

# Određivanje udjela $\beta$ -glukana u domaćim sortama pivarskog ječma iz žetve 2013.

---

**Radić, Mato**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:410126>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**

REPOZITORIJ

**PTF OS**

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

Mato Radić

**ODREĐIVANJE UDJELA  $\beta$ -GLUKANA U  
DOMAĆIM SORTAMA PIVARSKOG JEČMA IZ ŽETVE 2013.**

diplomski rad

Osijek, rujan 2015.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za prehrambene tehnologije  
Katedra za biotehnologiju  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Nastavni predmet:** Biotehnološka proizvodnja hrane  
**Tema rada** je prihvaćena na III sjednici Odbora za završne i diplomske ispite održanoj dana 12.12.2014.  
**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Vinko Krstanović  
**Pomoć pri izradi:** Kristina Habschied, dpl. ing.

### ODREĐIVANJE UDJELA $\beta$ -GLUKANA U DOMAĆIM SORTAMA PIVARSKOG JEČMA IZ ŽETVE 2013.

Mato Radić , 230-DI 2013.

#### Sažetak:

U ovom radu su ispitivani udjeli  $\beta$ -glukana u domaćim sortama ječma na području Istočne Hrvatske iz žetve 2013. Uzorci su prikupljeni od striktno pivarskih (B), striktno stočnih (F) i kombiniranih sorti (BF) koje se mogu koristiti za slađenje i druge namjene. Ispitano je ukupno 10 sorti. Rezultati koji su dobiveni bili su u okviru preporučene vrijednosti od 2,58 – 4,87 g/100 g s.t. (s pojedinim iznimkama), a na osnovu njih možemo vidjeti da na udio  $\beta$ -glukana značajnije utječe sorta ječma, nego lokacija njegovog uzgoja. Najveću vrijednost udjela  $\beta$ -glukana imale su sorte Bravo, Bingo i Rex, a najmanju Vanessa. Metoda kojom se određivao udio  $\beta$ -glukana bila je enzimaska AACC metoda 32-23.

**Ključne riječi:** domaće sorte ječma,  $\beta$ -glukan

**Rad sadrži:** 29 stranica  
10 slika  
4 tablica  
0 priloga  
26 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za obranu:

1. doc. dr. sc. Natalija Velić	predsjednik
2. izv.prof. dr. sc. Vinko Krstanović	član-mentor
3. Izv.prof. dr. sc. Vedran Slačanac	član
4. izv.prof. dr. sc. Marko Jukić	zamjena člana

**Datum obrane:**

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek  
Faculty of Food Technology Osijek  
Department of Bioprocess engineering  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food technology  
**Course title:** Biotechnology in Food Production  
**Thesis subject** was adopted at the Third Session of the Committee for final exams and graduation held on 12.12.2014  
**Mentor:** Vinko Krstanović, PhD, associate prof.  
**Technical assistance:** Kristina Habschied, MSc; teaching assistant

### DETERMINATION OF $\beta$ -GLUCAN CONTENT IN DOMESTIC BARLEY VARIETIES 2013 Mato Radić ,230-DI 2013

#### Summary:

In this thesis, we examined the shares of  $\beta$ -glucan in the domestic barley varieties in Eastern Croatia from harvest 2013. Samples were collected from a strictly brewery (B), strictly livestock (F) and mixed varieties (BF) that can be used for sweetening and other purposes. A total of 10 varieties have been examined. The results obtained were within recommended values of 2.58 to 4.87 g/100g of dry matter (with certain exceptions), and on that basis we can see that the barley varieties affect the shares of  $\beta$ -glucan significantly more than the location of its breeding. The greatest value of shares of  $\beta$ -glucan were found in Bravo, Bingo and Rex, and the lowest in Vanessa. The method which was used to determine the shares of  $\beta$ -glucan was the enzymatic method AACC 32-23.

#### Key words:

**Thesis contains:** 29 pages  
10 figures  
4 tables  
0 supplements  
26 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

1.	Natalija Velić PhD, assist. prof.	chair person
2.	Vinko Krstanović PhD, assoc. prof.	supervisor
3.	Vedran Slačanac PhD, assoc. prof.	member
4.	Marko Jukić, Phd, assoc. prof.	stand-in

#### Defense date:

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. JEČAM</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2. PROIZVODNJA JEČMA U HRVATSKOJ</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3. PIVARSKI JEČAM</b> .....	<b>5</b>
<b>2.4. GRAĐA I SASTAV ZRNA JEČMA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.5. <math>\beta</math>-GLUKANI</b> .....	<b>9</b>
<b>2.6. <math>\beta</math>-GLUKANI U PIVARSTVU</b> .....	<b>10</b>
<b>2.7. PROIZVODNJA SLADA</b> .....	<b>10</b>
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1. ZADATAK</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2. MATERIJALI I METODE</b> .....	<b>13</b>
3.2.1. Materijali.....	13
3.2.2. Metoda.....	13
3.2.3. Određivanje $\beta$ -glukana.....	13
3.2.4. Statistička obrada rezultata.....	16
<b>4. REZULTATI</b> .....	<b>17</b>
<b>5. RASPRAVA</b> .....	<b>22</b>
<b>6. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>25</b>
<b>7. LITERATURA</b> .....	<b>27</b>

## **Popis oznaka, kratica i simbola**

PTF            Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

s.t.            suha tvar

P              pivarski

S              stočni

P/S            pivarsko – stočni

## **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. Budući da je ječam osnovna sirovina za proizvodnju slada, odnosno piva, povišen udjel ovih spojeva rezultira i povišenim udjelom njihovih topljivih frakcija, te ima negativan učinak na kakvoću slada (otežana citoliza, smanjena friabilnost, udjel ekstrakta i fermentabilnost zrna). Tijekom proizvodnje piva topljivi  $\beta$ -glukani uzrokuju značajne procesne probleme (otežana filtrabilnost i smanjena koloidna stabilnost piva, povećanje proizvodnih troškova te ometanje normalnog vrenja sladovine). Među korisna svojstva  $\beta$ -glukana spada svojstvo njihovih makromelekula da vežu vodu (uz pentozane), pa rezultati ovog istraživanja mogu biti primjenjivi i u pekarstvu ([Gardiner i sur., 2000.](#)).

Cilj ovog rada je bio odrediti udio  $\beta$ -glukana u domaćim sortama ječma koje se koriste za proizvodnju slada, budući da ovi polisaharidi imaju velik značaj za niz tehnoloških aspekata tijekom proizvodnje. Njihova se topivost povećava tijekom procesa slađenja zrna te se oni tada ne mogu eliminirati, pa se procesni parametri moraju uskladiti sa njihovim udjelom kako bi se određene faze proizvodnje piva (filtracija, koloidna stabilizacija, fermentacija itd.) provele na odgovarajući način.



## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. JEČAM

Ječam (lat. *Hordeum vulgare*) je jednogodišnja biljka iz porodice trava. Smatra se jednom od najstarijih žitarica u Europi. Sijao se još u kamenom dobu, kultivirao u starom Egiptu, Mezopotamiji i području europskih sojenica. Sumerani su uz uobičajenu primjenu u kuhinji tu žitaricu koristili i kao novac. U Babilonu se od njega pravila kaša i pivo, a u Starom vijeku vrlo važna namirnica bio je prženi ječam. Višeredni ječmovi potječu iz Istočne Azije, a iz Etiopije i Eritreje potječu različite forme i varijeteti jarog ječma. Iz Sirije i Palestine potječe dvoredni divlji ječam. Pretpostavlja se da ječam potječe od divlje vrste *Hordeum spontaneum* (Divjak, 2005., Gagro, 1997.).

Ječam spada u porodicu *Poaceae*, tribus (odjel) *Triticeae*, subtribus (pododjel) *Hordeinae* i genus (rod) *Hordeum* koji obuhvaća oko 25 vrsta. Svi kultivirani oblici ječma svrstani su u jednu vrstu, *Hordeum vulgare*. Zahvaljujući svom polimorfizmu i lakom prilagođavanju različitim klimatskim i zemljišnim uvjetima, spada među najraširenije kulture poljoprivrednog bilja. Ječam se može koristiti i kao zdrava i jeftina zamjena za kavu, a ječmeni slad kao zamjena za šećer. U 100 g ječma nalazi se 354 kalorije, obiluje nezasićenim masnim kiselinama (smanjuju razinu kolesterola u krvi). Sadrži dosta vitamina A, vitamina D, vitamina E te vitamina B12 (koji je inače rijedak u biljkama), zatim pantotenske kiseline, a od minerala sadrži kalij, magnezij, cink, željezo, fosfor, kobalt, fluor i jod. Lako je probavljiv i sadrži mnogo topivih vlakana koja pomažu u zaštiti od raka debelog crijeva.



<http://www.agroklub.com>



<http://www.femina.hr>

**Slika 1 Ječam**

Prema podacima FAO-a, od 1909. godine do danas u porastu su površine, prosječni prinosi i općenito proizvodnja ječma. Glavno uzgojno područje ječma se nalazi između 55. i 65. stupnjeva sjeverne zemljopisne širine gdje se uzgaja najviše jari ječam, na oko 80% površina, dok je proizvodnja fakultativnih i ozimih kultivara ograničena na oko 20% površina, uglavnom u Europi, Srednjoj Aziji i Zakavkazju.

U ukupnoj svjetskoj proizvodnji žitarica ječam zauzima četvrto mjesto, a u Europi se proizvodi približno 60% ukupne svjetske proizvodnje ječma (Lásztity, 1996. i Fischbeck, 2002.).

## **2.2. PROIZVODNJA JEČMA U HRVATSKOJ**

Proizvodnja ječma u Republici Hrvatskoj najvećim dijelom obuhvaća uzgoj ozimog dvorednog ječma gdje se postižu i najveći prinosi zrna. Razvoj pivarstva i sladarstva u Republici Hrvatskoj zahtjeva poboljšanje pivarske kakvoće ječma i povećanje površina zasijanih ječmom. Proizvodnja ječma s visokim urodom zrna i odgovarajućom pivarskom kvalitetom moguća je samo kvalitetnim sortimentom, ali uz povoljne uvjete uzgoja i odgovarajuću tehnologiju proizvodnje (Kovačević i sur., 1994.). U Republici Hrvatskoj nakon pšenice se najviše uzgaja ječam (stočni, pivarsko-stočni, pivarski) i to na ukupno oko 50 000 hektara, a prosječni prinosi zrna su oko oko 3-4 t/ha. Osim u hranidbi stoke (prvenstveno svinja), značajan dio ječma namjenski se koristi u pivarstvu, a vrlo mali dio namijenjen je prehrani ljudi. Godišnje potrebe jedine Hrvatske tvornice slada, "Slavonija Slad" u Novoj Gradiški iznose oko 60 000 do 70 000 tona kvalitetnog pivarskog ječma.

## **2.3. PIVARSKI JEČAM**

Pivarski ječam mora udovoljavati uvjetima koje postavlja industrija slada, kao što su okruglo i dobro ispunjeno zrno, fino naborana pljevica, visoka masa 1000 zrna, visok udio zrna 1. klase, visoka klijavost te odgovarajući parametri kakvoće slada (Martinčić, 1996., Marić, 2000.). Ječam namijenjen ishrani stoke mora imati odgovarajuću količinu bjelančevina, ali isto tako oplemenjivanje mora biti usmjereno na poboljšanje sastava i udjela esencijalnih aminokiselina (Molina-Cano i sur., 1997.).

S obzirom na vrijeme sjetve, postoje dva oblika pivarskog ječma:

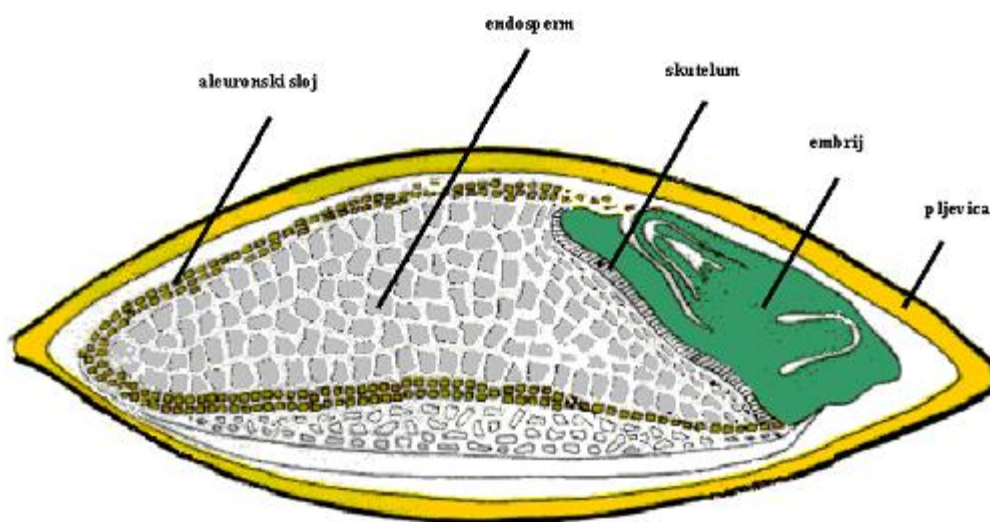
- ozimi ječam koji se sije u sredini rujna
- jari ječam koji se sije u ožujku i travnju.

