

# Utjecaj $\beta$ -glukana na kakvoću piva

---

**Andrašek, Allen**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:049929>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**

REPOZITORIJ

**PTF**

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

**dabar**  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Allen Andrašek

Utjecaj  $\beta$ -glukana na kakvoću piva

završni rad

Osijek, 2016.

SVEUČILIŠTE J. J. STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

## Završni rad

### Utjecaj $\beta$ -glukana na kakvoću piva

Nastavni predmet

Sirovine animalnog podrijetla

Predmetni nastavnik: Dr. sc. Vedran Slačanac, izv prof.

---

Student: Allen Andrašek (MB: 3267/10)

Mentor: Dr. sc. Vedran Slačanac, izv prof.

Predano (datum):

Pregledano (datum):

---

Ocjena:

Potpis mentora:

---

## **Sažetak:**

Beta glukani, koji su sastavni dio ječma, ulaze u proces proizvodnje piva. Iz toga razloga potrebno je poznavati svojstva samih beta glukana te njihov utjecaj na kakvoću piva. U radu je opisan proces proizvodnje piva, sastav ječma te svojstva  $\beta$ -glukana.

## **Abstract:**

Beta glucans, which are an integral part of barley, enter the brewing process. Therefore it is necessary to know the properties of beta glucans and their impact on the quality of beer. This paper describes the process of brewing, properties of barley and beta-glucans.

## Sadržaj:

1. Uvod.....	1
2. Teorijski dio.....	2
2.1. Ječam .....	2
2.1.1. Vrste i botaničke karakteristike ječma .....	3
2.1.2. Kemijski sastav ječmenog zrna .....	4
2.1.3. Primjena ječma u ishrani stoke i pivarstvu .....	9
3. Glavni dio.....	10
3.1. Proizvodnja piva.....	10
3.2. Beta glukani.....	14
3.3. Utjecaj beta glukana na kakvoću piva.....	15
4. Literatura.....	17

## 1. Uvod:

Danas se u prehrambenoj industriji ječam koristi za proizvodnju različitih prehrambenih proizvoda, i to od piva viskija i žitnih rakija pa sve do stočne hrane, ali se sve više koristi i direktno u ljudskoj prehrani. Pripisuje mu se pozitivan učinak na ljudsko zdravlje jer reducira povišenu razinu glukoze, inzulina i kolesterola u krvi, snižava krvni tlak, stvara osjećaj sitosti i reducira rizik od kardiovaskularnih bolesti. Razlog tome su  $\beta$ -glukani u ječmu, polisaharidi koji su sastavljeni od jedinica glukoze povezanih  $\beta$ -(1,3,) i (1,4) -D glikozidnim vezama, čiji se udio u ječmu kreće od 3-11%.

Ovi polisaharidi su najviše zastupljeni u hemicelulozi endospermnog tipa, posebno u staničnim stijenkama. U zrnu ječma mogu se pronaći u endospermu i aleuronskom sloju, a udio ovisi o sorti ječma i mjestu njegova uzgoja.

## 2. Teorijski dio:

### 2.1 Ječam:

Ječam potječe iz Etiopije i jugoistočne Azije gdje se uzgajao prije 10 000 godina.

Najčešće se upotrebljavao za prehranu ljudi i životinja kao i za proizvodnju alkoholnih pića.

Prvi recept za ječmeno vino potječe iz Babilona, 2800 godina prije Krista. Isto tako ječmena voda se već od davnina upotrebljavala u medicinske svrhe (Gagro, 1997.)

Ječam je nutritivno vrlo vrijedna namirnica što je vidljivo iz podataka: 100 g kuhane prekrupe ječma sadrži 123 kcal, dok 100 g cijelog zrna ječma sadrži 207 kcal, također obiluje mineralima i vitaminima: kalijem, fosforom, magnezijem, željezom, cinkom, selenom, magnezijem, vitaminom B skupine, dok drugih vitamina ima u manjim količinama (A, E i K).

Ječam se koristi:

- za proizvodnju slada, koji se najvećim dijelom koristi u proizvodnji piva i alkoholnih pića, te kao prehrambeni slad koji se dodaje sirupima, bombonima i snack proizvodima;
- u prehrambenoj industriji za proizvodnju kruha, dječje hrane, proizvoda bez glutena i kao zamjena za rižu;
- kao stočna hrana.



Slika 1. Ječam



### 2.1.1. Vrste i botaničke karakteristike ječma

Ječam se ubraja u porodicu *Poaceae* (*Gramineae*) odjel *Triticeae*, pododjel *Hordeinae* i rod *Hordeum* koji obuhvaća oko 25 vrsta.

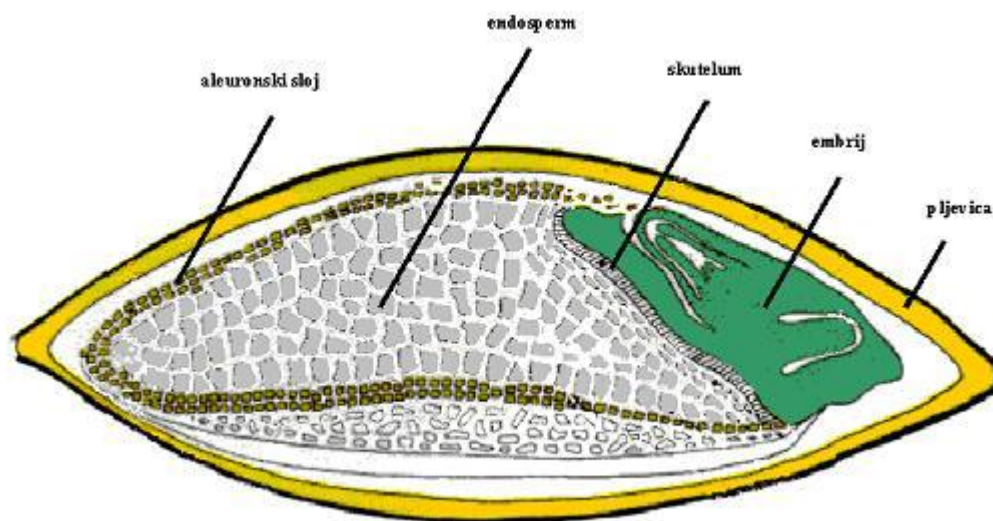
Svi su kultivirani oblici ječma svrstani u jednu vrstu *Hordeumvulgare*. Pripadnici roda *Hordeum* dijele se u tri grupe s obzirom na broj kromosoma: diploidne ( $2n=14$  kromosoma), tetraploidne i heksaploidne. Kultivirana vrsta ječma *Hordeumvulgare* na temelju razvijenosti, rasporeda i fertilnosti klasića je podijeljena u pet konvarijeteta:

