

# Ocjena kakvoće jarih pivarskih sorti ječma Poljoprivrednog Instituta Osijek

---

Solić, Monika

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:109:117390>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-10**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Monika Solić**

**OCJENA KAKVOĆE JARIH PIVARSKIH SORTI JEČMA  
POLJOPRIVREDNOG INSTITUTA OSIJEK**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2023.

## 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 20, 31000 Osijek, Hrvatska

### Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Biološka proizvodnja hrane

**Tema rada** je prihvaćena na VII (sedmice) redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2022./2023. održanoj 2. svibnja 2023.

**Mentor:** prof. dr. sc. Vinko Krstanović

**Pomoć pri izradi:** izv. prof. dr. sc. Kristina Mastanjević

### Ocjena kakvoće jarih pivarskih sorti ječma Poljoprivrednog Instituta Osijek

Monika Solić, 0113145425

#### Sažetak:

U ovom istraživanju je analizirana kvaliteta slada dobivenog iz jarih pivarskih sorti ječma, ključne sirovine za proizvodnju piva. Proučavani su agroklimatski uvjeti, fiziološki razvoj ječma i njegova kemijska kompozicija, tehnološki pokazatelji i procesi proizvodnje piva kako bi se ocijenila kvaliteta dobivenog slada. Rezultati su pokazali da agroklimatski uvjeti i tip tla značajno utječu na agronomске i tehnološke karakteristike ječma, s posebnim fokusom na fenotipski determinirane pokazatelje poput ukupnog i topivog dušika. Varijacije u vlazi slada i apsolutnoj masi zrna također su utvrđene, dok su tehnički parametri poput vremena ošećerenja, filtracije i postotka finog ekstrakta ostali unutar prihvatljivih granica za pivarsku proizvodnju. Sadržaj proteina, topivog dušika te  $\beta$ -glukani i Hartongov broj imaju značajan utjecaj na procese prerade i kvalitetu piva. Važnost optimizacije poljoprivrednih praksi i praćenja agroklimatskih uvjeta izražena je kao ključna za postizanje konzistentne i visoke kakvoće slada za pivarsku industriju. Ova istraživanja pružaju korisne smjernice za daljnje razumijevanje i unapređenje kvalitete slada jarih pivarskih sorti ječma.

**Ključne riječi:** slad, ječam, pivo, kakvoća, jara sorta

**Rad sadrži:** 47 stranica  
21 slika  
4 tablica  
27 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

1. izv. prof. dr. sc. Kristina Mastanjević	predsjednik
2. prof. dr. sc. Vinko Krstanović	član-mentor
3. prof. dr.sc. Zvonimir Zdunić	član
4. izv. prof. dr. sc. Ante Lončarić	zamjena člana

**Datum obrane:** 28. rujan 2023.

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

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

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

### Graduate program Food Engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** The Study of Malting Quality of the Quality of Spring Brewing Barley Varieties of the Agricultural Institute Osijek

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VII 2022./2023. held on may 2, 2023

**Mentor:** *prof. dr. sc. Vinko Krstanović*

**Technical assistance:** *izv. prof. dr. sc. Kristina Mastanjević*

### **The Study of Malting Quality of the Quality of Spring Brewing Barley Varieties of the Agricultural Institute Osijek**

*Monika Solić, 0113145425*

#### **Summary:**

This study focused on analyzing the quality of malt derived from spring barley varieties, a key ingredient in beer production. Agroclimatic conditions, physiological development of barley, its chemical composition, technological indicators, and beer production processes were investigated to assess the quality of the resulting malt. The results showed that agroclimatic conditions and soil type significantly influence the agronomic and technological characteristics of barley, with a special emphasis on phenotype-determined indicators such as total and soluble nitrogen. Variations in malt moisture and absolute grain weight were also observed, while technical parameters like mashing time, filtration time, and percentage of fine extract remained within acceptable limits for brewing. Protein content, soluble nitrogen,  $\beta$ -glucans, and the Hartong index exerted significant influence on processing and beer quality. The importance of optimizing agricultural practices and monitoring agroclimatic conditions was emphasized as crucial for achieving consistent and high malt quality for the brewing industry. This research provides valuable insights for further understanding and enhancing the quality of malt from spring barley varieties.

**Key words:** wheat, wheat hardness, wheat malt, attenuation limit

**Thesis contains:** 45 pages  
21 figures  
4 tables  
27 references

**Original in:** Croatian

#### **Defense committee:**

- |   |              |
|---|--------------|
| 1. <i>Kristina Mastanjević</i> , PhD, assoc. prof.            | chair person |
| 2. <i>Vinko Krstanović</i> , PhD, prof.                       | supervisor   |
| 3. <i>Krešimir Dvojković</i> , PhD, Senior Scientific Adviser | member       |
| 4. <i>Daliborka Koceva Komnenić</i> , PhD, prof.              | stand-in     |

**Defense date:** September 28<sup>st</sup>, 2023

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

*Želim se zahvaliti mentorima na ukazanom znanju i pomoći tijekom izrade diplomskog rada. Zahvaljujem se svim profesorima na uloženom trudu i prenesenom znanju.*

*Posebne zahvale mojemu Matiji J., mojoj Klari P., bratu Dominiku te svim prijateljima i obitelji koji su uvijek bili uz mene i bez kojih ovaj tijek studiranja ne bi prošao tako lako i zabavno.*

*Na kraju, jedno VELIKO hvala mojim roditeljima Mariju i Danijeli koji su uvijek bili tu i bez kojih ne bih bila ovo što sam danas. Sretna sam i zahvalna što vas imam.*

## Sadržaj

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. JEČAM .....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Građa i sastav ječmenog zrna.....	5
2.1.2. Ječam u Republici Hrvatskoj .....	8
2.1.3. Pivarski ječam .....	9
2.1.4. Standardi za kvalitetu pivarskog ječma .....	10
2.1.5. Karakteristike uzgoja pivarskoj ječma .....	11
2.1.6. Odnos između tvrdoće zrna i kvalitete slada ječma .....	12
<b>2.2. SLAD.....</b>	<b>13</b>
2.2.1. Proizvodnja slada .....	14
2.2.2. Mikroslađenje .....	15
2.2.3. Preporučene vrijednosti za pokazatelje kakvoće ječmenog slada .....	16
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. ZADATAK .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2. MATERIJALI I METODE .....</b>	<b>20</b>
3.2.1. Mikroslađenje .....	21
3.2.2. Brza metoda određivanje vlage i proteina u ječmu .....	24
3.2.3. Određivanje vlage ječma .....	24
3.2.4. Određivanje proteina u ječmu.....	25
3.2.5. Određivanje friabilnosti, homogenosti i staklavosti u sladu .....	25
3.2.6. Metoda Hartong 45 ° C.....	26
3.2.7. Određivanje sadržaja ekstrakta u sladu .....	28
3.2.8. Optička metoda određivanja boje.....	29
3.2.9. Određivanje viskoznosti .....	29

3.2.10. Određivanje ukupnog dušika, topljivog dušika i Kolbachovog broja .....	30
3.2.11. Određivanje slobodnog $\alpha$ -amino dušika .....	31
3.2.12. Određivanje $\beta$ -glukana .....	32
3.2.13. Konačni stupanj prevrenja.....	33
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1. REZULTATI.....</b>	<b>36</b>
4.1.1. Obrada rezultata.....	37
<b>4.2. RASPRAVA.....</b>	<b>38</b>
<b>5. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>41</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>43</b>

## Popis oznaka, kratica i simbola

PTF	Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
HAH	Hrvatska agencija za hranu
PI	Poljoprivredni Institut
°C	stupnjeva Celzija;
%	postotak
W1	masa uzorka prije sušenja
W2	masa uzorka poslije sušenja
T	mL utrošenog titranta
W	masa uzorka
M	sadržaj vlage
14	molarna masa dušika
6.25	faktor konverzije
OB	Obrazac
LB	Laboratorij
P	sadržaj ekstrakta u sladovini u °Plato
M	sadržaj vlage slada, u %



## **1. UVOD**

Ječam (*Hordeum vulgare* L.) je osnovna sirovina za proizvodnju slada odnosno posredno za proizvodnju piva te zauzima peto mjesto u svjetskoj proizvodnji žitarica. Kako bi dobili krajnji kvalitetan proizvod ječam i slad moraju zadovoljiti odgovarajuće kriterije. Ječam je bogat proteinima, ugljikohidratima, dijetalnim vlaknima, mineralima i vitaminima. Njegova kemijska kompozicija, tehnološki pokazatelji i proces proizvodnje piva igraju ključnu ulogu u kvaliteti piva i ekonomskoj učinkovitosti proizvodnje. Prisutnost neškrobnih polisaharida  $\beta$ -glukana sa miješanim vezama (1-3),(1-4)--D-glukana i arabinoksilana zajedno s enzimima odgovorni su za modifikaciju ječma. Prema tradicionalnom shvaćanju, za proizvodnju piva preferira se dvoredi ječam koji se sije u proljeće (ožujak, travanj) Za optimalnu kvalitetu jarog pivarskog ječma, potrebno je smanjiti količinu dušika u tlu, budući da povećana prisutnost dušika dovodi do većeg sadržaja bjelančevina u zrnju. Ovakav utjecaj negativno se odražava na kvalitetu slada.

Različite forme i varijante jarog ječma potječu iz Etiopije i Eritreje. U Europskoj uniji, uključujući Hrvatsku, aktivno se razvijaju nove sorte jarog ječma zbog njihove veće kvalitete za proizvodnju piva u usporedbi s ozimim ječmom. Pivski ječam uspijeva najbolje u uvjetima umjerenih temperatura i obilnih padalina, iako ti zahtjevi nisu strogo određeni. Unatoč tome, pivski ječam se može uzgajati i u nepovoljnim klimatskim uvjetima, što ga čini pogodnim za uzgoj jarog ječma. Cilj ovog rada je ustanoviti sladarsku kakvoću jarih pivarskih sorti Poljoprivrednog Instituta Osijek, te usporediti vrijednosti njihovih pokazatelja sa vrijednostima za najpoznatiju jaru pivarsku sortu „Planet“. Radi ostvarenja tog cilja zadatak rada je odrediti pokazatelje kakvoće polaznih ječmova i gotovih sladova od 6 novih jarih sorti PI Osijek i 2 referentne sorte, te na temelju dobivenih rezultata i usporedbom istih s dostupnim podacima u znanstveno-stručnoj literaturi dati ocjenu njihove pivarske kakvoće, odnosno izvršiti njihovo razvrstavanje u pripadajuću sladarsku kvalitativnu grupu.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### 2.1. JEČAM

Ječam (*Hordeum sativum*) prikazan na **Slici 1** je jedna od najvažnijih i najrasprostranjenijih žitarica na svijetu, uz pšenicu, kukuruz i rižu. Međutim, u suvremenoj prehrani rijetko se koristi za prehranu ljudi, osim u zemljama gdje je pšenica teže dostupna, kao što su planinska područja. Ječmeni kruh je tvrd, sladunjavog okusa, lošeg mirisa i brzo se suši, pa se često poboljšava dodatkom pšeničnog i raženog brašna (Krpmotić, 2007.).

