

# Ocjena pivarske kakvoće sorte ječma Pivarac iz žetve 2017.

---

Havlik, Igor

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:109:716925>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U  
OSIJEKU**

**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Igor Havlik**

**Ocjena pivarske kakvoće sorte ječma Pivarac iz žetve 2017.**

**DIPLOMSKI RAD**

**Osijek, srpanj, 2019.**

## 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: Biotehnološka proizvodnja hrane

Tema rada je prihvaćena na VIII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2018./2019. održanoj (30. svibnja, 2019.).

Mentor: prof. dr. sc. Vinko Krstanović  
Komentor: dr. sc. Gordana Šimić, znan. savj.

### Ocjena pivarske kakvoće sorte ječma Pivarac iz žetve 2017.

Igor Havlik, 0113137869

#### Sažetak:

U radu je istraživana sladarska kakvoća jarog, dvorednog ječma Pivarac iz žetve 2017. Ječam je prethodnim postupkom mikroslađenja preved u slad, a zatim kongresnom metodom ukomljava od slada je dobivena sladovina. Ustanovljeni su polazni pokazatelji kakvoće te pokazatelji gotovog slada. Cilj ovog rada bio je na temelju dobivenih rezultata ocijeniti sladarsku kakvoću ječma Pivarac usporedbom rezultata s dostupnim podacima u znanstveno-stručnoj literaturi. Na temelju rezultata ocijenjena je podobnost sorte Pivarac za proizvodnju piva. Rezultati pokazuju kako sorta Pivarac zadovoljava vrijednosti za masu 1000 zrna, friabilnost, staklavost, udio  $\beta$ -glukana, viskoznost te udio ekstrakta dok su vrijednosti za Hartong-ov i Kolbach-ov broj niže od preporučenih. Također je kod sorte Pivarac utvrđena niža vrijednost dijastatke snage (108 WK°).

**Ključne riječi:** Ječam, sorta Pivarac, kakvoća

**Rad sadrži:** 56 stranica  
25 slika  
07 tablica  
0 priloga  
29 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** Hrvatski

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

- |    |   |               |
|----|---|---------------|
| 1. | prof. dr. sc. Marko Jukić   | Predsjednik   |
| 2. | prof. dr. sc. Vinko Krstanović  | član-mentor   |
| 3. | dr. sc. Gordana Šimić, znan. savj.;<br>Poljoprivredni institut Osijek | član-komentor |
| 4. | izv. prof. dr. sc. Jasmina Lukinac Čačić                              | zamjena člana |

**Datum obrane:** 01. srpnja, 2019.

**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 Food Technologies  
Subdepartment of Bioprocess Engineering  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program of Food engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Biotechnological production of food

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VIII. held on May, 30. 2019.

**Mentor:** *Vinko Krstanović, PhD, prof.*

**Technical assistance:** *Gordana Šimić, PhD, scientific adviser.*

### STUDY OF MALTING QUALITY OF BARLEY VARIETIES PIVARAC FROM THE SEASON 2017.

*Igor Havlik, 0113137869*

#### Summary:

This thesis aimed to investigate the malting quality of barley cultivar Pivarac harvested in 2017. Barley sample was micro-malted and congress method of mashing was conducted. Initial quality indicators of barley, as well as quality indicators of malt were determined. This research was conducted in order to classify the barley cultivar Pivarac according to the appropriate qualitative group based on scientific and technical literature recommendations. Barleys malting quality and its suitability for beer production was assessed. The best results were determined for 1000 cornweight, friability, glassy corns,  $\beta$ -glucan content, viscosity and the amount of extract while the Hartong and Kolbach indeks showed some lower results. Also, Pivarac has shown lower results regarding diastatic strength (108 WK°).

**Key words:** Barley, Pivarac, malt quality

**Thesis contains:** 56 pages  
25 figures  
07 tables  
0 supplements  
29 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |   |              |
|---|--------------|
| 1. Marko Jukić, PhD, prof.  | chair person |
| 2. Vinko Krstanović, PhD, prof.   | Supervisor   |
| 3. Gordana Šimić, PhD, scientific adviser<br>Agricultural institute of Osijek | Member       |
| 4. Jasmina Lukinac Čačić, PhD, assoc. prof                                    | stand-in     |

**Defense date:** July 01, 2019.

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

## Popis ilustracija

<b>Slika 1.</b> Ječam (Dubrovniknet, 2015.).....	4
<b>Slika 2.</b> Hordeumvulgare (Go Botany, 2018.).....	5
<b>Slika 3.</b> Građa zrna ječma (Marković, 2013.).....	9
<b>Slika 4.</b> Škrob (Tehnologija hrane, 2008.).....	10
<b>Slika 5.</b> Amiloza (Tehnologija hrane, 2008.).....	11
<b>Slika 6.</b> Amilopektin (Tehnologija hrane, 2008.).....	11
<b>Slika 7.</b> Kemijska građa $\beta$ -glukana.....	12
<b>Slika 8.</b> Struktura fitinske kiseline (Tehnologija hrane, 2008.).....	14
<b>Slika 9.</b> Ječam Pivarac (Sorte pšenice i ječma, 2017.).....	17
<b>Slika 10.</b> Uređaj za mikroslađenje.....	33
<b>Slika 11.</b> Priprema zrna za slađenje.....	33
<b>Slika 12.</b> Ječmeni slad.....	33
<b>Slika 13.</b> Uređaj za odklicavanje.....	33
<b>Slika 14.</b> Uređaj za ukomljavanje kongresnom metodom.....	34
<b>Slika 15.</b> Uređaj za mjerenje vlage.....	35
<b>Slika 16.</b> Friabilimetar.....	36
<b>Slika 17. a)</b> Automatizirani uređaj - mikroviskozimetar,.....	37
<b>Slika 17. b)</b> Hoppler-ov princip padajuće kuglice.....	37
<b>Slika 18.</b> Uređaj za mjerenje pH sladovine.....	38
<b>Slika 19.</b> Odnos udjela vlage, grubog i finog ekstrakta u ovisnosti o sorti ječma.....	45
<b>Slika 20.</b> Odnos mase 1000 zrna te ukupnih i topljivih proteina sorte Pivarac i Grace.....	46
<b>Slika 21.</b> Odnos Hartong-a, Kolbach-ovog broja i topljivog dušika sorte Pivarac i Grace.....	47
<b>Slika 22.</b> Odnos friabilnosti, staklavosti te djelomične staklavosti sorte Pivarac i Grace.....	48
<b>Slika 23.</b> Usporedba dijastatke snage, $\alpha$ -amilaze i $\beta$ -glukana za sorte Pivarac i Grace.....	49
<b>Slika 24.</b> Odnos $\beta$ -glukana i viskoziteta sorte Pivarac i Grace.....	50
<b>Slika 25.</b> Udio FAN (mg/L) za sorte Pivarac i Grace.....	51

## Popis tablica

<b>Tablica 1.</b> Kemijski sastav ječma, %. (Schuster i sur., 1988.).....	9
<b>Tablica 2.</b> Procesni parametri u različitim fazama slađenja (Schuster i sur. 1988.).....	25
<b>Tablica 3.</b> Karakteristike kvalitetnog plzenskog slada (Leskošek-Čukalović, 2002.).....	26
<b>Tablica 4.</b> Karakteristike kvalitetnog minhenskog slada (Leskošek-Čukalović, 2002.).....	27
<b>Tablica 5.</b> Polazni pokazatelji sorte ječma Pivarac.....	30
<b>Tablica 6.</b> Parametri procesa močenja, klijanja i sušenja.....	32
<b>Tablica 7.</b> Analiza gotovog slada (Pivarac, žetva 2017. god.).....	44

Veliko hvala mentoru prof. dr. sc. Vinku Krstanoviću na pruženoj pomoći tijekom izrade diplomskog rada. Najiskrenije zahvale znanstvenicima Poljoprivrednog instituta Osijek, posebno dr. sc. Gordani Šimić, na pruženoj stručnoj i praktičnoj pomoći u odrađivanju eksperimentalnog dijela diplomskog rada. Zahvaljujem se svim kolegama i kolegicama na pruženoj podršci i pomoći tijekom studiranja. Također, hvala svim moji prijateljima koji su vjerovali, savjetovali i bili uz mene tijekom studiranja.

Posebno hvala mojim roditeljima, bratu i baki koji su mi omogućili studiranje te vjerovali u mene tijekom cijelog studiranja.

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>3</b>
2.1. JEČAM .....	4
2.1.1. Uzgoj ječma u Republici Hrvatskoj.....	6
2.1.2. Pivarski ječam .....	7
2.1.3. Zrno ječma .....	7
2.1.4. Kemijski sastav zrna .....	9
2.1.5. Utjecaj $\beta$ -glukana u proizvodnji piva.....	15
2.1.6. Ječam Pivarac.....	16
2.2. PARAMETRI KAKVOĆE PIVARSKOG JEČMA.....	18
2.2.1. Vanjski pokazatelji kakvoće ječma .....	18
2.2.2. Mehaničke osobine zrna ječma .....	19
2.2.3. Fiziološke osobine ječma .....	20
2.2.4. Kemijsko - fizikalne osobine ječma .....	22
2.3. SLAD .....	24
2.3.1. Proizvodnja slada .....	24
2.3.2. Tipovi slada .....	26
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	<b>28</b>
3.1. ZADATAK .....	29
3.2. MATERIJAL I METODE .....	29
3.2.1. Materijal.....	29
3.2.2. Metode .....	31
3.2.2.1. Mikroslađenje.....	31
3.2.2.2. Kongresna metoda ukomljavanja .....	34
3.3. ANALIZA DOBIVENOG SLADA .....	35
<b>4. ANALIZA REZULTATA</b> .....	<b>43</b>
4.1. REZULTATI ANALIZE GOTOVIH SLADOVA .....	44
4.2. OBRADA REZULTATA .....	45
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>52</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>54</b>

## 1. UVOD



Ječam pripada porodici *Poaceae*, red *Poales* te je jedna od najvažnijih i najrasprostranjenijih žitarica na svijetu. Po agrotehničkim osobinama dijeli se na jari i ozimi ječam dok u ovisnosti o broju zrna na klasu postoji dvoredni, četveroredni te šesteroredni ječam. Značajnu ulogu ima u mnogim segmentima prehrambene industrije. Ječam se kao sirovina koristi za prehranu stoke i ljudi, a u industriji piva predstavlja glavnu sirovinu. Slađenjem ječma dobiva se slad. To je proklijalo i prosušeno zrno ječma koje sadrži sve potrebne hidrolitičke enzime. Slad se osim u proizvodnji piva koristi i u pekarskoj, tekstilnoj te farmaceutskoj industriji. Pivarske sorte ječma selekcioniraju se kako bi se dobile nove sorte koje će po svojoj kakvoći najviše zadovoljavati propisane kriterije za proizvodnju slada i piva. Kakvoća ječma određuje se prema vanjskim pokazateljima, mehaničkim, fiziološkim, fizikalno-kemijskim osobinama te prema kemijskom sastavu zrna. Najvažnija sorta koja se najčešće upotrebljava kada je proizvodnja piva u pitanju je jari dvoredni ječam, iako se u zadnje vrijeme veliki značaj pridaje i ozimim dvoredni sortama. Cilj ovog rada je odrediti kakvoću sorte jarog, dvorednog pivarskog ječma Pivarac iz žetve 2017.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. JEČAM

Ječam (*Hordeum sativum*) jedna je od najstarijih ratarskih kultura koja se upotrebljavala prvenstveno za ishranu ljudi, a danas se uglavnom upotrebljava u ishrani stoke te za proizvodnju piva. Pretpostavlja se da ova ratarska kultura izvorno potječe s Bliskog istoka (Turska, Iran i Libanon). Njena sposobnost da uspijeva i u hladnijim krajevima jedan je od razloga zbog kojeg se ova žitarica nalazi na visokom mjestu u proizvodnji (Šimić, 2009.).

Uz pšenicu, kukuruz i rižu, ječam je najvažnija i najrasprostranjenija žitarica na svijetu. Približno 60% ukupne svjetske proizvodnje ječma se proizvodi u Europi. Kao sirovina pokriva različite aspekte prehrambene industrije. Iz ječma se dobiva ječmeni slad koji se koristi u proizvodnji piva. U pekarskoj, konditorskoj i farmaceutskoj industriji upotrebljava se sladni sirup. Ječam se koristi i za dobivanje škroba, iako je njegova zastupljenost kao sirovine mnogo manja u odnosu na neke druge sirovine, prvenstveno kukuruz, krumpir, pšenicu i tapioku (Krmpotić, 2007.).

U svijetu je proizvedeno približno oko 144 milijuna tona ječma na približno 50 milijuna ha zemlje (prema podacima FAO-a iz 2014.) Današnji najveći proizvođači ječma su USA, UK, Španjolska, Rusija, Njemačka, Turska, Francuska, Ukrajina, Australija. (Akar i sur., 2004.).



**Slika 1.** Ječam (Dubrovnik net, 2015.)

Prema botaničkoj pripadnosti, ječam spada u porodicu Poaceae, odjelu Triticeae, pododjelu Hordeinae i rodu *Hordeum* koji obuhvaća oko 25 vrsta. Vrsta *Hordeum vulgare* se prema razvijenosti, rasporedu i fertilnosti klasa dijeli u pet suvarijeteta:

- *Hordeum vulgare*, convar. *hexastichon* (višeredni ječam),
- *Hordeum vulgare*, convar. *intermedium* (prijelazni ječam),
- *Hordeum vulgare*, convar. *distichon* (dvoredni ječam),
- *Hordeum vulgare*, convar. *dificiens* (nepotpuni ječam),
- *Hordeum vulgare*, convar. *labile-irregulare* (labilni ječam) (Mansfeld, 1950.).



**Slika 2.** *Hordeum vulgare* (Go Botany, 2018.)

### 2.1.1. Uzgoj ječma u Republici Hrvatskoj

Ječam je nakon pšenice najzastupljenija ratarska kultura koja se uzgaja u Republici Hrvatskoj. Proizvodnja ječma vrši se na otprilike 50 000 ha dok prosječni prinosi zrna iznose 3-4 t/ha. Najviše se koristi u pivarstvu za proizvodnju piva te u hranidbi stoke, dok se samo mali dio koristi za prehranu ljudi. U Republici Hrvatskoj postoji samo jedna tvornica slada "Slavonija Slad" koja je smještena u Novoj Gradiški. Njezine godišnje potrebe iznose oko 60 000 – 70 000 tona kvalitetnog pivarskog ječma. U Hrvatskoj se godišnje ne proizvede dovoljno tona kvalitetnog pivarskog ječma zbog čega se nažalost jedan dio ječma mora uvoziti. Niži prinosi zrna te nemogućnost zadovoljavanja pojedinih ulaznih kriterija kakvoće pivarskog ječma glavni su razlozi nedovoljne proizvodnje ove značajne ratarske kulture. (Gospodarski list, 2012.).

