
TESTING THE POSSIBILITY OF PRODUCTION OF ORGANIC GLUTEN-FREE LIGHT KRAFT IPA BEER FROM INTEGRAL CEREALS AND PSEUDOCEREALS

Srdan Tasić

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Niš, Serbia srdjan.tasic@akademijanis.edu.rs

Aleksandar Janjić

Distillery Janjić, Vranje, Serbia, janjicaleksandar@yahoo.com

Saša Đorđević

Habitat d.o.o., Vranje, Serbia, habitatvr@mts.rs

Abstract: The production of gluten-free foodstuffs is particularly demanding and requires a great deal of responsibility from the producer, because certain people may have extremely serious health consequences after consuming very small amounts of gluten. Gluten-free beer can be produced from grains that do not contain gluten (rice, corn, millet and sorghum) as well as from pseudocereals (buckwheat, amaranth, quinoa and chia seeds), which was the subject of our work. The goal of this research was to produce gluten-free organic craft beer from cereals that do not contain gluten (rice and millet) and from pseudocereals (buckwheat), all from those varieties that can be obtained in any well-supplied health food store. The production of this light gluten-free cloudy unfiltered and unpasteurized kraft IPA beer was carried out in the food technology laboratory of the Academy of Technical and Educational Vocational Studies in Niš, Republic of Serbia. This craft beer was produced in a Pilot plant consisting of a BM-S400M-1 brewing vessel and a FER-32VV fermenter. To achieve a specific aroma, we used two varieties of hops, "Amarillo" and "Citra". Mangrove Jack's US West Cost M44 strain of top-fermenting brewer's yeast was used for fermentation, which is recommended for the production of the so-called. American style "ale" beer PA (Pale Ale) and "double IPA" beer. In the production of this gluten-free Kraft IPA beer, oligomineral spring water was used whose total dry residue (at 180°C) is 52 mg/L. The total hardness of the water is 1.12°dH, which is why it was not necessary to subject this water to appropriate preparation procedures during the production of this type of beer. The low amount of bicarbonate made it possible to obtain more sugar from the malt, and due to the absence of sulfate from the water, the beer did not have additional and sharp bitterness. The pH value is around 7, which ensured that after the addition of malt, the pH dropped to the optimal 5.5, which achieved better enzyme activity, better oil extraction from hops during fermentation, and better protein precipitation. All this contributes to optimal fermentation and the clarity of the finished product. Among the quality parameters, the following were tested: microbiological integrity, basic raw material extract, alcohol content, color, turbidity, carbon dioxide content, pH value, sulfur dioxide content, carbohydrate content and gluten content. The results of all tested parameters were in accordance with legal regulations. The gluten content was < 10 mg/kg, which was half of the legally prescribed value of < 20 mg/kg (which was adopted in Serbia and in national laws in most countries). Gluten-free cloudy, unfiltered and unpasteurized kraft IPA beer, which we produced in laboratory conditions, had specific organoleptic properties and the full harmony of taste of IPA kraft beer.

Keywords: Gluten-Free Beer, kraft beer, buckwheat, rice, millet

ISPITIVANJE MOGUĆNOST PROIZVODNJE ORGANSKOG BEZGLUTENSKOG SVETLOG KRAFT IPA PIVA OD INTEGRALNIH CEREALIJ I PSEUDOCEREALIJ

Srdan Tasić

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš, Srbija, srdjan.tasic@akademijanis.edu.rs

Aleksandar Janjić

Destilarija Janjić, Vranje, Srbija, janjicaleksandar@yahoo.com

Saša Đorđević

Habitat d.o.o., Vranje, Serbia, habitatvr@mts.rs

Rezime: Proizvodnja bezglutenskih životnih namirnica je posebno zahtevna i traži veliku odgovornost od proizvođača jer pojedine osobe nakon unosa veoma malih količina glutena mogu imati krajnje ozbiljne posledice po zdravlje. Pivo bez glutena se može proizvesti i od žitarica koje ne sadrže gluten (pirinač, kukuruz, proso i sirak) kao i od pseudocerealijskih (heljda, amarantus, kvinoja i čija semenke) što je bio predmet našeg rada. Cilj ovog istraživanja

