

Proizvodnja piva Lag.Anica

Matić, Anica

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:167:259935>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

PROIZVODNJA PIVA Lag.Anica

ZAVRŠNI RAD

ANICA MATIĆ

Matični broj: 3897

Split, rujan 2023.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ
PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

PROIZVODNJA PIVA Lag.Anica

ZAVRŠNI RAD

ANICA MATIĆ
Matični broj: 3897

Split, rujan 2023.

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
UNDERGRADUATE STUDY
FOOD TECHNOLOGY

PRODUCTION OF Lag.Anica BEER

BACHELOR THESIS

ANICA MATIĆ

Parent number: 3897

Split, September 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu
Kemijsko-tehnološki fakultet
Prijeđiplomski studij

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Mentor: izv. prof. dr. sc. Ivana Generalić Mekinić

PROIZVODNJA PIVA Lag.Anica

Anica Matić

Sažetak:

Cilj ovog rada bio je upoznati se sa sirovinama koje se koriste u proizvodnji piva, tehnologijom njegove proizvodnje te radom „Grainfather“ sustava te pomoću njega proizvesti *craft* pivo koje smo nazvali *Lag.anica*. Pivo je jedno od najstarijih alkoholnih pića porijeklom iz Mezopotamije, a prema arheološkim zapisima taj prvi oblik piva nije bio ni nalik na pivo kakvo danas poznajemo. Usporedno s napretkom znanosti i tehnologije, značajno je napredovala i proizvodnja piva, posebice *craft* piva koje je danas sve popularnije i čija proizvodnja uzima sve više maha. *Craft* pivo je svako pivo nastalo u *craft* pivovari ili domaćinstvu, odnosno onaj proizvod dobiven od strane pojedinačne osobe ili nezavisne tvrtke koja svoj proizvod stavlja na tržište samo u svrhu svoga poslovanja te koja ne prodaje više od 6 milijuna barela godišnje. Proizvodnja piva se odvija u nekoliko koraka od kojih su najvažniji ukomljavanje, kuhanje sladovine, cijedenje, ohmeljavanje, hlađenje, bistenje, alkoholno vrenje, flaširanje, te karbonizacija. U ovom radu osmišljeno je i proizvedeno *craft* pivo *Lag.anica*.

Ključne riječi: *craft*, Grainfather sustav, pivo, APA.

Rad sadrži: 28 stranica, 22 slike, 20 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav povjerenstva za obranu:

- | | |
|---|-------------|
| 1. Prof. dr. sc. Ivica Blažević | predsjednik |
| 2. Doc. dr. sc. Maša Buljac | član |
| 3. Izv. prof. dr. sc. Ivana Generalić Mekinić | mentor |

Datum obrane: 26. rujna 2023. g.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (PDF) obliku pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu, Ruđera Boškovića 35, u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice u Splitu te u javnoj internetskoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice.

**BASIC DOCUMENTATION CARD
BACHELOR THESIS**

University of Split
Faculty of Chemistry and Technology
Undergraduate studies

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Supervisor: Assoc. Prof. Ivana Generalić Mekinić, Ph. D.

PRODUCTION AND ANALYSIS OF CRAFT BEER

Anica Matić

Abstract:

The aim of this work was to learn about the raw materials for the beer production, its technology and how the "Grainfather" system works, and to make a craft beer from it, which we called *Lag.anica*. Beer is one of the oldest alcoholic beverages originating from Mesopotamia, and according to archaeological records, the first form of beer was not even similar to the beer we know today. In parallel with the advances in science and technology, beer production has also evolved significantly, especially craft beer, which is now increasingly popular and the production of which is becoming more and more important. Craft beer is any beer produced in a craft brewery or in a household, that is, that product obtained by an individual person or an independent company that puts its product on the market for the sole purpose of its business and sells no more than 6 million barrels per year. Beer is produced in several steps, the most important of which are malting, wort boiling, pressing, hopping, cooling, clarification, alcoholic fermentation, bottling, and carbonation. *Lag.anica* craft beer was designed and produced in this work.

Keywords: *craft*, "Grainfather", beer, APA

Thesis contains: 28 pages, 22 figures, 20 references

Original in: Croatian

Defence committee for evaluation and defense of bachelor thesis:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Prof. dr. sc. Ivica Blažević | chair person |
| 2. Doc. dr. sc. Maša Buljac | member |
| 3. Izv. prof. dr. sc. Ivana Generalić Mekinić | supervisor |

Defence date: 26. rujna 2023. g.

Printed and electronic (PDF) form of thesis is deposited in Library of Faculty of Chemistry and Technology in Split, Ruđera Boškovića 35, in the public library database of the University of Split Library and in the digital academic archives and repositories of the National and University Library.

Završni rad je izrađen u Zavodu za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju Kemijsko-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Splitu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ivane Generalić Mekinić u vremenu od veljače do rujna 2023. godine

ZAHVALA

Hvala izv. prof. dr. sc. Ivani Generalić Mekinić na udijeljenoj temi, vremenu i savjetima, Danici na velikoj pomoći pri izradi piva i svima koji su sudjelovali u ove tri godine zanimljivosti, zabave i učenja.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

- Upoznati se sa sirovinama koje se koriste u proizvodnji piva
- Upoznati se s *Grainfather* sustavom
- Istražiti aplikaciju za kreiranje recepta
- Osmisliti recept za proizvodnju piva
- Proizvesti pivo
- Provesti senzorsku ocjenu

SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je upoznati se sa sirovinama koje se koriste u proizvodnji piva, tehnologijom njegove proizvodnje te radom „Grainfather“ sustava te pomoću njega proizvesti *craft* pivo koje smo nazvali *Lag.anica*. Pivo je jedno od najstarijih alkoholnih pića porijeklom iz Mezopotamije, a prema arheološkim zapisima taj prvi oblik piva nije bio ni nalik na pivo kakvo danas poznajemo. Usporedno s napretkom znanosti i tehnologije, značajno je napredovala i proizvodnja piva, posebice *craft* piva koje je danas sve popularnije i čija proizvodnja uzima sve više maha. *Craft* pivo je svako pivo nastalo u *craft* pivovari ili domaćinstvu, odnosno onaj proizvod dobiven od strane pojedinačne osobe ili nezavisne tvrtke koja svoj proizvod stavlja na tržište samo u svrhu svoga poslovanja te koja ne prodaje više od 6 milijuna barela godišnje. Proizvodnja piva se odvija u nekoliko koraka od kojih su najvažniji ukomljavanje, kuhanje sladovine, cijedenje, ohmeljavanje, hlađenje, bistrenje, alkoholno vrenje, flaširanje, te karbonizacija. U ovom radu osmišljeno je i proizvedeno *craft* pivo *Lag.anica*.

