

# Varijabilnost sadržaja proteina i in vitro bioraspoloživosti cinka u soku pšenične trave

---

Lovrić, Tihana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:258417>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-14**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tihana Lovrić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

**VARIJABILNOST SADRŽAJA PROTEINA I *IN VITRO* BIORASPOLOŽIVOST  
CINKA U SOKU PŠENIČNE TRAVE**

Diplomski rad

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Tihana Lovrić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

**VARIJABILNOST SADRŽAJA PROTEINA I *IN VITRO* BIORASPOLOŽIVOST  
CINKA U SOKU PŠENIČNE TRAVE**

Diplomski rad

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tihana Lovrić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

**VARIJABILNOST SADRŽAJA PROTEINA I *IN VITRO* BIORASPOLOŽIVOST  
CINKA U SOKU PŠENIČNE TRAVE**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Sonja Petrović, predsjednik
2. prof. dr. sc. Andrijana Rebekić, mentor
3. doc. dr. sc. Katarina Mišković Špoljarić, član

Osijek, 2023.

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	5
<b>2.1. Različnost sorti pšenice s obzirom na kvalitativna i kvantitativna svojstva</b> .....	5
<b>2.2. Značaj proteina</b> .....	9
<b>2.3. Značaj cinka</b> .....	11
<b>2.4. Pšenična trava</b> .....	13
<b>3. MATERIJALI I METODE</b> .....	15
<b>3.1. Biljni materijal</b> .....	15
<b>3.2. Uzgoj pšenične trave</b> .....	15
<b>3.3. Priprema soka od pšenične trave</b> .....	15
<b>3.2. Metoda po Bradfordu</b> .....	18
<b>4. REZULTATI</b> .....	23
<b>5. RASPRAVA</b> .....	31
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	35
<b>7. LITERATURA</b> .....	37
<b>8. SAŽETAK</b> .....	41
<b>9. SUMMARY</b> .....	42
<b>10. POPIS TABLICA</b> .....	43
<b>11. POPIS SLIKA</b> .....	43
<b>12. POPIS GRAFIKONA</b> .....	44

## 1. UVOD

Pšenica (rod *Triticum*) jednogodišnja biljka iz porodice trava (*Poaceae*) je nedvojbeno jedna od najvažnijih prehrambenih kultura na svijetu uz rižu i kukuruz. Osim što je gospodarski značajna, ima ogroman genetski potencijal rodnosti. Pšenična zrna su glavni prehrambeni proizvod koji se melje do brašna i krupice potrebnih za izradu kruha, peciva, tjestenine, kolača i keksa, te se također pšenica koristi u proizvodnji alkohola, piva i biogoriva. Značajna je biljka i za farmaceutsku industriju te prehranu životinja. Zbog svog širokog areala rasprostranjenosti i visokog stupnja polimorfizma, uzgaja se u cijelom svijetu i zauzima vodeće mjesto po zasijanim površinama. Životni ciklus pšenice podijeljen je na tri dijela: vegetativni, reproduktivni i faza zriobe. U vegetativnoj fazi razvijaju se vegetativni dijelovi biljke, dok u reproduktivnoj fazi dolazi do formiranja reproduktivnih dijelova biljke. U fazi zriobe se formiraju embriji i dolazi do zriobe zrna. Morfološki pšenica je građena iz korijena, stabljike, listova i klasa.

Pšenična trava odnosi se na biljke pšenice (rod *Triticum*) iz porodice trava (*Poaceae*), u ranom stadiju uzgoja prije ulaska u fazu vlatanja. Opće je poznata i pod nazivom “zelena krv” zbog visokog sadržaja klorofila. Sadrži mnoštvo vitamina, minerala, aminokiselina, enzima i bioflavonoida, te se zbog toga cijedi svježa ili suši u prah kao dodatak prehrani ljudi i životinja.

Agroekološki uvjeti u kojima pšenična trava raste određuju njezinu vitalnost, stoga se, za dobivanje maksimalne koncentracije aktivnih sastojaka nutritivna svojstva pšenične trave potiču prihranjivanjem dušičnim gnojivima, fosforom, kalijem i ureom. U početku jednostavni šećeri proizvedeni kao rezultat fotosinteze pretvaraju se u proteine, ugljikohidrate i masti, uz pomoć raznih enzima i minerala koje biljka apsorbira putem korijena. Pšenična trava se žanje neposredno prije reproduktivne faze kada su njezini izdanci na vrhuncu nutritivne vrijednosti.

Varijabilnost proteina u pšenici odnosi se na različite količine i tipove proteina koji se nalaze u zrnju pšenice. Ova varijabilnost proteina može imati značajan utjecaj na kvalitetu pšeničnog zrna i finalnih proizvoda, kao što su kruh, tjestenina i ostali pekarski proizvodi. Pšenica sadrži različite tipove proteina, ali najvažniji su gluteninski proteini i globulini. Gluteninski proteini čine većinu ukupnih proteina u pšenici i zaslužni su za formiranje glutena, koji je odgovoran za elastičnost i povezivanje tijesta. Globulini su druga važna skupina proteina u pšenici, ali su zastupljeni u manjoj količini. Različiti genotipovi i linije pšenice imaju različite genetske osobine koje utječu na količinu i sastav proteina. Neki hibridi ili genetski modificirani

genotipovi pšenice mogu imati poboljšane karakteristike proteina u usporedbi s tradicionalnim sortama Padalia, S. i sur. (2010), Chauhan, M. (2014).

Klimatski uvjeti, temperatura, vlaga, sunčeva svjetlost i razdoblje vegetacije, mogu značajno utjecati na akumulaciju proteina u pšenici. Na primjer, sušni uvjeti mogu smanjiti sintezu proteina u zrnu. Upotreba odgovarajućih agrotehničkih mjera, kao što su navodnjavanje, gnojidba i zaštita bilja, može pomoći u povećanju sadržaja proteina. Osim kvantitativne varijabilnosti, važno je razmotriti i kvalitativnu varijabilnost proteina. Različiti proteini u pšenici imaju različite aminokiselinske profile, koji mogu utjecati na nutritivnu vrijednost pšeničnih proizvoda. Variranje potreba tržišta i potrošača može također utjecati na značaj varijabilnosti proteina u pšenici Akbas, E. i sur. (2017). Neki proizvođači i potrošači preferiraju genotipove pšenice s visokim sadržajem proteina, dok drugi traže genotipove s posebnim svojstvima proteina za specifične namjene. Kontrola i praćenje varijabilnosti proteina u pšenici su važni za uzgoj visokokvalitetnih usjeva i proizvodnju finalnih proizvoda koji zadovoljavaju prehrambene standarde i potrebe potrošača. Razumijevanje i prilagodba na ovu varijabilnost mogu pomoći u optimizaciji proizvodnih procesa i iskorištenju potencijala pšenice kao važnog prehrambenog resursa.

Cink (Zn) je esencijalni mikroelement koji ima ključnu ulogu u rastu i razvoju biljaka, uključujući i pšenicu. Ovaj važan element ima mnoge funkcije u biljkama, od sudjelovanja u enzimskim reakcijama do regulacije različitih fizioloških procesa. Cink je jako važan element i njegova prisutnost u pšenici je esencijalna. Cink je sastavni dio mnogih enzima u biljkama, uključujući one koji sudjeluju u metabolizmu ugljikohidrata, proteina i lipida. Ti enzimi igraju ključnu ulogu u procesima kao što su fotosinteza, disanje, razgradnja makromolekula i sinteza važnih molekula. Ovaj element je neophodan za sintezu proteina i stvaranje aminokiselina koje su osnovni građevni blokovi biljaka i igraju vitalnu ulogu u rastu i razvoju pšenice. Cink utječe na sintezu i prijenos različitih biljnih hormona, uključujući auksine i gibereline. Ti hormoni su odgovorni za rast biljaka, stvaranje cvjetova, plodova i sjemena Ben-Arye E. i sur. (2002).

Cink pomaže biljkama da se bolje nose sa stresom, uključujući abiotičke čimbenike kao što su suša, visoka temperatura, niska temperatura i nedostatak hranjivih tvari. Varijabilnost sadržaja cinka u pšenici može biti uzrokovana različitim čimbenicima, a neki od njih je i tip tla. Tla različitog geografskog podrijetla i karakteristika imaju različite razine cinka. Tla koja su bogata organskim tvarima i humusom obično imaju veći sadržaj cinka. Druga vrsta varijabilnosti potječe od pH vrijednosti tla. pH vrijednost tla može utjecati na dostupnost cinka biljkama.

Primjerice, u kiselom tlu, cink može biti manje dostupan biljkama. Upotreba gnojiva koja sadrže cink može pomoći u održavanju optimalne razine ovog mikroelementa u tlu i biljkama.

Različiti genotipovi pšenice mogu imati različite sposobnosti apsorpcije i akumulacije cinka. Ekstremni vremenski uvjeti, poput dugotrajne suše ili poplave, mogu utjecati na dostupnost cinka u tlu i njegovu apsorpciju. Važno je pratiti razinu cinka u pšenici i po potrebi ga nadoknaditi kako bi se osigurao optimalan rast i razvoj biljaka. Nedostatak cinka može dovesti do različitih problema u uzgoju pšenice, uključujući smanjenje prinosa i kvalitete žitarica. S druge strane, pravilna prihrana pšenice cinkom može poboljšati njenu otpornost na stres i omogućiti postizanje većih prinosa.

Nedostatak cinka dobro je dokumentiran javnozdravstveni problem u zemljama u razvoju, što rezultira ozbiljnim zdravstvenim i socioekonomskim problemima. Poremećaj funkcije mozga, imunološkog sustava i fizičkog rasta glavne su posljedice nedostatka Zn u ljudskom tijelu. Na temelju podataka o prehrani i bioraspoloživosti, procjenjuje se da je najmanje 1/3 svjetske populacije pogođena problemom nedostatka Zn, osobito djeca. Gotovo 450 000 djece mlađe od pet godina godišnje umire zbog nedostatka Zn Ben-Arye, E. i sur. (2002). Zajedno s nedostatkom vitamina A, nedostatak Zn je identificiran kao područje najvećeg prioriteta kojim se treba pozabaviti kako bi se postigla globalna stabilnost u smislu osiguravanja mikronutrijenata u prehrani ljudi. Čini se da su nizak unos Zn hranom i vrlo mala raznolikost prehrane glavni razlozi široko rasprostranjene pojave nedostatka Zn u ljudskoj populaciji. Prehrana koja se konzumira pretežno u zemljama u razvoju temelji se na žitaricama koje su siromašne cinkom. Obogaćivanje usjeva žitarica cinkom stoga je važan globalni izazov i visokoprioritetno istraživačko područje. Uzgoj biljaka (npr. genetska biofortifikacija) i primjena gnojiva obogaćenih Zn (npr. agronomska biofortifikacija) dva su važna poljoprivredna alata za poboljšanje koncentracije Zn u zrnu. Oplemenjivački pristup koji nudi održivo rješenje za obogaćivanje zrna žitarica cinkom je dugotrajan proces.

Cink je izuzetno važan mineral u prehrani ljudi i životinja. Ima ključnu ulogu u održavanju normalnog funkcioniranja organizma te ima brojne biološke funkcije. Cink je kofaktor za više od 300 enzimskih reakcija u tijelu. Ovi enzimi sudjeluju u metabolizmu makronutrijenata (ugljikohidrata, proteina i masti) te igraju ključnu ulogu u razgradnji i sintezi različitih tvari potrebnih za normalno funkcioniranje organizma. Cink igra ključnu ulogu u jačanju imunološkog sustava. Potiče razvoj i aktivnost bijelih krvnih stanica koje su odgovorne za borbu protiv infekcija i bolesti. Cink je neophodan za normalan rast i razvoj djece, adolescenata



i trudnica. Sudjeluje u procesima rasta, diobe stanica, formiranju kostiju i sintezi proteina Ben-Arye, E. i sur. (2002).

Cink igra važnu ulogu u regulaciji propusnosti staničnih membrana, omogućujući prolaz hranjivih tvari unutar stanica. Ima antioksidativna svojstva koja pomažu u neutralizaciji slobodnih radikala i smanjenju oksidativnog stresa u tijelu. Potreban je za sintezu i stabilnost DNA i RNA, ključnih molekula u prenošenju genskih informacija. Cink sudjeluje u sintezi i regulaciji hormona, uključujući hormone rasta, inzulin i spolne hormone. Zbog svojih mnogobrojnih uloga u tijelu, nedostatak cinka može imati ozbiljne posljedice po zdravlje. Neki od simptoma nedostatka cinka u prehrani mogu uključivati oslabljen imunološki sustav, usporen rast i razvoj, smanjen apetit, gubitak težine, probleme s kožom, poremećaje u okusu i mirisu te povećanu osjetljivost na infekcije. Dobra prehranbena strategija koja uključuje raznolik i uravnoteženu prehranu bogatu cinkom, kao što su meso, riba, orašasti plodovi, sjemenke, mliječni proizvodi i cjelovite žitarice, pomaže osigurati adekvatan unos cinka i održavanje optimalnog zdravlja.

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi varijabilnost sadržaja proteina i *in vitro* bioraspoloživosti Zn te njihovog međusobnog odnosa u soku pšenične trave na pedeset genotipova ozime krušne pšenice (*Triticum aestivum* L.).

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Različnost sorti pšenice s obzirom na kvalitativna i kvantitativna svojstva

Kako bi zadovoljila proizvođače, prerađivače i potrošače pšenica mora imati određenu kakvoću. Kvaliteta je kompleksno svojstvo koje se nasljeđuje genetski i pod jakim je utjecajem vanjskih čimbenika. Ocjena i norma kvalitete pšenice je različita ovisno o državi, a u Republici Hrvatskoj genotipovi pšenice se svrstavaju u kategoriju kvalitetnih i nekvalitetnih genotipova čija kakvoća proizlazi iz morfoloških, organoleptičkih, biokemijskih i tehnoloških svojstava. Kakvoća zrna ocjenjuje se na temelju izgleda zrna, mase, hektolitarske mase, sedimentacijske vrijednosti, sadržaja proteina i glutena.

