

Ocjena sladarske kakvoće ozimih pivarskih sorti ječma Poljoprivrednog Instituta Osijek

Kolaković, Ana

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:109:926949>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-22**

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**

Ana Kolaković

**OCJENA SLADARSKE KAKVOĆE OZIMIH 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...
Katedra za...

Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Biotehnološka proizvodnja hrane

Tema rada je prihvaćena na (VII) 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 SLADARSKE KAKVOĆE OZIMIH PIVARSKIH SORTI JEČMA POLJOPRIVREDNOG INSTITUTA OSIJEK

Ana Kolaković, 0113146667

Sažetak: (najviše 200 riječi)

U ovom istraživanju je analizirana kvaliteta slada dobivenog iz ozimih 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 β -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, ozimi sorta

Rad sadrži: 50 stranica
21 slika
2 tablica
0 priloga
15 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. dr.sc. Alojzije Lalić, znanstveni savjetnik | 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 ...
Subdepartment of ...
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program ...

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title:

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

Mentor: Vinko Krstanović PhD, prof.

Technical assistance: Kristina Mastanjević, PhD. assoc. prof.

The Study of Malting Quality of the quality of Winter Brewing Barley Varieties of the Agricultural Institute Osijek

Ana Kolaković, 0113146667

Summary: (*up to 200 words*)

This study focused on analyzing the quality of malt derived from winter 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, β -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: 50 pages
21 figures
2 tables
0 supplements
15 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|--------------|
| 1. <i>Kristina Mastanjević</i> , PhD, associate prof | chair person |
| 2. <i>Vinko Krstanović</i> , PhD, prof. | supervisor |
| 3. <i>Alojzije Lalić</i> , PhD, prof. | member |
| 4. <i>Ante Lončarić</i> , PhD, associate prof. | stand-in |

Defense date: September 28th,2023.

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

Zahvaljujem se svim profesorima i suradnicima sa Prehrambeno- tehnološkog fakulteta u Osijeku koji su bili pristupačni i uljepšali protekle godine studiranja. Posebne zahvale mentorima koji su pomagali prilikom pisanja diplomskog rada.

Zahvale mojim prijateljima, mom Davidu i cijeloj porodici koji su bili uz mene motivirali me i vjerovali u moje sposobnosti.

Najveće zahvale roditeljima Sanji i Željku koji su cijelo vrijeme čuvali leđa, i u teškim trenucima ohrabivali te mi omogućili ovo obrazovanje.

Sadržaj

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 3 |
| 2.1. JEČAM | 4 |
| 2.1.1. GRAĐA I KEMIJSKI SASTAV ZRNA JEČMA | 4 |
| 2.1.2. PIVARSKI JEČAM | 6 |
| 2.1.3. FIZIOLOŠKE OSOBINE JEČMA | 8 |
| 2.1.4. KEMIJSKO FIZIKLANE OSOBINE JEČMA | 10 |
| 2.1.5. MEHANIČKE OSOBINE JEČMA..... | 13 |
| 2.2. SLAD | 15 |
| 2.3. MIKROSLAĐENJE | 15 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 19 |
| 3.1. ZADATAK | 20 |
| 3.2. MATERIJAL I METODE | 20 |
| 3.2.1. Mikroslađenje | 20 |
| 3.2.2. Određivanje vlažnosti | 21 |
| 3.2.3. Određivanje ekstrakta | 21 |
| 3.2.4. Udio proteina..... | 24 |
| 3.2.5. Kolbachov broj..... | 25 |
| 3.2.6. Hartong 45°C | 25 |
| 3.2.7. Određivanje viskoznosti | 25 |
| 3.2.8. Određivanje β-glukana | 26 |
| 3.2.9. Određivanje friabilnosti, homogenosti i staklavosti u sladu..... | 27 |
| 3.2.10. Određivanje slobonog α-aminodušika (FAN)..... | 27 |
| 3.2.11. Određivanje boje | 28 |
| 3.2.12. Konačni stupanj previranja | 28 |
| 4. REZULTATI I RASPRAVA | 29 |
| 4.1. REZULTATI | 30 |
| 4.1.1. Vlažnost | 31 |
| 4.1.2. Masa 1000zrna | 32 |
| 4.1.3. Konačna prevrelost..... | 33 |
| 4.1.4. Ekstrakt fini..... | 34 |
| 4.1.5. Vrijeme ošećerenja..... | 35 |
| 4.1.6. Vrijeme filtracije | 36 |
| 4.1.7. Proteini | 37 |
| 4.1.8. Topljivi dušik | 38 |
| 4.1.9. Kolbach indeks..... | 39 |
| 4.1.10. Određivanje slobonog α-amino N | 40 |
| 4.1.11. Hartong 45°C | 41 |
| 4.1.12. Viskoznost..... | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.13. Određivanje β -glukana | 43 |
| 4.2. RASPRAVA | 44 |
| 5. ZAKLJUČCI | 47 |
| 6. LITERATURA | 49 |

Sadržaj slika:

| | |
|---|----|
| Slika 1 Uzdužni presjek zrna ječma (Koceva-Komlenić 2017) | 5 |
| Slika 2 Ječam prije slađenja..... | 5 |
| Slika 3 Slad nakon postupka sušenja | 16 |
| Slika 4 Čišćenje slada nakon klijanja..... | 17 |
| Slika 5 Uzorci prije sušenja..... | 21 |
| Slika 6 Postupak ošećerenja..... | 22 |
| Slika 7 Postupak filtracije | 23 |
| Slika 8 Uređaj za mjerenje viskoznosti, viskozimetar | 26 |
| Slika 9 Komparator boje sa standardnim diskovima | 28 |
| Slika 10 Prikaz rezultata vlažnosti ispitivanih sorti ječma..... | 31 |
| Slika 11 Prikaz rezultata mase 1000 zrna za ispitivane sorte ječma | 32 |
| Slika 12 Prikaz rezultata konačne prevrelosti za ispitivane sorte ječma..... | 33 |
| Slika 13 Prikaz rezultata ekstarkta za ispitivane sorte ječma | 34 |
| Slika 14 Prikaz rezultata trajanja filtracije za ispitivane sorte ječma | 36 |
| Slika 15 Prikaz rezultata proteina ispitivanih sorti ječma | 37 |
| Slika 16 Prikaz topivih dušika za ispitivane sorte ječma | 38 |
| Slika 17 Prikaz rezultata Kolbachovog broja za ispitivane sorte ječma..... | 39 |
| Slika 18 Prikaz rezultata slobodnih amino N za ispitivane sorte ječma | 40 |
| Slika 19 Rezultati ispitivanja Hartong 45 za ispitivane sorte ječma | 41 |
| Slika 20 Prikaz rezultata viskoznosti za ispitivane sorte ječma..... | 42 |
| Slika 21 Prikaz rezultata β -glukana za ispitivane sorte ječma | 43 |

Popis oznaka, kratica i simbola

| | |
|-------|--|
| PTF | Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek |
| s.t. | suha tvar |
| MEBAK | Srednjoeuropska komisija za pivarsku analitiku |
| EBC | European Brewery Convention |
| °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 |

1. UVOD

Najveća upotreba ječma je za proizvodnju slada, koji se uglavnom koristi u proizvodnji piva. Osim u proizvodnji piva, ječam se koristi i kao sirovina u različitim prehrambenim industrijama, za stočnu hranu, ali i sve više u ljudskoj prehrani. U posljednje vrijeme sve više se selekcioniraju i razvijaju nove sorte sa specifičnim osobinama. Uz vodu, slad je najzastupljeniji sastojak u proizvodnji piva, a njegove karakteristike i kvaliteta prvenstveno utječu na proces kuhanja i kvaliteti piva. Pripravljanje slada je proces kontroliranog klijanja nakon čega slijedi sušenje. Dok se bilo koja žitarica može navodno koristiti za proizvodnju slada, ječam čini veliku većinu proizvodnje. Pokazatelji kvalitete pivarskog ječma sa stajališta pivara su što viši udjel zrna I. klase, nizak udjel β -glukana, dobra friabilnost zrna, nizak udio proteina, što manje staklastih zrna te što veću tzv. „prolaznu staklavost“ . Slad daje važan doprinos organoleptičkim karakteristikama piva. Glavni je izvor boje i može značajno doprinijeti okusu piva. Kemijske komponente u sladu kao što su šećeri, aminokiseline, lipidi i fenoli, služe kao prethodnici spojeva boje i okusa.

U ovom radu provedeno je istraživanje kakvoće novih ozimih pivarskih sorti ječma iz sortnih pokusa Poljoprivrednog instituta Osijek. Određeni su pokazatelji kakvoće polaznih ječmova i gotovih sladova od 4 nove sorte Poljoprivrednog instituta Osijek i 2 referentne sorte, te na temelju dobivenih rezultata i njihovom usporedbom sa znanstveno-stručnom literaturom dana je ocjena pivarske kakvoće ispitivanih sorti koje su razvrstane u odgovarajuće kvalitativne sladarske grupe.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. JEČAM

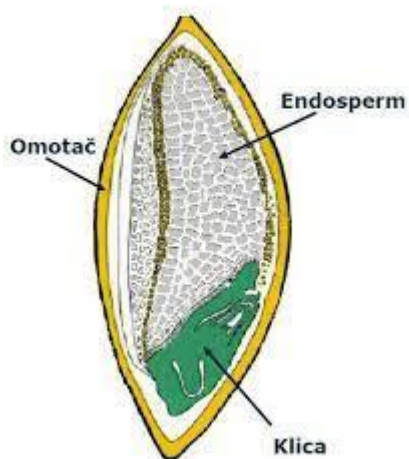
Ječam (*Hordeum vulgare vulgare L.*) je žitarica koja se koristi od davnina i nakon pripitomljavanja je evoluirala od prehrambene žitarice do žitarice za stočnu hranu i proizvodnju slada. Međutim, u Aziji i Africi upotreba ječma u hrani još uvijek je od velikog značaja, a u svijetu ponovno postoji trend koji utječe na interes ljudi za hranu od ječma zbog njegove nutritivne vrijednosti (Ullrich i Baik 2008).

Ječam je od genetski najraznovrsnijih žitarica. Klasificira se kao jari ili ozimi tipovi, dvoredni ili šesteroredni, oljušteni ili neoljušteni prema prisutnosti ili odsutnosti ljuske, te sladovini ili hrani prema vrsti krajnje upotrebe. Ječam ima najkraću vegetaciju od svih žitarica, a postoje jare, ozime i prijelazne forme ječma. Kod jarog ječma vegetacija traje 50 do 130 dana, a kod ozimog do 260 dana (Pivarski ječam i slad 1992).

Na temelju sastava zrna klasificira se kao normalni, voštani ili s visokim udjelom amiloze, s visokim sadržajem lizina, visokim sadržajem β -glukana i bez proantocijanidina. Također, različite klase ječma razlikuju se i po fizičkim i sastavnim karakteristikama te zbog toga ima različita preradbena svojstva i kvalitetu. Velika genetska raznolikost pruža širok spektar mogućnosti za identifikaciju i uzgoj sorti ječma koje su prilagođene krajnjoj namjeni (Ullrich i Baik 2008).

2.1.1. GRAĐA I KEMIJSKI SASTAV ZRNA JEČMA

Ječam (lat. *Hordeum vulgare*) je žitarica koja ima najslabije razvijen korijen od svih žitarica. Sastoji od primarnog korijena i sekundarnog žiličastog korijena koji ima slabu usisnu sposobnost. Stoga je posebno važno osigurati kvalitetnu površinu za njegov uzgoj. Šuplja stabljika ječma može narasti do 1,5 m u visinu te je sklona polijeganju, a može razviti i nekoliko sekundarnih stabljika. Razvijene su nove sorte čije stabljike su niže od jednog metra pa je takav ječam otporniji na polijeganje i pogodan je za gustu sjetvu (Enciklopedija biljaka n.d.).