Ključne riječi: *craft*, „Grainfather“, pivo, APA

ABSTRACT

The aim of this work was to learn about the raw materials for the beer production, its technology and how the "Grainfather" system works, and to make a craft beer from it, which we called *Lag.anica*. Beer is one of the oldest alcoholic beverages originating from Mesopotamia, and according to archaeological records, the first form of beer was not even similar to the beer we know today. In parallel with the advances in science and technology, beer production has also evolved significantly, especially craft beer, which is now increasingly popular and the production of which is becoming more and more important. Craft beer is any beer produced in a craft brewery or in a household, that is, that product obtained by an individual person or an independent company that puts its product on the market for the sole purpose of its business and sells no more than 6 million barrels per year. Beer is produced in several steps, the most important of which are malting, wort boiling, pressing, hopping, cooling, clarification, alcoholic fermentation, bottling, and carbonation. *Lag.anica* craft beer was designed and produced in this work.

Keywords: craft, "Grainfather", beer, APA

SADRŽAJ

UVOD	1
1. OPĆI DIO	2
1.1. Sirovine u proizvodnji piva	3
1.1.1. Voda.....	3
1.1.2. Pivski slad	4
1.1.3. Hmelj	4
1.1.4. Pivski kvasac	5
1.2. Tipovi i vrste piva.....	5
1.2.1. Podjela piva prema vrsti kvasca	6
1.2.3. Podjela piva prema vrsti slada.....	7
1.2.4. Podjela piva prema udjelu ekstrakta u sladovini	7
1.2. Tehnologija proizvodnje piva	9
1.3.1. Priprema sladovine	9
1.3.2. Ukomljavanje	9
1.3.3. Ohmeljavanje sladovine.....	9
1.3.4. Hlađenje sladovine	10
1.3.5. Fermentacija ili glavno vrenje.....	10
2. EKSPERIMENTALNI DIO	12
2.1. Grainfather sustav	12
2.2. Proizvodnja piva „Lag.anica“	15
2.2.1. Mljevenje slada	16
2.2.2. Ukomljavanje	17
2.2.3. Ohmeljavanje sladovine.....	18
2.2.4. Hlađenje i prebacivanje ohmeljene sladovine u fermentor.....	19
2.2.5. Fermentacija.....	20
2.2.6. Punjenje u boce i karbonizacija.....	22
3. ZAKLJUČAK	26
4. LITERATURA	27

UVOD

Pivo je jedno od najstarijih alkoholnih pića porijeklom iz Mezopotamije. Prvi oblik piva, po arheološkim zapisima, nije bio ni nalik na pivo kakvo danas poznajemo. Nastalo je slučajno miješanjem ječma i vode, bez dodatka hmelja, što je bio glavni razlog njegovog kiselog okusa.

Pivo spada u skupinu slabih alkoholnih pića. Dobiva se alkoholnim vrenjem ječmenog, pšeničnog ili nekog drugog slada, a koje jednim imenom možemo nazvati „pivski slad“, uz dodatak hmelja, pivskog kvasca i najvažnije sirovine - vode, koja čini do 95% piva. Usporedno s napretkom znanosti i tehnologije, značajno je napredovala i proizvodnja piva, posebice *craft* piva koja su sve popularnija.

Craft piva su piva proizvedena u *craft* pivovari ili domaćinstvu, od strane pojedinačne osobe ili nezavisne tvrtke koja svoj proizvod stavlja na tržište samo u svrhu svoga poslovanja te koja ne prodaje više od 6 milijuna barela godišnje [barel=158,98 litara]. Posljednjih godina proizvodnja *craft* piva eksponencijalno se širi po svim krajevima svijeta, a potrošači uvijek teže drugačijim i novim recepturama koje će ih osvojiti i upotpuniti organoleptičku sliku samog proizvoda.

Proizvodnja piva se odvija u dvije faze – pripremanje sladovine i alkoholno vrenje. Pripremanje sladovine čini niz koraka, počevši od ukomljavanja, preko kuhanja komine, cijedenja, ohmeljavanja, hlađenja te naposljetku bistrenja sladovine. Nakon toga slijedi najvažniji korak proizvodnje, o kojem ovise kvaliteta i vrsta dobivenog proizvoda, a to je alkoholno vrenje. Dodatkom pivskog kvasca u sladovinu započinje glavni proces vrenja, odnosno razgradnja većeg dijela šećera do etil-alkohola i ugljikova dioksida. Nakon glavnog procesa slijedi naknadno vrenje gdje se odvija fermentacija ostatka šećera.

Promjenom vrste zrna, vremena i temperature obrade i fermentacije, vrste kvasca te koraka kondicioniranja i završne obrade mogu se postići velike razlike u konačnom sadržaju alkohola i senzorskim karakteristikama proizvoda. No, kako bi bio prepoznat, svaki recept treba biti autentičan, profinjen i samosvojan, jer potrošačima i sladokuscima najvažniji dojam ipak ostavljaju okus i aroma.

