

Ivana RONDOVIĆ

Biotehnički fakultet

ivanarondovic97@gmail.com

Mentor: doc. dr Danijela Raičević

FIZIČKO-HEMIJSKE I SENZORNE KARAKTERISTIKE LAGER I EJL PIVA

UDK 663.4(043.2)

Sažetak: Pivo se definiše kao slabo alkoholno piće dobijeno alkoholnim vrenjem iz početnih sirovina: vode, ječmenog slada, hmelja i dodatka kvasca. Tehnološki postupak proizvodnje piva sastoji se iz dvije faze: proizvodnje slada i proizvodnje piva. Najzastupljenija podjela piva je prema vrsti kvasca na piva „donjeg“ vrenja (*lager*) i piva „gornjeg“ vrenja (*ejl*). Lager piva su svjetlije boje, lagana, nižeg fenološkog sastava za razliku od ejl piva koja su prepoznata po tamnijoj boji, gorčini, mutnoći i bogatijoj hemijskoj strukturi. U radu su analizirani uzorci lager i ejl piva i to fizičko-senzorni parametri kao što su: boja, gorčina, mutnoća, stabilnost pjene i hemijski parametri: pH vrijednost, sadržaj realnog ekstrakta, aparent ekstrakta, orginal ekstrakta, sadržaj polifenola i procenat alkohola. Osim morfoloških, fizioloških i tehnoloških razlika između kvasaca „donjeg“ i „gornjeg“ vrenja, faktori kao što su početne sirovine, različita tehnologija proizvodnje, kao i različiti koncentracije koji se dodaju, bitno definišu krajnju karakterizaciju lager i ejl piva. Cilj istraživanja je da se utvrde fizičko-senzorne i hemijske karakteristike lager i ejl piva i samim time da se definiše njihov kvalitet. Kvalitet piva zavisi od: sorte ječma, uslova sladovanja, temperature i pH tokom kumljenja, sorte hmelja koji se dodaje tokom hmeljenja sladovine, soja kvasca i uslova fermentacije. Eksperimentalnim istraživanjem koje je rađeno u saradnji sa laboratorijom za kontrolu kvaliteta u Pivari „Trebjesa“ u Nikšiću dobijeni rezultati su pokazali koja piva pokazuju veći kvalitet, kao i kako drugačija cjelokupna tehnologija proizvodnje lager i ejl piva bitno mijenja fizičko-senzorne i hemijske karakteristike uzoraka piva.

Ključne riječi: piva, ejl, lager, kvalitet, kvasca

UVOD

Prema bavarskom zakonu o čistoći piva (1516. godine) pivo se definiše kao piće dobijeno od ječmenog slada, hmelja, vode i dodatka kvasca. Osnovne karakteristike piva su: stabilna pjena, karakterističan hmeljni ukus (gorčina), niži procentualni sadržaj alkohola i između ostalog osvježavajući karakter. Procentualno po hemijskom sastavu, pivo sadrži oko 90% vode, 3–5% alkohola, 0,4–0,5% ugljendioksida (CO₂) i 4–5% suve materije (ekstrakta). Sadržaj ekstrakta u pivu doprinosi hranljivoj vrijednosti piva iz razloga što se ekstrakt piva sastoji iz ugljenih hidrata, bjelančevina, mineralnih sastojaka i ostalih organskih komponenti koje doprinose zdravlju organizma. Polazna sirovina u proizvodnji piva je pivski ječam, od kojega se najprije mora dobiti ječmeni slad. Tehnologija piva se dijeli na dva odvojena dijela: tehnologiju slada i tehnologiju piva (Gaćeša, 1979).

Prema vrsti upotrebljenog kvasca koji se koristi za alkoholno vrenje, piva se dijele na:

- piva „donjeg vrenja“ (lager piva)
- piva „gornjeg vrenja“ (ale (ejl) i alt piva).

Naime, lager i ejl piva se prema senzornim karakteristikama prilično razlikuju. Dobijaju se tehnološkim postupcima koji se razlikuju, ali sve više unapređivanjem tehnike, tehnologije i raznim inovacijavama ove razlike postaju sve više neznatne (Leskošek-Čukalović, 2002).

Kvalitet se može odrediti na osnovu sljedećih karakteristika:

- Organoleptičke osobine – ukus i miris
- Sadržaj alkohola – hranljiva vrijednost
- Boja
- Stabilnost pjene
- Bistrina – odsustvo zamućenja
- Odsustvo prekomjernog razvijanja pjene.

Hemijske i fizičke analize pružaju veoma korisne podatke o kvalitetu piva, ali ne mogu odrediti kompletan profil senzornih svojstva piva i zbog toga se pivar mora osloniti na sopstvena čula ili još vjerodostojnije na senzornu ocjenu degustacione komisije (Hough i sar., 1976).

Kvalitet piva ne zavisi samo od rada proizvodnih radnika, nego i od kvaliteta upotrebljenih sirovina (Kunze, 1998). Radnici u proizvodnom pogonu se moraju pridržavati svih bioloških, tehničkih, hemijskih zahtjeva kontrole kvaliteta i standarda.

U radu će se analizirati uzorci lager i ejl piva i to fizičko-senzorni parametri kao što su: boja, mutnoća, gorčina, stabilnost pjene koji utiču na percepciju potrošača, kao i hemijski parametri: pH, sadržaj realnog ekstrakta, original ekstrakta, aparent ekstrakta, sadržaj polifenola, procenat alkohola, koji ukazuju da li su proizvodni procesi završeni do kraja.

Ejl piva se razlikuju od lager piva i ističu se po svojoj originalnosti, kreativnosti i zanatskom umijeću nekonvencionalne proizvodnje. Kvasci gornjeg i

donjeg vrenja se međusobno razlikuju u morfološkim, fiziološkim, tehnološkim karakteristikama. Sojevi kvasaca donjeg vrenja su u obliku pojedinačnih ćelija, dok se kvasci gornjeg vrenja uočavaju kao grupe ćelija. Između ostalog, kvasci donjeg vrenja potpuno previru rafinozu, dok kvasci gornjeg vrenja previru samo trećinu od ovog molekula trisaharida. Takođe, kvasci donjeg vrenja imaju dominantan anaerobni metabolizam, a kvasci gornjeg vrenja se karakterišu metabolizmom disanja. Navedene razlike, kao i razlike u temperaturi vrenja i odležavanja, kao i u sirovinama koje se dodaju pri proizvodnji lager i ejl piva značajno utiču na promjenu karakteristika lager i ejl piva (Kunze, 1998).

Predmet rada jeste opis osnovnih karakteristika lager i ejl piva, kao i njihovog tehnološkog procesa proizvodnje. U radu će biti prikazane i osnovne razlike u fizičko-hemijskim i senzornim parametrima između ove dvije vrste piva, što predstavlja glavni cilj rada.

Cilj ovog rada je da relevantnim metodama ispita sadržaj svake komponente kvaliteta lager i ejl piva u pogledu fizičko-hemijskog sastava, ali i da da opšti prikaz parametara kvaliteta koji se postižu putem senzornog ocjenjivanja.

U cilju sprovođenja eksperimentalnog dijela istraživačkog rada, fizičko-senzorne i hemijske analize uzoraka lager i ejl piva urađene su u laboratoriji za kontrolu kvaliteta u Pivari „Trebjesa“.

Uzorci lager piva koji su ispitivani su: *Nikšićko pivo*, *Jelen pivo*, *Budweiser pivo*, a uzorci ejl piva: *Mammut Indian Pale Ale* (IPA), *Mammut American Pale Ale* (APA), *Druid Indian Pale Ale* (IPA), *Druid Belgian Ale Dubbel*, *Akademija Brewery „Čista desetka“*.

Hmelj kao osnovna sirovina za proizvodnju piva doprinosi kvalitetu i stabilnosti konačnog proizvoda. Unosi se tokom kuvanja sladovine, a tokom procesa otpušta specifične molekule arome. Takođe, obuhvata α i β kiseline koje se tokom procesa proizvodnje transformišu u izo-alfakiseline i u tom obliku doprinose finalnoj gorčini piva (Goldammer, 2008).

Pivo sadrži preko 800 različitih sastojaka, a većina tih sastojaka posjeduje bioaktivna svojstva. Sastojci u pivu mogu biti posljedica upotrebljenih sirovina ili pak mogu nastati hemijskim i biohemijskim transformacijama u toku procesa komljenja, kuvanja, fermentacije, odležavanja piva. „Karakter piva“ je definisan svim sastojcima koji se mogu naći u istom (Briggs i sar., 2004, Frías i sar., 2016).

U zavisnosti od koncentracije osnovne sladovine i stepena fermentacije zavisi sadržaj alkohola. Sadržaj alkohola se kreće od 2,8 do 6 vol.% zavisno od vrste piva. Osim etanola, pivo se sastoji iz male količine viših alkohola i 0,2–0,3% glicerola (Šakić, 2005).

