

# Sadržaj vitamina C, genola i fotosintetskih pigmenata kod pšenične trave (*Triticum aestivum* L.)

---

**Antolović, Marina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:151:451968>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-28**



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  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marina Antolović, apsolvant

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**SADRŽAJ VITAMINA C, FENOLA I FOTOSINTETSKIH PIGMENATA KOD  
PŠENIČNE TRAVE (*Triticum aestivum* L.)**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2020.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marina Antolović, apsolvent

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**SADRŽAJ VITAMINA C, FENOLA I FOTOSINTETSKIH PIGMENATA KOD  
PŠENIČNE TRAVE (*Triticum aestivum* L.)**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv.prof.dr.sc. Miroslav Lisjak, mentor
2. izv.prof.dr.sc. Andrijana Rebekić, predsjednik
3. prof.dr.sc. Tihana Teklić, član

**Osijek, 2020.**

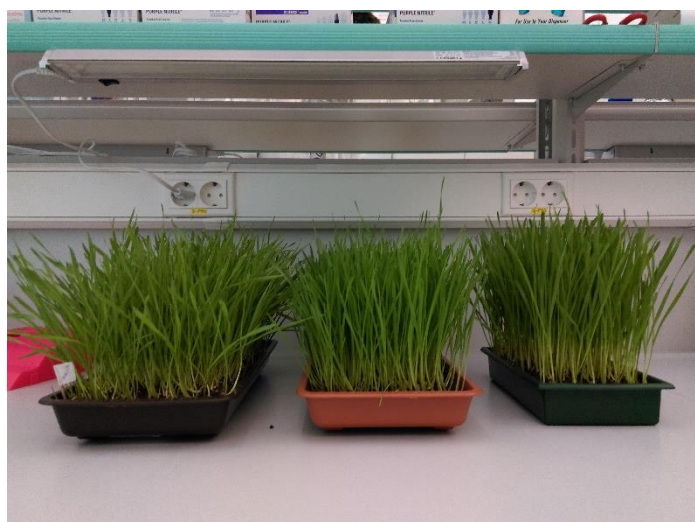
Diplomski rad je izrađen u sklopu uspostavnog istraživačkog projekta financiranog od strane Hrvatske Zaklade za Znanost pod naslovom: "Genotipska specifičnost pšenične trave (*Triticum aestivum* L.) visokonutritivnog prirodnog dodatka prehrani" (UIP-2017-05-4292; WHEAT4GRASS; <http://wheat4grass.pfos.hr>), voditelj projekta: izv. prof. dr. sc. Andrijana Rebekić, (2018-2022). Istraživači: izv. prof. dr. sc. Miroslav Lisjak, doc.dr.sc. Katarina Mišković Špoljarić, Vedran Orkić, mag. ing. agr., Sanja Grubišić, mag. ing. agr. Sunčica Guberac, mag. ing. agr. Asistent na projektu: Marija Kristić, mag. ing. agr.

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1.Fotosintetski pigmenti.....	2
1.2. Fenoli .....	3
1.3.Vitamin C.....	4
1.3. Cilj istraživanja .....	6
2. PREGLED LITERATURE .....	7
3. MATERIJALI I METODE.....	10
3.1. Biljni materijal i priprema uzoraka .....	10
3.2. Sadržaj ukupnih fenola .....	10
3.3. Utvrđivanje fotosintetskih pigmenata .....	11
3.4. Određivanje ukupnog Vitamina C .....	12
3.5. Analiza i obrada podataka.....	12
5. REZULTATI .....	13
6. RASPRAVA.....	21
7. ZAKLJUČAK.....	28
8. POPIS LITERATURE.....	29
9. SAŽETAK .....	33
10. SUMMARY .....	34
11. POPIS TABLICA .....	35
12. POPIS SLIKA .....	36
13. POPIS GRAFIKONA.....	37
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

## 1. UVOD

Pšenica (*Triticum aestivum* L.; Slika 1.) jedna je od najvažnijih poljoprivrednih kultura te se u ljudskoj prehrani koristi oko 10000 godina (Gagro, 1997.). Poznato je da se uzgajala 6700 godina prije Krista na području Iraka, 5000-6000 godina prije Krista na području starog Egipta, Kine i Male Azije, te 4000-5000 godina prije Krista na području srednje i istočne Europe (Mađarska, Rumunjska, Poljska, Češka, Slovačka, Bugarska i Rusija). Rimljani su u 1. stoljeću poslije Krista proširili uzgoj pšenice na Njemačku, a potom i u ostale zemlje sjeverne Europe. Godine 1529. prenesena je iz Europe u Južnu Ameriku, zatim 1602. na područje Sjedinjenih Američkih Država, 1812. godine u Kanadu, a kasnije i Australiju te Oceaniju (Kovačević i Rastija, 2009.).