Jedan od problema proizvodnje ječma u Hrvatskoj je i njegova odlika s obzirom na ozimost. Dok mnoge zemlje zapadne Europe koje imaju veliku tradiciju proizvodnje koriste ozimi ječam prvenstveno u stočarstvu, a jari ječam u proizvodnji piva, zemlje jugoistočne Europe (Hrvatska) u proizvodnji piva daju prednost ozimom ječmu. Razlog tome je njegova bolja otpornost na sušu i uvjete proizvodnje, veći i stabilniji urod zrna te bolje iskorištenje vlage tijekom jeseni i zime (Lalić i sur., 1999.). Svake godine suočavamo se s promjenama u proizvodnji ječma. Nekoliko je faktora koji se mogu smatrati odgovornima za smanjenu proizvodnju ječma u Hrvatskoj. Nezainteresiranost prerađivača, mali poticaji otkupa ječma za dobivanje slada, neprilagođena tehnologija proizvodnje samo su neki od bitnih čimbenika (Divjak, 2005., Kovačević i sur. 1994.).

### 2.1.2. Pivarski ječam

Za pivarsku industrijsku ječam je glavna sirovina za proizvodnju piva. Klijanjem ječma dobije se slad koji sadrži sve potrebne hidrolitičke enzime za daljnju proizvodnju. Slad se osim u proizvodnji piva koristi i u tekstilnoj, farmaceutskoj te pekarskoj industriji. Agrotehničke osobine ječma od velikog su značaja budući da se ranije sije, a samim time ranije i dozrijeva. To omogućuje njegovu proizvodnju i u višim planinskim predjelima. Prema vremenu sjetve, pivski ječam se dijeli na ozimi (koji se sije u sredini rujna) i jari ječam (koji se sije u ožujku i travnju). Postoje i fakultativne ozimo-jare sorte ječma koje se siju u jesen i na proljeće. Zbog svoje raznolikosti u odnosu na raspored zrna u klasu, ječam se dijeli na različite sorte: dvoredni, četveroredni ili šestoredni ječam. Sorte dvorednog jarog ječma najčešće se upotrebljavaju za proizvodnju piva budući da najbolje zadovoljavaju zahtjeve sladarske i pivarske industrije. Danas se u velikoj količini uzgajaju i sorte dvoredno ozimog ječma koji svojom kvalitetom konkurira jarom ječmu. Svake godine uvode se novi kultivari ječma, a njegovom selekcijom dobivaju se visoko produktivni sortimenti kako ozimog tako i jarog ječma (Marković, 2013.).

### 2.1.3. Zrno ječma

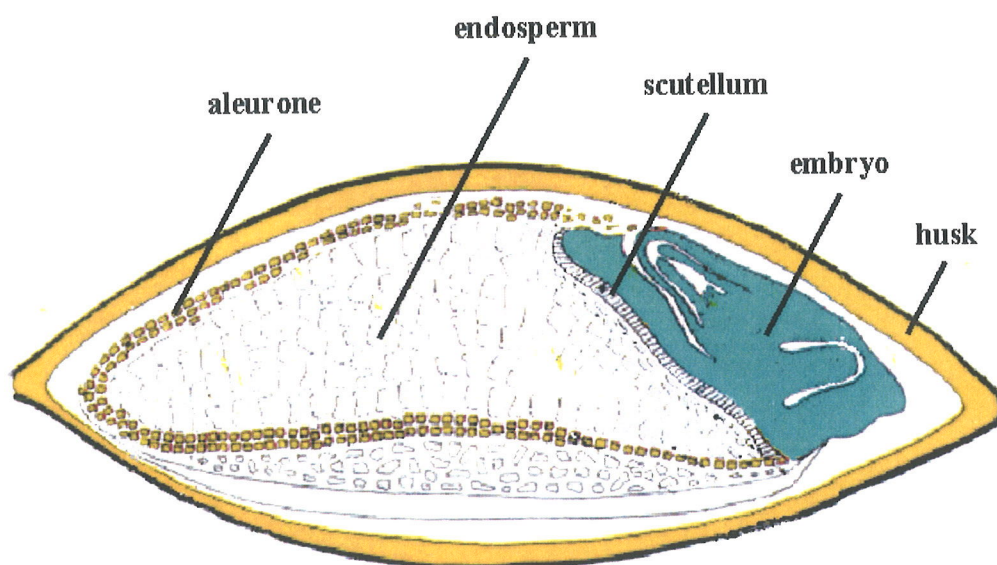
Zrno ječma duguljastog je oblika te se sastoji od 3 glavne komponente kao što su omotač, endosperm i klica.

Najveći dio zrna zauzima endosperm. Unutrašnji dio endosperma (jezgra endosperma ili škrobni endosperm) ispunjen je granulama škroba koja su obavijena hemicelulozom ( $\beta$ -glukanom), a sadrži i značajan udio proteina. Udio proteina unutar endosperma raste od sredine prema aleuronskom sloju. Unutar endosperma možemo pronaći dvije grupe škrobnih zrnaca: sitna škrobna zrna od 1,7-2,5  $\mu\text{m}$  i krupna škrobna zrna 22,5-47,5  $\mu\text{m}$ . Njihova veličina ovisi prvenstveno o sorti ječma. Stanice endosperma zajedno sa škrobnim zrcima pakirane su u proteinsku matricu. U procesu klijanja postepeno se razgrađuje te dovodi klici energiju potrebnu za rast (Leskošek-Čukalović, 2002.). Aleuronski sloj sastoji se od četiriju redova živih stanica te obavija endosperm. Živi je dio zrna koji diše, a njegove stanice ne se dijele i ne rastu tijekom klijanja. Čini glavno mjesto za biosintezu hidrolitičkih enzima ( $\alpha$ -amilaza,  $\beta$ -glukanaza, proteaza) koji kataliziraju hidrolizu endosperma tijekom klijanja, ali to je i mjesto sinteze

hranjivih sastojaka potrebnih embriju za njegov rast (Šimić, 2009.). Stanice aleuronskog sloja bogate su proteinima, mineralima te lipidima, a prisutni su i kompleksi polifenoli kao što je antocijanin. Ovi spojevi su kod pojedinih sorti odgovorni za plavu ili crvenu boju (Leskošek-Čukalović, 2002.).

Omotač ječmenog zrna izgrađen je od sedam različitih slojeva koje možemo podijeliti u tri glavne skupine. Unutarnji omotač naziva se sjemenjača ili testa te okružuje aleuronski sloj. Zbog svoje specifične strukture propušta samo čistu vodu dok soli otopljenje u vodi ne propušta. Testa zajedno s perikarpom štiti zrno od prodiranja mikroorganizama koji se nalaze na površini zrna. Oplodnjača ili perikarp sljedeći je omotač koji je u bliskoj vezi sa sjemenjačom. Vanjski omotač zrna naziva se pljevica. Najveći udio pljevice čini celuloza i lignin, dok ostatak čine hemiceluloza, pentozani, uronične kiseline te manani. Pljevice su obično srasle sa zrnom, ali postoje i goli kultivari ječma koji su bez pljevice. Njihova primjena u proizvodnji piva nije od velikog značaja. Pljevica pruža mehaničku zaštitu zrnu te predstavlja prepreku za transport plinova, vode i drugih sastojaka. Izražena su i abrazivna svojstva zbog znatnog udjela silicija (Divnjak, 2005.).

Klica je od endosperma odvojena štitićem. Štitić predstavlja poroznu membranu pomoću koje se odvija izmjena hranjivih tvari i katalitičkih enzima tijekom procesa klijanja. Sastavljen je od sloja zbijenih stanica te obuhvaća ulazni i usisni epitel sačinjen od šupljih duguljastih stanica (Gaćeša, 1979; Marić, 2000.). Klica predstavlja živi dio zrna, a bogata je sastojcima koji se troše u njenim prvim fazama klijanja. Nakon što se ti sastojci potroše hranjive tvari dobiva razgradnjom rezervnih materijala endosperma (Leskošek-Čukalović, 2002.).



Slika 3. Građa zrna ječma (Marković, 2013.)

#### 2.1.4. Kemijski sastav zrna

Kemijski sastav zrna ječma heterogen je kao i kod većine žitarica. Udio pojedinih sastojaka može varirati u velikim granicama što ovisi o sorti, klimatskim uvjetima uzgoja, uvjetima i načinu žetve, području uzgoja te drugim faktorima. Suha tvar zauzima najveći dio zrna 80-88% dok mali dio 12-20% zauzima voda.

Tablica 1. Kemijski sastav ječma, %. (Schuster i sur., 1988.)

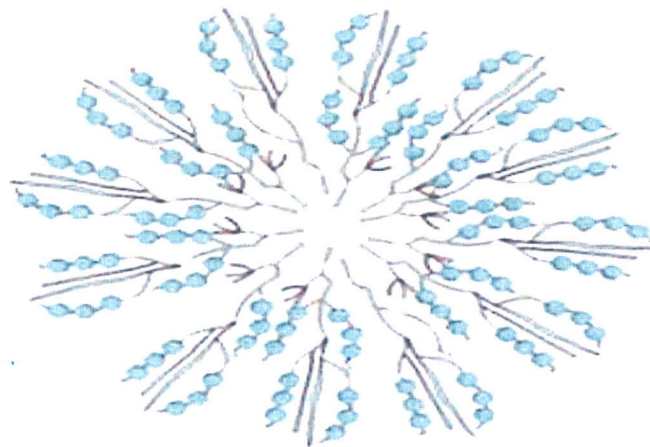
POKAZATELJ	ZRAČNO SUHI	SUHA TVAR ZRNA
Škrob	54,0	63,2
Vlaga	14,5	-
Ostale nedušične ekstraktivne tvari	12,0	14,0
Bjelančevine	9,5	11,1
Sirova vlakna	5,0	5,9
Masti	2,5	2,9
Mineralni sastojci	2,5	2,9

## UGLIKOHIDRATI

Najzastupljeniji sastojci zrna su ugljikohidrati od kojih najveći dio čini škrob. Osim škroba zastupljeni su i celuloza, šećeri te hemiceluloze i gumaste tvari. Škrob je polisaharid koji predstavlja glavni izvor ekstrakata slada, a kasnije i piva. Čini približno 58-65% suhe tvari zrna. U stanicama endosperma prisutan je u obliku granula. Glavna je rezerva energije za

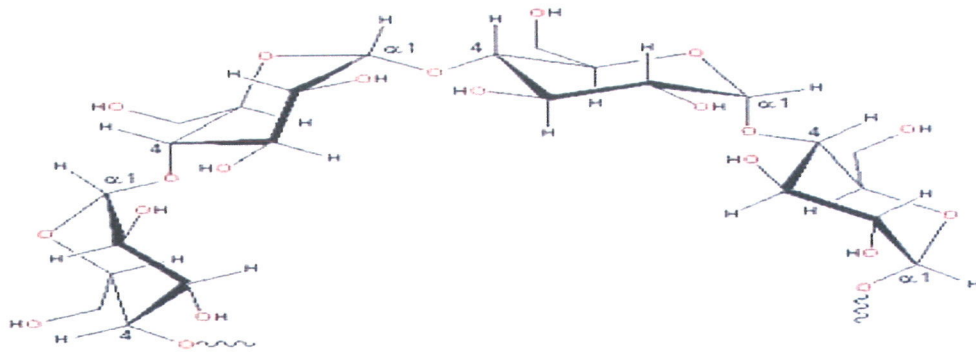


preživljavanje embrija. Izgrađen je od dvije komponente: amiloze i amilopektina. Amiloza je linearni polimer D-glukoze međusobno povezane  $\alpha$ -(1,4) glikozidnim vezama. U prosjeku amilozu čine 200-2000 molekula D-glukoze. Njezina molekulska masa iznosi 10 000 – 500 000. Prisutna je u škrobu s udjelom do 18-30%, ali njen udio varira ovisno o sorti ječma. Amiloza se dugo vremena smatrala linearnom molekulom, ali istraživanja su pokazala kako sadrži i manji udio  $\alpha$ -(1,6) glikozidnih veza. Zbog prisutnosti  $\alpha$ -(1,6) veza nije ju moguće u potpunosti hidrolizirati  $\beta$ -amilazom i fosforilazom, već nastaje  $\beta$ -granični dekstrin. Smještena je većinom u unutrašnjosti škrobnih granula. U procesu proizvodnje piva velik udio amiloze nije poželjan. Takav škrob želira na temperaturi višoj od temperature koje je karakteristična za normalan škrob. Osim toga amiloza dolazi u kompleksu s proteinima i fosfolipidima što onemogućuje potpunu razgradnju tijekom ukomljavanja (Leskošek-Čukalović, 2002.).

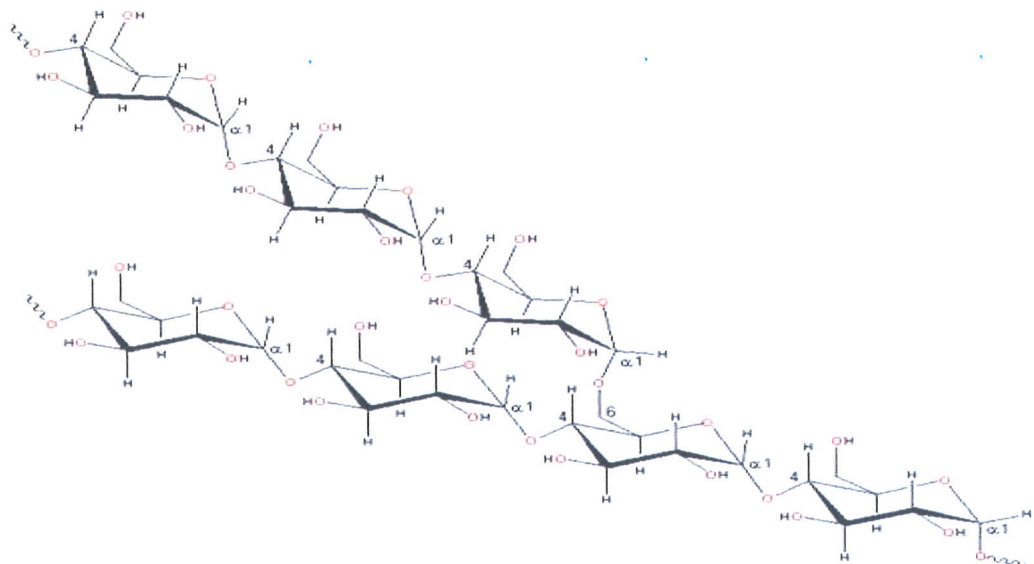


**Slika 4.** Škrob (Tehnologija hrane, 2008.)

Za razliku od amiloze, amilopektin zauzima puno već udio unutar škrobnih granula (78-80%). Razlikuje se od amiloze po tome što sadrži veći udio  $\alpha$ -(1,6) glikozidnih veza što ga čini razgranatijim polimerom. Na svakih 15-30 molekula D-glukoze dolazi jedna  $\alpha$ -1,6 veza. Sastoji se od velikog broja D-glukoznih jedinica, a prema nekim istraživanjima ta brojka doseže i do 100 000. Njegova molekulska masa iznosi  $10^6 - 10^8$ . Sadrži jedan reducirajući kraj i ogroman broj nereducirajućih ostataka glukoze na bočnim krajevima što ga znatno razlikuje od amiloze koja ima jedan reducirajući i jedan nereducirajući ostatak glukoze. Svojstvo amilopektina je da pri višim temperaturama želira.