Ugljen-dioksida u pivu ima 0,35–0,45%, ali ako je pivo prekomjerno zasićeno sadržaj CO_2 može iznositi i 0,7%. Pri rezultatima ugljenohidratnog sastava piva, može se naslutiti sastav CO_2 sladovine iz koje to pivo potiče. Naime, u pivu zaostaju značajne količine maltoze, a od ugljenih hidrata zaostaju gumaste materije, pentozani i produkti karamelizacije ugljenih hidrata.

Procenat ekstrakta piva zavisice od koncentracije osnovne sladovine i stepena fermentacije, a kreće se od 3 do 10%. Izvjestan dio ekstrakta (8–10%) čine azotne materije, u koje se ubrajaju proteini, albumoze, peptoni, amidi, aminokiseline,

amonijačne soli. Prilikom upotrebe ječma siromašnog azotom, nesladovanog ječma, šećera u proizvodnji slada dobija se pivo osiromašeno azotnim materijama. Gorke materije hmelja, taninske materije (hmelja i slada), obojene materije (melanoidini) i organske kiseline mliječna, ćilibarna, oksalna, jabučna čine organski dio ekstrakta i nalaze se u malim količinama. Koloidne materije takođe čine sastavni dio ekstrakta.

Polazeći od količine hmelja upotrebljenog u fermentaciji, zavisice i sadržaj gorkih materija (izohumulona), koji se kreće u granicama 0,03–0,09 g/L.

Osim hemijskog sastava piva, važno je uzeti u obzir fizičko-hemijske karakteristike sastojaka piva koje na kraju definišu kvalitet piva. U pivu, u obliku koloida, električno nabijenih, nalaze se dekstrini, pentozani, složene azotne materije, hmeljne smole, taninske i obojene materije. Zavisno od veličine i sastava ovih micela zavisi ukus, stabilnost pjene, punoća piva. Karakteristike piva kao što su pjenušavost, ukus, koloidna stabilnost zavise od koloidne ravnoteže u pivu, koja je promjenljiva (Pau-nović, 2015).

Glavne tehnološke razlike između lager i ejl piva su temperatura vrenja odnosno temperatura odležavanja mladog piva.

Piva „donjeg vrenja“ (lager) se proizvode vrenjem pivske sladovine pod uticajem sojeva čiste kulture kvasca vrste *Saccharomyces uvarum*, a piva „gornjeg vrenja“ (ejl) se proizvode pod uticajem sojeva čiste kulture kvasca vrste *Saccharomyces ce-revisiae* (Mijatović, 2019).

Ključne fiziološke razlike između lager kvasaca i ejl kvasaca su sposobnost fermentacije i asimilacija melibioze. Naime, lager kvasci iskorišćavaju melibiozu i rafinozu, dok ejl kvasci ne posjeduju enzim melibiazu, pa shodno tome ne mogu iskoristiti melibiozu, već samo trećinu rafinoze (Meštrić, 2015).

Lager piva fermentišu na 6–8°C, završetak procesa vrenja je na 12–18°C. Na kraju vrenja najveći dio kvasaca se istaloži, taj talog se odvaja, a zatim mlada lager piva odležavaju u ležnom tanku na 0–2°C.

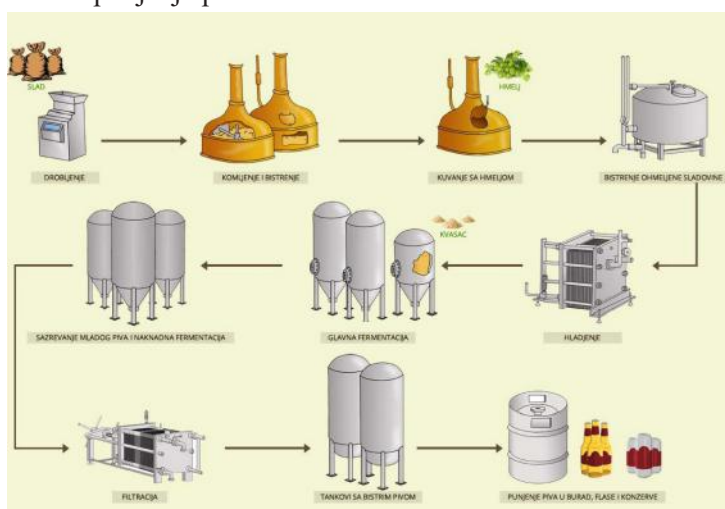
Za razliku od lager piva, ejl piva fermentišu na 15–20°C, a završetak vrenja je na 20–25°C. Pri kraju procesa vrenja kvasci isplivaju na površinu, odvajaju se, a mlada ejl piva odležavaju na 8°C (tipično za engleska i pšenična ejl piva).

Takođe, jedna od bitnijih razlika između lager i ejl piva su senzorna svojstva, aroma, punoća ukusa, boja. Lager piva su svjetlija, umjereno punog ukusa kao posljedica neprevrelog ekstrakta, posjeduju umjerenu gorčinu i aromu isključivo na hmelj. Međusobno se razlikuju po tvrdoći vode i boji sladovine. Tako se, na primjer, od tvrde vode i tamnog slada proizvodi dortmundsko lager pivo, a od meke vode i svjetlijeg slada se dobija plzensko lager pivo (*Pils*). Bilo koje lager pivo se uvijek pije ohlađeno na 5–14°C.

Ejl piva su znatno tamnija, izrazito punog ukusa, jake gorčine sa različitim voćnim aromama. Piju se na višim temperaturama, čak na 20°C. Neki od poznatijih stilova ejl piva su: *Pale ale*, *Brown ale*, *Old ale*, *Scottish ale*, *Irish ale*, *Belgian ale*, *Mild*, *Bitter* (Meštrić, 2015). Postoji još mnogo stilova ejl piva, koji zavise od kvaliteta vode, slada, boje slada, gorčine, koncentracije alkohola, tehnološkog postupka proizvodnje i sl. (Parker, 2012).

Tehnološki proces proizvodnje piva (Slika 1) se sastoji iz proizvodnje slada i proizvodnje piva, a pokriva minimalno tri tehnološke faze:

- Produkcija slatkovine
- Glavno vrenje slatkovine i naknadno vrenje (dozrijevanje) mladog piva
- Dorada i punjenje piva u ambalažu.



Slika 1. Tehnološka šema proizvodnje piva

Izvor: <http://www.dgt.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2020/02/Pica-sa-geografskim-poreklom-Proizvodnja-piva.pdf>

Tehnologija proizvodnje piva obuhvata čitav niz procesa, a to su: mehanički, tehnološki, biohemijski i hemijski procesi. Kao što je na početku navedeno, cijeli proces proizvodnje piva se sastoji iz dva nezavisna dijela, a to su: „tehnologija slada“ i „tehnologija piva“.

„Tehnologija slada“ obuhvata: čišćenje i sortiranje ječma, močenje ječma, klijanje ječma, sušenje zelenog slada, oslobađanje suvog slada od klica i poliranje slada.

Drugi dio „tehnologija piva“: proizvodnju slatkovine, alkoholno vrenje slatkovine (fermentacija piva), dozrijevanje (odležavanje) mladog piva, hladna stabilizacija, filtracija i obrada, punjenje, pakovanje i skladištenje piva (Mijatović, 2019).

Prvi proces u proizvodnji slada je *prijem ječma*, koji ima tačno definisane tehnološke karakteristike. Prilikom prijema ječma, obavezno se vrši kontrola vlage zrna, jer ako je transportovan iz hladnih i vlažnih područja, obavezno se mora prethodno osušiti u struji toplog vazduha, kako bi se spustio nivo vlage. Ako se ječam transportuje iz toplih i suvih područja, sušenje nije potrebno, a ako je ječam pristigao sa njive neophodno ga je podvrgnuti pretčišćenju (odstranjuje se prašina, polomljena zrna, grube čestice). U toku sladištenja ječma je potrebno očuvati njegova tehnološka svojstva, vršiti povremene kontrole sadržaja vlage i temperature, kao i hlađenje i provjetranje. Ječam se može sladovati tek kada se završi faza „posležetvenog dozrijevanja“. Prije sladovanja, ječam se čisti, sortira po homogenosti zrna (zrna deblja od 2,5 mm – I klasa, zrna od 2,2–2,5 mm – II klasa, a sva zrna manja od 2,2 mm se koriste kao stočni ječam).

Močenje ječma je prva faza u proizvodnji slada, koja se obavlja u močionicama, temperatura vode je 10–18°C, a proces traje 40–48h. U toku močenja ječam se potapa u vodi, dolazi do aktiviranja klice, a vlaga zrna se od početnih 11–14% povećava na 28–30%. Takođe, u močionicama se vrši i aeracija, dovodi se vazduh koji formira „suve pauze“ (zrna su bez vode) i istovremeno se odnosi CO₂. Završetak močenja se označava pojavom bijelih klica korijena zrna na površinu i tada se ječam transportuje u kljališta i počinje sljedeća faza, klijanje.