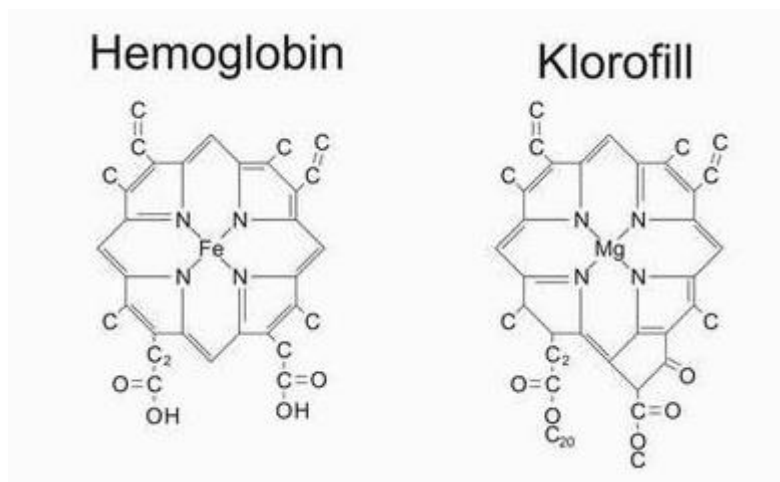


**Slika 1.** Pšenična trava (*Triticum aestivum* L)

Izvor: Marina Antolović

Pšenična trava su mladi izdanci pšenice (*Triticum aestivum* L.) te se koristi kao dodatak prehrani u obliku svježeg soka, praha ili tableta. Sok pšenične trave dobije se cijedenjem mladih listova te je poznat i pod nazivom „zelena krv“. Naziv „zelena krv“ pripisuje mu se zbog visokog sadržaja klorofila čiji je udjel oko 70 % od ukupnih kemijskih sastojaka, kao i njegove velike strukturne sličnosti s hemoglobinom (Slika 2). Sok pšenične trave sadrži gotovo sve hranjive tvari koje su potrebne za ljudski organizam. Sadrži 98 od 102 elementa koji se nalaze u tlu, uključujući fosfor, kalcij, željezo, magnezij i kalij, kao i esencijalne enzime i 19 aminokiselina. Konzumacija pšenične trave preporučuje se osobama koje pate od kroničnih bolesti poput astme, Parkinsonove bolesti, bolova u zglobovima, hipertenzije,

dijabetesa, nesаницe, krvarenja, pretilosti i brojnih drugih. Danas se uvelike koristi za liječenje karcinoma (Bar-Sela i sur., 2015).



**Slika 2.** Kemijska struktura hemoglobina (lijevo) i klorofila (desno)

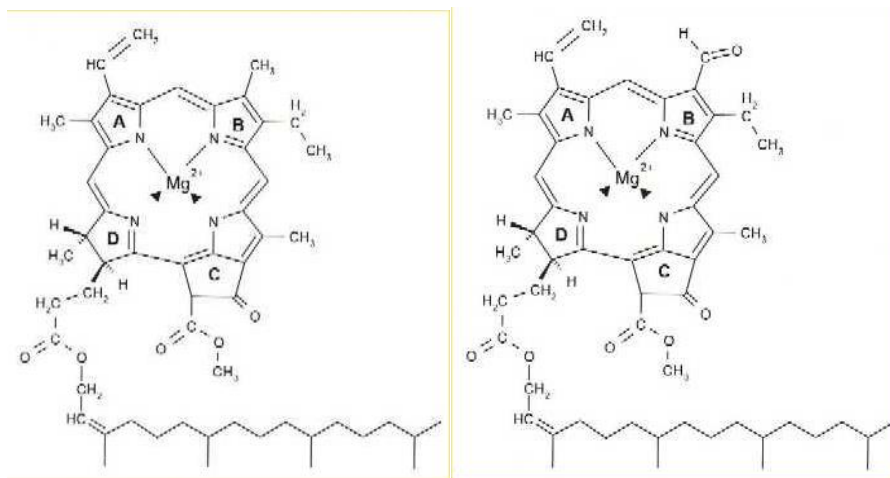
**Izvor:** <http://naturlife-bio.hupont.hu/13/klorofil>

### 1.1. Fotosintetski pigmenti

Fotosintetski pigmenti su molekule koje imaju važnu ulogu u fotosintezi. Fotosinteza je proces u kojem se uz pomoć sunčeve energije sintetiziraju organski spojevi iz anorganskih. Uloga fotosintetskih pigmenta u procesu fotosinteze je apsorpcija sunčeve svjetlosti određenih valnih duljina (plavi i crveni dio spektra vidljive svjetlosti) i prijenos energije na druge molekule. Svi aktivni pigmenti fotosinteze nalaze se u tilakoidnim membranama kloroplasta, vezani uz proteinske komplekse – fotosustave. Njihov sadržaj je konstantan među vaskularnim biljkama, mahovinama i zelenim algama. Pigmenti su organizirani u „kompleks antene“ koje apsorbiraju svjetlost te prenose energiju do molekule klorofila a u reakcijskom centru u kojem se događa pretvorba svjetlosne energije u kemijsku (Taiz i Zeiger 2010.).