Uzgoj ječma datira još oko 7000 godina unatrag u Egiptu, dok je u drugim zemljama poput Kine i Indije uspijevao prije otprilike 5000 godina. Višeredni ječmovi imaju svoje korijene u Istočnoj Aziji, dok potječu različite forme i varijeteti jarog ječma iz Etiopije i Eritreje. Dvoredni divlji ječam potječe iz Sirije i Palestine. Arheološki i botanički dokazi sugeriraju da ječam potječe od divlje vrste *Hordeum spontaneum* (Divjak, 2005.).

Ječam ima različite namjene u prehrambenoj i industrijskoj uporabi. Najvažnija primjena je u prehrani stoke, te se također koristi za proizvodnju ječmenog slada, ključnog sastojka u proizvodnji piva. Sladni sirup nalazi primjenu u pekarskoj, konditorskoj i farmaceutskoj industriji, dok se prženjem ječma može dobiti proizvod koji može poslužiti kao zamjena za kavu. Ječam se također može koristiti za proizvodnju škroba, iako je manje zastupljen u odnosu na glavne sirovine poput kukuruza, krumpira, pšenice i tapioka (Krpmotić, 2007.).

Zrno ječma predstavlja izvrstan izvor topivih i netopivih dijetalnih vlakana (DF) te drugih bioaktivnih sastojaka poput vitamina E (uključujući toko-tri-enole), minerala, vitamina B-kompleksa i fenolnih spojeva. Sastojci vlakana ječma koji su posebno značajni su  $\beta$ -glukani. Oni su povezani s raznim blagodatima za zdravlje, uključujući smanjenje kolesterola u krvi, poboljšanje metabolizma lipida i smanjenje glikemijskog indeksa. U mnogim istraživanjima je potvrđena učinkovitost ječmenih  $\beta$ -glukana u prehrambenim proizvodima kao sredstva za snižavanje kolesterola u krvi (Behall KM, 2004.) (Newman RK, 1989.)



*Slika 1.* Izgled ječma prije slađenja

### 2.1.1. Građa i sastav ječmenog zrna

Unutarnji sloj zrna ječma, odnosno poprečni sloj ječma kojeg prikazuje **Slika 2** (Hough, 1976.), poznat kao sjemenjača ili testa, okružuje aleuronski sloj i djeluje kao zaštitni omotač. Sjemenjača propušta samo čistu vodu, dok soli otopljenih u vodi ne prolaze kroz nju. Oplodnjača, drugi omotač, je blisko povezana s sjemenjačom. Vanjski omotač zrna, koji se naziva pljevica, ima sedam različitih slojeva koji se mogu podijeliti na tri osnovna dijela. Glavni sastojci pljevice su celuloza i lignin, a ostatak čine manani, pentozani, hemiceluloze i uronične kiseline. Pljevica također sadrži znatan udio silicija, što joj daje abrazivna svojstva. Svaki dio ječmenog zrna ima svoju važnu ulogu. Tri glavna dijela su klica, zaštitni omotač i endosperm. Klica, sastavljena od akrospore, embrija i korjenčića, ima ključnu ulogu. Klicu štiti endosperm, a ovaj zaštitni sloj uključuje usisni epitel, sloj šupljih duguljastih stanica. Ove stanice omogućuju prirodno klijanje u tlu i prenošenje otopljenih sastojaka endosperma u embrio. Endosperm je važan jer sadrži mrtve stanice bogate velikim i malim kristaličnim škrobnim zrnima. Ova škrobna zrnca su obavijena  $\beta$ -glukanom (hemiceluloza) unutar proteinske matrice. Građa tkiva endosperma nije homogena. Sloj ispod zaštitnog sloja ima

manje škroba, ali više proteina. Ova karakteristika je posebno izražena u ječmu s visokim udjelom dušika. Sve ove informacije čine ječmeno zrno izuzetno složenim i važnim (Divjak, 2005.).

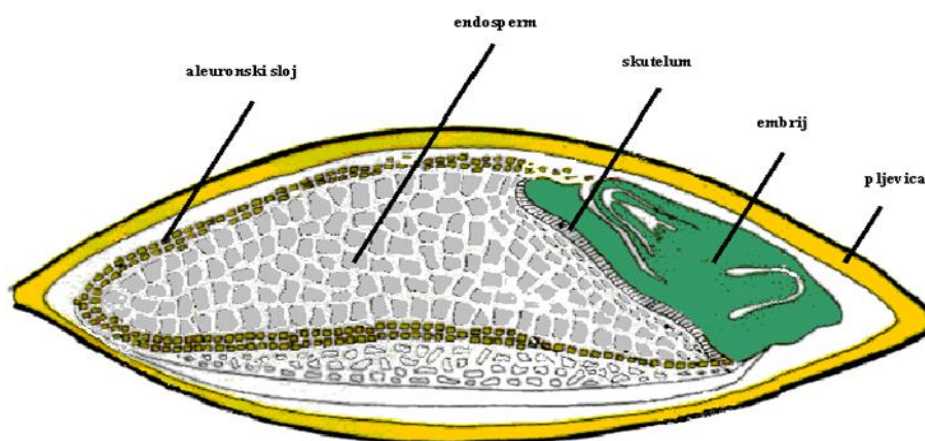
Važno je napomenuti da je ječam bogat bjelančevinama, mineralnim tvarima, topivim šećerima i lipidima. Ovi lipidni spojevi su ključni za početak rasta i neophodni su za sintezu (Marić, Proizvodnja ječmenog slada, 2000.). Kemijski sastav ječma pruža važan uvid u njegovu prikladnost za proizvodnju slada te piva uopće. Osim kvantitete škroba, aspekt maksimalnih proteina, koji je već spomenut, svakako je značajan čimbenik prisutnost vlage. Razina vlage može oscilirati od 12% pa sve do 20% (u slučaju vlažne žetve). Iako je prosječan udio vlage obično oko 14%. Višak vlage u ječmu rezultira smanjenom sposobnošću klijanja, dok istodobno zahtijeva sušenje kako bi se omogućilo sigurno skladištenje (Kunze, Technologie Bauer und Malzer 7. völlig neubearbeitete Auflage, 1994.). Kemijski sastav zrna prikazan je **Tablicom 1.**

*Tablica 1.* Kemijski sastav zrna

materijal	cp/(kJ/(kg °C))	T/°C
olovo	130	20-100
živa	138	0-100
srebro	237	15-100
staklo	834	20-100
aluminij	909	17-100
voda	4184	0-100

Ugljikohidrati igraju značajnu ulogu tijekom procesa prerade ječma i kvantitativno su najistaknutiji komponente. Ključnu ulogu imaju šećer, škrob, celuloza i hemiceluloza. Škrob čini 50-63% ukupne suhe tvari ječma i pohranjen je unutar škrobnih zrnaca u stanicama endosperma. Ova zrnca se sastoje od dviju komponenti: amilopektina i amiloze. Amiloza i amilopektin sadrže lančeve glukoze, ali imaju različite strukture i ponašanje tijekom procesa sladovanja. Hemiceluloze, koje se sastoje od  $\beta$ -glukana i pentozana, čine osnovnu strukturu staničnih stijenki. Šećeri i celuloza prisutni su u manjim količinama unutar ječmenog zrna te ne utječu značajno na kvalitetu i proizvodnju piva. Samo trećina ukupnih proteinskih

sastojaka prisutnih u zrnu prelazi u finalni proizvod piva. Iako udjel proteina u pivu nije znatan, oni mogu značajno utjecati na karakteristike piva i osjetljivost na mutnoću. Smanjenje ukupnog ekstrakta slada otprilike odgovara količini proteina u zrnu (od 0.7-1% u odnosu na postotak proteina). Proteini čine veći dio bjelančevinskih sastojaka u pivu, iznosno 92%. Prema Osbornovoj klasifikaciji, proteini se dijele na prolamine (37%), gluteline (30%), globuline (15%) i albumine (11%). Mineralne tvari su raznovrsni sastojci i među njima se izdvajaju fosfati s oko 35% prisutnosti u obliku fosfor-(V)-oksida, silikati s oko 25% prisutnosti kao silicij-dioksid te kalijeve soli s 20% prisutnosti kao kalij-dioksid. Bez prisutnosti fosfata, proces alkoholnog vrenja ne bi bio moguć jer su reakcije tijekom vrenja ovisne o prisustvu fosforne kiseline. Masti se najviše nalaze u aleuronskom sloju i u klici. U aleuronskom sloju ukupna količina masti je približno 9 puta veća nego u klici. Ove masti su pretežito trigliceridi, u kojima je glicerol esterificiran s tri različite masne kiseline. Među njima su najzastupljenije masne kiseline s dugim lancima kao što su stearinska, oleinska, linolna i linolenska kiselina. Masti su nespojive s vodom i ostaju nepromijenjene u masi. Prisutnost masti uzrokuje raspadanje pjene piva. Među ostalim komponentama se ubrajaju taninske tvari ili polifenoli, smještene pretežno u pljevici. Ako je pljevica deblja, udio taninskih tvari raste, što rezultira izraženijim gorčim i trpkim okusom ječma. Značajni vitamini u ječmenom zrnu uključuju B1, B2, C i E. Vitamini su nužni za vitalne funkcije ljudskog organizma (Kunze, 1999.)



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

### 2.1.2. Ječam u Republici Hrvatskoj

Napredak pivarstva i sladarstva u Republici Hrvatskoj zahtijeva unapređenje kvalitete ječma koji se koristi za proizvodnju piva i povećanje površina koje su posijane ječmom. Postizanje visokih prinosa zrna ječma i pravilne kvalitete za pivarstvo moguće je samo putem izbora kvalitetnih sorti, uz optimalne uvjete uzgoja i odgovarajuću proizvodnu tehniku. Kada se planira proizvodnja ječma za pivarske potrebe, važno je imati na umu da se sav proizvedeni ječam s određenog područja neće moći upotrijebiti za izradu slada. To može biti posljedica nepravilnog odabira sorti ječma, neprikladnih metoda uzgoja, neodgovarajućeg tla, nepovoljnih vremenskih uvjeta tijekom uzgoja i berbe, kao i nedostatnog čuvanja i skladištenja ječma (Divjak, 2005.) (Kovačević, 1994.)

Nakon pšenice u RH se ječam najviše uzgaja, bilo pivarko-točni, pivarski ili stočni i to otprilike oko 50 000 hektara, dok je prinos zrna otprilike 3-4 t/ha. Mali dio ječma namijenjen je prehrani ljudi, dok se najviše koristi u prehrani stoke i značajan dio se koristi u pivarstvu. Tvornica slada „Slavonija Slad“ bavi proizvodnjom slada u regiji Slavonije u Hrvatskoj, s lokacijom u Novoj Gradiški. Potrebe tvornice na godišnjoj bazi su oko 60 000 do 70 000 tona kvalitetnog pivarskog ječma. Za ispunjenje tih zahtjeva na domaćim poljima potrebno bi bilo godišnje zasijati oko 15 000 ha ječma namijenjenog za proizvodnju piva. Nažalost, potrebe sladara za visokokvalitetnim pivarskim ječmom trenutno nisu moguće zadovoljiti putem domaće proizvodnje, te se i dalje značajan dio mora uvoziti. Nedostatna domaća proizvodnja u Hrvatskoj vjerojatno proizlazi iz činjenice da određeni broj proizvođača ostvaruje prinose zrna ispod očekivanog nivoa, a ponekad ne uspijevaju ispuniti početne kriterije kvalitete pivarskog ječma iz subjektivnih ili objektivnih razloga (Ist, 2012.).