Tokom procesa **klijanja** sintetišu se i aktiviraju enzimi i dolazi do dezintegracije sastojaka zrna u kontrolisanim uslovima: temperatura 13–16°C, vazduh zasićen vlagom kako bi se odvodila toplota (posljedica disanja zrna) i onemogućilo sušenje. S vremena na vrijeme se zrna okreću kako bi se onemogućilo preplitanje korjenčića. Zeleni slad ili iskljalo zrno sa korjenčićima je proizvod procesa klijanja. „Modifikacija“ označava transformacije u zrnu i sastoji se iz tri osnovna segmenta:

- Hemijske promjene u zrnu
- Fizičke promjene koje kao posljedica imaju omekšavanje zrna i lakše drobljenje
- Akumulacija hidrolitičkih enzima.

Zeleni slad se sastoji iz mnoštva enzima i primjenjuje se u industriji piva, viskija, votke.

Sljedeća faza je **sušenje slada** u kojoj je cilj da se sačuva enzimski potencijal zrna uprkos brojnim transformacijama. Vlažnost zrna se smanjuje sa početnih 44% na 3–5%, a sušenje se obavlja u sušarama, pod uticajem struje toplog vazduha, a dodatno se vrši i dosušivanje na 82–102°C. Sušenjem, korjenčići postaju krti, pa se lako uklanjaju i vrši se njihovo otklicavanje. Kako bi se zadovoljili standardi kvaliteta i zahtjevi tržišta, slad se uglavnom kupažira prije isporuke iz sladare, u rifuznom stanju i pakovanju u vrećama od 50 kg (Leskošek-Čukalović, 2002).

Proizvodnja sladovine je prva faza u procesu proizvodnje piva koja se obavlja u dijelu proizvodnog pogona – varionici. Naime, sladovina predstavlja vodeni ekstrakt slada i nesladovanih žitarica koji su rezultat enzimske dezintegracije makromolekularnih sastojaka zrna.

Tehnološki procesi koji prate proces proizvodnje sladovine su: drobljenje slada, ukomljavanje, filtracija ošecerene komine, kuvanje sladovine sa hmeljom, bistenje ohmeljene sladovine.

Prva faza proizvodnje sladovine je **drobljenje slada** koja se obavlja u mlinovima (drobilicama) sa dva ili više pari valjaka. U procesu drobljenja slad i nesladovane žitarice se usitnjavaju kako bi se intenzivirao proces enzimske dezintegracije sastojaka, ekstrakcija rastvorenih komponenti i da bi lakše prodrla voda u zrno.

Druga faza proizvodnje sladovine je **komljenje** u kojoj se obavlja enzimaska dezintegracija nerastvorenih sastojaka i kao rezultat dobija se ekstrakt hemijski prilagođen tipu piva koje se pravi. Postoje dva tipa komljenja:

- Bez kuvanja komine – infuzija (tip komljenja zasnovan na enzimskim reakcijama, temperatura se održava stalnom ili se postepeno povećava dodavanjem vruće vode, tipičan proces za proizvodnju ejl piva);
- Sa kuvanjem komine – dekokcija (tip komljenja gdje se dio komine izdvaja, potom se stavlja u drugi sud i kuva, a temperatura se povećava vraćanjem kuvane komine u komovnjak).

Sljedeća faza je **kuvanje sladovine**, gdje se postižu razni procesi: sinteza jedinjenja koji doprinose boji i ukusu (melanoidin i karamela), uklanjanje vodonik-sulfida (nepoželjni isparljivi sastojak), mikrobiološka i hemijska stabilizacija (inaktivacija enzima i mikroorganizama), bistrenje (koagulacija proteina i odvajanje nerastvorenih taloga sa taninima), uparavanje viška vode, hmeljenje. Tokom kuvanja sladovine, dodaje se hmelj i pri tome dolazi do ekstrakcije α -kiseline (gorki sastojak) koji se termički transformiše u izo- α -kiselinu (jedinjenje intezivne gorčine). Takođe, nastaju hmeljna ulja koja su reaktivna sa drugim sastojcima sladovine, aromatična jedinjenja i tanini koji formiraju organoleptičke osobine-ukus, miris sladovine. U kotlovima za kuvanje sladovine se vrši kuvanje sladovine. U istoj fazi kad se dodaje hmelj, tada se mogu dodati i sirupi, rafinirani šećeri ili druge sirovine koje se primjenjuju kako bi se sterilisali. Na kraju kuvanja dobija se ohmeljena sladovina, koja sadrži nerastvorena jedinjenja i neiskorišćene dijelove hmelja.

Poslije završenog procesa bistrenja, sladovina se mora tempirati na temperaturi vrenja, zavisno da li se proizvode lager piva (6–8°C) ili ejl piva (15–18°C). Ohlađenoj sladovini se uduvava sterilni vazduh kako bi se aktivirali kvasci i proces vrenja što prije počeo. Potom se dodaje čista kultura kvasaca ili pak kultura kvasaca koja se koristila u prethodnom kuvanju. Poznato je da se u tehnologiji piva koriste dvije vrste vrenja: „donje“ i „gornje“ vrenje, koji se razlikuju po principu izvođenja i tehnološkim karakteristikama.

Kvasci se prilikom vrenja umnožavaju, a otpušta se i CO₂ (podesan za prikupljanje, prečišćavanje i uskladištenje). Takođe, iskorišćeni kvasac se izdvaja i koristi za nove procese vrenja, kao i za farmaceutsku i prehrambenu tehnologiju (za stočnu hranu).

Prilikom **odležavanja piva** dolazi do formiranja senzornih karakteristika, bistrenja, koloidne stabilizacije, karbonizacije. Mlado pivo poprima prijatnu gorčinu (oslobađanjem CO₂ eliminišu se toksična jedinjenja poput vodonik-sulfida, merkaptana, dimetil-sulfida). Smanjenjem temperature pri kraju procesa vrenja, nastupa **bistrenje**, u kojem se kvasci odvajaju. Na nižoj temperaturi, talože se i polifenoli, intenzivira se koloidna stabilnost i pojednostavljuje filtracija piva. Povećavanjem pritiska usljed snižavanja temperature, poboljšava se rastvorljivost CO₂ i time se doprinosi pjenušavosti, otvorenosti i aromi mladog piva (Leskošek-Cukalović, 2002).

Bistrenje i istakanje piva

Prilikom glavnog vrenja i odležavanja piva, pivo poprima fizičko-hemijske i organoleptičke promjene u hemijskom sastavu i karakteristikama. Naime, dolazi do taloženja ćelija kvasaca, materija proteinsko-taninskog kompleksa, čime se pivo bistro. Ugljen-dioksid se oslobađa i veže za pivo, na taj način obrazujući svoj konačan oblik i osobine. Filtrirano pivo je po pravilu kristalno bistro, stabilno i kvalitetno. Upravo zbog navedenih razloga, filtracija je obavezna tehnološka operacija pri proizvodnji piva, jer bez filtracije se ne može proizvesti kvalitetno pivo, koje će biti prepoznato na tržištu.

Kako bi se postigla bistrina piva, primjenjuju se dva postupka: separacija piva i filtracija.

Separacija piva se obavlja pomoću separatora, koji rade na principu centrifugalne sile. Pod uticajem pritiska, pivo ulazi u bubanj separatora, gdje su smješteni rotirajući tanjiri. Pivo uspješno prolazi bubanj i tanjire i odlazi u prostor za taloženje, gdje se pod uticajem centrifugalne sile krupne čestice izdvajaju i stvara se talog. Periodično, u vremenskim intervalima, pomenuti talog se odstranjuje. Dobra strana separatora je da su oni hermetički zatvoreni, pa ne dolazi do gubljenja koncentracije CO_2 , niti do oksidacije piva.

Za razliku od separacije, metoda filtracije doprinosi mnogo većoj bistrini piva. Krupnije čestice u pivu se talože pod uticajem gravitacione sile, pa je tokom filtracije neophodno ukloniti najvećim dijelom veoma sitne čestice. Zato je neophodno oformiti specifični porozni sloj koji ima ulogu zadržavanja ovih sitnih čestica tokom filtracije. U filtraciji se najčešće koriste filterski ulošci koji se prave kao ploča od celuloze i pamuka. Naime, na pomenutim ulošcima se prvo formira jedan naplavni sloj kiselgura, koji je grub, pa se preko njega stavlja finiji kiselgur, čija je uloga da obrazuje filterski sloj koji će zadržati sve sitne čestice. Tako da na kraju kroz filtracijske slojeve prolazi očišćeni filtrat, oslobođen sitnih čestica i ćelija kvasaca. Dosta često se koriste naplavni filteri za filtraciju piva.

Posljednja operacija prije punjenja piva u boce, limenke je upravo filtracija piva, pa je veoma bitno napomenuti proizvođače da na ovu tehnološku fazu obrate posebnu pažnju kako bi dobili kvalitetno pivo (Franović, 2016).

