Proizvodnja i karakterizacija piva s dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje

Šplajt, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:666568

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Ivana Šplajt

PROIZVODNJA I KARAKTERIZACIJA PIVA S DODATKOM SUHOG CVIJETA INDUSTRIJSKE KONOPLJE

DIPLOMSKI RAD

Osijek, siječanj, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za procesno inženjerstvo
Katedra za bioprocesno inženjerstvo
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Tehnologija slada i piva
Tema rada je prihvaćena na VII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2023./2024. održanoj 2. svibnja 2023.
Mentor: izv. prof. dr. sc. *Kristina Mastanjević*
Komentor: doc. dr. sc. *Krunoslav Aladić*

Proizvodnja i karakterizacija piva s dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje

Ivana Šplajt, 0113140413

Sažetak: U današnje vrijeme sve se više otkrivaju blagodati konzumacije različitog bilja pa tako i konoplje koja se zadnjih godina počela uzgajati u medicinske i industrijske svrhe. Upotreba industrijske konoplje u proizvodnji piva, popularizirala je još više piće koje se konzumira tisućama godina. Cilj ovog diplomskog rada je bio proizvesti pivo sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje. Nakon proizvedenog piva, provela se fizikalno- kemijska analiza koja je potvrdila pretpostavku kako će buduće pivo zbog dodatka suhog cvijeta industrijske konoplje imati povećan udio polifenola. Također, među ispitanicima provela se senzorska analiza kako bi se procijenila prihvatljivost proizvedenog piva među potrošačima.

Ključne riječi: Industrijska konoplja, pivo, polifenoli

Rad sadrži: 38 stranica
26 slika
3 tablice
27 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

1.	prof. dr. sc. *Stela Jokić*	predsjednik
2.	izv. prof. dr. sc. *Kristina Mastanjević*	član-mentor
3.	doc. dr. sc. *Krunoslav Aladić*	član-komentor
4.	prof. dr. sc. *Vinko Krstanović*	zamjena člana

Datum obrane: 19. siječnja 2024.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Engineering
Subdepartment of Bioprocess Engineering
Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program Food Engineering

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Food technology
Course title: Technology of malt and beer
Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VII held on May 2nd, 2023
Mentor: *Kristina Mastanjević*, PhD, assoc. prof.
Co-supervisor: *Krunoslav Aladić,* PhD, assist. prof.

Production and characterization of beer with the addition of hemp dry flower

Ivana Šplajt, 0113140413

Summary: Nowadays, the benefits of the use of various plants, including hemp, which has been cultivated for medical and industrial purposes in recent years, are being increasingly investigated. The use of Industrial hemp in brewing beer has even more popularized a beverage consumed for thousands of years. The goal of this graduate thesis was to produce beer with the addition of hemp dry flower. After the beer was made, a physical-chemical analysis was carried out which confirmed the assumption that the final beer due to the addition of dried industrial hemp flowers would have an increased polyphenol content. Also, a sensory analysis was carried out among panellists to assess the likability of the produced beer.

Key words: Industrial hemp, beer, polyphenols

Thesis contains: 38 pages
26 figures
3 tables
27 references

Original in: Croatian

Defense committee:

1. *Stela Jokić*, PhD, full prof. — chair person
2. *Kristina Mastanjević* , PhD, assoc. prof. — supervisor
3. *Krunoslav Aladić*, PhD, assist. prof. — member-co-supervisor
4. *Vinko Krstanović*, PhD, full prof. — stand-in

Defense date: January 19th, 2024

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

Zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Kristini Mastanjević i doc. dr. sc. Krunoslavu Aladiću na ukazanoj prilici i pomoći pri izradi ovog diplomskog rada. Zahvaljujem se svojim roditeljima, sestri Adriani, dečku Ivanu i mojim prijateljima bez kojih moj put studiranja ne bi bio moguć jer su mi svojom financijskom pomoći, savjetima, neumornim bodrenjem i nezaboravnim trenucima preokrenuli svaki negativni trenutak u sferu pozitivne energije. Studiranje je dio života koji sami izaberemo i koji nam pruža priliku da shvatimo kako su naši postupci nakon pogreške važniji od same pogreške te da svoju vrijednost ne ograničavamo sa individualnim ocjenjivanjem već da si proširimo vidike za rast i razvoj jer učenje nije cilj već put. Zahvaljujem se svim profesorima koji su mi predavali tijekom studiranja jer su svojim radom osim pružanja znanja, pružili mi priliku da postanem spremna za izazove koji tek slijede.

Sadržaj

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 3

2.1. PROIZVODNJA PIVA 4

2.1.1. Sirovine u proizvodnji piva 4

2.2. KONOPLJA 6

2.3. PIVO SA KONOPLJOM 7

2.3.1. Proizvodnja piva sa konopljom u Hrvatskoj 8

3. EKSPERIMENTALNI DIO 9

3.1. ZADATAK 10

3.2. MATERIJAL I METODE 10

3.2.1. Proizvodnja sladovine (ukomljavanje) 10

3.2.2. Hmeljenje 17

3.2.3. Dodavanje suhog cvijeta industrijske konoplje 18

3.2.4. Hlađenje sladovine sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje 20

3.2.5. Gaziranje i pakiranje 22

3.2.6. Fizikalno- kemijske karakteristike piva sa suhim cvijetom industrijske konoplje 23

3.3. SENZORSKA ANALIZA 27

4. REZULTATI I RASPRAVA 29

4.1. REZULTATI MJERENJA FIZIKALNO- KEMIJSKIH KARAKTERISTIKA 30

4.2. REZULTATI SENZORSKE ANALIZE PIVA SA SUHIM CVIJETOM INDUSTRIJSKE KONOPLJE 33

5. ZAKLJUČCI 35

6. LITERATURA 37

Popis oznaka, kratica i simbola

PTFOS	Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
CBD	Kanabidiol
THC	Tetrahidrokanabinol
ABV	Udio alkohola (alkohol by volume)
CMC- EDTA	Etilendiamintetraoctena kiselina
HCl	Klorovodična kiselina

1. UVOD

Pivo je prehrambeni proizvod koji su ljudi počeli pripremati da bi zadovoljili svoje potrebe za pićem, hranom, lijekovima i užicima. Dobro pivo u velikoj mjeri zadovoljava svaku od tih potreba. Danas u svijetu postoji više od tisuću vrsta piva. Najmanje stotinjak od njih ima poseban identitet, koji se razvijao tijekom duge i bogate pivarske povijesti. Pivo je dugo bilo u sjeni vina, posebno u vinorodnim područjima. Tome nema opravdanja kada se zna da se u svijetu pivo proizvodi i prije 2,5 puta više nego vino. Zato se pivu sve više prilazi s dužom pažnjom i poštovanjem, a to uključuje i poznavanje njegove povijesti (Marić, Nadvornik 1995). Piva proizvedena u davna vremena bitno su se razlikovala od današnjih. Ona su bila mutna i podložna kvarenju. Podaci iz starog Babilona pokazuju da se pivo moralo piti kroz slamku, jer su po njegovoj površini plivali dijelovi zrna žitarica od kojih je bilo proizvedeno, a pjene uglavnom nije bilo. Industrijski razvoj proizvodnje piva počinje krajem 19. stoljeća (Marić, 2009). Glavne sirovine za proizvodnju piva su voda, ječmeni slad, hmelj i kvasac. Kada je bavarski vojvoda Wilhelm IV 1516. godine proglasio Zakon o čistoći piva (*Reinheitsgebot*), kvasac kao glavni čimbenik proizvodnje kvalitetnog piva nije bio spomenut, jer njegove mikroskopske sitne stanice nisu bile vidljive. Tek kasnije izumom mikroskopa započelo je istraživanje uloge kvasca u alkoholnom vrenju (Marić, 2009). S vremenom su se u pivo dodavale arome, bilja, biljni ekstrakti i sve druge tvari koje mogu imati određene hranjive ili fiziološke učinke osim vitamina i minerala. Dozvoljeno je miješanje piva s voćnim sokovima, voćnim nektarima, osvježavajućim bezalkoholnim pićima, vinima, voćnim vinima, alkoholnim pićima te jakim alkoholnim pićima (Pravilnik o Pivu, NN 142/ 2011). Proizvodnja piva započinje proizvodnjom sladovine gdje se iz drobljenog slada tijekom procesa ukomljavanja ekstrahiraju šećeri koji su potrebni za rad kvasaca koji tijekom fermentacije koriste šećere za proizvodnju alkohola. Zatim slijedi bistrenje, dorada i punjenje piva u adekvatnu ambalažu. Danas se u svijetu sve više istražuje konoplja zbog svojih funkcionalnih svojstava. Nakon što je legalizirana uporaba dijelova konoplje koji se sadrže opojne tvari, konoplja se počela primjenjivati u razne svrhe pa tako i u proizvodnji piva.

