

# Utjecaj teksture endosperma na konačni stupanj prevrelosti pšeničnih komina

---

Daničić, Martina

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:109:748512>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**

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**

**Martina Daničić**

**UTJECAJ TEKSTURE ENDOSPERMA NA KONAČNI STUPANJ  
PREVRELOSTI PŠENIČNIH KOMINA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, svibanj, 2023.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za procesno inženjerstvo  
Katedra za bioproceno inženjerstvo  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo****Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti**Znanstveno polje:** Biotehnologija**Nastavni predmet:** Biotehnološka proizvodnja hrane**Tema rada** je prihvaćena na (broj sjednice) redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini (npr. 2010./2011.) održanoj (npr. 20. veljače 2011.).**Mentor:** prof. dr. sc. Vinko Krstanović**Komentor:** dr. sc. Krešimir Dvojković, zn.sv.tr.zv. (POLJINOS)**Pomoć pri izradi:** izv. prof. dr. sc. Kristina Mastanjević**Utjecaj teksture endosperma na konačni stupanj prevrelosti pšeničnih komina***Martina Daničić, 0113144566*

**Sažetak:** Prosječne europske krušarice su po svojstvima teksture slične crvenim tvrdim (red, hard, winter wheat) pšenicama, ali su po svojim tehnološkim karakteristikama bliske mekim (soft, white wheat) pšenicama. Ovo je posljedica hibridizacije europskih mekih pšenica i sjevernoameričkih tvrdih pšenica radi poboljšanja njihove teksture u smislu povećanja udjela staklavih zrna i povećanja tvrdoće endosperma. Međutim, novija istraživanja pokazuju da je povećanje staklavosti prolaznog karaktera koje se gubi tijekom procesa namakanja zrna. Radna hipoteza ovog rada polazi od toga da će se navedene sorte, bez obzira na visok udjel staklavosti zrna i visoku polaznu tvrdoću zrna, tijekom ukomljavaanja ponašati slično mekim pšenicama s obzirom na razgradnju endosperma, odnosno imati približno sličan konačni stupanj prevrenja kao i meke pšenice. Zadatak ovog rada je eksperimentalno potvrditi navedenu hipotezu.

**Ključne riječi:** pšenica, tvrdoća pšenice, pšenični slad, konačni stupanj prevrelosti**Rad sadrži:** 27 stranica  
3 slike  
4 tablice  
0 priloga  
18 literaturnih referenci**Jezik izvornika:** hrvatski**Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. <i>Kristina Mastanjević</i>                          | predsjednik   |
| 2. prof. dr. sc. <i>Vinko Krstanović</i>                                   | član-mentor   |
| 3. dr. sc. <i>Krešimir Dvojković</i> , znanstveni savjetnik, trajno zvanje | član          |
| 4. prof. dr. sc. <i>Daliborka Koceva Komnenić</i>                          | zamjena člana |

**Datum obrane:** 31. svibnja 2023.

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

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

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

### Graduate program Food Engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Biotechnology

**Course title:** Biotechnological food production

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. (...) held on (date, e.g. July 10, 2011).

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

**Co-mentor:** *Krešimir Dvojković*, PhD, Senior Scientific Adviser

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

### The influence of endosperm texture on the attenuation limit of wheat pomace

*Martina Daničić, 0113144566*

**Summary:** Average European bread wheats are similar in texture to hard red (red, hard, winter wheat) wheats, but also their technological characteristics are close to soft, white wheats. That is a consequence of the hybridization of European soft wheats and North American hard wheats to improve their texture in terms of increasing the proportion of vitreous grains and increasing the hardness of endosperm. However, recent researches show that the increase in vitreousness is of a transient nature, which is lost during the process of soaking the grains. The working hypothesis of this paper is based on the fact that the mentioned varieties, regardless of the high proportion of grain vitreousness and high initial grain hardness, during mashing will behave similar to soft wheats with regard to endosperm decomposition that will have approximately similar final degree of mash as soft wheats. The aim of this work is to experimentally confirm the stated hypothesis.

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

**Thesis contains:** 27 pages  
3 figures  
4 tables  
0 supplements  
18 references

**Original in:** Croatian

### Defense committee:

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

**Defense date:** May, 31<sup>st</sup>, 2023

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

*Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Vinku Krstanoviću i izv. prof. dr. sc. Kristini Mastanjević na pomoći te uloženom vremenu i trudu prilikom izrade diplomskog rada.*

*Veliko hvala prijateljima i kolegama na svim trenucima koji su ovo razdoblje studiranja učinili ljepšim i posebnim.*

*Najviše se zahvaljujem svojoj obitelji na neizmornoj podršci, motivaciji i vjeri u mene.*

## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. PRIMJENA PŠENICE U PIVARSTVU.....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Pšenica.....	4
2.1.2. Pšenični slad .....	6
2.1.3. Pokazatelji kakvoće pšenice i pšeničnog slada važni u pivarstvu .....	7
2.1.4. Vrste i tipovi pšeničnog piva.....	10
<b>2.2. KONAČNI STUPANJ PREVRENJA KAO KUMULATIVNI POKAZATELJ POGODNOSTI POJEDINE KOMINE ZA PREVRENJE.....</b>	<b>10</b>
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. ZADATAK.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. MATERIJALI I METODE .....</b>	<b>14</b>
3.2.1. Odabir sorti pšenica za ispitivanje .....	14
3.2.2. Određivanje polaznih pokazatelja kakvoće pšenice .....	14
3.2.3. Određivanje kakvoće pšeničnih komina .....	15
3.2.4. Statistička obrada podataka .....	16
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. REZULTATI ODREĐIVANJA POKAZATELJA KAKVOĆE PŠENIČNIH KOMINA .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2. RAZMATRANJE UTJECAJA TEKSTURE ENDOSPERMA NA KONAČNI STUPANJ PREVRENJA .....</b>	<b>21</b>
<b>5. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>23</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>25</b>

## **1. UVOD**

Cilj rada jest utvrditi utjecaj teksture endosperma pšenice na pokazatelje kakvoće pšeničnih komina s naglaskom na konačni stupanj prevrenja pšeničnih komina. Rezultati istraživanja bi služili kao osnova za optimiranje postupka pripreme pšeničnih komina, prilikom čega bi pšenično zrno bilo različite tvrdoće i staklavosti.

Staklavost je važan pokazatelj tehnološke kvalitete zrna, a predstavlja fizikalno-kemijsko i optičko svojstvo endosperma zrna, odnosno svojstvo njegove teksture. Uzrokovana je izostankom praznih prostora unutar proteinskog matriksa koji su karakteristični za meka (brašnava) zrna. Staklave zone karakterizira visok udjel gluteninske i glijadinske proteinske frakcije. Utječe na učinak mljevenja i kvalitetu pšenice za krajnju upotrebu. Staklavost koja se tijekom močenja ne gubi zove se „trajna“. Povećana staklavost zrna koja se tijekom močenja gubi, naziva se „prolazna“ i neće imati velik utjecaj na konačni stupanj prevrenja.



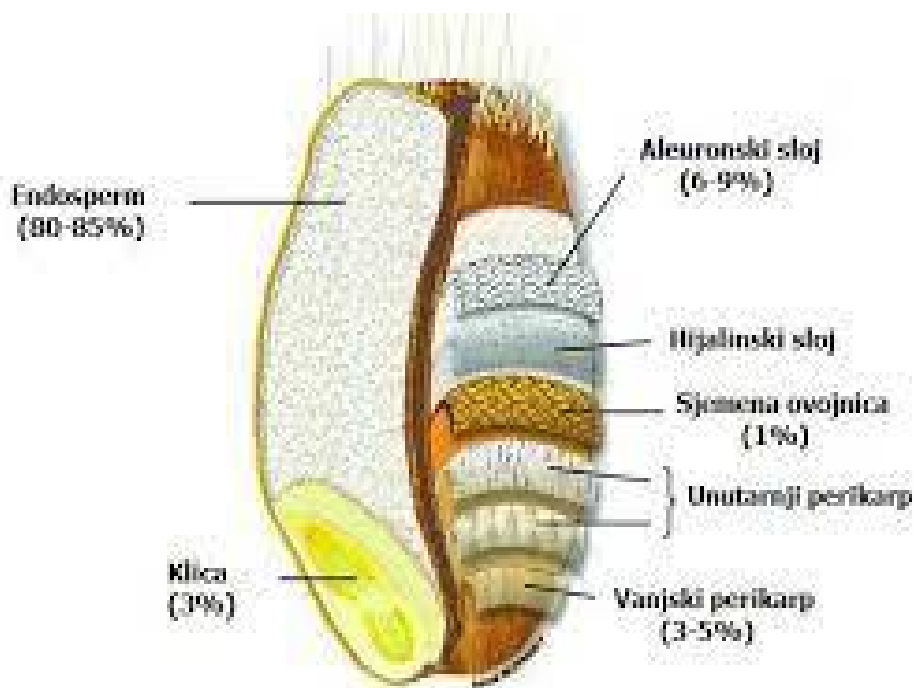
## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. PRIMJENA PŠENICE U PIVARSTVU

Pšenica je jedna od najrasprostranjenijih svjetskih poljoprivrednih sirovina koja se koristi za prehranu ljudi i životinja. Osim što se koristi za proizvodnju mlinarsko-pekarskih proizvoda, ima ulogu u proizvodnji slada te se koristi kao osnovna sirovina u proizvodnji piva. Smatra se kako je pšenica služila kao pivarska sirovina od samih početaka proizvodnje piva (Marić, 2009).