Punjenje piva u boce

Najprije filtrirano pivo se presipa u tankove koji su pod pritiskom i tu treba da odstoji 8–12h prije punjenja u ambalažu. Uloga ovih tankova i vremenskog zadržavanja piva je hlađenje piva na 1–2°C i sprečavanja pjenušanja tokom otakanja piva u boce. Punjenje se obavlja pod uticajem izobarometarskog pritiska koji omogućava stalan dotok CO_2 , čime se sprečava gubitak CO_2 i oksidacija piva.

Prije nego što se pivo napuni u odgovarajuću ambalažu – boce, limenke i dr., neophodno je sprovesti par operacija. Prvo se temeljno operu i dezinfikuju sve boce i izvrši se stroga kontrola higijene. Zatim se puni pivo u boce, zatvaraju se boce čepovima, lijepe se etikete sa deklaracijom i opis proizvoda. Nakon ovih faza, neophodno je da napunjeno pivo u bocama odstoji, kako bi se takoreći stabilizovalo. Danas je popularan kineski sistem za flaširanje piva (Franović, 2016).

METODE

U istraživačkom radu odrađene su fizičko-senzorne i hemijske analize za uzorke lager i ejl piva. Lager piva koja su analizirana (Tabela 1) su: *Nikšićko pivo*, *Jelen pivo*, *Budweiser pivo*. Ejl piva koja su analizirana (Tabela 1) su: *Mammut Indian Pale Ale*, *Mammut American Pale Ale*, *Druid Indian Pale Ale*, *Druid Belgian Ale Dubbel*, *Akademija Brewery „Čista Desetka“*.

Tabela 1. Vrste i osnovne karakteristike uzoraka

Vrsta piva	% alkohola	Karakteristike
Nikšićko pivo	5,0%	Nefiltrirano, pasterizovano, svijetlo lager pivo
Jelen pivo	4,6–5,0%	Nefiltrirano, pasterizovano, svijetlo lager pivo
Budweiser pivo	5,0%	Nefiltrirano, pasterizovano, svijetlo lager pivo
Mammut Indian Pale Ale	5,9%	Svijetlo, mutno, nefiltrirano, ejl pivo
Mammut American Pale Ale	5,0%	Tamno, mutno, nefiltrirano, ejl pivo
Druid Indian Pale Ale	6,0%	Svijetlo, mutno, nefiltrirano, ejl pivo
Druid Belgian Ale Dubbel	6,0–8,0%	Tamno, mutno, nefiltrirano, ejl pivo
Akademija Brewery „Čista Desetka“	6,0%	Svijetlo, mutno, pšenično, ejl pivo

Fizičko-senzorne i hemijske analize su urađene u laboratoriji za kontrolu kvaliteta Pivare , „Trebjesa“, koja se nalazi u Nikšiću.

Fizičko-senzorne analize uzoraka lager i ejl piva su:

- Određivanje boje piva
- Određivanje mutnoće piva
- Određivanje gorčine piva
- Određivanje stabilnosti pjene piva

Hemijske analize uzoraka lager i ejl piva su:

- Određivanje pH vrijednosti piva
- Određivanje ukupnih polifenola piva
- Određivanje originalnog ekstrakta piva
- Određivanje realnog ekstrakta piva
- Određivanje aparent ekstrakta piva
- Određivanje alkohola piva

Određivanje boje piva

Boja uzoraka lager i ejl piva određuju se spektrofotometrijski. Naime, svi uzorci piva se prethodno degaziraju mućkanjem, pa se zatim koristi spektrofotometar (Slika 2). Na spektrofotometru je prvo provjerena čistoća kiveta, a zatim se podesi talasna dužina na 430 nm i redom se očitavaju uzorci u EBC jedinicama.



Slika 2. Spektrofotometar UV-1800 (Laboratorija za kontrolu kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

Određivanje mutnoće piva

Mutnoća uzoraka lager i ejl piva se određuje pomoću turbidimetra (Slika 3). Uzorci se prethodno degaziraju mućkanjem, aparat se podesi na nultu vrijednost, a potom se redom stavljaju uzorci i očitava se vrijednost mutnoće u EBC jedinicama na displeju.



Slika 3. Turbidimetar marke Haffmans (Laboratorija za kontrolu kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

Određivanje gorčine piva

Reagensi za određivanje gorčine:

1. Izo-oktan (2,2,4-trimetilpentan)
2. Oktanol
3. Hlorovodonična kiselina, 3 M HCl

Uzorci lager i ejl piva se prethodno degaziraju, zatim se otpipetira 10 mL od svakog uzorka u pipete i doda se po kap oktanela. Doda se u svaku pipetu 1 mL HCl i 20 mL izo-oktana. Potom se na uređaju (Slika 4) pojedinačno mučkaju pipete oko jedan minut. Čeka se 20 min. da se u pipetama odvoje slojevi, a vrhom pipete se uzima uzorak i stavlja u čistu kivetu. U prvu kivetu kao slijepa proba stavlja se izo-oktan. Na spektrofotometru (Slika 2) apsorbancija je podešena na 270 nm, a potom se pojedinačno čitaju rezultati sa displeja u BU jedinicama.



Slika 4. Uređaj za horizontalno mućkanje
(Laboratorija za kontrolu kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

Određivanje stabilnosti pjene piva

Stabilnost pjene piva se određuje pomoću NIBEM uređaja (Slika 5). Veoma bitan faktor kvaliteta, kako lager, tako i ejl piva, je stabilnost pjene. NIBEM uređaj radi na principu mjerenja vremena koje je neophodno da pjena piva padne do određene visine za 10, 20, 30 mm, a mjerenje se vrši pokretnim elektrodnom sistemom koji ima duge igle. Takođe, vrijeme se mjeri u sekundama. Prije nego što se stave uzorci lager i ejl piva, NIBEM uređaj se kalibriše. Kalibracija se sastoji u tome da se standardna čaša napuni vodom (koja se prelijeva preko ruba čaše), pa se potom stavi ispod elektrode. Nakon što elektroda dotakne površinu vode, vraća se u početni položaj. Poslije kalibracije, uzorci se redom sipaju u standardnu čašu, a potom se na displeju uređaja očitavaju rezultati u sekundama.



Slika 5. NIBEM uređaj za mjerenje stabilnosti pjene piva

Izvor: <https://bsw-es.com/wp-content/uploads/folletos/ingles/haf-bul-nibem-tph-2127-en.pdf>

Klasifikacija procjenjivanja rezultata:

- vrijednosti ispod 220 sekundi su loše
- vrijednosti između 260 i 280 sekundi su dobre
- vrijednosti iznad 300 sekundi su jako dobre.

Određivanje pH vrijednosti piva

Za određivanje pH vrijednosti uzoraka lager i ejl piva koristi se pH-metar (Slika 6), koji posjeduje mjernu ćeliju s elektrodama. Između svakog mjerenja pH vrijednosti uzorka, elektroda se ispere destilovanom vodom i pH metar se kalibriše. Kada se pH-metar ne koristi, elektroda se uvijek drži u rastvor KCL-a do ponovnog korišćenja. Vrijednosti gotovog piva su obično u granicama od 4.3–4.6 pH jedinica.



Slika 6. pH mjetar sa elektrodom i rastvorom KCL-a (Laboratorija za kontrolu kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

Određivanje ukupnih polifenola piva

Reagensi za određivanje ukupnih polifenola koji se koriste su:

- EDTA (etilendiamintetra sirćetna kiselina)
- Razrijeđeni rastvor amonijaka (amonijak:voda; 1:2)
- Gvožđe (III) amonijum-citrat.

Za određivanje ukupnih polifenola, takođe se koristi spektrofotometar (Slika 2). Uzorci lager i ejl piva se, kao i kod svake metode, najprije degaziraju mućkanjem, zatim se otpipetira po 10 mL od svakog uzorka i doda 8 mL EDTA-a, kako bi uzorci bili stabilizovani. Takođe, dodaje se potom 0,5 mL gvožđe (III) amonijum citrat-a, jer on reaguje sa postojećim polifenolima u pivu i boji rastvor u karakterističnu crvenu boju. Potom se dodaje 0,5 mL amonijaka. Bitno je napomenuti da nakon svakog dodavanja reagensa, tikvice se moraju promućkati.

Za određivanje polifenola pomoću spektrofotometra, osim odmjerenih tikvica sa uzorcima, koristi se i slijepa proba. Slijepa proba se priprema na taj način što se stavi isto 10 mL uzorka, 8 mL EDTA-a, 0,5 mL amonijaka, ali se ne dodaje gvožđe (III) amonijum-citrat. Pripremljeni uzorci i slijepa probe se ostave 10 min. da bi došlo do reakcije, a potom se stave u spektrofotometar, gdje se podesi apsorbansa na 600 nm talasne dužine.

*Proračun za ukupne polifenole: ukupni polifenoli (mg/L) = $A_{600} * 820$*

Određivanje orginalnog ekstrakta, realnog ekstrakta, aparent ekstrakta i alkohola piva

Pomoću uređaja *Anton Paar AlcoLyzer Plus* (Slika 7) veoma jednostavno se određuju vrijednosti ekstrakata, alkohola, kao i vrijednosti specifične težine piva i kalorijske vrijednosti.

