu koristiti u više ciklusa sa pojačanim enzimatskim djelovanjem. Svojstva nanomaterijala su: velika površina, visoki stupanj kristalichnosti, katalitička aktivnost, stabilnost, visoki adsorpcijski kapacitet, trajnost, učinkovito skladištenje te mogućnost za uporabu, ponovnu upotrebu i recikliranje (Anand i sur., 2020.). Upravo zbog dobrih karakteristika nanomaterijala, primjenom istih može se doprinjeti optimizaciji proizvodnje energije iz biomase.

Osim što se nanomaterijali koriste kao katalizatori, pokazali su se korisni za imobilizaciju enzima koji se upotrebljavaju u procesima biokemijske pretvorbe biomase u biogoriva. To je važno iz razloga što se enzim može izolirati pomoću nanočestica te ponovno upotrebljavati za sljedeće tehnološke procese. Od nanomaterijala najčešće se u imobilizaciji koriste: nanočestice, nanocjevčice, nanovlakanste membrane.

Komercijalno važni enzimi su lipaze i celulaze prisutni i u proizvodnji biogoriva. Ekstrahirana lipaza i određeni mikroorganizmi sa sposobnošću sinteze lipaze su imobilizirani u biomasi pomoćnih čestica i koristi se kao katalitički sloj za postizanje njihove trajne uporabe (Srivastava i sur., 2018.). Uvođenje imobilizirane lipaze putem nanočestica u proizvodne procese izuzetno je važno kad se nastoji prevesti takva tehnologija na industrijsku razinu. Primjenom imobilizirane lipaze u bioreaktorima ostvaruje se veća količina enzima, mogućnost višekratne upotrebe u procesima proizvodnje biogoriva kao i veća otpornost na enzimatsku denaturaciju (Yücel i sur., 2012.), čime se povećava životni vijek enzima.

### **Uloga nanomaterijala u proizvodnji bioulja i krutog biogoriva**

Nanotehnologija se može primijeniti u proizvodnji biogoriva na različite načine koji uključuju: manipulaciju struktura staničnih stijenki unutar različitih tipova biomase radi postizanja lakše razgradnje, izravnu primjena nanokatalizatora za razgradnju celuloze te primjenu enzima ili sustava enzima (npr. glikol hidrolaze, enzimi koji razgrađuju lignin) za poboljšanje učinkovitosti pretvorbe celuloze u šećere i razvoj novih simbiotskih bioloških sustava kojima bi se omogućila proizvodnja biogoriva (Engelmann i Von Hohendorff, 2019.).

### **Proizvodnja bioulja i biogoriva iz lignocelulozne biomase**

Enzimatska hidroliza celuloze i hemiceluloze u jednostavnije šećere pomoću celulaze, hemicelulaze i lipaze je glavni korak u proizvodnji bioetanol (Binhayeeding i sur., 2020.). U korištenju lignocelulozne biomase kao sirovine za proizvodnju biogoriva postoji prepreka, a to je primjena predtretmana kojim se postiže bolja dostupnost šećera za pretvorbu u bioetanol. Kada je riječ o korištenju lignocelulozne sirovine važno je istaknuti visoke troškove predtretmana u proizvodnom procesu koji su neophodni za uspješnu konverziju biomase. Postoji više vrsta predtretmana poput fizikalnih, kemijskih, fizikalno kemijskih, toplinskih, bioloških, a danas se istražuje isplativost i efikasnost korištenja nanočestica u predtretmanu proizvodnih procesa (Arora i sur., 2020.).

U studiji Ali i sur. (2020.) koristila se kao polazna sirovina za proces uplinjavanja biomasa različitih vrsta korova. U istraživanju korištene su nanočestice od kobalta i nikla, koje su imale ulogu katalizatora tijekom uplinjavanja. Termokemijskom pretvorbom uzorka dobiveno je 23,75 % bioplina, 57,5 % bioulja i 18,75 % biougljena. Nastalo bioulje poslužilo je kao sirovina za dobivanje biodizela. Obično se smatra pogodnim gorivom za upotrebu

kada je sadržaj estera 15–20 %. Ovim istraživanjem je procesom transesterifikacije dobiveno 40,79 % sadržaja estera, čime se potvrdilo da je korištena biomasa korova dobar izvor metilnih estera (Ali i sur., 2020.).

Iz dobivenih rezultata se može uočiti da su nanokatalizatori utjecali na povećanje kvalitete nastalih produkta, učinkovitost samog procesa te su pokazali važnu ulogu u smanjenju sadržaja katrana. Nanočestice su utjecali na proces rasplinjavanja na način da su omogućili provođenje procesa na nižoj temperaturi na 650 °C u odnosu na proces bez njihova dodatka i to sa relativno visokom efikasnošću (Ali i sur., 2020.).

Zbog ponovne mogućnosti upotrebe uvjetovane magnetskim svojstvima u proizvodnji goriva zanimljivi su magnetski nanomaterijali. Magnetski nanokatalizatori mogu se vrlo lako i učinkovito odvojiti iz reakcijskih smjesa primjenom vanjskog magnetskog polja (Sanusi i sur., 2021.). Tako je u istraživanjima Manasa i sur. (2017.) provedena imobilizacija celulaze na nanočestice cinkovog ferita radi provođenja hidrolize biomase indijske konoplje. Utvrđeno je oko 74 % učinkovitosti vezanja enzima pri pH 5 i temperaturi od 60 °C dodatkom glutaraldehida. Enzim je ponovno korišten tijekom tri ciklusa, a imobilizacija je povećala njegovu toplinsku stabilnost. Chang i sur., (2011.) istraživali su imobilizaciju celulaze na pore nanočestica SiO<sub>2</sub> preko kovalentne veze, kao i transformaciju celuloze u glukozu pomoću ovog sustava dok su Zhang i sur. (2015.) zabilježili o imobilizaciji celulaze na magnetsku nanosferu Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> koja ne samo da je poboljšala stabilnost enzima, nego je enzim zadržao aktivno djelovanje od oko 87 %.

Biodizel ima veću viskoznost i gustoću u usporedbi sa dizelom, stoga za rješenje ovog problema, nanomaterijali su korišteni kao aditivi u gorivu kako bi se smanjila viskoznost i gustoća smjese goriva (Chacko i Jeyaseelan, 2020.). Alves i sur. (2014.) koristili su kombinaciju magnetskih nanočestica željeza/kadmija i željeza/kositra oksida u transesterifikaciji sojinog ulja. Također je zabilježeno da su ostvarili najveći prinos biodizela od 84 % kada su koristili nanočestice željeznog/kositrenog oksida.

### **Proizvodnja biogoriva treće generacije**

Mikroalge imaju veću stopu proizvodnje biomase u usporedbi sa kopnenim usjevima. Mnogi znanstvenici koji su koristili lipazu, imobiliziranu na funkcionalni nanomaterijal u proizvodnji biodizela, ostvario se veći prinos biodizela na kraju procesa sa manjim zagađenjem, nižom cijenom i pojednostavljenim postupakom. Stoga imobilizacija enzima ima veliki utjecaj na stabilnost i učinkovitost djelovanja lipaze (Anand i sur., 2020.).

Pattarkine i Pattarkine (2012.) navode da su prepreke u proizvodnji biogoriva na bazi mikroalgi; manjak industrijskih pogona za uzgoj mikroalgi, visoki troškovi uzgoja i sakupljanja mikroalgi, energetski zahtjevni tretmani ekstrakcije lipida te upućuju da bi nanotehnologija mogla pomoći kod smanjenja postojećih zapreka u uzgoju i korištenju mikroalgi primjenom nanočestica serbra za bolju fotokonverziju, nanokristala kalcijevog oksida za transesterifikaciju i mezoporozne čestice u separaciji biogoriva. Nova tehnologija „milking algae” do 70 dana može povećati učinkovitost i olakšati vađenje ulja iz algi te za razliku od konvencionalnih metoda ne dolazi do uništavanja stanične strukture (Chaudry i sur., 2016.).

### **Primjena nanotehnologije u proizvodnji bioplina**

Proces nastanka bioplina zahtjeva organski materijal podložan razgradnji, vodu, i metanogene organizme koji imaju mogućnost obavljanja procesa anaerobne fermentacije. Organski ostaci su bogati ugljikom i dušikom, a energija oslobođena u procesu fermentacije ovisi o C:N odnosu (Feng i sur., 2014.).

Istraživanja su pokazala da dodavanjem određenih metalnih iona u tragovima povećava aktivnost metanogenih bakterija, samim time oni imaju ulogu katalizatora te reakcije. Pošto metanogete bakterije zahtijevaju malu količinu željeza, kobalta i nikla za uspješnu

anaerobnu digestiju, istraživanja su pokazala da korištenje nanomaterijala umjesto glomaznih materijala bolje doprinosi uspješnoj reakciji (Feng i sur., 2010.). Magnetske nanočestice imaju snažno paramagnetsko svojstvo i veliku silu, pa se stoga mogu koristiti u proces metanogeneze (Yang i sur. 2015.).

Istraživanjima su otkrili da nanočestice kobalta i nikla povećavaju proizvodnju metana (Abdelsalam i sur., 2016.). Usporedili su aktivnost nanočestica željeza sa nanočesticama željeznog oksida i zaključili da je potonji pokazao veću aktivnost u usporedbi sa nanočesticama željeza. Abdelsalam i sur., (2017.) su u istraživanju došli do zaključka da je učinak različitih nanočestice poput Fe, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, nikla (Ni) i kobalta (Co) doprinosi najvišom proizvodnjom bioplina anaerobnom digestijom goveđe balege. Casals i sur., (2014.) navode da je prilikom anaerobne digestije korišten Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> s organskim ostatkom te je zamjećeno ubrzano raspadanje i povećanje prinosa bioplina.

### Zaključak

Metode proizvodnje biogoriva imaju veliki potencijal za napretkom, a nanotehnologija tu može uvelike ubrzati određene reakcije, povećati učinkovitost goriva i procesa. Trenutno najveća uporaba nanotehnologije je imobilizacija enzima zbog velike profitabilnosti, s obzirom da se imobilizacijom omogućava njihovo ponovno korištenje. Jedna od najvećih prepreka pri uporabi nanotehnologije u proizvodnji biogoriva je visoka cijena nanomaterijala. Prema iznesenim činjenicama vidljivo je da uporaba nanočestica u proizvodnji i korištenju biogoriva ima velikih potencijala, ali nema dovoljno provedenih istraživanja na tu temu da bi se moglo reći koliko je sigurno njihovo korištenje.

### Napomena

Ovo istraživanje financirao je Europski fond za regionalni razvoj putem K.K.01.1.1.04.0091 projekta "Dizajn naprednih biokompozita iz energetski održivih izvora – BIOKOMPOZITI".

### Literatura

- Abdelsalam E., Samer M., Attia Y. A., Abdel-Hadi M. A., Hassan H. E., Badr Y. (2016). Comparison of nanoparticles effects on biogas and methane production from anaerobic digestion of cattle dung slurry. *Renewable Energy*. 87: 592-598.
- Abdelsalam E., Samer M., Attia Y. A., Abdel-Hadi M. A., Hassan H. E., Badr Y. (2017). Effects of Co and Ni nanoparticles on biogas and methane production from anaerobic digestion of slurry. *Energy Conversion and Management*. 141: 108-119.
- Ali S., Shafique O., Mahmood S., Mahmood T., Khan B. A., Ahmad I. (2020). Biofuels production from weed biomass using nanocatalyst technology. *Biomass and Bioenergy*. 139: 105595.
- Alves M. B., Medeiros F., Sousa M. H., Rubim J. C., Suarez P. A. (2014). Cadmium and tin magnetic nanocatalysts useful for biodiesel production. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 25: 2304-2313.
- Anand A., Rajchakit U., Sarojini V. (2020). Detection and removal of biological contaminants in water: the role of nanotechnology. In *Nanomaterials for the Detection and Removal of Wastewater Pollutants*, 69-110. Elsevier.
- Arora A., Nandal P., Singh J., Verma M. L. (2020). Nanobiotechnological advancements in lignocellulosic biomass pretreatment. *Materials Science for Energy Technologies*. 3: 308-318.
- Binhayeeding N., Klomklao S., Prasertsan P., Sangkharak K. (2020). Improvement of biodiesel production using waste cooking oil and applying single and mixed immobilised lipases on polyhydroxyalkanoate. *Renewable Energy*. 162: 1819-1827.
- Casals E., Barrena R., García A., González E., Delgado L., Busquets-Fité M., Puntès V. (2014). Programmed iron oxide nanoparticles disintegration in anaerobic digesters boosts biogas production. *Small*. 10 (14): 2801-2808.

- Chacko N., Jeyaseelan T. (2020). Comparative evaluation of graphene oxide and graphene nanoplatelets as fuel additives on the combustion and emission characteristics of a diesel engine fuelled with diesel and biodiesel blend. *Fuel Processing Technology*. 204: 106406.
- Chang, R. H. Y., Jang, J., Wu, K. C. W. (2011). Cellulase immobilized mesoporous silica nanocatalysts for efficient cellulose-to-glucose conversion. *Green Chemistry*. 13(10): 2844-2850.
- Chaudry S., Bahri P. A., Moheimani N. R. (2016). Selection of an Energetically More Feasible Route for Hydrocarbon Extraction from Microalgae–Milking of *B. braunii* as a Case Study. In *Computer Aided Chemical Engineering*. 38: 1545-1550.
- Engelmann W., Von Hohendorff R. (2019). Regulatory challenges in nanotechnology for sustainable production of biofuel in Brazil. In *Sustainable Bioenergy*. 367-381.
- Feng J.H., Xiong L., Ren X.F., Ma Z.H. (2014). Silica supported perfluorobutylsulfonyl imide catalyzed hydrolysis of cellulose. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci.* 5:9–14.
- Louisiana Tech University (LTU) (2009). Nanotechnology used in biofuel process to save money, environment. *Science Daily*.
- Manasa P., Saroj P., Korrapati N. (2017). Immobilization of cellulase enzyme on zinc ferrite nanoparticles in increasing enzymatic hydrolysis on ultrasound-assisted alkaline pretreated *Crotalaria juncea* biomass. *Indian Journal of Science and Technology*. 10(24): 1-7.
- Pattarkine M. V., Pattarkine V. M. (2012). Nanotechnology for algal biofuels. In *The science of algal fuels*. 147-163. Springer, Dordrecht.
- Sanusi I. A., Sewsynker-Sukai Y., Gueguim-Kana E. B. (2021). Nanotechnology in Bioprocess Development: Applications of Nanoparticles in the Generation of Biofuels. In *Microbial Nanobiotechnology*. 165-184. Springer, Singapore.
- Srivastava N., Srivastava M., Pandey H., Mishra P. K., Ramteke P. W. (Eds.). (2018). In *Green nanotechnology for biofuel production*, Srivastava, Srivastava, Pandey, P.K. Mishra, Ramteke. Springer Cham.
- Yang Z., Huang R., Qi W., Tong L., Su R., He Z. (2015). Hydrolysis of cellulose by sulfonated magnetic reduced graphene oxide. *Chemical Engineering Journal*. 280: 90-98.
- Yücel S., Terzioğlu P., Özçimen D. (2012). Lipase applications in biodiesel production. *Biodiesel-Feedstocks, Production and Applications*. IntechOpen, London. 209-250.
- Zhang W., Qiu J., Feng H., Zang L., Sakai E. (2015). Increase in stability of cellulase immobilized on functionalized magnetic nanospheres. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 375: 117-123.

## Application of nanotechnology in biofuel production

### Abstract

Excessive dependence on fossil fuels is still present, forcing the world to search for alternative energy sources and new technologies for their better utilization. First of all, the main problem with biomass utilization is the availability of efficient biotechnology to exploit biomass in the most cost-effective way on a commercial level. As a potential solution to this problem may be the use of nanotechnology in the processes of biomass conversion into biofuels, so the aim of this paper is to provide insight into the possibility of nanomaterials using in the biomass utilization for bioenergy.

**Key words:** biomass, nanotechnology, conversion, biofuels