Različnost genotipova pšenice odnosi se na razlike u kvalitativnim i kvantitativnim svojstvima između različitih genotipova pšenice. Ova raznolikost igra ključnu ulogu u određivanju sposobnosti različitih genotipova pšenice da zadovolje specifične potrebe i zahtjeve tržišta. Postoji nekoliko važnih kvalitativnih i kvantitativnih svojstava koja se razlikuju među genotipovima. Kvaliteta proteina u pšenici može varirati između genotipova. Pšenica sadrži različite tipove proteina, uključujući gluteninske proteine i globuline. Gluteninski proteini su odgovorni za formiranje glutena, koji daje elastičnost tijestu i poboljšava svojstva pečenja. Povećana količina kvalitetnog glutena obično rezultira boljim pečenjem i visokokvalitetnim pekarskim proizvodima Shewry, P. R. i sur (2012), Shewry, P. R. (2018).

Sastav proteina u pšenici ima značajan utjecaj na kvalitetu pekarskih i drugih proizvoda. Gluteninski proteini, koji su prisutni u većim količinama u pšenici, imaju ključnu ulogu u formiranju glutena, elastične proteinske mreže koja daje tijestu elastičnost i sposobnost zadržavanja plinova koji se oslobađaju tijekom fermentacije. To omogućuje da tijesto nabubri, što rezultira mekanim i rahlim proizvodima poput kruha, peciva i kolača. Važno je napomenuti da postoji varijabilnost u količini i kvaliteti gluteninskih proteina između različitih genotipova pšenice. Neki genotipovi pšenice imaju viši sadržaj visokokvalitetnih gluteninskih proteina, što ih čini idealnim za proizvodnju pekarskih proizvoda s izvrsnom teksturom i volumenom. S druge strane, neki genotipovi mogu sadržavati manje kvalitetnih gluteninskih proteina, što može rezultirati manje kvalitetnim i manje voluminoznim pekarskim proizvodima Mansour, E. H. i sur. (1997), Wieser, H. i sur. (1998), Mansour, E. H. i sur. (1999), Wieser, H. i sur. (1998).

Pored glutena, pšenica sadrži i globuline, drugu skupinu proteina koja također može utjecati na kvalitetu pekarskih proizvoda. Globulini su manje prisutni u pšenici u usporedbi s gluteninskim proteinima, ali i dalje imaju ulogu u formiranju strukture tijesta i zadržavanju vlage, što može utjecati na svježinu i mekoću pekarskih proizvoda. Odabir odgovarajućeg genotipa pšenice s optimalnim omjerom gluteninskih proteina i globulina može biti ključan za proizvodnju različitih pekarskih proizvoda koji zadovoljavaju specifične prehrambene uvjete potrošača i zahtjeve pekarske industrije. Poljoprivrednici, proizvođači hrane i pekari često biraju genotipove pšenice koje imaju najbolju kombinaciju proteina kako bi osigurali konzistentnu i visokokvalitetnu proizvodnju pekarskih proizvoda. Osim toga, uzgojni programi često se fokusiraju na razvoj novih genotipova pšenice s unaprijeđenim svojstvima proteina, uključujući povećanje količine kvalitetnih gluteninskih proteina i poboljšanje ukupne nutritivne vrijednosti pšenice. Takvi naponi imaju za cilj poboljšanje kvalitete i hranjive vrijednosti proizvoda od pšenice te prilagodbu genotipova promjenjivim zahtjevima tržišta i prehrambenim potrebama potrošača Mansour, E. H. i sur. (1999).

Raznolikost genotipova pšenice s obzirom na kvalitativna i kvantitativna svojstva također može utjecati na nutritivnu vrijednost i prehrambene karakteristike proizvoda od pšenice. Povećana količina kvalitetnog glutena u nekim genotipovima pšenice može poboljšati strukturu i teksturu pekarskih proizvoda, ali istovremeno može predstavljati izazov za ljude koji boluju od celijakije ili osjetljivosti na gluten. S obzirom na promjene u prehrambenim preferencijama i rastuću svijest o prehrambenim potrebama, postoje i naponi da se razviju genotipovi pšenice koje su prilagođene tim posebnim uvjetima. Na primjer, postoji interes za razvoj genotipova pšenice sa smanjenim sadržajem glutena ili bez glutena kako bi se zadovoljile potrebe ljudi s celijakijom ili osjetljivošću na gluten. Pored toga, neki genotipovi pšenice mogu imati poboljšane kvalitativne i kvantitativne karakteristike proteina koje doprinose većem sadržaju esencijalnih aminokiselina i drugih hranjivih tvari. To može pomoći u povećanju nutritivne vrijednosti proizvoda od pšenice i pružanju važnih hranjivih tvari u prehrani. Nadalje, različiti genotipovi pšenice mogu se prilagoditi različitim uvjetima uzgoja, kao što su klima, tlo i uzgojni pristupi. Odabir odgovarajućeg genotipa pšenice može pomoći poljoprivrednicima da postignu optimalne prinose u različitim okruženjima Mansour, E. H. i sur. (1997).

Raznolikost genotipa pšenice također igra ključnu ulogu u očuvanju biološke raznolikosti i održivosti poljoprivrede. Očuvanje i uzgoj različitih sorti pšenice s različitim svojstvima doprinosi raznolikosti gena i osigurava da su poljoprivredni usjevi otporniji na različite bolesti, štetnike i ekstremne uvjete. Uzgajivači pšenice, poljoprivrednici, prehrambena industrija i

znanstvenici nastavljaju surađivati kako bi istražili i razumjeli raznolikost genotipa pšenice te kako bi razvili nove sorte koje će zadovoljiti različite potrebe potrošača, promovirati održivost poljoprivrede i osigurati visokokvalitetne proizvode od pšenice koji su ukusni i nutritivno bogati. Razumijevanje ove raznolikosti i njeno ispravno korištenje igraju ključnu ulogu u osiguravanju stabilne i sigurne opskrbe pšenicom te u osiguravanju prehrambene sigurnosti za sve ljude.

Prinos i sadržaj proteina dva su glavna cilja u oplemenjivačkim programima koji određuju ekonomsku vrijednost određenog genotipa pšenice. Međutim, zbog njihovog negativnog odnosa teško je istovremeno poboljšati ova dva svojstva. Stoga oplemenjivači imaju za cilj pronaći genotipove koji odstupaju od tog odnosa negativne korelacije, te su mnoga istraživanja usmjerena prema povećanju sadržaja proteina i prinosa pšenice. Prinos zrna pšenice kvantitativno je svojstvo niske do srednje heritabilnosti koje nadziru brojni geni manjeg i većeg učinka, većinom geni s aditivnim efektom, a u manjoj mjeri geni koji pokazuju dominantni i epistatički učinak na čiju izražajnost djeluju okolni činitelji (Martinčić i Kozumplik 1996). Komponente prinosa pšenice čine broj klasova po jedinici površine, broj zrna po klasu i prosječna masa jednog zrna. Oplemenjivanjem nije moguće poboljšati samo jedno svojstvo, budući da su navedena tri svojstva međusobno ovisna. Na prinos pšenice utječu i mnoga fiziološka i morfološka svojstva: čvrstoća i visina stabljike, otpornost na bolesti i štetnike, otpornost i tolerantnost na nepovoljne vanjske uvjete, razvijenost korijenovog sustava, sposobnost usvajanja hranjiva, duljina vegetacije, ranozrelost, žetveni indeks i slično.

Različiti genotipovi pšenice mogu imati različite razine vlage u zrnu. Niska vlažnost poželjna je zbog boljeg skladištenja i sprječavanja razvoja plijesni i gljivica. Sadržaj vlage u zrnu pšenice igra ključnu ulogu u očuvanju njegove kvalitete tijekom skladištenja. Niska vlažnost zrna pšenice je poželjna jer smanjuje rizik od razvoja plijesni, gljivica i drugih mikroorganizama koji mogu uzrokovati kvarenje i gubitak vrijednosti hranjivih tvari. Osim toga, niska vlažnost olakšava skladištenje i održavanje pšenice u optimalnom stanju za duže razdoblje. Kada je sadržaj vlage u zrnu pšenice previsok, stvaraju se idealni uvjeti za razvoj plijesni i gljivica koje proizvode toksine kao nusprodukte svog metabolizma, kao što su mikotoksini, koji mogu biti štetni po zdravlje ljudi i životinja. Također, razvoj ovih mikroorganizama može uzrokovati kvarenje zrna, što rezultira gubitkom kvalitete i nutritivnih svojstava pšenice Gupta, R. K. i sur. (2010), Law. C. N. (1983).

Sadržaj škroba može varirati među genotipovima pšenice. Visok sadržaj škroba često je poželjan zbog bolje kvalitete brašna za pečenje. Škrob je glavni skladišni oblik energije u zrnu

pšenice i ključni je sastojak brašna. Visok sadržaj škroba u pšenici često se smatra poželjnim jer pridonosi boljoj kvaliteti brašna i proizvoda od pšenice, osobito u kontekstu pečenja. Iako visok sadržaj škroba obično doprinosi boljoj kvaliteti brašna i proizvoda od pšenice, važno je napomenuti da ostali čimbenici također igraju važnu ulogu u konačnoj kvaliteti proizvoda. Na primjer, kvaliteta glutena, sadržaj vlage, mineralni sastav, genetska svojstva i uvjeti uzgoja također mogu značajno utjecati na kvalitetu i performanse pekarskih proizvoda. Stoga, proizvođači pšenice i pekari često biraju sorte pšenice koje imaju optimalan balans svih ovih čimbenika kako bi osigurali konzistentnu i visokokvalitetnu proizvodnju proizvoda od pšenice. Razumijevanje utjecaja sadržaja škroba i drugih svojstava pšenice ključno je za postizanje željenih karakteristika i zadovoljavanje potreba tržišta i potrošača u prehrambenoj industriji Kushimoto, H. i sur. (1985).

Škrob se može izolirati iz zrna pšenice i dalje pretvoriti u škrobnu pastu, sirup ili modificirane škrobne proizvode koji se koriste u prehrambenoj industriji za razne namjene, uključujući zgušnjavanje, stabilizaciju i poboljšanje teksture hrane. Pšenica s visokim sadržajem škroba također je važna u prehrani stoke. Hrana koja se temelji na pšenici može biti visokoenergetska opcija za prehranu stoke, što je posebno važno u proizvodnji mesa i mlijeka. Stočna hrana koja se temelji na pšenici s visokim udjelom škroba može poboljšati prirast stoke i prinos mlijeka. Pšenica bogata škrobom također se koristi za proizvodnju alkohola, posebno etanola. Uz pomoć enzima, škrob iz zrna pšenice može se pretvoriti u fermentabilne šećere, a zatim u alkohol putem procesa fermentacije. Pšenični alkohol koristi se u raznim industrijama, uključujući proizvodnju pića i goriva.

Visoki sadržaj škroba čini pšenicu energetski bogatom namirnicom. Ova žitarica pruža važan izvor energije za ljude i životinje. Uz to, proizvodi od pšenice, poput kruha i tjestenine, često su temelj prehrane u mnogim dijelovima svijeta. Važno je napomenuti da se sadržaj škroba u pšenici može mijenjati ovisno o različitim čimbenicima, uključujući genetiku, okolišne uvjete i agrotehničke prakse. Stoga, uzgajivači često biraju genotipove pšenice koje najbolje odgovaraju njihovim uzgojnim uvjetima i ciljevima proizvodnje, kako bi postigli optimalne prinose i kvalitetu zrna. Poboljšanje sadržaja škroba jedan je od ciljeva uzgojnih programa kako bi se osigurala održiva i učinkovita proizvodnja pšenice za zadovoljavanje rastuće globalne potražnje za hranom i drugim proizvodima iz ove važne žitarice.

Različiti genotipovi pšenice mogu pokazivati različitu otpornost na bolesti i štetnike. Odabir otpornih genotipova može biti ključan u održavanju visokih prinosa i smanjenju potrebe za sredstvima za zaštitu bilja. Visina stabljike može varirati među genotipovima pšenice. Visoki

genotipovi obično imaju veći potencijal prinosa, ali se može suočiti s problemima pri snažnim vjetrovima ili bolestima povezanim s vlagom. Također, različiti genotipovi pšenice mogu imati različito vrijeme dozrijevanja. Raniji genotipovi završavaju svoj vegetacijski ciklus brže i mogu biti korisne za određene uzgojne uvjete ili strategije uzgoja. Sadržaj minerala i vitamina može se razlikovati među genotipovima pšenice San Francisco, S. i sur. (2011). Neki hibridi ili genetski modificirani genotipovi pšenice mogu imati poboljšane nutritivne karakteristike. Važno je istaknuti da odabir odgovarajućeg genotipa pšenice ovisi o različitim čimbenicima, uključujući specifične zahtjeve tržišta, uvjete uzgoja, klimatske uvjete i preferencije poljoprivrednika i potrošača. Stoga, razumijevanje različitosti genotipova pšenice i njihovih karakteristika može biti ključno za postizanje optimalnih rezultata u pšeničnoj proizvodnji.

## **2.2. Značaj proteina**

Budući da pšenica osigurava 18 % unesenih kalorija i 20 % unosa proteina, zrna pšenice sadrže između 7 % i 17 % proteina, od čega oko 80% pripada proteinima koji su uvjetovani vanjskim faktorima i genima. Znanstvena istraživanja o pšeničnim proteinima započinja izoliranjem glutena iz pšenice koje je 1745. godine opisao Beccari. Proteini se nalaze u svim dijelovima pšenice, u otopljenom stanju kao cirkulirajuće tekućine i u staničnim sokovima. U poluotopljenom stanju nalaze se u protoplazmi, a u neotopljenom stanju pohranjuju se kao rezervni proteini u stanicama sjemena i korijena. Prema Osbornovoj klasifikaciji iz 1924. godine protein pšenice se na temelju topljivosti dijele na četiri grupe: albumin topljivi u vodi i blažim puferima, globulini topljivi u soli, glijadini topljivi u 70-90 % etanolu i glutenini topljivi u razblaženim kiselinama ili bazama.