1. OPĆI DIO

Kuhanje piva započelo je veoma rano i sasvim slučajno, a danas možemo reći da se pivo proizvodi već tisućama godina. Kako bi mogli dobiti pivo, potrebna je voda, kvasac i ječam. Sirovina koja je tek naknadno dobila na važnosti, a trenutno je jedan od neizostavnih sastojaka koji upotpunjava i poboljšava aromu piva je hmelj. Zbog specifičnog gorkog okusa i antiseptičnog djelovanja, primjena hmelja je doprinijela produljenoj trajnosti piva i omogućila brži razvoj proizvodnje. Smatra se da je početak industrijske proizvodnje piva povezan s imenom njemačkog kneza Gambrinusa koga pivari slave kao svoga zaštitnika. Ipak, otkrićem mikroorganizama, odnosno enzima kvasca uzročnika vrenja (19. stoljeće), započinje industrijski razvoj proizvodnje piva. Razvoj je također uvjetovan pronalaskom i razvojem parnog i rashladnog stroja u istom stoljeću.¹

Nakon 1960-ih, nekoliko tisuća američkih građana počelo je kuhati pivo kod kuće. Uglavnom su to radili za osobnu potrošnju, iako je nekoliko njih pokrenulo malu komercijalnu proizvodnju. Godine 1976. Jack McAuliffe osnovao je pivovaru *New Albion* u Kaliforniji. Budući da je McAuliffe služio u američkoj mornarici, putovao je po cijelom svijetu, kušajući razne vrste piva. Dok je bio u Škotskoj, zaljubio se u škotska piva, što ga je nadahnulo da nakon napuštanja službe pokrene svoju pivovaru. Međutim, tvrtka nije napravila veliki uspjeh i postojala je samo šest godina. Bez obzira na to, mnogo ljudi bilo je inspirirano kvalitetom piva koje je *New Albion* proizvodio i onim što je Jack McAuliffe postigao, što je dovelo do pokretanja desetaka mikropivovara. Godine 1977. Michael Jackson, pisac koji je volio pisati o pivu, prosvijetlio je ljude i proširio priču o *craft* pivu. Jedno od njegovih najboljih djela je knjiga "The World Guide to Beers", u kojoj se nalazi široka lepeza različitih vrsta piva.²

Europa s pravom može tvrditi da je kolijevka modernog pivarstva, a europski pivari na čelu su globalne stručnosti zbog velikih pivarskih škola sa sjedištem u Europi.³

1.1. Sirovine u proizvodnji piva

1.1.1. Voda

Voda je najvažnija sirovina za proizvodnju piva te kao takva ima značajan učinak na kemijske i senzorske karakteristike piva. Stoga, za korištenje u pivarstvu, voda mora ispunjavati određene parametre, a to su mikrobiološki standardi (odsutnost patogenih bakterija), razine organskih i anorganskih materijala prisutnih u otopini, „estetski“ parametri (boja, zamućenost, miris i okus).⁴

Od svega navedenog možda najznačajniju ulogu igra tvrdoća (naravno uz uvjet da je voda mikrobiološki ispravna i sigurna za konzumaciju). Povijesno gledano, različite regije postale su poznate po određenim vrstama piva, upravo zbog vode koja se koristi tijekom procesa proizvodnje. Jedna od njih je Pilsner voda, koja je poznata kao vrlo meka voda s malim udjelom anorganskih spojeva. Pogodna je za svijetla i delikatna *lager* piva. Engleska piva koriste iznimno tvrdu vodu, bogatu kalcijevim sulfatom, koja je odlična za proizvodnju „Pale Ale“ piva, dok je, s druge strane, München poznat po svojim tamnim *lager* pivima.⁵

S obzirom da *craft* pivovare uglavnom ne obrađuju vodu koju koriste u proizvodnji, uglavnom zbog nedostatka tehnologije, dodaje se natrijev klorid kako bi se povećala punoća okusa i dobila određena slatkoća. Ponekad se umjesto soli dodaje kalijev klorid, u niskim koncentracijama, kako bi se postigao manje kiselkast okus.⁶

1.1.2 Pivski slad

Slad je žitarica, obično ječmena, i kao takva predstavlja drugu količinski najzastupljeniju sirovinu za proizvodnju piva, nakon vode. Osim ječmenog slada, u proizvodnji piva se koriste i pšenični, kukuruzni, prosni, raženi slad i niz drugih.

Enzimi slada, uglavnom amilaze, ali i proteaze, razgrađuju škrob i proteine, što dovodi do stvaranja smjese šećera i peptida ili aminokiselina. Zbog toga ječam u ograničenom vremenskom razdoblju klija, nakon čega se obvezno podvrgne sušenju. Tako proklijali ječam nazivamo „ječmeni slad“. Tijekom klijanja, u zrnju slada stvaraju se enzimi potrebni za hidrolizu fermentabilnih šećera. Svrha klijanja je da se u zrnju nakupe hidrolitički enzimi (amilolitički, proteolitički, citolitički i drugi) koji mogu prevesti škrob i druge sastojke zrna u vodotopljivi oblik, te koji potiču razaranje stanične strukture zrna kako bi stanični sastojci postali pristupačniji enzimima.⁷

Pretvorba škroba u šećer se zaustavlja zagrijavanjem, a ovisno o uvjetima (vrijeme, temperatura) dobivaju se svijetli, jantarni ili čak tamni slad obzirom da je boja piva posljedica stupnja karamelizacije šećera.

1.1.3. Hmelj

Hmelj je ne tako davno dobio na važnosti u proizvodnji piva, no, otkako je otkriven, postao je neizostavan dio svakog recepta. Postoje tri vrste hmelja; hmelj koji daje gorčinu, hmelj koji daje aromu, te hmelj koji ujedno daje i gorčinu i aromu.