Slika 1 Uzdužni presjek zrna ječma (Koceva-Komlenić 2017)

List ječma se sastoji se od plojke i lisnog rukavca. U usjeku klasnog vretena mogu razviti jedan ili dva do tri manja zbijena klasa. Kod dvorednog ječma se u usjeku klasnog vretena razvije jedan klas na kojemu se s jedne strane nalazi jedan red zrna, a s druge strane drugi red.

Sadrži do 75% ugljikohidrata, 15% bjelančevina, 5% celuloze, 3% mineralnih tvari i ulja (Enciklopedija biljaka n.d.).



Slika 2 Ječam prije sladenja

2.1.2. PIVARSKI JEČAM

S obzirom na broj redova zrna na klasu može se podijeliti na:

- šesteroredac;
- četveroredac
- dvoredac (Mohaček 1948).

Dvoredni pivarski ječam se koristi za proizvodnju slada zbog svog sastava koji uključuje povećanog sadržaja škroba u rasponu 65-70% i smanjen sadržaja bjelančevina u rasponu 10,5-11,55%. Također, nizak sadržaj proteina ima značajnu ulogu za dobivanje piva sa smanjenom mutnoćom. (Gupta, Abu-Ghannam i Gallagher 2010)

Ječam mora zadovoljiti strogo definirane zahtjeve da bi mogao nositi naziv ime pivski ječam. Prije svega mora biti kvaliteta, a to na prvom mjestu ističe zahtjev za održavanje maksimalne klijavosti i energije klijanja (najmanje 95%). Isto tako sadržaj bjelančevina treba se kretati u rasponu 8 – 11.5(12) % . Jedini i pravi način postizanja navedenog je da se stvore nove autohtone sorte pivskog ječma prilagođene podnebljima i kvaliteti zemlje gdje se uzgaja. Za dobivanje kvalitetnog, jednoličnog slada vrlo je bitno da je zrnje ječma dobiveno od iste sorte zbog toga je nužan uzgoj čistih sorti (Pivarski ječam i slad 1992).

Za proizvodnju slada ječam se ocjenjuje na temelju:

- vanjskog izgleda (izgled, boja, miris, oblik i veličina zrna, oštećenost zrna, čistoća, prisustvo urodica, stranih zrna i biljnih štetočina);
- mehaničke analize (hektolitarska težina, težina 1000 zrna, ujednačenost debljine zrna, presjek zrna);
- tehnoloških ispitivanja (klijavost, energija klijanja, hidrosenzibilnost) (V. Marić 1982)

Kvalitetan pivarski ječam mora zadovoljiti navedena svojstva:

- posve zdravo zrno bez prisustva štetnika
- na zrnu ne smiju biti ostaci pesticida iznad dopuštene granice i nipošto ne smije biti genetski modificiran.
- sortno čist - 95 %
- zdrav i neoštećen
- izjednačene klijavosti više od 95 %
- izjednačene frakcije sjemena I. klasa 90 % više od 2,5 mm
- svijetložuta boja i sjaj
- karakteristični miris slame
- bez primjesa i loma min. 2 %
- sadržaj vode manji od 14 %
- hektolitarska težina veća od 66 kg
- težina 1000 zrna veća od 38 g
- sadržaj bjelančevina do 10 %
- sadržaj ekstrakta više od 75 %
- sadržaj škroba veći od 58 %
- sadržaj pljevica do 8 %
- brašnava zrna više od 80 % (A.A.C.C. 2000).

2.1.3. FIZIOLOŠKE OSOBINE JEČMA

Klijavost ječma je najvažnije svojstvo pivarskog ječma. Klijavost zrna određuje se metodom bojenja (EBC metoda) i metodom sa H_2O_2 (EBC metoda). Metoda bojenja podrazumijeva da se u živim zrnima ječma uz djelovanje oksireduktaza i odgovarajućih koenzima bezbojni trifenil-tetrazolijklorid reducira u crveno obojeni formazan. Klijava su zrna ona čija je klica potpuno obojena (jako ili slabo), zrna kod kojih je obojeno najmanje 2/3 površine klice, te ona koja su obojena, ali na klici mjestimično ima pojava mrlja svijetle boje. Zrna kojima je obojeno manje od 2/3 površine, zrna koja su obojena slabo narančasto-žuto ili koja nisu obojena nisu klijava zrna. Rezultati se izražavaju u postotcima. Dobro osušeni ječam treba imati klijavost najmanje 95 % (Leskovšek-Čulaković 2002).

Metoda sa H_2O_2 pod utjecajem kisika prevladava pospanost ječma, pa zrno može proklijati u svakom trenutku. Određena količina uzorka moči se u otopini H_2O_2 u Petrijevoj zdjelici, 2 dana na $19,5^\circ C$ nakon čega se dodaje 200 ml otopine H_2O_2 te stavlja na močenje još 1 dan, odvoji tekućina preko sita te izbroje isključena zrna. Oštećena zrna su ona zrna kod kojih se ne uočava rast lisne klice ili korjenčića. Rezultati se izražavaju kao klijavost u postocima, a standardna vrijednost je najmanje 96 % (Štefanić i Marić 1990).

Energijom klijanja se izražava postotak zrna koja proklijaju u trenutku ispitivanja pod normalnim uvjetima slađenja. Dobra energija klijanja ukazuje na dobro zdravstveno stanje ječma što ukazuje da će se uspješno sladiti. Energija klijanja određuje se metodom po Aubryju (EBC metoda), metodom po Schönfeld-u (EBC metoda), BRF metodom (EBC metoda) te kao postotak isključavanja i indeks isključavanja. Postupak svih metoda uključuje određenu količinu zrna ječma koje se stavi u posudu za klijanje (Petrijeva zdjelica, lijevak) uz dodatak određene količine vode između dva filter papira te se nakon 5 dana izbroje neisklijala zrna.

Nakon pet dana treba zadovoljiti sljedeće kriterije:

- za prosječan pivarski ječam - najmanje 95 %;
- za dobar pivarski ječam - najmanje 98 % (V. Marić 1982).

Pospanost (dormantnost) ječma se javlja u dva oblika:

- niska energija klijanja ili primarna pospanost;

Neposredno nakon žetve ječma ima malu energiju klijanja koja se tokom skladištenja povećava. Ječma je tehnološki zreo i spreman za proizvodnju slada kada se pospanost izjednači sa klijavošću. Pospanost ječma određuje se klijanjem 100 zrna u Petrijevim zdjelicama promjera 10 cm, sa 4 ml vode, za vrijeme 72 sata pri temperaturi 18 - 21 °C, a izračunava se na sljedeći način:

Pospanost ječma (%) = Klijavost (%) – Energija klijanja

(Leskovšek-Čulaković 2002).

- osjetljivost na vodu ili hidrosenzibilnost.

Hidrosenzibilnost je važna za močenje ječma. Što je ona veća, to duže trebaju biti pauze bez vode. Postupak se provodi jednak kao za određivanje primarne pospanosti uz iznimku dobivanja rezultata sa 8 mL vode koji ukazuju na hidrosenzibilnost zrna.

Hidrosenzibilnost se dobiva iz razlike energija klijanja sa 4 i sa 8 mL vode.

Izražava se u postotcima:

- do 10 % - vrlo mala hidrosenzibilnost;
- 11 - 25 % - mala hidrosenzibilnost;
- 26 - 45 % - srednja hidrosenzibilnost;
- preko 45 % - velika hidrosenzibilnost.

(Leskovšek-Čulaković 2002).

Moć vezivanja vode (moć bubrenja). Enzimska zbijanja u zrnju tijekom postžetvenog dozrijevanja utječu na sposobnost ječma da upija vlagu. Što je sorta ječma enzimijski jača, veća joj je moć vezivanja te sladarska kakvoća ječma je bolja. Uzorkuje se određena količina zrna ječma i unosi u sitastu korpu te moći na 15-17°C kroz 72 sata. Nakon svakih 24 sata vaganjem se odredi vlaga ječma.

Ocjena rezultata:

- do 45 % - nezadovoljavajuća moć bubrenja;
- 45 - 47,5 % - zadovoljavajuća moć bubrenja;
- 47,6 - 50,0 % - dobra moć bubrenja;
- preko 50 % - vrlo dobra moć bubrenja (Štefanić i Marić 1990).

2.1.4. KEMIJSKO FIZIKLANE OSOBINE JEČMA

Udio vlage u ječmu ne bi trebao prelaziti 14% zbog skladištenja, a određuje se sušenjem i brzim metodama. Određivanje vlage sušenjem u sušnici (EBC metoda) provodi se prema ISO 712, 1985., pri čemu se ječmena prekrupa suši određeno vrijeme, u sušnici sa suhim zrakom na zadanoj temperaturi. Udio vlage se izračunava na osnovi razlike masa. Međutim, navedena metoda nije pogodna za određivanje udjela vlage u sladu. (MEBAK 1997)

Također, poznate su brze metode od kojih se najčešće koriste: metoda sušenja sa infracrvenim zrakama, refleksijska spektroskopija u blisko infracrvenom području, transmisijaska spektroskopija u blisko infracrvenom području, sušenje mikrovalovima te mjerenje elektroprovodljivosti (MEBAK 1997).

Sadržaj proteina je važan pokazatelj kakvoće pivarskog ječma zato jer se ječam sa većim sadržajem proteina teže sladi, a gubitci tijekom slađenja su veći. U proizvodnji svijetlog piva je bitno da udio proteina bude mali. Porastom sadržaja proteina smanjuje se sadržaj ekstrakta. Određivanje udjela proteina određuje se metodama preko sadržaja dušika od kojih su poznate: metoda po Kjeldahl-u (EBC metoda), metoda po Dumas-u (EBC metoda), metoda refleksijske spektroskopije u blisko infracrvenom području-NIR (EBC metoda) te metoda transmisijaska spektroskopije u blisko infracrvenom području-NIT (EBC metoda). Udio proteina izračunava tako da se udio dušika pomnoži sa faktorom 6,25, a faktor daje prosječan sadržaj sirovih proteina. Optimalni sadržaj proteina u pivarskom ječmu je 10 – 11 % (MEBAK 1997).

Sadržaj ekstrakta. Za određivanje sadržaja ekstrakta kao standardni postupak koristi se postupak mikroslađenja. (MEBAK). Pod pojmom ekstrakta ječma podrazumijevaju se sastojci ječma koji će pod utvrđenim uvjetima komljenja prijeći u otopinu. Škrob čini najveći udio ekstrakta ječma. Standardne vrijednosti sadržaja ekstrakta kreću se od 75 - 82 % na suhu tvar ječma (MEBAK 1997).

Sadržaj sirovih vlakana. Sirova vlakna se sastoje od celuloze i drugih sastojaka biljnih staničnih stijenki Također, pod pojmom sirovih vlakana podrazumijevaju se netopljivi balastni sastojci biljnog porijekla, koji zaostaju nakon razgradnje smjese octene, dušične i trikloroctene kiseline. Mljeveni ječam se razgrađuje smjesom kiselina, dok se ostatak tretira octenom kiselinom i nakon ispiranja vrućom vodom provodi se sušenje do konstantne mase te se potom važe. Spaljivanjem filtra i oduzimanjem ostatka nakon žarenja, od mase materijala koji je ostao neotopljen nakon razgradnje se dobiva sadržaj sirovih vlakana. Prosječni sadržaj sirovih vlakana u zrnu ječma je 4 % (MEBAK 1997).