Poznato je da postoji negativna veza između prinosa i koncentracije proteina u pšenici, međutim neki genotipovi stalno odstupaju od ovog odnosa što je fenomen poznat kao “Grain protein deviation” (GPD). Pozitivan GPD stoga je od velikog interesa u odnosu na smanjenje zahtjeva za gnojidbom dušikom. Mosleth, E. F. i sur (2020). zaključno su pokazali da postoji velika varijacija u GPD-u među genotipovima te da su različitosti u velikoj mjeri ponovljive između godina žetve. Oko 44 % tih različitosti je nasljedno te podložno iskorištavanju u oplemenjivačke svrhe za razvoj poboljšanih kultivara.

Proteini su ključni sastojci pšenice i igraju važnu ulogu u njezinim prehrambenim, tehnološkim i zdravstvenim aspektima. Proteini u pšenici sastoje se od različitih frakcija, od kojih su

gluteninski proteini najzastupljeniji i najvažniji za kvalitativna svojstva tijesta i pekarske proizvode. Gluten je mrežasta struktura koja se formira tijekom miješanja tijesta i odgovoran je za elastičnost tijesta, što olakšava oblikovanje i zadržavanje plinova tijekom fermentacije, rezultirajući mekim i rahlim pekarskim proizvodima. Proteini u pšenici su važan izvor aminokiselina u prehrani ljudi diljem svijeta. Esencijalne aminokiseline su one koje tijelo ne može proizvesti samo, stoga ih moramo unositi putem hrane. Pšenični proteini sadrže sve esencijalne aminokiseline, ali s nešto nižim sadržajem nekih od njih u usporedbi s drugim izvorima proteina, kao što su meso, riba ili mliječni proizvodi Veraverbeke, W. S. I sur. (2002).

Proteini u pšenici ne služe samo kao izvor aminokiselina, već imaju i druge funkcije u tijelu. Oni sudjeluju u izgradnji i obnovi mišića, kože, kose, noktiju, enzima, hormona i drugih molekula važnih za normalno funkcioniranje organizma. Također, proteini igraju ključnu ulogu u održavanju ravnoteže tekućine u tijelu, transportu hranjivih tvari, kao i u obrambenom sustavu organizma, gdje sudjeluju u stvaranju protutijela koja štite od infekcija i bolesti. Ključan su nutrijent u ljudskoj prehrani jer su sastavljeni od aminokiselina, koje su temelj građevinskih blokova za rast i održavanje tkiva u tijelu, te sadrže esencijalne aminokiseline potrebne za normalan rast, razvoj i obnavljanje tijela Brown, B. i sur. (2005), Asseng, S. i sur. (2019), Buonocore, V. i sur. (1977), Shewry, P. R. i sur. (2002).

Također, pšenični proteini su vrlo važni za različite prehrane dijete koje imaju određene ciljeve, poput smanjenja tjelesne mase, izgradnje mišića ili održavanja ravnoteže šećera u krvi. Konzumiranje hrane bogate proteinima može pomoći u održavanju stabilne razine glukoze u krvi, što može biti korisno za osobe s dijabetesom ili problemima sa šećerom u krvi. Međutim, kao što je već spomenuto, kod nekih ljudi proteini u pšenici, posebno gluten, mogu izazvati negativne reakcije. Celijakija je autoimuna bolest koja se javlja kod osoba koje imaju preosjetljivost na gluten, a može uzrokovati oštećenje sluznice tankog crijeva i različite gastrointestinalne simptome. Također, postoji i nespecifična preosjetljivost na gluten koja se očituje simptomima sličnim celijakiji, ali ne uzrokuje oštećenje crijeva. Za osobe s ovim stanjima, izbjegavanje hrane koja sadrži gluten, uključujući pšenicu, je ključno za održavanje zdravlja.

### 2.3. Značaj cinka

Cink je esencijalan element u tragovima koji je važan za normalan rast, razvoj i razmnožavanje biljaka, sudjeluje u sintezi proteina i stvaranju energije te održava strukturu membrane. Najvažniji je element za biljku u ranim fazama rasta i razvoja, i uvijek se u biljkama nalazi kao kation  $Zn^{2+}$ . Enzimi koji sadrže cink odgovorni su za transkripciju, translaciju i procesiranje RNA. Značajan je element za ekspresiju i regulaciju gena, fotosintezu, metabolizam ugljikohidrata, aktivnost fitohormona, produkciju sjemena, plodnost, otpornost na niske temperature i sušu te obranu od bolesti. Zbog nedostatka Zn dolazi do smanjenja hranjive vrijednosti i prinosa kod pšenice, te uzrokuje fiziološki stres u biljkama. Nedostatak cinka u biljkama pšenice očituje se smanjenjem visine stabljike i lista (Cakmak, I. i sur., 2000).

Kurilj, M. (2019) istraživanjem varijabilnosti pšenične trave (*Triticum*) s obzirom na bioraspoloživost cinka usporedbom *in vitro* metoda utvrđene su statistički značajne razlike u koncentracijama cinka između genotipova pšenice.

Također esencijalni je mikroelement koji igra ključnu ulogu u održavanju zdravlja i optimalnog funkcioniranja organizma. Kao drugi najvažniji mikroelement u tijelu, nakon željeza, cink se smatra kritičnim za mnoge biološke procese. Ovaj mineral neophodan je za rast, razvoj, imunološku funkciju, regulaciju gena, sintezu proteina i oksidativni stres. Jedna od ključnih uloga cinka je podržavanje imunološkog sustava. Cink igra ulogu u održavanju funkcije bijelih krvnih stanica, koje su vitalne za borbu protiv infekcija. Također potiče stvaranje antitijela te sudjeluje u upalnim procesima. Nedostatak cinka može oslabiti imunološki sustav i povećati osjetljivost na infekcije. Osim toga, cink je važan za rast i razvoj, posebno u djece. Sudjeluje u procesima diobe stanica, što ga čini neophodnim za rast tkiva i obnovu stanica. Tijekom trudnoće i djetinjstva, cink podržava normalan rast i razvoj organa i tkiva. Ima ključnu ulogu u regulaciji gena i stvaranju proteina. On je neophodan za procese transkripcije gena, što omogućava pravilnu izgradnju proteina koji su ključni za brojne funkcije tijela, uključujući enzime, hormone i strukturne komponente. Mineral također djeluje kao antioksidans, pomažući neutralizaciji slobodnih radikala i zaštiti stanica od oštećenja. Ovo je posebno važno u kontekstu starenja i prevencije kroničnih bolesti povezanih s oksidativnim stresom Rehman, A. i sur. (2018), Haslett, B. S. i sur. (2001).

Cink igra ulogu i u procesima probave, posebno u proizvodnji želučane kiseline koja je potrebna za razgradnju hrane i apsorpciju hranjivih tvari. Također podržava zdravlje kože, kose i noktiju



te doprinosi pravilnoj funkciji osjetila okusa i mirisa. Nedostatak cinka može imati ozbiljne posljedice za zdravlje. Osobe s nedostatkom cinka mogu iskusiti smanjen apetit, spor rast, oslabljen imunološki sustav, problem s kožom, gubitak kose i probleme sa zacjeljivanjem rana. Dugotrajni nedostatak cinka može dovesti do ozbiljnih komplikacija. S druge strane, prekomjerni unos cinka također može biti štetan. Visoke razine cinka mogu ometati apsorpciju drugih minerala, poput željeza i bakra, te izazvati gastrointestinalne tegobe poput mučnine i povraćanja. U prehrani, cink se može dobiti iz različitih izvora, uključujući meso, perad, ribu, mliječne proizvode, orašaste plodove, sjemenke i cjelovite žitarice. Važno je održavati uravnotežen unos cinka kako bi se osiguralo optimalno zdravlje i dobrobit organizma. Cink je prisutan u različitim oblicima hrane, no bioraspoloživost cinka može varirati ovisno o vrsti hrane i drugim čimbenicima Cakmak, I. i sur. (2010).

Važnost cinka za tijelo proteže se kroz širok spektar bioloških procesa i funkcija. Ovaj esencijalni mikroelement ima ključnu ulogu u održavanju optimalnog zdravlja i funkcije organizma na mnoge načine Ozturk, L, i sur. (2006):

- Imunološka funkcija: cink igra ključnu ulogu u održavanju jakog imunološkog sustava. Sudjeluje u aktivaciji bijelih krvnih stanica i stvaranju antitijela, ključnih komponenti obrane tijela od infekcija i bolesti.
- Rast i razvoj: cink je neophodan za rast i razvoj stanica i tkiva, posebno u djece i adolescenata. Tijekom trudnoće, cink podržava normalan razvoj fetusa.
- Regulacija gena: cink je važan za transkripciju gena i regulaciju genetske ekspresije. Ovo omogućava pravilnu izgradnju proteina i osigurava pravilno funkcioniranje stanica.
- Oksidativni stres: kao antioksidans, cink pomaže neutralizirati slobodne radikale i smanjuje oksidativni stres, što je povezano s prevencijom starenja i kroničnih bolesti.
- Probava i apsorpcija: cink podržava proizvodnju želučane kiseline, što je ključno za razgradnju hrane i apsorpciju hranjivih tvari.
- Reproktivno zdravlje: cink je važan za hormonsku ravnotežu, podržava funkciju reproduktivnog sustava i može utjecati na plodnost kod muškaraca i žena.
- Koža, kosa i nokti: cink je bitan za zdravlje kože, kose i noktiju te podržava njihovu obnovu i rast.
- Očuvanje vida: cink je prisutan u visokim koncentracijama u mrežnici oka i igra ulogu u održavanju zdravlja očiju i vida.

- Kognitivno zdravlje: neka istraživanja sugeriraju da cink može podržavati kognitivne funkcije poput pamćenja i pažnje te očuvati zdravlje mozga.

#### 2.4. Pšenična trava

Pšenična trava je mlada trava biljke obične pšenice (*Triticum*) poznata kao “živa hrana”. Odličan je izvor klorofila prikladno nazvana i “zelena krv” jer sadrži visoke koncentracije klorofila koji je po strukturi sličan hemoglobinu, te u nedostatku istog se regenerira ili djeluje kao zamjena hemoglobina. Strukturna homologija klorofila s hemoglobinom ukazuje na ulogu klorofila kao graditelja krvi u različitim kliničkim stanjima kao što su talasemija, hemolitička anemija, tumori, astme, alergije i upalne bolesti crijeva. Pšenična trava koristi se za prehranu ljudi i životinja u obliku soka ili praha. Sadrži mnoštvo vitamina (A,C,E, i B kompleks), minerala (kalcij, fosfor, magnezij, kalij, cink, bor i molibden), aminokiselina (asparaginska i glutaminska kiselina, arginin, alanin i serin) i enzima (proteaza, amilaza, lipaza, citokrom-oksidaza, trans-hidrogenaza, superoksid-dismutaza). Visok sadržaj vitamina čini ga važnim dodatkom u antialergijskom i antiastmatičkom liječenju, dok enzimi imaju ključnu ulogu u antitumorskim svojstvima ovog biljnog dodatka prehrani. Jedna od značajki soka pšenične trave je visok sadržaj bioflavonoida (apigenina, kvercitina i luteolina) koji su prirodni antioksidansi i odgovorni su za mnoga njegova klinička svojstva poput poboljšanja protoka krvi, upravljanja upalnim bolestima crijeva i detoksikacija organizma. Sok pšenične trave predstavlja dodatak prehrani koji ima pozitivan učinak na zdravlje ljudi Padalia, S. i sur.,(2010). Preporučena dnevna količina soka je 30 ml soka ili 1,5 g praha pšenične trave, te ima dugu povijest korištenja u različitim kulturama zbog svojih potencijalnih zdravstvenih koristi. Pšenična trava ima karakteristične uske, linearno oblikovane listove koji su intenzivno zelene boje. Mlada, svježa pšenična trava bere se prije nego što dostigne svoju zrelost kako bi se zadržalo što više hranjivih tvari. Ova praksa berbe omogućava da pšenična trava sadrži visoku koncentraciju vitamina, minerala, enzima, aminokiselina i antioksidansa.

Mnoga istraživanja pokazuju potencijalne zdravstvene koristi pšenične trave. Pripisuje joj se podrška imunološkom sustavu, detoksikacija organizma, podrška probavi i promocija općeg osjećaja vitalnosti. Neki su istraživači također istraživali njezin potencijal za smanjenje upalnih procesa i regulaciju razine šećera u krvi. Pšenična trava često se konzumira u obliku soka. Sok se može dobiti cijedenjem svježe pšenične trave ili putem prahova i dodataka prehrani. Ovaj

sok često se smatra koncentriranim izvorom hranjivih tvari, budući da se velika količina biljnih spojeva može konzumirati u malim količinama soka. Međutim, važno je napomenuti da postoje i potencijalni nedostaci i kontraindikacije povezani s konzumacijom pšenične trave. Osobe s alergijama na gluten ili osjetljivošću na pšenicu mogu reagirati na pšeničnu travu. Također, važno je osigurati da pšenična trava bude uzgojena i obrađena na način koji smanjuje rizik od kontaminacije. U svakom slučaju, pšenična trava predstavlja zanimljivu komponentu moderne prehrane, ponajprije zbog svoje nutritivne vrijednosti i potencijalnih zdravstvenih koristi. Važno je informirati se o njenom unosu i konzultirati se sa stručnjakom prije nego što se uključi pšeničnu travu u prehranu. Kamran, S. i sur. (2017).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Biljni materijal

Istraživanje je provedeno na ukupno 50 genotipova pšenice (*Triticum aestivum*, L.), iz gen kolekcije Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Među izabranim genotipovima su oni koji su priznati u periodu od 1926. godine do 2008. godine, i 5 divljih srodnika pšenice. Tijekom poljskog pokusa, kada su biljke bile pred vlatanje uzeti su uzorci listova pšenice te su spremljeni na čuvanje u ultra hladnu komoru na – 80°C.