Utjecaj hmelja na pivo ovisi i o trajanju ohmeljavanja, odnosno o dodanoj količini i vremenu dodavanja. Tako će se, na primjer, hmelj za gorčinu dodati tijekom kuhanja, dok će se hmelj za poboljšanje arome dodati tijekom procesa ili na kraju fermentacije. Najvažniji kemijski spojevi hmelja su α -kiseline (humuloni) koji se prilikom kuhanja pretvaraju u izo- α -kiseline topljive u sladovini čime pridonose gorčini piva. Šišarice, ekstrakt, pelete i prah su oblici hmelja koji se najčešće koriste.⁸ Hmelj također sadrži β -kiseline (lupulone) koje tijekom kuhanja ostaju nepromijenjenog oblika. One za razliku od α -kiselina značajnije utječu na aromu, dok im je utjecaj na gorčinu zanemariv.⁹

1.1.4. Pivski kvasac

Kvasac je jednostanični organizam koji sadrži kompleks enzima pomoću kojih fermentira šećere, pri čemu nastaju etanol i CO₂. U procesu proizvodnje piva najčešće su korišteni sojevi *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces carlsbergensis* i *Saccharomyces pastorianus*.¹⁰ Uz etanol i glicerol, koji su glavni produkti fermentacije, na kvalitetu piva utječu i organske kiseline, osobito octena, mliječna i jantarna kiselina, koje nastaju uglavnom kao produkt metabolizma kvasaca.¹¹

1.2. Tipovi i vrste piva



Slika 1. Različite vrste piva¹²

1.2.1. Podjela piva prema vrsti kvasca

Kontinentalni tip piva - lager ili "pivo donjeg vrenja" započinje vrenjem pivskog slada pri 6°C do 8 °C pomoću čiste kulture kvasca *Saccharomyces uvarum*, a završava na 9°C do 18 °C te se zbog toga naziva hladnim vrenjem. Nakon odvajanja kvasca koji se istaložio na dnu, mlado pivo, nadalje, odležava u tankovima pri 0 do 1°C više tjedana.

Lager pivo također ima svoje podvrste, pa tako razlikujemo *lager* piva prema tvrdoći vode, razgrađenosti i boji slada za pripremu sladovine. Naziv *lager* najviše se koristi u Češkoj, Austriji i Švicarskoj. U Njemačkoj pri naručivanju *lager* piva kažu „*Helles*“, dok Nizozemci to zovu „*Bière ordinaire*“ (svagdašnje pivo).¹²

Izvorno minhensko *lager* pivo bilo je tamnosmeđe, pa Nijemci tamno *lager* pivo naručuju kao Dunkel ili Dunkles.

Plzensko *lager* pivo (Pils) proizvodi se od vrlo mekane vode i svijetlog slada, dok se za proizvodnju dortmundskog piva koristi vrlo tvrda voda i tamni slad.

Engleski tip piva – „Ale“ pivo ili „pivo gornjeg vrenja“ je pivo napravljeno od kvasca (*Saccharomyces cerevisiae*) koji se izdiže na vrh i pluta na vrhu posude, što rezultira mutnijim pivom. Obično imaju viši udio alkohola od *lagera*. Fermentacija i hlađenje odvijaju se na višim temperaturama nego je to slučaj kod *lager* piva. Ima siromašnu pjenu, povećani udio alkohola, a po sadržaju neprevrelog ekstrakta sličnije je vinu nego pivu. Na tržištu se pojavljuju različite vrste ovog piva kao što su: „*light*“, „*pale ale*“, „*brown ale*“, „*stout*“, „*strong ale*“, „*mild ale*“, itd., a razlikuju se po boji, koncentraciji alkohola i gorčini. Također, „Ale“ piva konzumiraju se topla na 20 °C.¹³

Poznat je još jedan, manje zastupljen tip piva, koji se od navedenih razlikuje po osnovnoj sirovini za proizvodnju sladovine, a to je **afričko pivo** u čijoj se proizvodnji koristi proso i kvasac *Schizosaccharomyces pombe*.¹

1.2.2. Podjela piva prema boji

Po boji, piva mogu biti: svijetla (do 15 EBC¹), tamna (od 16 do 40 EBC) i crna (iznad 40 EBC). Za tamna, odnosno crna piva koriste se tamni tipovi ječmenog slada (melanoidni, karamelni ili slad za bojenje). Tamna boja potječe od reakcija karamelizacije šećera i Maillardovih reakcija kod kojih kao produkti nastaju melanoidni spojevi.¹³ Furani i pirololi koji su proizvodi Maillardovih reakcija također utječu na značajke piva.¹⁴

1.2.3. Podjela piva prema vrsti slada

Prema vrsti slada, razlikujemo ječmeno, pšenično, proseno i raženo.

Najzastupljeniji je ječmeni slad koji služi za proizvodnju *lager* i *ale* piva, a dobivaju se na način da se najmanje 50% ječmenog slada zamijeni pšeničnim sladom.

Glavne vrste pšeničnog piva su pšenično pivo s kvascem i bistro pšenično pivo. Budući da su pšenica i ječam veoma slične sirovine, tehnologija slađenja ječma koristi se i u proizvodnji pšeničnog piva, koja započinje apsorpcijom vode u zrno nakon čega slijedi klijanje, a potom sušenje.¹⁵

Za proizvodnju afričkog piva koristi se proseni slad, a u Europi još postoji i pivo od raženog slada, koji zbog svog specifičnog okusa nije previše popularno među pivokuscima.¹

1.2.4. Podjela piva prema udjelu ekstrakta u sladovini

Obzirom na koncentraciju ekstrakta u sladovini prije početka vrenja, piva se dijele na slaba (6-8%), standardna (9-12%), specijalna (13-16%), dvostruko sladna piva (18-22%) i ječmena vina (26%).¹²

¹ EBC – engl. European Brewery Convention; koristi se kao mjera za intenzitet boje

1.2.5. Podjela piva prema udjelu alkohola

Ova podjela obuhvaća bezalkoholna piva (do 0,5% alkohola), lagana (do 3,5%), standardna *lager* i *ale* piva (preko 3,5%), jaka piva (više od 5,5%) i ječmena vina (više od 8%).¹²

1.2. Tehnologija proizvodnje piva

1.3.1. Priprema sladovine

Priprema sladovine obuhvaća dva tehnološka procesa, a to su mljevenje slada i ukomljavanje.