Sadržaj pljevice (EBC metoda). Pljevica je zbog svog sadržaja fenolnih spojeva značajna za boju, okus i stabilnost piva. Kod proizvodnje kvalitetnih svijetlih piva poželjan je ječam sa nježnijom pljevicom, dok je za tamnija piva poželjno da pljevica bude grublja. Odvajanje pljevice od zrna provodi se otopinom natrijevog hipoklorita uz dodatak natrijevog hidroksida. Nakon odvajanja pljevice određuje se suha masa zrna bez pljevice i na osnovi gubitka mase izračuna se sadržaj pljevice. Ječam sadrži 0,1 - 0,3 % polifenola na suhu tvar (MEBAK 1997).

Udio β -glukana. β -glukani su neškrobni polisaharidi koji se ubrajaju u tzv. hemicelulozne spojeve. Pojavljuju se kao gradivne tvari staničnih stijenki stanica sa škrobom u endospermu. Otapanjem u komini dovode do porasta viskoznosti što pozitivno djeluje na punoću okusa i stabilnost pjene, a negativno utječu na filtrabilnost jer zbog nitaste građe stvaraju gel na filteru (V. Marić, Tehnologija piva 2009).

Sadržaj β -glukana u ječmu utječe razgradnju prilikom slađenja, a time i na kakvoću slada. Metode određivanja β -glukana su enzimska metoda (EBC metoda) i fluorimetrijska metoda (EBC metoda). Sadržaj β -glukana u ječmu iznosi od 1 do 2,5 % ovisno o sorti i uvjetima vegetacije (MEBAK 1997).

Stanične stijenke endosperma žitarica su građene od β -glukana i hemiceluloze. β -glukan se sastoji od nerazgranatih lanaca koji su sastavljeni od glukoznih jedinica povezanih β -1,3 i β -1,4 vezama omjerom (30:70). Ostatak nerazgrađenog β -glukana u ječmenom zrnu dovodi do poteškoća pri cijedenju sladovine i filtra piva, još veći problem izaziva β -glukan iz neslađenih žitarica jer nastaje β -glukanski gel koji usporava cijedenje sladovine i filtraciju piva. Zbog toga bi trebalo preostale β -glukan u sladnome zrnu razgraditi prije hidrolize škroba. Razgradnja se odvija pomoću dva enzima iz slada sa različitim uvjetima optimalne temperature provođenja i krajnjim proizvodima hidrolize (V. Marić, Tehnologija piva 2009).

β -glukan + β -glukanaza (45 - 50 °C) β -glukanski dekstrin

β -glukan + β -glukan-solubilaza (60 - 65 °C) otopljeni β -glukan

2.1.5. MEHANIČKE OSOBINE JEČMA

Sortiranje se provodi na osnovi debljine zrna pomoću specijalnih sita duguljastih otvora koji imaju različite širine. Širine otvora za sortiranje ječma su 2,8; 2,5 i 2,2 mm. Na osnovi sortiranja dobiva se uvid u sadržaj zrna manjih od 2,2 mm koja se klasificiraju u stočni ječam, zrna II. Klase su veličine 2,2 - 2,5 mm te zrna I. klase veličine zrna veće od 2,5 mm. Standardne vrijednosti za udio I. klase:

- prosječan pivarski ječam - najmanje 85 %;
- dobar pivarski ječam - najmanje 90 %;
- odličan pivarski ječam - najmanje 95 %

(V. Marić, Tehnologija slada i piva 1982)

Masa 1000 zrna ili apsolutna masa povezana je sa rezultatima sortiranja i sa

ekstraktom ječma, jer se povećanjem mase 1000 zrna povećava udio ječma I. klase, a time se povećava i sadržaj ekstrakta. Masa 1000 zrna je pouzdaniji pokazatelj kakvoće od hektolitarske mase jer se ona povećava porastom vlage, a za objektivnu ocjenu potrebno ju je izraziti je na suhu tvar zrna. Određuje se tako da se 100g odvoji na raspodjeljivaču uzoraka, odmjeri 2 puta po 40 g te aparatom za brojenje zrna se odredi broj zrna u svakoj probi.

Standardne vrijednosti mase 1000 zrna na suhu tvar ječma iznose:

- 38 - 40 g - normalne vrijednosti mase 1000 zrna;
- 30 - 45 g - granične vrijednosti mase 1000 zrna.

Standardne vrijednosti mase 1000 zrna za zračno suhi ječam:

- 37 - 40 g - lak ječam;
- 41 - 44 g - osrednje težak ječam;
- preko 45 g - težak ječam (Leskovšek-Čulaković 2002).

Hektolitarsom masom se izražava kolika je masa 100 litara ječma izražena u kg. Za pivarski ječam ona iznosi od 68 do 75 kg, dok su granične vrijednosti od 65 do 78 kg. Hektolitarska masa ovisi o nekoliko čimbenika: obliku zrna, vlažnosti zrna, načinu vršidbe i čišćenju. Povećanje hektolitarske mase podrazumijeva povećavanje sadržaja škroba (molekula velike specifične mase) te je zbog toga ječam sa većom hektolitarskom masom pogodniji za proizvodnju slada.

Osobine endosperma. Veća ili manja tvrdoća ječma odnosno brašnavost prvenstveno je svojstvo sorte, ali ovisi i o uvjetima tijekom vegetacije. Kontrola endosperma provodi se probom rezanja. Uređaj koji se koristi je farinatom po Polh-u ili po Grobecker-u kojima se određuje broj brašnatih, polustaklastih i staklastih zrna. Udio brašnatih zrna u kvalitetnom pivarskom ječmu treba biti najmanje 80 %, jer staklasta zrna imaju povećani udio proteina (Štefanić i Marić 1990).

2.2. SLAD

Osnovna sirovina za proizvodnju slada je pivarski ječam. Ječam je jedna od najstarijih žitarica koje svoje porijeklo vuče sa Srednjeg istoka. U prošlosti se koristila za ishranu ljudi, a u današnje vrijeme se koristi za proizvodnju sladu ili za ishranu stoke (Gupta, Abu-Ghannam i Gallagher 2010).

Sladovanje se definira kao kontrolirano klijanje žitarica, kako bi se osigurala određena fizikalna i biokemijska svojstva unutar zrna, koja se zatim stabilizira sušenjem zrna. (Mikyška, Psota i Hrabák 2012).

2.3. MIKROSLAĐENJE

Standardni postupak slađenja MEBAK usvojio 1971. godine.

Prerađuje se šarža od 1kg suhog ječma.

U postupku se smije koristiti samo ječam I. klase, odnosno frakcije sa sita 2,5 i 2,8mm. Dok se ječam III. Klase i primjese moraju odvojiti i ne smiju se koristiti. Masa ječma koji se koristi od 1kg se dobiva vaganjem zrna I.klase nakon uklanjanja stranih primjesa. Nakon čega se ječam stavlja na močenje koje se provodi kombinacijom mokro suhog postupka. Temperature vode i zraka $14^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ te se provodi kroz 72h tj. 3 dana, odnosno dok se ne postigne stupanj namočenosti od 45%.

1.dan močenje se provodi kombinacijom 5h močenja pod vodom, 19h suho močenje

2.dan kombinacijom 4h močenja pod vodom, 20h suho močenje.

3. dan močenje se provodi pod vodom do stupnja namočenosti 44,5% (određuje se vaganjem pri tome mora biti 45,5% jer se računa da u zrnu ima 1% površinske vode), a ostatak dana se provodi suho močenje.

Ukoliko se nakon 48h utvrdi da vaganjem uzoraka ječam ne može više podnijeti treće močenje, stupanj namočenost od 45% se postiže orošavanjem.

Za klijanje je dozvoljena primjena mirnog ili pneumatskog klijanja. Vrijeme trajanja klijanja je 4 dana na temperaturi vlažnog zraka $14,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, a određena temperatura zrna koje klija je

14,5°C +/- 0,5°C. Relativna vlaga zraka je određena za mirno klijanje 95-98%, a za pneumatičko klijanje mora biti prezasićena. Također, prevrtanje zrna koje klija je 1-2 puta na dan.

Vlaga zelenog slada prije početka sušenja mora biti 45-45,5%.

Sušenje slada se provodi:

- 16h na 50°C ($H_2O < 10\%$)
- 1h na 60°C
- 1h na 70°C
- 1h na 80°C

Prilikom čega se temperature mjere ispod rešetke, a tolerancija za temperaturu je +/- 1°C te se ne smije primjenjivati zrak koji ima sumpora. Izgled slada nakon sušenja se može vidjeti na

Slika 3.



Slika 3 Slad nakon postupka sušenja

Nakon sušenja provodi se čišćenje (**Slika 4.**) slada tako da se potpuno uklone korjenčići bez oštećenja pljevice.



Slika 4 Čišćenje slada nakon klijanja

Ukupno trajanje sladovanja je 191h odnosno oko 8 dana.

Osnovne osobine dobrog pivarskog slada su:

- ujednačena svjetložuta boja zrna;
- čist i svjež miris karakterističan za tip slada;
- cijela zrna bez prisutnosti zrna stranog podrijetla, prašine i klice (V. Marić 2000).

Točni pokazatelji kakvoće slada dobiju se primjenom brojnih fizikalnih, kemijskih i fizioloških analitičkih metoda razvijenih u Europskom udruženju pivara (EBC – analitika).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

U ovom radu ispitivana je kakvoća novih 6 ozimih pivarskih sorti ječma iz sortnih pokusa Poljoprivrednog instituta Osijek.

3.2. MATERIJAL I METODE

Sorte koje su ispitivane i označene brojem uzorka su:

1. TRISTAN 2022.
2. ARISTOS 2022.
3. DOMINUS 2002.
4. VANESSA 2022.
5. CALYPSO 2022.
6. CASANOVA 2022.

Referentni uzorci su Vanessa i Casanova. Neposredno nakon žetve prikupljeni materijal je spremljen kao doručeno i netretirano zrno te do analize čuvan na suhom i hladnom mjestu (do 20 °C) oko tri mjeseca da bi se prevladala poslije žetvena "pospanost zrna". Priprema sirovine je provedena na Prehrambeno- tehnološkom fakultetu u Osijeku, a analiza uzoraka slada u sladari Slavonija slad u Novoj Gradiški. Prilikom statističke obrade rezultata i njihovog prikazivanja u odgovarajući tablicama i dijagramima korišten je računalni program Microsoft Excel 2017. (A.A.C.C. 2000)

3.2.1. Mikroslaćenje

Postupak mikroslaćenja proveden je prema gore navedenom MEBAK postupku. Koji uključuje sortiranje ječma, vaganje, moćenje, klijanje, sušenje, otklicavanje te čišćenje slada.

Uspoređivale su se sljedeće osobine sladnog zrna ječma: vlaga, masa 1000 zrna, specifična gustoća, konačna prevrelost, ekstrakt fini, vrijeme ošećerenja, vrijeme filtracije, proteini, topivi dušik, topivi dušik u suhoj tvari, Kolbach indeks, α -amino N, Hartong 45, viskoznost, β -glukani.

3.2.2. Određivanje vlažnosti

Određivanje vlažnosti u uzorku započinje vaganje 5 g samljevenog ječma u posudice, nakon čega se skida poklopac i stavljaju se u sušnicu **slika 5**. Sušnica je prethodno zagrijana na 105-107 °C, a sušenje traje 3h. Nakon sušenja, posudice se vade iz sušnice i poklapaju poklopcem, te se stavljaju u eksikator na hlađenje. Vaganje se provodi na analitičkoj vagi s točnošću od 0.0001. Vlažnost je određena mjerenjem gubitka mase prekrupe prije i poslije sušenja.