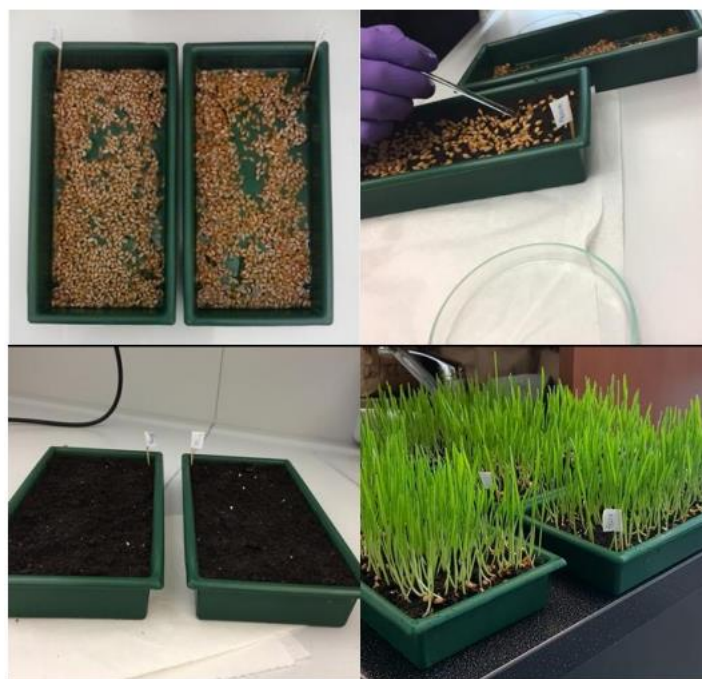
Tablica 1. Popis i godina priznavanja ispitivanih genotipova pšenice

Genotip	Godina priznavanja
Alka	2003.
Antonius	2006.
Apollo	1984.
Arezzo	1995.
Astron	1989.
Avorio	2004.
Avrora	1972.
Bambi	2004.
Bastide	2003.
Bc Elvira	2002.
Bezostaja	1959.
Capelle desprez	1946.
Contra	1990.
Darwin	2000.
Dekan	1999.
Divana	1995.
Etoile de choisy	1950.
Eurofit	2004.
Felix	2008.
Ikarus	1984.
Ilirija	2006.
Isnegrain	1997.
Katarina	2006.
Lambriegoinia	1980.
Libelulla	1965.
Ludwig	1997.

MV Emese	2000.
MV Magvas	1998.
MV Mambo	2001.
MV Palma	1994.
MV Toldi	2008.
Nirvana	2004.
Nizija	1979.
Osječka 20	1978.
Panonia NS	1964.
Prima-odeskaya	2002.
Renesansa	1995.
Ružica	2008.
SW Maxi	2002.
San pastore	1940.
Soissons	1987.
Srpanjka	1989.
T. compactum	-
T.dicoccoides	-
T.monococcum	-
T.spelta	-
T.sphaerococcum	-
Ukrainka	1926.
Viktoriya-odeskaya	1998.
Žitarka	1985.

### 3.2. Uzgoj pšenične trave

Zrno izabranih sorata pšenice stavlja se na naklijavanje. Na plastične tanjuriće se stavi filter papir za naklijavanje, dobro zalije vodom i stavi se 50-100 sjemenki jedne sorte pšenice, zalije se i zaklopi plastičnim tanjurićem. Nakon 48 sati, naklijana zrna se siju u plitice na Brill Bio organski supstrat za presadnice. Zrno je raspoređeno i prekriveno tankim slojem supstrata. Posijana pšenica stavlja se u komoru za rast klijanaca na temperaturu od 20°C. Uzgoj je trajao 12 dana, tijekom kojih je pšenica zalijevana običnom vodom (Slika 1).



Slika 1. Naklijavanje, sjetva i rast pšenične trave (izvor: [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/varijabilnost\\_psenicne\\_trave\\_triticum\\_s\\_obzirom\\_na\\_bi\\_oraspolozivost\\_cinka\\_ustoredba\\_in\\_vitro\\_metoda\\_kurilj\\_matej.pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/varijabilnost_psenicne_trave_triticum_s_obzirom_na_bi_oraspolozivost_cinka_ustoredba_in_vitro_metoda_kurilj_matej.pdf))

### 3.3. Priprema soka od pšenične trave

Dvanaesti dan nakon sjetve, škarama su odrezani svi listovi s mladih biljaka na visini od 2 do 3 cm iznad površine supstrata. Listovi su zatim izvagani, kako bi se utvrdila ukupna masa listova (g). Listovi se čuvaju u ultra hladnoj komori na temperaturi  $-80^{\circ}\text{C}$ . Uzorke lista pšenične trave potrebno je ranije izvaditi iz ultra hladne komore kako bi se odmrznuli prije pravljenja soka od pšenične trave. Za pravljenje soka od pšenične trave korišten je ručni sokovnik za pšeničnu travu Wheatgrass BL-30 (Slika 2).

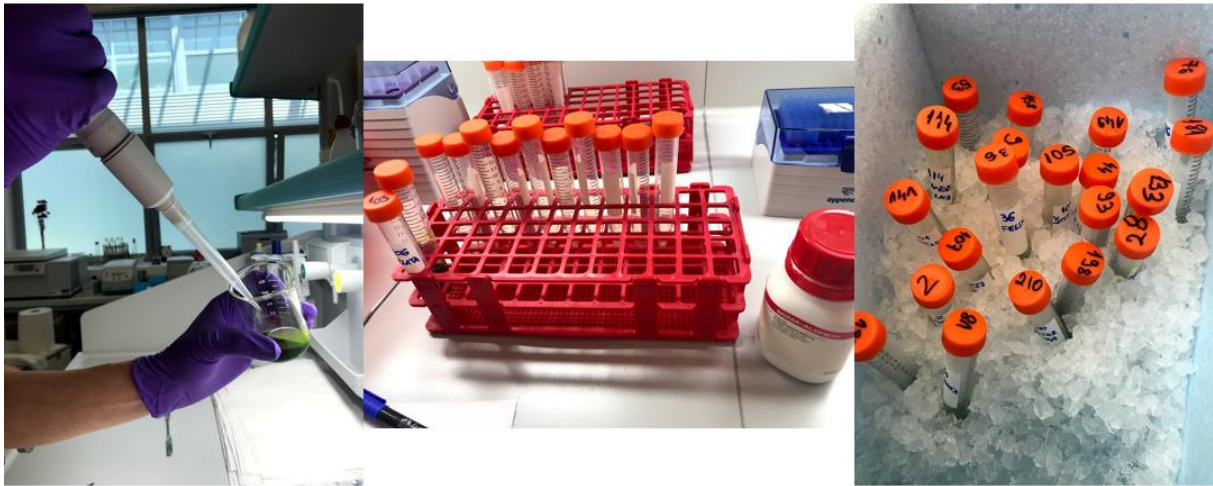


Slika 2. Cijeđenje soka pšenične trave (Foto: original Tihana Lovrić)

### 3.4. Metoda po Bradfordu

Ukupan sadržaj proteina u soku pšenične trave određen je metodom prema Bradford, M. (1976). Metoda kvantifikacije proteina po Bradfordu jedna je od najčešće korištenih metoda za određivanje koncentracije proteina u uzorcima. Ova metoda temelji se na sposobnosti kemijskog spoja poznatog kao Coomassie Brilliant Blue G-250, ili jednostavno Bradford boja, da promijeni boju kada reagira s proteinima. Bradford boja reagira s aminokiselinama u proteinima, posebno sa skupinom aminokiselina arginina. Ova reakcija rezultira promjenom boje otopine od smeđe-zelene do plave. Protein-Bradford kompleksi apsorbiraju više svjetla na 595 nm valnoj duljini nego nevezane Bradford boje. Stoga se koncentracija proteina može odrediti spektrofotometrijski, mjerenjem apsorpcije svjetla na 595 nm.

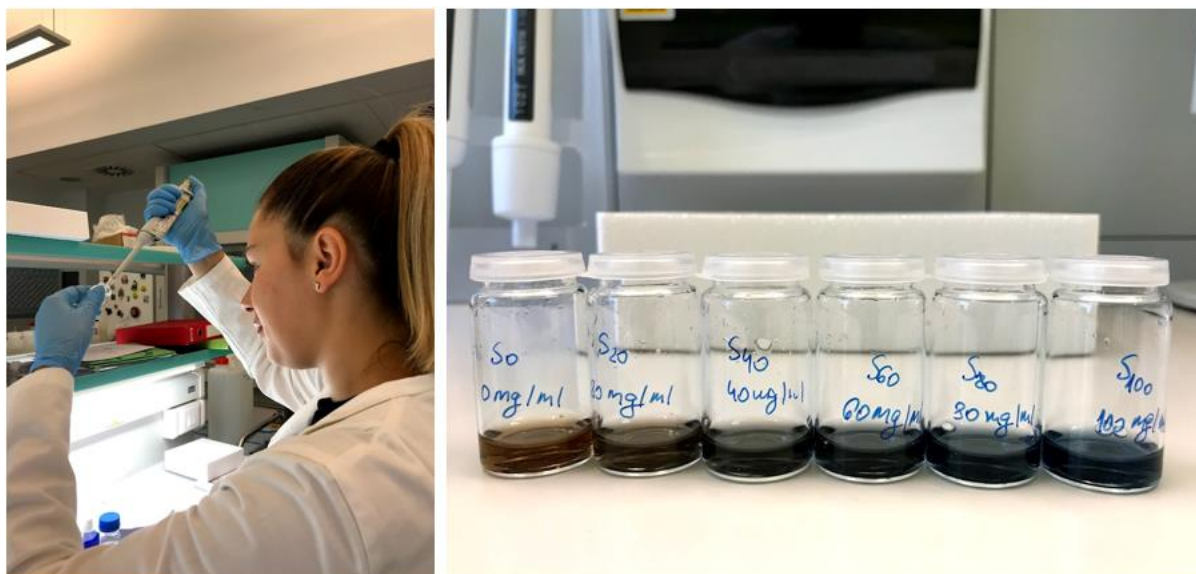
Prvi korak u ovom procesu je pravljenje soka od pšenice. Uzorci lista izvade se ranije na sobnu temperaturu s  $-80^{\circ}\text{C}$  kako bi se odmrznuli. Sok se cijedi u laboratorijske staklene čaše od 100 mL, koje je potrebno dan ranije staviti u hladnjak kako bi se ohladile. Od dobivenog soka se u označenu Falcon epruvetu od 15 mL pipetira volumen od 2 mL, dok se ostatak prebaci u drugu Falcon epruvetu (ako ima dovoljno i u drugu Falcon epruvetu se pipetira 2 mL). U svaku Falcon epruvetu se doda PVP na vrhu špatule. Falcon epruvete se stavljaju na led te se potom spremaju u ultra hladni zamrzivač na temperaturu od  $-80^{\circ}\text{C}$ , gdje se čuvaju do analize (Slika 3). Sokovnik je između genotipova potrebno dobro obrisati papirnatim ručnikom.



Slika 3. Priprema uzoraka za analizu (Foto: original Tihana Lovrić)

Stock otopina se pripremi na način da se odvaži 5 mg BSA te otopi u 5 mL destilirane vode uz upotrebu magnetne miješalice. Prilikom miješanja na magnetnoj miješalici potrebno je obratiti pozornost na sporije miješanje, kako se ne bi stvarala pjena. Standardi se rade pomoću razrjeđivanja. U prvi standard ( $S_1$ ) pipetira se iz stock otopine 200  $\mu\text{L}$  u tubicu. Za drugi standard ( $S_2$ ) pipetira se 200  $\mu\text{L}$  prvog standarda te se doda 200  $\mu\text{L}$  destilirane vode. Pri tome se pazi na pjenu. Za treći standard ( $S_3$ ) pipetira se 200  $\mu\text{L}$  drugog standarda i 200  $\mu\text{L}$  destilirane vode. Na taj način pripreme se i ostala dva standarda ( $S_4$  i  $S_5$ ). U pripremljene označene laboratorijske staklene bočice od 5 mL od svakog standarda ( $S_{1-5}$ ) odpipetira se 100  $\mu\text{L}$  i doda 3 mL Bradford reagensa. Od dodavanja Bradford reagensa mjerenje se može napraviti nakon 5 minuta, ali u roku od 45 minuta, budući da nakon 45 minuta dolazi do degradacije boje, što utječe na rezultate mjerenje (Slika 4).