Cilj ovog diplomskog rada bio je proizvesti pivo sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje te odrediti fizikalno- kemijske karakteristike i provesti senzorsku analizu kako bi se procijenila prihvatljivost proizvedenog piva na tržištu.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. PROIZVODNJA PIVA

Prema Pravilniku o Pivu, pivo je proizvod dobiven alkoholnim vrenjem pivske sladovine čistih kultura pivskih kvasaca Saccharomyces cerevisiae, a iznimno spontanim vrenjem ili uporabom mješovitih kultura (Narodne novine 142/ 2011). Postizanje kvalitete i stabilnosti piva i dalje je glavni izazov za pivarsku industriju. Unatoč raspoloživim tehnologijama, za dobivanje visokokvalitetnog proizvoda važno je znati i kontrolirati korak u procesu proizvodnje piva (de Lima i sur., 2022). Postupak proizvodnje piva može se podijeliti na pet koraka: proizvodnja sladovine, glavno i naknadno vrenje, bistrenje, dorada i punjenje piva (Mastanjević, 2022). Pivo je kompleksna mješavina više od 450 niskomolekulskih definiranih sastojaka, sadrži i makromolekule kao što su proteini, nukleinske kiseline, polisaharidi i lipidi (Steiner i sur., 2010). U 2021. glavni proizvođači piva u Europi su: Njemačka, Poljska, Španjolska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Nizozemska, Francuska, Češka, Rumunjska i Italija bile su odgovorne za proizvodnju 75% ukupne količine piva na kontinentu (Statistika proizvodnje piva, 2020).

2.1.1. Sirovine u proizvodnji piva

Prema Pravilniku o Pivu za proizvodnju piva dozvoljeno je koristiti sljedeće sastojke: ječmeni i/ ili pšenični slad, neslađene žitarice i proizvodi od žitarica, karamelni slad i drugi sladovi za bojenje, prženi ječam i pšenica, prženi ječmeni i pšenični slad, šećeri i ostali saharidi, šećerni i škrobni sirupi, hmelj i proizvodi od hmelja, voda, mikrobne kulture, prehrambeni aditivi, ugljikov dioksid i dušik, voćna pulpa, voćna kaša, koncentrirana voćna kaša, vodeni ekstrakt voća (Narodne novine 142/ 2011).

2.1.1.1 Voda

Pivo sadrži najviše vode. Ovisno o vrsti, udio vode u pivu iznosi 89- 93 % . Sastav vode za proizvodnju piva se strogo nadzire i pomoću suvremenih tehnoloških postupaka, sličnih onima u proizvodnji izvorskih voda, usklađuje se zakonskim i zdravstvenim normativima (Marić, 2009). U proizvodnji piva troši se velika količina vode, da bi se proizvelo jednu litru piva potrebno je oko 3,5 L vode. O kemijskom sastavu vode za ekstrakciju slada i ostalih sirovina ovisi kvaliteta i okus piva budući da sastojci vode utječu tijekom vrenja, osobito vrsta i udio pojedinih kationa i aniona su važni zbog kasnijih senzorskih svojstava proizvedenog piva. Bikarbonati uzrokuju porast pH tijekom spajanja s kationima te treba paziti na porast njihovog

udjela. Sulfati u višim koncentracijama utječu na okus piva dajući suh priokus (Mastanjević, 2022).

2.1.1.2 Slad

Ječmeni slad je osnovna sirovina za proizvodnju piva jer sadrži fermentabilne šećere. Za jednu litru standardnog piva (12 % ekstrakta u sladovini) treba između 180 i 190 g slada, ovisno o njegovoj kakvoći i ekstraktivnosti. U osnovi postoje tri glavna tipa slada: svijetli „plzenski“ (2,5-2,8 EBC jedinica), jače sušeni „bečki“ (4-5 EBC jedinica) i „bavarski“ slad (9- 12 EBC jedinica) koji je još jače sušen. Očišćeni i sortirani ječam moči se uz prozračivanje u velikim posudama za močenje- močionicama, kako bi upio dovoljno vode (40-48 %) za klijanje. Potom klija 6- 7 dana pri temperaturi od 15 do 22 °C. Tijekom klijanja u zrnu se sintetiziraju hidrolitički enzimi (npr. alfa amilaza i proteaza, koji škrob i proteine razgrađuju do jednostavnih gradbenih jedinica, tj. šećera i aminokiselina) i odvijaju oksidacijski proces za koji je potreban kisik. Nakon sedam dana, u proklijalom se zrnu nakupi dovoljno enzima i razgrade se stanične strukture koje obavijaju škrobna zrnca. Proklijala zrna imaju slatkast okus. Potom se zeleni slad podvrgava sušenju na temperaturi od 30- 35 °C, tijekom kojeg nastaje karakteristična sladna aroma i boja zbog kemijskih reakcija između šećera i aminokiselina. Za kraj osušeni slad se hladi i čuva u silosima na temperaturi pri 20 °C (Marić, Nadvornik 1995).

2.1.1.3 Hmelj

Hmelj je višegodišnja dvodomna biljka puzavica iz grupe kopriva i porodica konoplje. U pivarstvu koriste se ženski neoplođeni cvjetovi. U njima se nalaze gorke smole i eterična ulja s kojima se u pivo unose gorki i aromatični sastojci te pripadajuća im ostala svojstva (Karabin i sur., 2016). Hmelj daje pivu miris i gorak okus te ima konzervirajući učinak. Gorki sastojci hmelja inhibiraju razmnožavanje mikroorganizama u sladovini i pivu, imaju veliku površinsku aktivnost pa poboljšavaju stabilnost pjene (Almaguer i sur., 2014.). Ključno zbivanje tijekom kuhanja sladovine sa hmeljem je konverzija netopljivih alfa kiselina u topljive izoalfa kiseline (humuloni) i beta kiseline (lupuloni). Hmelj se obično dodaje 200- 500 g/ 100 kg sladovine (Mastanjević, 2023).

Prije usvajanja hmelja, za aromatiziranje piva koristile su se razne vrste začinskog bilja, poput divljeg ružmarina, vrijesa, borovnica, đumbira, kima i cimeta (Boulton, 2013).