Izračun:

$$\text{vlaga (\%)} = \frac{(W1 - W2)}{W1} * 100.$$



Slika 5 Uzorci prije sušenja

3.2.3. Određivanje ekstrakta

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 ošćerenja

Postupak ošećerenja:

Nakon 10 minuta što se postigne temperature od 70 °C, u porculansku zdjelicu je potrebno dodati kapljicu sladovine te dodati kapljicu jodne otopine kao što je prikazano na **Slika 6**. Test se ponavlja u intervalima od 5 minuta sve dok se ne postigne žuto obojenje. Ako ošećerenje ne bude gotovo u periodu od sat vremena onda se test zaustavlja. Rezultat se izražavaju kao;

- ispod 5 minuta
- 10 – 15 minuta
- 5-20 minuta itd...



Slika 6 Postupak ošećerenja

Temperaturu od 70°C potrebno je održavati sat vremena, te ohladiti na 20°C. Nakon dodatka 450 g destilirane vode potrebo je filtrirati

Filter papir se stavlja na lijevak tako da ne viri iznad ruba lijevka što je uočljivo na **Slika 7**. Sadržaj u posudi se promiješa staklenim štapićem te potom istresa u lijevak sa filter papirom i u tom trenutku je potrebno početi mjeriti vrijeme filtracije. Ostatak 100 mL se stavi u staklenu čašu te se čuva za daljnja mjerenja.

Vrijeme filtracije se zaustavlja tek kada kolač na filter papiru postane suh. Brzinu filtracije izraziti kao:

- normalna ako je filtracija završena u periodu od 1 sat
- spora ako je filtracija duža od 1 sat



Slika 7 Postupak filtracije

Mjerenje gustoće sladovine

Pomoću uređaj za gustoću se izmjeri gustoća sladovine i izračunava.

Račun:

$$E1 = P(M+800) / (100 - P)$$

$$E2 = E1 * 100 / (100 - M)$$

Rezultat izraziti u % na jednu decimalu.

3.2.4. Udio proteina

Izvaže se 1 g samljevenog ječma na filter papir, složi te potom stavi u kivetu. Od reagensa se dodaj 2 Kjeltabs i 20 mL sulfatne kiseline. Aparatura se podesi tako da se pali 2 sata na temperaturi od 420°C. Nakon toga uzorak se ohladi i doda mu se oko 20 mL destilirane vode. Destilira se, titrira i računati prema računu:

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

Ili brzom metodom kojom uređaj sam očita rezultat.

Ukupni dušik određivan je metodom po Kjeldahlu MEBAKU , a preračunavanje

u ukupne proteine množenjem s faktorom 6,25. Dušične tvari slada se razaraju vrućom sumpornom kiselinom u prisutnosti katalizatora do H₂O, CO₂ i NH₃ (tj. amonij sulfata).

Digest se alkalizira sa NaOH, a oslobođeni amonijak se predestilira u otopinu borne kiseline i određuje titracijom sa standardnom otopinom 0,1 N sumporne ili solne kiseline.

Proračun:

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

GP = utrošak 0,1 N kiseline za glavnu probu u mL; SP = utrošak 0,1 N kiseline za slijepu probu u mL; odv. = odvaga uzorka gr; F = faktor 0,1 N kiseline; w = vlaga uzorka %

Topljivi dušik je onaj dio spojeva s dušikom koji pod uvjetima ukomljavanja prelazi u otopinu. Topljivi N se određuje prema gore navedenoj metodi za ukupni N s izuzetkom pripreme uzorka i prikazivanja rezultata (EBC-V 4.9.1.).

Proračun:

$$\text{topljivi N (mg/L)} = (GP - SP) \times 1,4 \times F \times 50$$

GP = utrošak 0,1 M kiseline u glavnoj probi, mL; SP = utrošak 0,1 M kiseline u slijepoj probi, mL; F = faktor 0,1 M kiseline

3.2.5. Kolbachov broj

Razgrađenost proteina (odnos ukupnog i topljivog N) ili Kolbachov index je pokazatelj proteolitičke razgrađenosti slada i ukazuje na aktivnost proteolitičkih enzima. Točnost ovog pokazatelja mora se uvijek promatrati zajedno s ukupnim udjelom N u sladu, jer je to zavisna veličina.

$$\text{Kobalch – ov broj(\%)} = \frac{\text{otopljeni N} \left(\frac{\text{g}}{100\text{g}} \text{ SM slada} \right)}{2 \text{ ukupni N} (\% \text{ SM slada})} \times 100$$

3.2.6. Hartong 45°C

Hartong metoda se provodi na konstantnoj temperaturi od 45°C koja je indicacija na modifikaciju, enzimatsku aktivnost (isključujući α -amilazu), te je usko vezana sa sadržajem topivog dušika i daje pretpostavku o potrebnoj hranjivoj vrijednosti za razvoj kvasaca u pivovari.

Metoda započinje odmjeravanjem 350 mL zagrijane destilirane vode zagrijane na 45°C koja se dodaje u 50 g fine meljave slada (0,2mm razmak na mlinu). Namjesti se program na Hartong 45: jedan sat je potrebno održavati temperaturu na 45°C, te ohladiti na 20°C. Dodati 450g destilirane vode te filtrirati. Filter papir staviti na lijevak tako da ne viri iznad ruba lijevka. Sadržaj u posudi promiješa staklenim štapićem i istrese na filter papir. Prvih 100mL filtrata se vraća na filter papir, a drugih 100mL filtrata koristi za mjerenje pomoću uređaja za gustoću. Rezultat se unosi u kalkulaciju iz koje se dobije rezultat za Hartong 45°C.

3.2.7. Određivanje viskoznosti

Viskozitet sladovine se određuje mjerenjem vremena prolaska kuglice kroz uzorak sladovine od početne do konačne oznake na staklenoj cijevčici pri temperaturi od 20°C. Prije nego se počne mjeriti vrijeme, uzorak treba stajati 15 minuta u cijevčici. Vrijeme izraženo u sekundama pomnoži se s faktorom viskozimetra **Slika 8** i izraziti u mPas.



Slika 8 Uredaj za mjerenje viskoznosti, viskozimetar

3.2.8. Određivanje β -glukana

Uzorak istandard se odvažuje u kivete te se dodaje određena količina etanola i natrijevog fosfata, zatim vorteksira. Naizmjenice se inkubira u kipućej vodenoj kupelji i vorteksira tri minute, a zatim se inkubira na 50 °C, pet minuta. Dodaje se enzim lihenaza, zatvore se kivete te se ponovno inkubira na 50 °C, sat vremena uz vorteksiranje svakih 15 minuta. Nakon sat vremena dodaje se natrijev acetat, vorteksira, a zatim centrifugira 10 minuta pri 1000 okretaja u minuti. Alikvot se razdijeli u tri kivete, u prve dvije se dodaje enzim β glukozidaza, a u treću natrijev acetat. Inkubira se na temperaturi od 50 °C, 10 minuta. U posebne dvije kivete pripremi se glukozni standard s natrijevim acetatom, a u trećoj samo natrij acetat. Zatim se u sve kivete dodaje GOPOD reagens te se inkubira 20 minuta na 50 °C. Slijedi mjerenje apsorbancije pri 510 nanometara uz slijepu probu. Udio β -glukana se računa prema formuli:

$$\beta\text{-glukan} = \Delta E \times F \times 94 \times 1/1000 \times 100/W \times 162/180$$

$$= \Delta E \times F/W \times 9,27 \text{ [g/100 g suhe tvari uzorka]}$$

- ΔE = apsorbancija umanjena za slijepu probu,
- F = 100 μ g glukoze/apsorbancija za 100 μ g glukoze,
- 94 - korekcija volumena (0,1 ml uzeto iz 9,4 ml),

- 1/1000 - pretvaranje μg u mg ,
- 100/W - faktor za izražavanje udjela β -glukana kao postotak od suhe tvari uzorka (W - masa suhe tvari uzorka u mg),
- 162/180 - prilagodba slobodne glukoze prema bezvodnoj glukozi (AACC, 2006.).

3.2.9. Određivanje friabilnosti, homogenosti i staklavosti u sladu

Uzorak slada se prosije na sito 2,25mm. Izvaži se 50 grama i staviti u friabilimetar na 8 minuta. Ostatak sastojak samljevenog slada iz sita je potrebno istresti i izvagati.

Račun –friabilnost: Rezultat pomnožiti sa 2 i oduzeti ga od 100.Izraziti kao %ak.

Samljeveni slad prosijati kroz sito 2,25 i izvagati.

Račun – homogenost: Pomnožiti s 2 i oduzeti od 100. Rezultat izraziti u %.

Iz prosijanog uzorka izdvojiti zrna veličine 3/4 i veće.

Račun – staklavost: Rezultat pomnožiti s dva i izraziti kao%.

3.2.10. Određivanje slobonog α -aminodušika (FAN)

Za određivanje α -aminodušika koristi se EBC-ova ninhidrinska metoda koja pruža vrijednosti koje odražavaju količinu slobodnog α -aminodušika iz aminokiselina. Ninhidrin djeluje kao oksidacijsko sredstvo, potiče oksidativnu dekarboksilaciju aminokiselina uz otpuštanje CO_2 i NH_3 , te stvaranje aldehida koji ima jedan atom ugljika manje od početne aminokiseline.

Reducirani ninhidrin reagira s neoksidiranim ninhidrinom i oslobođenim NH_3 , rezultirajući plavim obojenjem (osim za prolina, koji daje žutu boju). Ova reakcija uključuje fruktozu kao redukcijско sredstvo. Za postupak se uzorak zagrijava zajedno s ninhidrinom 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:

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

3.2.11. Određivanje boje

Kod analiziranja optičkom metodom filtriranu sladovinu se stavi u kivetu te napunjena kiveta u komparator koji je prikazan na **Slika 9**. Boja se uspoređuje sa standardnim diskovima i izražava u EBC jedinicama.

Također, boja je određivana spektrofotometrijski, odmah poslije filtracije, mjerenjem apsorbancije na 430 nm i množenjem s odgovarajućim faktorom (MEBAK,4.1.4.2.8.2.).