### 2.1.1. Pšenica

Pšenica je žitarica koja pripada porodici trava (*Poaceae*), rodu *Triticum*, a najznačajnije vrste su *Triticum aestivum* (meka pšenica), *Triticum durum* (tvrda pšenica) i *Triticum compactum*. Sastoji se od korijena, stabljike s listovima, klasa i ploda, tj. zrna koje se koristi u ishrani. Pšenično je zrno obavijeno ljuskom ili omotačem ispod kojeg se nalazi aleuronski sloj, endosperm i klica. Udio omotača u zrnu je 12-15%. Najveći dio zrna obuhvaća endosperm u udjelu 80-85%, dok udio klice iznosi 1,5-3%.



Slika 1. Građa pšeničnog zrna (Surget i Barron, 2005.)

Kemijski sastav pšeničnog zrna čine voda, ugljikohidrati, proteini, masti, enzimi, vitamini i mineralne tvari. Ugljikohidrati zauzimaju najveći dio zrna, a dijele se na visokomolekularne (škrob, celuloza, pentozani) i niskomolekularne (disaharidi, monosaharidi) ugljikohidrate.

Proteini su podijeljeni s obzirom na topljivost u vodi. Netopljivi su glijadin i glutenin koji zajedno grade gluten, a topljivi albumin i globulin. Albumini i globulini sačinjavaju fiziološki aktivne proteine, a glijadin i glutenin su rezervni proteini (Kovačević i Rastija, 2009). Zrno pšenice sadrži nizak udio masti, svega 2-3% koje su rasprostranjene u svim dijelovima zrna, a najviše u aleuronskom sloju i klici. Najznačajniji enzimi u pšenici su amilolitički i proteolitički, a tu su još lipaze, lipoksigenaze, fosfataze i oksidoreduktaze.

U fizikalna svojstva pšeničnog zrna spadaju: (Barić, 2018; Spajić, 2021)

- apsolutna masa koja predstavlja masu 1000 zrna, izražava se u gramima te se kod pšenice ona kreće od 30 do 45 g,
- veličina i oblik zrna koji se određuju mjerenjem poprečnog presjeka zrna nakon prosijavanja kroz sita s tri različite veličine otvora,
- tvrdoća i staklavost,
- boju zrna koju daju pigmenti koji se nalaze u omotaču, a promjene u boji usko su povezane s uvjetima uzgoja i klimatskim uvjetima,
- oštećenje zrna koje podrazumijeva fizička oštećenja koja smanjuju zaštitno djelovanje, skladišnu vrijednost i prinos brašna,
- primjese obuhvaćaju korovsko sjemenje, zemlju i slično,
- senzorska svojstva – pšenica koja je namijenjena preradi i ljudskoj prehrani mora imati zdrava i cijela zrna, bez mirisa i okusa korova, plijesni, snijeti, lošeg uskladištenja,
- gustoća zrna je masa jedinice volumena zrna,
- volumna masa je masa zrna žitarice izražena u jedinici vremena,
- poroznost predstavlja odnos međuzrnenog prostora u zrnenoj masi, a izražava se u postocima,
- sipkost je kretanje zrnene mase djelovanjem primjenjene sile.

Staklavost, odnosno brašnavost, ukazuje na strukturu endosperma i temelji se na izgledu presjeka zrna. Ako je presjek zrna proziran ili poluproziran, znači da je zrno staklavo te sadrži više proteina. Ukoliko je presjek bijeli i neproziran, to upućuje na to da je zrno brašnavo i

sadrži više škroba. Staklava zrna koja pri lomljenju ili rezanju daju veći otpor nazivaju se "tvrda" pšenična zrna, dok brašnava daju manji otpor i ona se smatraju "mekim" pšeničnim zrnom. Staklavost zrna je jedan od najznačajnijih čimbenika ocjenjivanja koji utječu na kvalitetu pšenice za krajnju upotrebu i učinak mljevenja. U staklastom endospermu, u usporedbi sa škrobnim endospermom, adhezija između skladišnih proteina i škrobnih granula je znatno jača, što rezultira gušće zbijenom strukturom (Baasandorj i sur., 2005).



**Slika 2.** Poprečni presjek staklavog zrna (lijevo) i brašnavog zrna (desno), (Baasandorj i sur., 2015)

### 2.1.2. Pšenični slad

Slad se koristi kao glavna sirovina za proizvodnju piva. Daje ekstrakt od kojeg ovise okus, punoća, boja i jačina piva (Kovačević i Rastija, 2009). Za proizvodnju slada koristi se zrno pšenice koje je nutritivno bogato, stoga je pogodan supstrat za rast mikroba (Krstanović i sur., 2020).

U usporedbi s ječmenim sladom, pšenični slad ima veći sadržaj topivih proteina. Kao bitna komponenta piva, proteini niske molekularne težine i aminokiseline utječu na fermentaciju kvasca i okus piva, dok proteini veće molekularne težine poboljšavaju stabilnost pjene (Xiunan i sur., 2018). Pšenice koje se koriste za pripremu piva uglavnom su meke sorte s brašnastim endospermom i sadržajem proteina do 11%. Također, pšenično pivo ima niži pH i svjetlije je boje (Depraetere i sur., 2012).