Nakon što su uzorci lager i ejl piva degazirani mućkanjem, sipaju se u specijalne čašice i analizator se uključuje. Poslije 5–10 min. očitavaju se rezultati na pisaču, koji se nalazi uz analizator. Aparat analiza redom pojedinačno uzorke i očitava vrijednosti alkohola (volumnog i težinskog), orginalnog ekstrakta, aparent ekstrakta, realnog ekstrakta, kao i specifične težine uzorka piva i kalorijske vrijednosti. Pored stavljanja uzoraka piva u čašice, obavezno se moraju staviti dvije čašice sa destilovanom vodom, iz razloga što sonda mora biti isprana nakon uzimanja svakog uzorka piva.

Takođe, kako bi se odredio pravi sadržaj ekstrakta, neophodno je da se ukloni alkohol u uzorcima piva, što je rijetka praksa. Tako da izmjereni ekstrakt u pivu se smatra samo prividno tačnim (Kreč, 2009).



Slika 7. Anton Paar Alcolyzer Plus (Laboratorija za ispitavanje kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

REZULTATI

Kao što je prethodno navedeno, kako bi se postigao ujednačen kvalitet piva, neophodno je u kontinuitetu obavljati fizičko-senzorne i hemijske analize sirovina u svim fazama proizvodnje piva. Cilj ovog rada je određivanje osnovnih fizičko-senzornih i hemijskih parametara uzoraka lager i ejl piva, čime se definišu preciznije razlike između ove dvije vrste piva u kvalitetu. U ovom istraživanju obavljene su osnovne i referentne analize kvaliteta piva, čiji će rezultati biti tabelarno prikazani u nastavku.

Tabela 2. Fizičko-senzorne karakteristike uzoraka lager piva

Parametri	Boja (EBC)	Mutnoća 20°C (EBC)	Gorčina (BU)	Stabilnost pjene (sec)
Nikšićko pivo	7.14	0.38	23.2	263
Jelen pivo	7.61	0.28	23.0	285
Budweiser pivo	9.42	0.39	21.4	215

Tabela 3. Hemijske karakteristike uzoraka lager piva

Parametri	pH	Polifenoli (mg/L)	Original ekstrakt (°plato)	Realni ekstrakt (°plato)	Aparent ekstrakt (°plato)	Alkohol Vol (ml/100ml)
Nikšićko pivo	4.40	112	11.42	3.75	1.92	5.03
Jelen pivo	4.34	76	10.88	3.75	2.04	4.66
Budweiser pivo	4.84	82.32	11.75	4.28	2.50	4.91

Tabela 4. Fizičko-senzorne karakteristike uzoraka ejl piva

Parametri	Boja (EBC)	Mutnoća 20°C (EBC)	Gorčina (BU)	Stabilnost pjene (sec)
Mammut IPA	32.22	40.69	71.0	284
Mammut APA	15.95	80.71	30.5	269
Druid IPA	20.28	12.16	63	277
Druid Belgian Ale Dubbel	46.79	99.99	36	157
Akademija Brewery „Čista Desetka“	10.33	99.99	12.9	145

Tabela 5. Hemijske karakteristike uzoraka ejl piva

Parametri	pH	Polifenoli (mg/L)	Original ekstrakt (°plato)	Realni ekstrakt (°plato)	Aparent ekstrakt (°plato)	Alkohol Vol (ml/100ml)
Mammut IPA	4.70	327.5	13.87	5.33	3.30	5.70
Mammut APA	4.55	266.2	12.13	4.31	2.45	5.15
Druid IPA	4.51	255.4	12.69	4.14	2.11	5.65
Druid Belgian Ale Dubbel	4.55	154.7	14.86	4.77	2.38	6.75
Akademija Brewery „Čista Desetka“	4.50	147.2	12.14	3.56	1.52	5.64

Diskusija

U Tabeli 2 prikazane su fizičko-senzorne karakteristike za tri uzorka lager piva: *Nikšičko pivo*, *Jelen pivo*, *Budweiser pivo*. Od fizičko-senzornih parametara, ispitivani su: boja, gorčina, mutnoća, stabilnost pjene.

Svijetlo standardno lager pivo ima optimalne vrijednosti boje između 7–12 EBC jedinica (Kunze, 1979). Sva tri uzorka piva su imala vrijednosti boje u okviru ovih granica, s tim što je *Nikšičko pivo* bilo najsvjetlije (7.14 EBC), a *Budweiser pivo* najtamnije (9.42 EBC).

Što se tiče parametra mutnoće, sva tri uzorka piva su u okviru normativa (0.1-1 EBC), s tim što je *Jelen pivo* pokazalo najmanju vrijednost mutnoće (0.28 EBC), a *Budweiser pivo* za nijansu najveću vrijednost mutnoće (0.39 EBC).

Standardne vrijednosti za svijetla lager piva u domenu parametra gorčine su između 20–30 BU. Prema navedenom, tri uzorka lager piva koja su se analizirala se poklapaju s normativima, s tim što najmanju gorčinu piva je pokazalo *Budweiser pivo* (21.4 BU), a najveću gorčinu *Nikšičko pivo* (23.2 BU).

Takođe, rezultati parametra stabilnosti pjene su pokazali da Jelen pivo ima najveću stabilnost pjene (285 sec), dok najmanju stabilnost pjene ima Budweiser pivo (215 sec). Kao što smo već naveli, vrijednosti stabilnosti pjene između 260–280 sec su dobre, što se poklapa sa vrijednostima Nikšičkog i Jelen piva, dok su vrijednosti stabilnosti pjene ispod 220 sec loše, što ukazuje da Budweiser pivo ima nezadovoljavajuću stabilnost pjene.

Analizirana lager piva po svim parametrima: boje (7.30 EBC), mutnoće (0.66 EBC), gorčine (20.10 BU), stabilnosti pjene (238.51 sec) su u skladu sa rezultatima fizičko-hemijskih analiza svijetlog piva iz „Zagrebačke pivare“ koje je proizvedeno po svim standardima kvaliteta (Kreč, 2009),

Ispitivani uzorci lager piva pokazuju podudaranja sa rezultatima *Heineken piva* (Meštrić, 2015) u boji (7.4 EBC), mutnoći (0.28 EBC), dok u gorčini ne (17.2 BU), koja je malo ispod prosjeka za svijetla standardna piva. Razlog može biti u različitoj sorti hmelja koja se upotrebljavala tokom procesa proizvodnje. Parametar stabilnosti pjene nije ispitivan u ovom radu.

Analizirani uzorci lager piva u poređenju sa svijetlim lager pivom (Kušter, 2015) se poklapaju u parametru boje (7,40 EBC), kao i parametru mutnoće (0.40 EBC), dok vrijednost stabilnosti pjene je veoma nestabilna (106 sec). Analiza gorčine nije rađena u ovom radu.

Takođe, ispitivani uzorci lager piva u skladu sa rezultatima istraživanja *Apatinskog piva* (Koprivica, 2018) ukazuju na poklapanje vrijednosti boje (9.10 EBC), mutnoće (0.74 EBC), stabilnosti pjene (210 sec), dok su rezultati gorčine analiziranih lager piva viši u odnosu na *Apatinsko pivo* (17.2 BU).

Uzorci lager piva koji su ispitivani su kompatibilni sa parametrima kvaliteta svijetlog lager piva (Gagula, 2017) u domenu ispitavanja boje (9.30 EBC), mutnoće (0.40 EBC), dok su vrijednosti gorčine (17.0) malo ispod prosjeka, a stabilnost pjene je mnogo viša (380 sec).

U Tabeli 3 prikazane su hemijske karakteristike za navedene uzorke lager piva.

Hemijske karakteristike koje su analizirane su: pH, ukupni polifenoli, organski ekstrakt, aparent ekstrakt, realni ekstrakt, procenat alkohola.

Prema Pravilniku o pivu, propisane pH vrijednosti piva su 4.0–4.8 pH jedinica (Kušter, 2016). Analizirani uzorci lager piva imaju pH vrijednosti u okviru normativa, s tim što *Budweiser pivo* ima najnižu kiselost (4.84 pH), a *Jelen pivo* najvišu kiselost (4.34 pH).

U zavisnosti od vrste piva i primjenjene tehnologije, zavisiće i koncentracija polifenola u pivu, koja uglavnom 80% potiče od slada, a 20% od hmelja. Standardne koncentracije ukupnih polifenola za lager piva su 50–150 mg/L (Herceg, 2015). Prema navedenom, analizirana lager piva su bila u okvirima standarda. *Jelen pivo* je imalo najniži polifenolni sastav (76 mg/L), a *Nikšičko pivo* najveći polifenolni sastav (112 mg/L).