Slika 5. Amiloza (Tehnologija hrane, 2008.)

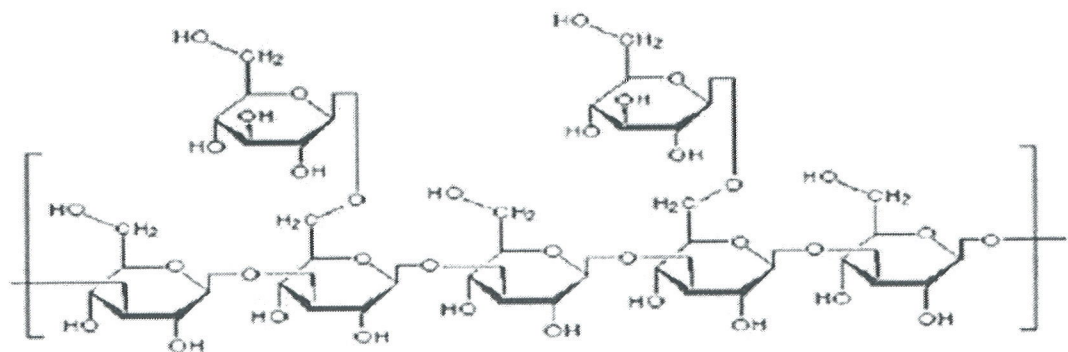


Slika 6. Amilopektin (Tehnologija hrane, 2008.)

Škrob je prisutan u obliku malih i velikih granula. Male granule se razlikuju od velikih po njihovom ponašanju tijekom slađenja, a kasnije i proizvodnji piva. 90% svih škrobnih granula čine upravo male granule. Karakteristične su za staklasti endosperm koji se teže razgrađuje. Zbog toga su mala zrna nepoželjna kako u ječmu tako i u sladu (Kunze, 1999.).

Celuloza svojom građom nalikuje na amilozu samo što su u ovom slučaju glukozne jedinice povezane  $\beta$ -1,4 vezama. Netopiva je u vodi te se enzimski ne razgrađuje. Njezin utjecaj na kakvoću piva je zanemariv. Hemiceluloze čine osnovne sastojke stanične stijenke endosperma. Njihov udio u ječmu prije svega ovisi o sorti te uvjetima uzgoja ječma. Izgrađene su od dvije komponente:  $\beta$ -glukana (80-90%) te pentozana (arabinoksilani) s udjelom 10-20% (Magdić, 2017).  $\beta$ -glukan je linearni polimer sastavljen od ostataka glukoze međusobno povezane  $\beta$ -(1,4),  $\beta$ -(1,3) i  $\beta$ -(1,6) vezama. Molekulska masa često varira, ali u prosjeku iznosi oko 4000 i 500 000. Veze unutar molekule nisu pravilno raspoređene što dovodi to toga da pod određenim uvjetima nastaju duži lanci s  $\beta$ -1,4 vezama ili po nekoliko  $\beta$ -1,3 veza jedna iza druge. Jedna od značajnih karakteristika  $\beta$ -glukana je njihova sposobnost da lako prelaze u gel stanje što rezultira porastom viskoznosti, a time se otežava proces filtracije. Zbog toga se  $\beta$ -glukani svrstavaju u gumaste tvari.  $\beta$ -glukan prisutan je u stanicama endosperma te se u procesu slađenja mora dobro razgraditi kako bi se postigla željena modifikacija zrna (Leskošek-Čukalović, 2002.).

Njihova prisutnost pronađena je i u mnogim biljkama, algama, s bakterijama, kvascima, plijesnima te gljivicama. Struktura  $\beta$ -glukana znatno ovisi o izvoru iz kojeg se izoliraju (Skendi i sur., 2003.)



Slika 7. Kemijska građa  $\beta$ -glukana

Pentozani spadaju u kompleksne polisaharide koji se sastoje od ksiloze i arabinoze. Čine dugačke polimerne lance D-ksiloze povezane  $\beta$ -(1,4) vezama, koje su na pojedinim mjestima zamijenjeni s jedan ili dva ostatka arabinoze. Što je veći udio arabinoze to je veća i topivost ove molekule. Ukupan sadržaj unutar zrna ječma iznosi 6,7 – 11,0%. Iako su velike molekulske mase za razliku od  $\beta$ -glukana pentozani ne stvaraju viskozne sredine.

Od ostalih šećera koji se mogu pronaći u zrnu ječma najviše su zastupljeni saharoza i rafinoza iako se može naći i manja količina glukoze, fruktoze i maltoze. Pohranjeni su u klici i aleuronskom sloju. Jedan mali dio šećera nastaje i tijekom razgradnje škroba u procesu klijanja (Leskošek- Čukalović, 2002.).

## PROTEINI

Iako su zastupljeni u manjem broju proteini imaju značajnu ulogu kada je u pitanju kakvoća piva. Samo manji dio proteina iz zrna prelazi u gotovo pivo. Pozitivne karakteristike vezane su uz osiguranje stabilnosti pjene, izvor dušika za rast i metabolizam kvasaca u procesu fermentacije dok su negativne odlike vezane za zamućenje piva (Mohaček 1948.). Prema Osborn-u dijele se na albumine, globuline prolamine i gluteline. Albumini čine 4-11% ukupnih proteina ječma. Topivi su u vodi, a na temperaturi od 52°C u potpunosti koaguliraju. Globulini su topivi u otopinama soli, a samim time i u sladovini. Njih udio u zrnu se kreće između 15-30%. Koaguliraju na višim temperaturama oko 90°C. Albumini i globulini su najvećim dijelom enzimski proteini. Prolamini su proteini topljivi u alkoholu. Obuhvaćaju oko 37% ukupnih proteina te predstavljaju glavnu frakciju rezervnih proteina u zrnu. Razgradnjom prolamina nastaju prolin i glutelinska kiselina. Prolin je važna aminokiselina karakteristična po tome što ju pivski kvasac ne asimilira tijekom fermentacije. Ova skupina proteina ima značajnu ulogu u formiranju prolaznog i stalnog zamućenja piva (Buljeta, 2018.).

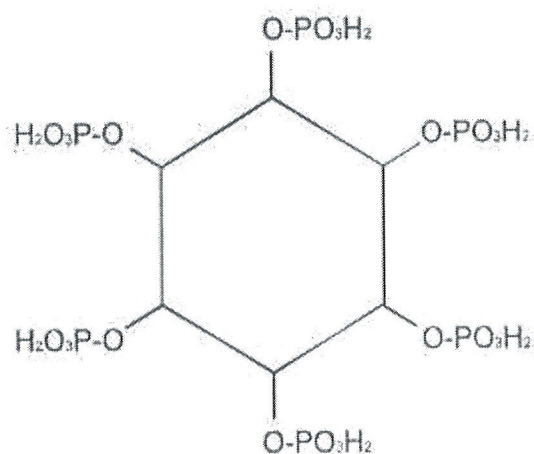
## LIPIDI

Lipidi su skupina spojeva koja je najvećim dijelom prisutna u aleuronskom sloju te u klici. Njihov udio u ječmenom zrnu iznosi 2 - 3%. Uglavnom se nalaze u obliku triglicerida u kojem je glicerol esterificiran s višim masnim kiselinama, ali je prisutna i manja količina derivata poput glikolipida i fosfolipida. Netopivi su u vodi, određena količina lipida se troši na disanje tijekom slađenja, ali najvećim dijelom lipidi nepromijenjeni prelaze i ostaju u tropu.

Nemaju značajan utjecaj na kakvoću konačnog proizvoda, ali su jednim dijelom odgovorni za okus piva, stabilnost pjene te metabolizam kvasaca (Leskošek- Čukalović, 2002.).

## MINERALNE TVARI

Minerali su anorganske tvari koje su prisutne u ječmu s udjelom od 2-3%. Najzastupljeniji minerali su fosfor (35%), silicij (25%) i kalij (20%). Fosfati su važni mineralni spojevi koji ulaze u sastav organskih molekula koje su esencijalne za zrno, a kasnije i za kvasac. To su adenzozidi (ADP) i trifostat (ATP), koenzimi, proteini te nukleinske kiseline. Također fosforna kiselina zajedno sa svojim primarnim solima ima puferska svojstva te na taj način regulira kiselost zrna u procesu klijanja, a kasnije i u procesu slađenja i proizvodnje piva. Velik dio fosfata u zrnu prisutan je u obliku fitina (kalijeve i natrijeve soli fitinske kiseline, mioinozitolheksafosfat). Mioinozitol ima vitaminsko djelovanje te je faktor rasta za kvasac dok je fosforna kiselina izvor fosfata (Leskošek- Čukalović, 2002.).



Slika 8. Struktura fitinske kiseline (Tehnologija hrane, 2008).

## ENZIMI

Enzimi su specifični proteini koji su prisutni u biljnim i životinjskim stanicama. Važni su za čitav niz procesa koji se odvijaju od biorazgradnje do sinteze mnogih spojeva. Iako ječam sadrži znatnu količinu enzima, najveći dio enzima formira se tijekom procesa slađenja. U proizvodnji piva enzimi su odgovorni za pretvorbu nerazgradivih komponenata u razgradive pa sve to njihovog konačnog proizvoda. Važni enzimi prisutni u ječmu su karbohidraze koje kataliziraju hidrolizuglukozidne veze ( $\beta$ -amilaza i  $\alpha$ -amilaza), peptidaze koje kataliziraju hidrolizu peptidnih veza te fosfataze i lipaze (Leskošek- Čukalović, 2002.).

Zrno ječma sadrži i druge spojeve poput vitamina te faktore rasta za kvasac. Vitamini prisutni u zrnu dijele se na dvije skupine: topive u vodi (vitamini B kompleksa te vitamin C) i one topive u mastima (u obliku prekursora - karoteni i steroli) (Leskošek- Čukalović, 2002.).

### 2.1.5. Utjecaj $\beta$ -glukana u proizvodnji piva

Prisutnost  $\beta$ -glukana u stjenkama endosperma iznosi oko 70-80%. To su dugački lanci glukoznih jedinica povezani  $\beta$ -(1,4) vezama čiji se udio u molekuli  $\beta$ -glukana kreće oko 70%, a manji udio oko 30% čine  $\beta$ -(1,3) veze. Upravo su  $\beta$ -(1,3) veze odgovorne za djelomičnu topivost  $\beta$ -glukana budući da sprječavaju gusto pakiranje lanca. Udio  $\beta$ -glukana u zrnu ječma ovisi o sorti kao i o uvjetima uzgoja pojedine sorte (Jadhav i sur., 1998.; Jiang i Vasanthan, 2000.). Problem tijekom proizvodnje piva predstavljaju topivi  $\beta$ -glukani koji stvaraju viskozne otopine te na taj način uzrokuju mnoge tehničke probleme. Viskozne otopine otežavaju proces ekstrakcije, filtracije te pojave zamućenja u pivarstvu. Konverzija netopivih  $\beta$ -glukana u topive odvija se tijekom klijanja zrna djelovanjem glukanolitičkih enzima. Ukoliko je sadržaj  $\beta$ -glukana visok, stanični zidovi mogu postati nedovoljno razgrađeni, a kao rezultat toga je slabija difuzija enzima koji nastaju u procesu klijanja. U tom slučaju imamo niži udio ekstrakta kod slada, a ostatak nerazgrađenih glukana dovodi do povećanja viskoznosti sladovine (Enari i sur., 1986).

Sadržaj  $\beta$ -glukana u sladovini ovisi i o djelovanju enzima  $\beta$ -glukanaze tijekom slađenja. Potencijal nastanka  $\beta$ -glukanaze važno je pratiti tijekom klijanja. Postoje dva važna enzima koja provode razgradnju  $\beta$ -glukana, a međusobno se razlikuju po temperaturnom optimumu i produktima hidrolize:

$\beta$ -glukan +  $\beta$ -glukanaza (45 – 50°C) =  $\beta$ -glukanski dekstrin

$\beta$ -glukan +  $\beta$ -glukan-solubilaza (60 – 65°C) = otopljeni  $\beta$ -glukan (Marić, 2009.).

U zrnu ječma prirodno je prisutna endo- $\beta$ -glukanaza, dok se egzo- $\beta$ -glukanaza sintetizira tijekom slađenja. Važnost  $\beta$ -glukan-solubilaze je u tome što ona oslobađa  $\beta$ -glukan iz proteinskog kompleksa, a njena se aktivnost tijekom slađenja može povećati i za 170% (Magdić, 2017.).

$\beta$ -glukani imaju i mnoga pozitivna djelovanja zbog kojih se koriste u različitim industrijama kao što su kemijska, kozmetička i farmaceutska industrija. Mnoga istraživanja dokazala su pozitivne učinke  $\beta$ -glukana na ljudsko zdravlje i imuni sustav. U probavnom sustavu oblikuju viskoznu otopinu te na taj način usporavaju apsorpciju glukoze nakon jela. To ih čini značajnim sastojcima prehrana budući da pomažu održavanje stabilnog odnosa glukoze i inzulina. Također topiva vlakna  $\beta$ -glukana mogu poboljšati probavu te održavati ravnotežu crijevne mikroflore. Pomažu i kod snižavanja razine ukupnog i LDL kolesterola. Konzumacijom hrane koja sadrži značajne količine  $\beta$ -glukana može smanjiti rizik od koronarnih srčanih bolesti kao i neke vrste raka (Andelić, 2012.).

#### **2.1.6. Ječam Pivarac**

Pivarac je srednja rana sorta čiji slad ima vrlo dobra pivarska svojstva. Kao sorta s potencijalnom rodnosti većom od 7,5 t/ha te visokom razinom uroda zrna 1. klase upotrebljava se u industriji slada, ljudskoj prehrani te u stočarstvu. Ukoliko su pravilno primijenjene agrotehnikе za proizvodnju pivarskog ječma slad mu je visokog sadržaja ekstrakta te dobrih citolitičkih i proteolitičkih pokazatelja razgrađenosti slada.