Boja(EBC jedinice),C = 25 x E₄₃₀



Slika 9 Komparator boje sa standardnim diskovima

3.2.12. Konačni stupanj previranja

Udio ugljikohidrata koji se nalazi u slakovini 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

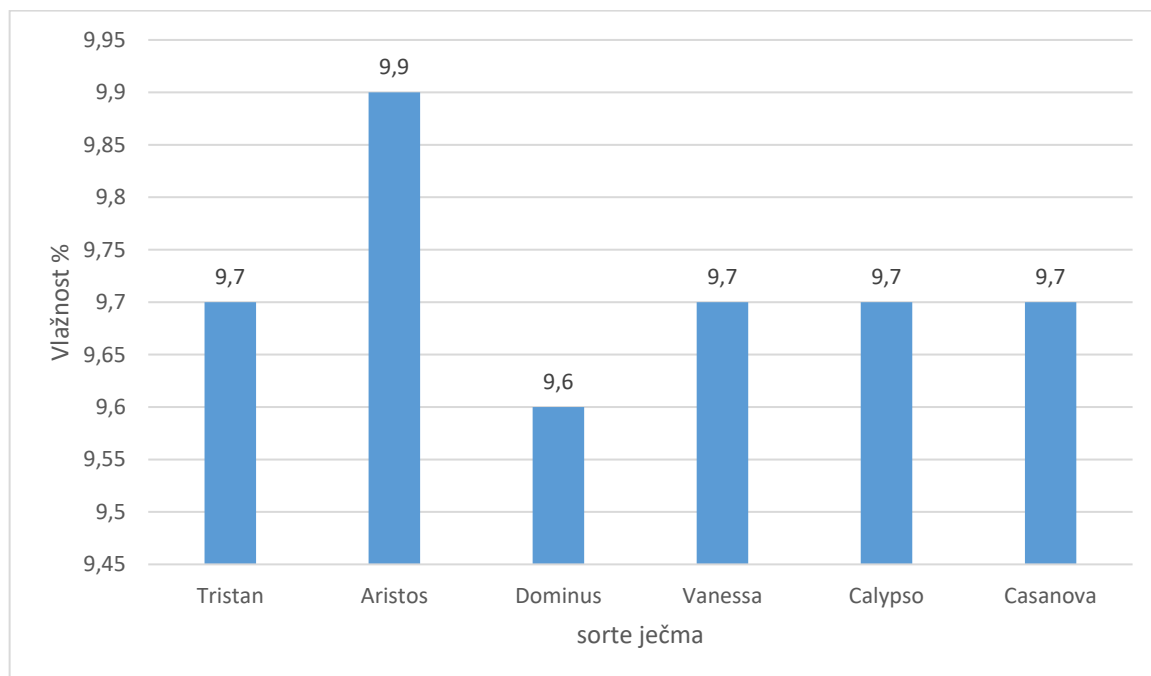
Ukoliko sorta pokaže dobre vrijednosti za pokazatelje kvalitete koji su važni sa pivarskog stajališta (nizak udjel proteina, nizak udjel β -glukana, dobru friabilnost zrna, što manje staklastih zrna, a unutar njih što veću tzv. „prolaznu staklavost“ itd.) može se koristiti kao pivarska. Na temelju dobivenih rezultata te njihovom usporedbom s dostupnim podacima u znanstveno-stručnoj literaturi, ocijenjena je kvaliteta za svaku ispitivanu sortu ječma

Tablica 1 Rezultati određivanja sladarske kakvoće ozimih sorti ječma

| uzorak br. | matriks | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------|-----------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Vlaga | zrno | % | 9,7 | 9,9 | 9,6 | 9,7 | 9,7 | 9,7 |
| masa 1000 zrna | zrno | g | 45,2 | 46,51 | 49,13 | 43,50 | 41,86 | 43,27 |
| Specif. gustoća | kong. sladovina | g/ml (kgm ⁻³) | 1,03060 | 1,03062 | 1,02998 | 1,02968 | 1,02967 | 1,02972 |
| Konačna prevrelost | kong. sladovina | % | 84,4 | 83,1 | 80,6 | 83,6 | 82,8 | 83,1 |
| Ekstrakt fini | kong. sladovina | % | 79,7 | 80,0 | 78,0 | 77,3 | 77,3 | 77,4 |
| Vrijeme ošecerenja | kong. sladovina | min | 15-20 | 15-20 | 15-20 | 20-25 | 20-25 | 20-25 |
| Vrijeme filtracije | kong. sladovina | min | 25 | 25 | 25 | 27 | 27 | 27 |
| Proteini | kong. sladovina | % | 11,2 | 11,7 | 11,6 | 12,5 | 12,6 | 11,8 |
| Topivi dušik | kong. sladovina | mg/l | 720 | 736 | 672 | 752 | 704 | 704 |
| Topivi dušik u s.tv. | kong. sladovina | % | 4,5 | 4,6 | 4,2 | 4,7 | 4,4 | 4,4 |
| Kolbach indeks | kong. sladovina | % | 40,5 | 39,2 | 35,9 | 37,7 | 34,8 | 37 |
| α -amino N | kong. sladovina | mg/l | 269 | 301 | 236 | 273 | 243 | 250 |
| Hartong 45 | kong. sladovina | % | 46,0 | 45,4 | 43,2 | 45,3 | 42,6 | 45,5 |
| Viskoznost | kong. sladovina | mPa×s | 1,45 | 1,51 | 2,23 | 1,56 | 1,63 | 1,61 |
| β -glukani | kong. sladovina | mg/L | 287 | 474 | 974 | 575 | 642 | 636 |

4.1.1. Vlažnost

Količina vode u sladu je značajna zbog utjecaja na količinu ekstrakta. Poželjno je da vlažnost bude ispod 5%. Sve sorte imaju povećanu vlažnost sa vrijednostima 9,6 – 9,9% što može utjecati na tehničke karakteristike ječma i proces prerade.



Slika 10 Prikaz rezultata vlažnosti ispitivanih sorti ječma

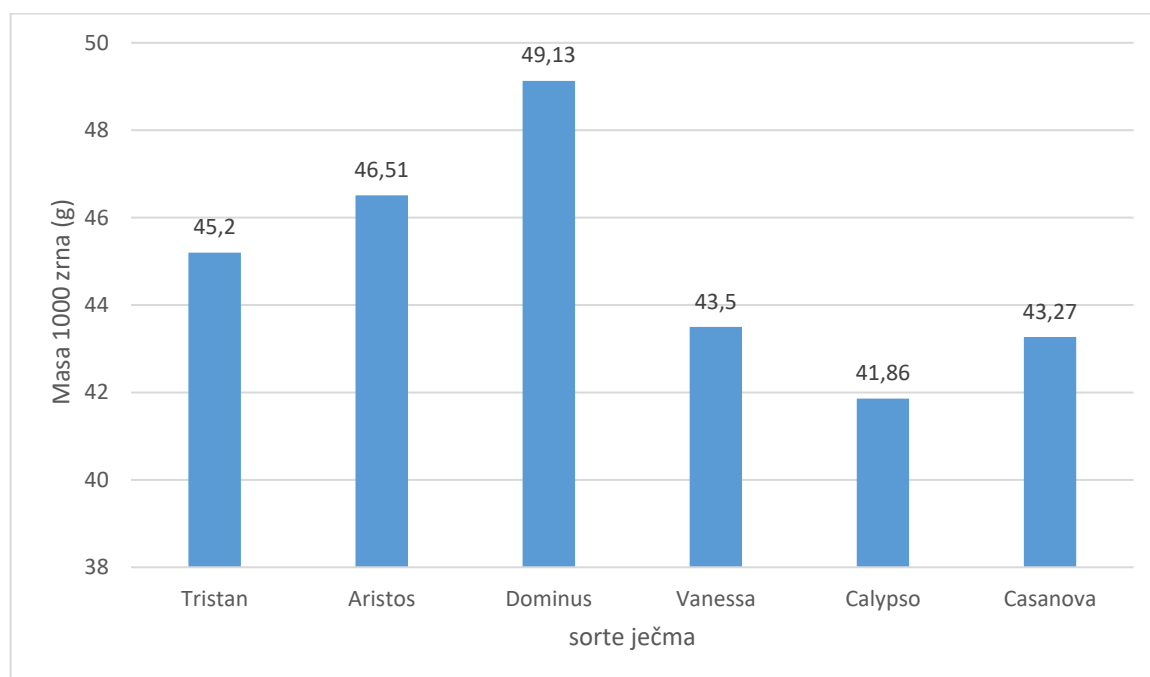
4.1.2. Masa 1000zrna

Povećanjem mase 1000 zrna povećava udio ječma I. klase, a time se povećava i sadržaj ekstrakta.

Standardne vrijednosti mase 1000 zrna na suhu tvar ječma iznose:

- 38 - 40 g - normalne vrijednosti mase 1000 zrna;
- 30 - 45 g - granične vrijednosti mase 1000 zrna.

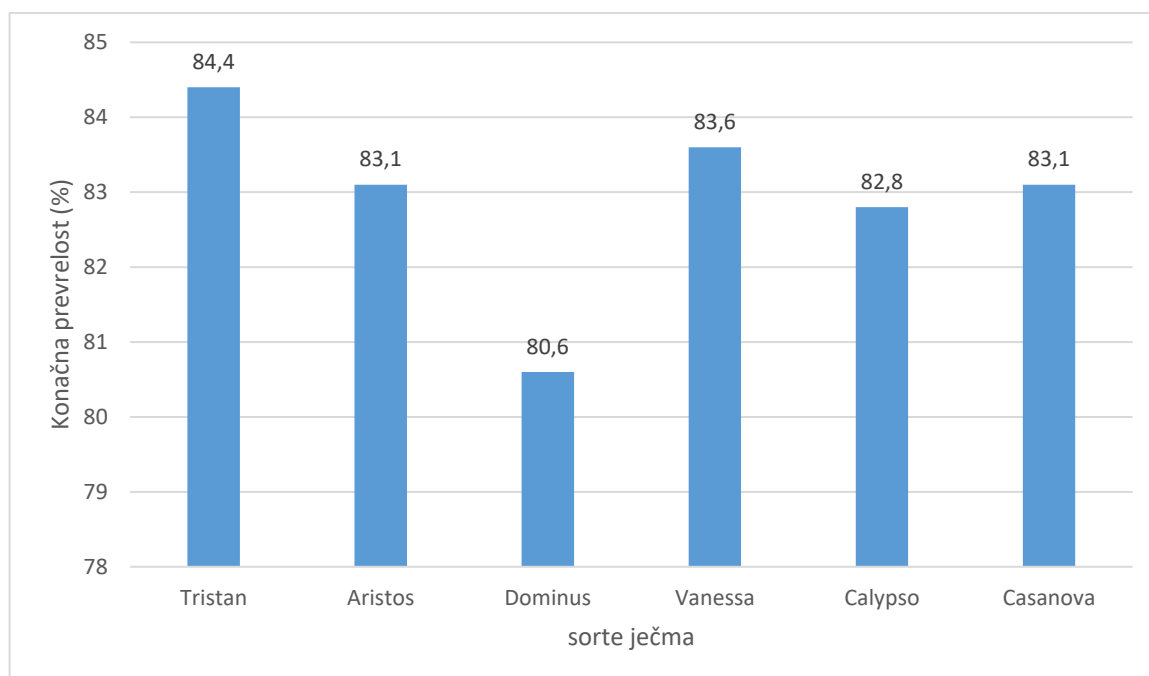
Sve ispitivane sorte spadaju u grupu sa graničnim vrijednostima mase 1000zrna.



Slika 11 Prikaz rezultata mase 1000 zrna za ispitivane sorte ječma

4.1.3. Konačna prevrelost

Konačna prevrelost je bolja što je rezultat veći od 78%. Svi analizirani uzorci imaju zadovoljavajuću prevrelost.