*Hordeumvulgare*convar. *hexastichon* (višeredni ječam)  
*Hordeumvulgare*convar. *intermedium* (prijelazni ječam)  
*Hordeumvulgare*convar. *distichon* (dvoredni ječam)  
*Hordeumvulgare*convar. *dificiens* (nepotpuni ječam)  
*Hordeumvulgare*convar. *labile-irregulare* (labilni ječam)

Ječam je kao kultura mnogo proučavana i ima najkraće vegetacijsko razdoblje od svih žitarica. Nastanak kultiviranog ječma ima puno tumačenja, zasnovanih na botaničkim i genetičkim istraživanjima te arheološkim nalazima. Razlikujemo tri vrste ječma: ozimi, jari i fakultativni odnosno ozimo-jari (može se sijati u jesen i proljeće). Vegetacijsko razdoblje jarog ječma traje 55 do 130 dana, a ozimog ječma 240 do 260 dana.

Zrno ječma se sastoji od tri osnovna dijela:

- omotač (pljevica);
- klica;
- endosperm .



Slika 2. Uzdužni presjek zrelog ječmenog zrna (Hough i sur.,1976.)

## 2.1.2. Kemijski sastav ječmenog zrna

Kemijski sastav ječma prikazan u **Tablici 1** ovisi o sorti, klimatskim uvjetima, području uzgoja i o vrsti zemljišta. Zrno ječma sadrži 12 do 20% vode i 80 do 88% suhe tvari.

**Tablica 1** Prosječan kemijski sastav ječmenog zrna (%) (Sadadinović, 2008.)

KOMPONENTE	%
VODA	13-14
PROTEINI	10-11
NEDUŠIČNE EKSTRAKTIVNE TVARI	60-70
MASTI I ULJA	2.0-2.2
CELULOZA	4.8-5.3
PEPEO	2.3-2.6

Kemijski sastav ječma i njegova hranjiva vrijednost slična je drugim žitaricama. Zbog nešto veće količine celuloze u ovojnici zrna, na koju otpada oko 15% zrna, ječam ima nešto manju energetska vrijednost i manju probavljivost organske tvari (83%) nego kukuruz i pšenica. Manja hranjiva vrijednost ječma je djelom posljedica povećane količine neškrobnih polisaharida u obliku  $\beta$ -glukana u endospermu zrna. Udio ovih antinutritivnih tvari u ječmu se kreće od 15-80 g/kg, a mijenja se ovisno o klimatskim prilikama.

### Proteini

Udio proteina u ječmu se kreće od 8 do 15%.

Proteini se prema topivosti dijele na četiri skupine:

- albumini – topljivi u vodi, denaturiraju pri povišenim temperaturama, albumin ječma je leukozin;
- globulini – topljivi u 5% otopini K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, djelomično denaturiraju pri zagrijavanju, globulin ječma je edestin;
- prolamini – topljivi u 70% otopini etanola, prolamin ječma je hordein;
- glutelini – topljivi u razrijeđenim kiselinama ili lužinama, glutelin ječma je hordenin (Osborne, 1995.).

## **Ugljikohidrati**

Najveći udio ugljikohidrata nalazi se u endospermu zrna, premda ih ima i u ostalim dijelovima. Škrob zauzima najveći udio u zrnu ječma, a slijede ga celuloza, hemiceluloza i pentozani te šećeri topljivi u vodi.

Škrob je važan osnovni polisaharid u zrnu ječma. U endospermu se nalazi u obliku škrobnih zrnaca (Gaćeša, 1979.). Razlikujemo dva tipa škrobnih granula: 90% velikih granula ovalnog oblika i 10% malih granula loptastog oblika (Marić, 1999.). Pod utjecajem jakih kiselina škrob se razgrađuje, hidrolizira na strukturno različite jedinice amilozu i amilopektin. S jodom daje plavo ljubičastu boju, što predstavlja način za utvrđivanje hidrolize škroba i do kojeg stupnja reakcija hidrolize teče.

Celuloza se u zrnu nalazi u omotaču i štiti zrno od mehaničkih oštećenja i štetočina prilikom formiranja zrna. Sastavljena je od jedinica D-glukoze povezanih  $\beta$ -1,4 vezama, a u zrnu ječma se nalazi u udjelu od 3,5 do 7% na suhu tvar (Žeželj, 1984.).

Hemiceluloza i pentozani razlikuju se po kemijskoj strukturi, molekulskoj masi i topljivosti u vodi, a odgovorni su za čvrstoću endosperma. Hemiceluloza je netopljiva u vodi poput celuloze, a topljiva je u lužinama, dok su pentozani topljivi u vrućoj vodi (Jones i Amos, 1967.).

U zrnu ječma razlikuju se dvije vrste hemiceluloze: pljevičastog i endospermnog tipa. Hemiceluloza pljevičastog tipa sadrži malo glukana, mnogo pentozana i malo uronskih kiselina, a endospermnog tipa sadrži mnogo glukana, malo pentozana, bez uronskih kiselina (Gaćeša, 1979.).

## **Masti**

Masti se u ječmu nalaze u aleuronskom sloju i klici od 2,5 do 3%. Monoglicerida ima oko 0,5%, diglicerida oko 3%, a ostatak su trigliceridi oko 95%. Masne kiseline se u zrnu nalaze u slobodnom obliku u količini od 0,1% od čega je 52% linolna, 28% oleinska i oko 11% palmitinska kiselina. Tvari slične mastima su lipoidi, tu se ubrajaju fosfolipidi, fitoesteri i glikolipidi.

U masti se ubrajaju i neke gorke tvari ječma, gorke smole koje se uglavnom nalaze u omotaču (Gaćeša, 1979.).

## **Vitamini**

Vitamini se uglavnom nalaze u klici i u aleuronskom sloju. U ječmu najviše su zastupljeni vitamini B-kompleksa: tiamin, riboflavin, piridoksin te u manjoj količini nikotinska kiselina.