**Glavne karakteristike sorte ječma Pivarac:**

- Jari dvoredni ječam,
- Dvorednog i srednjeg rastresitog klasa, nutansforem, povijenog u vrijeme formiranja zrna i pune zriobe,
- Srednje visine (približno 76 cm) te je otporniji na polijeganje od sorte jarog ječma Jaran,
- Krupno zrno (masa 1000 zrna oko 47-50 g), okruglasto, ujednačeno (udjel zrna I. klase 90-94%), izvrsno formirano s fino naboranim pljevicama svijetložute boje, sa svojstvom visoke hektolitarske mase zrna (iznad 70 kg),
- Dugačkog osja koje se lako odvaja od obuvenca u žetvi,
- Nabusava u tiouintermedium,
- Tolerantan je na rasprostranjene bolesti i štetnike ječma, a po dužini vegetacije pripada srednje ranijim sortama jarog ječma dobrom tolerantnošću na sušu,
- Sorta na EU katalogu sorti (Sorte pšenice i ječma, 2017.)



**Slika 9.** Ječam Pivarac (Sorte pšenice i ječma, 2017.)



## 2.2. PARAMETRI KAKVOĆE PIVARSKOG JEČMA

### 2.2.1. Vanjski pokazatelji kakvoće ječma

**Miris ječma** treba biti svjež, čist na miris slame. Ukoliko se ječam skladišti nepravilno u vlažnim uvjetima pojavit će se miris na plijesan. Preradom takvog ječma dobije se smanjena klijavost zrna (Leskošek-Čukalović, 2002.).

#### Vlažnost

Zrno ječma mora biti suho i sipko. Poželjno je da se vlažnost zrna kreće u granicama od 12 do 14%. Povišena vlažnost zrna može biti uzrokovana lošim uvjetima sušenja nakon žetve ili zbog nepravilnog skladištenja (Leskošek-Čukalović, 2002.).

**Boja i sjaj** zrna ječma bitni su vanjski pokazatelji kakvoće ječma. Ječam treba imati ujednačenu, sjajnu, svijetložutu boju. Ukoliko se na zrnu ječma uoči zelenkasta boja to je pokazatelj prerane žetve. Blijeda zrna pokazuju povećanu staklavost, a plavičasta označavaju prisutnost mikroorganizama (Leskošek-Čukalović, 2002.).

**Svojstva pljevice** ovise o sorti i podrijetlu kao i o uvjetima sazrijevanja. Zrno bogato ekstraktom ima fino naboranu i tanku pljevicu. Ukoliko je pljevica debela ili glatka znači da je zrno nepotpuno sazrelo (Marić, 1982.).

**Čistoća ječma** podrazumijeva da ječam ne smije sadržavati zrna pijeska, kamenčiće, metalne dijelove, slamu, sjemenke korova, poluzrna te zrna drugih žitarica. Veća količina prisutnih nečistoća može dovesti do tehnoloških gubitaka (Marić, 1982.).

**Oštećena zrna** mogu biti posljedica grešaka prilikom vršidbe ili napada štetočina. Tijekom prerade se oštećena zrna moraju ukloniti jer smanjuju željenu klijavost tijekom slađenja (Marić, 1982.).

**Oblik i veličina zrna** ovise prvenstveno o sadržaju ekstrakta. Ispunjena i okruglasta zrna imaju veći udio ekstrakta za razliku od duguljastih, spljoštenih zrna (Marić, 1982.).

**Proklijala zrna** su neupotrebljiva te su prema tome i nepoželjna u zrnenoj masi. Proklijala zrna pokazatelj su vlažnih klimatskih uvjeta prije i nakon žetve. Ovakva zrna pokazuju veliku enzimsku aktivnost što dovodi do gubitaka na suhoj tvari (Marić, 1982.).

**Prisustvo štetočina** također je važan vanjski pokazatelj kakvoće ječma. Žitni žižak najčešći je nametnik koji se može pronaći na zrnu ječma. Napadnuta zrna su nagrižena te kao takva plivaju na površini vode pa se ne koriste za slađenje (Lenart, 2016.).

### 2.2.2 Mehaničke osobine zrna ječma

**Sortiranje** se određuje na osnovi debljina zrna pomoću specijalnih sita koja imaju duguljaste otvore različitih širina. Širine otvora za sortiranje ječma iznose 2,8, 2,5, i 2,2 mm. Na osnovi sortiranja dobiva se uvid u sadržaj zrna manjih od 2,2 mm (stočni ječam), zrna II. klase (veličina od 2,2 - 2,5 mm) te zrna I. klase (veličina zrna preko 2,5 mm). Standardne vrijednosti za udio I. klase:

- Prosječan pivarski ječam - najmanje 85%,
- dobar pivarski ječam - najmanje 90%,
- odličan pivarski ječam - najmanje 95% (Marić, 1982.).

**Masa 1000 zrna (apsolutna masa)** u korelaciji je sam rezultatima sortiranja te s ekstraktom ječma. Povećanjem apsolutne mase povećava se udio ječma I. klase, a samim time i sadržaj ekstrakta. Masa 1000 zrna uzima se kao pouzdaniji pokazatelj kakvoće ječma od hektolitarske mase. Budući da se apsolutna masa povećava s porastom vlage, potrebno ju je izraziti na suhu tvar. Masa 1000 zrna određuje se na raspodjeljivaču uzoraka na kojem se odvoji 100 g ječma, odmjeri 2 puta po 40 g te se aparatom za brojenje zrna odredi broj zrna u svakoj probi.

Standardne vrijednosti apsolutne mase na suhu tvar ječma:

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

Standardne vrijednosti apsolutne mase za zračno suhi ječam:

- 37-40 g - lak ječam
- 41-44 g - osrednje težak ječam
- Preko 45 g - težak ječam (Leskošek-Čukalovć, 2002.).

**Hektolitarska masa** pokazatelj je mase 100L ječma izražene u kg. Hektolitarska masa pivarskog ječma kreće se od 68 do 75 kg, dok su granične vrijednosti od 65 do 75 kg. Na hektolitarsku masu utječe nekoliko čimbenika: oblik zrna, vlažnost zrna, načini vršidbe i

čišćenje. Povećanje hektolitarske mase podrazumijeva povećanje udjela škroba, a samim time i udjela ekstrakta zbog čega je takav ječam pogodan za proizvodnju slada. Za određivanje hektolitarske mase koriste se posebne vage (Lenart, 2016.).

**Osobine endosperma** obuhvaćaju brašnavost i staklavost zrna ječma. Tvrdća ječma ovisi o sorti, ali i o uvjetima tijekom vegetacije. Kvalitetan pivarski ječam treba imati najmanje 80% brašnatih zrna jer je staklavost zrna povezana s povećanim udjelom proteina što za proizvodnju slada nije poželjno. Određivanje tvrdoće vrši se pomoću uređaja farinata po Polhu ili po Grobecker-u. Ovom metodom određuje se broj brašnatih, polustaklastih i staklastih zrna. Kontrola endosperma se provodi probom rezanja (Lenart, 2016.).

### 2.2.3. Fiziološke osobine ječma

**Klijavost ječma** jedno je od najvažnijih fizioloških osobina ječma. Pod klijavosti zrna podrazumijeva se udio (%) svih viabilnih zrna u uzorku. Klijavost zrna određuje se metodom bojenja (EBC metoda) te metodom pomoću  $H_2O_2$  (EBC metoda). Metoda bojenja provodi se na način da se u živim zrnima ječma uz sudjelovanje oksidoreduktaze i odgovarajućih koenzima bezbojni trifenil-tetrazolijklorid reducira u crveno obojeni formazan. Zrna čija je klica obojena potpuno (slabo ili jako) smatraju se klijavim zrnima kao i ona zrna kod kojih je obojeno najmanje 2/3 površine klice, ali i ona zrna koja su obojena, ali se na klici mjestimice uočavaju svijetlo obojene mrlje. Ona zrna na kojima je obojeno manje od 2/3 površine nisu klijava, kao i zrna obojena slano narančasto-žuto ili ona zrna koja nisu uopće obojena. Ukoliko je ječam dobro osušen, udio njegove klijavosti treba biti najmanje 95%. Kod metode pomoću  $H_2O_2$  prevladava se pospanost ječma pa zrno može proklijati u svakom trenu (Leskošek-Čukalović, 2002.).

Pored klijavosti zrna važan faktor je i **energija klijanja** koja prikazuje udio (%) zrna koja u trenutku ispitivanja pod normalnim uvjetima slađenja proklijaju. Ukoliko je energija klijanja dobra, zdravstvena ispravnost zrnene mase je ispravna te se takva zrna mogu uspješno sladiti. Energija klijanja određuje se metodom po Aubry-ju (EBC metoda), metodom po Schönfeld-u (EBC metoda), BRF metodom (EBC metoda) te kao postotak iskljavanja i indeks iskljavanja. Prosječan pivarski ječam treba imati energiju klijanja najmanje 95%, dobar pivarski ječam najmanje 98% (Marić, 1982.).

**Pospanost (dormantnost) ječma** od praktičnog je značenja za sladarsku industriju, a može postojati u dva oblika: niska energija klijanja ili primarna pospanost i osjetljivost na vodu ili hidrosenzibilnost. Zrno ječma nakon žetve ima malu energiju klijanja te se ona postepeno povećava tijekom skladištenja zrnene mase. Kada se energija klijanja izjednači s klijavašću ječma je tehnološki zreo i spreman za proizvodnju slada. Primarna pospanost određuje se klijanjem 100 zrna u Petrijevim zdjelicama promjera 10 cm, s 4 ml vode, za vrijeme 72 sata pri temperaturi 18 - 21°C.

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

Važnost hidrosenzibilnosti odražava se u močenju ječma. Što je ona veća, duže su pauze bez vode. Hidrosenzibilnost se dobiva iz razlike energija klijanja sa 4 i sa 8 ml vode. Tijekom rada s 4 ml vode dobiva se normalna energija klijanja dok se korištenjem 8 ml vode određuje hidrosenzibilnost zrna. Hidrosenzibilnost je parametar koji se izražava u postotcima, a ocjenjuje se kao:

- do 10% - vrlo mala hidrosenzibilnost,
- 11 - 25% - mala hidrosenzibilnost,
- 26 - 45% - osrednja hidrosenzibilnost,
- preko 45% - velika hidrosenzibilnost (Leskošek-Čukalović, 2002.).

**Moć vezivanja vode (moć bubrenja)** ukazuje na sposobnost ječma da upija vlagu. Ova osobina ječma u korelaciji je s enzimskom aktivnošću u zrnu tijekom poslije žetvenog dozrijevanja. Veću moć upijanja vode imaju zrna koja su enzimski aktivnija, a to znači da takva zrna imaju bolju sladarsku kakvoću. Određuje se na način da se odmjeri određena količina ječma, unese u sitastu korpu te se moči na 15-17°C kroz 72 sata. Svakih 24 sata vaganjem se odredi vlaga ječma:

- 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.).

#### 2.2.4. Kemijsko - fizikalne osobine ječma

**Udio vlage (%)** bitan je čimbenik za čuvanje ječma. Određuje se sušenjem i brzim metodama. Metoda sušenja u sušnici obavlja se prema ISO 712, 1985., gdje se ječmena prekrupa suši određeno vrijeme na određenoj temperaturi, u sušnici sa suhim zrakom zagrijavanoj električnim putem. Udio vlage izračunava se na osnovi razlike masa. Poželjno je da udio vlage u zrnju ječma bude ispod 14%. Određivanje vlage brzim metodama obuhvaća sušenje s infracrvenim zrakama, refleksijsku spektroskopiju u blisko infracrvenom području, transmisijska spektroskopija u blisko infracrvenom području, sušenje mikrovalovima te mjerenje elektroprovodljivosti (MEBAK, 1997.).

**Sadržaj (sirovih) proteina** značajan je za kakvoću pivarskog ječma. Dokazano je kako veći sadržaj proteina u zrnju ječma ima negativan utjecaj tijekom procesa slađenja. Udio proteina u negativnoj je korelaciji s udjelom ekstrakta. Što je veći udio proteina u zrnju to je manji sadržaj ekstrakta. Sadržaj proteina određuje se preko sadržaja dušika i to metodom po Kjeldahl-u (EBC metoda), metodom po Dumasu (EBC metoda), metodom refleksijske spektrofotometrije u blisko infracrvenom području - NIR (EBC metoda) te metodom transmisijske spektroskopije u blisko infracrvenom području - NIT (EBC metoda). Kod određivanja udjela proteina potrebno je rezultat pomnožiti s faktorom 6,25 koji prikazuje prosječan sadržaj sirovih proteina. Za proizvodnju piva poželjno je da u ječmu sadržaj proteina bude 10 - 11% (MEBAK, 1997.).

#### **Sadržaj ekstrakta**

Pod pojmom ekstrakt ječma podrazumijevaju se svi sastojci koji u uvjetima komljenja prelaze u otopinu. Sadržaj ekstrakta određuje se prema MEBAKU-u, postupkom mikroslađenja kao standardnim postupkom rada. Također se može odrediti i pomoću enzimskog ekstrakta slada. Poželjne vrijednosti sadržaja ekstrakta iznose 75 - 82% na suhu tvar ječma (Lenart, 2016.).

## Sadržaj sirovih vlakana

Netopljivi sastojci biljnog porijekla koji zaostaju nakon razgradnje smjesom octene, trikloroctene i dušične kiseline spadaju u skupinu sirovih vlakana. Nakon što se mljeveni ječam razgradi smjesom kiselina, tretira se octenom kiselinom i ispire vrućom vodom nakon čega se suši do konstantne mase i važe. Spaljivanjem filtra i oduzimanjem ostatka nakon žarenja, od mase materijala koji je ostao neotopljen nakon razgradnje dobiva se sadržaj sirovih vlakana. Poželjno je da sadržaj sirovih vlakana iznosi 4% (MEBAK, 1997.).

**Pljevica** je značajna zbog velikog udjela fenolnih spojeva, a pridonosi okusu, boji i stabilnosti piva. Ovisno o vrsti piva koje se proizvodi pljevica može biti nježna (svijetla piva) i grublja (tamna piva). Od zrna se odvaja tijekom obrade otopinom natrijeva hipoklorita uz dodatak NaOH. Sadržaj pljevice određuje se na način da se nakon odvajanja pljevice odredi suha masa zrna bez pljevice te na osnovi gubitka mase izračuna se udio pljevice. Ječam sadrži 0,1 - 0,3% polifenola na suhu tvar (MEBEK, 1997.).

**Određivanje  $\beta$ -glukana** provodi se enzimskom metodom (EBC metoda) i fluorimetrijskom metodom (EBC metoda). Poželjno je da sadržaj  $\beta$ -glukana bude 1 do 2,5% što ovisi o sorti i uvjetima uzgoja ječma (MEBAK, 1997.).