Zahvaljujući znanstveno-istraživačkim radovima na području genetike i selekcije pivarskog ječma, danas postoje i fakultativne ozimo-jare sorte ječma koje se mogu sijati u jesen i na proljeće. Ovisno o rasporedu zrna u klasu, svaki oblik ječma se može podijeliti u različite sorte, koje su klasificirane kao dvoredni, četveroredni ili šestoredni ječam. Sorte dvorednog jarog ječma najbolje udovoljavaju zahtjevima koje postavlja sladarska i pivarska industrija, pa se zato najčešće i koriste. Unatoč tome, povećao se uzgoj dvoredno ozimog ječma koji kvalitetom gotovo nadmašuje jari ječam (Schuster i sur., 1988.).

## 2.4. GRAĐA I SASTAV ZRNA JEČMA

Kao i većina žitarica, zrno ječma se sastoji od tri osnovna dijela: omotača (pljevice), klice i endosperma. Klica se sastoji od embrija, akrospore i korjenčića. Endosperm je svojevrsna vreća napunjena mrtvim stanicama koje sadrže velika i mala kristalična škrobna zrnca obavijena  $\beta$ -glukanom (hemicelulozom) u proteinskoj matrici. Endosperm je pokriven tankim slojem što se sastoji od četiriju redova živih stanica, tzv. aleuronskim slojem. Te su stanice važne za biosintezu hidrolitičkih enzima ( $\alpha$ -amilaza,  $\beta$ -glukanaza, proteaza) što hidroliziraju endosperm tijekom klijanja i opskrbljuju embrio potrebnim hranjivim sastojcima za rast. Vanjski omotač zrna naziva se pljevica. Glavni sastojak pljevice su celuloza i lignin, dok ostatak čine pentozani, manani, uronične kiseline i hemiceluloze. Znatno je i udio silicija zbog kojeg pljevica ima abrazivna svojstva (Divjak, 2005.).

Osnovna građa zrna ječma obuhvaća embrionalni dio, endosperm i omotač zrna. U embrionalnom dijelu se nalazi embrio sa začecima lisne klice i korjenčića. Embrio predstavlja živi dio zrna iz kojeg klijanjem nastaje nova biljka. Bogat je bjelančevinama (34%), topljivim šećerima (20-25%) i lipidima (14-17%) te mineralnim tvarima (5-10%) neophodnim za sintezu hormona i početni rast kod klijanja (Gaćeša, 1979., Marić, 2000.). Hormoni aktiviraju aleuronski sloj i biosintezu hidrolitičkih enzima.



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

Embrionalni je dio odvojen od endosperma tankim slojem tkiva štitića i epitelijalnim slojem. Štitić čini poroznu membranu sastavljenu od nekoliko slojeva duguljastih stanica s vrlo

tankim stijenkama kroz koju se tijekom klijanja odvija izmjena hranjivih tvari i katalitičkih enzima između embrija i endosperma.

Endosperm se sastoji od mnoštva stanica ispunjenih škrobnim granulama i bjelančevinama. Za vrijeme klijanja endosperm služi kao izvor hranjivih tvari potrebnih za razvoj embrija. U stanicama endosperma škrobne granule su vrlo gusto složene unutar mreže bjelančevina. Mrežu bjelančevina čine skladišne bjelančevine endosperma (Shewry, 2002.).

Oмотаč zrna se sastoji od tri osnovna sloja: teste, perikarpa i pljevice (Kunze, 1999.). Testa ili sjemenjača je unutrašnja ovojnica smještena neposredno iznad aleuronskog sloja. Izgrađena je od nekoliko slojeva mrtvih stanica koje sadrže visok udio voska zbog čega se nazivaju i voštanim slojem slojem stanica. Testa obavlja cijelo zrno i propušta samo čistu vodu, ali ne i soli koje su u njoj otopljene što ju čini polupropusnom opnom. Sljedeća ovojnica prema vanjskom dijelu zrna je pericarp ili oplodnjača koja je srasla sa sjemenjačom. Zatim slijedi epidermis koji je s vanjske strane zaštićen pljevicom. Uloga pljevice prije svega je mehanička zaštita zrna. Pljevica se uglavnom sastoji od celuloze i lignin, dok ostatak čine pentozani, manani, uronične kiseline,  $\beta$ -glukani i silicij koji daje tvrdoću (Gaćeša, 1979., Marić, 2000.).

U industriji piva se koriste samo sorte koje imaju sraslu pljevicu, odnosno, sorte kod kojih su trbušna i leđna pljevica srasle s testom i perikarpom pa se prilikom žetve ne odvajaju od zrna, za razliku od golozrnog ječma i pšenice kod koje obje pljevice prilikom žetve otpadaju pa se dobiva golozrni plod (Kunze, 1999.).

Udjel vode u zrnu ječma tijekom žetve iznosi u prosjeku od 14 do 15%, ali može varirati od 12 do 20% s obzirom na klimatske uvjete žetve. Najveći udio suhe tvari ječma čine ugljikohidrati. Po sastavu i ulozi tijekom prerade ječma te značajnost za kakvoću proizvoda, pojedini se ugljikohidrati međusobno razlikuju. U proizvodnji slada značajnu ulogu imaju škrob, šećeri i celuloza kao i hemiceluloza i gumaste tvari (Kunze, 1999.). Škrob čini od 51% do 67% suhe tvari i on je najvažniji sastojak ječma. Škrob predstavlja uskladištenu energiju koju embrio troši u prvim fazama života sve dok se ne osposobi za vlastito dobivanje energije. Škrob se nalazi u stanicama endosperma u obliku škrobnih zrnaca. Škrobna zrnca se sastoje od amiloze i amilopektina koji se prema strukturi razlikuju.

Udio šećera u ječmu je vrlo mali, od 1,8% do 2,0%. Šećeri predstavljaju sastojke koji se lako transportiraju pa se koriste u metabolizmu embrija. U zrnu ječma ima oko 2-5% celuloze i ona se nalazi isključivo u pljevici kao strukturna komponenta. Celuloza je netopljiva u vodi i enzimi slada je ne mogu razgraditi te uslijed toga ne utječe na kakvoću piva.

Hemiceluloze su osnovni sastojci staničnih stijenki endosperma. Sastoje se od 80-90%  $\beta$ -glukana i 10 do 20% arabinoksilana koji zajednički sudjeluju u izgradnji staničnih stijenki endosperma.  $\beta$ -glukani se sastoje od nerazgranatih lanaca ostataka glukoze koji su međusobno povezani  $\beta$ -1,4 i  $\beta$ -1,3 vezama. Razgradnja  $\beta$ -glukana je otežana zbog toga što prelazi u gel, a to izaziva porast viskoznosti piva. Molekule arabinoksilana se sastoje od pentoznih molekula, ksiloze i arabinoze. Tijekom slađenja i komljenja arabinoksilani se djelomično razgrađuju i njihov je utjecaj na proizvodnju i kakvoću piva manje značajan u odnosu na utjecaj gumastih tvari (Kunze, 1999.).