Osim B-kompleksa u ječmu se može nalaziti biotin, pantotenska kiselina, folna kiselina i  $\alpha$ -aminobenzojeva kiselina.

Od vitamina posebno se ističe djelovanje pantotenske kiseline koja je prijeko potrebna za metabolizam ugljikohidrata, masti i proteina. Taj vitamin ulazi u strukturu koenzima A koji je zadužen za oslobađanje energije iz ugljikohidrata te igra važnu ulogu u metabolizmu masti, zbog čega ječma ima poznati učinak zagrijavanja.

## **Mineralne tvari**

Pepeo predstavlja zaostatak koji ostane nakon potpunog spaljivanja namirnice, a može se reći da predstavlja mjeru mineralnih tvari. Ukupni udio mineralnih tvari u ječmu je 2,5 do 3,3% računato na suhu tvar. Udio mineralnih tvari i sastav uvelike ovise o sastavu zemljišta, klimatskim uvjetima i vrsti gnojiva tijekom uzgoja.

Mineralne tvari u zrnu ječma su: fosfati, silikati, sulfati te kalij, magnezij, kalcij, željezo, natrij.

Od makroelemenata su značajni bakar, cink i mangan. Mineralne tvari su bitne kod formiranja zrna, klijanja i kasnije obrade zrna.

### **Voda**

Zrno ječma nakon žetve sadrži od 12 do 20% vlage, što ovisi o vremenskim uvjetima prilikom žetve. Kako bi pravilno uskladištili i čuvali ječma udio vlage mora se sniziti ispod 14%, što postizemo sušenjem. Zrno ječma je živo i diše, a intenzitet disanja ovisi o temperaturi i vlazi. Što su temperatura i vlaga više, jači je intenzitet disanja. Prilikom disanja oslobađaju se toplina, CO<sub>2</sub> i voda što rezultira zagrijavanjem zrna ječma. Nepravilnim skladištenjem može doći do samozagrijavanjzrnene mase. Kako bi spriječili samozagrijavanjzrnene mase, prije skladištenja zrno je potrebno osušiti na udio vlage ispod 14% (Gaćeša, 1979.).

### **β-glukani**

Nalaze se u bakterijama, algama, kvascima, gljivicama, plijesnima i višim biljkama i zbog toga njihova struktura ovisi o izvoru iz kojeg su izolirani (Zechner-Krpan i sur., 2010.; Gardiner, 2000.; Gardiner iCarter, 2000.; Stone iClarke, 1992.).

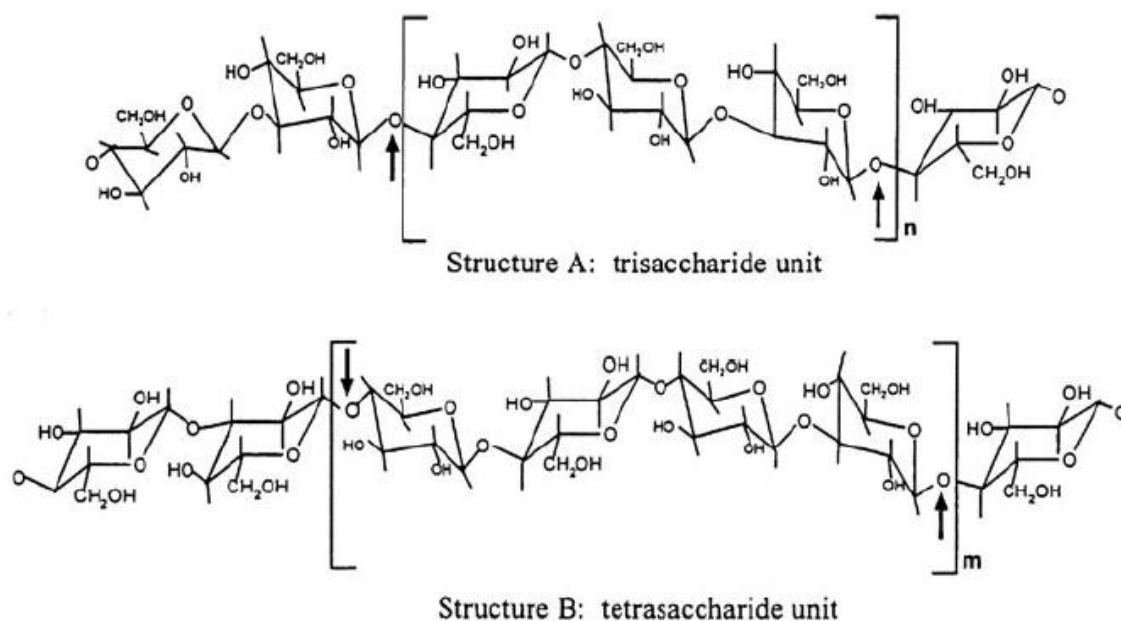
β-glukani su sastavljeni od molekula glukoze, koje mogu biti povezane β-(1,3), (1,4) i (1,6) glikozidnom vezom. (1,3),(1,4)-β-D-glukani su netopljivi u vodi, a (1,3),(1,6) su topljivi. (1,3),(1,4)-β-D-glukani se najčešće izoliraju iz žitarica, ječma i zobi. U principu je β-glukan linearni polisaharidi koji se može gledati kao celulozni lanac (70% 4-O-β-D-glukopiranozil jedinica) prekinutih s 3-O-β-Dglukopiranozil jedinicama (30%) što dovodi do strukture koju dominantno čine celotrioza i celotetrozamedusobno povezane (1→3) vezama (Woodwardi sur., 1983.).

Premda se nalaze u svim žitaricama, njihova koncentracija je najveća u zobi 4,6 do 4,9% i ječmu 1,8 do 6%, dok ih u pšenici ima mnogo manje od 0,2 do 1%, te u riži 2% (Schönlechneri Berghofer, 2006.).

Široko su rasprostranjeni u prirodi. U biljkama funkcioniraju kao strukturni i energetski rezervni materijal. Topljivi i netopljivi β-glukani imaju korisnu primjenu, najčešće u farmaceutskoj, kemijskoj i kozmetičkoj industriji (LaRocheandMichaud, 2007.).

(1,3),(1,4)-β-D-glukani imaju nisku molekularnu masu, a u dodiru s vodom stvaraju viskoznu, ljepljivu otopinu (DaisiPerlin, 1982.).