Mljevenje slada izuzetno je važan proces jer drobljenjem zrna dolazimo do endosperma koji sadrži škrob i bjelančevine. Na taj način pretvaramo zrno u topljivi oblik kako bi ga mogli hidrolizirati. Od iznimne je važnosti i veličina čestica smrvljenog zrna. Prilikom mljevenja potrebna je preciznost kako ne bi dobili kašasti prah koji bi uzrokovao nedovoljno dobar protok vode i time „zaglavljenje“. S druge strane, treba se voditi računa o osiguravanju dovoljne količine škroba za enzimsku razgradnju, što nije slučaj ukoliko zrno ostane nedovoljno zdrobljeno.⁷

1.3.2. Ukomljavanje

Nadalje, **ukomljavanje** je jedinični proces kojim se netopljivi sastojci slada i neslađenih žitarica prevode u topljivi oblik s pomoću enzimske hidrolize (škrob prelazi u fermentabilne šećere i dekstrine djelovanjem α -amilaze, a proteini u aminokiseline) nakon što se mljeveni slad pomiješa s vrućom vodom. Djelovanjem β -amilaze dekstrin se razgrađuje do maltoze, ali zbog neparnog broja glukoznih jedinica u dekstrinskim lancima nastaju glukoza i maltotrioza.¹⁶

1.3.3. Ohmeljavanje sladovine

Treći korak tehnološkog postupka proizvodnje piva je kuhanje sladovine s hmeljom, tzv. ohmeljavanje. Tijekom kuhanja oslobađaju se α -kislinae koje su odgovorne za gorčinu. Također, inaktiviraju se enzimi što za rezultat daje proteinsko-taninske spojeve koji pospješuju obojenost i taloženje.¹⁷ Ukoliko želimo postići veću gorčinu piva, na početku kuhanja dodajemo hmelj bogat α -kiselinama, a hmelj za aromu i okus dodajemo pred kraj kuhanja ili tijekom fermentacije, budući da se aroma iskuhavanjem gubi.

1.3.4. Hlađenje sladovine

Ohmeljena sladovina priključuje se na hladilo koje brzo snižava temperaturu do temperature pogodne za rast kvasaca. Hlađenje se najčešće provodi kroz različite izmjenjivače topline. U novije vrijeme koriste se zatvoreni sustavi hlađenja koji su i pogodniji obzirom da smanjuju mogućnost oksidacije i mikrobiološke kontaminacije. Svrha hlađenja je također pospješivanje taloženja i bistrenja piva.

1.3.5. Fermentacija ili glavno vrenje

Fermentacija ili glavno vrenje najvažniji je korak u procesu proizvodnje bilo kojeg alkoholnog pića, pa tako i piva. Odvija se u fermentoru, gdje se ohlađenoj sladovini doda kvasac koji uzrokuje pretvorbu šećera u alkohol i ugljični dioksid prema sljedećoj jednadžbi:



Saccharomyces cerevisiae je najčešće korišten kvasac u proizvodnji, a specifičan je po tome što brzo previre fruktozu i glukozu, a sporije manozu i galaktozu. Što se tiče disaharida, najbrže fermentiraju saharoza i maltoza.

Budući da je vrenje egzoterman proces, nastala toplina se uklanja hlađenjem s vodom koja prolazi kroz polucije unutar fermentora ili se slijeva preko vanjske stijenke fermentora.¹⁸

Fermentacija traje 3-12 dana, odnosno toliko dugo dok se ne postigne željeni stupanj previranja ekstrakta. Proces se prekida prije negoli se svi fermentabilni šećeri prevedu u etanol i CO₂. Zbog toga se mlado pivo naglo ohladi na 4°C - 5°C, kako bi došlo do taloženja glavnine kvasca i kako bi se usporio njihov rad, a taj proces naziva se „*cold crush*“.¹⁹

1.3.6. Naknadna fermentacija

Naknadna fermentacija odvija se u boci i to je faza mikrobnog procesa u kojoj dolazi do potpunog previranja preostalih fermentabilnih šećera, zasićivanja piva s ugljičnim dioksidom, formiranja arome i okusa te bistrenja piva.¹ Nastali CO₂ uzrokuje karbonizaciju piva, a ukoliko se želi pospješiti ukupna karbonizacija u smjesu se dodaje konzumni šećer, ili u boljem slučaju - dekstroza.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. Grainfather sustav

Grainfather G30 je sustav za pripremu piva s kapacitetom od 30 L, dizajniran za pripremu do 23 L visokokvalitetnog piva jednim postupkom kuhanja. S integracijom aplikacije, inovativnim značajkama i intuitivnim dizajnom, savršen je i za početnike i za iskusne pivare. Uređaj teži 10 kg, a dimenzije su 733 × 386 mm.

Uređaj se sastoji od tijela kotla, podnožja, poklopca, kontrolnog kućišta i pumpe za cirkulaciju. Također, sadrži unutarnju košaru koja služi za cijedenje i ispiranje pivskog slada. Uz košaru dolaze donja i gornja perforirana ploča, međusobno spojene cijevima čija je uloga da vrše pritisak na pivski slad što ukomljavanje čini učinkovitijim. Na vrh gornje cijevi se stavlja dodatak koji sprječava ulazak krutih čestica zrna prilikom ukomljavanja i korištenja pumpe za cirkulaciju sladovine. Po završetku kuhanja, na vrh uređaja se postavi rashladni uređaj (hladilo) koji se koristi za hlađenje sladovine neposredno prije pretakanja u fermentor. Proces se vodi i kontrolira korištenjem kontrolnog kućišta na vanjskom dijelu uređaja gdje se uključuje opcija grijanja, postavlja željena temperatura te uključuje pumpa za cirkulaciju sladovine.²⁰



Slika 2. Grainfather uređaj²⁰



1. Tijelo kotla, 2. Podnožje, 3. Poklopac, 4. Kontrolno kućište, 5. Pumpa za cirkulaciju, 6. Unutarnja košara, 7. Perforirane ploče, 8. Cjevčice, 9. Čep i 10. Rashladni uređaj

Slika 3. Dijelovi Grainfather G30 uređaja²⁰

Grainfather sustav sadrži još konusni fermentor Grainfather GF30 s digitalnim regulatorom temperature koji ima mogućnost praćenja, kontrole i postavljanja temperature prilikom fermentacije putem mobilnog uređaja. Dimenzije GF30 su 910 × 360 mm, težina 10 kg te zapremina 30 L, no maksimalni volumen sladovine je 28 L. Na vrh fermentora postavlja se poklopac s otvorom za vrenjaču, dok se na dnu nalazi slavina s dvostrukim ventilom koja omogućuje jednostavno ispuštanje taloga, uzorkovanje te pretakanje.²⁰