Udio bjelančevina u zrnu ječma može varirati od 8 do 13% pa čak i do 16%. Na udio bjelančevina u zrnu značajan utjecaj ima količina gnojidbe dušikom. Povećanom gnojidbom dušikom postiže se povećanje udjela bjelančevina u zrnu ječma sa 7,87% na 12,94%. (Kirkman i sur., 1982.). Količina lipida u zrnu ječma iznosi 2-3%. Oni se najvećim dijelom nalaze u aleuronskom sloju i u klici. Lipide ječma uglavnom čine trigliceridi u kojima je glicerol esterificiran s višim masnim kiselinama. Udio mineralnih tvari u zrnu ječma je od 2% do 3%. Najveći dio mineralnih tvari se nalazi u obliku anorganskih spojeva od kojih su najzastupljeniji fosfati, silikati i soli kalija.

**Tablica 1** Kemijski sastav ječmenog zrna (%), (Schuster i sur., 1988).

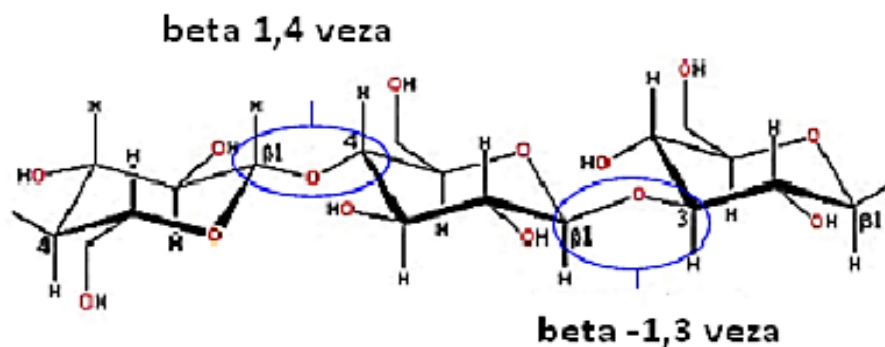
<b>Prosječni sastav suhe tvari zrna ječma (%ST)</b>	
<b>Ukupni ugljikohidrati</b>	78-83
Škrob	51-67
Saharoza	1-2
Monosaharidi	1-2
Arabinoksilani	4-8
B-glukani	2,5-6,0
Celuloza	2-5
<b>Ukupne bjelančevine</b>	8-15
Albumini i globulini	1-4
Hordeini	3-6
Glutelini	3-6
Aminokiseline i peptidi	0,5
<b>Ukupni lipidi</b>	2-3
Trigliceridi	0,5-1,3
Fosfo-i glikolipidi	0,5-1,3
Voskovi i steroli	0,1-0,2
<b>Mineralne tvari</b>	1,9-2,5



## 2.5. $\beta$ -GLUKANI

$\beta$ -glukani su dijetalna vlakna, odnosno dugolančani, neškrobni polisaharidi koji se sastoje od velikog broja molekula D-glukoze povezanih  $\beta$ -glikozidnim vezama. Svi  $\beta$ -glukani su polimeri vezani  $\beta$ -(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  $\beta$ -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  $\beta$ -glukana, a pljevičastog tipa malo  $\beta$ -glukana (Popović, 2012.).



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

## 2.6. $\beta$ -GLUKANI U PIVARSTVU

$\beta$ -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 slađenja, 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) →  $\beta$ -glukanski dekstrin

$\beta$ -glukan +  $\beta$ -glukan-solubilaza (60-65°C) → 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, poveća 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.](#)).

## 2.7. PROIZVODNJA SLADA

Ječam je osnovna sirovina za proizvodnju slada. Primjena ječma počiva na velikoj količini škroba u zrnju i pljevice koja zaostaje na zrnju nakon žetve, kao i nakon njegove prerade u slad. Pljevica kasnije u procesu proizvodnje piva osigurava filtracijski sloj neophodan za cijedenje sladovine ([Gaćeša, 1979.](#), [Marić, 2000.](#)). Postupak slađenja u industriji slada može se podijeliti u pet faze:

- Čišćenje i sortiranje ječma
- Močenje sortiranog ječmenog zrna
- Klijanje namočenog zrna
- Sušenje zelenog slada
- Dorada zelenog slada ([Schuster i sur. 1988.](#))

Prije slađenja ječam se čisti, sortira i do prerade čuva u silosima. Čišćenje ječma obuhvaća izdvajanje nečistoća koje se ne mogu sladiti, uklanjanje primjesa koje izazivaju pogoršanje



kakvoće slada i povećanje udjela vode te sortiranje ječma prema veličini zrna. Sortiranje ječma je važno jer zrna različite veličine različito primaju vlagu što bi za posljedicu imalo dobivanje slada neujednačene kakvoće, ukoliko se zrna različitih dimenzija ne bi razdvojila.

Močenjem zrno upija vodu, bubri i naposljetku povećava volumen za jednu trećinu. Tijekom postupka močenja zrno povećava udio vode s početnih 10-14% na 42-45%. Proces močenja zrna smatra se gotovim kada primarni korjenčić probije pljevicu zrna i pojavljuje se kao zamjetna bijela točka (Marić, 2000.).

Svrha klijanja je prevođenje namočenog ječmenog zrna u zeleni slad koji karakterizira razgrađenost endosperma zrna i visok udio aktivnih enzima (Štefanić, 1990.).

Sušenje i dorada zelenog slada provode se u svrhu očuvanja svojstva slada kao što su karakteristični okus, aroma i boja, uz očuvanje enzimske aktivnosti (Marić, 2000.).

**Tablica 2** Faze slađenja od ječma do slada (Schuster i sur., 1988.)

JEČAM	Skladištenje	vлага temperatura	12-14% 12 °C
↓	Močenje	udjel vode	45%
	Klijanje	vrijeme temperatura	5 dana 12-16 °C
	Sušenje	temperatura vlažnost	iznad 85 °C 4%
SLAD	uklanjanje korjenčića i klice, uskladištenje		

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Cilj istraživanja i izrade ovog diplomskog rada je bio odrediti udio  $\beta$ -glukana u domaćim pivarskim, pivarsko-stočnim i stočnim sortama ječma iz žetve 2013. godine sa tri različite lokacije (Osijek, Slavonski Brod i Tovarnik).

### 3.2. MATERIJALI I METODE

#### 3.2.1. Materijali

Uzorci su pribavljeni iz sortnih pokusa Poljoprivrednog Instituta Osijek. Određivanje  $\beta$ -glukana provedeno je na deset različitih sorti ječma (Rex, Barun, Bingo, Bravo, Vanessa, Tiffany, Maxim, Premium, Gazda, Maestro) sa tri različite lokacije (Osijek, Slavonski Brod, Tovarnik) standardnom enzimskom AACC metodom 32-23. (Megazyme metoda).