Sladenje je proces klijanja u umjetno stvorenim i kontroliranim uvjetima. Postavljanjem procesnih uvjeta započinju fiziološki i biokemijski procesi u zrnu. Sladenjem će se zrno

djelomično razgraditi te će se u njemu aktivirati već prisutni enzimi ili sintetizirati novi (Agatić, 2014).

Tehnološke operacije u proizvodnji slada obuhvaćaju čišćenje i sortiranje zrna, močenje, klijanje namočenog zrna, sušenje zelenog slada i obradu osušenog slada. Močenjem dolazi do bubrenja zrna i povećanja volumena, a provodi se do vlažnosti zrna oko 45% (Agatić, 2014). Namakanjem zrna aktiviraju se enzimi, životna aktivnost klice se inducira i dolazi do intenzivnijeg disanja zrna, zato je zrno potrebno opskrbljivati kisikom. U početku namakanja upijanje vode je brzo te postepeno dolazi do zasićenja. Vrijeme močenja se smanjuje povišenjem temperature vode (Kunze, 1999). Nakon močenja nastupa klijanje koje traje 3-6 dana, pri temperaturi 16 – 20 °C prilikom čega se razvija korjenčić te se odvijaju razne kemijske i biokemijske promjene, poput sinteze enzima koji uzrokuju razgradnju lipida, nukleinskih kiselina i mineralnih tvari (Kovačević, 2018). Tijekom procesa fermentacije amilolitički enzimi razgrađuju škrob, čineći ga dostupnim kvascima kao supstrat za rast. Odvijanje svih promjena u zrnu zahtijeva ogromnu količinu energije i gradivnih tvari koji se dobivaju mobilizacijom i trošenjem zaliha pohranjenih u zrnu (Agatić, 2014). Klijanje se postiže propuhivanjem zraka ventilatorima do vlažnosti 3-5%. Prvo se propušta zrak temperature 65 °C kako bi se osušila površina zrna. Nakon toga se povećava temperatura zraka do 80 °C i smanjuje brzina ventilatora kako bi se uklonila preostala slobodna i vezana voda. Klijanjem se dobije tzv. zeleni slad, koji je kemijski i mikrobiološki nestabilan zbog velike vlažnosti i količine enzima. Sušenjem zelenog slada prekida se klijanje i daljnja razgradnja endosperma, smanjuje vlažnost zrna, a nastaju obojene i aromatične tvari slada (Bamforth, 2006). Udio vlažnosti zrna reducira se s oko 40% na 5%. Prvi stupanj sušenja provodi se na temperaturi od oko 50 °C do udjela vlage 10%. U drugom stupnju sušenja uklanja se zaostala slobodna i vezana voda zrakom slabijeg protoka pri višim temperaturama (80-85 °C). Nakon sušenja, provodi se hlađenje i otklicavanje te se slad skladišti (Horvatić, 2022).

### **2.1.3. Pokazatelji kakvoće pšenice i pšeničnog slada važni u pivarstvu**

Sladarska kvaliteta može se odrediti samo ako se raspolože rezultatima njezinog višegodišnjeg (minimalno trogodišnjeg) praćenja vrijednosti za pokazatelje viskoznosti slada i

ukupno topljivog dušika u sladovini, stoga se na osnovu tih vrijednosti sorte pšenice klasificiraju u četiri sladarske kvalitativne grupe (Narziss, 1999):

1. sladovi niske visokoznosti i slabe razgradnje proteina,
2. sladovi niske viskoznosti i pojačane razgradnje proteina,
3. sladovi visoke viskoznosti i slabe razgradnje proteina,
4. sladovi kod kojih je jaka proteoliza istovremeno praćena visokom viskoznošću.

Najbolje sorte pšenice za proizvodnju slada su meke pšenice jer imaju nizak udio proteina (11-11,5%) (Krstanović i sur., 2020). Ključni pokazatelj uspješnosti procesa slađenja je dobivanje sladovine niske viskoznosti i niskog udjela topljivog dušika (Krstanović i sur., 2019).

Kemijsko-tehnološki pokazatelji kakvoće pšenice su udio vlage, ekstrakt slada, razlika ekstrakta grube i fine meljave, vrijeme ošćerenja, miris i bistrina sladovine, brzina filtracije, boja kongresne sladovine te pH sladovine (Agatić, 2014). Sposobnost brzog upijanja i zadržavanja većih količina vode dovodi do intenzivnijeg bubrenja i lomljenja škrobnih granula, što omogućava bržu sintezu novih enzima te shodno tome imaju veću enzimatsku moć (Krstanović, 2019). Pri ocjenjivanju kvalitete slada najvažnija analiza je ekstrakt slada koji daje informacije o napredovanju procesa ukomljavanja. Ekstrakt za pšenićni slad treba biti oko 85% na suhu tvar (Leskošek-Ćukalović, 2002). Razlika između ekstrakta grube i fine meljave daje informacije o citolitićkoj razgradnji zrna i ona je manja što je slad razgrađeniji. Vrijeme ošćerenja daje podatke o aktivnosti amilolitićkih enzima, tj. razgradnji endosperma i kolićini škroba dostupnog za djelovanje enzima. Miris treba biti prirodan, bez ustajalog ili pljesnivog mirisa. Nadalje, sladovina moće biti prozirna, opalescentna ili mutna. Sladovina postaje mutnija što se slad slabije razgrađuje.