Woodward i suradnici objavili su da se β-glukan iz ječma u otopini javlja u obliku crvolikih lanaca (Woodwardi sur., 1983.). U zrnu ječma razlikujemo dvije vrste hemiceluloze, endospermnog tipa i pljevičastog tipa. Hemiceluloza endospermnog tipa sadrži mnogo β-glukana, a pljevičastog tipa malo β-glukana.



**Slika 3.** Struktura (1,3),(1,4)- $\beta$ -D-glukana (CUI SW 2001.)

Svaki  $\beta$ -glukan posjeduje mnogo zanimljivih svojstava i može poboljšati ljudsko zdravlje i imuni sustav (Gardiner, 2000.; GardineriCarter, 2000.).  $\beta$ -glukani iz različitih izvora imaju potencijalnu ulogu u proizvodnji hrane, kao sredstvo za zgušnjavanje hrane, dijetetska vlakna, emulgatore i membrane (LaRocheiMichaud, 2007.; Sucheri sur., 1975.). Dokazano je da žitarice ječam i zob imaju sposobnost snižavanja razine kolesterola u krvi te da dobro djeluju na imunološki sustav.

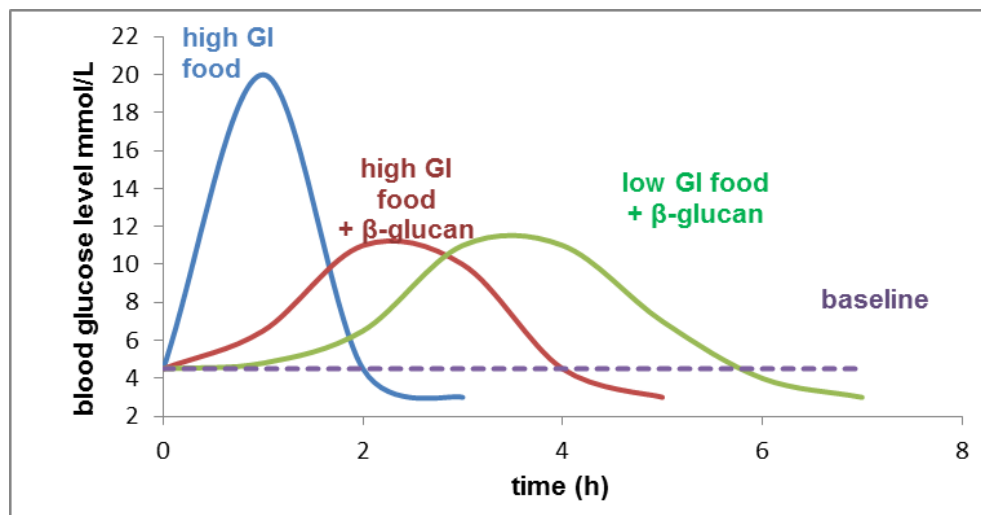
$\beta$ -glukani oblikuju viskoznu otopinu u probavnom sustavu, usporavajući apsorpciju glukoze poslije jela, pomažući održanju dobrog odnosa glukoze i inzulina u krvi. Tipična prehrana u gradovima osniva se na visoko rafiniranoj hrani s malim udjelom vlakana koja se brzo probavlja i apsorbira, naglo povećavajući glukozu i inzulin u krvi. Posljedice takvog nepravilnog izbora hrane izazivaju mogućnost nastanka dijabetesa tipa 2. Kada bi  $\beta$ -glukan iz ječma ili sam ječam kao komponenta bili zastupljeni u prehrani, značajno bi se smanjio rizik nekontroliranih oscilacija glukoze i inzulina.

Ravnomjerno smanjivanje glikemijskog indeksa uzrokovano je povećanjem sadržaja (1,3),(1,4)- $\beta$ -D-glukana u hrani. Pekarski proizvodi i žitarice za doručak imaju visok glikemijski indeks. Zbog toga je pažnja posvećena korištenju žitarica s visokim udjelom vlakana, poput ječma i zobi. Istraživanja pokazuju da viskozni (1,3),(1,4)- $\beta$ -D-glukani utječu na redukciju razine glukoze u krvi, čak i kod hrane koja daje visok glikemijski odgovor poslije obroka. Tehnike poput obogaćivanja, vodene ekstrakcije ili sušenja smrzanjem, mogu omogućiti upotrebu ječma kao izvora visokovrijednih vlakana za reduciranje glikemijskog odgovora u tradicionalnoj hrani baziranoj na pšenici, bez negativnih utjecaja na senzorske karakteristike (Cavalleri sur., 2001.).

Hrana s topljivim prehrambenim vlaknima snižava razinu kolesterola i glukoze u krvi poslije obroka i inzulinski odgovor (Jenkinsi sur., 2000.). Prehrambena vlakna imaju nekoliko zdravih prednosti poput niske metaboličke energije, produljenog osjećaja sitosti te veće probavljivosti (Spiller, 1994.).

Topljiva vlakna  $\beta$ -glukana ječma pospješuju probavu i održavaju povoljnu ravnotežu crijevne mikroflore, pomažu kod snižavanja razine ukupnog i LDL (*engl.* lowdensitylipoprotein) kolesterola te glukoze u krvi, te kod održavanja i regulacije tjelesne mase. Uvođenjem u prehranu namirnice bogate prehrambenim vlaknima, kao na primjer ječma koji sadrži 5 do 10%  $\beta$ -glukana, može se smanjiti rizik koronarnih srčanih bolesti, dijabetesa tipa 2 i nekih vrste raka (Newman C.W. i Newman R.K.,2006 ).

Na hrani koja sadrži  $\beta$ -glukane ili respektabilnu količinu zobi može stajati tvrdnja: „Sastojci ljuske zobi utječu na reguliranje glukoze i inzulina u krvi.“ Ova izjava je valjana samo onda, ako kruh sadrži najmanje 0,75 grama  $\beta$ -glukana po porciji što predstavlja 25% od 3 grama preporučenog dnevnog unosa.