U Hrvatskoj se suočavamo s problemom nedostatka visokokvalitetnog pivarskog ječma. Ovaj problem proizlazi iz neorganizirane i nekontrolirane proizvodnje te ograničenog razumijevanja vrijednosti postojećih sorti ječma. Također, postavlja se pitanje o kakvoći ječma, posebno u kontekstu zimske i ozimske varijante. U zemljama sa bogatom poviješću proizvodnje piva, poput zemalja zapadne i centralne Europe, ozimi ječam često se usmjerava prema potrebama stočarstva, dok se jaram ječmu daje prioritet u industriji slada i proizvodnji piva. No, u jugoistočnom dijelu Europe, kao što je Hrvatska, osobito u ravničarskim regijama, ozimi ječam ima prednost zbog sigurnijeg i stabilnijeg prinosa zrna, boljeg iskorištavanja vlage tijekom jeseni i zime, te veće otpornosti na sušu i stresne uvjete



tijekom rasta i dozrijevanja prije ljetnih suša. Iako bi proizvodnja jarog pivarskog ječma mogla biti organizirana u brdsko-planinskim dijelovima Republike Hrvatske, kao što je primjerice Lika, te površine su često male i fragmentirane. Primjećuje se značajna fluktuacija u proizvodnji ječma iz godine u godinu, uglavnom zbog nedostatnog interesa prerađivača, nedovoljnog stimuliranja otkupa ječma za potrebe stočne hrane i industrije slada (Lalić, 1999.).

### 2.1.3. Pivarski ječam

Općenito je prihvatljivo zrno ječma koje je čisto, svijetlo zlatno-bijelo, puno, tankih omotača, umjereno čvrsto i dosljedne dimenzije, za prehrambenu svrhu i poželjno za proces biseriranja. Zrno ječma čvrstoća igra važnu ulogu u definiranju procesa biseriranja i kasnije kvalitete finalne upotrebe ječma. Sorte pivskog ječma obično su mekše, dok su sorte koje nisu namijenjene za slad obično tvrđe. Značajna je povezanost između tvrdoće zrna ječma procijenjene putem indeksa veličine čestica i ekstrakcije sladnog ekstrakta vrućom vodom, kao i indeks kvalitete sladnog ekstrakta ječmenog zrna. Ostale strukturalne i sastavne karakteristike unutarnjeg sloja ječma mogu pridonijeti čvrstoći zrna, uključujući škrob, proteine,  $\beta$ -glukane, i njihove međudjelovanje i pakiranje tijekom procesa napunjavanja zrna (Henry, 1988.).

U osnovi, zdrava zrna ječma obično imaju svijetlu nijansu svijetložute ili blago prljavo bijele boje. Učestalo, pojavljuje se neželjena pigmentacija zrna ječma koja može rezultirati nepoželjnim okusima pri procesu sladovanja i istovremeno smanjenom sposobnošću klijanja i vitalnošću. Boja zrna ječma ima raspon koji varira od nježno žute sve do ljubičaste, pa čak i crne nijanse, a ovakve promjene u boji su uglavnom posljedica prisutnosti antocijana u vanjskim slojevima, kao što su perikarp, ljuska, i/ili aleuronski sloj. Intenzivno obojeni varijeteti također privlače pozornost zbog svojih potencijalnih koristi u funkcionalnoj prehrani, budući da su poznati po svojim antioksidativnim svojstvima. Međutim, većina uzgojenih sorti ječma, koje se koriste u proizvodnji, karakterizira svjetla i nježno žuta nijansa, što se općenito preferira u proizvodnji slada, pivarstvu i prehrambenoj industriji. Cjelokupno zrno ječma sastoji se od otprilike 65% do 68% škroba, 4% do 9%  $\beta$ -glukana, 10% do 17% proteina 2% do 3% slobodnih lipida i 1,5% do 2,5% minerala (Li, 2003.) (Philpott, 2006.).

Tijekom proteklog desetljeća, u proizvodnji je uveden znatan broj novih kultivara ječma. Neki su uvezani iz inozemstva, dok su domaće selekcijske institucije iznjedrile bogat asortiman zimskih i proljetnih varijanti ječma s visokim prinosom. Ovaj raznolik asortiman nužno zahtijeva sustavno ispitivanje kako bi se odabrale odgovarajuće sorte za specifične agroekološke uvjete. Analiza kvalitete slada dobivenog iz zimskih i proljetnih sorti ječma pokazuje da su proljetne sorte imale u prosjeku viši udio proteina u sladu u usporedbi s zimskim sortama, no istovremeno niži viskozitet i veću diastatsku aktivnost slada (Lalić, 1999.). deficit vlage u tlu ima negativne posljedice na rast i razvoj biljaka, rezultirajući smanjenom vitalnošću, a u ekstremnim sušnim uvjetima može dovesti do propadanja biljaka. Proljetni ječam pokazuje veću osjetljivost na sušu u usporedbi s zimskim ječmom, osobito ako se sjetva odgađa. Ozimom ječmu karakteristično je da postiže veću vitalnost, uz duže razdoblje vegetacije u usporedbi s proljetnim, te zahtijeva povećan unos hranjiva. Uzgoj ječma namijenjenog za pivarstvo moguć je na tlima umjerene plodnosti, gdje je uz pravilno doziranu gnojidbu dušikom moguće potaknuti formiranje zrna s višim udjelom ugljikohidrata i umanjenim udjelom proteina. U slučaju proljetnog ječma za pivarstvo, potrebno je ograničiti količinu dušika u tlu, jer viša razina dušika potiče veći udio bjelančevina u zrnu, što nepovoljno utječe na kvalitetu dobivenog slada (Divjak, 2005.) (Gagro, 1997.).

### 2.1.4. Standardi za kvalitetu pivarskog ječma

Kvaliteta zrna ječma namijenjenog za proces sladovljenja ocjenjuje se prema vanjskom izgledu zrna (boja, aroma, dimenzija, oblik, ravnomjernost i očuvanost zrna, čistoća zrna, prisutnost drugih žitarica, pljevica, insekata, broj klijavih zrna u odnosu na ukupan broj, karakteristike pljevice), fizikalnim-kemijskim analizama (hektolitarska masa, klasiranje, masa 1000 zrna, čvrstoća zrna, struktura endosperma/brašnavost, udio vode i proteina), te fiziološkim svojstvima (klijavost, klijanje nakon 3 i 5 dana, osjetljivost na vodu, sposobnost bubrenja). Kod vizualnih karakteristika, važno je istaknuti da bi boja ječma trebala biti svijetlo žuta, a miris svjež poput slame. Neželjene nečistoće mogu uključivati druge vrste žitarica, polomljena zrna i prisutnost štetočina. Što se tiče punoće zrna, bitno je da su ovalnog oblika i da postoji značajna veza između oblika zrna i udjela pljevica. Pljevica bi trebala biti tanka s uzdužnim utorima duž leđne strane (Beluhan, 2012.).

### 2.1.5. Karakteristike uzgoja pivarskoj ječma

Zahtjevi prema vlažnosti i toplini su kod ječma umjereni, u usporedbi s pšenicom. Tijekom razdoblja vegetacije, potrebno je osigurati otprilike 450 mm oborina ravnomjerno raspoređenih kako bi se omogućio neometan rast. Proces klijanja se odvija čak i pri temperaturama od 1 do 2°C, optimalna temperatura za napredak iznosi 15 °C, a dalje podnosi i ekstremne niske temperature do -20°C nakon što je prošao proces kaljenja. Zimsko korištenje vode ječam dobro, rano inicira i ranije završava razdoblje vegetacije, što pridonosi njegovoj nešto većoj otpornosti na sušu. U vrijeme kad se zrna zalijevaju, ječam je najosjetljiviji na nedostatak vode. Korijen ječma je manje razvijen nego kod ostalih žitarica i ne podnosi tla niže kvalitete (posebno tla prikladna za pivarstvo) te kisela tla. Potrebno je izbjegavati takva tla sve dok se ne ispravi njihova kiselost. Optimalan pH iznosi između 6,5 i 7,2. Za uzgoj ječma, treba birati tla koja nemaju problema s dugotrajnim zadržavanjem suvišnih oborinskih voda i visokih podzemnih voda. Njegov uzgoj se obvezno treba provoditi u plodoredu, jer kultivacija u monokulturi dovodi do niskih prinosa i visoke osjetljivosti na bolesti. Za ječam su povoljne predkulture zrnate mahunarke, uljana repica, suncokret, ranije vrste (hibridi) kukuruza, mješavine djetelinsko-travnatih biljaka i druge usjeve. Posebno je važno voditi računa o plodorednom sustavu ako se sije pivarski ječam. Najbolje rezultate postizemo ako se sije nakon: krumpira, industrijskih usjeva (poput suncokreta, uljane repice, šećerne repe) te usjeva zrnastih mahunarki. Obradu tla, oranje za ozimi ječam, potrebno je obaviti 2 do 3 tjedna prije sjetve (ovisno o vremenskim uvjetima i predkulturi) na dubini od približno 15 cm (ako je tlo kompaktno i zadržava vodu, treba ga podrivati). Ovisno o ranijoj ili kasnijoj predkulturi, pristup osnovnoj obradi tla varira. Nakon ranih predkultura, često se provode dva poteza oranja, pliće nakon žetve predkulture i dublje oranje kao osnovna obrada, obično 2 do 3 tjedna prije sjetve (do dubine od 25 cm) uz unošenje minimalnih količina gnojiva predviđenih za osnovnu gnojidbu. Dopunska priprema tla (tanjurača, drljača, sjetvospremač rotodrljača) treba stvoriti drobljeni površinski sloj tla s mrvičastom strukturom do dubine sjetve. Gnojenje ječma se može obaviti organskim gnojivima poput stajskih gnojiva, raznih komposta, gnojnice te drugih organskih izvora. Prvu prihranu ječma najbolje je provesti odmah nakon zime, kada je usjev u početnoj fazi busanja, primjerice s gnojnicom ili gnojovkom. Drugu prihranu treba izvesti samo ako je nužno. Količina čvrstih gnojiva po hektaru trebala bi biti između 10 i 15 tona. Količina gnojnice za jednu prihranu po

hektaru trebala bi biti približno 12 tona. Gnojnica obavezno mora biti razrijeđena vodom u omjeru 1:3 (jedan dio gnojnice prema tri dijela vode). Gnojidbu je najbolje provoditi za oblačnog vremena, rano ujutro ili noću kako bi se izbjeglo isparavanje hranjivih tvari. Za postizanje prinosa od 5 t/ha potrebno je osigurati između 110 i 120 kg dušika, 70 do 80 kg fosfora te 100 do 120 kg kalija. Pri odabiru sorte ječma potrebno je imati na umu njegovu svrhu, koja može uključivati prehranu stoke, industrijsku preradu, proizvodnju slada i druge. Na primjer, ako se ječam uzgaja za proizvodnju piva, tada treba odabrati jednu od dvorednih sorti ječma, bilo da su to jarci ili ozimi ječmovi (dvoredni jer imaju jednoličnija zrna). Sjemenska sjetva ječma provodi se sijačicom u redove s razmakom od 8 do 10 cm. Gustoća usjeva trebala bi iznositi između 300 i 500 kljavih sjemenki/m<sup>2</sup>, sjetva se obavlja na dubini od 3 do 5 cm. Kako bismo izbjegli sušenje usjeva, žetva se provodi kada je vlaga zrna manja od 14%, posebno je važno za pivarski ječam (Gagro, 1997.).