U **Tablici 1** prikazane su preporučene vrijednosti za pšenični slad koji je pogodan za proces slađenja.

**Tablica 1.** Preporučene vrijednosti za pšenični slad (Sacher, 1997).

Pokazatelj	Standardne vrijednosti
Gubitci tijekom slađenja	što niži
Ekstrakt	što veći >83,7% na s.tv.
Viskoznost kongresne sladovine	što manji <1,65 mPa s, 8,6%
pH kongresne sladovine	prilično visok >6,07
Konačni stupanj prevrenja kongresne sladovine	što veći 81,5%
Sadržaj sirovih bjelančevina	što manji <13% na s.tv.
Topljivi dušik u kongresnoj sladovini	što manji <730 mg/100 g s.tv. slada
Kolbachov broj	prilično mali
Voda	<5%
Ekstrakt fini	>83% s. tv.
Razlika ekstrakta	2,5
Ukupni proteini	<12,5% s. tv.
Topljivi dušik	700-900 mg/100 g s. tv.
Boja	3-7 EBC
Ph	5,9 – 6,1
Viskoznost	1,80 mPa s

#### 2.1.4. Vrste i tipovi pšeničnog piva

Pšenično pivo mora sadržavati minimalno 50% pšeničnog slada u usipku. Postoje dvije vrste, a to su mutno pšenično pivo s kvascem i bistro pšenično pivo. Pšenično je pivo s kvascem mutno, dovire u boci ili bačvi te mu se namješta, prije punjenja u ambalažu, udio fermentabilnog ekstrakta i broj kvašćevih stanica na točno određene vrijednosti. Bistro se pšenično pivo prije punjenja u ambalažu filtrira i ne sadrži stanice kvasca (Marić, 2009). Udio pšeničnog slada u usipku mutnog pšeničnog piva iznosi 50-100%, dok je kod kristalno bistrog 50-70% (Barišić, 2020).

Bijelo pivo (*Weissbier*) obilježava kiselost koja je rezultat posebne metode vrenja koja koristi bakterije mliječne kiseline i kvasce. Mliječna kiselina koja nastaje tijekom procesa vrenja, stabilizira pivo te ga održava stabilnim i do godinu dana nakon punjenja u boce (Marić, 2009).

Belgijska se piva proizvode s dodatkom neslađene pšenice, a poznata su dva tipa, *Lambic* i *Gueuze*. Takva piva imaju naglašenu kiselost i kompleksan miris i okus zbog niskog pH. Proizvode se spontanim vrenjem, a sadrže najmanje 30% neslađene pšenice. Ovakva piva imaju suh i kiselkast okus te blagu gorčinu. Također se osjeti i voćna aroma zbog visokog udjela estera (Marić, 2009).

Između ostalog, u pšenična piva ubrajaju se američki pale ale i njemačka pšenična piva (*Dunkel Weizen, Berliner Weisse, Gose, Weizenbock i Weizen Doppelbock*).

## 2.2. KONAČNI STUPANJ PREVRENJA KAO KUMULATIVNI POKAZATELJ POGODNOSTI POJEDINE KOMINE ZA PREVRENJE

Pri proizvodnji piva stvarni je stupanj fermentacije bitan pokazatelj pivarske proizvodnje, njezine konzistentnosti i isplativosti, jer određuje prinos alkohola u procesu kuhanja i učinkovitost fermentacije slada. Također, stvarni stupanj fermentacije opisuje udjele ugljikohidrata sladovine koji mogu fermentirati te pomoću kvasca nastaju ugljikov dioksid i etanol. Na fermentaciju utječu mnogi čimbenici poput sorte, genetike, fenotipa, procesnih parametara tijekom slađenja i prevrenja. Na konačnu prevrelost utječu sorta, tehnika proizvodnje slada te drugi čimbenici. Zbog toga je teško precizno povezati fermentabilnost s bilo kojim od pokazatelja kvalitete pa se ona može smatrati posebnim pokazateljem kvalitete. Često problem procjene kvalitete slada kod sorti pšenice predstavlja fenomen



"prisilnog sazrijevanja" kojeg karakterizira visoka vlažnost zraka i visoke temperature. Ova je pojava više raširena u jugoistočnim djelovima Europe te nepovoljno utječe na brojne pokazatelje kvalitete žitarica (Krstanović i sur., 2019).