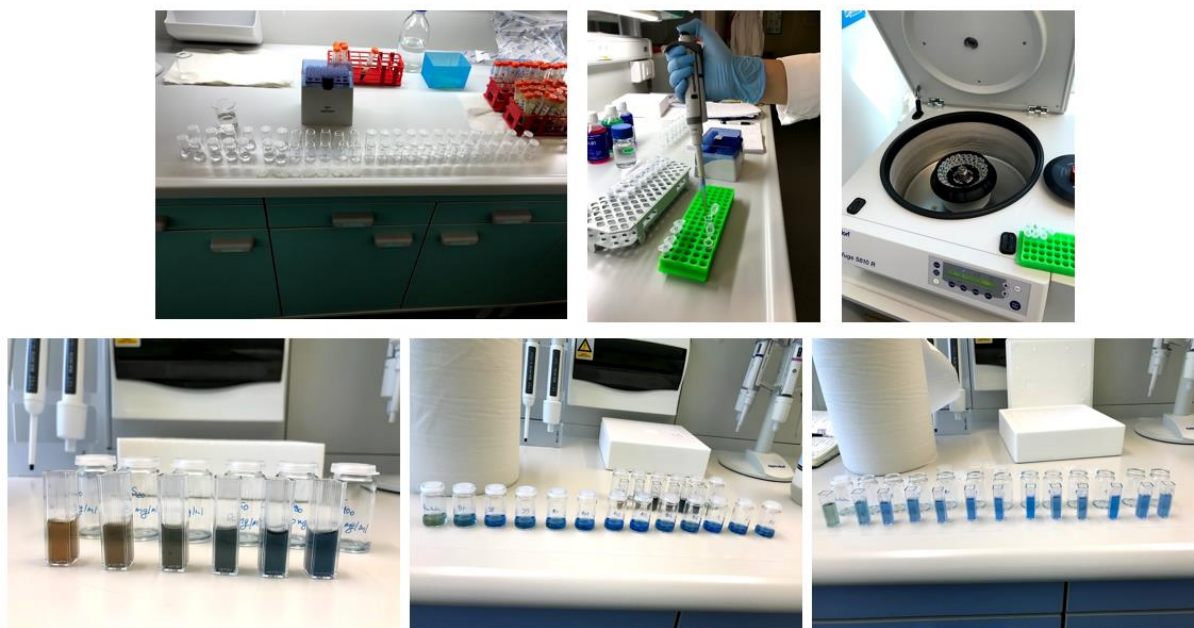




Slika 4. Priprema standarda (Foto: original Tihana Lovrić)

Sljedeći korak je priprema 1M tris (100 mL). Na laboratorijskoj vagi je potrebno izvagati 12,11 g tris baze (trihidroksimetil aminometan), F.W. = 121,14) u staklenu laboratorijsku čašu. Pomoću menzure izmjeri se 80 mL destilirane vode kojom se prelije izvagana masa tris baze te se stavi na magnetnu miješalicu. Dok se otopina miješa, dodaje se 3 mL koncentrirane 37 % klorovodične kiseline, kako bi se pH otopine postavio na 8,0. Pomoću pH metra se provjerava pH vrijednost otopine te se po potrebi pomoću pipete dodaje još klorovodične kiseline. Nakon postavljanja pH vrijednosti i nakon što otopina postane bistra prelijeva se u odmjernu tikvicu od 100 mL te se nadopuni destiliranom vodom do oznake. Otopina se još nekoliko puta pažljivo promućka te se može preliti u staklenu laboratorijsku bocu od 100 mL. Otopinu je potrebno autoklavirati.

Sama priprema uzorka radi se na dan analize. Uzorci se vade iz zamrzivača kako bi se odmrznuli. U svaki uzorak odpipetira se 1 mL 1 M tris pufera te se uzorci lagano promućkaju. Uzorci se potom stavljaju na centrifugiranje u trajanju od 20 minuta na 4°C. Nakon centrifugiranja, iz uzoraka se lagano pipetira 100 µL supernatanta u označene tubice. Prije mjerenja u svaku tubicu s uzorkom dodaje se 3 mL Bradford reagensa. Od dodavanja Bradford reagensa mjerenje se može napraviti nakon 5 minuta, ali ne kasnije od 45 minuta. Ukupan sadržaj proteina mjeri se na 595 nm valne duljine na uređaju za mjerenje spektrofotometar Shimadzu, UV-1800 (Slika 5).



Slika 5. Priprema uzoraka za mjerenje (Foto: original Tihana Lovrić)

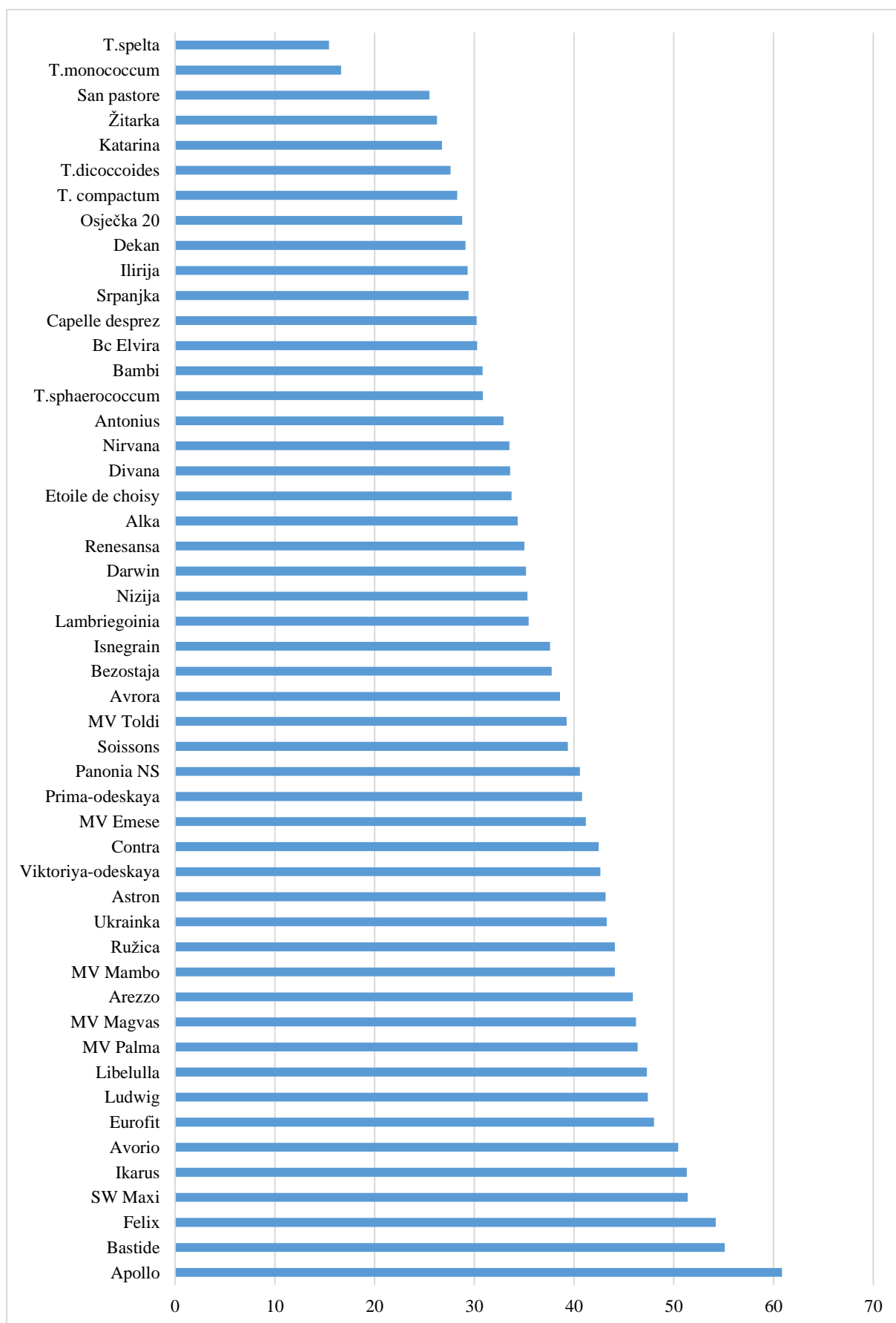
Koncentracija proteina u soku pšenične trave izračunana je pomoću dobivene kalibracijske krivulje, a utvrđene vrijednosti izražene su u  $\text{mg ml}^{-1}$  (Slika 6). Dobiveni rezultati analizirani su pomoću statističkog programa SAS 9.4 for Windows. Izračunate su mjere opisne statistike (aritmetička sredina, standardna devijacija, standardna pogreška aritmetičke sredine, koeficijent varijacije (CV%), te minimum i maksimum). Jednofaktorijalnom analizom varijance ( $p < 0,001$ ) utvrđen je utjecaj genotipa na koncentraciju proteina u soku pšenične trave, a statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti utvrđene su Tukeyevim HSD testom ( $p < 0,001$ )



Slika 6. Spektrofotometar Shimadzu, UV-1800 (Foto: original Tihana Lovrić)

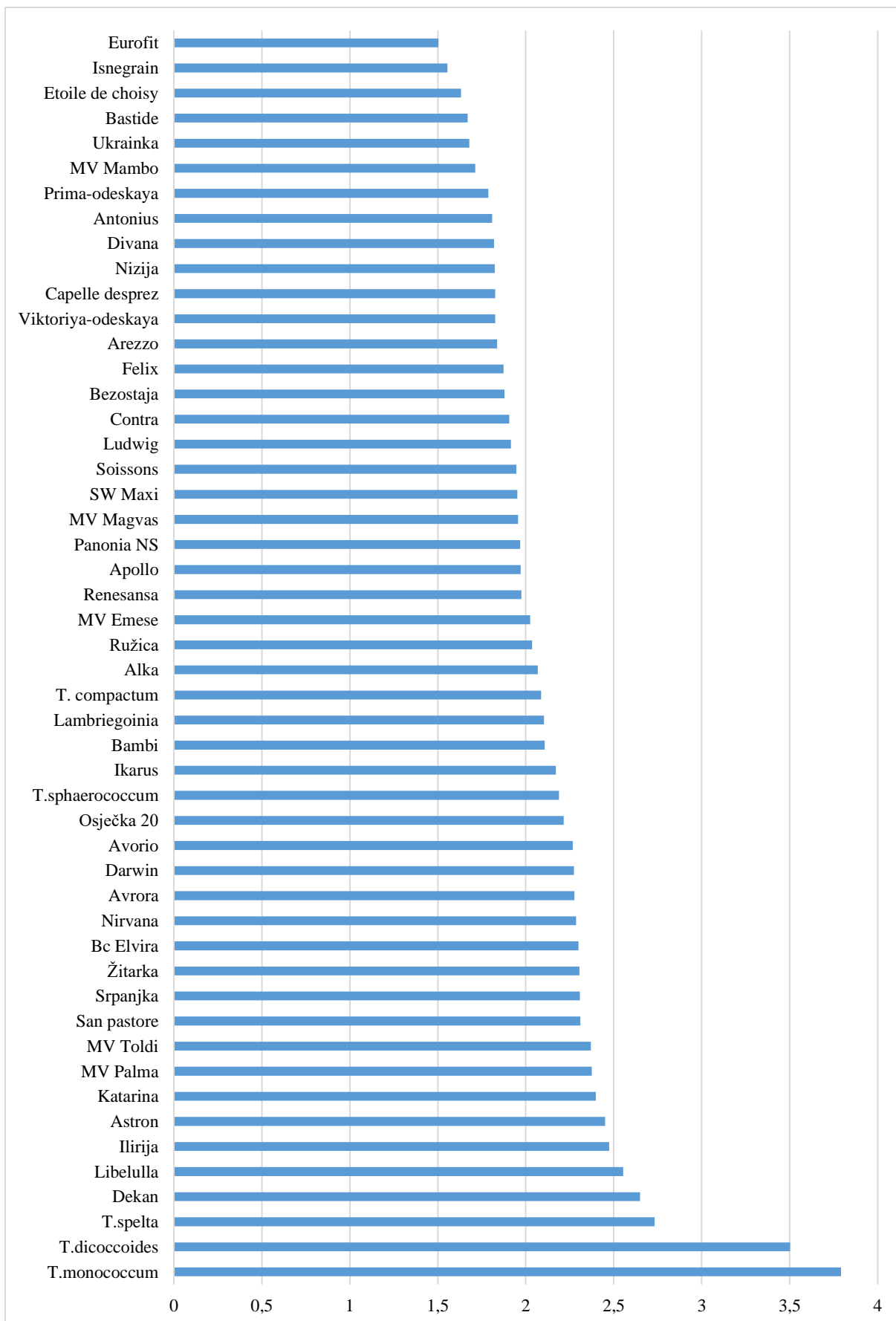
#### 4. REZULTATI

Na temelju jednofaktorijske analize varijance utvrđene su statistički značajne razlike u koncentraciji proteina u soku pšenice trave istraživanih genotipova pšenice ( $F = 22,13$ ;  $df = 1-2$ ;  $p < 0,001$ ). U provedenom istraživanju između 50 ispitivanih vrsta pšenice utvrđeno je da najnižu koncentraciju proteina ima genotip *T. spelta* s koncentracijom od  $15,44 \text{ mg mL}^{-1}$ . Najviša koncentracija proteina utvrđena je kod genotipa Apollo s koncentracijom od  $60,85 \text{ mg mL}^{-1}$  (Grafikon 1.). Prosječna koncentracija proteina u uzorcima soka ispitivanih sorti iznosila je  $37,87 \pm 1,37 \text{ mg mL}^{-1}$ .