Pigmenti fotoreceptori su obično obojeni kompleksni organski spojevi čije se optičke osobine zasnivaju na kemijskoj strukturi njihovih molekula (Slika 3.). Apsorpcija vidljivog dijela spektra, a s tim u vezi i boja pigmenta, zavisno o prisustvu sustava konjugiranih dvostrukih veza u njihovim molekulama: -C=C-, -C=N-, -N=N-, -N=O-, -C=S-. U fotosintetskom aparatu viših biljaka najznačajniji su klorofili i karotenoidi. Dosada poznati klorofili su a, b, c, d i e, a više biljke sadrže klorofil a - (C<sub>55</sub>H<sub>72</sub>O<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Mg) i klorofil b - (C<sub>55</sub>H<sub>70</sub>O<sub>6</sub>N<sub>4</sub>Mg) (Lisjak i sur., 2009.). Razlika u strukturi klorofila a i b vidljiva je na trećem

pirolovom prstenu. Klorofil a ima metilnu skupinu (-CH<sub>3</sub>), dok je kod klorofila b to aldehidna skupina (-CHO) (Von Wettstein i sur., 1995.).



**Slika 3.** Kemijska struktura klorofila a (lijevo) i klorofila b (desno)

**Izvor:** <http://old.gimvic.org/projekti/timko/2003/2c/jesenskolistje/klorofil2.html>

Klorofili su esteri dikarbonske kiseline klorofilina i alkohola fitola. Osnovna građevna jedinica je porfirinski prsten u čijem je središtu atom Mg vezan na N četiriju prilovih prstena s dvije kovalentne i dvije koordinatne veze. Na porfirinsku jezgru vezan je fitolni rep bogat CH<sub>3</sub> skupinama. Porfirinska jezgra je hidrofilna, a fitolni rep je hidrofoban i lipofilan. Pri osvjetljavanju klorofila dolazi do ekscitiranja elektrona i stvaranja transportnog lanca elektrona kojim se usvojena svjetlosna energija prenosi do određenog akceptora, koji dalje omogućuje korištenje te energije u tamnoj fazi fotosinteze. Modrozeleni klorofil a i žutozeleni klorofil b apsorbiraju vidljivi dio spektra i imaju maksimume apsorpcije u crvenom (600-700 nm) i plavom (400-500 nm) dijelu spektra. Njihov kvantitativni odnos u većini biljaka je otprilike 3:1 (Lisjak i sur., 2009.).

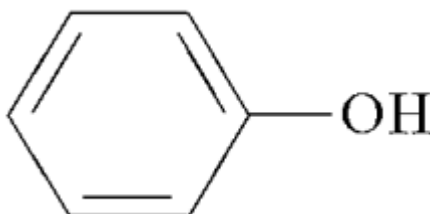
## 1.2. Fenoli

Fenoli su aromatski sekundarni biljni metaboliti, široko rasprostranjeni kod svih vrsta biljaka. Za njih se razvio velik interes zbog brojnih dokazanih pozitivnih svojstava. Provedena istraživanja su dokazala da fenoli imaju i veliki značaj za ljudski organizam pa se smatra da se konzumiranjem namirnica bogatih fenolima (voće, povrće, čajevi, žitarice i dr.) može smanjiti rizik od oksidacijskih oštećenja te time zaštititi organizam od različitih oboljenja kao što su moždani udar, kardiovaskularne bolesti i sl. (Robins, 2003.).



Fenolni spojevi obuhvaćaju približno oko 8000 spojeva koji imaju zajednička strukturalna svojstva. Sadrže aromatski prsten na koji su vezane jedna ili više hidroksilnih skupina (-OH). Najjednostavniji takav spoj je fenol ( $C_6H_5OH$ ; Slika 4.). Iznimno su heterogena kemijska skupina spojeva s obzirom da osim hidroksilnih grupa na osnovnoj aromatskoj strukturi mogu biti vezane i druge funkcijske skupine te ih može biti i više na istom prstenu. Složeniji oblici fenola sadrže i veći broj aromatskih prstena. Prema tome u fenole ubrajamo različite spojeve, od jednostavnih fenolnih molekula do visoko polimeriziranih spojeva (Bravo, 1998.).

U prirodi su fenolni spojevi najčešće prisutni s mono- i polisaharidima, povezani s jednom ili više fenolnih skupina, a mogu se pojaviti i kao esteri i metilni esteri (Balasundram i sur., 2005.).