Krstanović i sur. (2019) zaključili su kako ne postoji praktična korelacija između prevrelosti sladovine i drugih pokazatelja kvalitete. To dalje upućuje da se ovaj parametar treba promatrati zasebno, tj. kao pojedinačni pokazatelj kakvoće.



### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Radna hipoteza: Tijekom ukomljavaanja tvrde će se pšenice, bez obzira na visok udio staklavosti zrna i visoku polaznu tvrdoću, ponašati slično mekim pšenicama s obzirom na razgradnju endosperma, tj. imat će sličan konačni stupanj prevrenja. Zadatak rada je ustanoviti utjecaj teksture endosperma pšenice na pokazatelje kakvoće pšeničnih komina.

### 3.2. MATERIJALI I METODE

#### 3.2.1. Odabir sorti pšenica za ispitivanje

Sorte pšenice koje su se koristile za ovo istraživanje su Golubica, Indira i Tikataka. Golubica je tvrda pšenica, Indira meka, a Tikataka srednje tvrda pšenica. Pšenice su samljevene na granulaciju od 1 mm, a prosijavanjem su se dobile sitnije granulacije od 0,2 mm.

#### 3.2.2. Određivanje polaznih pokazatelja kakvoće pšenice

Polazni pokazatelji kakvoće pšenice (masa 1000 zrna, udio staklavih zrna, tvrdoća, udio proteina i škroba) određeni su na Poljoprivrednom institutu Osijek na uređaju Infratec 1241 Grain Analyzer (Foss, Danska).



Slika 3. Infratec 1241 Grain Analyzer (<https://www.gerber-instruments.com/en/suppliers/foss/cereals-flour-and-feed-analysis/infratec-1241.html>)

### 3.2.3. Određivanje kakvoće pšeničnih komina

Parametri kakvoće pšenice određivani su u Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije u Žalecu, Slovenija. Laboratorijske analize pšenice obavljene su prema propisima MEBAK<sup>®</sup> (Middle European Brewing Analysis Commission) i EBC<sup>®</sup> (European Brewery Convention) analitike (**Tablica 2.**).

**Tablica 2.** Korištene metode za analizu pšeničnih komina prema propisima MEBAK<sup>®</sup> i EBC<sup>®</sup> analitike

	Jedinica	MEBAK <sup>®</sup>	EBC <sup>®</sup>
Vlaga	%		3.2/4.2
Ekstrakt	%	3.3.1.	
Specifična gustoća komine	g/ml	2.5.2.1.	
Razlika ekstrakta	%	4.1.4.2.10.	
Vrijeme ošećerenja	min	4.1.4.2.4.	
Vrijeme filtracije	min	4.1.4.2.5.	
Ukupni dušik	% s. tv.	4.1.4.5.1.1.	
Topivi dušik	mg/L		4.9.1
Kobalch indeks	%	4.1.4.5.3.	
Hartong broj VZ 45 °C	%	4.1.4.11.	
Konačna prevrelost	%		4.11
Izgled komine	-	4.1.4.2.6.	
Viskoznost	mPas 8.6%e	4.1.4.4.2.	
Ekstrakt fini	-	4.1.4.2.2.	
Staklavost	%	4.1.3.5.1.	
α-amino dušik	mg/L		4.10
Visokomolekularni dušik	mg/100 mL		
Srednjemolekularni dušik	mg/100 mL		
Niskomolekularni dušik	mg/100 mL		
Proteini	%	3.4	

### **3.2.4. Statistička obrada podataka**

Podaci su analizirani u programu Microsoft Excel 2010.

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

#### 4.1. REZULTATI ODREĐIVANJA POKAZATELJA KAKVOĆE PŠENIČNIH KOMINA

Promatranjem dobivenih rezultata uočljivo je kako je udio ekstrakta najviši kod srednje tvrde pšenice granulacije 1 mm, a najniži kod tvrde pšenice granulacije 0,2 mm.

Vrijeme ošećerenja kod mekih i srednje tvrdih pšenica jednako je za grubu i finiju frakciju, dok je za tvrdu pšenicu potrebno manje vremena slađenja. Slađenje srednje tvrdih i mekih pšenica traje 25 minuta, a kod tvrdih traje 5 minuta manje, tj. 20 minuta. Filtracija traje duže kod sitnije mljevenih zrnaca pšenice u odnosu na zrnca stupnja usitnjenosti 1 mm. Nadalje, sorta Indira (meka pšenica) usitnjena na 0,2 mm ima najduže vrijeme filtracije od 45 minuta, dok najkraće ima pšenica sorte Golubica grube meljave i iznosi 20 minuta.