2.1.1.4 Kvasac

Kvasac je jednostanični mikroorganizam pomoću kojeg se provodi alkoholna fermentacija. Alkoholno vrenje odnosno alkoholna fermentacija predstavlja anaerobni metabolički proces razgradnje šećera u anaerobnim uvjetima, tj. bez prisutnosti kisika, koji se odigrava u živoj stanici kvasca, daje energiju u obliku ATP-a, a pri tome se nakupljaju proizvodi vrenja, etanol i ugljični dioksid (Karlson, 1989). U proizvodnji piva koristi se čista kultura pivskog kvasca *Saccharomyces cerevisiae*, no za posebne vrste piva smiju se koristiti i mješovite mikrobne kulture. Većina pivovara uzgaja kvasce za vlastite potrebe, a jedna litra sladovine se nacjepljuje s 0,5- 1 g suhe tvari kvasca. Prema vrsti kvasca postoje dva industrijska postupka vođenja vrenja, donje i gornje vrenje. Donje ili hladno vrenje započinje pri 6- 8 °C, a završava na 12- 18 °C te se najveći dio kvasca istaloži na dnu posude. Gornje ili toplo vrenje se odvija pri temperaturi od 15- 20 °C, a završava pri 20- 25 °C kada najveći dio kvasca ispliva na površinu (Mastanjević, 2022).

Proces proizvodnje piva i upotrijebljeni sastojci utječu na stil piva i sve više se upotrebljavaju novi sastojci u proizvodnji piva (Li i sur., 2017), kao npr. konoplja.

2.2. KONOPLJA

Kanabis je klasificiran u dvije različite skupine- marihuanu i konoplju. Kako bi se pravno klasificirala kao konoplja, biljka ne smije sadržavati više od 0,2% ili 0,3% (na suhu masu) opojnih tvari tj. tetrahidrokanabinola (THC) (Small, 2015; Fike, 2016; Leonard i sur., 2020). Konoplja (*Cannabis sativa* L.) je zeljasta godišnja biljka koja pripada porodici *Cannabaceae*. Smatra se da konoplja potječe iz Euroazije. Konoplja se uzgaja za hranu, vlakna i lijekove više od 6 000 godina (Salentijn i sur., 2015; Kerckhoffs i sur., 2015; O'Brien i Arathi, 2019). Industrijska konoplja ima višu razinu kanabidiola (CBD) od indijske konoplje (Cannabis indica) i ruderalne konoplje (Cannabis ruderalis), dok indijska konoplja ima visoke razine psihoaktivne tvari tetrahidrokanabinola (THC) (Gloss, 2015). Danas raste interes za uzgajanjem konoplje zbog povećanog znanja o visokoj nutritivnoj vrijednosti i potencijalnoj funkcionalnosti. Ulje predstavlja najvažniju komponentu sjemena konoplje, posebno s industrijske točke gledišta. Budući da su sjemenke konoplje sjemenke uljarice, ulje je glavni prehrambeni proizvod od industrijskog interesa kojeg je moguće dobiti iz konoplje. Iz tog razloga, masnoća sjemena konoplje naziva se uljem. Udio proteina u konoplji se kreće od 20 do 25 %. S obzirom na

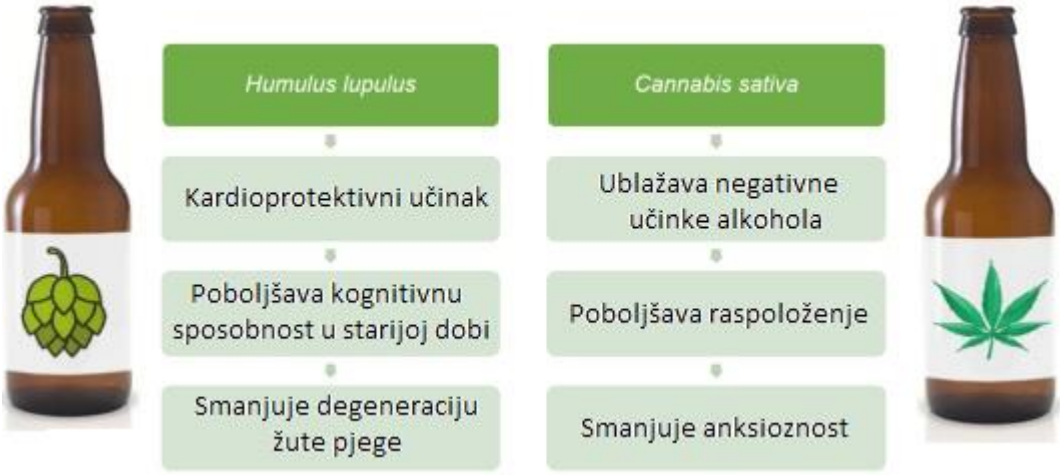
prehrambenu vrijednost bjelančevina sjemena konoplje, važno je uzeti u obzir da je prehrambena kvaliteta proteina definirana njegovim aminokiselinskim sastavom te probavljivošću i koliko je bioraspoloživ. Proteini sjemena konoplje sadržavaju sve esencijalne aminokiseline koje su potrebne ljudskom organizmu, a najzastupljenija aminokiselina je glutaminska kiselina, potom arginin. Također, konoplja sadrži ugljikohidrate, prehrambena vlakna i bogata je mineralima poput željeza, mangana, cinka, fosfora i magnezija. Funkcionalna svojstva konoplje ne temelje se samo na visokoj nutritivnoj vrijednosti već i na prisutnosti različitih bioaktivnih spojeva poput fenolnih spojeva koji imaju antioksidativno i protuupalno djelovanje. S druge strane, u konoplji se mogu naći i antinutrijenti koji smanjuju bioraspoloživost hranjivih tvari ili se njihovim metabolizmom otpuštaju toksične tvari što dovodi do poremećaja rada gastrointestinalnog trakta. Radi se o spojevima poput saponina, alkaloida, određenih oligosaharida, inhibitora proteaze, cijanogenih glikozida, tanina te glukozinolata (Farinon i sur., 2020).

Konoplji se sve više pridaje značaja te se koristi za proizvodnju prehrambenih proizvoda kao što su pekarski proizvodi, čokolade, gumeni bomboni, bezalkoholna pića, čajevi te alkoholna pića poput vina i piva (Ramirez i Viveros, 2021).

2.3. PIVO SA KONOPLJOM

Trend alkoholnih pića obogaćenih konopljom započeo je 2017. godine. Do toga je došlo jer su se ukinule zabrane i legalizirana je poraba dijelova biljke koji ne sadrže psihoaktivne komponente u zemljama poput Kanade, Kine, Francuske i SAD-a. Postupak proizvodnje piva je uobičajen, samo se doda željena količina konoplje što je još više populariziralo pivo kao osvježavajuće alkoholno piće. Pivo od konoplje sadrži dijelove biljke konoplje s ciljem aromatiziranja piva. Također, postoje piva i sa dodatkom kanabisa koji sadrži THC. Glavna razlika između piva koje ne sadrži THC i koje sadrži THC je u udjelu alkohola. Naime, pivo koje je obogaćeno kanabisom koji sadrži THC mora sadržavati manje od 0,5 % ABV-a (Ramirez i Viveros, 2021). Konoplja i hmelj pripadaju istoj porodici te stoga imaju sličan kemijski sastav. Beta kariofilen je najzastupljeniji terpenoid u konoplji, a prisutan je i u hmelju, a poznat je po svojim protuupalnim svojstvima (McPartland i Russo, 2001). Humulon je karakterističan terpen za hmelj, no može ga se pronaći i u konoplji, ali posjeduje protuupalna svojstva i ima analgetski učinak. Industrijska konoplja se može koristiti kao dodatak pivu, ali ne može

zamjeniti hmelj u proizvodnji piva od konoplje jer konoplja ne sadrži alfa kiseline koje se tijekom proizvodnje izomeriziraju u topljive kiseline što pivu daje gorčinu. Neke prednosti bioaktivnih sastojaka piva od hmelja i konoplje mogu se vidjeti na Slici 1. S obzirom na trenutačnu situaciju u pogledu legalizacije marihuane za rekreativnu i medicinsku uporabu, u nekim zemljama pivari rade na novim načinima proizvodnje piva koje će u sebi sadržavati kanabidol, što bi moglo osigurati određene korisne učinke na zdravlje potrošača stoga se promiče širenje tržišta piva obogaćenog konopljom (Ramirez i Viveros, 2021).