### 2.1.6. Odnos između tvrdoće zrna i kvalitete slada ječma

Fizikalna i mehanička svojstva ječmovih zrnaca, kao i svojstva slada koja iz njih proizlaze, odražavaju se kroz njihov kemijski sastav i unutarnju strukturu. Zrno koje je tvrdo karakterizira se otpornošću na penetraciju stranih tvari ili očuvanjem integriteta tijekom manipulacije. Nasuprot tome, mekše zrno se lako raspada pod pritiskom. Tekstura, koja proizlazi iz organizacije pojedinih komponenti, posebno unutar endosperma, određuje tvrdoću ili mekoću zrna. Veličina stanica i njihova međusobna povezanost unutar tkiva također su od važnosti (A.A.C.C., Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 2000.) (Allison, 1986.).

Fizikalna i mehanička svojstva ječmovih zrnaca, kao i svojstva slada koja iz njih proizlaze, odražavaju se kroz njihov kemijski sastav i unutarnju strukturu. Zrno koje je tvrdo karakterizira se otpornošću na penetraciju stranih tvari ili očuvanjem integriteta tijekom manipulacije. Nasuprot tome, mekše zrno se lako raspada pod pritiskom. Tekstura, koja proizlazi iz organizacije pojedinih komponenti, posebno unutar endosperma, određuje tvrdoću ili mekoću zrna. Veličina stanica i njihova međusobna povezanost unutar tkiva također su od važnosti. Fizikalna i mehanička svojstva oljuštenog ječma i njegovog slada posebno su osjetljivi na karakteristike endosperma i ljuske. Termini poput "brašnastost" i "staklastost" koriste se za opisivanje osobina endosperma. U slučaju "brašnastog"

endosperma, škrobne granule su labavo smještene u proteinskoj matrici, dok "staklasti" endosperm karakterizira čvršća veza između škrobnih granula i proteina. To može rezultirati različitim načinima loma svjetlosti kada pada na površinu zrna (Koliatsou, 2003.) (Osborne, Single-kernel characterization principles and applications, 2003.).

Struktura endosperma duboko utječe na ravnotežu distribucije vode i aktivnosti enzima unutar zrna, što igra ključnu ulogu u dosljednoj modifikaciji tijekom faze proizvodnje slada. Endosperm s više staklastih karakteristika razgrađuje se sporije u usporedbi s onim koji ima više brašnastih svojstava. Ova razlika značajno utječe na ravnotežu i aktivnost enzima te stoga ima značajan utjecaj na proces modifikacije. Međutim, bitno je napomenuti da ova varijacija ne pogađa samo aspekte endosperma; također ima dubokog utjecaja na samu strukturu kariopse, tj. vanjske omotnice zrna ječma. Selekcija genetskih elemenata i vanjskih okolnosti imaju ključnu ulogu u oblikovanju staklastih karakteristika i tvrdoće zrna ječma. Čvrstoća zrna može prosteći iz genetskih sklonosti, dok staklavost može biti rezultat vanjskih faktora poput prekomjernog dušika u tlu ili povišenih temperatura tijekom procesa dozrijevanja. Odnos između brašnavosti, staklastosti i tvrdoće zrna je osjetljiv na utjecaj različitih čimbenika kao što su uvjeti okoliša i genetika (Osborne, 2003.).

### 2.2. SLAD

Slad prikazan na **Slici 3** ima ključnu ulogu tijekom proizvodnje piva, a njegova kvaliteta značajno utječe na konačni rezultat. Izrada slada uključuje proces klijanja ječma u kontroliranim uvjetima, nakon čega slijedi sušenje kako bi se zaustavio daljnji rast. Glavna svrha proizvodnje slada je aktivacija enzima unutar zrna, koji pretvaraju škrob u fermentabilne šećere tijekom kuhanja. Tijekom procesa proizvodnje slada, ječam prolazi kroz niz značajnih promjena. To uključuje promjene u staničnoj strukturi, aktivaciju enzima, razvoj boje (zbog Maillardovih reakcija), stvaranje hlapljivih spojeva poput aldehida i ketona koji pridonose okusu, te razgradnju proteina za hranu kvascu. Dobiveni slad ima višestruku funkciju tijekom kuhanja. Prvo, osigurava fermentabilne šećere potrebne za proizvodnju alkohola kada se kombinira s vrućom vodom, proces poznat kao muljanje ili saharifikacija. To omogućuje prisutnim enzimima u ječmenom sladu da razgrade škrob u jednostavne šećere kao što je glukoza. Drugo, slad doprinosi raznim okusima putem interakcija ugljikohidrata (nastalih iz škroba) s aminokiselinama koje se oslobađaju tijekom razgradnje proteina

tijekom muljanja. Ove reakcije stvaraju aromatične spojeve poput estera koji značajno utječu na okus nakon fermentacije. Također, pigmenti stvoreni Maillardovom reakcijom pružaju pivu različite boje i istodobno dodaju antioksidanse koji mogu biti korisni za zdravlje. Kemijski sastav, mikrostruktura i enzimska aktivnost utječu na performanse različitih sorti slada. Stoga, procjena kvalitete slada osigurava konzistentnost u različitim fazama proizvodnje, uključujući filtraciju sladovine, pažljivu kontrolu temperature tijekom vrenja i drugo. To pruža pivarima veću slobodu u stvaranju jedinstvenih proizvoda prilagođenih željama potrošača. Zaključno, proizvodnja piva oslanja se na kvalitetan slad. Ovaj ključni sastojak osigurava nužne nutrijente i donosi jedinstvene arome, boje i teksture, što omogućuje pivarima eksperimentiranje s raznim tehnikama i stvaranje različitih vrsta piva (Kunze, 1994.) (Šimić, 2009.).



*Slika 3. Slad*

### **2.2.1. Proizvodnja slada**

Ječam koji je uskladišten i očišćen te sortiran može se koristiti za proizvodnju slada. Faze koje su ključne u slađenju jesu močenje, zatim klijanje i za kraj sušenje. Slađenjem se dobiva nova sirovina koju će koristiti mikroorganizmi u procesu ukomljavanja. Prije samog slađenja

enzimska aktivnost je mala. Zato je potrebno suho zrno iz stanja anabioze prevesti u fazu aktivnog života (Štefanić, 1990.).

Tijekom namakanja, događa se povećanje vlage unutar zrnatih struktura. U početnoj fazi, vlažnost ulazi u unutarnji sloj gdje se nalazi zametak, a nakon toga prodiru i u vanjske ovojnice. Ključni čimbenici koji utječu na apsorpciju tekućine obuhvaćaju temperaturu, dimenzije zrna, vrstu, godinu žetve te trajanje namakanje. U procesu uzimanja vlage, zrno započinje s intenzivnim disanjem, stoga je važno osigurati dostatnu količinu kisika. U slučaju izostanka ventilacije, dolazi do unutar-molekularnog disanja, što konačno rezultira umiranjem zrna (Kunze, 1994.). Namakanjem, zrno doživljava povećanje svoje veličine, i njen obujam raste za otprilike jednu trećinu. U toku ove etape, sadržaj vlage u zrnu raste od 42% do 45%. Zaključuje se da je proces natapanja gotov kada osnovni korijenčić prekine vanjski omotač zrna i pojavi se u obliku primjetne bjelkaste tačke (Marić, 2000.)

### 2.2.2. Mikrosladenje

Mikrosladovanje se realizira koristeći proceduru mikrosladovanja koju je usvojila Middle European Brewing Analysis Commission - Srednjoeuropska komisija za analizu pivarstva (MEBAK). Postupak je prihvaćen 6. travnja 1971. kao standardna radna procedura za procjenu i evaluaciju kvalitete sirovina za proizvodnju piva. Procedura mikrosladovanja je detaljno razrađena za pivarski ječam kao sirovinu (MEBAK, 1997.). Mikrosladovanje se provodi u klimatskoj komori (Klimatska testna komora "Climacell 222", Medcenter Einrichtungen GmbH), koja uključuje uređaje za namakanje, klijanje i sušenje sa svom pratećom opremom i automatikom. Postignuta je kontrola relativne vlažnosti zraka pri klijanju ječma na 90% ( $\pm 1\%$ ). Uzorci su posađeni u količini od  $2 \times 1$  kg. Sladovi koji su dobiveni su namočeni, proklijali i osušeni na jednak način. Uklanjanje klica (korijenčića i klica slada) je izvršeno ručno, koristeći sito za korijenčiće. Period od sušenja do analize trajao je mjesec dana kako bi se slad stabilizirao.

### 2.2.3. Preporučene vrijednosti za pokazatelje kakvoće ječmenog slada

Tablica 2. Preporučene vrijednosti za pokazatelje kakvoće ječmenog slada (A.A.C.C., 2006.)

Pokazatelj:	jedinica	Min.	Maks.
vlaga	%		5
ekstrakt (suh. tv.)	%	80.0	
razlika ekstrakta	%	1.2	1.8
boja	EBC (Lov.)	< 3,4	
boja nakon kuhanja	EBC (Lov.)	< 5	5.7
ukupni proteini	%	< 10.8	11.5
Topljivi proteini (kao topljivi N)	g/100g suh. tv. (%)	> 0,65 (4)	
Kolbach index	%	38.0	42.0
Hartong 45°	%	37.0	41.0
Viskoznost	mPa×s (cp)		1.55
β-glukani u sladovini	mg/l		250
pH		5.6	6.0
Diastatska snaga	WK°	250	
Friabilnost	%	80.0	86.0
Staklavost (cijelo zrno)	%		2.5



---

nastavak *tablice 2.*

PDMS			5.0
NDMA	ppb		2.5
Filtrabilnost		Normal	
Saharifikacija	Min.		15
Bistroća sladovine		Bistro	
Sortiranje - iznad 2.5 mm	%	90.0	
Sortiranje - otpaci	%		2.0

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Svrha ove studije je procijeniti kvalitetu slada od jarih pivarskih sorti PI Osijek i usporediti njihove rezultate s onima za najpoznatiju jaru pivarsku sortu "Planet". Kako bi se postigao taj cilj, zadatak istraživanja je procijeniti indikatore kvalitete početnih ječmova i finalnih sladova za 6 novih jarih sorti PI Osijek i 2 referentne sorte. Na temelju dobivenih rezultata i njihovog usporednog analiziranja s dostupnim informacijama u stručnoj literaturi, izložiti ocjenu njihove pivarske kvalitete i klasificirati ih u odgovarajuće kvalitativne grupe za slad.