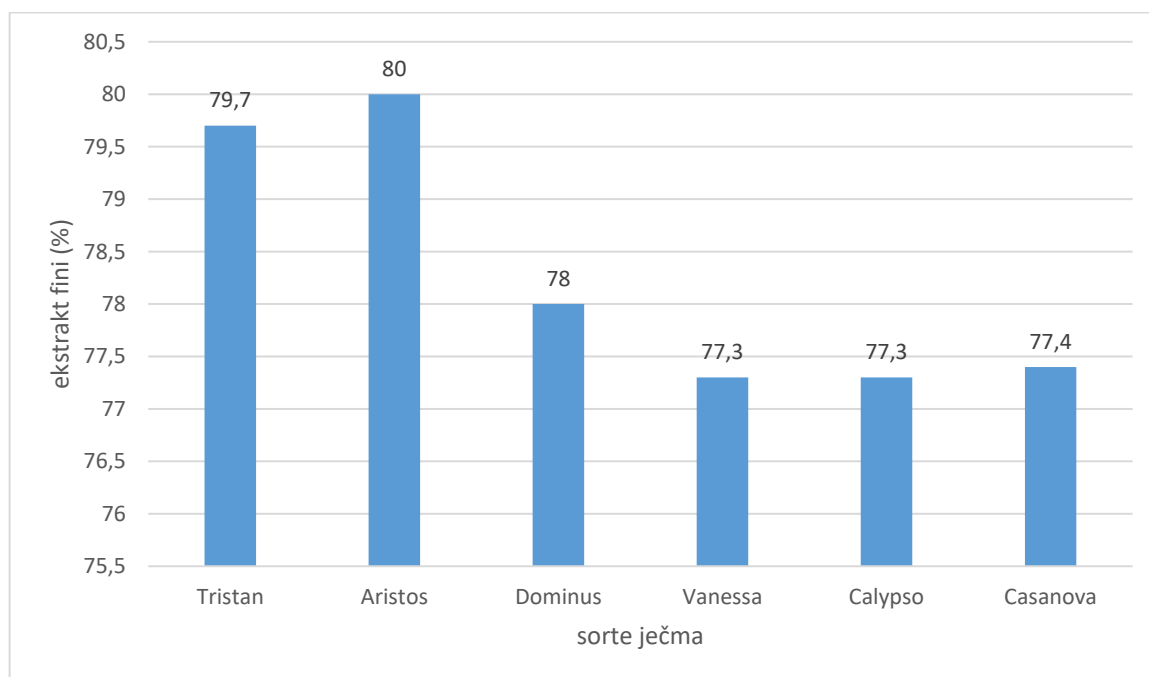
Slika 12 Prikaz rezultata konačne prevrelosti za ispitivane sorte ječma

4.1.4. Ekstrakt fini

Ekstrakt slada je osnovni ekonomski pokazatelj uspješnosti postupka slađenja i kakvoće zrna, a predstavlja sve vodotopljive sastojke (i fermentabilne i nefermentabilne) koji prelaze u otopinu tijekom ukomljavanja.

Pokazatelj dobre kakvoće slada predstavlja udio ekstrakta slada viši od 80 %.

Najbolje vrijednosti za ekstrakt ima sorta Aristos kojoj je udio 80%, dok ostale sorte imaju vrijednosti 77,3%-79,7%.



Slika 13 Prikaz rezultata ekstrarkta za isptivane sorte ječma

4.1.5. Vrijeme ošećerenja

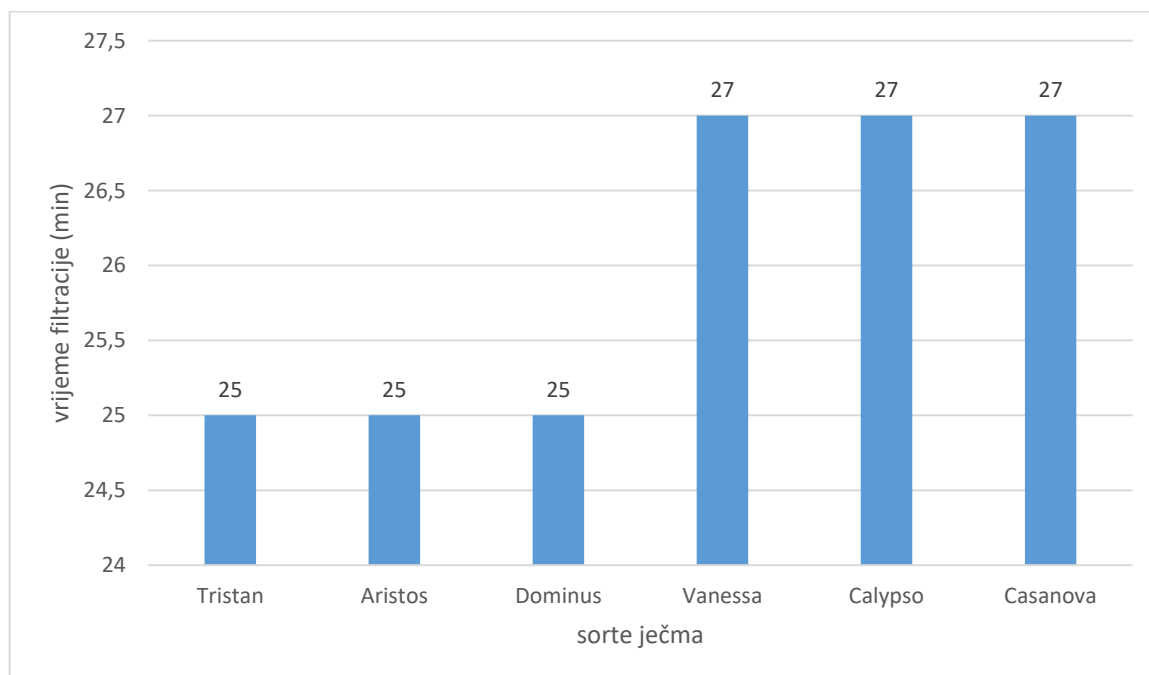
Mjeri se ukupno vrijeme transformacije škroba u šećer za vrijeme kuhanja. Vrijeme se potvrđuje nestankom plave boje joda u prisutnosti škroba. Dobar slad se ošećeri za manje od 10 minuta i on ima ispravno enzimsko djelovanje, duže trajanje je uzrokovano lošom razgradnjom škroba. Vrijeme ošećerenja kod svih sorti je trajalo 15-20 ili 20-25 min što znači da je razgradnja škroba bila loša.

Tablica 2 Rezultati vremena ošećerenja za ispitivane sorte ječma

| SORTA JEČMA | VRIJEME OŠEĆERENJA (min) |
|-------------|-----------------------------|
| TRISTAN | 15-20 |
| ARISTOS | 15-20 |
| DOMINUS | 15-20 |
| VANESSA | 20-25 |
| CALYPSO | 20-25 |
| CASANOVA | 20-25 |

4.1.6. Vrijeme filtracije

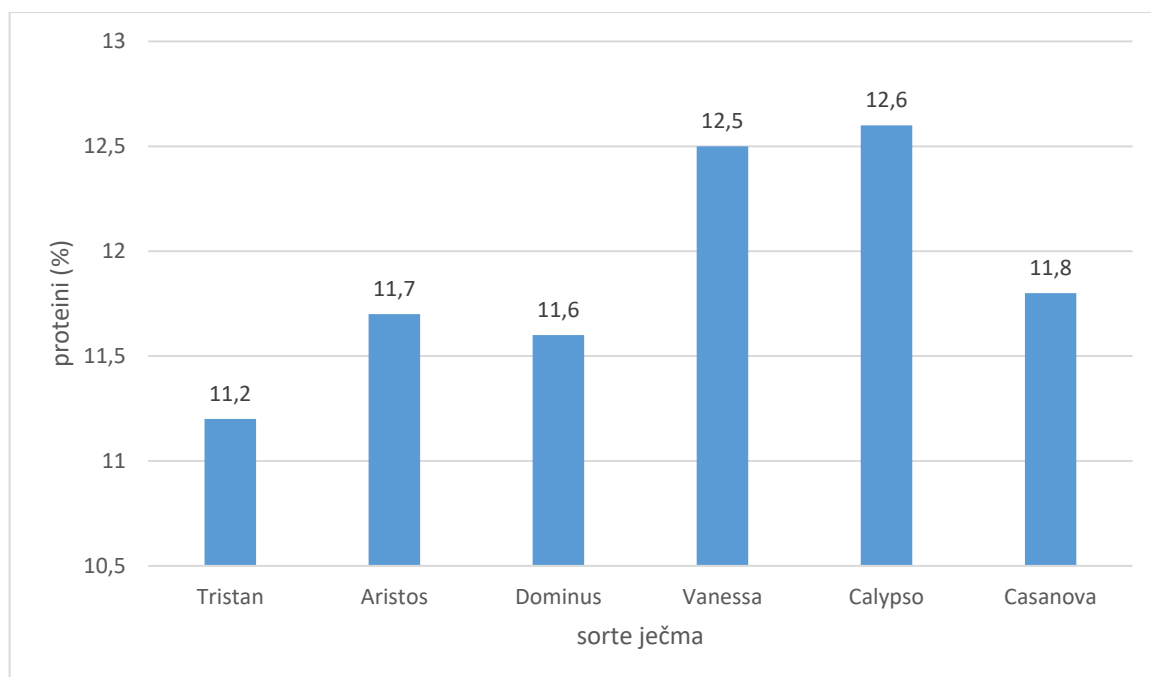
Vrijeme filtracije se klasificira pod normlano za sve sorte jer nije trajalo duže od jedna sat.



Slika 14 Prikaz rezultata trajanja filtracije za ispitivane sorte ječma

4.1.7. Proteini

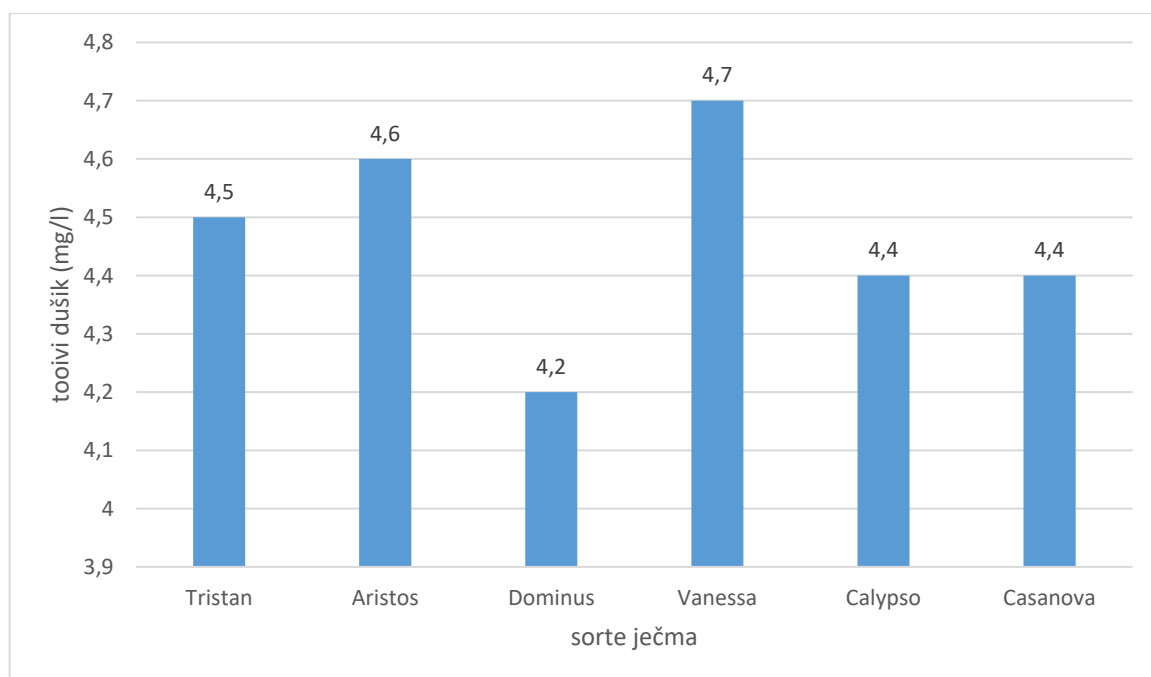
Proteini su među sastojcima ječma koji su neophodni za kvalitetu slada i piva. Također, topiv proteini su važni za zadržavanje i stabilnost karakteristika piva. Sadržaj proteina u zrnju ječma iznosi otprilike 8% do 15% svoje ukupne mase. Pokazatelj dobre kakvoće dobrog slada je udio proteina ispod 10,80 %. Najmanji udio vlage ima Tristan 11,2%, dok referentne sorte Vanessa 12,5% i Casanova 11,8% imaju znatno veći udio proteina od svih ostalih sorti. Što može predstavljati problem u proizvodnji piva jer slad koji se koristi u proizvodnji piva treba imati što niži udio proteina zbog kvalitete bistrenja .