Lager piva koja su analizirana pokazala su optimalan sadržaj originaln ekstrakta, koji je u okviru granica (10–12 °plato), najniži sadržaj original ekstrakta je imao *Jelen pivo* (10.88 °plato), a najviši sadržaj *Budweiser pivo* (11.75 °plato). Originalni ekstrakt presudno utiče na organoleptičke osobine piva, tako da ako je vrijednost originalnog ekstrakta ispod donje granice, tom pivu nedostaje punoća, a ako je iznad gornje granice, pivo je punijeg ukusa, aromatičnije, intezivnije gorčine (Bojović, 2021).

Za razliku od originaln ekstrakta, realni ekstrakt nema uticaja na organoleptičke osobine piva. Standardne vrijednosti su 3.75–4.25 °plato, tako da analizirana lager piva su u okvirima normativa. Najveći sadržaj realnog ekstrakta imalo je *Budweiser pivo* (4.28 °plato), dok su isti sadržaj realnog ekstrakta imali *Nikšičko pivo* i *Jelen pivo* (3.75 °plato).

Pod uslovom da je sadržaj aparent ekstrakta viši, tada u pivu nije došlo do apsolutnog razgrađenja skroba, niti je kvasac preveo sve šećere u alkohol i CO₂ i kao rezultat dobija se slatkasto pivo (Bojović, 2021). Standardne vrijednosti aparent ekstrakta su 1.90–2.30 °plato, što ukazuje da Budweiser pivo ima sadržaj aparent ekstrakta malo iznad dozvoljenog (2.50 °plato), tako da nije došlo do potpunog previranja skroba. *Nikšičko pivo* (1.92 °plato) i *Jelen pivo* (2.04 °plato) imaju vrijednosti aparent ekstrakta u okviru standarda.

Najniži sadržaj alkohola imalo je *Jelen pivo* (4.66 vol.%), a najveći sadržaj alkohola *Nikšičko pivo* (5.03 vol.%). Što je sadržaj aparent ekstrakta niži, alkohol će biti veći.

Hemijske karakteristike ispitivanih lager uzoraka piva su u skladu sa istraživanjem (Kreč, 2009) za svijetlo pivo iz „Zagrebačke pivare“ po svim parametrima podudarni: pH vrijednost (4.34 pH), ukupni polifenoli (111.86 mg/L), originalni ekstrakt (11.69 °plato), realni ekstrakt (4.10 °plato), aparent ekstrakt (2.30 °plato) i alkohol (5.01 vol. %)

Analizirana lager piva u poređenju sa rezultatima istraživanja Heinken piva (Meštrić, 2015) su podudarna u tri parametra: pH (4.21 pH), aparent ekstrakt (2.01 °plato), alkohol (4.76 vol. %), dok preostali hemijski parametri nisu ispitivani.

Ispitavani uzorci lager piva su u skladu sa rezultatima istraživanja svijetlog lager piva (Gagula, 2017) podudarni u svim parametrima: ukupni polifenoli (95 mg/L), originaln ekstrakt (11.02 °plato), aparent ekstrakt (2.16°plato), alkohol (4.69 vol.%).

Takođe, analizirani uzorci lager piva su kompatibilni sa rezultatima hemijskih analiza svijetlog lager piva (Kušter, 2016) u vrijednostima: pH (4.20 pH), originalog ekstrakta (11.00 °plato), alkohola (4.81 vol. %).

Ispitivani uzorci lager piva u skladu sa istraživanjem Apatinskog piva (Koprivica, 2018) se podudaraju sa hemijskim parametrima: pH (4.39 pH), ukupni polifenoli (83 mg/L), alkohol (4.21 vol.%), dok se sva tri ekstrakta ne podudaraju. Originalni ekstrakt je 9.35 °plato, što ukazuje da navedeno pivo nema punoću ukusa, realni ekstrakt je dosta niži (1.25 °plato) od donje granice, a aparent ekstrakt je viši (2.91 °plato), čime se dokazuje da u pivu nije došlo do razgrađivanja šećera do alkohola i CO₂ pod uticajem kvasaca. Ovo pivo je lošijeg kvaliteta.

U Tabeli 4 su prikazani rezultati fizičko-senzornih analiza uzoraka ejl piva: *Mammut Indian Pale Ale*, *Mammut American Pale Ale*, *Druid Indian Pale Ale*, *Druid Belgian Ale Dubbel*, *Akademija Brewery „Čista Desetka“*. Fizičko-senzorni parametri koji su analizirani su: boja, gorčina, mutnoća, stabilnost pjene.

Od pet analiziranih uzoraka ejl piva, najsvjetliju boju je imao *Mammut APA* (15.95 EBC), dok najtamniju boju je imao *Druid Belgian Ale Dubbel* (46.79 EBC). Naime, boja piva uglavnom vodi porijeklo od melanoidina i karamela koji se nalaze u sladu, kao i u surogatima primjenjenim za ukomljavanje. Dodatkom karamela može se korigovati boja u toku kuvanja sladovine (gdje dolazi do dalje karamelizacije) (Hough i sar., 1976).

Najmanje mutno pivo bilo je *Druid IPA* (12.16 EBC), dok najveći stepen mutnoće su pokazali *Druid Belgian Ale Dubbel* i *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (99.99 EBC). Bitno je napomenuti da zamućenja nastaju kao posljedica inficiranja piva bakterijama ili divljem kvascem. Zato je neophodno prije flaširanja pivo pasterezovati ili sterilisati kako ne bi došlo do zamućenja i taloga. Preko 80 EBC jedinica, mutnoća piva je nedopustiva (Hough i sar., 1976). Prema navedenom, *Druid Belgian Ale Dubbel* i *Akademija Brewery „Čista Desetka“* imaju vrijednost mutnoće iznad dozvoljene, pa možemo zaključiti da postupak filtracije nije adekvatno obavljen.

Najveću vrijednost gorčine ima *Mammut IPA* (71.0 BU), a najmanju vrijednost gorčine ima *Mammut APA* (30.5 BU). Stepem gorčine zavisi od primjenjene sorte hmelja, stepena izomerizacije gorkih kiselina, količini i vremenu u okviru koga je dodavan hmeljni preparat (Kreč, 2009). Iako je u tehnološkom procesu proizvodnje ejl piva, *Druid IPA* proizveden od šest vrsta hmelja, to nije uvijek pravilo da će imati najveći stepen gorčine, a i ne doprinosi svaka vrsta hmelja gorčini. Uglavnom potrošači na Balkanu ne preferiraju piva s većim stepenom gorčine.

Ejl pivo *Mammut IPA* imalo je najveću vrijednost stabilnosti pjene (284 sec), a najmanju vrijednost stabilnosti pjene imalo je pšenično pivo *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (145 sec). Pored „Čiste desetke“, *Druid Belgian Ale Dubbel* je isto imao vrijednost stabilnost pjene (157 sec) ispod donje granice za lošu stabilnost pjene (<220 sec), što se i očekivalo, jer oba piva su izuzetno zamućena. Polifenolno-proteinski kompleksi izazivaju zamućenja piva, a mutna piva nepovoljno utiču na stabilnost pjene (Hough i sar., 1976).

Analizirana ejl piva u poređenju sa rezultatima istraživanja kvaliteta ejl piva *American IPA* (Jardim i sar., 2018) pokazuju drugačije vrijednosti u parametru boje, koja je tamnija (44.75 EBC), ali i u sadržaju gorčine (46.15 BU), koja je niža u odnosu na ispitivana IPA piva. S tim u vezi se zaključuje, da su u tehnologiji proizvodnje *American IPA* (Jardim i sar., 2018) upotrebljavane druge sorte hmelja koje pojedinačno doprinose različitim senzornim karakteristikama (ukus, aroma, boja). Iako je stil piva isti, primjenjene sirovine u procesu proizvodnje, kao i svaka faza u tehnološkom procesu proizvodnje neće biti ista kod svake pivare.

U poređenju sa ispitivanim belgijskim pivom *Druid Belgian Ale Dubbel*, rezultati istraživanja istog stila piva *Belgian Blond Ale* (Živčić, 2018) su drugačiji u parametrima boje, koja je svjetlija (19 EBC) od *Druid Belgian Ale Dubbel*, a izmjerena gorčina je takođe niža (22.3 BU). Iako pripadaju belgijskom stilu piva,

postoje finese u procesu proizvodnje. Takođe belgijsko pivo iz „Druid pivare“ je pravljeno od dvije sorte hmelja, dok je belgijsko pivo (Živčić, 2018) proizvedeno od četiri vrste hmelja.

Takođe, ispitivani uzorci ejl piva u skladu sa standardima *English-style Indian Pale Ale piva* (Papazian, 2012) su podudarni (Druid IPA-20.28 EBC) u parametru boje, koja je između 12–28 EBC, ali *Mammut IPA* (32.22 EBC) je pak tamnije. Takođe, analizirano ejl pivo *Druid IPA* (63 BU) se poklapa sa standardnim vrijednostima za gorčinu, koje su 35–63 BU, dok *Mammut IPA* ima povišene vrijednosti iznad gornje granice.