Slika 1 Prikaz prednosti bioaktivnih sastojaka piva od hmelja i konoplje (izvor: Ramirez i Viveros, 2021)

2.3.1. Proizvodnja piva sa konopljom u Hrvatskoj

U suradnji sa Pivovarom Daruvar u Hrvatskoj je 2018. godine nastalo prvo pivo sa industrijskom konopljom. Radi se o piću napravljenom po tradicionalnoj češkoj recepturi u koje je dodan ekstrakt cvijeta industrijske konoplje, što mu daje specifičnu aromu i zelenu boju. Pivo ima 5,8 % alkohola, puni se u boce od 0,33 L i sadrži 0,07 % industrijske konoplje (Web 1).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je proizvesti pivo sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje te provesti fizikalno- kemijsku analizu gotovog proizvoda. Pretpostavljeno je kako će pivo sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje imati veću količinu polifenola u odnosu na pivo koje se proizvodi po tradicionalnoj recepturi. Nakon što je pivo proizvedeno, provedena je senzorska analiza te je istražena prihvatljivost piva sa cvijetom konoplje među širom populacijom.

3.2. MATERIJAL I METODE

Za proizvodnju piva od suhog cvijeta industrijske konoplje koristila se voda koja je obogaćena adekvatnom količinom soli, za bogat sladni okus korišten je ječmeni slad Maris Otter, a za gorčinu dodan je hmelj Smaragd sa udjelom alfa kiselina od 8,1 %. Za potrebe kuhanja piva Katedra za tehnološko projektiranje i farmaceutsko inženjerstvo na prehrambeno-tehnološkom fakultetu Osijek osigurala je suhi cvijet industrijske konoplje. Fizikalno - kemijska analiza provedena je u laboratoriju Osječke pivovare.

3.2.1. Proizvodnja sladovine (ukomljavanje)

Ukomljavanje je postupak miješanja sladne prekrupe i usitnjenih neslađenih žitarica s toplom vodom u cilju prevođenja njihovih netopljivih sastojaka u topljiv oblik enzimskom hidrolizom s pomoću enzima sintetiziranih tijekom klijanja ječma (slađenja). Aktivnost tih, kao i svih drugih enzima, ovisi o pH vrijednosti komine i temperaturi. Stoga tijekom hidrolize za svaki enzim treba osigurati vrijednost pH i temperature za njihovo optimalno djelovanje (Marić, 2008).

Za proizvodnju sladovine potrebno je usitniti odgovarajuću količinu slada koja odgovara volumenu vode za potrebe ukomljavanja. Ukomljavanje tj. proizvodnja sladovine u laboratorijskim uvjetima provodi se 1 h na 68°C u Speidel Braumeister posudi koja je proizvedena od nehrđajućeg prehrambenog čelika (Slika 2). Nakon procesa ukomljavanja slijedi ispiranje slada. Potom se slad cijedi, a sladovina se zagrijava na 100 °C te se doda hmelj i slijedi proces kuhanja 1h. Obzirom da se ovaj diplomski rad temelji na proizvodnji piva sa suhim cvijetom industrijske konoplje, zadnjih 15 min ukomljavanja dodan je suhi cvijet industrijske konoplje.

Slika 2 Speidel Braumeister električna posuda za kuhanje piva (izvor: privatna arhiva)

3.2.1.1 Usitnjavanje ječmenog slada

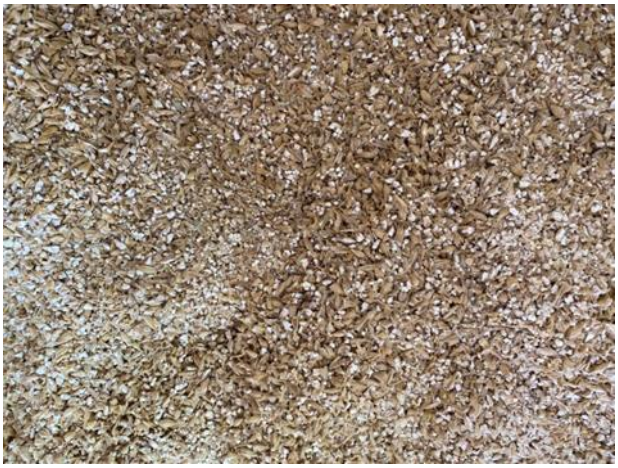
Odvagani slad se mora mehanički obraditi (samljeti) da se endosperm što bolje usitni, a pljevica sladnog zrna sačuva. Tako se dobiva sladna prekrupa koja osigurava dobru dodirnu površinu, dobro iskorištenje ekstrakta i veliku filtracijsku površinu za brzo cijeđenje u fazi razdvajanja slatke komine na sladovinu i trop (Marić, 2009).

Granulometrijski sastav sladovine prekrupe utječe na: postupak ukomljavanja i trajanje šećerenja komine, trajanje cijeđenja sladovine (razdvajanje sladovine od tropa), iskorištenje ekstrakta slada u varionici, tijek vrenja sladovine, filtrabilnost piva te boju, okus i ostala organoleptička svojstva piva (Marić, 2009).

Za potrebe izrade diplomskog rada izvagano je 5 kg ječmenog slada Maris Otter (Slika 3). Potom je provedeno mehaničko usitnjavanje na laboratorijskom mlinu (Slika 4) na granulaciju 2,6 mm (Slika 5).

Slika 3 Ječmeni slad Maris Otter (izvor: privatna arhiva)

Slika 4 Mljevenje ječmenog slada na laboratorijskom mlinu (izvor: privatna arhiva)



Slika 5 Smljeveni ječmeni slad Maris Otter (izvor: privatna arhiva)

3.2.1.2 Ukomljavanje

U uređaj Speidel Braumeister ulije se 23 L destilirane vode i doda se prethodno izvagana određena količina soli. Obzirom da se provodilo ukomljavanje za proizvodnju pale ale piva dodalo se prethodno izvagano 6,5 g $CaSO_4$, 14 g $CaCl_2$ te 9 g $MgSO_4$ čime se postigao pH vode u vrijednosti od 5,50.

Kako je navedeno u Mariću, ako se pH snizi na 5,5- 5,6 postiže se bolja razgradnja proteina te nastaje više proteina velike i male molekularne mase, smanjuje se viskoznost sladovine, ubrzava se cijeđenje sladovine iz komine i sprječava se pojačanje intenziteta boje sladovine tijekom kuhanja.

Uređaj za ukomljavanje podešen je da zagrijava destiliranu vodu obogaćenu solima do 68 °C (Slika 6).

Početna temperatura ukomljavanja bi trebala biti bliska optimalnoj temperaturi za enzime koji oslobađaju škrob iz škrobnih zrnaca, a to su citolitički i proteolitički enzimi (Marić, 2008).

Dok traje zagrijavanje na dno se stave sita od nehrđajućeg čelika (Slika 7) koja će imati ulogu filtera dok se slad bude cijedio i ispirao s ciljem što bolje ekstrakcije šećera u sladovinu. Kada voda obogaćena solima dosegne zadanu temperaturu pomoću lijevka doda se 5 kg smljevenog ječmenog slada potom se na slad stavi sito s ciljem sprječavanja istjecanja ječmenog slada van posude dok pumpa uređaja preljeva vodu, tj. povlači vodu sa dna posude i prelijeva ju s ciljem što bolje ekstrakcije šećera u sladovinu (Slika 8). Pumpa služi i za aeriranje sladovine jer je u prvom dijelu fermentacije kisik potreban za rast biomase koju stvaraju kvasci u aerobnim uvjetima. Nakon dodanog slada slijedi proces ukomljavanja na 68 °C u trajanju od 1h.