## 2.3. SLAD

Slad je proklijano i osušeno zrno ječma, pšenice, raži ili zobi. Najčešće se za dobivanje slada koristi zrno ječma budući da stvara najviše šećera (Pivnica net, 2003.). Svaka prehrambena industrija pa tako i industrija proizvodnje piva zahtjeva određene parametre kvalitete koje ječam mora ispunjavati kako bi se iz njega mogao dobiti konačan, stabilan proizvod. Različitim mehaničkim, kemijskim, biokemijskim te fiziološkim ispitivanjima potrebno je odrediti ulaznu kakvoću ječma iz koje će se proizvesti slad. Prvi od zahtjeva je da mora sadržavati nizak udio bjelančevina (max 11,5%) te zadovoljavajući urod (Šimić, 2009.).

### 2.3.1 Proizvodnja slada

Proizvodnja slada iz zrna ječma složeni je proces koji obuhvaća niz postupaka. Čišćenje, sortiranje, pravilno skladištenje samo su neke od faze koje je potrebno provesti prije same proizvodnje slada kako bi se što manje narušila njegova kakvoća. Pravilno skladištenje potrebno je provesti do nestanka dormantnosti dok je sortiranje zrna važno iz razloga što zrna različitih dimenzija različito primaju vlagu (Šimić, 2009.).

Prema tradiciji slad se proizvodi iz ječma, a nastali slad se dalje koristi za proizvodnju piva. Ječam je dobra sirovina za proizvodnju slada, a kasnije i piva. Veliki udio škroba u zrnu ječma te pljevica koja zaostaje na zrnu nakon žetve, a kasnije i u sladu doprinose procesu proizvodnje piva. Postupak slađenja odvija se kroz nekoliko faza kao što su čišćenje i sortiranje ječma, močenje sortiranog zrna, klijanje namočenog zrna, sušenje zelenog slada te njegova dorada (Marić, 2000.).

Proces močenja značajna je faza budući da zrno bubri i povećava svoj volumen za trećinu (s 10-14% na 42-45%). Proces je završen kada primarni korjenčić probije pljevicu zrna i pojavi se kao zamjetna bijela točka. U početku vlaga prodire u dio gdje se nalazi embrij, a kasnije prelazi i u bočne omotače. Močenje je proces koji obuhvaća nekoliko važnih parametara, a to su temperatura, dimenzija zrna, sorta, godina žetve te trajanje močenja (Buljeta, 2018.) Upijanje vlage uzrokuje povećanje procesa disanja zrna zbog čega je potrebno osigurati dovoljnu količinu kisika. Ukoliko se ne provede prozračivanje, zbog intramolekularnog disanja može doći do odumiranja zrna (Kunze, 1994.).

Klijanjem ječmenog zrna dobije se zeleni slad, a glavne karakteristike zelenog slada su razgrađeni endosperm te visok udio aktivnih enzima. Tijekom procesa klijanja dolazi do razvoja klice i korjenčića. Razvoj korjenčića predstavlja gubitak te se iz tog razloga uklanjaju. Proces klijanja treba provoditi na što nižoj temperaturi te u što kraćem vremenu (Štefanić i Marić, 1990.).

**Tablica 2.** Procesni parametri u različitim fazama slađenja (Schuster i sur. 1988.)

Ječam	Skladištenje	Vlaga	12 - 14%
		Temperatura	12°C
Modifikacija endosperma	Močenje	Udjel vode	45%
	Klijanje	Vrijeme	5 dana
		Temperatura	12 - 16°C
	Sušenje	Temperatura	Oko 85° C
		Vlažnost	4%
Slad	Dorada slada i skladištenje		



### 2.3.2. Tipovi slada

Svaki tip piva zahtjeva specifičan slad koji će mu omogućiti postizanje prepoznatljivih senzorskih svojstava. Slad se dijeli najčešće u dvije kategorije u ovisnosti o tome za koju vrstu piva će se koristiti. To su svijetli i tamni slad (Leskošek-Čukalović, 2002.).

#### Svijetli slad

Najpoznatiji svijetli slad je slad plzenskog tipa (slad za piva tipa Pils). Karakterizira ga svijetla boja te visoki enzimski potencijal, ali mu je s druge strane ograničena enzimska razgradnja. Proizvodi se od kvalitetnog dvorednog ječma. Slad za proizvodnju piva „gornjeg vrenja“ (pale ale) dobiva se od iznimno kvalitetnog ječma s vrlo niskim sadržajem proteina (9,0-10,0%). Karakterističan je po sličnom sadržaju ekstrakta, manjoj amilolitičkoj aktivnosti te izraženijoj sladnoj aromi (Leskošek-Čukalović, 2002.).

**Tablica 3.** Karakteristike kvalitetnog plzenskog slada (Leskošek-Čukalović, 2002.)

Boja	2,5-3,5 °EBC
Razlika ekstrakta, ΔE	do 1,7-2,0%
Kolbavov broj	oko 40%
RE45°C	preko 36%
Dijastatska snaga	240-270 °WK
Prividna granična prevrelost	81%

Sjevernoamerički slad se proizvodi za razliku od gore navedenih od šestorednog ječma, a najčešće se isporučuje kao kupaža slada od različitih sorti, uključujući i dvorede. Šestoredni ječam ima manja zrna te viši udio proteina (10,4-14,3%) (Leskošek-Čukalović, 2002.).

## Tamni slad

Minhenski slad je jedan od najpoznatijih tamnih slada. Piva proizvedena od ovoga slada prepoznatljiva su po svojoj boji, punome okusu i bogatim aromama. Sladna aroma potječe od produkata Maillard -ovih reakcija. Bečki slad je manje zastupljen od Minhenskog, a koristi se za proizvodnju tamnih piva zlatno žute boje. Koristi se i za korekciju svijetloga slada i postizanje specifične arome te ukusa kod specijalnih piva. Ovaj slad proizvodi se od dvorednog ječma s višim udjelom proteina (Leskošek-Čukalović, 2002.).

**Tablica 4.** Karakteristike kvalitetnog minhenskog slada (Leskošek-Čukalović, 2002.)

Boja	15-20 °EBC
Razlika ekstrakta, $\Delta E$	2,0-3,0%
Kolbavov broj	oko 44,5%
RE45°C	Okolo 40%
Dijastatska snaga	Okolo 145°WK
Prividna granična prevrelost	Okolo 76%

Pored standardnog slada koji se koristi kao osnovna sirovina postoji i specijalni slad koji se dodaje u manjoj količini radi postizanja specifičnih svojstava piva. U grupu specijalnog slada spadaju: karamelni slad, prženi slad, dijastatski slad, proteolitički i kiseli slad te pšenični slad i slad drugih žitarica (Leskošek-Čukalović, 2002.).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Ječmu se kao sirovini za proizvodnju različitih proizvoda kako za ljudsku tako i za stočnu prehranu pridaje mnogo pozornosti. Danas se posvuda u svijetu proizvode selekcionirane sorte ječma kako bi svojim novim, unaprijeđenim osobinama zadovoljile potrebe pojedinih industrija. Najviše pozornosti kada su osobine ječma u pitanju pridaje pivarska industrija. Najveći dio ječma koristi se upravo za proizvodnju piva zbog čega se i selekcionirani ječam koji se koristi u ovoj industriji naziva „pivarski„ ječam. Postupkom selekcije te genetičkim manipulacijama moguće je dobiti sorte koje udovoljavaju mnogim parametrima kakvoće kako ječma tako i slada. U ovom radu ispitivana je sladarska kakvoća sorte Pivarac iz 2017. godine. Cilj ovog rada bio je ocijeniti sladarsku kakvoću ječma Pivarac usporedbom dobivenih rezultata s dostupnim podacima koji su navedeni u znanstveno-stručnoj literaturi.

### 3.2. MATERIJAL I METODE

#### 3.2.1. Materijal

Ispitivana sorta Pivarac je jari dvoredi ječam, srednjeg rastresitog klasa povijenog u vrijeme formiranja zrna i pune zriobe. Pripada sorti srednje visine oko 76 cm, a pokazuje dobru otpornost na polijeganje. Pivarac ima okruglo, ujednačeno, krupno zrno te mu masa 1000 zrna iznosi oko 47-50 grama, a udio zrna prve klase iznosi visokih 90-94% . Odlikuje se fino naboranim pljevicama svijetložute boje te svojstvom visoke hektolitarske mase zrna (iznad 70 kg). Sorta Pivarac pokazuje tolerantnost na štetnike ječma kao i na rasprostranjene bolesti. Prema dužini vegetacije pripada srednje ranijim sortama jarog ječma s dobrom tolerancijom na sušu (Sorte pšenice i ječma, 2017.).

Polazni pokazatelji sorte ječma Pivarac prikazani su u **tablici 5**. Podaci su dobiveni na PI Osijek te se kao kontrola koristila sorta Grace.

**Tablica 5.** Polazni pokazatelji sorte ječma Pivarac

FIZIČKE OSOBINE		Uzorak kultivara			
		Pivarac		Grace (kontrola)	
1.	Sortiranje				
	Iznad 2,8 mm (%)	82,6	96,6	63,7	92,7
	Iznad 2,5 mm (%)	14,0		29,0	
	Iznad 2,2 mm (%)			2,4	
2.	Udio pljevice (%)	1,0		0,8	
3.	Lom (%)	0,5		0,2	
4.	Masa 1000 zrna (%)	45,66		47	
5.	Hektolitarska masa (kg/hL)	69,25		68,45	
6.	Staklavost zrna (%)	3		1	
<b>FIZIOLOŠKE OSOBINE</b>					
7.	Germinativni kapacitet (%)	98		98	
<b>KEMIJSKE OSOBINE</b>					
8.	Udio vlage u zrnu (%)	12		11,9	
9.	Udio proteina (%)	10,5		9,7	
10.	Udio škroba (%)	60,4		58,8	
11.	Udio $\beta$ -glukana (g/100 dm)	4,8		4,2	

### 3.2.2. Metode

Za potrebe istraživanja ispitivana je sorta ječma Pivarac uzeta iz sortnih pokusa Poljoprivrednog instituta Osijek koji vrši dugogodišnju selekciju različitih sorti ječma. Ispitivani uzorak prema namjeni pripada pivarskoj sorti te je njegova upotreba namijenjena za proizvodnju piva. Uzorak je sakupljen kroz sezonu 2017. godine. Nakon žetve prikupljeni materijal se spremio kao nedorađeno i netretirano zrno. Čuvan je na suhom i hladnom mjestu s ciljem prevladavanja tzv. posliježetvene pospanosti zrna.

#### 3.2.2.1. Mikrosladenje

Poljoprivredni institut Osijek provodi proces mikrosladenja prema MEBAK (2011.) analitici. To je Srednjeeuropska komisija za pivarsku analitiku (Middle European Brewing Analysis Commission) koja koristi ovaj postupak kao standardni postupak rada za predviđanje i ocjenu kakvoće pivarskih i drugih sirovina. Mikrosladenje se provodi u klima komori koja se sastoji od močionika, klijalšta i sušare s pratećom opremom i automatikom. Uzorci slada koji se dobiju mikrosladenjem prolaze kroz nekoliko faza kao što su močenje, klijanje te sušenje. Postupak sladenja trajao je sedam dana prilikom čega se koristilo 500g uzorka.

Močenje je postupak koji se provodi kombiniranim mokro-suhim postupkom. Temperatura vode i zraka iznosi  $14 \pm 0,1^\circ\text{C}$ , a traje 72h. Tijekom močenja potrebno je postići stupanj namočenosti od 45%. Klijanje se može provesti mirno ili pneumatskim putem. Kod mirnog načina klijanja relativna vlažnost zraka mora iznositi 95-98%. Za proces sušenja se ne smije koristiti zrak koji sadrži sumpor. Nakon provedeno procesa sladenja provodi se čišćenje slada na način da se u potpunosti uklone korjenčići bez oštećenja pljevice.

Tablica 6. Parametri procesa močenja, klijanja i sušenja.

<b>MOČENJE</b>			
FAZE MOČENJA	Protok zraka (%)	Temperatura (°C)	Vrijeme (h)
Prva faza pod vodom	-	16	5
Prva faza zračnog odmaranja	100	17	12
Druga faza pod vodom	-	17	6
Druga faza zračnog odmaranja	100	18	12
Treća faza pod vodom	-	17	2
Treća faza zračnog odmaranja	-	-	-
<b>KLIJANJE</b>			
Prva faza klijanja	75	17	96
Vrijeme između okretaja	-	-	2
Broj rotacija po okretanju	3		
<b>SUŠENJE</b>			
Prva faza sušenja	100	60	6
Druga faza sušenja	100	65	3
Treća faza sušenja	90	68	2
Četvrta faza sušenja	90	70	2
Peta faza sušenja	50	80	2
Šesta faza sušenja	50	83	2
Sedma faza sušenja	40	85	1



Slika 10. Uređaj za mikroslađenje



Slika 11. Priprema zrna za slađenje



Slika 12. Ječmeni slad

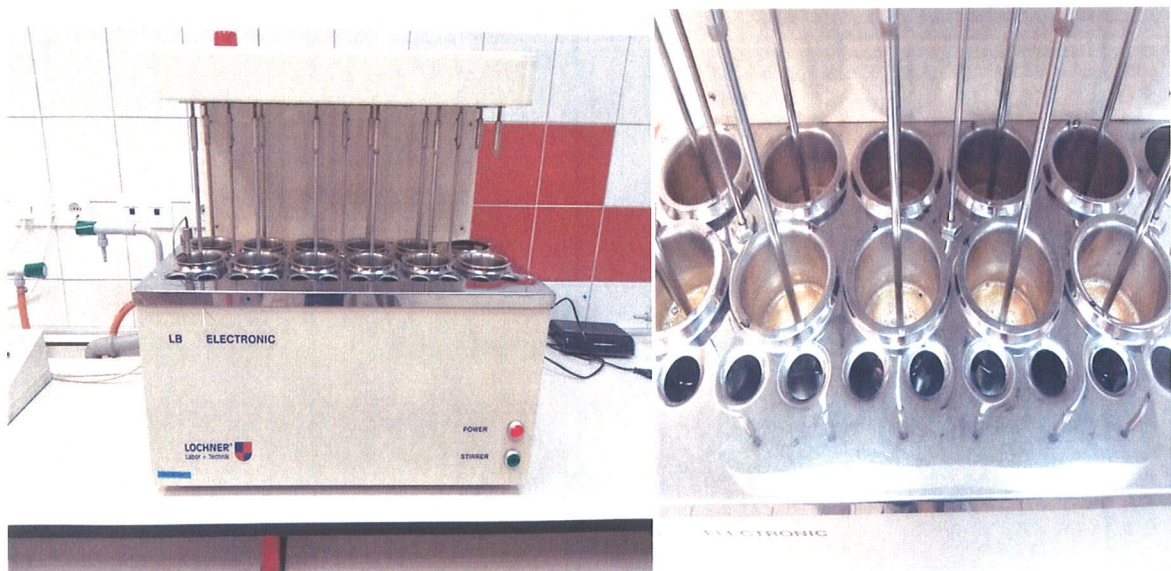


Slika 13. Uređaj za odklicavanje



### 3.2.2.2. Kongresna metoda ukomljavanja

Metoda ukomljavanja također je rađena prema MEBAK (2011.) analitici. Uključuje mljevenje slada na dva načina pomoću posebnih mlinova. Procesom finog usitnjavanja dobije se uzorak s 9% brašna, dok se grubim mljevenjem dobije uzorak s 25% brašna. Za proces je potrebno uzeti po 50g od svake meljave (fine i grube). Ukomljavanje se provodi u posebnim posudama dodatkom 200 mL destilirane vode. Početna temperatura ukomljavanja je 45°C i održava se 30 minuta. Idućih 25 minuta temperatura se postepeno povećava na 70°C nakon čega se dodaje 100 ml destilirane vode koja je također zagrijana na 70°C. Temperatura od 70°C održava se 1h. Nakon što ukomljavanje na 70°C završi slijedi proces hlađenja na sobnu temperaturu. Ohlađenoj se komini dodaje u posude destilirana voda tako da ukupan dodatak destilirane vode iznosi 400 mL. Dobivena sladovina se filtrira te se određuju određeni parametri.



