



S. Beluhan*

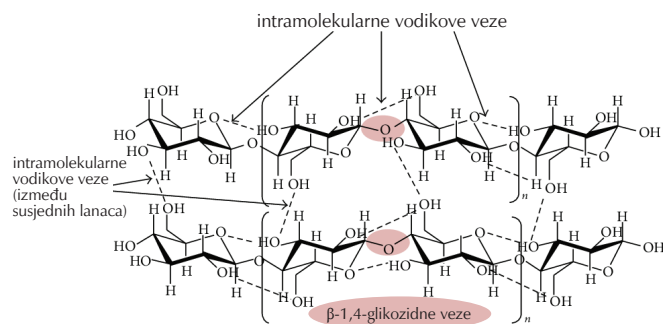
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
Pierrotijeva 6, 10 000 Zagreb

Bakterijska nanoceluloza – mikrobno čudo ili dar prirode

Celuloza je najzastupljeniji biopolimer na zemlji, čineći oko 1,5 milijarda tona ukupno godišnje proizvedene biomase. Glavni je sastojak biljne biomase, ali i važan predstavnik mikrobnih ekstracelularnih polisaharida. Biljnu celulozu (BC) je početkom prošlog stoljeća Anselme Payen definirao kao čvrstu strukturu, odnosno glavni sastojak stanične stijenke viših biljaka, a Louis Pasteur je bakterijsku nanocelulozu (BNC) opisao kao “vlažnu, natečenu, želatinoznu i sklisku strukturu”. Premda čvrsti dio strukture tog hidrogela čini oko 1 % ukupne mase, BNC je građen od gotovo potpuno čiste celuloze bez prisutnosti lignina, hemiceluloze, pektina i inulina, čije je uklanjanje dugotrajan i često ekološki upitan i ekonomski neisplativ postupak. Bakterijska nanoceluloza (BNC) pripada specifičnim proizvodima primarnog metabolizma bakterija koje pripadaju rodovima *Gluconacetobacter*, *Rhizobium*, *Agrobacterium* i *Sarcina*. Najučinkovitiji proizvođač BNC-a je Gram-negativna bakterija octene kiseline vrste *Gluconacetobacter xylinus* (prema starijoj klasifikaciji *Acetobacter xylinum*), koja predstavlja modelni mikroorganizam za temeljna i primijenjena istraživanja svojstava i primjene BNC-a. Ta su istraživanja usmjerena na proučavanje strukture, mehanizma biosinteze tog visoko kristaliničnog glukoznog biopolimera, kao i na njegova svojstva koja ukazuju na svestranu praktičnu uporabu.

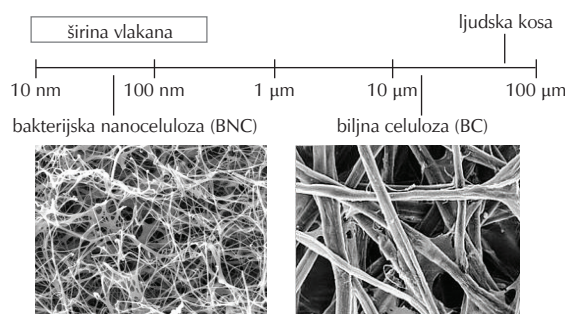
Struktura BNC-a

BNC se sastoji od vlakana građenih od β -1,4 glukanskih lanaca, jedinstvene molekulske formule kao i celuloza biljnog podrijetla, $(C_6H_{10}O_5)_n$. β -glukanski lanci međusobno su povezani inter- i intramolekulskim vodikovim vezama (slika 1). Nanofibrili BNC-a prvi put su opisani još sredinom prošlog stoljeća, kada je uočeno da su oko 100 puta manji od mikrofibrila od kojih je građen BC. Karakteristična strukturalna, fizička i mehanička svojstva BNC-a rezultat su njegove ekstruzije kroz staničnu stijenku bakterijske stanice. Izlaskom kroz pore membrane formiraju se protofibrili promjera otprilike 2 – 4 nm, koji se nakupljaju u nanofibrile veličine 80×4 nm.



Slika 1 – Struktura BNC-a

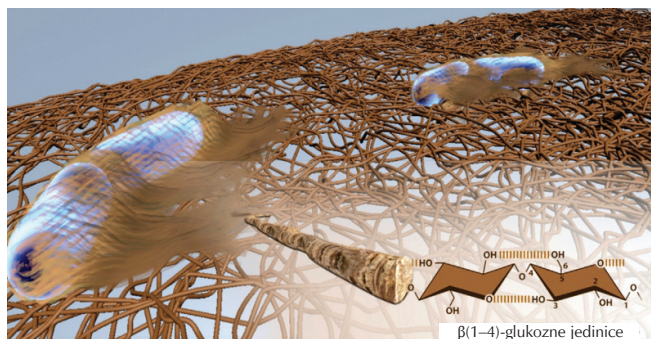
Istraživanja provedena na strukturi BNC-a pokazala su da je kemijski potpuno identičan BC-u, ali potpuno različit prema makromolekularnoj strukturi i svojstvima (slika 2). Elektronskom mikroskopijom (SEM i TEM) stanične stijenke ustanovljeno je da svaka stanica sadrži 50 – 80 pora, promjera oko 3,5 nm iz kojih se izlučuju pojedinačni celulozni lanci te se 10 – 15 usporednih lanaca udružuje i oblikuju čvršće nanofibrile, koji predstavljaju najtanja prirodno stvorena vlakna, usporediva samo s promjerima vlakana celuloze iz godova drveta (godišnjeg prstena).



Slika 2 – SEM usporedni prikaz širine vlakana BNC-a i BC-a

Biosinteza BNC-a

BNC je prirodni polimer koji sintetiziraju brojni mikroorganizmi, među kojima su bakterije octene kiseline, vrsta *G. xylinus* i *G. hansenii* najistraživaniji i najučinkovitiji proizvođači. Te bakterije sintetiziraju BNC oksidativnom fermentacijom u kompleksnim i kemijski definiranim hranjivim podlogama i ekstracelularno izlučuju kemijski čisti β -glukan, što omogućuje njihovo preživljavanje u prirodnom okolišu s obzirom na to da su stanice vezane na površinu hranjive podloge, “uhvaćene” unutar želatinoznih, koži nalik membranama koje su građene od isprepletenih celuloznih nanofibrila (slika 3).



Slika 3 – Gusta umreženost vlakana BNC-a

* Izv. prof. dr. sc. Sunčica Beluhan
e-pošta: sunbel@pbf.hr

Tako gusto umrežena vlakna i pripadajuće stanice mikroorganizama oblikuju plutajuću pelikulu (opnu) koja omogućuje nepo-