je bio da proizvedemo organsko kraft pivo bez glutena od cerealijske koje ne sadrže gluten (pirinač i proso) i od pseudocerealijske (heljda) a sve to od onih sorti koje se mogu nabaviti u svakoj opremljenijoj prodavnici zdrave hrane. Proizvodnja ovog svetlog bezglutenskog nefiltriranog, nepasterizovanog i mutnog kraft IPA piva je obavljena u laboratoriji za prehrambenu tehnologiju Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš, Republika Srbija. Ovo kraft pivo je proizvedeno u Pilot postrojenju koje se sastojalo od posude za kuvanje *BM-S400M-1* i fermentora *FER-32VV*. Za postizanje specifične arome koristili smo dve sorte hmelja i to „Amarillo“ i „Citra“. Za fermentaciju je korišćen soj pivskog kvasca gornjeg vrenja *Mangrove Jack's US West Cost M44* koji se preporučuje za proizvodnju tzv. američkih stilova „ejl“ piva *PA (Pale Ale)* i „double IPA“ piva. U proizvodnji ovog bezglutenskog kraft IPA piva upotrebljena je oligomineralna izvorska voda čiji ukupan suvi ostatak (na 180°C) iznosi 52 mg/L. Ukupna tvrdoća vode je 1,12 °dH zbog čega nije bilo potrebno ovu vodu podvrgavati odgovarajućim postupcima pripreme prilikom proizvodnje ove vrste piva. Niska količina bikarbonata omogućila je da od slada dobijemo više šećera a zbog odsustva sulfata iz vode pivo nije imalo dodatnu i ostru gorčinu. pH vrednost je oko 7 što je osiguralo da je nakon dodavanja slada pH pala na optimalnih 5,5 čime je postignuta bolja aktivnost enzima, bolja ekstrakcija ulja iz hmelja pri vrenju kao i bolje taloženje proteina. Sve ovo doprinosi optimalnoj fermentaciji i bistrini gotovog proizvoda. Od parametara kvaliteta ispitivani su: mikrobiološka ispravnost, ekstrakt osnovne sirovine, sadržaj alkohola, boja, mutnoća, sadržaj ugljen-dioksida, pH vrednost, sadržaj sumpor-dioksida, sadržaj ugljenih hidrata i sadržaj glutena. Rezultati ispitivanih svih parametara bili su usaglašeni sa zakonskim propisima. Sadržag glutena je bio < 10 mg/kg što je upola manje od zakonom propisane vrednosti od < 20 mg/kg (koja je usvojena u Srbiji i u nacionalnim zakonima većine zemalja). Bezglutensko svetlo, nefiltrirano, nepasterizovano mutno IPA kraft pivo, koje smo proizveli u laboratorijskim uslovima, imalo je specifične organoleptičke osobine i punu harmoniju ukusa IPA kraft piva.

Ključne reči: bezglutensko pivo, kraft pivo, heljda, pirinač, proso

1. UVOD

Proizvodnja bezglutenskih životnih namirnica je posebno zahtevna i traži veliku odgovornost od proizvođača jer pojedine osobe nakon unosa veoma malih količina glutena mogu imati krajnje ozbiljne posledice po zdravlje. Celijakija je trajna netolerancija na gluten koja dovodi do oštećenja tankog creva i reverzibilna je kada se gluten izbegava ishranom. Celijakija pogađa 0,6 do 1,0% populacije širom sveta (Fasano et al., 2003). Tako, na primer, prevalencija je 0,3% u Nemačkoj i 2,4% u Finskoj i to iz nedovoljno jasnih razloga (Mustalahti et al., 2010).

Bezglutensko (*gluten-free*) pivo se posebno posebno preporučuje osobama koje imaju netoleranciju na gluten i koje imaju probleme sa alergijama. Konzumacija ovakvog piva u Evropi je sve učestalija u čemu prednjače Danska, Švedska, Irska, Norveška i Ujedinjeno Kraljevstvo. Prema našim podacima u Republici Srbiji pivo bez glutena se ne proizvodi već se uvozi i to najčešće iz država članica Evropske Unije.