### 3.2. MATERIJALI I METODE

U eksperimentalnom dijelu istraživanja korišteno je ukupno osam različitih sorti ječma prikazane u **Tablici 2**. Među tim sortama, dvije su korištene kao referentne vrste, a to su Planet i Laureat. Sve sorte ječma potječu od PI Osijek i pripadaju jaroj grupi pivarskog ječma. Za potrebe ovog istraživanja, detaljno su opisane i odabrane kako bi se postigla relevantna analiza. U nastavku su opisane metode i materijali korišteni u eksperimentu, tijekom analize rezultati se zapisuju na Radni list analize slada prikazan na **Slici 4**.

Slavonija slad d.o.o	RADNA LISTA ANALIZE SLADA		NGA-BMS-076 DOC 2064
Izradio:			
Datum:			
Broj otpremnice			
Pivovara			
Rezultat vizualne provjere	OK	NE	
Rezultat provjere infestacij	OK	NE	
Rezultat provjere mirisa	OK	NE	
Moisture:	m(empty pot):		
	m(before drying):		
	m(after drying):		
	Result:		
Extract:	$\rho$ (fine grind):		Result:
	Fine grind P <sup>h</sup> =		Result:
	Coarse grind P <sup>h</sup> =		
	F/C=		
Filtration:			FRE:
Saccharification:			HOM:
Colour:			M:
Viscosity:			
Turbidity:			
pH:			
FAN:			
CSP:			
PC:			
Hartong:	$\rho$ =		
	P <sup>h</sup> =		
	Result:		
Total protein:	mL:		
	asis=		
	Result:		
Soluble protein:	mL:		
	mg/L=		
	Result=		
IK:			
$\beta$ glucan:			

Slika 4. Radni list analize slada

Tablica 3. Uzorci ječma za slađenje i analizu slada

1	Prkos 2022
2	Osk.4.12/5-18
3	Osk.5.45/2-15
4	Osk.4.14/8-18
5	Qugnch
6	Osk.5/12-5-20
7	Laureate
8	Planet

### 3.2.1. Mikroslađenje

Standardno mikroskladovanje ječma (MEBAK, 1997.) se provodi na sljedeći način:

- Obradi se količina od 1 kg odvagano zračno suhog ječma prikazanog na **Slici 5**.



Slika 5. Odvaga ječma prije slađenja

- Dozvoljava se korištenje samo ječma prve klase, frakcije sita sa otvorima 2,5 i 2,8 mm. Ječam treće klase i nečistoće moraju biti odvojeni. Masa ječma koji se koristi se dobiva vaganjem zrna I klase nakon uklanjanja nečistoća.

- Močenje ječma se provodi kombiniranim mokro-suhim postupkom. Temperature vode i zraka su  $14 \pm 0,1^\circ\text{C}$ , a močenje traje 72 sata. Cilj je postići stupanj vlažnosti od 45%.
- Shema močenja:
  - Prvi dan: 5 sati namakanja pod vodom, 19 sati suhog močenja.
  - Drugi dan: 4 sata namakanja pod vodom, 20 sati suhog močenja.
  - Treći dan: Močenje pod vodom se provodi dok se ne postigne stupanj vlažnosti od 44,5% (stupanj vlažnosti se mjeri vaganjem; mora biti 45,5%, kako bi se uzela u obzir 1% površinske vode na zrnu). Ostatak dana je suho močenje. Ako se utvrdi da ječam ne podnosi treće močenje nakon 48 sati, stupanj vlažnosti od 45% se postiže orošavanjem.
- Za klijanje se može koristiti "mirno" ili "pneumatsko" klijanje.
  - Trajanje klijanja: 4 dana.
  - Temperatura vlažnog zraka za klijanje:  $14 \pm 0,1^\circ\text{C}$ .
  - Temperatura klijanog ječma:  $14,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$  (stalno).
  - Relativna vlažnost zraka za klijanje:
    - Prilikom mirnog klijanja: 95-98%.
    - Prilikom pneumatskog klijanja: prezasićenost.
- Prevrtnje klijavog ječma prikazanog na **Slici 6**:
  - Prilikom mirnog klijanja: 1 do 2 puta dnevno.
  - Prilikom klijanja u bubnju: navesti učestalost prevrtanja.



*Slika 6. Proklijali ječam*

- Vlažnost svježeg slada prije početka sušenja u sušari za slad prikazanoj na **Slici 7** mora biti 45-45,5%.

- Shema sušenja:

16 sati na 50°C (H<sub>2</sub>O < 10%).

1 sat na 60°C.

1 sat na 70°C.

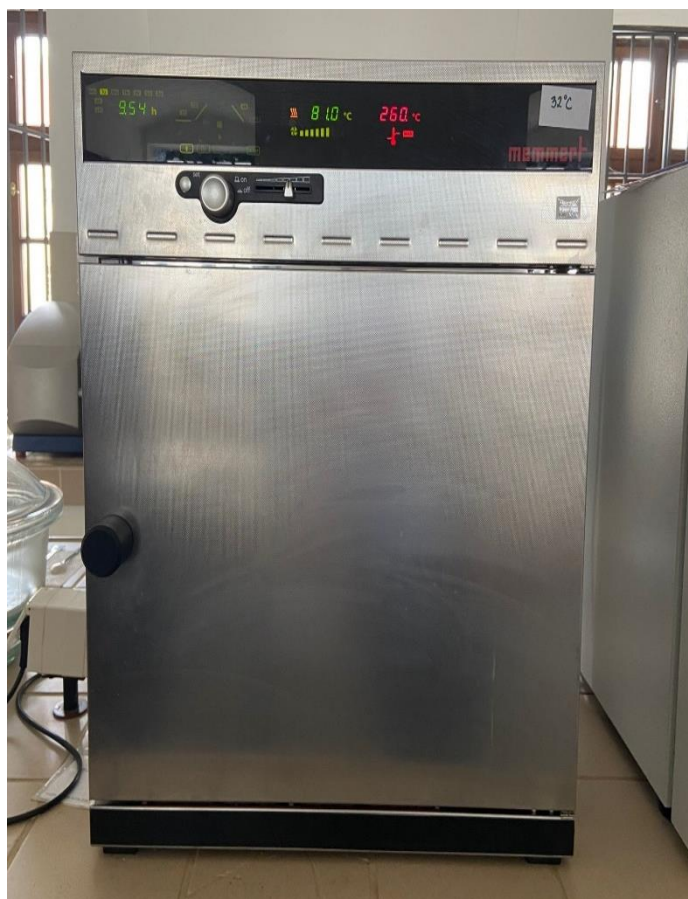
1 sat na 80°C.

Vrijeme povišenja temperature je uključeno u navedeno vrijeme.

Temperatura se mjeri ispod rešetke.

Tolerancija za temperature: ± 1°C.

Ne smije se koristiti zrak sa sumporom za sušenje.



*Slika 7. Sušara za sušenje slada*

- Čišćenje slada mora potpuno ukloniti klijanje bez oštećenja pljevice prikazanog na **Slici 8**.



*Slika 8.* Čišćenje slada bez oštećenja pljevice

- Trajanje procesa sladovanja:  
Močenje: 72 sata (3 dana).  
Klijanje: 96 sati (4 dana).  
Sušenje: 23 sata (oko jedan dan).  
Ukupno: 191 sat (oko osam dana).

#### **3.2.2. Brza metoda određivanje vlage i proteina u ječmu**

U uređaj je smještena kiveta puna s ječmom, treba pritisnuti Barley program na tastaturi i iščitati rezultat s ekrana. Uređaj se zove NIR-spectrofotometar INFRATEC. Podaci određivanja proteina upisuju se u obrasce OB-LB-02 , OB-LB-03 i OB-LB-05.

#### **3.2.3. Određivanje vlage ječma**

Vagati 5 g mljevenog ječma na **Slici 9** u posudicama. Ukloniti poklopac i smjestiti u predthodno zagrijanu pećnicu na temperaturu od 130-133 °C. Sušiti tokom 2 sata. Po završetku procesa sušenja, uzeti posudice iz pećnice, staviti poklopac na njih i premjestiti u eksikator. Izvagati koristeći analitičku vagu. Podaci određivanja vlage upisuju se u obrasce OB-LB-xx. Vлага se izračunava prema jednadžbi:

$$vlaga(\%) = (W1 - W2) / W1 * 100$$

W1 - masa uzorka prije sušenja

W2 - masa uzorka poslije sušenja



Slika 9. Mljeveni ječam prije stavljanja u pećnicu

#### 3.2.4. Određivanje proteina u ječmu

Vagati 1 g mljevenog ječma na filtrir-papir, skupiti i staviti unutar kivete. Priložiti 2 Kjeltabsa i 20 mL sulfatne kiseline. Postaviti na zagrijavanje 2 sata pri temperaturi od 420°C. Nakon toga, ohladiti i dodati otprilike 20 mL destilirane vode. Provoditi destilaciju, izvesti titraciju i provesti izračune u skladu s odgovarajućim računom. Podaci određivanja proteina upisuju se u obrasce OB-LB-01 i OB-LB-05. Izračunati proteine prema **jednadžbi**:

$$\% Nt = T * 14 + 6.25 / W * (100 - M)$$

T - mL utrošenog titranta

W - masa uzorka

M - sadržaj vlage

14 - molarna masa dušika

6.25 - faktor konverzije

#### 3.2.5. Određivanje friabilnosti, homogenosti i staklavosti u sladu

Uzorak slada prosijati kroz sito veličine 2,25 mm. Izvagati 50 grama i postaviti u friabilimetar sa **Slike 10** na trajanje od 8 minuta. Nakon toga, isprazniti cijeli sadržaj mljevenog slada iz sita i izvršiti vaganje. Formula za izračunavanje friabilnosti: Pomnožiti rezultat s 2 i oduzeti od 100, a potom izraziti kao postotak.





*Slika 10.* Friabilimetar-uređaj za mjerenje krhkosti ili lomljivosti

Mljeveni slad prosijati kroz sito veličine 2,25 mm i izvršiti vaganje. Formula za izračunavanje homogenosti: Pomnožiti rezultat s 2 i oduzeti od 100, a rezultat izraziti kao postotak.

Iz odvojenog uzorka identificirati zrna veličine  $\frac{3}{4}$  i veće te odvojiti od uzoraka manjih od toga, razlika prikazana na **Slici 11**. Formula za izračunavanje staklavosti: Pomnožiti rezultat s dva i izraziti kao postotak.