Slika 6 Prikaz kontrole temperature za ukomljavanje na uređaju Speidel Braumeister (izvor: privatna arhiva)

Slika 7 Prikaz postavljanja sita na dno uređaja Speidel Braumeister (izvor: privatna arhiva)

Slika 8 Prikaz prelijevanja sladovine pomoću pumpe (izvor: privatna arhiva)

Za vrijeme ukomljavanja odvijaju se poznate biokemijske reakcije enzimske hidrolize (ošećerenje i peptonizacija). Netopljivi se škrob razgrađuje u topljive dekstrine (nisko i srednje molekularni polisaharid) i fermentabilne šećere (glukoza, maltoza, maltotrioza). Tu razgradnju kataliziraju amilolitički enzimi iz slada (alfa i beta amilaza). Proteolitički enzimi razgrađuju bjelančevine do peptona, polipeptida i slobodnih aminokiselina. Kako se bjelančevine i škrob razgrađuju s različitim enzimima koji imaju različite temperaturne optimume, ukomljavanje se odvija u rasponu od 35 do 76 °C, polaganim zagrijavanjem komine i njezinim zadržavanjem pri određenim temperaturama (52, 65 i 76 °C) (Marić i Nadvornik 1995).

Koliko će pojedinih šećera nastati hidrolizom škroba ovisi o: temperaturi na kojoj se komina zadržava, trajanju vremena zadržavanja komine pri odabranoj temperaturi, pH vrijednosti komine i koncentraciji komine (udjelu suhe tvari u vodenoj suspenzini odnosno otopini). Stoga se komina zadržava duže pri 62-64 °C (optimalno za beta amilazu), kada se želi dobiti sladovina sa puno maltoze, koja ima visok stupanj prevrenja. Naravno, ako se želi u sladovini dobiti više dekstrina, koji pivu daju punoću, preferira se duže zadržavanje komine pri 72-75 °C (optimalno za alfa amilazu). To znači da se tijekom hidrolize škroba mogu koristiti različite temperature i različita vremena zadržavanja (Marić, 2008).

Završna temperatura hidrolize škroba u pivarskoj praksi je 76-78 °C, jer je nešto niža temperatura od toplinske inaktivacije alfa amilaze, pa ona može nastaviti hidrolizu škroba i tijekom cijeđenja sladovine iz komine (Marić, 2008).

Kao što je prethodno navedeno, s ciljem izrade ovog diplomskog rada proces ukomljavanja provodio se 1h na 68 °C.

3.2.1.3 Cijeđenje i ispiranje tropa

Nakon procesa ukomljavanja slijedi cijeđenje tropa kao što je prikazano na slici 9. Tijekom cijeđenja, trop se polagano polijeva po cijeloj površini sa 4 L vode obogaćene solima: 1,13 g $CaSO_4$, 2,53 g $CaCl_2$ te 1,56 g $MgSO_4$ (Slika 10). Polijevanje tropa se provodi s ciljem što većeg iskorištenja šećera u sladovini. Ocijeđeni trop je nusproizvod i može se koristiti kao krmivo (Slika 11). Sladovina dobivena ukomljavanjem zove se prvijenac.

Slika 9 Cijeđenje tropa ječmenog slada na uređaju Braumeister (izvor: privatna arhiva)

Slika 10 Ispranje tropa s vodom obogaćenom solima (izvor: privatna arhiva)

Slika 11 Trop kao nusproizvod ukomljavanja ječmenog slada (izvor: privatna arhiva)

3.2.2. Hmeljenje

Nakon što je završeno cijeđenje tropa, slijedi zagrijavanje sladovine na temperaturu od 100°C. Kako bi se proces fermentacije piva bolje pratio, iz sladovine se odpipetira 2 ml uzorka te se preko EasyDens uređaja dobije vrijednost originalne količine šećera u sladovini koja je iznosila 13,5°P. Kada je sladovina dosegla temperaturu od 100 °C dodano je 40,03 g hmelja Smaragd sa udjelom od 8,1 % alfa- kiselina (Slika 12) i slijedi kuhanje sladovine 1h.

Slika 12 Hmelj Smaragd u obliku peleta pakiran u vakuumu (izvor: privatna arhiva)

Zbog razrjeđenja prvijenca vodom od ispiranja tropa, dobivena sladovina ima manji udio suhe tvari od potrebnog, pa se suvišna voda mora ukloniti kuhanjem (Marić i Nadvornik 1995).

Svrha kuhanja: isparavanje suvišne vode, tj. uparavanje sladovine na zadanu koncentraciju suhe tvari (ekstrakta) za željeni tip piva, inaktivacija enzima koji su izvršili svoju zadaću i nisu više potrebni, kao i koagulacija proteina, sterilizacija sladovine, ekstrakcija gorkih i aromatičnih sastojaka hmelja koji pivu daje gorkast okus i aromu po hmelju (Marić i Nadvornik 1995).

Ključno zbivanje tijekom kuhanja sladovine sa hmeljem je konverzija netopljivih alfa- kiselina u topljive izo- alfa kiseline (humuloni) i beta- kiseline (lupuloni).

Humulon je odgovoran za gorak okus piva, a lupulon ima jaka antiseptička svojstva.

3.2.3. Dodavanje suhog cvijeta industrijske konoplje

Nakon 45 minuta kuhanja sladovine dodano je 30 g suhog cvijeta industrijske konoplje. Na slici 13 se može vidjeti kako izgleda suhi cvijet industrijske konoplje. Zatim se kuhanje nastavilo sljedećih 15 minuta (Slika 14). Tijekom kuhanja osjetio se karakterističan miris konoplje.

Slika 13 Cvijet industrijske konoplje (izvor: privatna arhiva)

Slika 14 Kuhanje sladovine sa dodatkom suhog svijeta industrijske konoplje (izvor: privatna arhiva)

3.2.4. Hlađenje sladovine sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje

Nakon sto je proces kuhanja sladovine sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje završio, u sladovinu se postavi izmjenjivač topline oblika „zmijače“ kroz koji struji hladna vodovodna voda. Prilikom hlađenja polagano se snižava temperatura sladovine. Hlađenje sladovine je bitno kako bi se osigurala adekvatna temperatura za rad kvasaca. Temperaturni interval rada kvasca koji je upotrijebljen za izradu ovog diplomskog rada je od 15- 22 °C.

Zbog hlađenja, sladovina postaje mutna, jer se na temperaturi ispod 60 °C počinju pojavljivati čestice finog proteinsko- taninskog taloga (promjer čestica oko 0,5 µm, tzv. hladnog taloga), koji se teško taloži, a ima sposobnost vezanja na stanice kvasca ili mjehuriće zraka. Prva je pojava nepoželjna, jer ako se smanjuje aktivna površina kvaščevih stanica tijekom vrenja, a druga se može iskoristiti za izdvajanje finog taloga iz ohlađene sirovine pomoću floatacije. Podaci dobre proizvođačke prakse pokazuju da iz ohlađene sladovine treba ukloniti maksimalno do 70% od ukupnog finog taloga, jer je ostatak odgovoran za pjenivost i stabilnost pivske pjene. Stoga se u praksi pojavljuju različiti postupci uklanjanja hladnog taloga koji se razlikuju po učinkovitosti (Marić, 2009).

Nakon hlađenja na temperaturu od 20,4 °C, sladovina je prebačena u plastičnu bačvu volumena 10 L (Slika 15). Potom je uzet uzorak kako bi se na uređaju EasyDens ispitala početna količina fermentabilnih šećera u sladovini koja je iznosila 13,3 °P (Slika 16). Pomoću prividne vrijednosti šećera u sladovini moglo se pretpostaviti kolika količina alkohola se može očekivati u konačnom proizvodu tj. pivu sa konopljom. Potom je dodano 5,75 g kvasca *Saccharomyces cerevisiae* (Slika 17). Potom je buduće pivo stavljeno na odležavanje sljedećih 7 dana (Slika 18).