Prema standardima EU (Codex Alimentarius Commission, 2008) postoje dve kategorije za označavanje hrane prema sadržaju glutena: „Bez glutena“ su prehrambeni proizvodi koji sadrže < 20 mg/kg glutena i „Vrlo malo glutena“ su prehrambeni proizvodi koji sadrže 20 – 100 mg/kg glutena. Prag od 20 mg/kg usvojen je u nacionalnim zakonima mnogih zemalja.

Zbog svega navedenog posebna pažnja se obavlja i na higijenu opreme i kvalitet svih sirovina koje ne smeju biti kontaminirane glutenom (kvasac, cerealijske, pseudocerealijske, hmelj itd.).

Bezglutensko pivo se može proizvesti i od žitarica koje sadrže gluten, npr. iz ječmenog slada, gde se u tehnološkom postupku degluteinizacije gluten uklanja filtracijom i enzimskom hidrolizom i (Hager et al., 2014) tako da u finalnom proizvodu gluten može biti prisutan samo u količini < 20 p.p.m. Pivo bez glutena se može proizvesti i od žitarica koje ne sadrže gluten (pirinač, kukuruz, proso i sirak) kao i od pseudocerealijske (heljda, amarantus, kvinoja i čija semenke), (Gumienna et al., 2020) što je i bio naš cilj. Upotreba ovog alternativnog slada može uticati na kvalitet bezglutenskog piva zbog čega se primenjuju brojne kombinacije alternativnih žitarica radi poboljšanje ukusa i stabilnosti pene kod ovog piva (Yang et al., 2022).

Cilj ovog istraživanja je bio da proizvedemo organsko kraft pivo bez glutena od cerealijske koje ne sadrže gluten (pirinač i proso) i od pseudocerealijske (heljda) i to od onih sorti koje se mogu nabaviti u svakoj opremljenijoj prodavnici zdrave hrane. Proizvodnja ovog svetlog nefiltriranog, nepasterizovanog i mutnog bezglutenskog piva je urađena u laboratoriji za prehrambenu tehnologiju Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš, Republika Srbija. Proizvodnja je bila u skladu sa dobrom proizvođačkom praksom kako bi se izbegla svaka mogućnost kontaminacije glutenom. Ova specifična vrsta piva pripada stilu *India Pale Ale (IPA)*. Pivo je proizvedeno u Pilot postrojenju koje se sastojalo od posude za kuvanje *BM-S400M-1* i fermentora *FER-32VV*.

Za postizanje specifične arome koristili smo dve sorte hmelja i to „Amarillo“ i „Citra“. Za fermentaciju je korišćen soj pivskog kvasca gornjeg vrenja *Mangrove Jack's US West Cost M44* koji se inače preporučuje za proizvodnju tzv. američkih stilova „ejl“ piva *PA (Pale Ale)* i „double IPA“ piva.

2. MATERIJAL I METODE

Sirovine za proizvodnju bezglutenskog piva

Za proizvodnju bezglutenskog piva od žitarica koristili smo proso (*Panicum miliaceum* L.) i pirinač (*Oryza sativa* L.) a od necerealija heljdu (*Fagopyrum esculentum* Moench). Ove sirovine, koje smo nabavili u prodavnici organske hrane, su sertifikovani *gluten free* organski proizvodi koji su proizvedeni, skladišteni, pakovani, čuvani i deklarirani na način koji propisuju standardi i zakon o organskoj poljoprivredi i za koje je izdat sertifikat od strane sertifikacionog tela.

Za aromatizovanje smo koristili dve sorte hmelja (*Humulus lupulus* L.):

Citra je posebna aromatična sorta hmelja koja ima jedinstvene i vrlo visoke karakteristike ukusa. Kao što naziv kaže, njegovi deskriptori ukusa uključuju limunovo voće i grejp (druge voćne note su marakuja i ostalo tropsko voće). *Citra*[®] - HBC 394 cv. je sorta koja je nastala ukrštanjem sorti *Hallertauera Mittelfrühera*, *Tettmanga*, *Breuer's Gold* i *East Kent Golding* (Lafontaine et al., 2022).