Slika 14. Uređaj za ukomljavanje kongresnom metodom

### 3.3. ANALIZA DOBIVENOG SLADA

#### Vlažnost

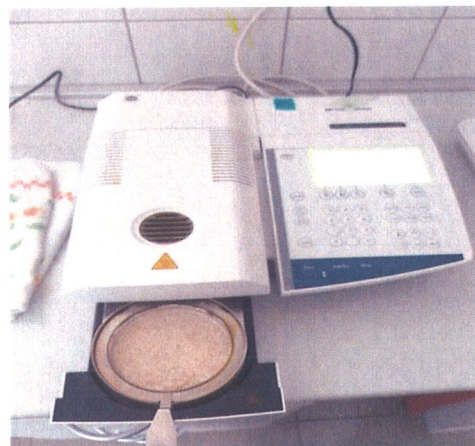
Vlažnost sladnog zrna određena je sušenjem u sušnici (EBC-V Ann. 4.2.). Prethodno prekrupljen (granulacija  $\leq 1$  mm) uzorak (30 g) sušen je 2 h na  $132^{\circ}\text{C}$  u sušnici s toplim zrakom uz standardizirane uvjete, te hlađen u eksikatoru do sobne temperature. Vlažnost se određuje mjerenjem gubitka mase prekrupe prije i nakon sušenja (MEBAK, 1997.).

$$\text{proračun: vlaga (\%)} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100$$

$m_0$  = masa prekrupe prije sušenja,

$m_1$  = masa prekrupe poslije sušenja

**Slika 15.** Uređaj za mjerenje vlage



#### Friabilnost

Friabilnost ili prhkost zrna određuje se na friabilimetru marke Perten 220 L. Postupak se provodi na način da se izvaže 50 g zrna slada koji se ispituje te se ubace u bubanj friabilimetra gdje se mehaničkim putem fragmentiraju. Nastali mali fragmenti prolaze van iz bubnja dok se veći nerazgrađeni fragmenti zadržavaju unutar bubnja. Proces traje 8 minuta nakon čega se uređaj automatski ugasi te se nerazgrađenim fragmentima odredi masa i friabilnost (MEBAK 4.1.3.6.1.).



Slika 16. Friabilimetar

### Ekstrakt fini

Ekstrakt slada određuje se prema MEBEK-u (metoda 4.1.4.2.2.)

$$\text{Ekstrakt slada zračno suhi, } E (\% \text{ zr.}) = \frac{e \times (800 + W)}{100 - e}$$

$$\text{Ekstrakt slada } E (\% \text{ s.t.}) = \frac{100 \times E (\% \text{ zračno suhi})}{100 - W}$$

$e$  = sadržaj ekstrakta u sladovini, % m/m;  $W$  = vlaga slada, % m/m;  $E$  = sadržaj ekstrakta u sladu, zračno suhi slad (% zr. suh.);  $800 + W$  = količina vode u komini preračunata na 100 g slada.

### Ekstrakt grubi

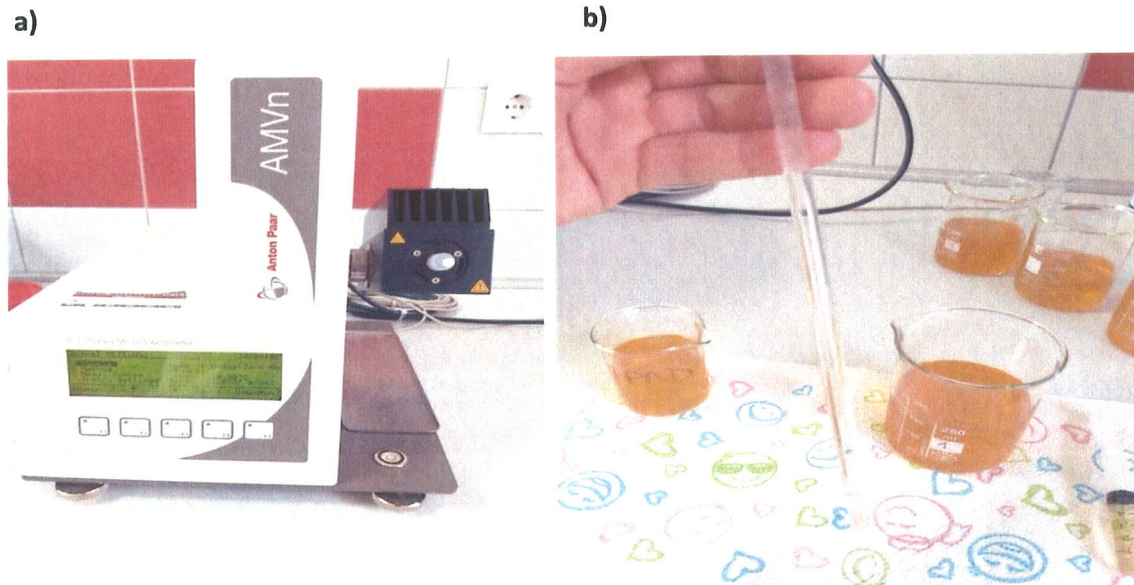
Pri određivanju grubog ekstrakta rabi se ista metoda kao kod određivanja finog ekstrakta, samo što je granulacija (promjer sita) pri mljevenju slada veća (1 mm).

Razlika ekstrakta fino i grubo mljevenog slada:

Razlika ekstrakta fino i grubo mljevenog slada je pokazatelj uspješnosti razgradnje staničnih stjenki endosperma, a određivana je po MEBAK 4.1.4.2.10. Ona je velikim dijelom odlika sorte, ali ovisi i o vremenskim uvjetima tijekom sezone (MEBAK, 1997.).

### Viskoznost

Određivanje viskoznosti kongresne sladovine značajan je tehnološki pokazatelj razgradnje hemiceluloze ( $\beta$ -glukana). Analiza se provodi na automatiziranom uređaju mikroviskozimetru. Uređaj se sastoji od kapilare i padajuće kuglice. Za mjerenje viskoznosti dovoljna je mala količina sladovine. Ovaj viskozimetar radi na Hoppler-ovom principu padajuće kuglice. Dobivene vrijednosti izražavaju se u mPas te se preračunavaju na 8,6% ekstrakta kongresne sladovine (Analitika EBC-a, metoda 4.8.).



**Slika 17.**

- a) Automatizirani uređaj mikroviskozimetar
- b) Hoppler-ov princip padajuće kuglice

## pH kongresne sladovine

pH kongresne sladovine određivan je metodom MEBAK-I 4.1.4.2.7. Vrijednosti pH utječu na enzimske procese razgradnje tijekom ukomljavanja, na topljivost bjelančevina i gorkih sastojaka hmelja, kao i na porast boje tijekom kuhanja. Pojačavanjem aktivnosti proteolitičkih enzima pH opada, jer nastale aminokiseline koje su oslobođene prilikom sušenja u vodenoj sredini reagiraju s kiselim melanoidinima dok s druge strane, na niskim vrijednostima pH poboljšana je razgradnja bjelančevina.



Slika 18. Uređaj za mjerenje pH sladovine

## Udio ukupnih proteina (određivanje ukupnog dušika kao ukupni N)

Ukupni dušik određivan je metodom po Kjeldahlu MEBAK-I (2.5.2.1.), a udio ukupnih proteina preračunava se množenjem s faktorom 6,25. Dušične tvari slada razaraju se vrućom sumpornom kiselinom uz dodatak katalizatora do  $H_2O$ ,  $CO_2$  i  $NH_3$ . Digest se alkalizira s  $NaOH$ , a oslobođeni amonijak se predestilira u otopinu borne kiseline i određuje titracijom sa standardnom otopinom 0,1 N sumporne kiseline (MEBAK,1997.).

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

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 (g), F - faktor 0,1 N kiseline, w - vlaga uzorka (%)

## Boja kongresne sladovine

Boja sladovine mjerena je spektrofotometrijski nakon filtracije. Mjerenjem apsorbancije na 430 nm i množenjem s odgovarajućim faktorom (MEBAK, 4.1.4.2.8.2.).

Boja (EBC jedinice),  $C = 25 \times E_{430}$

**Topljivi dušik** je onaj dušik koji tijekom ukomljavanja prelazi u otopinu. Određuje se prema gore navedenoj metodi za ukupni dušik s izuzetkom pripreme uzorka i prikazivanja rezultata (EBC - V 4.9.1.).

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 za slijepu probu (ml)

F = faktor 0,1 M kiseline

## Kolbachov broj

Kolbachov indeks pokazatelj je proteolitičke razgradnje slada tijekom slađenja i ukazuje na aktivnost proteolitičkih enzima. Pomoću Kolbachovog broja određuje se razgrađenost proteina (odnos ukupnog i topljivog N). Točnost ovog pokazatelja mora se promatrati zajedno s ukupnim udjelom N u sladu jer je to zavisna veličina.

Kolbachov broj (%) =  $\frac{\text{otopljeni N}}{\text{ukupni N (\% SM slada)}} \times 100$

## Slobodni $\alpha$ -amino dušik (FAN)

$\alpha$ -amino dušik određuje se EBC-ovom metodom pomoću ninhidrina. Ninhidrin predstavlja oksidacijsko sredstvo koje služi za oksidativnu dekarboksilaciju aminokiselina pri čemu se izdvaja CO<sub>2</sub> i NH<sub>3</sub> te nastaje aldehid s jednim C atomom manje od polazne aminokiseline. Nastali reducirani ninhidrin reagira s nereduciranim ninhidrinom i oslobođenim NH<sub>3</sub> te daje plavo obojenje (prolin daje žuto). Kao redukcijsko sredstvo sudjeluje i fruktoza.

Uzorak se zagrijava zajedno s ninhidrinom pri pH 6,7, nakon čega se intenzitet nastalog obojenja mjeri na spektrofotometru pri 570 nm (EBC Ann. 4.10.).

$$\text{Slobodni amino N (mg/100g)} = \frac{N \times E}{e \times 10}$$

N = sadržaj slobodnog dušika u sladovini, E = ekstrakt fino mljevenog slada, %SM, e = ekstrakt kongresne sladovine %SM

### **Hartongov broj (VZ 45°C)**

Predstavlja odnos ekstrakta dobivenog nakon ukomljavanja u trajanju od jednog sata i ekstrakta fino mljevenog slada (MEBAK, 4.1.4.11). Pomoću Hartong-ovog broja određuje se aktivnosti onih enzima koji su aktivni na temperaturi od 45°C. To su uglavnom proteaze, koje su aktivne na navedenoj temperaturi. Zbog toga su vrijednosti VZ 45°C u pozitivnoj korelaciji s drugim pokazateljima proteolitičke razgrađenosti, točnije s količinom topljivog dušika, Kolbachovim brojem i FAN-om (MEBAK, 1997.).

$$\text{Relativni ekstrakt (VZ 45)} = \frac{\text{ekstrakt slada na danoj temperaturi}}{\text{ekstrakt fino mljevenog slada}} \times 100$$

### **Staklavost (staklava zrna + djelomično staklava zrna)**

Staklavost zrna je određena metodom MEBAK-I 4.1.3.5.1., tzv. probom rezanja na farinatomu po Polh-u te brojanjem staklastih i brašnatih zrna, a rezultat je izražen u % (MEBAK, 1997).

### **Miris komine**

Miris komine određuje laborant sa iskustvom i to samo kao "normalan" ili "stran" (metoda MEBAK 4.1. 4.2.3.)

## Određivanje $\beta$ -glukana

Ispitivanja su izvršena tzv. Mixed-Linkage Beta-Glucan enzimskom metodom (McCleary metoda) (AACC, 2006.) Uzorak i standard odvažu se u kivete te se doda određena količina etanola natrijeva fosfata. Zatim se mješavina vorteksira. Inkubira se u kipućoj vodenoj kupelji te se ponovno vorteksira 3 minute. Nakon toga slijedi inkubacija na 50°C kroz 5 minuta. Doda se enzim lihenaza te se ponovno provede inkubacija na 50°C kroz 1 sat uz vorteksiranje svakih 15 minuta. Zatim se doda natrijev acetat, vorteksira te se centrifugira 10 minuta pri 1000 okretaja po minuti. Dobiveni alikvot podijeli se u 3 kivete. B-glukozidaza dodaje se u prve dvije kivete, dok se u treću dodaje natrijev acetat. Ponovno se inkubira na 50°C kroz 10 minuta. Glukozni standard s natrij acetatom prethodno se pripremi u dvije posebne kivete dok se u treću doda samo natrij acetat. Zatim se u sve kivete doda GOPOD reagens, te se inkubira 20 minuta na 50 °C. Slijedi mjerenje apsorbancije pri 510 nanometara uz slijepu probu. Udjel  $\beta$ -glukana se računa prema formuli:

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

- $\Delta E$  = apsorbancija umanjena za slijepu probu,
- $F$  = 100  $\mu\text{g}$  glukoze/apsorbancija za 100  $\mu\text{g}$  glukoze,
- 94 – korekcija volumena (0,1 ml uzeto iz 9,4 ml),
- 1/1000 – pretvaranje  $\mu\text{g}$  u mg,
- 100/W – faktor za izražavanje udjela  $\beta$ -glukana kao postotak od suhe tvari uzorka (W – masa suhe tvari uzorka u mg),
- 162/180 – prilagodba slobodne glukoze prema bezvodnoj glukozi (AACC, 2006.).

## Dijastatska snaga

Dijastatska snaga pokazatelj je aktivnosti svih enzima koji sudjeluju u razgradnji škroba. Određivanjem dijastatske snage dobije se prvenstveno uvid u aktivnost  $\beta$ -amilaze koja je već prisutna u samom zrnu dok se  $\alpha$ -amilaza sintetizira tijekom klijanja. Povećanjem udjela  $\alpha$ -amilaze povećava se i dijastatska snaga. Približnu aktivnost  $\beta$ -amilaze može se dobiti oduzimanjem od dijastatske snage aktivnost  $\alpha$ -amilaze pomnožene s 1,2 (Marković, 2013.).