*Slika 11.* Razlika uzoraka koji su  $\frac{3}{4}$  i veći te manjih od toga

#### 3.2.6. Metoda Hartong 45 ° C

Metoda Hartong, kod koje se održava stabilna temperatura od 45 °C **Slika 12**, služi za detekciju modifikacije, enzimske aktivnosti (uz izuzetak  $\alpha$ -amilaze) i tijesno je povezana sa sadržajem topivog dušika. Također, daje nam nagovještaj o potrebnoj hranjivoj vrijednosti potrebnoj za razvoj kvasca u pivovari. Cilj ove metode je opisati postupak određivanja razlike

fine i grube meljave ekstrakta u zadanom uzorku. Metoda se primjenjuje na određivanje razlike ekstrakta u proizvodu. Zagrijati 350 mL destilirane vode na 45°C i postaviti je u 50 g fino mljevenog slada (0,2 mm razmak na mlinu). Odabrati Hartong program 45: održavati temperaturu na 45°C tijekom jednog sata, a zatim ohladiti na 20°C. Dodati destiliranu vodu do ukupne mase od 450g.



Slika 12. Uređaj za Hartong pri 45 °C

Izvršiti filtraciju **Slika 13**

Postupak filtracije:

- Postaviti filter papir u lijevak tako da ne strši iznad ruba.
- Sadržaj posude promiješati pomoću staklenog štapića i prebaciti na filter papir.
- Prvih 100 mL filtrata vratiti na filter papir.
- Drugih 100 mL filtrata koristiti za mjerenje uz pomoć uređaja za gustoću.
- Rezultat unijeti u proračun iz kojeg će se dobiti rezultat za metodu Hartong pri 45°C.



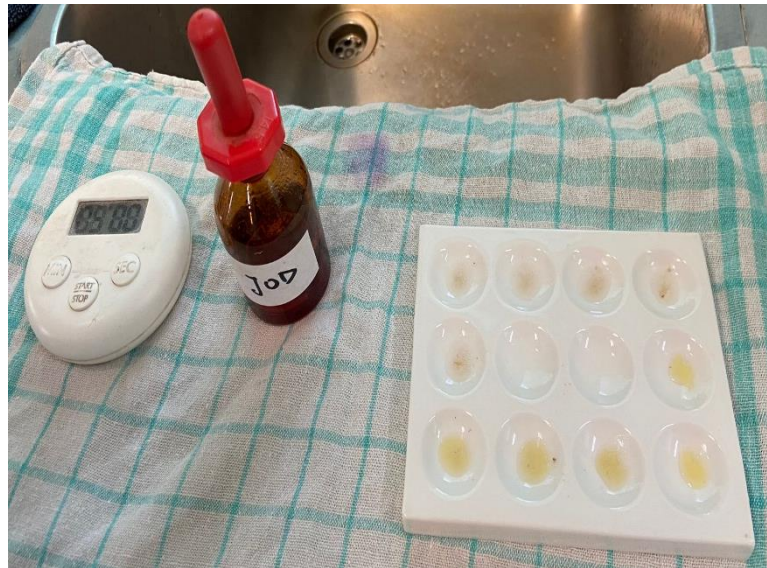
*Slika 13.* Filtracija

#### 3.2.7. Određivanje sadržaja ekstrakta u sladu

Staviti 200 mL zagrijane destilirane vode na 45°C u 50 g fino mljevenog slada. Namjestiti program za Congress Mash: pola sata održavati temperaturu na 45°C. Zatim, postepeno povećavati temperaturu za jedan stupanj svake sljedeće minute dok se ne dosegne 70°C. Tada dodati 100 mL destilirane vode zagrijane na istu temperaturu. Počevši od tog trenutka, započeti mjerenje vremena ošećerenja **Slika 14**.

Postupak ošećerenja:

- Deset minuta nakon što je postignuta temperatura od 70 °C, kapljicu sladovine staviti na porculansku zdjelicu i dodati kapljicu jodne otopine.
- Ponavljati test svakih 5 minuta dok se ne postigne žuta boja. Ako ošećerenje ne bude dovršeno unutar sat vremena, zaustaviti test.
- Rezultate izraziti u rasponima vremena: ispod 5 minuta, 10-15 minuta, 5-20 minuta itd.
- Održavati temperaturu od 70°C tijekom jednog sata, a zatim ohladiti na 20°C. Dodati destiliranu vodu do ukupne mase od 450 g.



Slika 14. Mjerenje vremena ošećerenja

Nakon toga izvršiti filtraciju. Staviti filter papir na lijevak na način da ne prelazi rub lijevka. Promiješati sadržaj u posudi koristeći stakleni štapić te istresti na filter papir. Započeti mjerenje vremena filtracije. Sljedećih 100 mL stavlja se u staklenu čašu i koristi za nadolazeća mjerenja. Zaustaviti mjerenje filtracije dok se kolač na filter papiru ne osuši. Izraziti brzinu filtracije na sljedeći način:

- "normalna" ako filtracija završi unutar 1 sat
- "spora" ako filtracija traje dulje od 1 sat

#### 3.2.8. Optička metoda određivanja boje

Izvršiti filtraciju sladovine, prebaciti je u kivetu i komparator. Usporediti boju sa standardnim diskovima i izraziti je u EBC jedinicama.

#### 3.2.9. Određivanje viskoziteta

Za određivanje viskoziteta sladovine, potrebno je mjeriti vrijeme prolaska kuglice kroz uzorak sladovine od početne do konačne oznake na staklenoj cijevi, pri temperaturi od 20°C. Prije početka mjerenja vremena, uzorak bi trebao stajati 15 minuta unutar cijevi. Nakon mjerenja, vrijeme izraženo u sekundama treba pomnožiti s faktorom viskozimetra i izraziti rezultat u milipascal-sekundama (mPas). Viskozitet se mjeri mikroviskozimetrom prikazanom na **Slici**

**15.**



Slika 15. Mikroviskozimetar

### 3.2.10. Određivanje ukupnog dušika, topljivog dušika i Kolbachovog broja

Metoda određivanja ukupnog dušika po Kjeldahlu (MEBAK-I 2.5.2.1.) koristi se za analizu slada. Rezultati se preračunavaju u ukupne bjelančevine množenjem s faktorom 6,25. Dušične komponente u sladu razgrađuju se koristeći vruću sumpornu kiselinu uz prisutnost katalizatora, pri čemu se oslobađaju amonijak, voda, i ugljični dioksid ( $H_2O$ ,  $CO_2$  i  $NH_3$ , odnosno amonijev sulfat). Digestat se naknadno neutralizira s natrijevim hidroksidom ( $NaOH$ ), a oslobođeni amonijak predestilira se u otopinu borne kiseline, te se zatim određuje titracijom s standardnom otopinom 0,1 N sumporne ili solne kiseline. Formula za proračun ukupnog dušika (% suhe tvari):

$$ukupni\ N\ (\% \text{ s. tv.}) = \frac{GP - SP}{odv \times (100 - w)}$$

Topivi dušik predstavlja dio dušikovih spojeva koji se pod uvjetima ekstrakcije otapa u otopini. Metoda za određivanje topivog dušika temelji se na gore navedenom postupku za ukupni dušik, uz izuzetak pripreme uzorka i prezentacije rezultata (EBC-V 4.9.1).

$$Izračun: \text{topljivi } N \left( \frac{mg}{L} \right) = (GP - SP) \times 1,4 \times F \times 50$$



GP = potrošnja 0,1 M kiseline u glavnom ispitivanju, mL;

SP = potrošnja 0,1 M kiseline u slijepom ispitivanju, mL;

F = faktor 0,1 M kiseline.  $topljivi N (mg/L) = (GP - SP) \times 1,4 \times F \times 50$

Povećan sadržaj bjelančevina u zrnu dovodi do većeg sadržaja topivog dušika, budući da bjelančevine u zrnu djeluju kao supstrat za proces proteolize. Ovaj proces prati zakonitost prema kojoj se koncentracija proizvoda povećava s povećanjem koncentracije supstrata.

Kolbach-ov indek računa se prema jednadžbi:

$$\text{Kolbach-ov broj (\%)} = \frac{\text{otopljeni N (g/100g SM slada)}}{\text{ukupni N (\% SM slada)}} \times 100$$

#### 3.2.11. Određivanje slobodnog $\alpha$ -amino dušika

Za određivanje  $\alpha$ -aminodušika koristi se EBC-ova ninhidrijska metoda koja pruža vrijednosti koje odražavaju količinu slobodnog  $\alpha$ -aminodušika iz aminokiselina. Ninhidrin djeluje kao oksidacijsko sredstvo, potiče oksidativnu dekarboksilaciju aminokiselina uz otpuštanje CO<sub>2</sub> i NH<sub>3</sub>, te stvaranje aldehida koji ima jedan atom ugljika manje od početne aminokiseline. Reducirani ninhidrin reagira s neoksidiranim ninhidrinom i oslobođenim NH<sub>3</sub>, rezultirajući plavim obojenjem (osim za prolina, koji daje žutu boju). Ova reakcija uključuje fruktozu kao redukcijsko sredstvo. Za postupak se uzorak zagrijava zajedno s ninhidrinom **Slika 16** pri pH 6,7, a intenzitet nastalog bojenja se mjeri na spektrofotometru pri valnoj duljini od 570 nm. Slobodni amino N računaju se prema jednadžbi:

$$\text{Slobodni amino N} \left( \frac{mg}{100g} \text{ SM slada} \right) = \frac{N \times E}{e \times 10}$$



Slika 16. Uzorak se zagrijava sa ninhidridom

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

Ispitivanja su provedena korištenjem enzimске metode za Mixed-Linkage Beta-Glucan, poznate kao McCleary metoda. Postupak uključuje odvaživanje uzorka i standarda u kivete, nakon čega se dodaje određena količina etanola i natrijevog fosfata. Nakon miješanja, inkubacija se izvodi naizmjenice u kipućoj vodenoj kupelji i vortexu tri minute, slijedeća inkubacija je na 50 °C, pet minuta. Zatim se dodaje enzim lichenase, kivete se zatvaraju i ponovno inkubiraju na 50 °C, tijekom jednog sata uz vortexiranje svakih 15 minuta. Nakon sat vremena, dodaje se natrijev acetat, miješa se i centrifugira 10 minuta pri 1000 okretaja u minuti. Dobiveni uzorak se podijeli u tri kivete: u prve dvije se dodaje enzim  $\beta$ -glukozidaza, a u treću natrijev acetat. Inkubacija se provodi na temperaturi od 50 °C, tijekom 10 minuta. U drugoj fazi, priprema se glukozni standard s natrijevim acetatom u dvije kivete, dok se u trećoj koristi samo natrijev acetat. Sve kivete se zatim tretiraju GOPOD reagensom i inkubiraju 20 minuta na 50 °C. Nakon toga slijedi mjerenje apsorbancije na 510 nanometara uz kontrolnu probu **Slika 17**. Konačni udio  $\beta$ -glukana se izračunava primjenom odgovarajuće formule:

$$\begin{aligned} \beta - \text{glukan} &= \Delta E \times F \times 94 \times 1/1000 \times 100/W \times 162/180 \\ &= \Delta E \times F/W \times 9,27 \text{ [g/100 g suhe tvari uzorka]} \end{aligned}$$

$\Delta E$  = razlika u apsorbanciji između uzorka i slijepe probe,

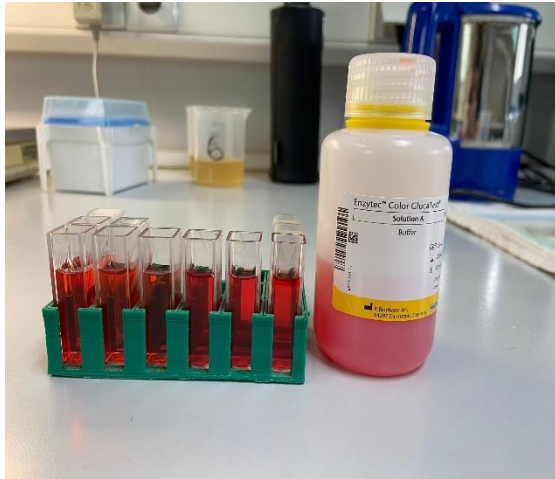
F = faktor 100  $\mu\text{g}$  glukoze / apsorbancija za 100  $\mu\text{g}$  glukoze,

94 – korekcija za volumen (0,1 ml uzeto iz 9,4 ml),

1/1000 – konverzija  $\mu\text{g}$  u mg,

100/W – faktor za izražavanje udjela  $\beta$ -glukana kao postotka od suhe tvari uzorka (W – masa suhe tvari uzorka u mg),

162/180 – prilagodba slobodne glukoze prema bezvodnoj glukozi (A.A.C.C., 2006.)