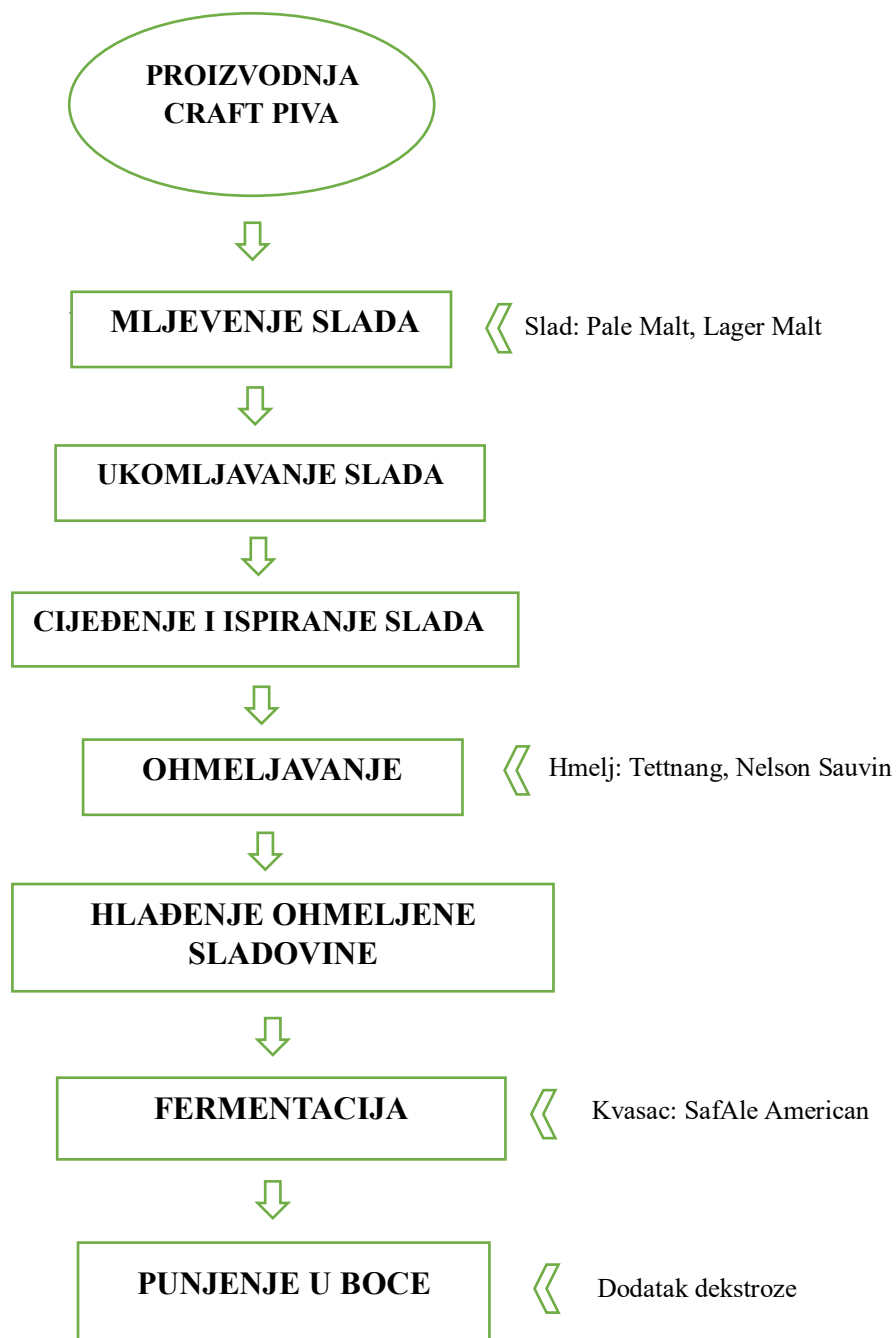
Slika 4. Glikolni rashladni uređaj GC4 (lijevo) i fermentor Grainfather GF30 (desno)²⁰

Budući da je kontrola temperature tijekom fermentacije ključna, fermentor (*slika 4*) je spojen na glikolni rashladni uređaj GC4 (*slika 4*). Učinkovitost hlađenja je poboljšana dodatkom izolacijskog plašta na GF30, no uz to smanjena je kondenzacija pri fermentaciji na niskim temperaturama. Rashladni uređaj može napajati četiri fermentora istovremeno.²⁰

2.2 Proizvodnja piva „Lag.anica“

Recept za pivo „Lag.anica“ nastao je u mobilnoj aplikaciji „Granifather community“ koja je izuzetno lagana za korištenje. Ideja je bila proizvesti *craft* pivo koje svojim svojstvima ne odstupa mnogo od lager piva, pa smo tako namještali gorčinu, boju, gustoću i udio alkohola. Pivo je kreirano po parametrima za „American Pale Ale“.

U nastavku se nalazi tehnološka shema proizvodnje.



2.2.1. Mljevenje slada

Početak proizvodnje obilježava upravo postupak mljevenja slada, a vrste slada koje su korištene su „*Pale Malt*“ (3 kg) i „*Lager Malt*“ (2,5 kg). Mljevenje je odrađeno pomoću „*Grain Gorilla*“ mlina koji je bio podešen na širinu valjka od 1,52mm.



Slika 5. „Grain gorilla“ mlin



Slika 6. Ječmeni slad *Finest Lager*



Slika 7. Ječmeni slad *Pale Malt*

2.2.2. Ukomljavanje, cijedenje i ispiranje slada

Ukomljavanje se vrši na način da se u *Grainfather G30* ulije 18,35 L zagrijane vodovodne vode. U uređaj se prethodno postavi košara s donjom perforiranom pločom. Prije početka potrebno je konfigurirati temperaturu ukomljavanja, koja je u našem slučaju iznosila 65°C (*slika 8*). Sladovina se kuhala sat vremena pri navedenoj temperaturi, dok je 10 minuta prije kraja temperatura povišena na 75 °C. Nakon završetka kuhanja, isključi se pumpa, košara se podigne kako bi se sladovina ocijedila, te se isprala s 14,05 L zagrijane vode.