Amarillo je veoma lepo uravnotežena sorta hmelja voćnih i cvetnih aroma. To je relativno nova američka sorta hmelja i vrlo je slična sorti *Cascade*. Vrlo je dobar izbor za dodatak ukusa i arome. Ukus je veoma citrusni sa posebno izraženom aromom pomorandže (ukus je nešto slađi, dok se ne rastopi u pivu). Koristi se uglavnom za aromu ali može da se koristi i gorčinu, što je ređi slučaj (Van Holle et al., 2017).

Za fermentaciju smo koristili pivski kvasac (*Saccharomyces cerevisiae*) soj *Mangrove Jack's US West Cost M44*. To je *GMO free* kvasac gornjeg vrenja čiji je optimum rasta na 18-23°C i koji se koristi za proizvodnju tzv. američkih stilova „ejl“ piva: *PA (pale ale)* i *double IPA (India Pale Ale)*.

Za proizvodnju ovog bezglutenskog piva upotrebljena je oligomineralna izvorska voda čiji ukupan suvi ostatak (na 180°C) iznosi 52 mg/L gde je sadržaj kalcijuma (Ca⁺⁺) 19,6 mg/L, magnezijuma (Mg⁺⁺) 10,82 mg/L, natrijuma (Na⁺) 2,7 mg/L, kalijuma (K⁺) < 1 mg/L, bikarbonata (HCO₃⁻) 42,7 mg/L, sulfata (SO₄⁻) 5,2 mg/L, hlorida (Cl⁻) < 1 mg/L, silikata (SiO₂/SiO₃²⁻) 13,2/17,2 mg/L. Ova voda se prethodno pokazala kao veoma dobra za proizvodnu lager piva (Tasić et al. 2022)

Pivo je proizvedeno u Pilot postrojenju laboratorije koje se sastoji od posude za kuvanje *BM-S400M-1* i fermentora *FER-32VV*.

Tehnološki postupak

U posudu za kuvanje piva *BM-S400M-1* zagreje se 20 L vode na temperaturu od 68°C posle čega se u korpu ovog uređaja doda mešavina 5,5 kg krupno samlevenog slada (proso, pirinač i heljda). Nakon ovoga se mešavina dogreje na 65°C posle čega sledi jednočasovno ukomljavanje uz neprestanu recirkulaciju sladovine. Po završetku ukomljavanja temperatura se povećava na 78°C i komina kuva još 10 minuta. Sledeća faza je ceđenje koje se obavlja tako što se iznad posude za kuvanje piva diže korpa kroz čije se perforacije slad gravitacijski cedi (uz dodatno ispiranje sa 15 L vode, koja je u drugom sudu prethodno zagrejana na 78°C). Nakon ceđenja od sladovine je odvojen pivski trop iz koga se zbog visokog sadržaja može izvajati arabinoksilan koji je važan prebiotik u ljudskoj ishrani (Coelho et al., 2016) i koji ima primenu u biotehnologiji (Pejin et al., 2013). Na ovaj način prizveli smo 32 litara bezglutenske sladovine.

Sledeća faza proizvodnje je ohmeljavanje gde smo sladovinu zagrejali na 100°C a zatim dodali hmelj *Citra* i to kuvali 60 minuta a nakon toga dodali i hmelj *Amarillo* i kuvali još 15 minuta. Nakon toga isključe se grejači i ohmeljena sladovina se ostavi da miruje u poklopljenom sudu 30 minuta.

Nakon ove faze sladovina se hladi na 20°C, što smo obavili korišćenjem spiralnog hladnjaka i vode iz gradskog vodovoda. Sladovinu smo zatim aerisali i prebacili u fermentor od inoxa *FER-32VV* a zatim u sladovinu dodali 100 mL pripremljenog rastvora kvasca *Mangrove Jack's US West Cost M44*. Proces fermentacije je na temperaturi od 20°C trajao devet dana nakon čega smo fermentor ohladili na 2°C radi bistrenja piva koje je trajalo 72 časa. Nakon toga smo iz konusnog dela fermentora odlili talog kvasca a zatim u sladovinu dodali sterilni rastvor glukoze (7 g na litar piva) sve dobro pomešali i flaširali mlado bezglutensko pivo u staklenu ambalažu. Sekundarna fermentacija u flašama se odvijala deset dana na temperaturi od 20°C. Nakon toga flaše se do korišćenja čuvaju u frižideru.