Ispitivana ejl piva u poređenju sa istraživanjem kvaliteta piva Irish Red Ale (Marques i sar., 2017) pokazuju drugačije fizičko-senzorne karakteristike: boja ispitivanih ejl piva je svjetlija (*Irish Red Ale*-37.7 EBC) izuzev *Druid Belgian Ale Dubbel* (46.79 EBC), veće su vrijednosti mutnoće (20.51 EBC), što označava da je filtracija *Irish Red Ale*-a (Marques i sar., 2017) tehnološki sprovedena do kraja. Osim toga, analizirana ejl piva imaju veći sadržaj gorčine (*Irish Red Ale* – 22.0 BU), kao i veću stabilnost pjene (*Irish Red Ale* – 195 sec). *Irish Red Ale* (Marques i sar., 2017) je vrsta ejl piva gdje se slad podvrgava prženju, otuda i crvena boja piva, a i drugačije senzorne karakteristike.

U Tabeli 5 prikazani su rezultati hemijskih analiza za uzorke ejl piva: *Mammut Indian Pale Ale*, *Mammut American Pale Ale*, *Druid Indian Pale Ale*, *Druid Belgian Ale Dubbel*, *Akademija Brewery Čista Desetka*“. Hemijski parametri koji su analizirani su: pH vrijednost, ukupni polifenoli, originalni ekstrakt, realni ekstrakt, aparentni ekstrakt, alkoholni procenat.

Vrijednosti pH za sva tri uzorka ejl piva su bila u okviru regulativa. Najniži sadržaj pH je imalo pšenično pivo „*Čista Desetka*“ (4.50 pH), a najvišu pH vrijednost je imalo *Mammut IPA* (4.70 pH).

Pšenično pivo „*Čista Desetka*“ ima najniži sadržaj polifenola (147.2 mg/L), dok najviši sadržaj polifenola ima *Mammut IPA* (327.5 mg/L). *Mammut IPA* je primjer piva kako tehnologija proizvodnje koja je obavljena po standardima najviše utiče na kvalitet piva. Iz razloga što iako *Mammut IPA* ima polifenolni sastav koji je čak i iznad prosjeka za ejl piva, u pivu nije došlo do zamućenja ili loše stabilnosti pjene.

Najveću vrijednost originalnog ekstrakta imalo je *Druid Belgian Ale Dubbel* (14.86 °plato), što ukazuje na punoću i aromatičnost navedenog piva, dok najniži sadržaj je imalo pivo *Mammut APA* (12.12 °plato). Sve vrijednosti originalnog ekstrakta su u okvirima standarda za ejl piva.

Mammut IPA je imao najveći sadržaj realnog ekstrakta (5.33 °plato), a najniži sadržaj je imalo pivo „*Čista Desetka*“ (3.56 °plato). Kao što je već naglašeno, vrijednost realnog ekstrakta nema bitnu ulogu u ocjenjivanju senzornih karakteristika ejl piva.

Najniži sadržaj aparentnog ekstrakta ima pivo „*Čista Desetka*“ (1.52 °plato), dok najveći sadržaj aparentnog ekstrakta ima *Mammut IPA* (3.30 °plato).

Belgijsko pivo *Druid Belgian Ale Dubbel* ima najveći sadržaj alkohola (6.75 vol. %), dok najniži sadržaj alkohola ima *Mammut APA* (5.15 vol. %).

Analizirana *Indian Pale Ale* piva u radu u poređenju sa rezultatima hemijskih analiza *American IPA* (Jardim i sar., 2018) pokazuju nižu kiselost (*American IPA* 4.12 pH). Razlog može biti u drugačijoj mineralnoj karakterizaciji vode koja je upotrebljavana u samom procesu, zatim način na koji je ispirana sladovina (koja je bila temperatura vode), kao i cjelokupnoj kontroli svake faze u proizvodnom procesu. Realni ekstrakt *Mammut IPA* (5.33 °plato) i *Druid IPA* (4.14 °plato) se podudara sa vrijednošću realnog ekstrakta *American IPA* (4.21 °plato), dok je sadržaj alkohola bio niži (5.65–5.70 vol.%) u odnosu na *American IPA* (6.20 vol.%). Uzrok većem procentualnom sadržaju alkohola može biti u samom kvascu i njegovoj aktivnosti tokom procesa proizvodnje, kao i na kraju iskorišćenosti skroba.

Ispitivano ejl pivo *Druid Belgian Ale Dubbel* u poređenju sa rezultatima istraživanja *Belgian Blond Ale* (Živčić, 2018) u parametru pH (4.55 pH) je imao za nijansu veću kiselost (*Belgian Blond Ale* – 4.62 pH), dok je sadržaj originalnog ekstrakta (14.86 °plato) bio viši (*Belgian Blond Ale* – 13.10 °plato), tako da je za nijansu manje punije pivo. Sadržaj realnog ekstrakta svih analiziranih ejl piva je bio niži od *Belgian Blond Ale* (Živčić, 2018) (3.40 °plato). Pretpostavka je da kvasac nije do kraja preveo šećere do alkohola i CO₂.

Takođe, analizirana *Pale Ale* piva u komparaciji sa *New England Pale Ale* pivom (Rygielska i sar., 2022) imaju podudarnu vrijednost pH (4.56 pH), kao i sadržaj alkohola (5.36 vol.%), dok vrijednost realnog ekstrakta (3.12 °plato) i aparent ekstrakta (1.20 °plato) je niža. Izvodi se zaključak da *New England Pale Ale* ima slabije izražene senzorne karakteristike, ali i da je u potpunosti došlo do razgradnje skroba do alkohola i CO₂, s obzirom da je aparent ekstrakt niži.

Dobijene vrijednosti analiziranih ejl piva su podudarne sa standardnim vrijednostima originalnog ekstrakta (12.5-15.7 °plato) sa *English-style Indian Pale Ale* pivom (Papazian, 2012). Takođe, ispitivana *Pale Ale* piva su u skladu sa standardnim vrijednostima alkohola, koja su između 5–7 vol.%. Rezultati sadržaja realnog ekstrakta *Druid IPA* (4.14 °plato) su kompatibilni sa standardnim vrijednostima realnog ekstrakta (3–4.5 °plato), ali ne i sa sadržajem realnog ekstrakta *Mammut IPA* (5.33 °plato), koji ima više vrijednosti.

Analizirana *Pale Ale* piva u poređenju sa *Irish Red Ale* pivom (Marques i sar., 2017) imaju nižu kiselost (4.11 pH), niži polifenolni sastav (475.05 mg/L), dok su podudarne vrijednosti originalnog (13.90 °plato), realnog (5.09 °plato), aparent ekstrakta (2.99 °plato), kao i vrijednost alkohola (5.88 vol. %).

ZAKLJUČAK

Cilj ovoga rada je bio da se analiziraju lager i ejl piva koja su popularna na crnogorskom tržištu i da se utvrdi njihov kvalitet, odnosno fizičko-senzorne i hemijske karakteristike.

Kao i prema EBC skali, lager piva su dosta svjetlija od ejl piva. Od ispitivanih uzoraka najsvjetlije pivo je bilo lager *Nikšičko pivo* (7.14 EBC), a najtamnije je bilo belgijsko ejl pivo *Druid Belgian Ale Dubbel* (46.79 EBC). Zavisno od slada koji se primjenjuje u procesu proizvodnje i reakcija koje su navedene, zavisila je boja piva.

Najmanji intezitet mutnoće imalo je *Jelen pivo* (0.28 EBC). Ejl piva su očekivano mutnija, ali dva uzorka imala su intezitet mutnoće iznad dozvoljenih vrijednosti (>80 EBC), a to su *Druid Belgian Ale Dubbel* i *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (oba po 99.99 EBC). Ovako visok intezitet mutnoće je dokaz da filtracije uopšte nije tehnološki izvedena do kraja, pa ova piva svakako imaju zaostatke čestica u sebi, a možda su i blago inficirana bakterijama.

Od analiziranih piva, najmanji intezitet gorčine je imalo lager – *Budweiser pivo* (21.4 BU), a najveći stepen gorčine ejl pivo – *Mammut IPA* (71.0 BU). Očekivano je da ejl piva imaju veći stepen gorčine zbog primjene više sorti hmelja.

Nijedno od analiziranih uzoraka piva, nije imalo trajnost pjene iznad 300 sec, što se smatra veoma stabilnom pjenom. Najveću trajnost pjene imalo je lager pivo – *Jelen* (285 sec), a najmanju trajnost pjene imalo je ejl pivo – *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (145 sec), što je daleko ispod donje granice za nezadovoljavajuću trajnost pjene.

Vrijednost pH je bila optimalno u granicama normale za sve uzorke piva. *Jelen pivo* imalo je najmanju pH vrijednost (4.34 pH), a najveću pH vrijednost je isto imalo lager pivo – *Budweiser* (4.84 pH).