#### 3.2.2. Metoda

Prvi korak je priprema uzorka. Prikuplja se 5 kg ječma svake sorte sa sve tri lokacije i sprema kao dorađeno i netretirano zrno koje se do analize čuva na suhom i hladnom mjestu (20 °C) oko tri mjeseca da bi se prevladala postžetvena "pospanost zrna". Nakon toga uzorak se melje u laboratorijskom mlinu kako bi se pripremio za određivanje  $\beta$ -glukana standardnom enzimskom AACC metodom 32-23.

#### 3.2.3. Određivanje $\beta$ -glukana

Za određivanje  $\beta$ -glukana u uzorcima dobivenog ječmenog brašna korištena je enzimska AACC metoda 32-23 (Određivanje  $\beta$ -glukana u ječmu i zobi – Brzi enzimski postupak) korištenjem Megazyme enzimskog kita.

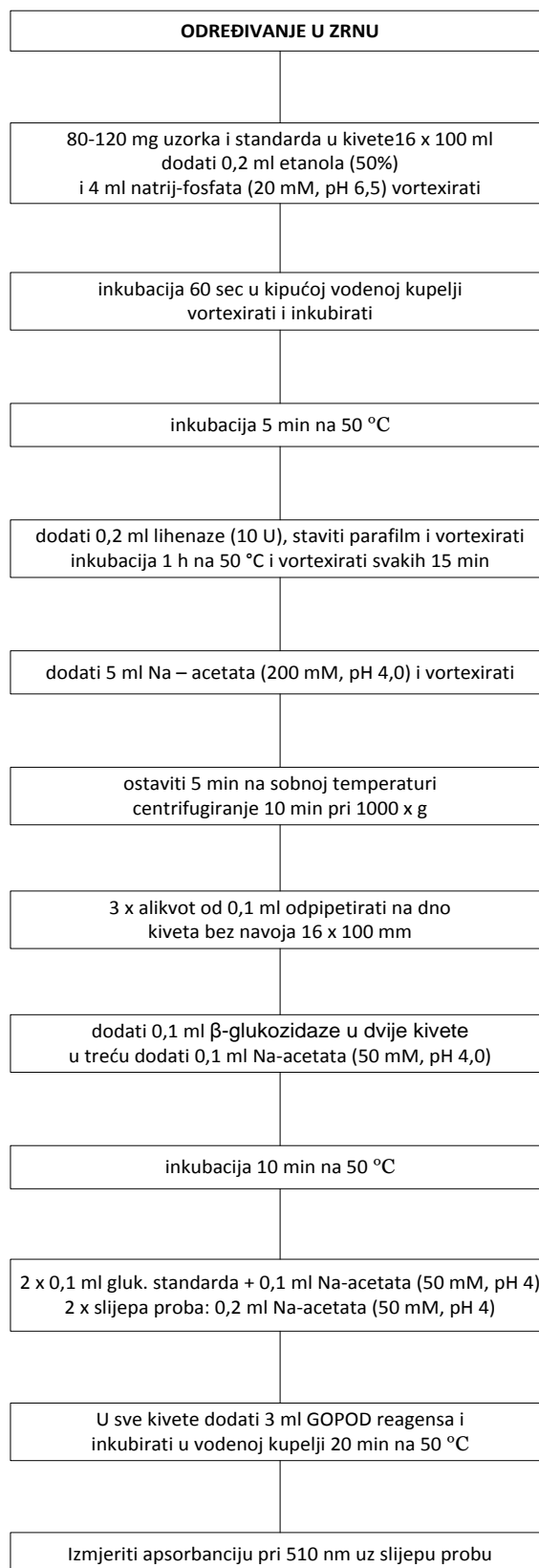
Uzorak i standard odvažu se u kivete te se doda određena količina etanola i natrijevog fosfata, a zatim vorteksira. Naizmjenice se inkubira u kipućoj vodenoj kupelji i vorteksira tri minute, a zatim se inkubira na 50 °C, pet minuta. Dodaje se enzim lihenaza, zatvore se kivete, te se ponovo inkubira na 50 °C, sat vremena uz vorteksiranje svakih 15 minuta. Nakon sat vremena dodaje se natrijev acetat, vorteksira, a zatim centrifugira 10 minuta pri 1000 okretaja u minuti. Alikvot se razdjeli u tri kivete, u prve dvije se doda enzim  $\beta$ -glukozidaza, a u treću natrijev acetat. Inkubira se na temperaturi od 50 °C, 10 minuta. U posebne dvije kivete pripremi se glukozni standard s natrijevim acetatom, a u trećoj samo natrij acetat. Zatim se u sve kivete doda GOPOD reagens, te se inkubira 20 minuta na 50 °C. Slijedi mjerenje apsorbancije pri 510 nanometara uz slijepu probu.



**Slika 4** Uzorci spremni za mjerenje apsorbancije



**Slika 5** Spektrofotometar



**Slika 6** Shema određivanja β-glukana u zrnu ječma (AACC metoda 32-23; Megazyme).

### **3.2.4. Statistička obrada rezultata**

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ponavljanja  $\pm$  standardna devijacija. Analiza varijance (one-way ANOVA) i potom Fischer-ov LSD test najmanje značajne razlike (*engl. least significant difference*) provedeni su upotrebom programa Statistica 8 i Microsoft Office Excel 2007.

## **4. REZULTATI**

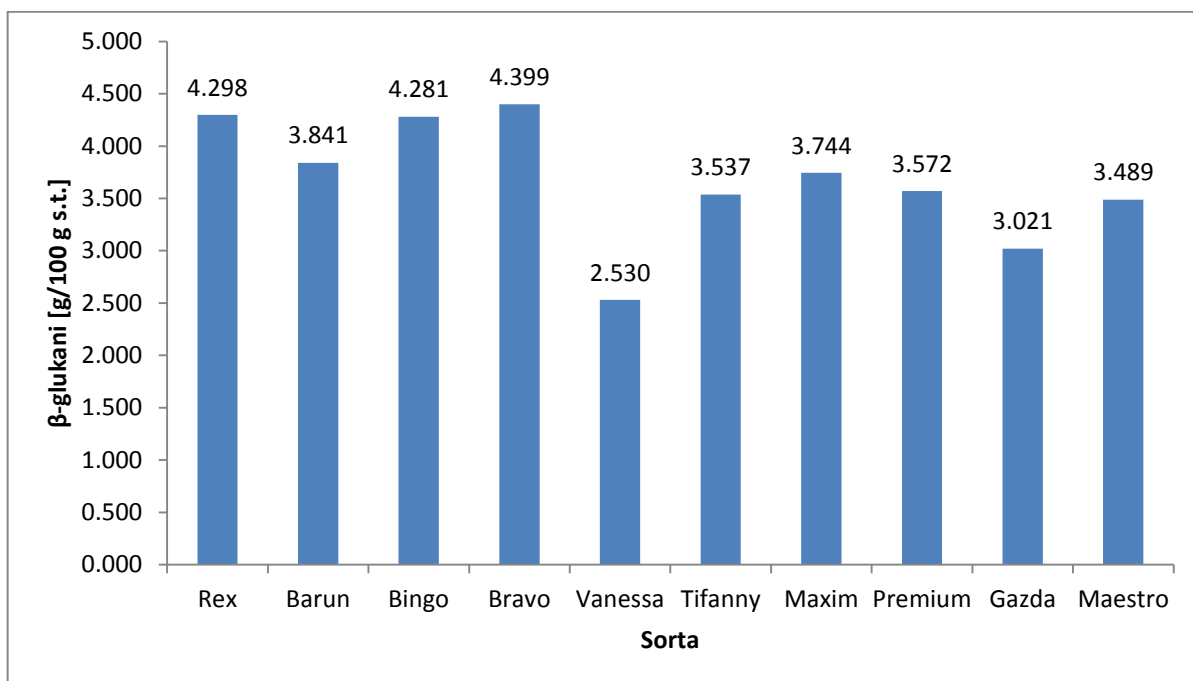
**Tablica 3** Udio  $\beta$ -glukana u stočnim i pivarsko-stočnim sortama ječma