Slika 8. Zagrijavanje vode



Slika 9. Ukomljavanje



Slika 10. Cijedenje sladovine

2.2.3. Ohmeljavanje sladovine

Nakon uklanjanja ocijeđenog slada, sladovinu je potrebno zagrijati do 100 °C. Sladovina se kuha tijekom 20 minuta, nakon čega se dodaje hmelj „*Tettnang*“ (20 g) i „*Nelson Sauvin*“ (15 g), te se nastavlja kuhanje još 40 minuta. Prilikom dodavanja hmelja, sladovinu je potrebno miješati kako bi se smanjilo stvaranje pjene. Nakon 60 minuta, slijedi hlađenje i prebacivanje ohlađene sladovine u fermentor.



Slika 12. Hmelj "Nelson Sauvin" i "Tettnang" hmelj



Slika 13. Vaganje hmelja

2.2.4. Hlađenje i prebacivanje ohmeljene sladovine u fermentor

Proces hlađenja obavezan je korak prije fermentacije budući da rast kvasaca ovisi o temperaturi, a stoga i sama fermentacija. Prilikom hlađenja, Grainfather G30 spojen je na spiralno hladilo kojim se ohmeljena i ohlađena sladovina ujedno i prebacuje u fermentor.



Slika 14. Fermentor spojen na spiralno hladilo

2.2.5. Fermentacija

Nakon prebacivanja ohlađene sladovine u fermentor, kada se temperatura spusti do 18 °C, potrebno je dodati kvasce. Sladovini se odredila gustoća pomoću hidrometra, koja je iznosila 1,31 kg/m³ što je pokazatelj malog odstupanja od vrijednosti predviđene receptom, međutim nije činilo nikakvu veću razliku.

Četiri dana prije završetka fermentacije, dodan je hmelj „*Nelson Sauvign*“ u količini od 40 g, a 3 dana prije završetka fermentacije hmelj „*Tettnang*“ u količini od 20 g. Dodavanje hmelja tijekom fermentacije, tzv. „*Dry Hopping*“, utječe samo na aromu, a ne i na gorčinu proizvoda. Poslije završenog alkoholnog vrenja provodi se tzv. *cold crush* naglim snižavanjem temperature na 6 °C i zadržavanjem iste tijekom 24 sata.



Slika 15. Vrenjača



Slika 16. SafAle kvasac



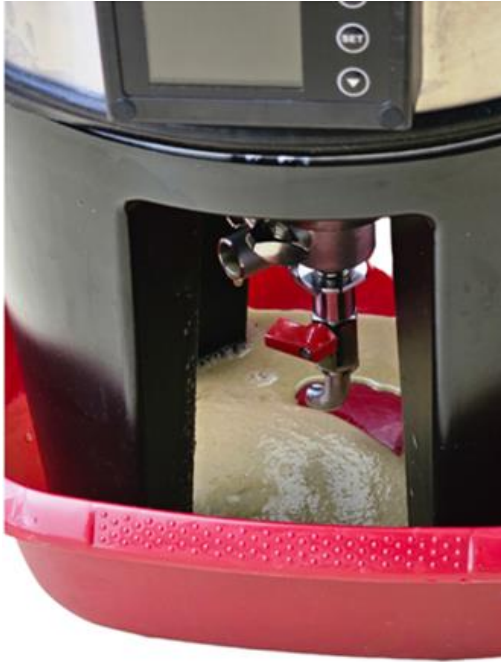
Slika 17. Izgled piva nakon završetka vrenja



Slika 18. Dekstroza

2.2.6 Punjenje u boce i karbonizacija

Prije posljednjeg koraka, odnosno punjenja i zatvaranja, u boce ili u fermentor se dodaje šećer u svrhu „karbonizacije u boci“. Za izradu „Lag.anice“ korištena je dekstroza – u dozi 4 g na 0,33 L.