3. REZULTATI

Prema važem Pravilniku o kvalitetu piva (Narodna skupština RS, 2014) od parametara kvaliteta ispituju se: ekstrakt osnovne sirovine, sadržaj alkohola, boja, mutnoća, sadržaj ugljen-dioksida, pH vrednost, sadržaj sumpor-dioksida, sadržaj ugljenih hidrata i jedna vrednost. Metode ispitivanja i rezultati analize prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati analize fizičko-hemijskih i mikrobioloških parametara svetlog bezglutenskog nefiltriranog i nepasterizovanog mutnog IPA kraft piva

	Parametar kvaliteta	Metoda ispitivanja (ZJZ)	Jed. mere	Rezultat	Ref. vrednost
1	Sadržaj CO ₂	SRPS E.M2.050 1959	g/L	3,6	≥ 3
2	Ekstrakt u osnovnoj sirovini	SRPS E.M2.050 1959	%	11	
3	pH piva	SRPS E.M2.050 1959		4,8	do 5
4	Sadržaj ukupnog SO ₂	SRPS E.M2.050 1959	mg/L	14	max. 20
5	Određivanje etanola u pivu	ZZ148	% vol	4,7	
6	Gluten	ELISA R5 Mendez	mg/kg	< 10	< 20
7	<i>Enterobacteriaceae</i> na 37°C (I-V)	SRPS ISO 21528-2:2009	cfu/mL	< 10	
8	<i>Salmonella spp</i> u 25 mL	SRPS EN ISO 6579:2008		0	0

Kvantitativno određivanje glutena po imunološkoj metodi *ELISA R5 Mendez* je pokazalo odsustvo glutena u ovom finalnom proizvodu. Metoda se zasniva na tome što monoklonsko antitelo prepoznaje potencijalno toksične peptidne sekvence glijadina iz pšenice i srodnih prolamina iz raži i ječma. Kompetitivni enzimski imunotest kvantifikuje peptidne fragmente prolamina iz pšenice (glijadini), raži (sekalin) i ječma (hordein). Korišćeno monoklonsko antitelo ima sposobnost prepoznavanja, između ostalog, i potencijalno toksičnu sekvencu KKPFP, koja se inače ponavlja u molekulima prolamina.

Rezultati ispitivanja parametara su usaglašeni sa zakonskim propisima

4. DISKUSIJA

Istraživanje 185 industrijskih i kraft pivara iz 24 različite države širom sveta je pokazalo da za proizvodnju ovog piva pivare najčešće koriste bezglutenske sirovine (Cela et al., 2020).

Istraživanja u svetu su pokazala i da je moguće proizvesti kvalitetno bezglutensko pivo bez tradicionalnih sastojaka. Poređenjem dve šarže IPA kraft bezglutenskog piva (proizvedenog u pilot postrojenju sa i bez sirovina sa glutenom) uočene su male razlike koje nisu bitno uticale na senzorni profil, što je i omogućilo proizvodnju visokokvalitetnog piva bez glutena (Fanari et al., 2018).

Zbog činjenice da postoji velika raznolikost sorti pirinča (koje se međusobno razlikuju po bolji, sadržaju skroba i proteina, amino-kiselinskog sastava itd.) vrše se intenzivne aktivnosti radi selekcionisanja specijalnih sorti pirinča pogodnih za dobijanje specijalnog pirinčanog slada koji bi se koristio za proizvodnju bezglutenskog piva (Gonu et al., 2023). Zbog navedene činjenice za našu proizvodnju smo koristili integralni pirinač iz prodavnice zdrave hrane što je važno za heljdu i proso.