Dijastatska snaga određivana je EBC metodom (EBC 4.12).



$$DS = \frac{(V_1 - V_2) \times T \times F \times 100}{100 - W}$$

DS = dijastatska snaga u g nastale maltoze po 100 g suhe tvari slada

v1 = utrošak 0.1 N otopine natrijtiosulfata u slijepoj probi, ml

v2 = utrošak 0.1 N otopine natrijtiosulfata u glavnoj probi, ml

T = titar otopine natrijtiosulfata

F = faktor za preračunavanje 0.1 N otopine joda u maltozu (1 ml otopine joda odgovara 17,1 mg maltoze po 100 g SM slada)

W = vlaga slada, %

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

## 4.1. REZULTATI ANALIZE GOTOVIH SLADOVA

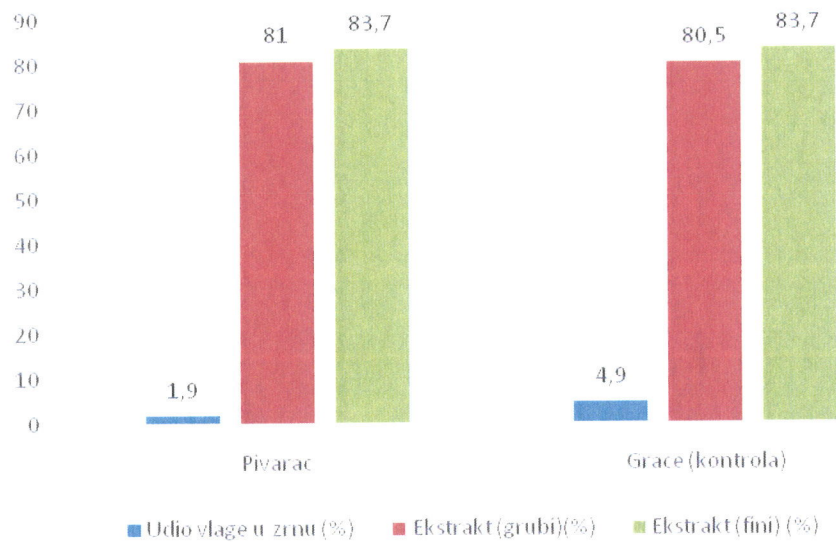
Tablica 7. Analiza gotovog slada (Pivarac, žetva 2017. god.)

		Uzorak kultivara		Preporučene vrijednosti
		Pivarac	Grace (kontrola)	
1	Udio vlage u zrnu (%)	1,9	4,9	4,5-5*
2	Masa 1000 zrna (g/dm)	43,1	42,8	25-35 <sup>+</sup>
3	Ukupni proteini (%)	9,8	8,2	≤ 12,8***
4	Topljivi proteini (%)	3,31	2,94	4,4-5,6***
5	Ukupni dušik (%)	1,57	1,31	1,5** < 11,5 <sup>+</sup>
6	Topljivi dušik (%)	0,53	0,47	0,55-0,75 <sup>+</sup>
7	Kolbachindeks	34	36	40-47***
8	FAN (mg/100g)	102	92	
9	FAN (mg/L)	113	102	>190***
10	Hartong VZ 45°C	32,0	29,4	36-41 <sup>+</sup>
11	Ekstrakt (grubi)(%)	81,0	80,5	/
12	Ekstrakt (fini) (%)	83,7	83,7	> 77,5** >81***
13	Razlika ekstrakta (%)	2,7	3,2	< 1,0* < 1,2*** < 2,5 <sup>+</sup>
14	Saharifikacija (min)	10-15	15	10 – 15 <sup>+</sup>
15	Miris komine	N	N	N
16	Konačni stupanj prevrenja	76	79	> 88* 87** > 80 <sup>+</sup>
17	Bistroća sladovine (EB)	3	4	
18	Boja sladovine (EBC)	2,8	2,6	3-5 <sup>+</sup>
19	Boja (post cooking) (EBC)	4,3	4,0	2-2,5 <sup>+</sup>
20	Brzina filtracije	N	N	
21	Phsladovine	6,05	6,1	5,9 - 6,1 <sup>+</sup>
22	Viskoznost sladovine (mPa×s)	1,72	1,8	<1,5*** < 1,80 <sup>+</sup>
23	Friabilnost (%)	74,0	75,0	> 80 <sup>+</sup>
	Staklavost (%)	0,4	1,0	< 2,5 <sup>+</sup>
	Djelomična staklavost (%)	11,0	11,4	/
24	β-glukan (mg/L)	485	>500	<100***
25	Dijastatska snaga (WK°)	108	125	150-300 <sup>+</sup>
26	α-amilaza(DU)	42	39	65 °DU** >50*** 30-50 <sup>+</sup>

\* according to Russel (2003); \*\*according to Ann. (2017); \*\*\*Ann. (2008); <sup>+</sup>MEBAK (1997)

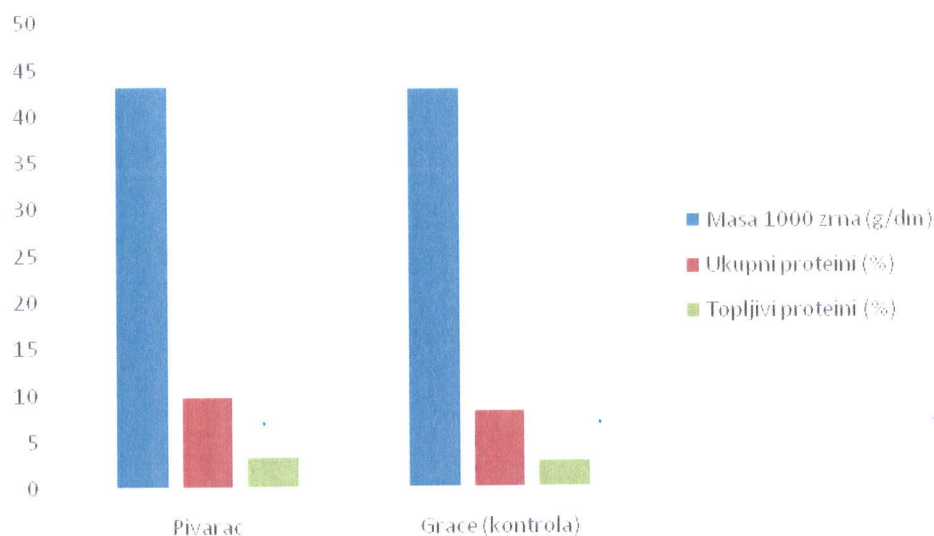
## 4.2. OBRADA REZULTATA

Prisutna količina vode u sladu značajno utječe na količinu ekstrakta. Kao pokazatelj dobre kakvoće slada smatra se vlažnost od 4,5% do 5%. Mjerenjem vlage slada (**Slika 19**) sorte Pivarac i Grace imale su udio vlažnosti sukladno propisanoj količini. S obzirom na nisku vlažnost navedenih sorti, udio ekstrakta (fini) također odgovara propisanoj vrijednosti >81%.



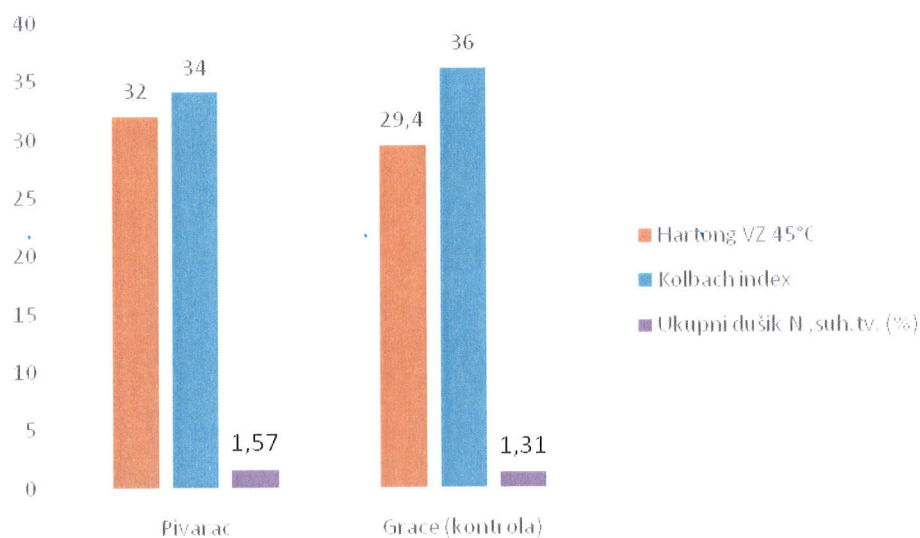
**Slika 19.** Odnos udjela vlage, grubog i finog ekstrakta u ovisnosti o sorti ječma

Kvaliteta ječma ocjenjuje se na i temelju mase 1000 zrna koja je u korelaciji sa rezultatima sortiranja i ekstraktom ječma. Povećanjem mase 1000 zrna, povećava se i udio zrna I. klase, a s time i sadržaj ekstrakta (MEBAK, 1997.). Kvalitetan slad ima masu 1000 zrna 25-35 g/dm. Na slici 20 vidljivo je kako obje sorte imaju veću vrijednost mase 1000 zrna od preporučene. Ukupni proteini značajno utječu na kvalitetu slada. Od njihovog udjela ovise tehnološke operacije kao što su cijedenje te filtracija sladovine. Veliki udio proteina u sladu može uzrokovati i koloidno zamućenje (Marić, 2009.). Udio ukupnih proteina treba biti  $\leq 12,8\%$ . Analizom slada sorte Pivarac (9,8% ukupnih proteina) i Grace (8,2% ukupnih proteina) utvrđeno je kako obje sorte zadovoljavaju kriterije kakvoće određene udjelom proteina, Slika 20.



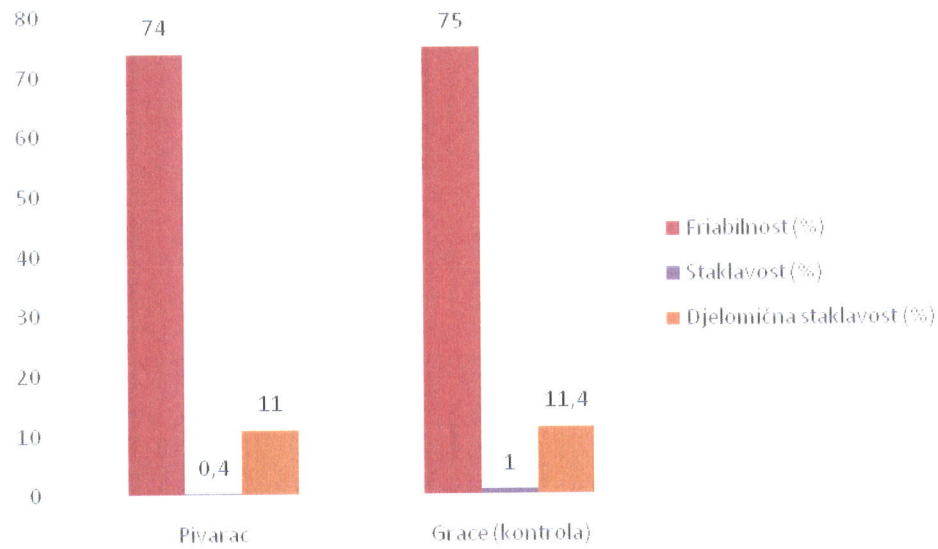
Slika 20. Odnos mase 1000 zrna te ukupnih i topljivih proteina sorte Pivarac i Grace

Tijekom slađenja unutar zrna odvijaju se proteolitičke aktivnosti prilikom čega se netopljive bjelančevine (bjelančevine aleuronskog i subaleuronskog sloja endosperma) prevode u topljivi oblik. Djelovanjem proteinaza razgrađuju se pričuvne i strukturne bjelančevine do aminokiselina. Udio ukupnog dušika ne smije biti previsok jer značajno utječe na senzorske osobine piva (Marković, 2013.). Hartongov broj (VZ 45°C) je mjerilo aktivnosti u prvom redu, onih enzima koji uspješno rade na ovoj temperaturi. To su uglavnom proteaze, od kojih većina ima optimum djelovanja na navedenoj temperaturi. Zbog toga su vrijednosti VZ 45°C u najboljoj (pozitivnoj) korelaciji s drugim pokazateljima proteolize, tj. s količinom topljivog dušika, Kolbachovim brojem i FAN-om (MEBAK, 1997.). Prema Ann. (2017.) udio ukupnog dušika za kvalitetan slad treba biti 1.5%. Sorta Pivarac pokazala je nešto višu vrijednost od preporučene (1,57%) dok sorta Grace zadovoljava kriterije (1,31%). Obje sorte su također pokazale niže vrijednosti Hartong-ovog i Kolbach-ovog broja od preporučenih, **Slika 21.**



**Slika 21.** Odnos Hartong-a, Kolbach-ovog broja i topljivog dušika sorte Pivarac i Grace

Friabilnost je pokazatelj citolitičke razgrađenosti zrna tijekom slađenja. Dobar slad je onaj kojemu je friabilnost >80%. Staklava zrna su nepoželjna kada je u pitanju pivarska sorta ječma. Što je manji % staklavosti to je zrno kvalitetnije. Pored staklavosti također je poželjno da djelomična staklavost bude što manja. Na Slici 22 vidljivo je kako obje sorte imaju nešto nižu vrijednost za friabilnost dok je udio staklavosti zadovoljavajući.

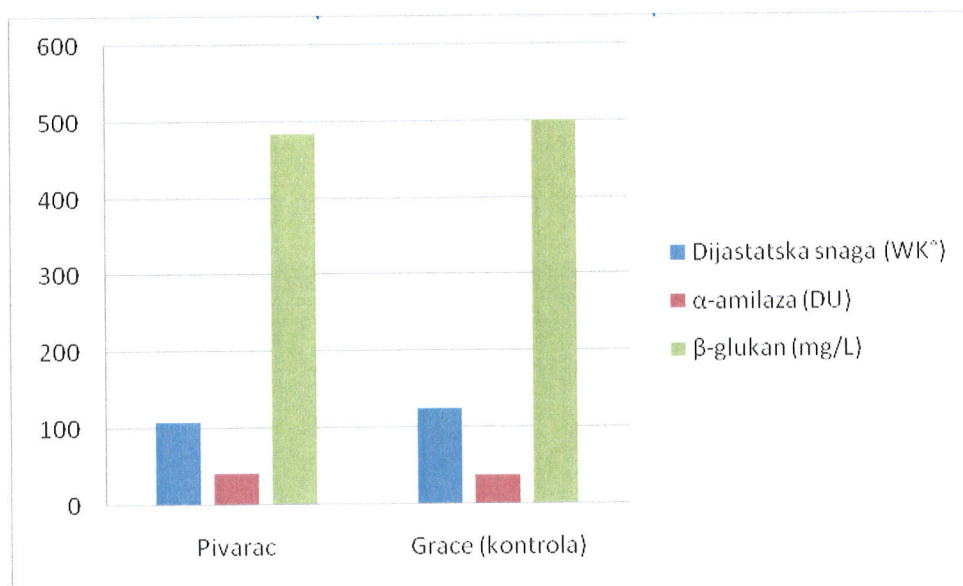


Slika 22. Odnos friabilnosti, staklavosti te djelomične staklavosti sorte Pivarac i Grace.