Najveću viskoznost i gustoću ima srednje tvrda pšenica sorte Tikataka i jednaka je za finu i grubu frakciju. Hartongov broj ukazuje na aktivnost enzima citolize i proteolize. Najviše vrijednosti dobivene su za tvrdu pšenicu granulacije 1 mm, što znači kako su kod nje neškrobni dijelovi zrna endosperma najviše razgrađeni. Kolbachov indeks predstavlja odnos ukupnog i topljivog dušika. Najvišu vrijednost ukupnog i topljivog dušika ima tvrda pšenica za frakcije veličine 0,2 mm, a srednje tvrda pšenica kod veće granulacije (1 mm). Visokomolekularni i niskomolekularni dušik prate ukupni dušik i opadaju od tvrdih zrnaca prema mekšima. Srednjemolekularni dušik najviši je kod meke pšenice granulacije 0,2 mm, tvrda pšenica ima nešto nižu vrijednost od meke, dok srednje tvrda ima značajno nižu. Također, grube frakcije imaju niži udio srednjemolekulskog dušika u odnosu na finije.

Alfa amino dušik smanjuje se stupnjem usitnjenosti. Međutim, srednje tvrda pšenica usitnjena na 1 mm ima najvišu vrijednost, a kod frakcija nižeg stupnja usitnjenja ima najmanju vrijednost.

Povećanjem stupnja usitnjenosti endosperma vrijednosti za proteine se neznatno povećavaju te ne postoji značajna razlika između fine i grube meljave. Prema vrijednostima za Kopalchov broj meka pšenica ima najviši udio netopljivog dušika u ukupnom dušiku. Konačna prevrelost najveća je za frakciju srednje tvrde pšenice finije meljave.



**Tablica 3.** Vrijednosti pokazatelja kakvoće pšeničnih komina s različitim tvrdoćom pšenica stupnja usitnjenosti 0,2 mm

	jedinica	sorte pšenice		
		Indira	Tikataka	Golubica
Vlaga	%	10,3	9,9	10,4
Ekstrakt	%	72,7	74,6	71,3
Ukupni dušik	mg/100 ml	53,1	53,5	59,5
Visokomolekularni dušik	mg/100 ml	19,2	20,8	24,8
Srednjemolekularni dušik	mg /100 ml	5,6	2,6	5,2
Niskomolekularni dušik	mg/100 ml	28,4	30,1	29,5
Alfa amino dušik	mg/l	66,6	66,2	76,8
Gustoća	g/ml	1,03214	1,0329	1,0321
Konačna prevrelost	%	92,9	93,3	86,3
Ekstrakt fini	%	76,34	77,27	75,67
Vrijeme ošećerenja	min	25	25	20
Vrijeme filtracije	min	45	30	35
Izgled komine	/	rahlo opalna	bistra	bistra
Proteini	%	9,8	10,1	12,7
Topljivi dušik	mg/l	531	535	595
Topljivi dušik u s.tv.	%	0,51	0,51	0,57
Kobalch	%	29,4	28,4	25,2
Viskoznost	mPas	1,423	1,451	1,426
Hartong 45	/	28,2	29,6	29,6

**Tablica 4.** Vrijednosti pokazatelja kakvoće pšeničnih komina s različitim tvrdoćom pšenica stupnja usitnjenosti 1 mm

	jedinica	sorte pšenice		
		Indira	Tikataka	Golubica
Vlaga	%	10,2	10,2	10,0
Ekstrakt	%	71,9	74,8	71,9
Ukupni dušik	mg/100 ml	54,2	56,0	55,0
Visokomolekularni dušik	mg/100 ml	20,4	22,4	24,1
Srednjemolekularni dušik	mg /100 ml	5,4	4,8	2,1
Niskomolekularni dušik	mg/100 ml	28,4	28,8	28,7
Alfa amino dušik	mg/l	77,4	84,3	78,3
Gustoća	g/ml	1,0322	1,0329	1,0323
Konačna prevrelost	%	84,1	82,9	82,4
Ekstrakt fini	%	75,94	77,40	75,32
Vrijeme ošećerenja	min	25	25	20
Vrijeme filtracije	min	25	25	20
Izgled komine	/	rahlo opalna	bistra	bistra
Proteini	%	9,6	10,0	12,5
Topljivi dušik	mg/l	542	560	550
Topljivi dušik u s.tv.	%	0,52	0,54	0,52
Kobalch	%	30,5	30,4	23,7
Viskoznost	mPas	1,401	1,451	1,430
Hartong 45	/	28,8	29,5	30,1