Slika 15 Prikaz rezultata proteina ispitivanih sorti ječma

4.1.8. Topljivi dušik

Pod pojmom topljivi dušik smatra se ona skupina spojeva s dušikom koji pod uvjetima ukomljavaanja prelaze u otopinu, a vrijednost za topljive proteine se dobije množenjem udjela topljivog dušika s faktorom 6,25. Što je veći sadržaj proteina u zrnju porast je i količine topljivog dušika. S obzirom da uzrokuje procesne probleme i narušava senzorske osobine piva, udio topljivih proteina u sladu ne smije biti previsok. Najmanji i najpoželjniji udio ima sorta Dominus 4,2%, a najveći udio sorta Vanessa 4,7% koja je ujedno i referentna sorta.

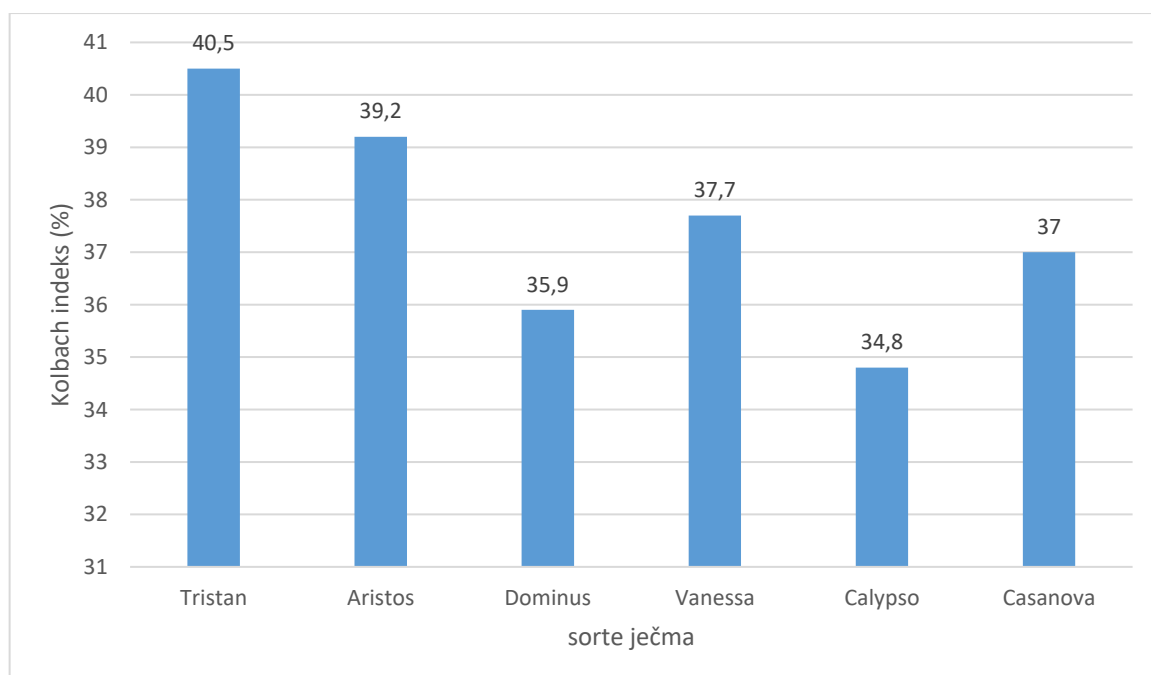


Slika 16 Prikaz topivih dušika za ispitivane sorte ječma

4.1.9. Kolbach indeks

Kolbachov indeks slada ili Kolbachov broj je stupanj razgradnje proteina. Najpoželjnije vrijednosti za proizvodnju piva kreću se od 38,0 do 42,0 %. Što je slad bolje razgrađen to je Kolbachov broj veći.

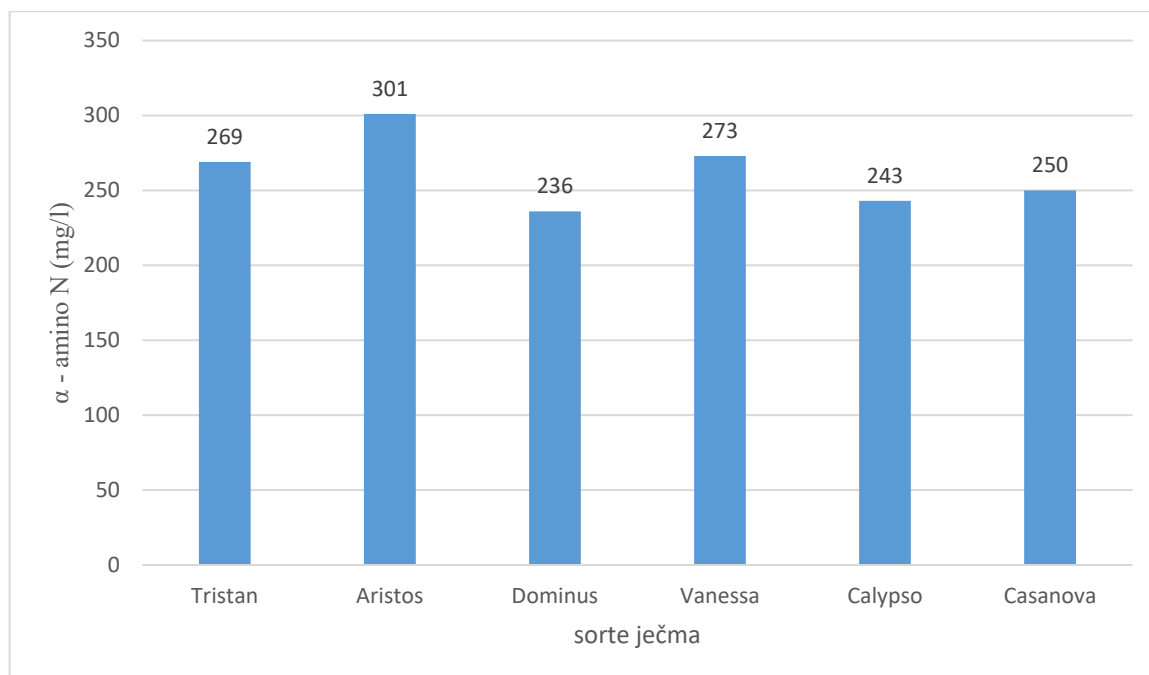
Najveći indeks ima Tristan 40,5% što znači da je on najbolje razgrađen i uklapa se u poželjne vrijednosti. Najmanji indeks ima Calypso 34,8% te prema tome nije u potpunosti razgrađen i ne uklapa se u poželjne vrijednosti kao i sorte Dominus (35,9%), Vanessa (37,5%) i Casanova (37%).



Slika 17 Prikaz rezultata Kolbachovog broja za ispitivane sorte ječma

4.1.10. Određivanje slobonog α -amino N

Aminokiseline su potrebne za dobru fermentaciju. Ako je vrijednost ovog parametra preniska, proces fermentacije piva bit će loš. Poželjne vrijednosti su minimalno 130 mg./L . Najvišu vrijednost ima Aristos 301mg/l , a najnižu Dominus 236mg/l. Svi uzorci imaju poželjne vrijednosti.



Slika 18 Prikaz rezultata slobodnih amino N za ispitivane sorte ječma

4.1.11. Hartong 45°C

Određivanje Hartonga na 45° je je pokazatelj aktivnosti citolitičkog i proteolitičkog kompleksa enzima i najviši je pri ovoj temperaturi.

Ljestvica vrijednosti:

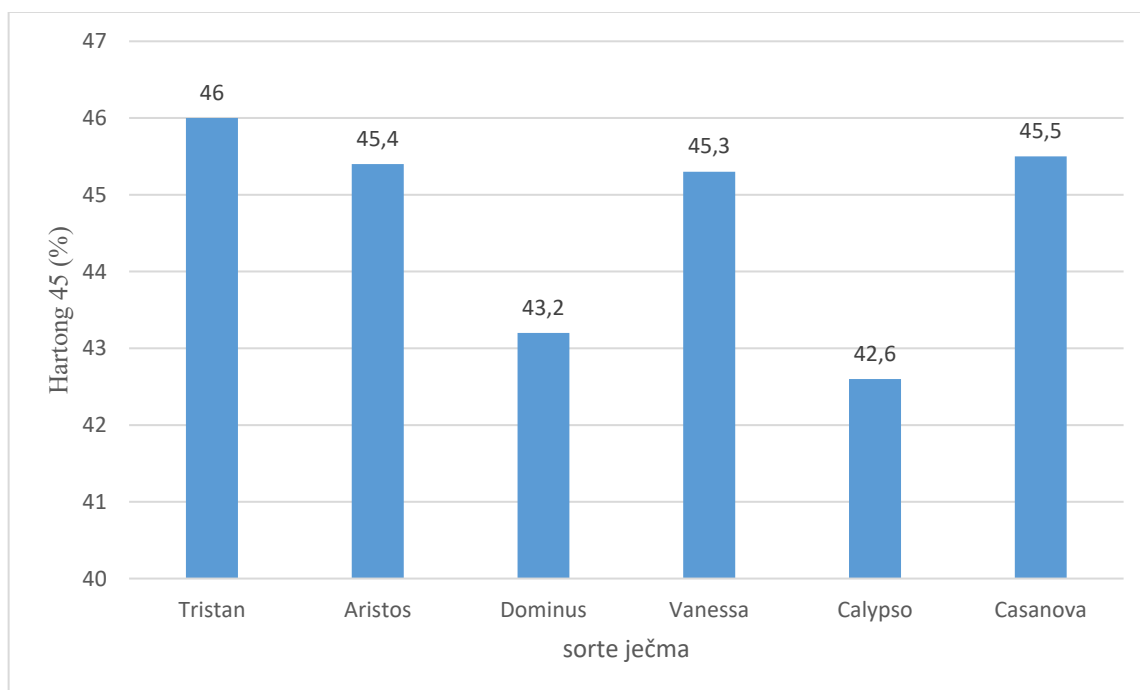
< 30 loše. Abnormalna slabost enzima stvara poteškoće u liječenju u vrijeme proizvodnje piva.

< 36 nedovoljno. Razlog: naknadno slabljenje enzima od nedovoljnog namakanja slada s pretjeranom ventilacijom i previsoka temperatura

> 36 slada koji posjeduje zadovoljavajuću količinu enzima

> 40 dobro. Slad bogat enzimima (dobar proces stvaranja slada)

U provedenom istraživanju sve sorte prelaze vrijednosti od 40%, što znači da je slad bogat enzimima te da je dobro proveden proces sladovanja.