Grafikon 1. Vrijednosti proteina u soku pšenice u ispitivanim uzorcima u mg mL<sup>-1</sup>

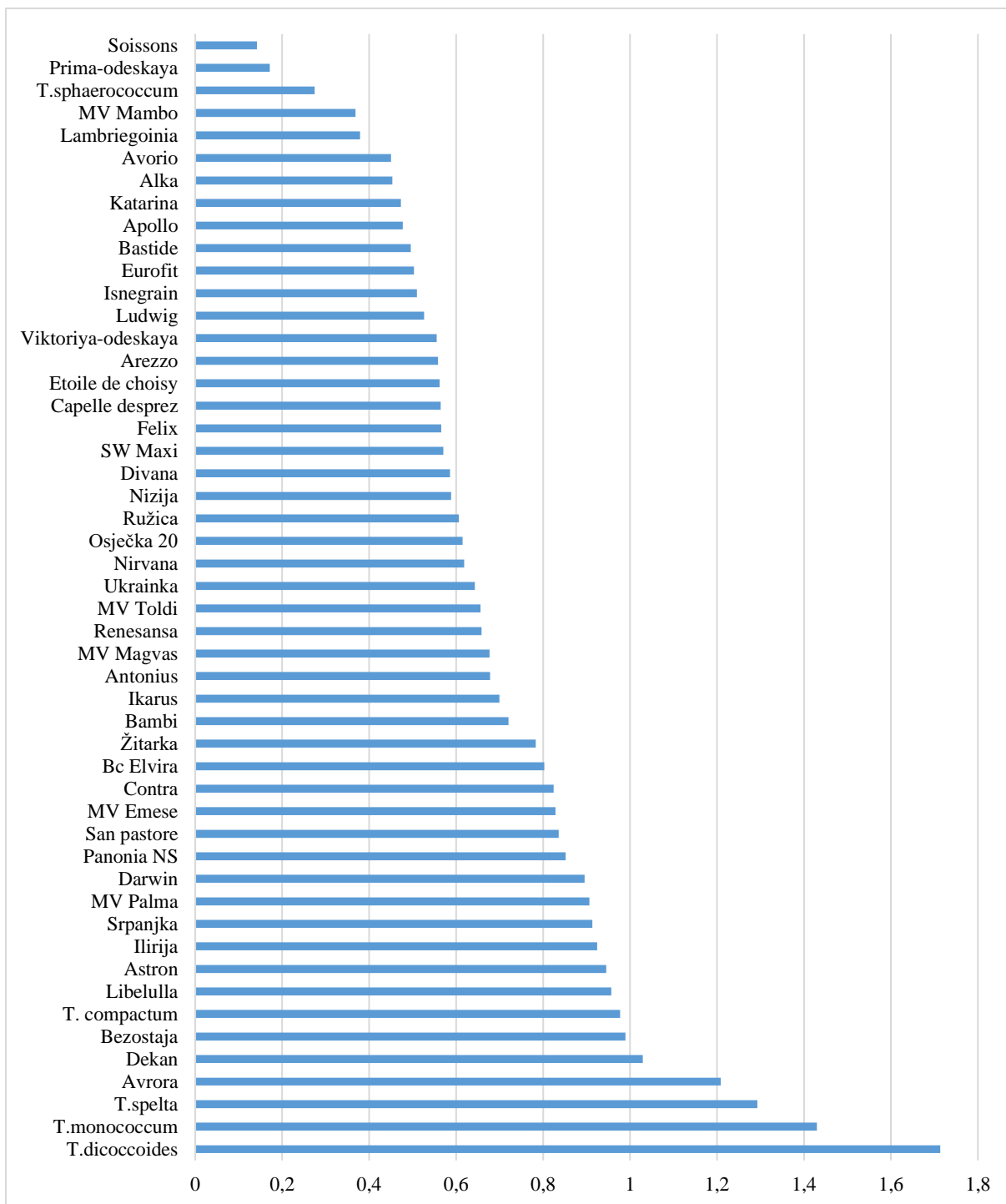
Na temelju jednofaktorijske analize varijance utvrđene su statistički značajne razlike u koncentraciji ukupnog cinka u soku pšenice trave istraživanih genotipova pšenice ( $F = 11,3$ ,  $df = 4$ ;  $p < 0,001$ ). U provedenom istraživanju između 50 ispitivanih genotipova pšenice utvrđeno je da najnižu koncentraciju ukupnog cinka ima genotip Eurofit s koncentracijom od  $1,50 \text{ mg mL}^{-1}$ . Najviša koncentracija cinka utvrđena je kod genotipa *T. monococcum* s koncentracijom od  $3,79 \text{ mg mL}^{-1}$  (Grafikon 2.). Prosječna koncentracija cinka u uzorcima soka ispitivanih genotipova iznosila je  $2,12 \pm 0,06 \text{ mg mL}^{-1}$ .



Grafikon 2. Vrijednosti ukupnog cinka u soku pšenice u ispitivanim uzorcima u mg mL<sup>-1</sup>

Na temelju jednofaktorijske analize varijance utvrđene su statistički značajne razlike u bioraspoloživosti cinka u soku pšenice trave istraživanih genotipova pšenice ( $F = 15,6$ ;  $df = 6$ ;  $p < 0,001$ ). U provedenom istraživanju između 50 ispitivanih genotipova pšenice utvrđeno je da najnižu koncentraciju bioraspoloživog cinka ima genotip Soissons s koncentracijom od  $0,14 \text{ mg mL}^{-1}$ . Najviša koncentracija bioraspoloživog cinka utvrđena je kod genotipa *T. dicoccoides* s koncentracijom od  $1,71 \text{ mg mL}^{-1}$  (Grafikon 3.). Prosječna koncentracija bioraspoloživog cinka u uzorcima soka ispitivanih genotipova iznosila je  $0,71 \pm 0,04 \text{ mg mL}^{-1}$





Grafikon 3. Vrijednosti bioraspoloživog cinka u soku pšenice u ispitivanim uzorcima u mg mL<sup>-1</sup>

U Tablici 1. prikazani su rezultati sadržaja proteina, ukupnih i bioraspoloživih koncentracija cinka u ispitivanim uzorcima 50 genotipova pšenice.

Tablica 2. Sadržaj proteina i ukupna koncentracija cinka, biorasploživost koncentracija cinka (prosječna vrijednost u mg mL<sup>-1</sup>) i godina priznavanja ispitivanih genotipova pšenice

<b>Genotip</b>	<b>Proteini</b>	<b>Cink</b>	<b>Biorasploživost cinka</b>	<b>Godina priznavanja</b>
Alka	34,37	2,07	0,45	2003.
Antonius	32,92	1,81	0,68	2006.
Apollo	60,85	1,97	0,48	1984.
Arezzo	45,90	1,84	0,56	1995.
Astron	43,16	2,45	0,95	1989.
Avorio	50,45	2,27	0,45	2004.
Avrora	38,59	2,28	1,21	1972.
Bambi	30,84	2,11	0,72	2004.
Bastide	55,12	1,67	0,50	2003.
Bc Elvira	30,29	2,30	0,80	2002.
Bezostaja	37,75	1,88	0,99	1959.
Capelle desprez	30,25	1,83	0,56	1946.
Contra	42,47	1,91	0,82	1990.
Darwin	35,18	2,27	0,90	2000.
Dekan	29,11	2,65	1,03	1999.
Divana	33,59	1,82	0,59	1995.
Etoile de choisy	33,73	1,63	0,56	1950.
Eurofit	48,02	1,50	0,50	2004.
Felix	54,21	1,87	0,57	2008.
Ikarus	51,29	2,17	0,70	1984.
Ilirija	29,34	2,47	0,92	2006.
Isnegrain	37,60	1,55	0,51	1997.
Katarina	26,75	2,40	0,47	2006.
Lambriegoinia	35,44	2,10	0,38	1980.
Libelulla	47,31	2,55	0,96	1965.
Ludwig	47,39	1,92	0,53	1997.
MV Emese	41,18	2,03	0,83	2000.
MV Magvas	46,21	1,96	0,68	1998.
MV Mambo	44,10	1,71	0,37	2001.
MV Palma	46,37	2,38	0,91	1994.
MV Toldi	39,25	2,37	0,66	2008.
Nirvana	33,52	2,29	0,62	2004.
Nizija	35,32	1,82	0,59	1979.
Osječka 20	28,78	2,22	0,61	1978.
Panonia NS	40,58	1,97	0,85	1964.
Prima-odeskaya	40,80	1,79	0,17	2002.
Renesansa	35,02	1,97	0,66	1995.
Ružica	44,09	2,04	0,61	2008.
SW Maxi	51,40	1,95	0,57	2002.
San pastore	25,50	2,31	0,84	1940.
Soissons	39,37	1,95	0,14	1987.
Srpanjka	29,44	2,31	0,91	1989.

T. compactum	28,28	2,09	0,98	-
T.dicoccoides	27,62	3,50	1,71	-
T.monococcum	16,64	3,79	1,43	-
T.spelta	15,44	2,73	1,29	-
T.sphaerococcum	30,85	2,19	0,27	-
Ukrainka	43,28	1,68	0,64	1926.
Viktoriya-odeskaya	42,63	1,83	0,56	1998.
Žitarka	26,27	2,30	0,78	1985.
Aritmetička sredina	37,88	2,13	0,71	
Standardna devijacija	9,60	0,42	0,30	
Koeficijent varijacije	25	20	42	
Minimum	15,44	1,50	0,14	
Maksimum	60,85	3,79	1,71	

Rezultati provedenog istraživanja ukazuju na veliku varijabilnost koncentracija proteina, ukupnog i biorasploživog cinka u soku pšenične trave ispitivanih geotipova. Najveća varijabilnost utvrđena je za koncentraciju biorasploživog cinka, a najniža za ukupnu koncentraciju cinka.

Što se tiče međuodnosa ispitivanih svojstava između sadržaja proteina i koncentracije ukupnog cinka ( $r = -0,52$ ) te međuodnosa sadržaja proteina i koncentracije biorasploživog cinka ( $r = -0,43$ ) utvrđena je slaba, statistički značajna veza negativnog smjera. Između koncentracije ukupnog i biorasploživog cinka utvrđena je srednje jaka veza pozitivnog smjera ( $r = 0,74$ ).

## 5. RASPRAVA

Proteini su ključni nutrijenti za održavanje života i vitalnih funkcija u organizmima. Različiti izvori proteina pružaju različite količine i raznolikost aminokiselina koje su esencijalne za ljudsku ishranu. U ovom istraživanju provedena je analiza koncentracije proteina u soku pšenice trave, istražujući razlike među genotipovima pšenice. Rezultati ovog istraživanja nedvojbeno pokazuju statistički značajne razlike u koncentraciji proteina između genotipova pšenice, ističući raznolikost u ovom nutritivnom parametru. Između 50 ispitivanih genotipova pšenice, *Triticum spelta* je pokazala najnižu koncentraciju proteina ( $15,44 \text{ mg mL}^{-1}$ ), dok je genotip Apollo imao najvišu koncentraciju ( $60,85 \text{ mg mL}^{-1}$ ). Usporedba s drugim izvorima proteina, kao što su meso, mliječni proizvodi, mahunarke i jaja, naglašava konkurentske aspekte pšenične trave kao potencijalnog izvora proteina u prehrani, ukazujući na njenu relevantnost u kontekstu raznovrsne i zdrave ishrane. Ova analiza doprinosi razumijevanju različitih izvora proteina te njihovoj ulozi u promicanju optimalne prehrane. Primjerice, Kumar, D. A. i sur. (2015) navode koncentraciju proteina u soku špinata od  $2,50 \pm 0,09 \text{ mg mL}^{-1}$ . Ispitivani genotip Apollo imao je skoro 25 puta veću koncentraciju proteina u odnosu na špinat Kumar, D. A. i sur. (2015). Čak je i genotip s najmanjom koncentracijom proteina (*T. spelta*) imao značajno veću koncentraciju, a prosječna koncentracija ispitivanih genotipova imala je skoro 15 puta veću koncentraciju proteina. Soja je poznata kao dobar izvor proteina, posebice kod ljudi koji prakticiraju vegansku prehranu Potter, S. M. (1998). Koncentracija proteina u soku od soje može varirati ovisno o načinu pripreme, vrsti soje i drugim čimbenicima. Uobičajeno, koncentracija proteina u soku od soje može biti viša nego u povrću poput špinata. Orijehtacijski, koncentracija proteina u soku od soje može biti između  $4 \text{ do } 8 \text{ mg mL}^{-1}$ , no ovo su široki rasponi jer konkretna vrijednost može varirati ovisno o postupku pripreme i specifičnostima uzgoja soje. Soja je poznata kao dobar izvor biljnih proteina te se često koristi kao zamjena za životinjske izvore proteina u prehrani. U ovom istraživanju utvrđeno je 16 genotipova ispitivane pšenične trave koje imaju veće vrijednosti proteina u odnosu na soju.

Što se tiče vrijednosti koncentracije ukupnog cinka u ispitivanim genotipovima pšenice. Ispitivanjem ukupnih vrijednosti cinka utvrđeno je da je genotip s najmanjom koncentracijom Eurofit, dok je najveću vrijednost ukupnog cinka imao *Triticum monococcum*. Koncentracija cinka, kao esencijalnog minerala, igra ključnu ulogu u održavanju mnogih bioloških procesa u organizmima te je stoga važno razumjeti varijacije u njezinoj prisutnosti među različitim genotipovima. Kroz istraživanje 50 ispitivanih genotipova pšenice, Eurofit je imao najnižu

koncentraciju ukupnog cinka od  $1,50 \text{ mg mL}^{-1}$ , dok je *T. monococcum* pokazala najvišu koncentraciju od  $3,79 \text{ mg mL}^{-1}$ . Ovi ekstremi u koncentraciji cinka među genotipovima dodatno naglašavaju raznolikost u svojstvima pšenične trave, kako u smislu genetskog potencijala tako i uvjeta uzgoja. Prosječna koncentracija ukupnog cinka u ispitivanim genotipovima, koja iznosi  $2,12 \pm 0,06 \text{ mg mL}^{-1}$ , daje opću sliku o prisutnosti cinka u soku pšenice trave. U usporedbi s koncentracijom proteina koja je iznosila  $37,87 \pm 1,37 \text{ mg mL}^{-1}$ , koncentracija cinka je značajno niža. Ovo podcrtava različite uloge proteina i minerala u prehrani i organizmu te ukazuje na potrebu za raznovrsnim izvorima hranjivih tvari kako bi se osigurala uravnotežena prehrana. Uzimajući u obzir sve navedene činjenice, ovaj skup rezultata doprinosi razumijevanju mineralne i nutritivne raznolikosti unutar pšenične trave te pruža važne informacije za daljnje istraživanje i razvoj prehrambenih strategija. Poznati izvori cinka uključuju mahunarke, kao što su grah, leća, slanutak, crni grah i druge mahunarke. Na primjer, 100 grama kuhane leće može sadržavati oko 1,0 do 1,3 mg cinka, odnosno do  $3 \text{ mg mL}^{-1}$  Khazaei, H. i sur. (2019). Rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da genotip s najvećom koncentracijom ukupnog cinka (*T. monococcum*) može parirati leći – poznatom izvoru cinka s prosječnom koncentracijom od  $3,79 \text{ mg mL}^{-1}$  Pandey, N. i sur. (2006).