Slika 4. Razgradnja glukoze u krvi sa i bez  $\beta$ -glukana ([www.pekarskiglasnik.com](http://www.pekarskiglasnik.com))

Smeđa krivulja pokazuje visok sadržaj glukoze u krvi i rezultat je konzumiranja bijelog kruha. Ako se u bijeli kruh doda  $\beta$ -glukan (ili adekvatna količina zobi s  $\beta$ -glukanom) tada je glukoza u krvi, i pored lako probavljivih šećera, raspoređena na četiri sata (zelena krivulja). Kada se u kruh s integralnim žitaricama doda  $\beta$ -glukan (ili određena količina zobi) tada se ista količina glukoze otpušta u krv kroz šest sati (crna krivulja). Visok sadržaj glukoze u kratkom vremenu znači glad.

Osim brojnih pozitivnih učinaka  $\beta$ -glukani imaju i neke negativne učinke. U istraživanjima je naglašeno da  $\beta$ -glukani imaju nisku metaboličku energiju.  $\beta$ -glukani mogu oštetiti nutritivni status apsorbirajući drugenutrijente iz dijete. Malo je poznato o učinku dijete bogate vlaknima u biološkoj iskoristivosti vitamina. Ako  $\beta$ -glukani fizički spriječe apsorpciju lipida iz probavnog trakta, jer su vlakna ljepljiva i viskozna u otopini (stvaraju barijeru), apsorpcija vitamina topljivih u mastima također će biti smanjena. Esencijalnih nutrijenata poput vitamina A, željeza i kalcija, ima vrlo malo kod pojedinih populacijskih skupina, pa bi te skupine mogle postati rizičnije ukoliko se nastavi nekontrolirano dodavati produkte vlakana u dijetetske proizvode, kao što je to trenutačno trend (Toma i Curtis, 1986.).

### 2.1.3. Primjena ječma u ishrani stoke i pivarstvu

Najveća primjena ječma služi upravo kao hrana za preživače, perad, koze, svinje, ribe. Unatoč činjenici da je ječam bitna žitarica za ishranu stoke, visoke razine  $\beta$ -glukana u ječmu dovode do smanjenja tjelesne težine životinja, a posebno peradi i svinja jer  $\beta$ -glukani formiraju gel strukture u probavnom traktu. Kod tovnihi pilića (brojlera) i prasadi veće količine ječma u smjesi (preko 18%) izazivaju smanjenje napredovanja na težini što je uzrokovano pojačanim bubrenjem  $\beta$ -glukana, pri čemu se povećava viskoznoštsadržaja crijeva te onemogućava normalno odvijanje probave i resorpcije hranjivih tvari.

Nepovoljan učinak  $\beta$ -glukana iz ječma na ishranu stoke riješen je proizvodnjom sintetskih enzima za razgradnju neškrobnih polisaharida ( $\beta$ -glukanaza), koji se kombiniraju u smjese na bazi ječma. U tim slučajevima moguće je koristiti i veće količine ječma u smjesama.  $\beta$ -glukani u većim količinama dovode do poteškoća i u procesu proizvodnje piva i slada.

Nalaze se u staničnim stjenkama endosperma ječma te degradacijom iste dolazi do promjene razine  $\beta$ -glukana. To je usko povezano s uspješnom proizvodnjom slada te se smatraju nepoželjnima jer dovode do poteškoća pri filtraciji u procesu proizvodnje piva zbog nepotpune hidrolize sastojaka, a ujedno i  $\beta$ -glukana stanične stjenke.

## 3. Glavni dio

### 3.1. Proizvodnja piva



**Slika 5.** Pivo

Osnovni sastojci za proizvodnju piva su: voda, ječam, hmelj i kvasac.

Proizvodnja piva traje 21 do 25 dana. To je složen proces sastavljen od niza uzastopnih tehnoloških operacija koje se mogu objediniti u četiri faze:

1. Proizvodnja sladovine (preprema supstrata za mikrobnog proces)
2. Vrenje sladovine ( 1. faza mikrobnog procesa)
3. Naknadno vrenje (doviranje) i odležavanje mladog piva ( 2. faza mikrobnog procesa + dozrijevanje)
4. Dorada i istakanje gotovog piva

#### **Proizvodnja sladovine:**

Započinje u varionici a nastavlja se u odjeljenju za obradu sladovine. Ovu fazu sačinjavaju: drobljenje ili meljava slada i neslađenih sirovina, ukomljavanje i ekstrakcija sladne prekrupe i neslađenih sirovina, filtracija komine, kuhanje i hmeljenje sladovine te bistrenje i hlađenje sladovine.



Osnovnu opremu svake varionice čine: mlin, komovnjak, kotao za kominu, bistrenik, prihvatna posuda za sladovinu i kotao za kuhanje sladovine sa hmeljem.

**Mljevenje** ili dobljenje sirovina može se obaviti suhim ili mokrim postupkom. 100kg sladne prekrupe ima volumen 220-300l, ovisno o finoći meljave. Za suhu meljavu korsite se mlinovi s dva do šest valjaka. Brzina okretaja iznosi 2,5-4 m/sek. Za klasične varionice s bistrenikom, prekrupa ima sljedeći sastav: pljevica 15-18%, grubi griz 30-35% i brašno 25-35%. Kod mokrog mljevenja, slad se prethodno moči orošavanjem hladnom vodom uz propuhivanje zraka u košu. Močenje traje 15 do 20minuta, tj. Dok sadržaj vode u zrnu ne dosegne 28-30%

**Ukomljavanje i ekstrakcija slada:** Koncentracija suhe tvari sirovina u komini može iznositi 14-22%. 100kg sladne prekrupe suspendirane u vodi smanjuje svoj volumen na 0.8hl, no istovremeno za toliko povećava volumen komine. U sladu se nalaze različiti enzimi. Oni najvažniji imaju temperaturne optimume između 45 i 65 °C, a temperaturne maksimume na 80°C. Područje pH optimuma je 4,3-5,7 pa su pH i temperatura najvažnija sredstva regulacije enzimске hidrolize. pH vrijednost komine regulira se dodatkom odgovarajućih soli ili kiselina. Hidrolizom pri temperaturi 60-65°C dobiva se komina s mnogo fermentabilnih šećera, što pogoduje proizvodnji piva s visokim stupnjem prevrenja. Temperatura od 70-75°C je optimalna za nastojanje dekstrina, pa se pri tim temperaturama dobivaju komine s manje fermentabilnih šećera što pogoduje proizvodnji piva s nižim stupnjem prevrenja.