Sample / 2013	Beta-Glucan (g/100 g) "as is"	Beta-Glucan (g/100 g) "dwb"
Rex_OS	3.488	3.981
Rex_SB	3.872	4.417
Rex_TO	3.940	4.496
Barun_OS	3.224	3.644
Barun_SB	3.525	4.015
Barun_TO	3.423	3.864
Bingo_OS	3.455	3.914
Bingo_SB	4.007	4.570
Bingo_TO	3.828	4.358
Bravo_OS	3.846	4.355
Bravo_SB	3.849	4.357
Bravo_TO	3.944	4.486
Vanessa_OS	2.211	2.526
Vanessa_SB	2.515	2.854
Vanessa_TO	1.963	2.210
Tiffany_OS	2.814	3.186
Tiffany_SB	3.112	3.546
Tiffany_TO	3.427	3.881
Maxim_OS	3.151	3.557
Maxim_SB	3.492	3.993
Maxim_TO	3.231	3.682
Premium_OS	3.011	3.422
Premium_SB	3.045	3.475
Premium_TO	3.363	3.818
Gazda_SB	2.760	3.155
Gazda_TO	2.547	2.887
Maestro_OS	3.329	3.764
Maestro_SB	2.988	3.416
Maestro_TO	2.906	3.288

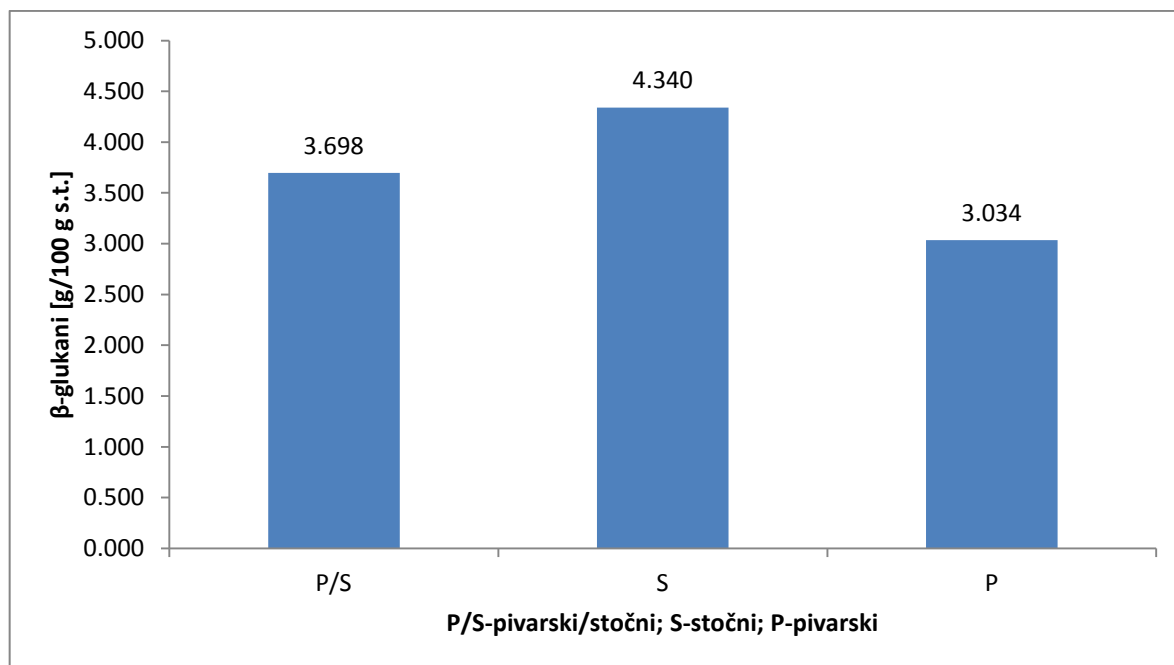


**Tablica 4** Prosječna aktivnost  $\beta$ -glukana u pivarskim, pivarsko-stočnim i stočnim sortama ječma na sve tri lokacije