Još jedan poznati izvor cinka je smeđa riža. Sadržaj cinka u soku od smeđe riže može varirati ovisno o načinu pripreme i konkretnim uvjetima. Smeđa riža sadrži nešto više cinka od bijele riže jer je vanjski sloj, koji sadrži većinu hranjivih tvari, uključujući i cink, sačuvan. Uobičajeno, smeđa riža sadrži oko 2-3 mg cinka na 100 grama, odnosno  $0,03 \text{ mg mL}^{-1}$  proteina u soku smeđe riže Anuradha, K. i sur. (2012). Ova usporedba sugerira da iako su oba smeđa riža i pšenična trava dobri izvori cinka u prehrani, pšenična trava može ponuditi slične ili čak veće koncentracije cinka u usporedbi s smeđom rižom. Ovo može biti značajno za osobe koje žele diversificirati izvore cinka u svojoj prehrani i tražiti alternative za zadovoljenje dnevnih potreba za ovim mineralom.

Bioraspoloživost cinka odnosi se na sposobnost organizma da apsorbira i iskoristi cink iz hrane koju konzumira. Iako hrana može sadržavati određene količine cinka, važno je da taj cink bude lako dostupan tijelu kako bi se iskoristio za razne biološke funkcije. Bioraspoloživost cinka igra ključnu ulogu u osiguravanju da organizam dobije dovoljno ovog esencijalnog minerala za optimalno funkcioniranje. U provedenom istraživanju između 50 ispitivanih genotipova pšenice utvrđeno je da najnižu koncentraciju bioraspoloživog cinka ima Soissons s koncentracijom od  $0,14 \text{ mg mL}^{-1}$ , a najviša koncentracija proteina utvrđena je kod *Triticum dicoccoides* s koncentracijom od  $1,71 \text{ mg mL}^{-1}$ . Rezultati ovog istraživanja pružaju dragocjen

uvid u bioraspoloživost cinka u soku pšenice trave među različitim genotipovima pšenice. Bioraspoloživost cinka je od iznimne važnosti jer odražava koliko cinka iz hrane može biti apsorbirano i iskorišteno u tijelu. Ovi rezultati dodatno podcrtavaju složenost nutritivnog profila pšenične trave i njen potencijal kao izvora hranjivih tvari, uključujući cink. Statistički značajne razlike u bioraspoloživosti cinka među istraživanim genotipovima pšenice ukazuju na genetsku raznolikost i razlike u uvjetima uzgoja koje mogu utjecati na dostupnost cinka za apsorpciju. Visoka F-vrijednost (15,6) i niska vrijednost  $p$  ( $p < 0,001$ ) potvrđuju da ove razlike nisu slučajne, već da postoji jasna osnova za varijabilnost u bioraspoloživosti cinka. Ovi ekstremi sugeriraju veliku varijabilnost među genotipovima pšenice i njihovu različitu sposobnost da oslobode cink iz hrane i učine ga dostupnim organizmu. Usporedba koncentracija proteina i bioraspoloživosti cinka u soku pšenice trave otkriva da genotip s najvišom koncentracijom proteina (*T. dicoccoides*) nema nužno i najvišu bioraspoloživost cinka. Ovo ilustrira kako se različiti hranjivi sastojci mogu ponašati neovisno jedni o drugima i kako bioraspoloživost cinka može biti značajna i unutar okvira ukupne nutritivne slike. U usporedbi s drugim izvorima cinka, kao što su orašasti plodovi, sjemenke, mahunarke i cjelovite žitarice, rezultati istraživanja pružaju informaciju o tome kako pšenična trava stoji u pogledu bioraspoloživosti cinka. Ovi izvori hrane često se smatraju dobrim izvorima cinka u prehrani, a bioraspoloživost može varirati ovisno o njihovim karakteristikama i načinu pripreme. Ova istraživanja bioraspoloživosti cinka u pšeničnoj travi doprinose boljem razumijevanju njezinih nutritivnih svojstava i dopuštaju informirane prehrambene odluke u cilju osiguravanja adekvatnog unosa cinka i drugih hranjivih tvari.

Istraživanje o koncentraciji proteina, ukupnog cinka i bioraspoloživog cinka u soku pšenice trave pruža značajne spoznaje, ali isto tako ima potencijalne nedostatke koji trebaju biti uzeti u obzir prilikom interpretacije rezultata. Primjerice, rezultati istraživanja fokusiraju se na tri ključna nutritivna aspekta: koncentraciju proteina, ukupnog cinka i bioraspoloživog cinka. Međutim, važno je razumjeti kako ovi aspekti međusobno djeluju i moguće utječu jedni na druge. Na primjer, prisutnost drugih nutrijenata u soku pšenice trave može utjecati na apsorpciju cinka. Kao i kod svakog poljoprivrednog proizvoda, uzgojni uvjeti (kvaliteta tla, klima, gnojidba, zalijevanje) mogu značajno utjecati na sastav pšenice trave. Nedostatak informacija o ovim uvjetima može ograničiti interpretaciju dobivenih rezultata. Metode analize mogu varirati u preciznosti i osjetljivosti, što može utjecati na točnost dobivenih rezultata. Proces pripreme soka pšenice trave može rezultirati gubicima hranjivih tvari, uključujući cink. Ovisno o načinu obrade i skladištenju, koncentracija hranjivih tvari u soku može varirati. Iako su

rezultati uspoređivani s drugim izvorima hrane poput orašastih plodova i smeđe riže, važno je shvatiti da svaki izvor hrane ima svoje specifične karakteristike i sastav. Usporedbe bi trebale biti pažljivo interpretirane s obzirom na ove razlike. Istraživanje se fokusira na pšeničnu travu, iako pretpostavljamo da su i drugi izvori hrane prisutni u prehrani. Stoga, u ukupnoj prehrani, raznolikost izvora cinka može biti od suštinskog značaja. U zaključku, iako ovo istraživanje pruža važne informacije o koncentraciji proteina, ukupnog cinka i bioraspoloživog cinka u soku pšenične trave, interpretacija rezultata trebala bi uzeti u obzir potencijalne nedostatke. Daljnja istraživanja koja će uzeti u obzir ove faktore i provoditi se u kontroliranim uvjetima mogla bi dodatno produbiti naše razumijevanje nutritivnog profila pšenične trave i njenog potencijala kao izvora cinka i proteina u prehrani ljudi..

## 6. ZAKLJUČAK

U sklopu ovog istraživanja analizirane su koncentracije proteina, ukupnog cinka i bioraspoloživog cinka u soku pšenične trave među različitim ispitivanim genotipovima pšenice. Rezultati pružaju uvid u nutritivna svojstva soka pšenične trave. Konkretno, među 50 ispitivanih genotipova pšenice, genotip *T. spelta* je pokazala najnižu koncentraciju proteina, s vrijednošću od 15,44 mg mL<sup>-1</sup>. S druge strane, sorta Apollo se izdvojila kao genotip s najvišom koncentracijom proteina, iznoseći 60,85 mg mL<sup>-1</sup>. U kontekstu ukupnog cinka, sorta Eurofit je pokazala najnižu koncentraciju, sa 1,50 mg mL<sup>-1</sup>, dok je sorta *T. monococcum* izdvojena kao genotip s najvišom koncentracijom ukupnog cinka, sa 3,79 mg mL<sup>-1</sup>. Kada je riječ o bioraspoloživosti cinka, genotip Soissons imala je najnižu koncentraciju, s 0,14 mg mL<sup>-1</sup>, dok je divlji srodnik pšenice *T. dicoccoides* imao najvišu koncentraciju bioraspoloživog cinka (1,71 mg mL<sup>-1</sup>). Ovi rezultati ukazuju na raznolikost u nutritivnom sastavu pšenične trave među različitim genotipovima. Uzimajući u obzir sve ove faktore, važno je napomenuti da odabir genotipa pšenice može utjecati na unos proteina i cinka putem soka pšenice trave. Nadalje istraživanje, uz dodatne varijable poput uvjeta uzgoja i pripreme, moglo bi dodatno produbiti naše razumijevanje nutritivne vrijednosti pšenične trave i njezine uloge u prehrani ljudi.

Istraživanje nutritivnih svojstava pšenične trave predstavlja značajan doprinos razumijevanju potencijala ove biljke kao izvora važnih hranjivih tvari. Koncentracija proteina, ukupnog cinka i bioraspoloživog cinka pružaju ključne informacije o njenim nutritivnim svojstvima. Ovi aspekti igraju ključnu ulogu u osiguravanju uravnotežene i zdrave prehrane te potiču daljnje istraživanje o potencijalnim zdravstvenim koristima koje ova biljka može ponuditi. Raznolikost među istraživanim genotipovima pšenice ukazuje na genetsku varijabilnost koja može imati značajan utjecaj na nutritivni profil pšenične trave. Osim toga, razlike u koncentraciji ukupnog cinka i bioraspoloživog cinka među sortama naglašavaju važnost odabira genotipa prilikom uzgoja za potencijalnu optimalnu dostupnost cinka u hrani. Ova istraživanja također otvaraju vrata daljnjim istraživanjima kako bi se dublje razumjela interakcija između različitih nutrijenata, uvjeta uzgoja i njihovog utjecaj na bioraspoloživost cinka. Dodatno, usporedba s drugim izvorima hrane bogatim cinkom pomaže postaviti pšeničnu travu u širi prehrambeni kontekst i doprinijeti cjelokupnom razumijevanju njezine uloge u ljudskoj prehrani. S obzirom na potrebu za raznolikošću u prehrani, istraživanje koncentracije proteina, ukupnog cinka i bioraspoloživog cinka u soku pšenične trave potiče promišljanje o uključivanju ove biljke u prehranu. Duboko razumijevanje nutritivnog profila pšenične trave otvara vrata za daljnje



istraživanje i potencijalno pruža dodatne opcije za zdravu prehranu i promicanje ljudskog zdravlja.

## 7. LITERATURA

1. Akbas, E., Kilercioglu, M., Onder, O. N., Koker, A., Soyler, B., Oztop, M. H. (2017). Wheatgrass juice to wheat grass powder: Encapsulation, physical and chemical characterization. *Journal of Functional Foods*, 28, 19-27.
2. Anuradha, K., Agarwal, S., Batchu, A. K., Babu, A. P., Swamy, B. M., Longvah, T., Sarla, N. (2012). Evaluating rice germplasm for iron and zinc concentration in brown rice and seed dimensions. *J. phytol*, 4(1), 19-25.
3. Asseng, S., Martre, P., Maiorano, A., Rötter, R. P., O'Leary, G. J., Fitzgerald, G. J., ... Ewert, F. (2019). Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Global change biology*, 25(1), 155-173.
4. Ben-Arye, E., Goldin, E., Wengrower, D., Stamper, A., Kohn, R., Berry, E. (2002). Wheat grass juice in the treatment of active distal ulcerative colitis: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Scandinavian journal of gastroenterology*, 37(4), 444-449.
5. Bradford, M. (1976). A Rapid and Sensitive Method for the Quantification of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*. 72 (1-2): 248-254.
6. Brown, B., Westcott, M., Christensen, N., Pan, B., Stark, J. (2005). Nitrogen management for hard wheat protein enhancement. *Pacific Northwest Extension Publication, PNW*, 578.
7. Buonocore, V., Petrucci, T., Silano, V. (1977). Wheat protein inhibitors of  $\alpha$ -amylase. *Phytochemistry*, 16(7), 811-820.
8. Cakmak, I. (2008). Zinc deficiency in wheat in Turkey. In *Micronutrient deficiencies in global crop production* (pp. 181-200). Dordrecht: Springer Netherlands.
9. Cakmak, I., Kalayci, M., Kaya, Y., Torun, A. A., Aydin, N., Wang, Y., ... Horst, W. J. (2010). Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(16), 9092-9102.
10. Cakmak, I., Pfeiffer, W. H., McClafferty, B. (2010). Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal chemistry*, 87(1), 10-20.
11. Cakmak, I., Torun, A. Y. F. E. R., Millet, E., Feldman, M., Fahima, T., Korol, A., ... Özkan, H. (2004). *Triticum dicoccoides*: an important genetic resource for increasing

- zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil science and plant nutrition*, 50(7), 1047-1054.
12. Chauhan, M. (2014). A pilot study on wheat grass juice for its phytochemical, nutritional and therapeutic potential on chronic diseases. *International journal of chemical studies*, 2(4), 27-34.
  13. Gupta, R. K., Ladha, J. K. (2010). Placement effects on rice residue decomposition and nutrient dynamics on two soil types during wheat cropping in rice–wheat system in northwestern India. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 88, 471-480.
  14. Hacisalihoglu, G., Hart, J. J., Wang, Y. H., Cakmak, I., Kochian, L. V. (2003). Zinc efficiency is correlated with enhanced expression and activity of zinc-requiring enzymes in wheat. *Plant physiology*, 131(2), 595-602.
  15. Haslett, B. S., Reid, R. J., Rengel, Z. (2001). Zinc mobility in wheat: uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. *Annals of Botany*, 87(3), 379-386.
  16. Kamran, S., Shahid, I., Baig, D. N., Rizwan, M., Malik, K. A., Mehnaz, S. (2017). Contribution of zinc solubilizing bacteria in growth promotion and zinc content of wheat. *Frontiers in microbiology*, 8, 2593.
  17. Khazaei, H., Subedi, M., Nickerson, M., Martínez-Villaluenga, C., Frias, J., Vandenberg, A. (2019). Seed protein of lentils: Current status, progress, and food applications. *Foods*, 8(9), 391.
  18. Kumar, D.A., Anusha S.V., Oruganti S., Deshpande M., Zehra A., Tiwari A.K. (2015). Raw versus cooked vegetable juice. *Nutrafoods*. 14(1): 27-38.
  19. Kurilj, M. (2019). Varijabilnost pšenične trave (*Triticum*) s obzirom na bioraspodjelu cinka – usporedba in vitro metoda. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
  20. Kushimoto, H., Aoki, T. (1985). Masked type I wheat allergy: relation to exercise-induced anaphylaxis. *Archives of dermatology*, 121(3), 355-360.
  21. Law, C. N., Payne, P. I. (1983). Genetical aspects of breeding for improved grain protein content and type in wheat. *Journal of Cereal Science*, 1(2), 79-93.
  22. MacRitchie, F. (1987). Evaluation of contributions from wheat protein fractions to dough mixing and breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 6(3), 259-268.
  23. Mansour, E. H., Khalil, A. H. (1997). Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers. *Food Research International*, 30(3-4), 199-205.
  24. Mansour, E. H., Khalil, A. H. (1999). Characteristics of low-fat beefburgers as influenced by various types of wheat fibres. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(4), 493-498.