Vodu koju smo koristili za proizvodnju ovog piva karakteriše niska mineralizacija jer ona spada u grupu tzv. vrlo slabo mineralizovanih voda jer sadržaj mineralnih soli nije veći od 50 mg/L (računato kao suvi ostatak na 180 °C). Po hemijskim karakteristikama ove vode pripadaju hidrokarbonatnoj klasi složenog katjonskog sastava (Tasić, 2010). Ukupna tvrdoća vode je 1,12°dH što znači da ovu vodu nije bilo potrebno podvrgavati odgovarajućim postupcima pripreme prilikom proizvodnje ove vrste piva. Niska količina bikarbonata omogućila je da od slada dobijemo više šećera a zbog odsustva sulfata iz vode pivo nije imalo oštru gorčinu. pH vrednost je oko 7 što je osiguralo da je nakon dodavanja slada pH pala na 5,5 tj. na optimalan nivo (5,2 – 5,6) čime je postignuta bolja aktivnost enzima, bolja ekstrakcija ulja iz hmelja pri vrenju kao i bolje taloženje proteina. Sve ovo doprinosi optimalnoj fermentaciji i bistrini gotovog proizvoda.

Studija je pokazala da potrošači prilikom organoleptičkog ocenjivanja najveću pažnju i značaj obraćaju na sadržaj alkohola (30,8%), zatim boji piva (18,3%), ceni (13,8%), vrsti piva (9,5%), mestu gde konzumiraju pivo (9,5%) i načinu zatvaranju flaše (6,5%). Dizajn etikete, vrsta slada, veličina flaše ocenjuju se kao manje značajni (Donadini et al., 2021).

Naše istraživanje je pokazalo da bezglutensko svetlo pivo koje smo proizveli od bezglutenskih sirovina zadržava specifične organoleptičke osobine i punu harmoniju ukusa koja je karakteristična za IPA kraft piva.

Na osnovu baze podataka *Google Scholar* recenziranih internet časopisa najvećih naučnih izdavača u Evropi i Severnoj Americi zaključujemo da je ovo naše istraživanje prvo ovakvog tipa u Srbiji.

5. ZAKLJUČAK

Proizvodnja bezglutenskog piva zahteva veliku odgovornost od proizvođača jer pojedine osobe nakon unosa i veoma malih količina glutena mogu imati krajnje ozbiljne posledice po zdravlje.

Prema standardima EU postoje dve kategorije za označavanje hrane prema sadržaju glutena: “Bez glutena” su prehrambeni proizvodi koji sadrže < 20 mg/kg glutena i „Vrlo malo glutena“ su prehrambeni proizvodi koji sadrže 20 – 100 mg/kg glutena. Prag od 20 mg/kg usvojen je u nacionalnim zakonima mnogih zemalja.

U Republici Srbiji pivo bez glutena nije obuhvaćeno pravilnikom o kvalitetu piva (Narodna skupština RS, 2014) i zakonom o pivu (Narodna skupština RS, 2010).

Pivo bez glutena se može proizvesti od žitarica koje ne sadrže gluten (pirinač, kukuruz, proso i sirak) kao i od pseudocerealijskih (heljda, amarantus, kvinoja i čija semenke), što je i bio naš cilj. Upotreba ovakvog alternativnog slada može uticati na kvalitet piva bez glutena zbog čega se primenjuju brojne kombinacije alternativnih žitarica radi poboljšanje ukusa i stabilnosti pene. Bezglutensko pivo se može proizvesti i od žitarica koje sadrže gluten, npr. iz ječmenog slada, gde se u tehnološkom postupku degluteinizacije gluten uklanja filtracijom i enzimskom hidrolizom.

Istraživanja su pokazala da je u svetu češća proizvodnja *gluten free* piva iz bezglutenskih sirovina (u industrijskim i zanatskim pivarama). Naše istraživanje je pokazalo da je iz bezglutenskih sirovina moguće proizvesti kvalitetno bezglutensko svetlo nefiltrirano i nepasterizovano mutno IPA kraft pivo koje zadržava specifične organoleptičke osobine i punu harmoniju ukusa karakterističnu za ovaj stil piva. Pokazalo se da je za proizvodnju ovog piva moguće koristiti oligomineralnu vodu, bez prethodne pripreme, sa suvim ostakom od 50 mg/L, tvrdoćom 1,12 °dH, sa niskim sadržajem bikarbonata, odsustvom sulfata i pH vrednosti 7.

Rezultati ispitivanih fizičko-hemijskih i mikrobioloških parametara bili su usaglašeni sa zakonskim propisima. Kvantitativno određivanje glutena po imunološkoj metodi *ELISA R5 Mendez* pokazalo odsustvo glutena u ovom finalnom proizvodu što dokazuje da u korišćenim sirovinama nije bilo glutena kao i da tokom proizvodnje nije došlo do sekundarne kontaminacije glutenom.