Dijastatska snaga pokazatelj je aktivnosti svih enzima koji sudjeluju u razgradnji škroba. Određivanjem dijastatske snage dobije se prvenstveno uvid u aktivnost  $\beta$ -amilaze koja je već prisutna u samom zrnu dok se  $\alpha$ -amilaza sintetizira tijekom klijanja. Povećanjem udjela  $\alpha$ -amilaze povećava se i dijastatska snaga. Približnu aktivnost  $\beta$ -amilaze može se dobiti oduzimanjem od dijastatske snage aktivnost  $\alpha$ -amilaze pomnožene s 1,2 (Marković, 2013.). Na slici 23 može se vidjeti kako su rezultati za dijastatku snagu za obje sorte ispod preporučene vrijednosti 150-300<sup>+</sup>.

U stanicama endosperma nalazi se najveći udio  $\beta$ -glukana. Nedovoljna razgrađenost  $\beta$ -glukana u zrnu stvara probleme tijekom cijedenja sladovine i filtracije piva zbog formiranja  $\beta$ -glukanskog gela. Sadržaj  $\beta$ -glukana u ječmu utječe na tijek razgradnje prilikom slađenja, a time i na kakvoću slada (Marić, 2009.). Udjel  $\beta$ -glucana u zrnu ima vrlo velik utjecaj na tehnološku kakvoću pojedine sorte iako su zapravo bitne konačne vrijednosti za topljivi  $\beta$ -glukan u sladovini, no svejedno se preporuča da polazne vrijednosti ne prelaze 4 g/100 g s.tv. (MEBAK, 1997). Rezultati za udio  $\beta$ -glukana (Slika 23) pokazuju kako su sorte Pivarac i Grace na granici.

$\alpha$ -amylase nastaje tijekom klijanja i pretežito je genotipsko svojstvo sorte. Na slici 23 vidljivo je kako niti jedna sorta ne zadovoljava vrijednosti za ovaj parametar (65 °DU).

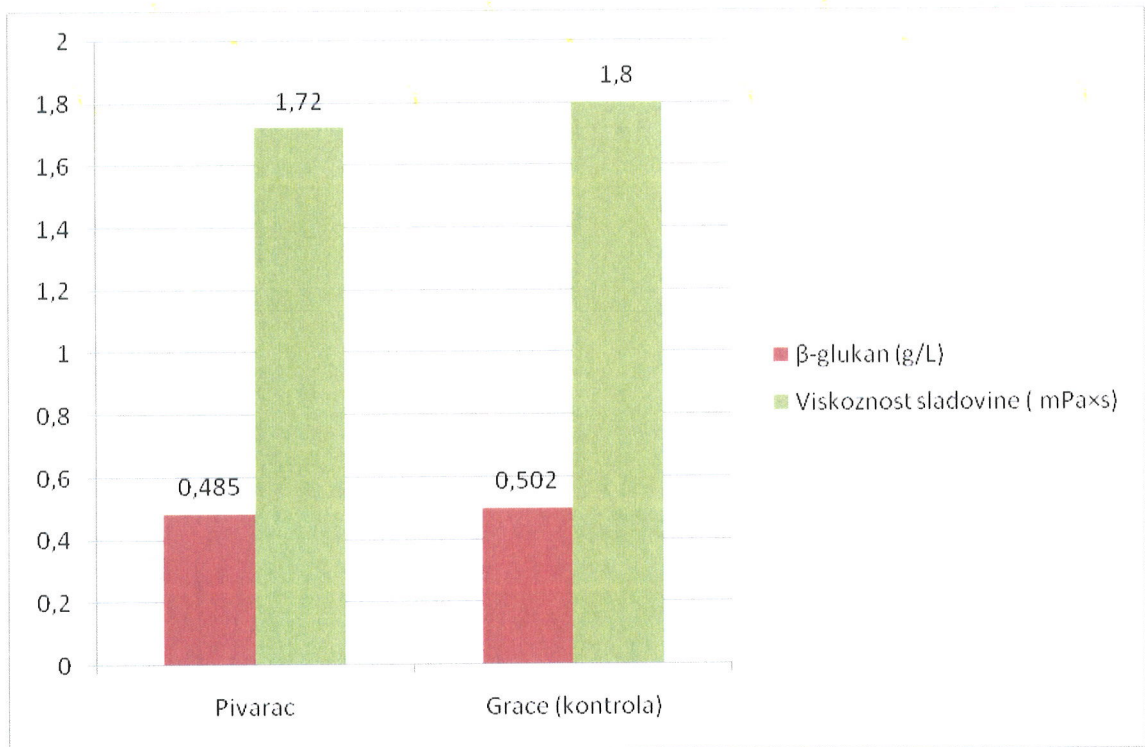


**Slika 23.** Usporedba dijastatke snage,  $\alpha$ -amilaze i  $\beta$ -glukana za sorte Pivarac i Grace

Viskoznost predstavlja unutarnje trenje koje nastaje između slojeva tekućine ili plinova. Viskozitet sladovine u korelaciji je s udjelom  $\beta$ -glukana. Slika 24 pokazuje odnos  $\beta$ -

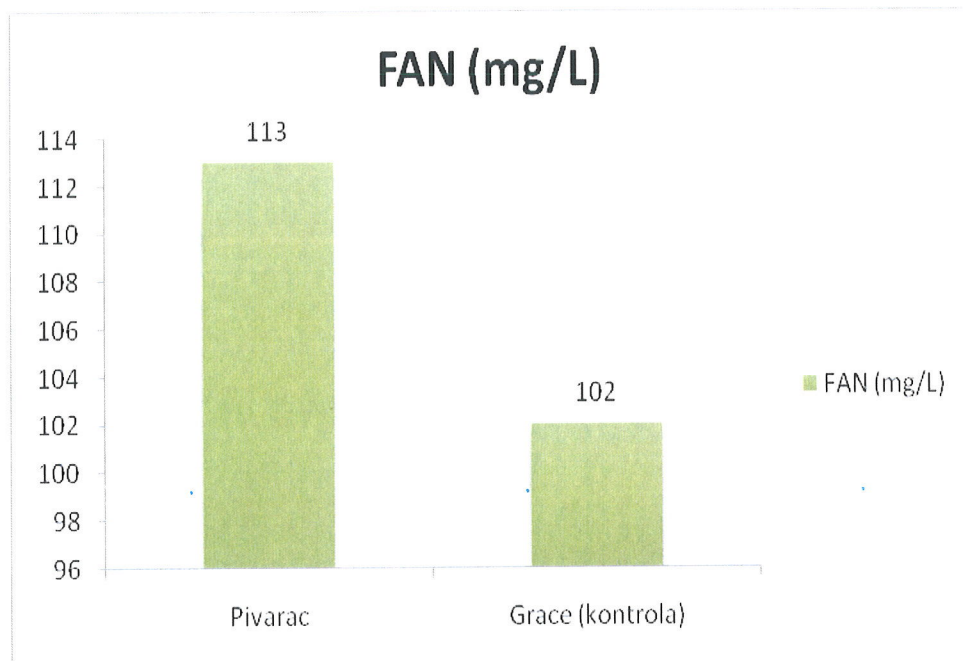


glukana i viskoziteta sorte Pivarac i Grace. Iako obje sorte imaju zadovoljavajuću vrijednost za viskoznost koja po MEBAK-u iznosi <1,80, vidljivo je kako se smanjenjem udjela  $\beta$ -glukana smanjuje i vrijednost viskoziteta.



**Slika 24.** Odnos  $\beta$ -glukana i viskoziteta sorte Pivarac i Grace

Slobodni  $\alpha$ -amino N (FAN) u sladu je mjerilo za količinu aminokiselina koje su nastale proteolitičkim zbivanjima tijekom slađenja i u postupku ukomljavanja po kongresnom postupku, a za njega je odgovoran prvenstveno uravnotežen odnos endo- i egzopeptidaza. Endopeptidaza hidrolizom molekula bjelančevina unutar molekule osigurava mjesta za djelovanje drugoga enzima sa krajnjim  $-\text{COOH}$  ili  $-\text{NH}_2$  grupama. Ako dominantnu ulogu imaju endopeptidaze, posljedica je sladovina s povećanim sadržajem frakcija proteina velikih i srednjih molekulskih masa, a količina slobodnih aminokiselina ostaje nedovoljna. Same makro i srednjemolekularne frakcije kvasac ne može iskoristiti (Marković, 2012.). Na slici 25 prikazan je udio FAN za sortu Pivarac i Grace.



Slika 25. Udio FAN (mg/L) za sorte Pivarac i Grace

## **5. ZAKLJUČCI**

Na temelju rezultata dobivenih u ovome radu, dobiveni su sljedeći zaključci:

1. Sorta Pivarac ima znatno niži udio vlage od preporučenog, dok je udio ekstrakta zadovoljavajući.
2. Masa 1000 zrna značajan je parametar kojeg sorta Pivarac zadovoljava te s obzirom na to također zadovoljava i udio ukupnih proteina.
3. Vrijednosti Hartong-ovog te Kolbach-ovog broja sorta Pivarac ne zadovoljava te je utvrđeno kako ima nešto nižu vrijednost od preporučene, dok joj je vrijednost za ukupni N malo viša.
4. Ječam Pivarac zadovoljava kriterije vezane uz friabilnost, staklavost te djelomičnu staklavost zrna.
5. Dijastatka snaga Pivarca niža je od preporučene vrijednosti dok su mu vrijednosti za udio  $\beta$ -glukana na granici.
6. S obzirom na vrijednost  $\beta$ -glukana sorta Pivarac zadovoljava i vrijednost za viskoznost.
7. Možemo uočiti da ječam Pivarac zadovolja vrijednosti vezane za FAN.
8. Rezultati istraživanja ukazuju da se treba usredotočiti na razvoj domaćih sorti pivarskog ječma prilagođenih specifičnom agroklimatskom podneblju jer se na taj način dobivaju autentične sorte jer se tako mogu izbjeći posljedice stresa koji je prisutan prilikom uvođenja stranih sorti u proizvodni sortiment.

## **6. LITERATURA**

- Andelić, Z: Određivanje udjela  $\beta$ -glukana u domaćim sortama pivarskog ječma iz žetve 2012. Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2012.
- Akar T, Avici M, Dusunceli F: Barley: Post-Harvest Operations. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, The Central Research Institute for Field Crops, Ankara, 2004.
- Buljeta, I: Utjecaj karakteristika namjenskih sorti grupa ječma na stupanj razgradnje  $\beta$ -glukana tijekom slađenja. Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2018.
- Divjak, T., Usporedba klasičnih i novih metoda za analizu pivarskog ječma i slada. PBF, Zagreb, 2005.
- Dubrovnik net [http://www.dubrovniknet.hr/kolumna.php?id=41365#.W\\_F2dehKjIU](http://www.dubrovniknet.hr/kolumna.php?id=41365#.W_F2dehKjIU) (pristupljeno, studeni 2018.)
- E- biotehnologija <http://www.e-biotechnologia.pl/Artykuly/beta-glukan> (pristupljeno, listopad 2018.)
- Enari TM, Sopanen T: Mobilisation of endosperm reserves during germination of barley. *Journal of the Institute of Brewing*, 92:25-31, 1986.
- Gaćeša S: Tehnologija slada sa sirovinama za tehnologiju piva. Poslovna zajednica industrije piva i slada Jugoslavije, Beograd, 1979.
- Gobotany <https://gobotany.newenglandwild.org/species/hordeum/vulgare/> (pristupljeno, listopad 2018.)
- Gobotany <https://gobotany.newenglandwild.org/species/hordeum/vulgare/> (pristupljeno, studeni 2018.)
- Gospodarski list: Sjetva ozimih žitarica. Zagreb, br. 28, rujan 2012.
- Jadhav SJ, Lutz SE, Ghorpade VM, Salunkje DK: Barley: chemistry and value-added processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38 (2), 123-171, 1998.
- Jiang GS, Vasanthan T: MALDI-MS and HPLC quantification of oligosaccharides lichenasehydrolyzed water-soluble  $\beta$ -glucan from ten barley varieties. *J. Agric Food Chem*, 48 (8), 3305-3310, 2000.
- Kovačević, J. i suradnici: Mogućnosti proizvodnje ječma i slada u Republici Hrvatskoj. *Poljoprivredne aktualnosti*, 30:457.-469; 1994.
- Krmpotić, K.: Izoliranje i karakteriziranje škroba iz različitih sorti ječma. Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2007.

- Kunze, W.: Technology Brewing and Malting. 2nd revised ed. VLB, Berlin, 1999.
- Lenart, L: Ispitivanje kakvoće višenamjenskih sorti ječma poljoprivrednog instituta Osijek. Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2016.
- MEBAK-Mittleuropaische Brautechnische Analysenkommission (1997) Brautechnische Analysenmethoden, Bd. I, 3, izdanje, str. 89-90.
- Magdić, M: Citolitička razgradnja zrna tijekom slađenja različitih sortnih skupina ječma. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2017.
- Marić, V: Tehnologija slada i piva. Zagreb, 1982.
- Marić, V: Proizvodnja ječmenog slada. U Biotehnologija i Sirovine. Marić V. (ur.), Poljoprivredni fakultet, Osijek i Agronomski fakultet, Zagreb, str. 155-180, 2000.
- Marković, B: Ispitivanje pivarske kakvoće sorti ječma Vanessa i Tiffany. Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2013.
- Pivnica net <https://pivnica.net/slad-dusa-i-tijelo-piva/2706/> (pristupljeno, siječanj 2019.)
- Schuster, K. i suradnici: Tehnologija proizvodnje sladovine. PZIPSJ, Beograd, 1988.
- Skendi, A. i suradnici: Structure and archeological properties of water soluble  $\beta$ -glucans from oat cultivars of *Avena sativa* and *Avena bysantina*. Journal of Cereal Science 38:15-31, 2003.
- Štefanić K, Marić V: Pivarski priručnik. Jugoslavensko udruženje pivovara, Beograd, 1990.
- Šimić G: Utjecaj genotipa i okolišnih uvjeta na parametre sladarske kakvoće ozimog ječma (*Hordeum vulgare* L.), Disertacija, Poljoprivredni institut Osijek, 2009.
- Tehnologija hrane <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/skrob> (pristupljeno, listopad 2018.)