Zamjena slada s neslađenim žitaricama je ograničena jednom probom. Prilikom ukomljavanja i hidrolize slada i neslađenih žitarica treba potpuno ošeeriti škrob iz slada i neslađenih žitarica uz pomoć enzima iz slada ili primjenom komercijalnih enzimskih preparata.

**Cijeđenje komine:** odvajanje sladovine od tropa izvodi se filtracijom a ponekad i separacijom komine. Filtracija se sastoji od dvije faze. Prvo se kroz trop filtrira prvijenac (osnovna sladovina) a zatim se s 2 do 3 obroka vruće vode (naljevi, 76-78°C) iz tropa ispire u njemu zaostao ekstrakt. Ukupni volumen vode za ispiranje je 1-1,5 hl na 100kg usipka.

**Kuhanje sladovine sa hmeljem** zbog: uparavanja do određene koncentracije (sladovina je razrijeđena zbog ispiranja toplom vodom), toplinske inaktivacije enzima, sterilizacije, ekstrakcije i izomerizacije aromatičnih i gorkih tvari hmelja, koagulacija proteina. Intenzitet kuhanja obično osigurava otparavanje 8-10% vode na sat. U toku kuhanja dolazi do karamelizacije šećera i oksidacije, pa sladovina poprima tamniju boju. Kuhanje se može izvesti pod atmosferskim, niskim ili visokim tlakom koji se zagrijavaju najčešće parom.

**Hlađenje, bistrenje i aeracija sladovine:** Proces obrade vruće sladovine obuhvaća: 1. hlađenje vruće sladovine s 98°-100°C na početnu temperaturu vrenja (6°-15°C), 2. bistrenje sladovine, tj. Taloženje suspendiranih čestica i proteina koaguliranih u toku kuhanja i 3. zasićenje sladovine s kisikom iz zraka.

Kako je pri niskim temperaturama sladovina pogodan supstrat za rast mikroorganizama, hlađenje treba obaviti brzo da ne dođe do njene kontaminacije. Hlađenjem i bistrenjem sladovine uklanja se sav topli talog i polovina hladnog taloga, što je preduvjet za stabilno i bistro pivo, punog okusa i dobre pjene. Vruća sladovina ne sadrži otopljeni kisik jer je on tokom kuhanja ispario. Za aktivnost kvasca i normalno vrenje, ohlađena sirovina mora imati dovoljno otopljenog kisika prije početka vrenja. Obično je to oko 8-14mg/ L što odgovara 33-88% zasićenja sladovine zrakom. Zbog toga se u toku hlađenja sladovina aerira.

### **Vrenje sladovine:**

Prva faza mikrobnog procesa se odvija u vrionom podrumu. Pivska sladovina je složena prirodna podloga koja pokriva potrebe za svim elementima, koje čine ugljikohidrati (80-98%), tvari s dušikom (1,5-2%), mineralne tvari (1,5-2%).

U toku glavnog vrenja početna količina kvasca se uvećava za 2-5 puta, ovisno o početnoj koncentraciji i uvjetima vrenja. To omogućuje višekratnu primjenu kvasca, tj. njegovu reciklaciju sve dotle dok je mikrobiološki čist i dok dobro i brzo provire sladovinu (5-10 generacija). Kvasci dobro rastu u sladovini, ali ne koriste pentizane i dekstrine. Kako je količina kisika u sladovini ograničena, ograničen je i rast pa veliki dio dušičnih spojeva i mineralnih tvari ostaje neiskorišteno.

U sladovini se nakon inokulacije s kvascem (0,5-1,0g suhe tvari na litru) odvijaju reakcije katabolizma i anabolizma. Kvaščeve stanice koriste hranjive sastojke sladovine, proizvode energiju te različite intermedijere metabolizma, koji se koriste za sintezu staničnih sastojaka ili se jednostavno izlučuju u okolinu. Sladovina prilikom toga mijenja sastav, okus i miris, odnosno, pretvara se u mlado pivo. Spojevi koji nastaju su etanol, ugljični dioksid, organske kiseline, viši alkoholi, esteri te mnogi drugi.

Brzina vrenja ovisi o soju kvasca, fiziološkom stanju i broju stanica kvasca u inokulumu, veličini i geometrijskom obliku fermentora, sastavu i pH vrijednosti sladovine, temperaturi vrenja i koncentraciji otopljenog kisika. Glavno vrenje traje 3-12 dana, odnosno toliko dugo dok se ne postigne željeni stupanj prevrenja. Glavno vrenje se prekida prije nego su svi fermentabilni šećeri prevedeni u etanol i CO<sub>2</sub>. zato se mora naglo ohladiti na 0°C do 1°C, kako bi došlo do taloženja glavnine kvasca. Mlado pivo tada sadrži 1-1,5% ekstrakta koji može prevreti. Taj dio ekstrakta se čuva za drugu fazu mikrobnog procesa, nakon otakanja mladog piva u ležne tankove. Dio kvasca preostalog nakon otakanja mladog piva koristi se za inokulaciju nove šarže sladovine, a dio preostaje kao vrijedan nusproizvod.

S obzirom na vrijeme zadržavanja naciyepljene sladovine u fermentorima, proces vrenja može se voditi šaržno, polukontinuirano i kontinuirano. S obzirom na pritisak ugljičnog dioksida u fermentorima, vrenje se može voditi pod atmosferskim, niskim (0,5 bara) i povišenim tlakom (1,5-2,0 bara).

### **Naknadno vrenje i odležavanje piva:**

Mlado pivo ne samo da nema ugodan okus i miris, nego nije ni dovrelo. Oko 10% od ukupnih fermentabilnih šećera prisutnih u sladovini nije još prevrelo. Sadržaj otopljenog ugljičnog dioksida je nizak, oko 0,20 g/L. Mlado pivo je mutno s izrazitim okusom po kvascu.

Doviranje mladog piva najčešće se nastavlja u zatvorenim tankovima za naknadno vrenje ili odležavanje piva u odjeljenju koje se naziva ležni podrum. Ovisno o kapacitetu ležnog podruma i vrsti piva, odležavanje traje 21-100 dana, ali i znatno kraće, naročito u vrijeme velike potrošnje piva. Za to vrijeme polagano previru preostali šećeri, pivo se bistria nastali CO<sub>2</sub> se otapa u pivu.

Broj tankova ovisi o njihovoj veličini, odnosno volumenu. Veličina se odabire tako da se za 4-5 sati tank isprazni pri točenju. U suprotnom, CO<sub>2</sub> izvjetri iz piva i ono gubi reskost.

Naknadno vrenje se provodi s istim kvascem koji je upotrebljen za glavno vrenje, tj. sa stanicama kvasca koje se nisu istaložile ili uklonile separacijom prilikom otakanja piva iz vrionog u ležni podrum. No, može se upotrijebiti i neki soj praškastog kvasca, koji se dodaje u tank za doviranje.

### **Dorada i istakanje piva:**

Nakon završenog odležavanja, zrelo pivo se odvodi u odjeljenje za obradu ili doradu piva. Stupanj i postupak dorade ovisi o uspješnosti i trajanju odležavanja mladog piva. Tu se pivo potpuno bistri uz pomoć filtera ili centrifugalnih separatora za pivo.

Postupak bistenja otežava činjenica da je pivo zasićeno s CO<sub>2</sub>, koji se ne smije izgubiti tokom bistenja. Ako je odležavanje bilo kratko, bistenje se izvodi uz pomoć različitih sredstava za bistenje u cilju koloidne stabilizacije, a pivo se može i karbonizirati, ako ne sadrži dovoljno CO<sub>2</sub>.

Osnovni postupci za bistrenje piva su filtracija i centrifugiranje (separacija). Ovim postupcima se iz piva uklanjaju sitne čestice (stanice kvasca, proteini i hmeljne tvari) zbog kojih je pivo opalescentno, odnosno nedovoljno bistro.

U postupke dorade spada i biološka stabilizacija piva koja se izvodi uz pomoć oštrem filtracije, dodataka konzervansa ili pasterizacijom.

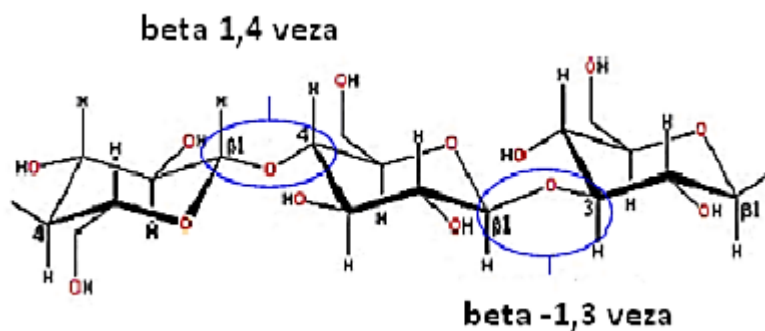
### Točenje piva:

Izbistreno pivo se čuva u tlačnim tankovima pod stalnim tlakom, da nebi došlo do oslobađanja i gubitaka CO<sub>2</sub> te pjenjenja piva. Kako je kisik štetan za kemijsko-fizikalnu stabilnost piva, treba izbjegavati da pivo dolazi u dodir sa zrakom prilikom točenja. To znači da bi se sve operacije s pivom u ležnom tanku, aparatu za rezanje, filteru, tlačnom tanku i punjaču trebale odvijati u atmosferi ugljičnog dioksida. Pritisak CO<sub>2</sub> pri ovim operacijama iznosi 0,8-1 bar, a potrošnja 0,4 kg hl<sup>-1</sup> pri punjenju boca. Brzina protoka piva u dovodnoj cijevi iznosi maksimalno 1,3-1,5 m s<sup>-1</sup>.

## 3.2. β-GLUKANI

β-glukani su dijetalna vlakna, odnosno dugolančani, neškrobni polisaharidi koji se sastoje od velikog broja molekula D-glukoze povezanih β-glikozidnim vezama. Svi β-glukani su polimeri vezani β-(1,3) glikozidnim vezama, a razlikuju se svojom dužinom i pokrajnjim lancima koji su vezani (1,4) i/ili (1,6) vezama. Oznake (1,3), (1,4) i (1,6) označavaju vezanje ugljikova atoma iz jedne monosaharidne jedinice na ugljikov atom druge monosaharidne jedinice na položajima 3, 4 ili 6. Udio pojedinih veza u molekuli se ne pojavljuje po nekom posebnom pravilu, ali nije ni isključivo nasumičan. Istraživanja su pokazala da se u 85% uzoraka ječma javljaju dvije ili tri (1,4) glikozidne veze razdvojene sa jednom (1,3) glikozidnom vezom ([Edney i sur., 1991.](#)).

U prirodi se β-glukani javljaju u staničnim stijenkama mekinja žitarica (ječam, zob, raž i pšenica) te u pojedinim vrstama gljiva (Reishi, Shiitake i Maitake), ali su prisutni i u algama, kvascima i bakterijama. Dobivaju se ekstrakcijom iz kvasaca ili mekinja žitarica. Nisu esencijalni za ljudski organizam, ali imaju određen utjecaj na naše zdravlje (pozitivan utjecaj na imunitet, smanjenje krvnog tlaka, kolesterola, razine glukoze u krvi itd.). U zrnu ječma razlikujemo dvije vrste hemiceluloze, endospermnog tipa i pljevičastog tipa. Hemiceluloza endospermnog tipa sadrži mnogo β-glukana, a pljevičastog tipa malo β-glukana ([Popović, 2012.](#)).



Struktura ječmenog (1,3),(1,4)- $\beta$ -D-glukana (VitaminPROS, 2012.)

### 3.3. Utjecaj $\beta$ glukana na kakvoću piva

$\beta$ -glukan se sastoji od nerazgranatih lanaca sastavljenih od glukoznih jedinica povezanih  $\beta$  1,3 i  $\beta$ -1,4 vezama omjerom (30:70 %). Nažalost, ostatak  $\beta$ -glukana u ječmenom zrnju, koji nije razgrađen tijekom sladenja, izaziva poteškoće pri cijedenju sladovine i filtraciji piva. Još veći problem izaziva  $\beta$ -glukan iz neslađenih žitarica. Naime u oba slučaja nastaje  $\beta$ -glukanski gel koji usporava cijedenje sladovine i filtraciju piva. Stoga bi preostali  $\beta$ -glukan u sladnome zrnju, odnosno, u neslađenim žitaricama trebalo razgraditi (varionica) prije hidrolize škroba. Za razgradnju  $\beta$ -glukana na raspolaganju su dva enzima iz slada s različitim temperaturnim optimumima i proizvodima hidrolize (Marić, 2009.).

$\beta$ -glukan +  $\beta$ -glukanaza ( 45 -50°C)  $\rightarrow$   $\beta$ -glukanski dekstrin  
 $\beta$ -glukan +  $\beta$  – glukana-solubilaza (60-65°C)  $\rightarrow$  otopljeni  $\beta$  – glukan

Povećan sadržaj  $\beta$ -glukana ne mora nužno imati za posljedicu pogoršanje filtrabilnosti piva. Značajnije je u kolikoj mjeri je nastao  $\beta$ -glukanski gel. Zbog toga je važno da u proizvodnji piva tj. u sladu sadržaj  $\beta$ -glukana bude što manji. Čim se poveća sadržaj makromolekularnoga  $\beta$ -glukana, povećava se mogućnost nastajanja gela. Osim već spomenutih pojava povezanih sa sadržajem  $\beta$ -glukana, (povećanje viskoznosti sladovine, otežano cijedenje tj. filtracija sladovine, pogoršavanje filtrabilnosti piva, koloidno zamućenje piva), uzrokuje i smanjenje radnoga ciklusa i kapaciteta filtera, poskupljenje proizvodnje te neoptimalan rad izaziva i ozbiljno ugrožava ukupnu kvalitetu proizvoda (Gagula, 2013.).

Tijekom sladenja dolazi do smanjenja udjela  $\beta$ -glukana u ječmu, odnosno njihov udio opada proporcionalno povećanju prhkosti (razgrađenosti, friabilnosti) zrna ječma od oko 4% do oko 0,7% (Kunze, 1999.), iako postoje određena odstupanja kod pojedinih sorti koja se mogu zanemariti ukoliko se radi o namjenskim sortama pivarskog, stočnog i dr. ječma.

Probleme u proizvodnji uzrokuju samo topljivi  $\beta$ -glukani koji završavaju u sladovini ([Stuart i sur.,1988.](#)), dok se netopljivi  $\beta$ -glukani na temperaturama ukomljavaanja (iznad 65° C) istalože. Međutim i nerazgrađeni  $\beta$ -glukan iz slada odnosno neslađeneih žitarica, makromolekularni, stvara  $\beta$ -glukanski gel koji uzrokuje poteškoće pri cijeđenju sladovine i filtraciji piva ([Marić, 2009.](#)).

U specifikacijama za preporučenu kakvoću pivarskog ječma (dvoredog i šestoredog) ne propisuju se vrijednosti za udio  $\beta$ -glukana u polaznoj sirovini nego se propisuju vrijednosti za njihov udio u standardnom svijetlom sladu. Razlog tome je njihova struktura i odnos pojedinih frakcija  $\beta$ -glukana koji imaju veliku važnost za njihovu topivost ([Kanauchi i sur.,2011.](#)). Pri tome se navode vrijednosti od < 200mg/L, pa do 250 mg/L opet vezano za problematiku topljivih frakcija  $\beta$ -glukana ([Narziss i sur., 1999.](#)). Razlike se pojavljuju kao rezultat različitih uvjeta uzgoja u pojedinim svjetskim regijama koje su najznačajnije za proizvodnju pivarskog ječma (Europa, Sj. Amerika i Australija). Smatra su uobičajenim u pivarskoj praksi da se navedene vrijednosti za  $\beta$ -glukane u sladu mogu postići ako polazni ječam sadrži oko 4 g/100 g s.t. ([European Brewery Convention, 1998.](#)).

## 4. Literatura

Edney M.J., Marchylo B.A., MacGregor A.W.: Structure of total barley beta-glucan, vol. 97, pp. 39-44, Manitoba, Canada, 1991.

European Brewery Convention, Analytica 5. Ed. Fachverlag Hans Carl, D-Nurnberg, 1998.

Gaćeša S.: Tehnologija slada sa sirovinama za tehnologiju piva. Poslovna zajednica industrije piva i slada Jugoslavije, Beograd, 1979.

Gagula G: Određivanje udjela  $\beta$ -glukana u domaćim sortama pivarskoga ječma : Specijalistički rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2013.

Gagro, M.: Ratarstvo obiteljskog gospodarstva: žitarice i zrnate mahunarke, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb 97-110, 1997.

Gardiner T, Carter G: Beta-glukan biological activities: A review (condensed version), Glycoscience and Nutrition, 1, 1- 6, 2000.

Hough JS, Briggs, DE, Stevens, R: Naučni aspekti sladarstva i pivarstva. (preveo Gaćeša, S.), Poslovno udruženje industrije piva i slada Jugoslavije, Beograd, 1976.

Kanauchi M., Ishikura W, Bamforth C.W.:  $\beta$ - Glucans and Pentosans and their Degradation Products in Commercial Beers. Journal Of The Institute Of Brewing. 117 (1), 120-124, 2011.

Kunze W: Technology Brewing and Malting. 2nd revised ed. VLB, Berlin, 1999.

Lalić A, Kovačević J: Stanje i budućnost domaće proizvodnje pivarskog ječma i slada. Svijet piva 21:6-12, 1999.

Marić V: Tehnologija piva. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009.

Narziss L: Die Technologie Der Malzbereitung, 7 ed., F.Enke, Stuttgart, 1999..

Popović T.: Određivanje  $\beta$ -glukana u domaćim sortama ječma, Diplomski rad, Osijek, 7, 2012.

Sadadinović J: Organska tehnologija, Tuzla, 2008.

Schuster K., Weinfurter, F. i Narziss L. ; Die Technologie der Würzebereitung, (1985)

Tehnologija proizvodnje sladovine. 15-18, 25-33, 236-243, prijevod S.Gaćeša, Posl. zajed. ind. piva i slada Jug. 1988.

Stuart I.M., i sur. Varietal and enviromental variations in (1-3,1-4)  $\beta$ -glucan levels and (1-3,1-4)  $\beta$ -glucanase potential in barley: Relationship to malting quality, Journal of Cereal Science Vol. 7(1).61-71, 1988.

Štefanić K., Marić V.: Pivarski priručnik. Jugoslavensko udruženje pivovara, Beograd, 1990.

VitaminPROS 2012. <http://www.vitaminpros.com/barley-beta-glucan.htm> 2011. (pristupljeno lipanj 2014.)