Slika 19. Pivski trop

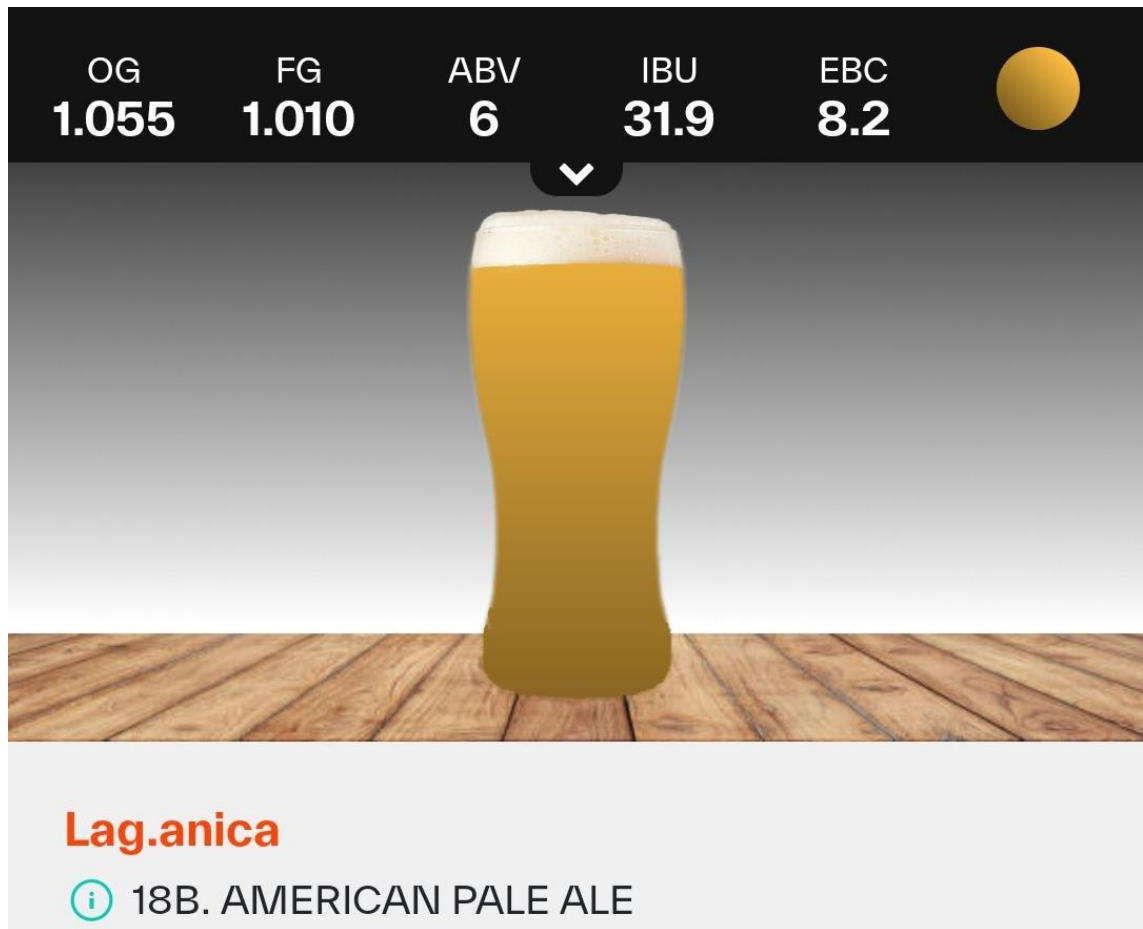


Slika 20. Dekstroza u boci



Slika 21. Finalni proizvod - pivo "Lag.anica"

2.3. Parametri piva i senzorska ocjena



Slika 22. Parametri „Lag.anica“ piva

Početa gustoća (engl. Original gravity, OG), mjeri je sadržaja suhe tvari u sladovini. OG je jedno od glavnih mjerenja koje pivari koriste za procjenu sadržaja alkohola u pivu, a za pivo Lag.anica iznosila je $1,31 \text{ kg/m}^3$.

Konačna gustoća (engl. Final gravity, FG) označava sadržaj suhe tvari, tj. sadržaj nefermentiranog šećera preostalog nakon završetka fermentacije što ima direktan utjecaj na slatkoću, odnosno okus piva. Razlika između OG i FG može se koristiti za izračunavanje količine alkohola u pivu.

Navedene parametre očitala je aplikacija:

Udio alkohola (ABV) u proizvedenom pivu bio je 6 %.

IBU (engl. *International Bitterness Units*) je međunarodna jedinica za gorčinu piva. IBU ljestvica može biti u rasponu od 0 do 120+, a pivo Lag.anica sadržavao je 31,9 što je donja granica gorčine za American Pale Ale pivo.

EBC (engl. *European Brewery Convention*) koristi se kao mjera za intenzitet boje. Što je viši EBC, pivo je tamnije. Za pivo Lag.anica EBC vrijednost je bila 8,2 što je također granična vrijednost između svijetlog i klasičnog APA piva.

3. ZAKLJUČAK

Cilj završnog rada bio je osmisliti recepturu i proizvesti *craft* pivo „Lag.anica“, koje je obzirom na naziv koji nosi trebalo biti na granici između lager i APA piva, na što ukazuju i što potvrđuju i dobiveni parametri boje i gorčine, što još jednom potvrđuje uspješnost postizanja ciljeva ovog završnog rada.

4. LITERATURA

1. *Johannides, V., Divjak, S., Duvnjak, Z., Grva, S., Korčulanin, A., Marić, V., Matošić, S*, Industrijska mikrobiologija. Zagreb: Prehrambeno-biotehnološki fakultet, 1984.
2. URL:<https://learn.kegerator.com/crash-course-history-of-craft-beer/>. (10.7.2023.)
3. URL:https://brewersofeurope.org/site/beer/index.php?doc_id=472 (10.7.2023.)
4. *Punčochářová, L. P*, Study of the influence of brewing water on selected analytes in beer. *Potravinarstvo*, 2019.
5. *Basařová, G. Š*, Teorie a praxe výroby piva. *Pivovarství*, 2010.
6. *Briggs, D., Boulton, C., Brookes, P., & Stevens, R*, *Brewing: Science and Practice*, 2004.
7. *Gaćeša, S*, Tehnologija slada sa sirovinama za tehnologiju piva, Beograd. *Poslovna zajednica industrije piva i slada Jugoslavije*, 1979.
8. *Verzele, M*, 100 Years of Hop Chemistry and Its Relevance to Brewing. *Journal of the Institute of brewing*, 1986.
9. *Goldammer T*, *The Brewer's Handbook*, Centerville, *Apex Publishers*, 2008.
10. *Stegnjaić U*, Usporedba pokazatelja kvalitete piva gornjeg i donjeg vrenja, diplomski rad, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2017.
11. *Cardoso Viana A, Colombo Pimentel T, Borges do Vale R, Santos Clementino L, Thayná Januario Ferreira E, Magnani M, Dos Santos Lima M*, American pale Ale craft beer: Influence of brewer's yeast strains on the chemical composition and antioxidant capacity, *LWT*, 2021; 152, 112317.
12. URL: <https://pivnica.net/tipovi-i-vrste-piva/107/> (10.7.2023.)

13. *Marić V*, Pivo tekuća hrana, Zagreb. Prehrambeno-tehnološki inženjering, 1995.
14. *Petrić M*, Hlapljivi spojevi piva, diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, 2020.
15. *Kovačević N*, Proizvodnja pšeničnog piva, završni rad. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2018.
16. *Pahl R, Meyer B, Biurrun R*, Brewing Materials and Processes, Elsevier Inc., 2016; Chapter 6, 113-121.
17. *Grba S, Stehlik-Tomas V, Stanzer D, Mrvčić J, Marić V, Orlić S, Jeromel A, Zgaga Z, Svetec IK, Krpan M*, Kvasci u biotehnološkoj proizvodnji, Zagreb: Plejada, 2010. 69-122.
18. *Glover B*, Svjetska enciklopedija piva, Zagreb: Katarina Zrinska, 1999.
19. *Govedarica D*, Praćenje pokazatelja kvalitete različitih tipova piva gornjeg vrenja tijekom proizvodnje i skladištenja, diplomski rad, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2019.
20. *Bulaš N*, Tehnologija proizvodnje i analiza craft piva "Brucošica", diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, 2022.