Na osnovu baze podataka *Google Scholar* recenziranih internet časopisa najvećih naučnih izdavača u Evropi i Severnoj Americi zaključujemo da je ovo naše istraživanje prvo ovakvog tipa u Srbiji.

LITERATURA

- Cela, N., Condelli, N., Caruso, M. C., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., & Galgano, F. (2020). Gluten-free brewing: Issues and perspectives. *Fermentation*, 6(2), 53.
- Codex Alimentarius Commission, Codex Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten, Codex Stan 118-1979 (adopted in 1979; amended 1983), revised 2008.
- Coelho, E., Rocha, M. A. M., Moreira, A. S., Domingues, M. R. M., & Coimbra, M. A. (2016). Revisiting the structural features of arabinoxylans from brewers' spent grain. *Carbohydrate Polymers*, 139, 167-176.
- Donadini, G., Bertuzzi, T., Rossi, F., Spigno, G., & Porretta, S. (2021). Uncovering Patterns of Italian Consumers' Interest for Gluten-Free Beers. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 79(4), 356-369.
- Fanari, M., Forteschi, M., Sanna, M., Zinellu, M., Porcu, M. C., & Pretti, L. (2018). Comparison of enzymatic and precipitation treatments for gluten-free craft beers production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 49, 76-81.
- Fasano, A., Berti, I., Gerarduzzi, T., Not, T., Colletti, R. B., Drago, S., ... & Horvath, K. (2003). Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States: a large multicenter study. *Archives of internal medicine*, 163(3), 286-292.
- Gumienna, M., & Górna, B. (2020). Gluten hypersensitivities and their impact on the production of gluten-free beer. *European Food Research and Technology*, 246(11), 2147-2160.
- Hager, A. S., Taylor, J. P., Waters, D. M., & Arendt, E. K. (2014). Gluten free beer—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 36(1), 44-54.
- Lafontaine, S., Thomson, D., Schubert, C., Müller, I., Kyle, M., Biendl, M., ... & Rettberg, N. (2022). How deviations in the elemental profile of *Humulus lupulus* grown throughout the US and Germany influence hop and beer quality. *Food Chemistry*, 395, 133543.
- Mustalahti, K., Catassi, C., Reunanen, A., Fabiani, E., Heier, M., McMillan, S., ... & members of the Coeliac EU Cluster, Epidemiology. (2010). The prevalence of celiac disease in Europe: results of a centralized, international mass screening project. *Annals of medicine*, 42(8), 587-595.
- Narodna skupština RS (2010). *Zakon o pivu*. Beograd: Službeni glasnik RS, br. 30/2010
- Narodna skupština RS (2014). *Pravilnik o kvalitetu piva*. Beograd: Službeni glasnik RS, br. 145/2014
- Pejin, J. D., Radosavljević, M. S., Grujić, O. S., Mojović, L. V., Kocić-Tanackov, S. D., Nikolić, S. B., & Djukić-Vuković, A. P. (2013). Mogućnosti primene pivskog tropa u biotehnologiji. *Chemical Industry/Hemijska Industrija*, 67(2).
- Tasić, S. (2010): *Bakterije u izvorima Vlasine*, Zadužbina Andrejević, Beograd, 2010.

- Tasić, S., Janjić, A. (2022). Izvorske vode na Vlasini kao sirovina za proizvodnju piva. Šesta naučno stručna konferencija sa međunarodnim učešćem - Održivi razvoj i zaštita voda, Zbornik radova, vol. 1., 323-334. Univerzitet "Union – Nikola Tesla", Beograd
- Van Holle, A., Van Landschoot, A., Roldán-Ruiz, I., Naudts, D., & De Keukeleire, D. (2017). The brewing value of Amarillo hops (*Humulus lupulus* L.) grown in northwestern USA: A preliminary study of terroir significance. *Journal of the Institute of Brewing*, 123(3), 312-318.
- Yang, D., & Gao, X. (2022). Progress of the use of alternatives to malt in the production of gluten-free beer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(10), 2820-2835.