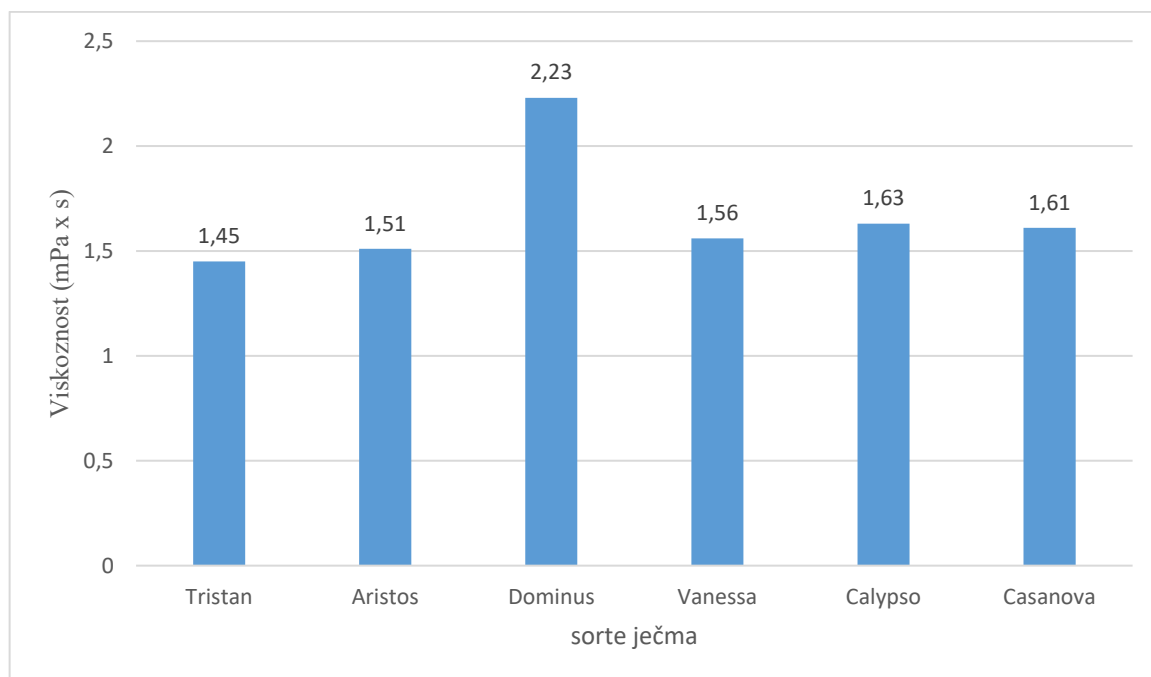


Slika 19 Rezultati ispitivanja Hartong 45 za ispitivane sorte ječma

4.1.12. Viskoznost

Viskoznost sa vrijednostima manjim od 1,53 mPas predstavlja vrlo dobar stupanj razgrađenosti, dok vrijednosti veće od 1,68 mPas označavaju slab stupanj razgrađenosti. Što je vrijednost veća stupanj razgrađenosti je manji.

Ispitivane sorte se uglavnom uklapaju do vrijednosti 1,53mPas, dok Dominus ima vrijednosti 2,23mPas što znači da ima mali stupanj razgrađenosti.

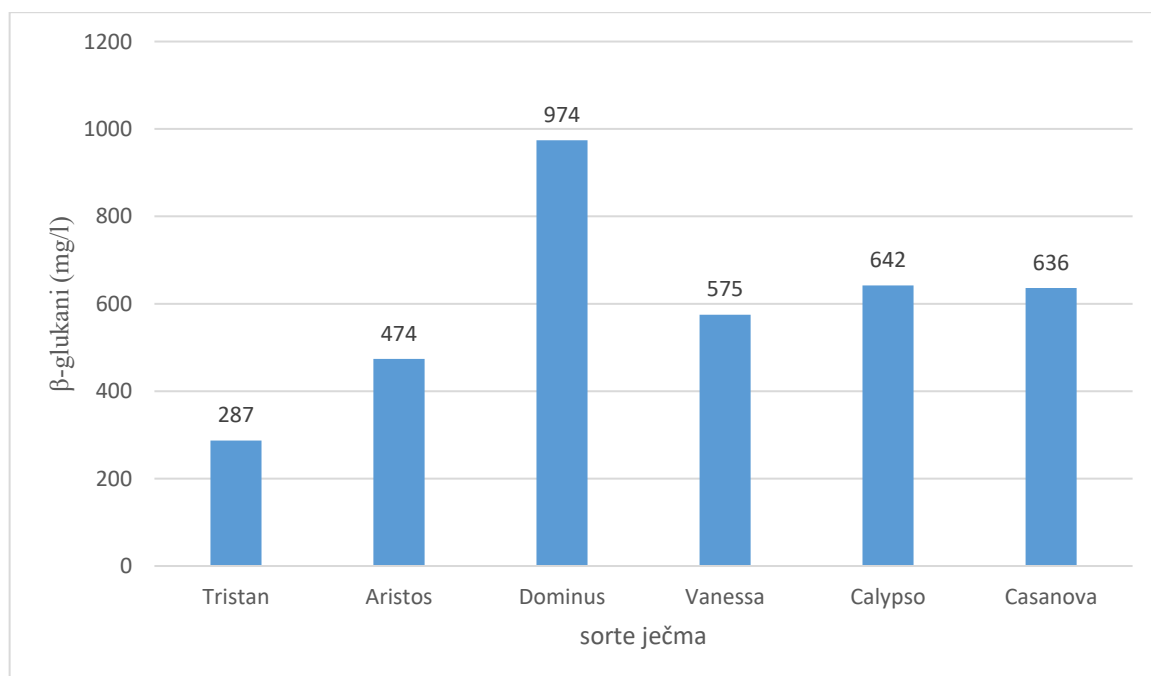


Slika 20 Prikaz rezultata viskoznosti za ispitivane sorte ječma

4.1.13. Određivanje β -glukana

Pojavljaju se kao gradivne tvari staničnih stijenki stanica sa škrobom u endospermu. Otapanjem u komini dovode do porasta viskoznosti što pozitivno djeluje na punoću okusa i stabilnost pjene, a negativno utječu na filtrabilnost jer zbog nitaste građe stvaraju gel na filteru.

Rezultati za udio β -glukana bili su u okviru vrijednosti 287 – 974 mg/l što odstupa od preporučenih vrijednosti 220mg/l. Najmanji udio ima Tristan 287 g/l , a najveći udio Dominus od 974mg /l. β -glukani u sladovini ne bi smjeli prelaziti 100mg/l, što znači da dobiveni rezultati jako odstupaju od optimalnih.



Slika 21 Prikaz rezultata β -glukana za ispitivane sorte ječma

4.2. RASPRAVA

Polazni pokazatelji kvalitete povezani s ispitivanim sortama dobiveni su od selekcionara s Poljoprivrednog Instituta Osijek. Što znači da se radi se o novim sortama ozimog 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 β -glukan) manje izražen. Budući da je ovaj rad usredotočen na analizi kakvoće ozimih pivarskih sorti Poljoprivrednog Instituta Osijek daljnja analiza će se fokusirati na ostvarene rezultate prikazane u **Tablici 1** i njihovu komparaciju s preporučenim vrijednostima prisutnim u stručnoj i znanstvenoj literaturi. Na **Slici 10** se promatraju rezultati vlage različitih uzoraka koji ukazuju na značajno povećanje vlažnosti u usporedbi s preporučenim vrijednostima koja iznosi max. 5%. Važno je napomenuti da visoka vlažnost može negativno utjecati na tehničke karakteristike ječma i procese prerade. Postupak dosušivanja prije skladištenja može biti ključan 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. 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 Vanessa, Calypso i Casanova zadovoljavaju sa svojim rezultatima. Što se tiče vremena ošećerenja dobiveni rezultati interpretirani su kao vremenski intervali: između 15-20 minuta između 20-25 minuta kod svih ispitivanih 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 što zadovoljavaju svi ispitivani uzorci. Postotak finog ekstrakta je približno jednakih vrijednosti kod svih uzoraka, a poželjno bi bilo da je viši od 80%. Najpoželjniju vrijednost daje Aristos i to je 80%. Stupanj konačne prevrelosti odgovara prema preporučenim vrijednostima u svim analiziranim uzorcima te iznosi iznad 78%. 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. Slad koji se koristi za proizvodnju piva često ima niži sadržaj proteina kako bi se postigla bolja kvaliteta vrenja i bistrenja. Najbolje rezultate ima Tristan (11,2%), a Vanessa i Calypso odstupaju od poželjnih vrijednosti. 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, može se primijetiti da je udio topivog N prihvatljiv. Kolbachov indeks (omjer topljivog prema ukupnom N) kreće se u intervalu od 38-42% čime daje piva poželjnih karakteristika, uzorci Tristan i Aristos se nalaze unutar određenog intervala. Preporučena vrijednost viskoznosti ječmenog slada je max. 1.55 mPa_s, ispitani uzorci uglavnom odgovaraju toj vrijednosti, dok odstupanja pokazuju Dominus, Calypso i Casanova. Koncentracija β-glukana u sladovini ne bi trebala podizati iznad 220 mg/L 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%, svi ispitivani uzorci prelaze 40% što znači da je slad bogat enzimima te da je dobro proveden proces sladovanja.

5. ZAKLJUČCI

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

1. Rezultati vlažnosti slada su pokazali varijabilnost iznad preporučenih vrijednosti i to može predstavljati negativan utjecaj. Međutim, postupkom dosušivanja je moguće dovesti parametre u željene omjere.
2. Udio proteina je povišen kod svih ispitivanih sorti, što nije pogodno za proizvodnju piva. Dok je topivi dušik kod svih sorti u prihvatljivom rasponu.
3. Vrijeme ošecerenja, filtracije i postotak finog ekstrakta su ključni tehnički parametri koji su se pokazali unutar prihvatljivih granica iako postoje manja odstupanja koja bi mogla predstavljati problem zbog lošije razgradnje škroba.
4. Rezultati sorte Tristan dobiveni za Kolbachov indeks su najoptimalniji i najpoželjniji od svih ispitivanih sorti i koji iznosi manje od 38%.
5. Ispitivane su vrijednosti za slodoni α -amino N i Hartong 45°C čiji su rezultati za sve sorte poželjnih vrijednosti. Što je naznaka dobro provedenog postupka slađenja.
6. Vrijednosti dobivene za β -glukane su značajno povišene od optimalnih 220mg/l te to predstavlja problem u proizvodnji piva zbog stvaranja gela na površini filtera i loše filtrabilnosti.
7. Iako su rezultati za pojedine sorte poželjni ili prihvatljivi ne bi trebalo zanemariti da rezultati nisu najbolji. Potrebno je poraditi na kvaliteti i svojstvima ječma u daljnjim istraživanjima. Najveći potencijal prema dobivenim rezultatima ima sorta Aristos koju bi trebalo usavršiti.

6. LITERATURA

- A.A.C.C. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*. St. Paul NM , USA: The Society, 2000.
- Enciklopedija biljaka*. n.d. <https://www.vrtlarica.com/jecam/>.
- Gupta, Mahesh, Nissreen Abu-Ghannam, i Eimear Gallagher. »Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications.« *Food Science and Food Safety*, br. 9 (2010): 318-328.
- Koceva-Komlenić. *Sirovine biljnog podrijetla. (žitariće, leguminoze i uljarice)*. 2017.
- Leskovšek-Čulaković, Ida. *Slad i nesladovane sirovine*. Beograd: Poljoprivredni fakultet Beograd, 2002.
- Marić, V. *Tehnologija slada i piva*. Zagreb, 1982.
- Marić, Vladimir. *Tehnologija piva*. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, 2009.
- . *Tehnologija slada i piva*. Zagreb, 1982.
- Marić, Vladimira. *Biotehnologija i sirovine*. Zagreb: stručna i poslovna knjiga d.o.o. , 2000.
- MEBAK. *Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommision*. 3. 1997.
- Mikyška, Alexandr, Vratislav Psota, i Miloš Hrabák. »Brewing Trials with Spring and Winter Barley Varieties.« *Czech J. Food Sci.*, 2012, 30 izd.: 27–34.
- Mohaček, Marko. *Pivovarstvo-priručnik za izobrazbu stručnih kadrova*. Zagreb: Nakladni zavod Hrvatske, 1948.
- Pivarski ječam i slad*. Bačka Palanka: DP 20. oktobar Sladara, 1992.
- Štefanić, K, i V Marić. *Pivarski priručnik*. Beograd: Jugoslavensko udruženje pivovara, 1990.
- Ullrich, Steven E., i Byung-Kee Baik. »Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest.« *Journal of Cereal Science*, September 2008: 233-242.