Slika 15 Pretakanje sladovine sa konopljom u plastičnu bačvu (izvor: privatna arhiva)

Slika 16 Ispitivanje prividne količine šećera u sladovini nakon kuhanja (izvor: privatna arhiva)

Slika 17 Prikaz dodanog kvasca za potrebe provedbe procesa fermentacije (izvor: privatna arhiva)

Slika 18 Prikaz odležavanja mladog piva u plastičnoj bačvi (izvor: privatna arhiva)

3.2.5. Gaziranje i pakiranje

Nakon što je prošao vremenski period od 7 dana, uzet je uzorak s ciljem testiranja prevrelosti. Na EasyDens uređaju dobila se vrijednost prividnog šećera od 4,8 °P. Potom je buduće pivo sa konopljom stavljeno na hlađenje naredna 3 dana.

Obzirom da se dobila manja količina piva, provedeno je punjenje piva u staklene boce sa metalnim čepom i dodano je 3,50 g glukoze s ciljem gaziranja tj. obogaćivanja sa CO_2 mladog piva (Slika 19).

Slika 19 Flaširanje mladog piva sa suhim cvijetom industrijske konoplje (izvor: privatna arhiva)

3.2.6. Fizikalno- kemijske karakteristike piva sa suhim cvijetom industrijske konoplje

Fizikalno- kemijske karakteristike su određene u laboratoriju Osječke pivovare. Odredili su se ukupni polifenoli, gorčina, boja, udio alkohola te pH. Kako bi se mogla ispitati sva željena svojstva, pivo sa konopljom se prvo temperiralo na 20 °C, potom profiltriralo kroz filter papir (Slika 20).

Slika 20 Filtriranje piva sa konopljom preko filter papira (izvor: privatna arhiva)

3.2.6.1 Određivanje boje

Određivanje boje provedeno je spektrofotometrijski.

Kemijski spojevi apsorbiraju (upijaju), transmitiraju (provode), disperziraju (raspršuju) ili reflektiraju (odbijaju) svjetlost u točno određenom rasponu valnih duljina, a mogu i emitirati svjetlost zbog, primjerice, apsorpcije u određenom dijelu spektra, pri čemu dolazi do remisije svjetlosti (Germer i sur., 2014).

Uzorak apsorbira ili emitira zračenje određenog intenziteta koje se mjeri i analizira, čime je omogućena identifikacija, kao i određivanje koncentracije spojeva praćenjem količine apsorbirane svjetlosti (Germer i sur., 2014; Atkins, 1989).

Za određivanje boje u kvarcnu kivetu se odpipetirao uzorak piva i to je bila glavna proba, a slijepa proba je bila destilirana voda. Na prvo mjesto u spektrofotometru stavila se kvarcna kiveta sa destiliranom vodom, a na drugo mjesto se stavlila kvarcna kiveta sa uzorkom. Mjerenje se provelo na valnoj duljini od 430 nm, a rezultat se izražava u EBC jedinicama.

3.2.6.2 Određivanje ukupnih polifenola

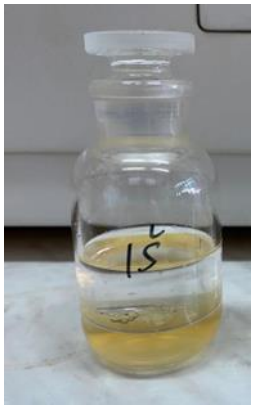
Koncentracija ukupnih polifenola u ekstraktu se također određuje spektrofotometrijski.

Za određivanje ukopnih polifenola za glavnu probu odpipetirano je 25 mL uzorka piva u tikvicu te su se dodale sljedeće kemikalije: 8 mL CMC- EDTA, 0,5 mL Fe (III), 0,5 mL amonijaka i dopunilo se destiliranom vodom do oznake na tikvici. Za slijepu probu isti je postupak samo se nije dodao Fe (III). Pripremljeni uzorak je odstajao 10 min (Slika 21). Prije stavljanja uzorka u spektrofotometar kvarcne kivete su se isprale sa uzorkom te su se postavile u spektrofotometar tako što je slijepa proba bila na prvom mjestu, a na drugom kiveta sa glavnom probom. Mjerenje je provedeno na valnoj duljini od 600 nm.

Slika 21 Pripremljeni uzorci za spektrofotometar (izvor: privatna arhiva)

3.2.6.3 Određivanje gorčine

Gorčina piva se temelji na određivanju alfa i beta gorkih kiselina u pivu koje su se ekstrahirale iz hmelja tijekom kuhanja. Za određivanje gorčine piva odpipetiralo se 10 ml piva te su se dodale sljedeće kemikalije: 0,5 ml 6N HCl te 20 ml izooktana. Za ravnomjerno miješanje dodale su se 3 staklene kuglice. Zatim je slijedilo mućkanje uzorka 15 min te centrifugiranje 3 min na 3000/ min. Formirala su se dva sloja (Slika 22), a u gornjem izooktanskom sloju nalaze se gorke tvari piva. Gornji izooktanski sloj se odpipetira u kvarcnu kivetu i stavi se na drugo mjesto u spektrofotometru, a slijepa proba koja se sastoji samo od izooktana na prvo mjesto te se pri 275 nm odredi apsorbancija.



Slika 22 Pripremljeni uzorak piva za određivanje gorčine (izvor: privatna arhiva)

3.2.6.4 Određivanje ostalih fizikalno- kemijskih svojstava

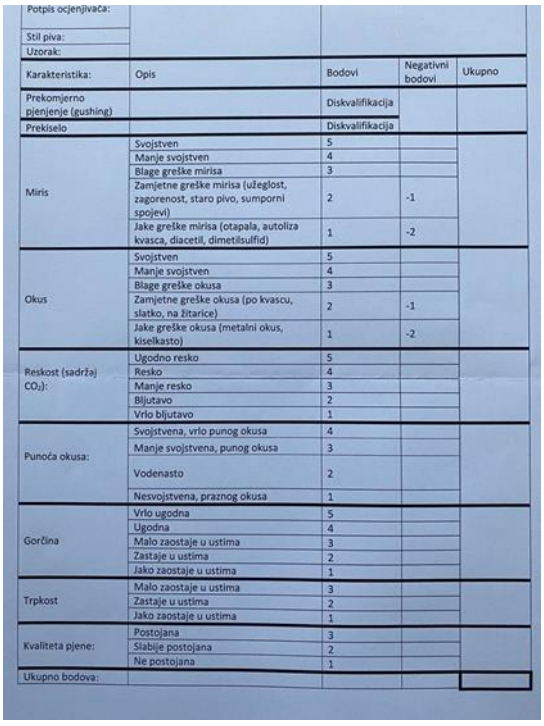
Uzorak piva se stavi u uređaj te uređaj sam injektira potrebnu količinu piva za ispitivanje (Slika 23). Na uređaju Beer Analyzer tvrtke Anton Paar određena su sljedeća svojstva: udio alkohola, specifična težina, ekstrakt u osnovnoj sladovini, prevrelost, pravi ekstrakt, udio O_2 te udio CO_2 (Slika 24).

Slika 23 Prikaz ispitivanja uzorka piva na uređaju Beer Analyzer tvrtke Anton Paar (izvor: privatna arhiva)

Slika 24 Prikaz dobivenih rezultata na uređaju Beer Analyzer tvrtke Anton Paar (izvor: privatna arhiva)

3.3. SENZORSKA ANALIZA

Piva se razlikuju uglavnom prema vizualnom izgledu i fermentaciji procesa. Glavne karakteristike piva su izgled, aroma, okus i usni ugođaj (Lukinac i sur., 2019). Na laboratorijskim vježbama na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu između profesora i studenata, provedena je senzorska analiza proizvedenog piva sa suhim cvijetom industrijske konoplje. Na senzorskoj analizi sudjelovao je 21 ispitanik. Primjer obrasca za ocjenjivanje piva može se vidjeti na Slici 25.