Analize ukupnih polifenola ukazuju da najmanji sadržaj ukupnih polifenola je imalo *Jelen pivo* (74 mg/L), a najveći sadržaj je imalo *Mammut IPA* (327.5 mg/L). Polifenoli definišu i punoću piva, pa svakako da *Mammut IPA* ima najveći intezitet punoće ukusa.

Ekstrakti definišu organoleptičke karakteristike piva. Najveću vrijednost originalnog ekstrakta imalo je *Druid Belgian Ale Dubbel* (14.86 °plato), a najmanju vrijednost originalnog ekstrakta imalo je *Jelen pivo* (10.88 °plato).

Realni ekstrakt ne utiče kao ostala dva ekstrakta na organoleptička svojstva piva. Najmanji realni ekstrakt imalo je pivo *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (3.56 °plato), a najveći sadržaj *Druid Belgian Ale Dubbel* (4.77 °plato).

Aparent ekstrakt je veoma bitan parametar koji ukazuje na aktivnost kvasca tokom vrenja. Najveći sadržaj aparent ekstrakta imalo je pivo *Mammut IPA* (3.30 °plato), gdje kvasci najvjerojatnije nisu u potpunosti preveli šećer do alkohola i CO₂, dok je *Akademija Brewery „Čista Desetka“* imalo najnižu vrijednost (1.52 °plato).

Procentualno najveći sadržaj alkohola imalo je pivo *Druid Belgian Ale Dubbel* (6.75 vol.%), dok je najniži sadržaj alkohola imalo *Jelen pivo* (4.66 vol.%).

Zaključuje se po fizičko-senzornim rezultatima analiza uzoraka lager i ejl piva da su lager piva svjetlija, imaju manji intezitet mutnoće i gorčine, a prosječno veću stabilnost pjene.

Hemijske analize su pokazale da ejl piva imaju nižu pH vrijednost, bogatiji polifenolni sastav, veći sadržaj ukupnih ekstrakata, kao i procentualno veći sadržaj volumnog alkohola.

Analizirajući sve parametre kvaliteta, može se zaključiti da je najviši kvalitet među analiziranim lager pivima pripada *Budweiser pivu*, dok među analiziranim ejl pivima to je *Mammut IPA pivo*.

Priznanja ili zahvalnost: Posebnu zahvalnost dugujem mojoj cijenjenoj mentorici doc. dr Danijeli Raičević. Takođe, želim da se zahvalim Pivari „Trebjesa“ koja mi je omogućila da u laboratoriji za kontrolu kvaliteta odradim fizičko-hemijske analize za moj eksperimentalni rad.

LITERATURA

- Bojović L. (2021). *Razlike u fizičko-hemijskim i senzornim parametrima između lager i ejl piva*. Podgorica: Univerzitet Donja Gorica, Fakultet za prehrambenu tehnologiju, bezbjednost hrane i ekologiju.
- Da Costa Jardim, C., De Souza, D., Cristina Kasper Machado, I., Massochin Nunes Pinto, L., de Souza Ramos, R. C., & Garavaglia, J. (2018). Sensory profile, consumer preference and chemical composition of craft beers from Brazil. *Beverages*, 4(4), 106. <https://doi.org/10.3390/beverages4040106>
- Franović, K. (2016). *Tehnološki proces proizvodnje piva* (završni rad). Karlovac: Odjel Sigurnosti i zaštite Stručni studij sigurnosti i zaštite. Veleučilište u Karlovcu.
- Frías, J., Martínez-Villaluenga, C., & Peñas, E. (2016). *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. Academic Press.
- Gaćeša, S. (1979). *Tehnologija slada sa sirovinama za tehnologiju piva*. Beograd: Poslovna zajednica industrije piva i slada Jugoslavije.
- Gagula, G. (2017). *Modeliranje promjena fizikalno-kemijskih svojstava piva tijekom skladištenja u različitoj ambalaži* (Doktorska disertacija). Osijek: Prehrambeno-tehnološki fakultet. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera.
- Goldammer, T. (2008). *The Brewer's Handbook*. Apex Publishers.
- Herceg, F. (2015). *Antioksidacijska svojstva i stabilnost boje tijekom ubrzanog i prirodnog starenja piva tamnih piva* (Završni rad). Zagreb: Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Hough, J.S., Briggs, D.E., Stevens, R., & Young, T.W. (1982). *Malting and Brewing Science*. Boston: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1799-3_11
- Hough, S. J., Briggs, E. D., & Stevens R. (1976). *Naučni aspekti sladarstva i pivarstva*. Beograd: Poslovno udruženje industrije piva i slada Jugoslavije.
- Kawa-Rygielska, J., Adamenko, K., Pietrzak, W., Paszkot, J., Głowacki, A., & Gasiński, A. (2022). Characteristics of new england india pale ale beer produced with the use of Norwegian kveik yeast. *Molecules*, 27(7), 2291. <https://doi.org/10.3390/molecules27072291>
- Koprivica, M. (2018): *Tehnološki proces proizvodnje piva donjeg vrenja*. Podgorica: Univerzitet Donja Gorica. Fakultet za prehrambenu tehnologiju, bezbjednost hrane i ekologiju.
- Kreč, E. (2009). *Fizikalno-kemijske, mikrobiološke i senzorske analize kakvoće svijetlog piva*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.
- Kunze, W. (1998). *Tehnologija sladarstva i pivarstva*. Beograd: Jugoslovensko udruženje pivara.
- Kušter, D. (2016). *Uloga filtracije u proizvodnji piva* (stručni rad) Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.
- Leskošek-Čukalović, I. (2002). *Tehnologija piva I deo, Slad i nesladovane sirovine*. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Marques, D. R., Cassis, M. A., Quelhas, J. O. F., Bertozzi, J., Visentainer, J. V.,

- Oliveira, C. C., & Monteiro, A. R. G. (2017). Characterization of craft beers and their bioactive compounds. *Chemical Engineering Transactions*, 57, 1747-1752. <https://doi.org/10.3303/CET1757292>
- Meštrić, A. (2015). *Senzorska analiza lager piva (stručni rad)*. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.
- Mijatović, A. (2019). *Pivarska industrija u Hrvatskoj (diplomski rad)*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovni-matematički fakultet.
- Papazian, C. (2012). *Beer Style Guidelines. Brewers Association*.
- Parker, D. K. (2012). Beer: Production, sensory characteristics and sensory analysis. In *Alcoholic beverages* (pp. 133-158). Woodhead Publishing.
- Paunović, D. (2005). *Hemijski sastav i antioksidativna aktivnost piva i sirovina za proizvodnju piva. Kinetika ekstrakcije* (doktorska disertacija). Niš: Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet. Departman za Hemiju.
- Šakić, N. (2005). *Tehnologija proizvodnje piva*. Sarajevo: Privredna/Gospodarska komora Federacije Bosne i Hercegovine.
- Živčić P. (2018). *Analiza proizvodnje tri vrste Ale piva (stručni rad)*. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.

Ivana RONDOVIĆ**PHYSICAL-CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF LAGER AND ALE BEERS**

Summary: Beer is defined as a weak alcoholic beverage obtained by the alcoholic fermentation of the starting raw materials: water, barley malt, hops and the addition of yeast. The technological process of beer production consists of two phases: malt production and beer production. According to the type of yeast, the most common differentiation of beer is between the bottom-fermenting yeast (lager) and the top-fermented (ale). Lager beers are lighter in colour, light, lower in phenological composition as opposed to ale beer, which is recognised by darker colour, bitterness, turbidity and richer chemical structure. The paper will analyse the samples of lager and ale and the physical-sensory parameters such as: color, bitterness, turbidity, foam stability and chemical parameters: pH value, content of real extract, content of apparent extract, content of original extract, polyphenol content and percentage of alcohol. Apart from morphological, physiological and technological differences between yeasts, the lower and upper levels of fermentation, factors such as starting materials, different production technologies, as well as different concentrates that are added, essentially define the final characterization of lager and ale beers. The aim of the research is to determine the physical-sensory and chemical characteristics of lager and ale beers and thus to define their quality. The quality of the beer depends on: the variety of barley, sweetening conditions, temperature and pH during comminution, the variety of hops added during the hops sweetness, yeast and fermentation conditions. In an experimental study that was done in collaboration with the quality control laboratory in *Pivara "Trebjesa"*, the results obtained showed which beers show higher quality, as well as how the different overall production technology of lager and ale beers significantly changes the physical-sensory and chemical characteristics of beer samples.

Key words: beers, ale, lager, quality, yeast



Biotehnički fakultet

IVANA RONDOVIĆ rođena je 9. 3. 1997. u Podgorici. Trenutno je student prve godine doktorskih studija, studijskog programa Biotehnika na Biotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore. Zaposlena na poziciji *Brewing Line Lead-a* u Pivari „Trebjesa“. Magistrirala na

temi *Fizičko-hemijske i senzorne karakteristike lager i ejl piva*. Bila je dio bilateralne saradnje sa Austrijom, gdje je imala priliku da kao dobitnik CEEPUS stipendije realizuje eksperimentalni dio istraživanja na BOKU u Beču.