Slika 17. Priprema za mjerenje apsorbancije na 510 nm

#### 3.2.13. Konačni stupanj prevrenja

Udio ugljikohidrata koji se nalazi u sladovini i koji kvasac može metabolizirati je u odnosu sa konačnim prevrenjem. Stupanj prevrenja se pomnoži sa 0,81 i s tim se dobije konačna prevrelost. Konačna prevrelost je bolja što je rezultat veći od 78%.



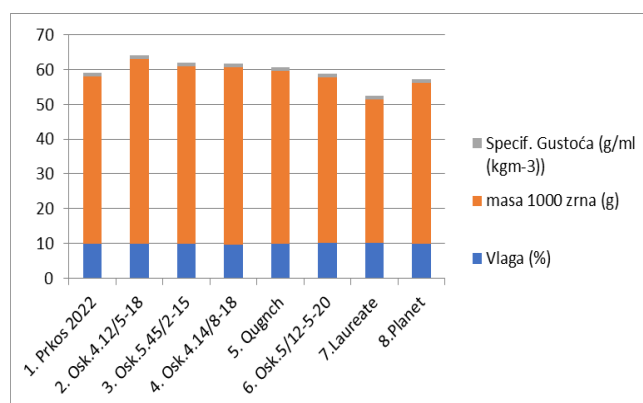
## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

## 4.1. REZULTATI

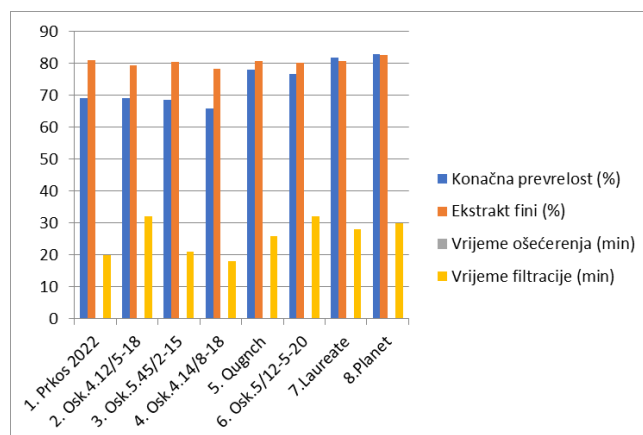
Tablica 4. Rezultati određivanja pokazatelja sladarske kakvoće jarih sorti ječma

uzorak br.	matriks		1	2	3	4	5	6	7	8
Vlaga	zrno	%	9,9	9,8	9,8	9,6	10	10,1	10,2	9,9
masa 1000 zrna	zrno	g	48,15	53,34	51,21	51,01	49,71	47,77	41,24	46,18
Specif. gustoća	kong. sladovina	g/ml (kgm <sup>-3</sup> )	1,03287	1,03238	1,03271	1,03198	1,0379	1,03065	1,0307	1,03165
Konačna prevrelost	kong. sladovina	%	69,2	69,2	68,7	66	77,9	76,8	81,9	82,8
Ekstrakt fini	kong. sladovina	%	80,9	79,5	80,4	78,3	80,6	80,3	80,6	82,7
Vrijeme oščećenja	kong. sladovina	min	20-25	20-25	20-25	20-25	20-25	20-25	10-15	10-15
Vrijeme filtracije	kong. sladovina	min	20	32	21	18	26	32	28	30
Proteini	kong. sladovina	%	10,4	10,7	10,7	12,1	10,5	10,8	10,1	9,6
Topivi dušik	kong. sladovina	mg/l	608	592	576	672	560	560	624	624
Topivi dušik u s.tv.	kong. sladovina	%	3,8	3,7	3,6	4,2	3,5	3,5	3,9	3,9
Kolbach indeks	kong. sladovina	%	36,7	34,9	33,8	34,8	32,8	31,9	38,6	40,6
a-amino N	kong. sladovina	mg/l	178	153	153	189	158	150	213	220
Hartong 45	kong. sladovina	%	34,1	31	31,6	35,4	30,7	29	49,3	51,5
Viskoznost	kong. sladovina	mPa s	1,95	2,13	2,23	1,84	2,06	2,03	1,63	1,56
b-glukani	kong. sladovina	mg/L	783	789	753	753	890	876	705	493

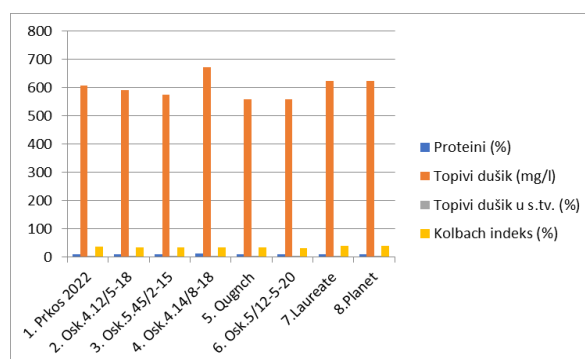
## 4.1.1. Obrada rezultata



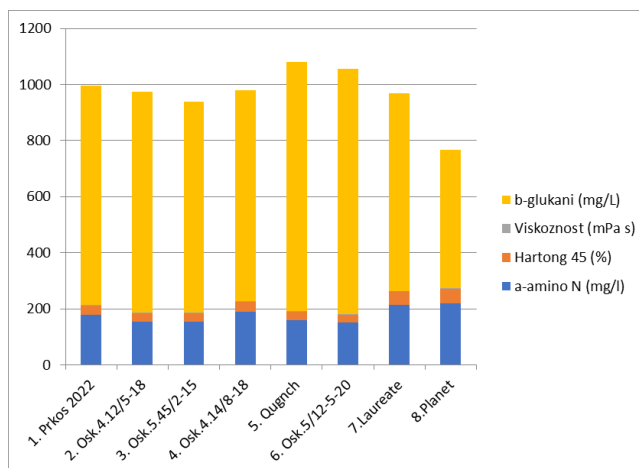
Slika 18. Odnos specifične gustoće, mase 1000 zrna i vlage jarih ječmenih sorti



Slika 19. Odnos konačnog prevrenja, finog ekstrakta, vremena oštećenja i vremena filtracije jarih ječmenih sorti



Slika 20. Odnos proteina, topivog dušika, topivog dušika u s.tv. i Kolbach-ovg indeksa jarih sorti



Slika 21. Odnos  $\beta$ -glukana, viskoznosti, Hartong 45 ° C i  $\alpha$ -amino dušika (FAN) u jarim sortama

## 4.2. RASPRAVA

Polazni pokazatelji kvalitete povezani s ispitivanjem sortama dobiveni su od selekcionara s Poljoprivrednog Instituta Osijek. Ukratko rečeno, radi se o novim sortama jarog ječma za ishranu životinja i pivarstvo. Kako se zahtjevi za kvalitetom kod ove dvije namjene razlikuju upravo je cilj ovog istraživanja bio ustanoviti koja od tih sorti zadovoljava standarde za primjenu u pivarstvu. Kako i agroklimatski uvjeti i tip tla imaju značajan utjecaj na fiziološki razvoj ječma i time na agronomske pokazatelje sorte te posredno i na njene tehnološke (pivarske) karakteristike. Također, primijećeno je da ovi faktori imaju značajniji utjecaj na fenotipski determinirane pokazatelje (poput ukupnog i topljivog dušika), dok je njihov utjecaj na genotipski determinirane pokazatelje (kao što je  $\beta$ -glukan) manje izražen. Budući da je ovaj rad usredotočen na analizi kakvoće jarih pivarskih sorti Poljoprivrednog Instituta Osijek daljnja analiza će se fokusirati na evaluaciju ostvarenih rezultata prikazanih u **Tablici 4** i njihovu komparaciju s preporučenim vrijednostima prisutnim u stručnoj i znanstvenoj literaturi.

Na **Slici 18** se promatra odnos specifične gustoće, mase 1000 zrna (apsolutne mase) i vlage različitih uzoraka. Dobiveni rezultati istraživanja vlažnosti jarih sorti ječma, ukazuju na značajno povećanje vlažnosti u usporedbi s preporučenim vrijednostima koja iznosi max. 5%. Agroklimatski uvjeti i specifičnosti tla igraju ključnu ulogu u ovim varijacijama. Posebno je važno napomenuti da visoka vlažnost može negativno utjecati na tehničke karakteristike

ječma i procese prerade. U tom smislu, optimizacija agrotehničkih praksi i osobito postupaka dosušivanja prije skladištenja može biti ključna za postizanje željenih razina vlažnosti, čime se osigurava optimalna kvaliteta ječma i slada te njihova primjena u pivarskoj industriji uz izbjegavanje nepoželjnih pojava poput zagađenja plijesnima i njihovim toksinima. Rezultati koji su navedeni za apsolutnu masu ukazuju na varijabilnost mase 1000 zrna među različitim uzorcima ječma i poželjno je da je što veća jer su dvije ključne komponente u endospermu zrna (škrob i proteini) u tzv. formalnoj korelaciji što znači da se zajedno nadopunjavaju do otprilike 100. Kako se porastom mase endosperma ovaj odnos mijenja u korist škroba jasno je zašto je poželjna što veća masa 1000 zrna. Apsolutna masa zrna ječma određuje se vaganjem nasumično odabranih 1000 cijelih zrna na elektroničkoj vagi, a izražava se u gramima na suhu tvar. Masa 1000 zrna pokazuje značajnu varijabilnost, što ovisi o faktorima poput veličine i oblika zrna, sorte ječma, karakteristika tla i klimatskih uvjeta. Ova analiza pruža informacije o raspodjeli veličine zrna te potencijalnom prinosu mljevenja, pri čemu apsolutna masa često značajno zavisi od dimenzija zrna poput duljine, širine i promjera. Apsolutna masa uglavnom iznosi 20-45g što pri čemu Laureate najviše zadovoljava ovaj standard sa rezultatom od 41,24g na 1000 zrna ječma.