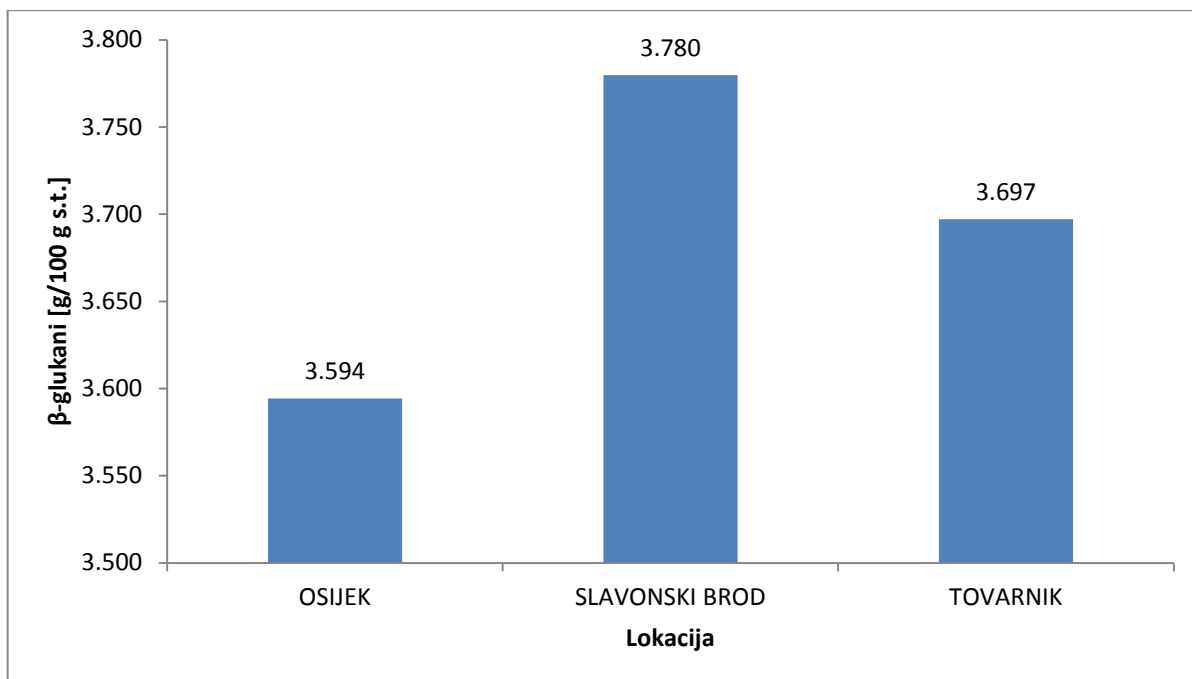
$\beta$ -GLUKANI (g/100g s.t)					
SORTA	NAMJENA	OSIJEK	SLAVONSKI BROD	TOVARNIK	PROSJEK
Rex	P/S	3.981	4.417	4.496	4.298
Barun	P/S	3.644	4.015	3.864	3.841
Bingo	S	3.914	4.570	4.358	4.281
Bravo	S	4.355	4.357	4.486	4.399
Vanessa	P	2.526	2.854	2.210	2.530
Tiffany	P	3.186	3.546	3.881	3.537
Maxim	P/S	3.557	3.993	3.682	3.744
Premium	P/S	3.422	3.475	3.818	3.572
Gazda	P/S		3.155	2.887	3.021
Maestro	P/S	3.764	3.416	3.288	3.489



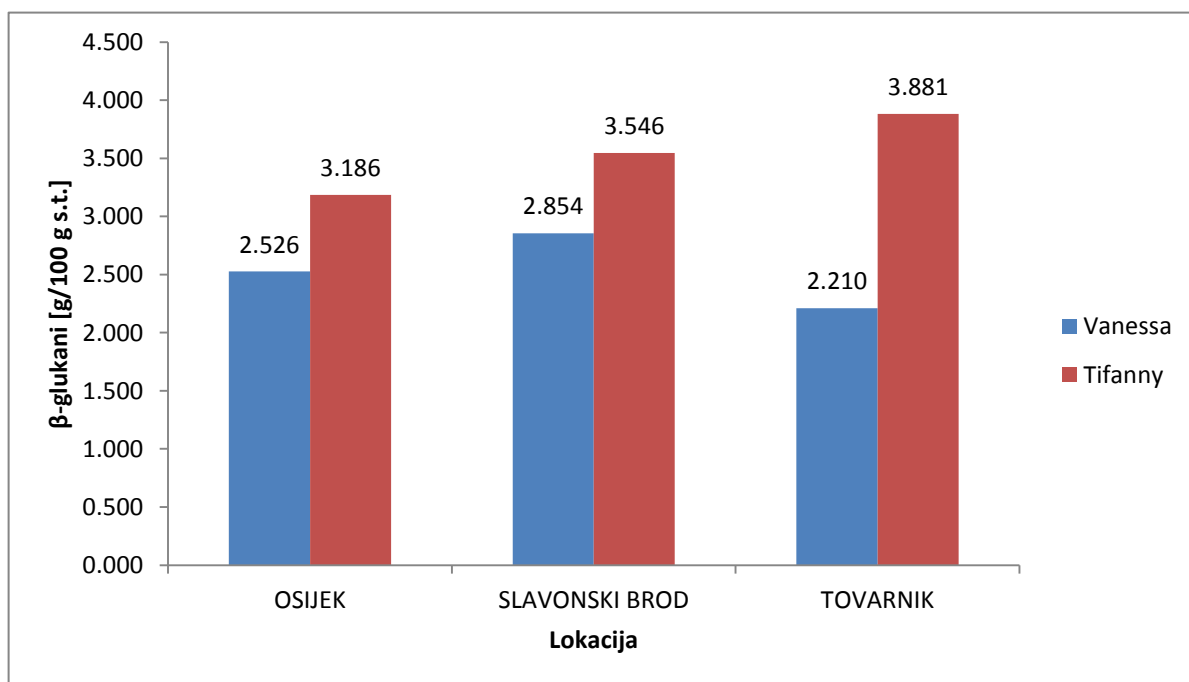
**Slika 7** Prosječni udjeli  $\beta$ -glukana u pojedinim pivarskim, stočnim i pivarsko-stočnim sortama ječma na svim lokacijama



**Slika 8** Prosječni udjeli  $\beta$ -glukana u pivarskim, stočnim i pivarsko-stočnim sortama ječma



Slika 9 Prosječni udjeli  $\beta$ -glukana u sortama ječma prema lokaciji



Slika 10 Udjeli  $\beta$ -glukana u pivarskim sortama ječma

## **5. RASPRAVA**

Tijekom slađenja 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.

Nadalje, 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 cijedenju 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.).

Nadalje prilikom razmatranja rezultata za  $\beta$ -glukane treba naglasiti da se tu radi o pretežito genotipski određenom svojstvu sorte (Sacher, 1998.; Zarnkow, 2008.),te su oni u tome slični pentozanima u pšenici i glijadinima i hordeinima kao strukturnim proteinima u pšenici odnosno ječmu. Navedeni spojevi se štoviše smatraju relativno konstantnim svojstvom sorte, pa se preko njihova udjela često određuje čistoća pojedine sorte. Treba naglasiti da se na njihovu koncentraciju može utjecati procesnim rješenjima tijekom slađenja. Gore navedeni spojevi se po tome razlikuju od pretežito fenotipski determiniranih spojeva (genotip + lokacija + agroklimatski uvjeti + agrotehničke mjere u proizvodnji), a to su ukupni i topljivi dušik, albuminske i globulinske frakcije proteina, ekstrakt, masa 1000 zrna i dr. (Kovačević i sur.,2008.).

Ukoliko usporedimo rezultate u ovom radu koji su dobiveni ispitivanjem uzoraka sorti ječma iz žetve 2013. godine sa različitim istraživanjima provedenim u svijetu, možemo vidjeti da se udio  $\beta$ -glukana u ječmu uzgojenom na našim područjima kretao u odgovarajućem rasponu od 2,58 – 4,87 g/100 g s.t. Stočni ječam sorte Bingo sa područja Slavenskog Broda je imao najveći udio  $\beta$ -gukana (4,570 g/100g s.t.), a najmanji udio je imao pivarski ječam sorte Vanessa sa 2,854 g/100g s.t. Na području Osijeka najveći udio  $\beta$ -gukana 2013. godine imao

je stočni ječam sorte Bravo (4,355 g/100 g s.t.), a najmanji ponovno pivarski ječam sorte Vanessa sa 2,526 g/100 g s.t. Ako pogledamo rezultate dobivene ispitivanjem uzoraka ječma sa područja Tovarnika, najveći udio  $\beta$ -gukana u ovom slučaju ima P/S ječam sorte Rex (4,496 g/100 g s.t.), a najmanji pivarski ječam sorte Vanessa sa 2,210 g/100 g s.t. koji u ovom slučaju ne ulazi u raspon preporučene vrijednosti za udio  $\beta$ -glukana u ječmu (**Tablica 4**).

Na **slikama 7-10** prikazani rezultati određivanja  $\beta$ -glukana u različito grupiranim sortama ječma (pivarskim (B-brewing varitey; pivarsko-stočnim BF-brewing/feed variety; i stočni F-feed variety) iz uroda 2013. godine s istih lokacija. Nadalje, također se uočava da je vrlo mali broj sorti koje imaju značajno niže udjele  $\beta$ -glukane od preporučenih.

Na **slici 7** grafički su prikazani prosječni udjeli  $\beta$ -glukana u pojedinim sortama. Vrijednosti se kreću od 2,5 do 4,4 g/100g s.t., s tim da najveće odstupanje pokazuje pivarski ječam sorte Vanessa sa 2,530 g/100g s.t., dok ostali imaju vrijednosti veće od 3 g/100g s.t.

**Slika 8** prikazuje razliku u udjelu  $\beta$ -glukana s obzirom na to da li je ječam pivarski, stočni ili pivarsko-stočni. U ovom slučaju najviše  $\beta$ -gukana ima stočni ječam (4,340 g/100g s.t.), a najmanje pivarski ječam (3,034 g/100g s.t.).

Na **slici 9** se može usporediti udio  $\beta$ -gukana u raznim sortama ječma s obzirom na lokaciju uzgoja. Rezultati su pokazali da sorte ječma uzgojene na području Slavenskog Broda imale su najveći prosječnu vrijednost udjela  $\beta$ -glukana (3,780 g/100g s.t.), a najmanju su imale sorte ječma uzgojene na području Osijeka (3,594 g/100g s.t.). Razlike nisu prevelike i mijenjaju se ovisno o uvjetima uzgoja, pa statistički gledano lokacija nema veliku važnost za udio  $\beta$ -glukana u ječmu.

Na **slici 10** grafički su prikazani udjeli  $\beta$ -glukana u pivarskom ječmu sorte Vanessa i Tiffany. Sorta Tiffany ima veći udio  $\beta$ -glukana, ali i jedna i druga su djelomično bile podložne utjecaju lokacije. Dok sorta Vanessa ima najmanji udio  $\beta$ -glukana na području Tovarnika (2,210 g/100g s.t.), sorta Tiffany na tom području ima najveći udio  $\beta$ -glukana (3,881 g/100g s.t.).

## **6. ZAKLJUČCI**

Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Vrijednosti dobivene za  $\beta$ -glukane su kod većine ispitivanih sorti bile na gornjoj granici preporučenoj za primjenu ječma u sladarstvu.
2. Potvrđene su dobre vrijednosti za  $\beta$ -glukane sorte Tiffany i Vanessa.
3. Najveći udio  $\beta$ -glukana među ispitivanim uzorcima imale su sorte Bingo, Bravo i Rex.
4. Sorte pokazuju statistički značajne razlike kad se izdvoje u grupe kao (pivarske, stočne i pivarsko-stočne).
5. Ustanovljeno je da na udjel  $\beta$ -glukana u zrnu najznačajnije utječe sama sorta, dok lokacija ne utječe statistički značajno.



## **7. LITERATURA**

- Divjak T.: Usporedba klasičnih i novih metoda za analizu pivarskog ječma i slada , diplomski rad , Zagreb ,1-3, 6-7,9, 2005.
- 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-Nürnberg, 1998.
- Fischbeck G.: Contribution of Barley to Agriculture: A Brief Overview. U *Barley Science*. Slafer G.A., Molina-Cano J.L., Savin R., Araus J.L., Romangosa I. (ur.), Food Products Press, Binghamton, NY, str. 1-14, 2002.
- 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 pivarskog 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, J.S. i sur.: *Naučni aspekti sladarstva i pivarstva* (preveo Gaćeša, S.), Poslovno udruženje industrije piva i slada Jugoslavije, (preveo Gaćeša, S.), 31, 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.
- Kirkman M.A., Shewry P.R., Miflin B.J.: The effect of nitrogen nutrition on the lysine content and protein composition of barley seefs. *J Sci Food Agric*, 33, 115-127, 1982.
- Kovačević, J. i sur.: Mogućnosti proizvodnje ječma i slada u Republici Hrvatskoj. *Poljoprivredne aktualnosti* 30,457-469, 1994.
- Kunze, W.: *Technology of brewing and malting*, 2nd revised Edition VLB, Berlin 5, 26-40, 104-105,196-198, 1999.
- Lásztity R.: *The chemistry of cereal proteins*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA, 1996.
- Marić V.: *Tehnologija piva* , Veleučilište u Karlovcu 39-40 , 2009.
- Marić V.: Proizvodnja ječmenog slada. U *Biotehnologija i Sirovine*. Marić V. (ur.), Poljoprivredni fakultet, Osijek i Agronomski fakultet, Zagreb, str. 155-180, 2000.

Martinčić J., Kozumplik V.: *Oplemenjivanje bilja*. Poljoprivredni fakultet, Osijek i Agronomski fakultet, Zagreb, 1996.

Molina-Cano J.L., Ramo T., Ellis R.P., Swanston J.S., Brain H., Uribe-Echeverria T., Perez-Vendrel A.M.: Effect of grain composition on water uptake by malting barley: a genetic and environmental study. *J Inst Brew*, 101, 79-83, 1995.

Narziss L.: *Die Technologie Der Malzbereitung*, 7 ed., F. Enke, Stuttgart, 127-134, 1999.

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

Schuster K., Weinfurtner, 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.

Shewry P.R., Darlington H.: the proteins of the mature barley grain and their role in determining malting performance. U *Barley Science*. Slafer G.A., Molina-Cano J.L., Savin R, Araus J.L., Romagosa I. (ur.), Food products Press, Binghamton, NY, str. 503-521, 2002.

Stuart I.M., Loi L., Fincher G.B.: Varietal and environmental variations in (1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -glucan levels and (1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -glucanase potential in barley: Relationships 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 svibanj 2015.)

Slika 1:

<http://www.agroklub.com/sortna-lista/zitarice/jecam-95> i

[http://www.femina.hr/clanak/index/r/3/c/4860/se/zdravlje\\_zasto-je-jecam-dobar-za-zdravlje](http://www.femina.hr/clanak/index/r/3/c/4860/se/zdravlje_zasto-je-jecam-dobar-za-zdravlje)

(pristupljeno svibanj 2015.)