Potpis ocjenjivača:				
Stil piva:				
Uzorak:				
Karakteristika:	Opis	Bodovi	Negativni bodovi	Ukupno
Prekomjerno pjenjenje (gushing)		Diskvalifikacija		
Prekiselo		Diskvalifikacija		
Miris	Svojstven	5		
	Manje svojstven	4		
	Blage greške mirisa	3		
	Zamjetne greške mirisa (užeglost, zagorenost, staro pivo, sumporni spojevi)	2	-1	
	Jake greške mirisa (otapala, autoliza kvasca, diacetil, dimetilsulfid)	1	-2	
Okus	Svojstven	5		
	Manje svojstven	4		
	Blage greške okusa	3		
	Zamjetne greške okusa (po kvascu, slatko, na žitarice)	2	-1	
	Jake greške okusa (metalni okus, kiselkasto)	1	-2	
Reskost (sadržaj CO_2):	Ugodno resko	5		
	Resko	4		
	Manje resko	3		
	Bljutavo	2		
	Vrlo bljutavo	1		
Punoća okusa:	Svojstvena, vrlo punog okusa	4		
	Manje svojstvena, punog okusa	3		
	Vodenasto	2		
	Nesvojstvena, praznog okusa	1		
Gorčina	Vrlo ugodna	5		
	Ugodna	4		
	Malo zaostaje u ustima	3		
	Zastaje u ustima	2		
	Jako zaostaje u ustima	1		
Trpkost	Malo zaostaje u ustima	3		
	Zastaje u ustima	2		
	Jako zaostaje u ustima	1		
Kvaliteta pjene:	Postojana	3		
	Slabije postojana	2		
	Ne postojana	1		
Ukupno bodova:				

Slika 25 Primjer obrasca za senzorsko ispitivanje piva (izvor: privatna arhiva)

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. REZULTATI MJERENJA FIZIKALNO- KEMIJSKIH KARAKTERISTIKA

Tablica 1 Rezultati mjerenja fizikalno- kemijskih karakteristika piva sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje na uređaju Beer Analyzer tvrtke Anton Paar

SVOJSTVA	VRIJEDNOSTI
Boja (EBC)	7,56
Gorčina (IBU)	25
Polifenoli (ml/ L)	339
pH vrijednost	4,09
Alkohol (%)	6,59
Specifična težina (g/ mL)	1,01071
Ekstrakt u osnovnoj sladovini (°P)	14,88
Pravi ekstrakt (%)	5,05
CO_2 (g/ L)	1,07
O_2 (ppb)	3807

Rezultati analize fizikalno- kemijskih svojstava Beer Analyzerom koje prikazuje Tablica 1 ukazuju da se u proizvedenom pivu obzirom na vrijednosti ekstrakta u osnovnoj sladovini nalazi očekivani udio alkohola. Udio alkohola proizvedenog piva veći je od udjela alkohola piva sa konopljom koji se nalazi na tržištu. Boja uzorka proizvedenog piva bila je u skladu sa bojama „lakših“ piva kao što su lager, pilsner ili pale ale što se može uočiti na slici 26. Gorčina je također bila u skladu sa ranije navedenim pivima. Relativno visok udio ekstrakta utjecao je i na višu količinu etanola nakon fermentacije.

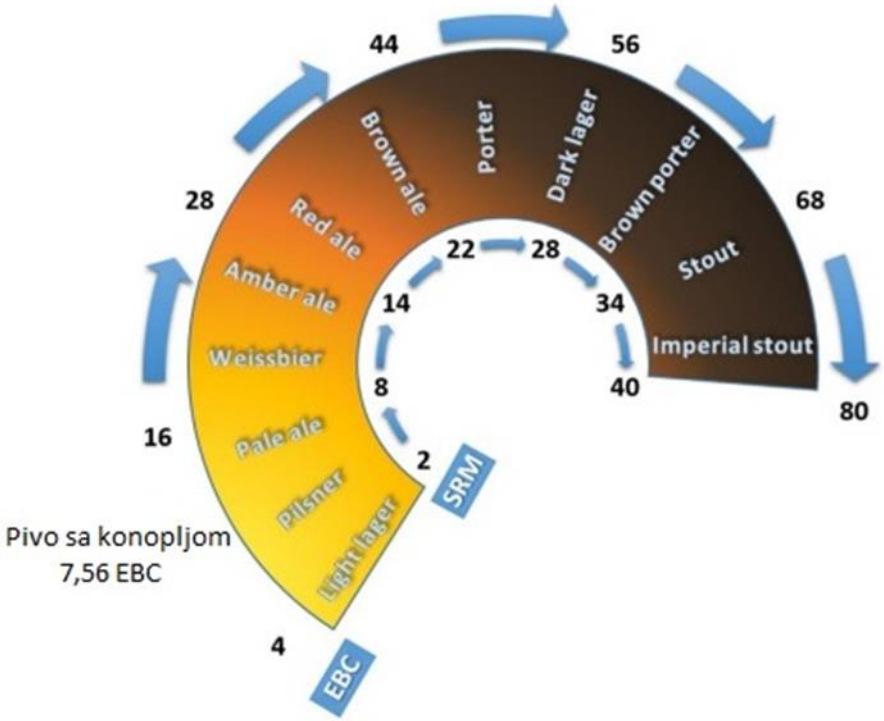
Pivo je napravljeno da bi do izražaja došao bilo kakav utjecaj dodatka cvijeta konoplje na boju, gorčinu i polifenole. U odnosu na pivo proizvedeno sa dodatkom ekstrakta cvijeta konoplje (182 mL/L) ovo pivo je imalo značajno veću količinu polifenola (339 mL/L) (Antunović, 2023.). Ovaj podatak nije zanemariv te se može reći da pivo sa dodatkom cvijeta konoplje ima potencijal pridonositi dnevnom unosu polifenola u organizam. Usporedba sa drugim stilovima piva nalazi se u Tablici 2. Rezultati analize ukupnih polifenola koje prikazuje Tablica 2 potvrđuju pretpostavljenu tezu ovog diplomskog rada jer je u proizvedenom pivu povećan udio

polifenola. Iako je proizvedeno pivo svijetlo pivo, udio polifenola zbog dodanog suhog cvijeta industrijske konoplje je povećan i veći je čak i u odnosu sa tamnim pivima.

Tablica 2 Usporedba dobivenog rezultata ukupnog udjela polifenola piva sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje i piva drugih vrsta (prilagođeno iz: Vukomanović, 2016)

PIVO	Ukupni polifenoli (mg polifenola/L piva)
Pivo sa suhim cvijetom industrijske konoplje	339
Industrijsko svijetlo	120,03
Industrijsko pšenično	151,07
Industrijsko crveno	204,23
Industrijsko crno	253,57
Zanatsko svijetlo	215,28
Zanatsko pšenično	119,06
Zanatsko crveno	227,77
Zanatsko tamno	220,36
Zanatsko tamno (jako)	251,26
Zanatsko crno	286,26

Rezultati analize ukupnih polifenola koje prikazuje Tablica 2 potvrđuju pretpostavljenu tezu ovog diplomskog rada jer je u proizvedenom pivu povećan udio polifenola. Iako je proizvedeno pivo svijetlo pivo, udio polifenola zbog dodanog suhog cvijeta industrijske konoplje je povećan i u rangu je sa udjelom polifenola u tamnim pivima.