25. Mosleth, E. F., Lillehammer, M., Pellny, T. K., Wood, A. J., Riche, A. B., Hussain, A., Griffiths, S., Hawkesford, M. J., Shewry, P. R. (2020). Genetic variation and heritability of grain protein deviation in European wheat genotypes. *Field Crops Research*, 255, 1-8.
26. Ozturk, L., Yazici, M. A., Yucel, C., Torun, A., Cekic, C., Bagci, A., Cakmak, I. (2006). Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. *Physiologia plantarum*, 128(1), 144-152.
27. Padalia, S., Drabu, S., Raheja, I., Gupta, A., Dhamija, M. (2010). Multitude potential of wheatgrass juice (Green Blood): An overview. *Chronicles of young scientists*, 1(2), 23-28.
28. Pandey, N., Pathak, G. C., Sharma, C. P. (2006). Zinc is critically required for pollen function and fertilisation in lentil. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20(2), 89-96.
29. Panozzo, J. F., Eagles, H. A. (2000). Cultivar and environmental effects on quality characters in wheat. II. Protein. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51(5), 629-636.
30. Potter, S. M. (1998). Soy protein and cardiovascular disease: the impact of bioactive components in soy. *Nutrition reviews*, 56(8), 231-235.
31. Rehman, A., Farooq, M., Ozturk, L., Asif, M., Siddique, K. H. (2018). Zinc nutrition in wheat-based cropping systems. *Plant and Soil*, 422, 283-315.
32. San Francisco, S., Urrutia, O., Martin, V., Peristeropoulos, A., Garcia-Mina, J. M. (2011). Efficiency of urease and nitrification inhibitors in reducing ammonia volatilization from diverse nitrogen fertilizers applied to different soil types and wheat straw mulching. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9), 1569-1575.
33. Schalk, K., Lexhaller, B., Koehler, P., Scherf, K. A. (2017). Isolation and characterization of gluten protein types from wheat, rye, barley and oats for use as reference materials. *PloS one*, 12(2), e0172819.
34. Shewry, P. R. (2018). Do ancient types of wheat have health benefits compared with modern bread wheat?. *Journal of cereal science*, 79, 469-476.
35. Shewry, P. R., Charmet, G., Branlard, G., Lafandra, D., Gergely, S., Salgó, A., ... Ward, J. L. (2012). Developing new types of wheat with enhanced health benefits. *Trends in Food Science and Technology*, 25(2), 70-77.

36. Shewry, P. R., Halford, N. G., Belton, P. S., Tatham, A. S. (2002). The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 357(1418), 133-142.
37. Tang, Z., Li, M., Chen, L., Wang, Y., Ren, Z., Fu, S. (2014). New types of wheat chromosomal structural variations in derivatives of wheat-rye hybrids. *PLoS One*, 9(10), e110282.
38. Velu, G., Ortiz-Monasterio, I., Cakmak, I., Hao, Y., Singh, R. Á. (2014). Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. *Journal of cereal science*, 59(3), 365-372.
39. Veraverbeke, W. S., Delcour, J. A. (2002). Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *Critical reviews in food science and nutrition*, 42(3), 179-208.
40. Wieser, H., Antes, S., Seilmeier, W. (1998). Quantitative determination of gluten protein types in wheat flour by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Cereal Chemistry*, 75(5), 644-650.
41. Wieser, H., Gutser, R., Von Tucher, S. (2004). Influence of sulphur fertilisation on quantities and proportions of gluten protein types in wheat flour. *Journal of cereal science*, 40(3), 239-244.
42. Wieser, H., Seilmeier, W. (1998). The influence of nitrogen fertilisation on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(1), 49-55.

## 8. SAŽETAK

Sadržaj proteina, ukupna i bioraspoloživa koncentracija cinka ključne su komponente koje pridonose nutritivnom profilu soka pšenične trave. Pšenična trava, kao mladi stadij pšenice, obiluje visokom koncentracijom proteina koji su važni za rast i obnovu stanica te podržavaju imunološki sustav. Također, prisutnost cinka u soku pšenične trave dodaje važan mineral koji podržava niz bioloških procesa, uključujući imunološku funkciju, reprodukciju i antioksidativnu zaštitu. Bioraspoloživost cinka, odnosno sposobnost organizma da apsorbira i iskoristi ovaj mineral, dodatno pojačava njegovu važnost. Konkretno, među 50 ispitivanih genotipova pšenice, *Triticum spelta* je pokazala najnižu koncentraciju proteina, s vrijednošću od 15,44 mg mL<sup>-1</sup>. S druge strane, genotip Apollo se izdvojio kao genotip s najvišom koncentracijom proteina (60,85 mg mL<sup>-1</sup>). U kontekstu ukupnog cinka, genotip Eurofit je pokazao najnižu koncentraciju, sa 1,50 mg mL<sup>-1</sup>, dok je *Triticum monococcum* izdvojen kao genotip s najvišom koncentracijom ukupnog cinka (3,79 mg mL<sup>-1</sup>). Kada je riječ o bioraspoloživosti cinka, genotip Soissons imao je najnižu bioraspoloživu koncentraciju (0,14 mg mL<sup>-1</sup>), dok je *Triticum dicoccoides* imao najvišu koncentraciju bioraspoloživog cinka (1,71 mg mL<sup>-1</sup>). Ovi rezultati ukazuju na raznolikost pšenične trave s obzirom na nutritivni sastav. Uzimajući u obzir sve ove faktore, važno je napomenuti da odabir genotipa pšenice može utjecati na unos proteina i cinka putem soka pšenice trave. Nadalje istraživanje, uz dodatne varijable poput uvjeta uzgoja i pripreme, moglo bi dodatno produbiti naše razumijevanje nutritivne vrijednosti ove biljke i njezine uloge u prehrani ljudi.

## 9. SUMMARY

Protein, zinc and bioavailable zinc are key components that contribute to the nutritional profile of wheatgrass juice. Wheatgrass, as a young stage of wheat, is rich in a high concentration of proteins that are important for the growth and renewal of cells and support the immune system. Also, the presence of zinc in wheatgrass juice adds an important mineral that supports a range of biological processes, including immune function, reproduction and antioxidant protection. The bioavailability of zinc, i.e. the ability of the body to absorb and use this mineral, further strengthens its importance. In particular, among the 50 tested wheat varieties, the *T. spelta* showed the lowest protein concentration, with a value of 15.44 mg mL<sup>-1</sup>. On the other hand, the Apollo variety stood out as the variety with the highest protein concentration, amounting to 60.85 mg mL<sup>-1</sup>. In the context of total zinc, the variety Eurofit showed the lowest concentration, with 1.50 mg mL<sup>-1</sup>, while the *T. monococcum* was singled out as the variety with the highest concentration of total zinc, with 3.79 mg mL<sup>-1</sup>. When it comes to zinc bioavailability, the variety Soissons had the lowest concentration, with 0.14 mg mL<sup>-1</sup>, while the variety *T. dicoccoides* again led with the highest concentration of bioavailable zinc, with 1.71 mg mL<sup>-1</sup>. These results suggest diversity in the nutritional composition of wheatgrass among different cultivars. Taking into account all these factors, it is important to note that the choice of wheat variety can affect the intake of protein and zinc through wheatgrass juice. Further research, with additional variables such as growing and preparation conditions, could further deepen our understanding of the nutritional value of this plant and its role in human diet.

## 10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Popis i godina priznavanja ispitivanih genotipova pšenice .....	15
Tablica 2. Sadržaj proteina i ukupnog cinka (prosječna vrijednost u mg/mL), bioraspoloživost cinka i godina priznavanja istraživanih sorti pšenice .....	29



## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Naklijavanje, sjetva i rast pšenične trave .....	17
Slika 2. Cijeđenje soka pšenične trave .....	18
Slika 3. Priprema uzoraka za analizu .....	19
Slika 4. Priprema standarda.....	20
Slika 5. Priprema uzoraka za mjerenje .....	21
Slika 6. Spektrofotometar Shimadzu, UV-1800 .....	22

## 12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Vrijednosti proteina u soku pšenice u ispitivanim uzorcima u mg/mL .....	24
Grafikon 2. Vrijednosti ukupnog cinka u soku pšenice u ispitivanim uzorcima u mg/mL.....	26
Grafikon 3. Vrijednosti bioraspoloživog cinka u soku pšenice u ispitivanim uzorcima u mg/mL .....	28

**Tihana Lovrić****Varijabilnost sadržaja proteina i *in vitro* bioraspoloživost cinka u soku pšenične trave**

**Sažetak** Sadržaj proteina, ukupna i bioraspoloživa koncentracija cinka ključne su komponente koje pridonose nutritivnom profilu soka pšenične trave. Pšenična trava, kao mladi stadij pšenice, obiluje visokom koncentracijom proteina koji su važni za rast i obnovu stanica te podržavaju imunološki sustav. Također, prisutnost cinka u soku pšenične trave dodaje važan mineral koji podržava niz bioloških procesa, uključujući imunološku funkciju, reprodukciju i antioksidativnu zaštitu. Bioraspoloživost cinka, odnosno sposobnost organizma da apsorbira i iskoristi ovaj mineral, dodatno pojačava njegovu važnost. Konkretno, među 50 ispitivanih genotipova pšenice, *Triticum spelta* je pokazala najnižu koncentraciju proteina, s vrijednošću od 15,44 mg mL<sup>-1</sup>. S druge strane, genotip Apollo se izdvojio kao genotip s najvišom koncentracijom proteina (60,85 mg mL<sup>-1</sup>). U kontekstu ukupnog cinka, genotip Eurofit je pokazao najnižu koncentraciju, sa 1,50 mg mL<sup>-1</sup>, dok je *Triticum monococcum* izdvojen kao genotip s najvišom koncentracijom ukupnog cinka (3,79 mg mL<sup>-1</sup>). Kada je riječ o bioraspoloživosti cinka, genotip Soissons imao je najnižu bioraspoloživu koncentraciju (0,14 mg mL<sup>-1</sup>), dok je *Triticum dicoccoides* imao najvišu koncentraciju bioraspoloživog cinka (1,71 mg mL<sup>-1</sup>). Ovi rezultati ukazuju na raznolikost pšenične trave s obzirom na nutritivni sastav. Uzimajući u obzir sve ove faktore, važno je napomenuti da odabir genotipa pšenice može utjecati na unos proteina i cinka putem soka pšenice trave. Nadalje istraživanje, uz dodatne varijable poput uvjeta uzgoja i pripreme, moglo bi dodatno produbiti naše razumijevanje nutritivne vrijednosti ove biljke i njezine uloge u prehranbeni ljudi.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**Mentor:** prof. dr. sc. Andrijana Rebekić

Broj stranica: 47

Broj slika: 8

Broj grafikona: 3

Broj tablica: 2

Broj literaturnih navoda: 42

**Broj priloga: 0****Jezik izvornika:** hrvatski**Ključne riječi:** proteini, cink, bioraspoloživi cink, sok od pšenične trave**Datum obrane:****Stručno povjerenstvo za obranu:** 1. prof. dr. sc. Sonja Petrović, predsjednik

2. prof. dr. sc. Andrijana Rebekić, mentor

3. doc. dr. sc. Katarina Mišković Špoljarić

**Rad je pohranjen u:** u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

**BASIC DOCUMENTATION CARD****Josip Juraj Strossmayer University of Osijek****Faculty of Agrobiotechnical Sciences****University Graduate Studies, Plant production, course Plant breeding and seed production****Graduate thesis****Tihana Lovrić****Variability of protein content and *in vitro* bioavailability of zinc in wheatgrass juice**

**Abstract:** Protein, zinc and bioavailable zinc are key components that contribute to the nutritional profile of wheatgrass juice. Wheatgrass, as a young stage of wheat, is rich in a high concentration of proteins that are important for the growth and renewal of cells and support the immune system. Also, the presence of zinc in wheatgrass juice adds an important mineral that supports a range of biological processes, including immune function, reproduction and antioxidant protection. The bioavailability of zinc, i.e. the ability of the body to absorb and use this mineral, further strengthens its importance. In particular, among the 50 tested wheat varieties, the variety T. spelta showed the lowest protein concentration, with a value of 15.44 mg mL<sup>-1</sup>. On the other hand, the Apollo variety stood out as the variety with the highest protein concentration, amounting to 60.85 mg mL<sup>-1</sup>. In the context of total zinc, the variety Eurofit showed the lowest concentration, with 1.50 mg mL<sup>-1</sup>, while the variety T. monococcum was singled out as the variety with the highest concentration of total zinc, with 3.79 mg mL<sup>-1</sup>. When it comes to zinc bioavailability, the variety Soissons had the lowest concentration, with 0.14 mg mL<sup>-1</sup>, while the variety T. dicoccoides again led with the highest concentration of bioavailable zinc, with 1.71 mg mL<sup>-1</sup>. These results suggest diversity in the nutritional composition of wheatgrass among different cultivars. Taking into account all these factors, it is important to note that the choice of wheat variety can affect the intake of protein and zinc through wheatgrass juice. Further research, with additional variables such as growing and preparation conditions, could further deepen our understanding of the nutritional value of this plant and its role in human diet.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Andrijana Rebekić

Number of pages: 47

Number of pictures: 6

Number of graphs: 3

Number of tables: 2

Number of references: 42

Number of appendices: 0

**Original in:** Croatian**Key words:** protein, zinc, bioavailable zinc, wheatgrass juice

Thesis defended on date:

Reviewers: 1. prof. dr. sc. Sonja Petrović, predsjednik  
2. prof. dr. sc. Andrijana Rebekić, mentor  
3. doc. dr. sc. Katarina Mišković Špoljarić

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek