



# LIGNOCELULOZNA BIOMASA KAO OBNOVLJIVA SIROVINA U BIOTEHNOLOGIJI



SCAN ME

V. Petravić-Tominac, A. Trontel, N. Marđetko, M. Novak, M. Pavlečić, B. Ljubas, M. Grubišić, M. Ivančić Šantek, T. Rezić, B. Šantek

Laboratorij za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju slada i piva, Zavod za biokemijsko inženjerstvo, Prehrambeno-biotehnološki

fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Kontakt: [vpetrav@jpbf.hr](mailto:vpetrav@jpbf.hr)

## ŠTO LIGNOCELULOZNA BIOMASA?

Pojam lignoceluloznih materijala ili lignocelulozne biomase odnosi se na biljnu biomasu koja može potjecati iz više različitih izvora.

### Primjeri lignocelulozne biomase:

- poljoprivredni ostaci - žetveni ostaci: npr. pšenična slama, slama ječma, pljevica pšenice i ječma, kukuruzovina, kukuruzna komušina (ili perušina), kukuruzni oklasci
- različite druge biljke i biljni ostaci (listovi, stabljike, djetelina, trava), silaža različitih biljaka, energetski usjevi koji nisu zahtjevni i čiji je uzgoj jeftin
- otpad iz industrijske proizvodnje hrane i pića, pokvareno ili nekalitetno voće i povrće
- drveni ostaci nastali tijekom održavanja višegodišnjih nasada (ostaci pri rezidbi voćnjaka, vinograda i maslinika),
- šumski otpad i otpad drvne industrije (ostaci nastali pri piljenju, brušenju ili blanjanju, samljeveni drveni ostaci)
- dio komunalnog otpada – otpadni papir, zelena frakcija kućnog otpada, biomasa iz parkova i vrtova u urbanim područjima

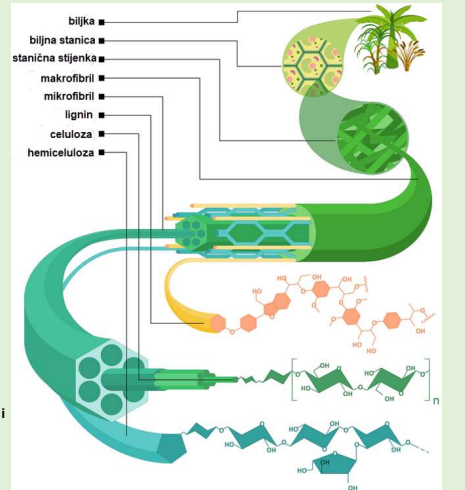


## Kakav je kemijski sastav lignoceluloznih sirovina?

Sastoje se uglavnom od 3 čvrsto povezana strukturalna polimera: **celuloza** (25 – 50 %), **hemiceluloza** (20 – 40 %) i **lignin** (10 – 35 %). Njihov udio varira pa sastav pojedinih lignoceluloznih materijala ovisi o vrsti i starosti biljke, fazi rasta, uvjetima rasta i procesu obrade.

**Celuloza** je polimer građen od jedinica glukoze (heksosa – šećer sa 6 ugljikovih atoma u molekuli).

**Hemiceluloza** je polimer građen od heksoza i pentozu (šećeri sa 5 ugljikovih atoma u molekuli).



## LIGNOCELULOZNA BIOMASA MOŽE SE KORISTITI KAO OBNOVLJIVA BIOTEHNOLOŠKA SIROVINA !!!

Šećeri iz lignoceluloznog materijala mogu poslužiti kao izvor ugljika za radne mikroorganizme u biotehnološkim procesima.

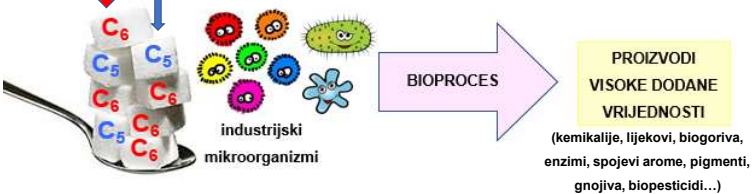


**C<sub>6</sub>** – heksosa (šećer sa 6 ugljikovih atoma)

**C<sub>5</sub>** – pentozu (šećer sa 5 ugljikovih atoma)



hemiceluloza (sadrži šećere s 5 i 6 ugljikovih atoma)



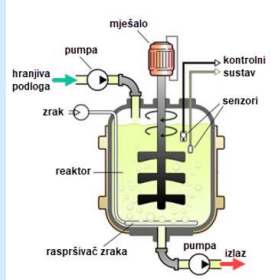
## KAKO SE TRADICIONALNO KORISTI LIGNOCELULOZNA BIOMASA?

Lignocelulozna biomasa proizvodi se u ogromnim količinama svake godine, ali često se tretira kao otpad, gomila u prirodi ili spaljuje, što se u današnje vrijeme ne može smatrati primjerenim.



## Kako izgleda bioreaktor za submerzni uzgoj?

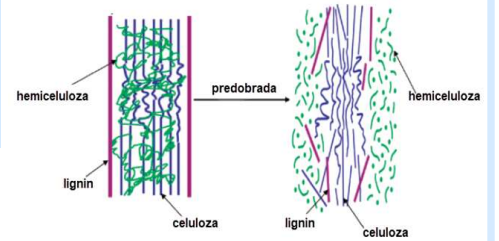
<https://iStockphoto.com/316697522/23>



## DUBINSKI ILI SUBMERZNI POSTUPAK UZGOJA MIKROORGANIZAMA

Ovaj postupak najčešće se koristi u industrijskoj proizvodnji najvećeg broja biotehnoloških proizvoda. On podrazumijeva rast industrijskih radnih mikroorganizama u **bioreaktoru** u **tekućoj hranjivoj podlozi** (80 - 90% slobodne vode) koja se u bioreaktoru miješa mehaničkim mješalom, pumpom ili zrakom (osim u anaerobnim procesima). Mikroorganizmi brzo rastu i prevode supstrat u proizvode metabolizma. Na ovaj način koriste se **mikroorganizmi koji ne mogu sami razgraditi lignocelulozu** te se ona prethodno razgrađuje odgovarajućim postupcima predobrade da bi se iz njezine kompleksne strukture oslobodili šećeri.

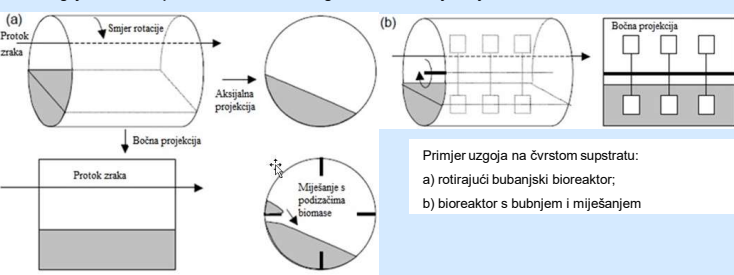
**Kako postići oslobađanje šećera iz lignoceluloznih sirovina?** Lignocelulozni materijali su teško razgradivi zbog kristalinične strukture celuloze i kompleksne strukturne organizacije celuloze, hemiceluloze i lignina. Stoga prije samog submerznog procesa, ovisno o vrsti lignoceluloznog materijala i željenom proizvodu, treba provesti odgovarajuće postupke predobrade (najčešće su kemijska i enzimaska hidroliza).



Pritom se mogu dobiti **tekući lignocelulozni hidrolizati** i **čvrsti ostatak** koji se može iskoristiti drugim postupcima. Lignocelulozni hidrolizati mogu se koristiti u biotehnološkoj proizvodnji kao tekuća hranjiva podloga za submerzni uzgoj jer se radi o složenoj smjesi šećera (heksosa i pentozu) te drugih spojeva od kojih neki mogu djelovati kao inhibitori fermentacije. Mogući problem su inhibitori fermentacije, koji nastaju ili se oslobađaju tijekom nekih postupaka predobrade. Stoga je važno odabrati odgovarajuću metodu predobrade i pritom podesiti uvjete tako da nastane što manje inhibitora te ukloniti eventualno nastale inhibitorne ili koristiti prethodno adaptirane mikroorganizme.

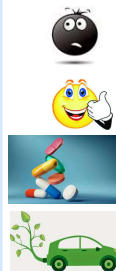
## UZGOJ MIKROORGANIZAMA NA ČVRSTIM SUPSTRATIMA

(na vlažnom čvrstom materijalu uz odsutnost slobodne vode) - lignoceluloza služi kao čvrsta podloga i/ili izvor hranjivih tvari za ograničeni broj radnih mikroorganizama koji je mogu razgraditi i rasti u takvim uvjetima. Ovaj način uzgoja može se usporediti s rastom mikroorganizama u vlažnoj zemlji.



Primjer uzgoja na čvrstom supstratu:  
a) rotirajući bubanj bioreaktor;  
b) bioreaktor s bubnjem i miješanjem

## Kako biotehnologija može unaprijediti korištenje lignocelulozne biomase?



- Lignocelulozni otpad je ekološki problem.
  - Lignocelulozna biomasa, kao obnovljiva sirovina, ima velik potencijal jer se može koristiti za dobivanje različitih biotehnoloških proizvoda visoke dodane vrijednosti: razne kemikalije (npr. organske kiseline, otapala), lijekovi (npr. antibiotici), tekuća i plinovita biogoriva (bioetanol, biodizel, bioplín), enzimi za različite primjene, spojevi arome, pigmenti, gnojiva, biopesticidi itd.
  - Razvoj novih bioprocusa, utemeljenih na ovim sirovinama, je ekološki i ekonomski opravdan te društveno koristan.
- Radi se na razvoju novih učinkovitih postupaka za primjenu lignoceluloznih sirovina.



### LITERATURA:

- Andlar M., Rezić T., Marđetko, N., Kracher, D., Ludvig R., Šantek B. (2018) Lignocelulozne degradacije: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocelulozne degradacije. *Engineering in life sciences* 18(11) 2018, 768-778.
- Berović, M.; Habjanić, J.; Boh, B.; Wraber, B.; Petravac-Tominac, V. (2012) Production of Lingzhi or Reishi medicinal mushroom, *Ganoderma lucidum* (W. Curt. Fr.) P. Karst. (higher Basidiomycetes), biomass and polysaccharides by solid state cultivation. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 14(4/5) 513-520.
- Marđetko N., Novak M., Trontel A., Grubišić M., Galić M., Šantek B. (2018) Bioethanol production from dilute-acid pre-treated wheat straw liquor hydrolysate by genetically engineered *Saccharomyces cerevisiae*. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly* 32(4) 483-499.
- Mitchell D. A., N. Krieger, M. Berović (2006). Solid-state fermentation bioreactors. Fundamentals of Design and Operation, Springer, Berlin Heidelberg, 11-107.
- Palmqvist E., Hahn-Hägerdal B. (2000). Fermentation of lignocelulozic hydrolysates I: inhibition and detoxification. *Bioresour Technol.* 74, 17-24.
- Petravac-Tominac V.; Toljajić, M.; Slanar, D.; Mrvić, J.; Šantek, B. (2017) Kvasci za proizvodnju bioetanol iz hidrolizata lignoceluloznih sirovina. *Glasnik zaštite bilja* 40(5) 24-33.
- Šantek, M. I., Beluhan, S., & Šantek, B. (2018). Production of microbial lipids from lignocelulozic biomass. *Adv. Biofuels Bioenergy*, 137-164.
- Taherzadeh MJ, Karim K (2008) Pretreatment of lignocelulozic wastes to improve ethanol and biogas production: A review. *Int J Mol Sci* 9(9):1621-1651.



Projekt „Održiva proizvodnja biokemikalije iz sekundarnih lignoceluloznih sirovina“ (HRZZ-9717)