## 4.2. RAZMATRANJE UTJECAJA TEKSTURE ENDOSPERMA NA KONAČNI STUPANJ PREVRENJA

Radna hipoteza ispitivanja bila je da će se ispitivane sorte različite tvrdoće, s obzirom na veličinu čestica, ponašati slično tijekom ukomljavaanja, tj. imat će sličan konačni stupanj prevrenja komine. Povećanjem stupnja usitnjenja zrna pšenice dijelovi endosperma postaju fizički dostupniji enzimima, stoga raste i stupanj ošećerenja endosperma. Uspješnost dokazivanja hipoteze je konačni stupanj prevrenja ispitivanih komina. Najnižu vrijednost ima gruba meljava (1 mm) koja iznosi 82,4% za tvrdnu pšenicu, 82,9% za srednje tvrdu i za meku pšenicu 84,1%. Nadalje, fina meljava (0,2 mm) ima veću vrijednost ovog parametra, a to je: 86,3% za tvrdnu pšenicu, za srednje tvrdu 93,3% i za meku pšenicu 92,9%. Iz rezultata se može uočiti kako prevrelost komine raste od grube prema finoj meljavi. Također, meka pšenica ima najviši postotak konačnog stupnja prevrelosti, a tvrda pšenica ima najniži postotak. Stoga se može zaključiti kako je fina meljava meke pšenice optimalna za konačni stupanj prevrenja pšenične komine.



## **5. ZAKLJUČCI**

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

1. Povećanjem stupnja usitnjenosti slijedno, od tvrde preko srednje tvrde do meke pšenice: opada ukupni N (izraženije kod meke pšenice); značajno opada udjel visokomolekulskog N; raste udjel srednjemolekulskog N (kod granulacije 1 mm za tvrdu pšenicu značajno); udjel ukupnih topljivih proteina značajno opada, uz značajno povećanje Kopalchovog indeksa pri čemu je ustanovljena visoka korelacija za izmjerene vrijednosti za meke, srednje tvrde i tvrde pšenice.
2. Udjel nefermentabilnog srednjemolekulskog N je najviši kod grube meljave ( $\varnothing$  1 mm) tvrde pšenice, koja je posljedično imala i najmanji konačni stupanj prevrenja.
3. Konačni stupanj prevrelosti komina raste od tvrde ka mekoj pšenici i s povećanjem stupnja usitnjenosti endosperma (pri čemu je za finu meljavu kod pšenice ovo povećanje značajno).
4. Ustanovljeno je da je optimalna vrijednost stupnja usitnjenosti endosperma pšenice 0,2 mm.

## **6. LITERATURA**

- Agatić, F: Utjecaj infekcije pšenice s plijesni *Fusarium culmorum* na odabrane pokazatelje kakvoće pšeničnog slada. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2014.
- Bamforth C: *Brewing: New technologies*. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, 2006.
- Barić M: Fizikalno-kemijska svojstva zrna i brašna sorti ozime pšenice roda 2017. godine. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2018.
- Barišić A: Primjena neslađenih sirovina u proizvodnji piva. *Završni rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2020.
- Baasandorj T, Ohm J.-B., Simsek S: Effect of Dark, Hard and Vitreous Kernel Content on Protein Molecular Weight Distribution, and Milling and Breadmaking Quality Characteristics for Hard Spring Wheat Samples from Diverse Growing Regions. *Cereal Chemistry*, 92:6, 2015.
- Depraetere S, Delvaux F, Coghe S, Delvaux F: Wheat variety and barley malt properties: Influence on haze intensity and foam stability of wheat beer. *Journal of the Institute of Brewing*. 110:200-206, 2012.
- Horvatić, K: Utjecaj stupnja usitnjavanja endosperma na konačni stupanj prevrelosti pšeničnih komina. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2022.
- Kovačević N: Proizvodnja pšeničnog slada. *Završni rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2018.
- Kovačević V; Rastija M: *Osnove proizvodnje žitarica* – interna skripta, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 2009.
- Krstanović V, Habschied K, Nedović V, Mastanjević K: The Influence of Wheat Malt Quality on Final Attenuation Limit of Wort. *fermentation*, 5:4, 2019.
- Krstanović V, Habschied K, Lukinac J, Jukić M, Mastanjević K: The Influence of Partial Substitution of Malt with Unmalted Wheat in Grist on Quality Parameters of Lager Beer. *Beverages*, 6:7, 2020.
- Kunze W: *Technology Brewing and Malting*, 2nd revised Edition (1999.). VLB Berlin, pp.162-163
- Leskošek-Čukalović, I. (2002) Tehnologija piva I. deo: Slad i nesladovine. Poljoprivredni fakultet Beograd
- Marić V: *Tehnologija piva*. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009.
- Narziss L.: *Die Technologie Der Malzbereitung*, 7 ed., (1999) F. Enke, Stuttgart, pp.25-30, 422-429



Sacher B: Über den Einfluß von Sorte, Umwelt, agronomischen Maßnahmen und Mälzungstechnologie auf die wertbestimmenden Eigenschaften von Winterweizenmalzen. *Disertacija*. TU München- Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I, München, 1997.

Spajić L: Ispitivanje prirode staklavosti domaćih sorti pšenica. *Završni rad*. Prehrambno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2021.

Xiunan H; Yuhong J; Jinhua D: Differences in protein content and foaming properties of cloudy beers based on wheat malt content. *Journal of the Institute of Brewing*. 125:235-241, 2018.