Na **Slici 19** što se tiče vremena ošecerenja dobiveni rezultati interpretirani su kao vremenski intervali: između 10 i 15 minuta kod referentnih uzoraka Planeta i Laureatea te između 20-25 minuta kod ostalih uzoraka, što se smatra prihvatljivim jer je u intervalu do 60 minuta. Vrijeme filtracije koje je završeno u vremenu ispod sat vremena, naziva se normalna filtracija, dok preko sat vremena je spora filtracija. Svi uzorci imaju vrijeme filtracije ispod 60minuta te se to smatra normalnom filtracijom. Postotak finog ekstrakta je približni jednakih vrijednosti kod svih uzoraka. Razgradnju staničnih stijenki endosperma te koliko je njihova uspješnost pokazuje razlika ekstrakta fino i grubo mljevenog slada, koja ovisi o sorti, ali i o vremenskim uvjetima. Stupanj konačne prevrelosti odgovara prema preporučenim vrijednostima u uzorcima 7 i 8 te iznosi iznad 78%.

**Slika 20** prikazuje odnos proteina, topivog dušika, topivog dušika u s.tv. i Kolbach-ovg indeksa jarih sorti. Sadržaj proteina u sladu može varirati ovisno o vrsti slada i proizvođaču, no uobičajeno se kreće između 9% i 12% proteina u suhoj tvari. Važno je napomenuti da se različite vrste slada koriste za različite svrhe, pa tako i njihov sadržaj proteina može varirati. Na primjer, slad koji se koristi za proizvodnju piva često ima niži sadržaj proteina kako bi se

postigla bolja kvaliteta vrenja i bistrenja. Svi uzorci se kreću u određenom intervalu. Netopljive bjelančevine se prevode u topljivi oblik do aminokiselina, budući da su senzorske osobine umanjene kao i što izaziva procesne probleme udio topljivog N nije dopušten u visokoj mjeri u sladovini, dok iščitavajući vrijednosti sa slike može se primijetiti da je udio topivog N vrlo visok. Kolbachov indeks (omjer topljivog prema ukupnom N) kreće se u intervalu od 38-42% čime daje piva poželjnih karakteristika, uzorci Planet i Laureate jedini se nalaze unutar određenog intervala.

Odnos  $\beta$ -glukana, viskoznosti, Hartong 45 ° C i slobodni  $\alpha$ -amino dušika (FAN) u jarim sortama prikazan je na **Slici 21**. Preporučena vrijednost viskoznosti ječmenog slada je max. 1.55 mPa $\times$ s, ispitani uzorci uglavnom odgovaraju toj vrijednosti, najveće odstupanje ima uzorci 1, 2, 3, 5, 6. Američka udruga za pivarski ječam postavlja dodatno stroge smjernice, preporučujući da se koncentracija  $\beta$ -glukana u sladovini ne bi trebala podizati iznad 100 mg/L za dvoredni ječam, dok je gornja granica za šesteroredni ječam postavljena na manje od 120 mg/L (Kristina Habschied, 2020.),  $\beta$ -glukani prema prikazanom grafu uvelike odstupaju od preporučene vrijednosti. Hartongov broj (VZ 45°C) je mjerilo za djelovanje proteolitičkog i citolitičkog enzimskog kompleksa na temperaturi izotermnog ukomnjavanja od 45°C. Vrijednost pri kojoj se kreće Hartongov broj je 37 do 41%, dok vrijednosti uzoraka se kreću od 29 do 51,5% što te ne odgovara preporučenim vrijednostima vrijednost. Mnogi autori navode razinu od 140 mg N/l FAN-a (Bely, 1990.), što znači da kvasci mogu iskoristiti dušik. Svi analizirani uzorci prekoračuju preporučenu vrijednost.

## **5. ZAKLJUČCI**

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

1. Agroklimatski uvjeti i tip tla imaju značajan utjecaj na fiziološki razvoj ječma, što dalje utječe na agronomske i tehnološke karakteristike sorte. Ovaj utjecaj je posebno izražen u fenotipski determiniranim pokazateljima kao što su ukupni i topljivi dušik.
2. Analizirana je vlaga slada, a rezultati su pokazali varijabilnost iznad preporučenih vrijednosti, što može negativno utjecati na tehničke karakteristike i procese prerade. Važnost dosušivanja prije skladištenja kako bi se postigla željena razina vlažnosti postala je očita.
3. Apsolutna masa zrna ječma, mjerena kao masa 1000 zrna, pokazala je značajnu varijabilnost koja ovisi o sorti, veličini i obliku zrna te karakteristikama tla i klimatskim uvjetima.
4. Vrijeme ošećerenja, filtracije i postotak finog ekstrakta predstavljaju ključne tehničke parametre koji su se pokazali unutar prihvatljivih granica za ispitivane uzorke. To sugerira da su tehničke karakteristike ovih sorti ječma zadovoljavajuće za pivarsku proizvodnju.
5. Sadržaj proteina u sladu varira u sadržaju topivog dušika i topljivog dušika u suhoj tvari. Ovaj aspekt ima potencijalno značajne implikacije na proizvodnju piva, posebno u pogledu vrenja i bistrenja.
6. Prikazani su i podaci o  $\beta$ -glukanima, viskoznosti, Hartongovom broju i slobodnim  $\alpha$ -aminokiselinama (FAN). Rezultati ukazuju na varijacije u odnosu na preporučene vrijednosti za ove parametre, posebno u pogledu  $\beta$ -glukana Hartongovog broja i slobodnim  $\alpha$ -aminokiselinama. Preporučena vrijednost za  $\beta$ -glukana 100 mg/L dok se rezultati uzoraka kreću od 493-890 mg/L. Hartongov broj je 37 do 41%, ispitivani uzorci imaju rezultat od 29 do 51,5%. Vrijednost FAN je 140 mg N/L, dok uzorci imaju rezultate od 150 do 220 mg N/L.
7. Iako su neki parametri unutar preporučenih vrijednosti, postoje odstupanja koja bi trebala biti fokus budućih istraživanja i praksi kako bi se osigurala dosljedna i optimalna kvaliteta slada za pivarsku proizvodnju.
8. Potencijal da postane pivarska sorta od svih ispitanih uzoraka bile bi sorte Laureate i Planet. Laureate se razlikuje po boljoj apsolutnoj masi, dok ostale važne analize kao što su konačno prevrenje, vrijeme ošećerenja, vrijeme filtracije te vrijednosti Kolbachovog broja, proteina i viskoznosti kod obe sorte odgovaraju preporučenim vrijednostima.



## **6. LITERATURA**

- A.A.C.C. (2000.). *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*. USA: The Society: St. Paul, MN.
- A.A.C.C. (2006.).  $\beta$ -Glucan Content of Barley and Oats-Rapid Enzymatic Procedure. *American Association of Cereal Chemists*, str. 23-32.
- Allison, M. J. (1986.). Relationships between milling energy and hot water extract values of malts from some modern barleys and their parental cultivars. *J. Inst. Brew*, str. 604–607.
- Behall KM, S. D. (2004.). Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Am J Clin Nutr* 80, 93-1185.
- Beluhan, S. (2012.). *Bakteriološki i fizikalno-kemijski pristupi praćenju proizvodnje piva*. Zagreb: PBF.
- Bely, M. J. (1990.). Automatic detection of assimilable nitrogen deficiencies during alcoholic fermentation in oenological conditions. *Journal of Fermentation Bioengineering*, str. 246-252.
- Divjak, T. (2005.). *Usporedba klasičnih i novih metoda za analizu pivarskog ječma i slada*. Zagreb: PBF.
- Gagro, M. (1997.). *Poljoprivreda na obiteljskom gospodarstvu – Uzgoj žitarica i mahunarki*. Zagreb.
- Henry, R. (1988.). Changes in  $\beta$ -glucan and other carbohydrate components of barley during. *Sci Food Agric* 42., str. 41-333.
- Hough, J. i. (1976.). *Naučni aspekti sladarstva i pivarstva (preveo Gaćeša, S.)*. Beograd: Poslovno udruženje industrije piva i slada Jugoslavije.
- Koliatsou, M. i. (2003.). Novi pristup procjeni mekoće i tvrdoće sorti ječma i veza mekoće s parametrima sladarenja. *J. Am. Soc. Brew. Chem*, str. 114–118.
- Kovačević, J. i. (1994.). Mogućnosti proizvodnje ječma i slada u Republici Hrvatskoj. *Poljoprivredne aktualnosti*, str. 457-469.

- Kristina Habschied, A. L. (6. Veljača 2020.).  $\beta$ -Glucan Degradation During Malting of Different Purpose Barley Varieties. *Fermentation*.
- Krmpotić, K. (2007.). Izoliranje i karakteriziranje škroba iz različitih sorti ječma. *Diplomski rad*. Osijek: Prehrambeno-tehnološki fakultet.
- Kunze, W. (1994.). *Technologie Bauer und Malzer 7. völlig neubearbeitete Auflage*. Berlin: VLB Berlin.
- Kunze, W. (1999.). *Technology Brewing and Malting*. Berlin: VLB Berlin.
- Lalić, A. i. (1999.). Urod zrna i temeljni pokazatelji kakvoće ječma za slad u uvjetima Slavonije i Baranje. *Agronomski glasnik*, str. 243-253.
- Li, J. K. (2003.). Effects of barley intake on glucose tolerance, lipid metabolism, and bowel function in women. *Nutr 19*, str. 9-926.
- list, G. (rujan 2012.). Sjetva ozimih žitarica br.28.
- Marić, V. (2000.). Proces proizvodnje ječmenog slada . *Biotehnološki aspekti u Poljoprivredi i Sirovinama.*, str. 155-180.
- Marić, V. (2000.). Proizvodnja ječmenog slada. U *Biotehnologija i sirovine* (str. 155-180). Zagreb: Poljoprivredni fakultet Osijek i Agronomski fakultet.
- Newman RK, L. S. (1989.). Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Nutr Rep Intl 39*, 60-749.
- Osborne, B. G. (2003.). Single-kernel characterization principles and applications. *Cereal Chem*, str. 613–622.
- Osborne, B. G. (2003.). Single-kernel characterization principles and applications. *Cereal Chemistry*, str. 613-622.
- Philpott, M. C. (2006.). In situ and in vitro antioxidant activity of sweet potato anthocyanins. *J Agric Food Chem 54.*, str. 5-1710.
- Šimić, G. (2009.). Utjecaj genotipa i okolišnih uvjeta na parametre sladarske kakvoće ozimog ječma (*Hordeum vulgare* L.). *Disertacija*. Osijek: Poljoprivredni institut Osijek.
- Štefanić, K. M. (1990.). *Pivarski priručnik*. Beograd: Jugoslavensko udruženje pivovara.