Slika 26 Usporedba dobivenog rezultata boje piva sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje sa drugim stilovima piva (preuzeto i prilagođeno iz: Lukinac i sur., 2019).

4.2. REZULTATI SENZORSKE ANALIZE PIVA SA SUHIM CVIJETOM INDUSTRIJSKE KONOPLJE

Tablica 3 Prikaz srednje vrijednosti rezultata senzorske analize piva sa suhim cvijetom industrijske konoplje

KARAKTERISTIKE	OPIS I BODOVANJE		PROSJEK OCJENA ISPITANIKA
MIRIS	Svojstven	(5)	4,52
	Manje svojstven	(4)	
	Blage greške mirisa	(3)	
	Zamjetne greške mirisa	(2)	
	Jake greške mirisa	(1)	
OKUS	Svojstven	(5)	4,1
	Manje svojstven	(4)	
	Blage greške okusa	(3)	
	Zamjetne greške okusa	(2)	
	Jake greške okusa	(1)	
RESKOST (sadržaj CO_2)	Ugodno resko	(5)	4,43
	Resko	(4)	
	Manje resko	(3)	
	Bljutavo	(2)	
	Vrlo bljutavo	(1)	
PUNOĆA OKUSA	Svojstven, vrlo punog okusa	(4)	3,76
	Manje svojstven, punog okusa	(3)	
	Vodenasto	(2)	
	Nesvojstven, praznog okusa	(1)	
GORČINA	Vrlo ugodna	(5)	3,86
	Ugodna	(4)	
	Malo zaostaje u ustima	(3)	
	Zaostaje u ustima	(2)	
	Jako zaostaje u ustima	(1)	
TRPKOST	Malo zaostaje u ustima	(3)	2,72
	Zaostaje u ustima	(2)	
	Jako zaostaje u ustima	(1)	
KVALITETA PJENE	Postojana	(3)	2,95
	Slabije postojana	(2)	
	Nepostojana	(1)	

Rezultati senzorske analize provedene među 21 ispitanikom izraženi su kao srednja vrijednost. Na temelju dobivenih rezultata može se uvidjeti kako je proizvedeno pivo, sudeći po dobivenim ocjenama, dobro prihvaćeno među ispitanicima. Naime, ispitanici su miris proizvedenog piva ocijenili svojstvenim za pivo, okus je ocijenjen kao manje svojstven, sadržaj CO_2 su ocijenili kao resko, punoća okusa je ocijenjena kao manje svojstvena, ali se osjeti puni okus, gorčina proizvedenog piva malo zaostaje u ustima, ali je ugodna, ispitanicima trpkost također zaostaje u ustima. Prilikom serviranja proizvedenog piva uočilo se prekomjerno pjenjenje što je dalo naslutiti da će pjena biti postojana, a tako su je ispitanci i ocijenili. Prekomjerno pjenjenje je moguće zbog veće količine polifenola koji djeluju kao promotori prekomjernog pjenjenja (Web 2).

5. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata istraživanja provedenih za potrebe izrade ovog diplomskog rada, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Proizvedeno piva ima osjet cvjetnog mirisa zbog dodanog suhog cvijeta industrijske konoplje. Dodana konoplja nije promijenila boju piva.

2. Kao što se pretpostavilo, proizvedeno pivo zbog dodanog suhog cvijeta industrijske konoplje u usporedbi sa svijetlim pivima, ima povišen udio polifenola.

3. Proizvedeno pivo sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje se prekomjerno pjeni zbog velikog udjela polifenola što potvrđuju i rezultati senzorske analize koji ukazuju na postojanu kvalitetu pjene proizvedenog piva.

4. Proizvedeno pivo sa dodatkom suhog cvijeta industrijske konoplje je tipa Pale Ale. Dobivena vrijednost boje malo odudara od vrijednosti boje za Pale Ale zato što proizvedeno pivo prije određivanja boje nije bilo profiltrirano.

5. Rezultati senzorske analize ukazuju da proizvedeno pivo sa suhim cvijetom industrijske konoplje ima svojstven miris, zbog dodane konoplje okus neznatno odstupa od karakterističnog okusa piva. Ispitanicima je udio CO_2 ugodan, dok im gorčina i trpkost blago zaostaju u ustima.

6. LITERATURA

Almaguer C, Schönberger C, Gastl M, Arendt EK, Becker T: Humulus lupulus, a story that begs to be told. A review. *Journal of the Institute of Brewing*. 120:289-314, 2014.

Antunović P: Proizvodnja i karakterizacija piva sa dodatkom ekstrakta industrijske konoplje. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2023.

Atkins PW, Clugston MJ: Načela fizikalne kemije. Školska knjiga, Zagreb, 1989.

Boulton C: Encyclopedia of Brewing. 2013.

De Lima AC, Acena L, Mestres M, Boque R: An Overview of the Application of Multivariate Analysis to the Evaluation of Beer Sensory Quality and Shelf-Life Stability. *Foods,* 11(14):2037, 2022.

Farinon B, Molinari R, Costantini L, Merendino N: The seed od Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients,* 12(7):1935, 2020.

Fike J: Industrial hemp: renewed opportunities for an ancient crop. *Critical Review in Plant Sciences*, 35:406–424, 2016.

Germer TA, Zwinkels JC, Tsai BK: Theoretical Concepts in Spectrophotometric Measurements. *Spectrophotometry - Accurate Measurement of Optical Properties of Materials*, 46, 11–66, 2014.

Gloss D: An overview of products and bias in research. *Neurotherapeutics,* 12, 731–734, 2015.

Karabin M, Hudcova T, Jelinek L, Dostalek P: Biologically Active Compounds from Hops and Prospects for Their Use. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15:542-559, 2016.

Karlson P: Biokemija, Školska knjiga Zagreb, 6,186, 1989.

Li Q, Wang J, Liu C: Beers, p 305–351. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. 2017.

Leonard W, Zhang P, Ying D, Fang, Z: Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19: 282–308, 2020.

Lewis JM, Young TW: Brewing. Chapman & Hall, London, 1995.

Lukinac J, Mastanjević K, Mastanjević K, Nakov G, Jukić M: Computer Vision Mathod in Beer Quality Evaluation- A Review. *Beverages*, 5, 38, 2019.

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

Marić V, Nadvornik Z: Pivo – tekuća hrana. Znanstveno – stručna biblioteka, Zagreb, 1995.

Mastanjević K: *Tehnologija slada i piva*. Prezentacija. Osijek, 2022.

McPartland JM, Russo EB: Cannabis and cannabis extracts: greater than the sum of their parts. *Journal of Cannabis Therapeutics* 1:103–131, 2001.

MPRRR, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja RH: *Pravilnik o pivu*. Narodne novine 142/11, 2011.

Ramirez A, Viveros JM: Brewing with Cannabis sativa vs. Humulus lupulus: a review. *Journal of the Institute of Brewing,* 127: 201- 209, 2021.

Salentijn EM, Zhang Q, Amaducci S, Yang M, Trindade, LM: New developments in fiber hemp (Cannabis sativa L.) breeding. *Industrial Crops and Products*, 68, 32–41 2015.

Small E: Evolution and classification of Cannabis sativa (marijuana, hemp) in relation to human utilization. *The Botanical Review*, 81:189–294, 2015.

Steiner E, Becker T, Gast M: Turbidity and Haze Formation in Beer. *Journal of the Institute of Brewing.* 116(4), 360-368, 2010.

Vukomanović K: Usporedba dviju metoda za određivanje ukupnih polifenola u pivu. *Diplomski rad.* 2016.

Web 1 https://pivnica.net/a-evo-i-konoplje/4716/ (pristupljeno 1.9. 2023.)

Web 2 https://beerandbrewing.com/dictionary/OYWATj5i7D. (pristupljeno 1.1.2024.)