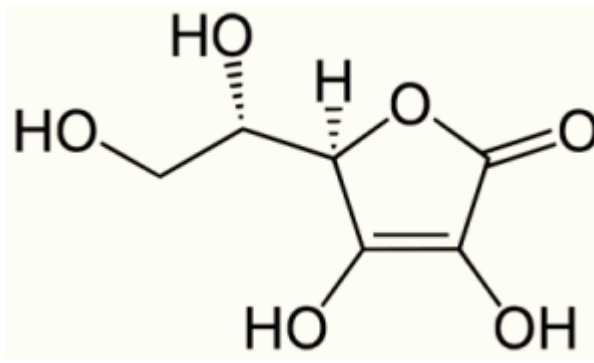
**Slika 4.** Osnovna kemijska struktura fenola

**Izvor:** <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fenol.png>

### 1.3. Vitamin C

L-askorbinska kiselina, poznatija kao vitamin C, topljiva je u vodi te ima izražena antioksidativna svojstva. Jedan je od prvih izoliranih vitamina, a izolirao ga je mađarski znanstvenik Albert Szent-György 1928. godine. Askorbinska kiselina djeluje kao kofaktor dva enzima, lizil-hidroksilaze i prolil-hidroksilaze, odgovorna za hidroksilaciju lizina i prolina u kolagenu, čime nastaju hidroksilizin i hidroksiprolin koji su važni za stabilizaciju veza u kolagenu. Kod nedostatka askorbinske kiseline narušava se stabilnost kolagena te se javljaju različiti simptomi poput modrica, sporog zacjeljivanja rana, depresije, umora, anemije, pretilosti i dr. (Davies i sur., 1991.).

Struktura L-askorbinske kiseline (Slika 5.) sastoji se od  $\gamma$ -laktonskog prstena i bočnog lanca, a struktura ketolaktona sa 6 ugljikovih atoma slična je strukturi glukoze pa se sintetski i dobiva iz D-glukoze (Hvoslev, 1968.).



**Slika 5.** Kemijska struktura askorbinske kiseline

**Izvor:** <http://www.lamba.hr/proizvodi/vitamini/vitamin-c-askorbinska-kiselina/>

Askorbinska kiselina slaba je dvoprotonska kiselina koja ima jaka reducirajuća svojstva. Disocijacijom OH skupine na C3 atomu dobivaju se kiselna svojstva askorbinske kiseline u vodenoj otopini. Pri pH manjim od  $pK_a$  OH skupine na C3 atomu (4,25) askorbinska kiselina u formi je kiseline ( $H_2A$ ), pri  $pK_a$  OH skupine na C2 atomu između 4,25 i 11,79 u formi je aniona ( $A^2$ ) (Davies i sur., 1991.).

Askorbinska kiselina može se sintetizirati iz različitih ugljikohidrata kao što su npr. L-sorboza, L-sorbitol, L-glukuronska kiselina te D-glukoza. Biljke i životinje mogu sintetizirati askorbinsku kiselinu iz D-galaktoze ili D-glukoze te samim time za njih to nije vitamin. Ljudi je ne mogu sintetizirati zbog nedostatka enzima L-gulonolakton oksidaze (Reichstein i Grüssner, 1934.).

Glavni metaboliti katabolizma askorbinske kiseline u organizmu su dehidroksiaskorbinska kiselina, oksalna kiselina i 2,3-diketo-gulonska kiselina. Metabolizira se najvećim dijelom u jetri te se potom metaboliti iz tijela izlučuju urinom (Davies i sur., 1991.).

Askorbinska kiselina može imati direktni ili indirektni antioksidativni učinak na organizam. Pomoću redoks para askorbinska kiselina/dehidroaskorbinska kiselina postiže se *in vivo* antioksidativni učinak. Prvo otpuštanjem elektrona sa C3 atoma askorbata nastaje L-askorbinski slobodni radikal te potom dolazi do otpuštanja elektrona sa C2 atoma pa nastaje dehidroksiaskorbinska kiselina. L-askorbinski slobodni radikali i dehidroksiaskorbinska kiselina mogu se ponovno reducirati u askorbat. Svaki redoks sustav u kojem sudjeluje askorbinska kiselina je složen zato što askorbinska kiselina utječe na prijenos protona te različita oksidacijska stanja askorbinske kiseline imaju različita kiselobazna svojstva (Davies i sur., 1991.).

Askorbinska kiselina aktivira mikrosomalne hidroksilaze koje sudjeluju u metabolizmu kancerogenih tvari, lijekova i pesticida. Važnu ulogu ima i u imunološkom sustavu tako što povećava brzinu stvaranja limfocita, utječe na proizvodnju antitijela te povećava mobilnost leukocita. Kod zdravih odraslih osoba preporučena dnevna doza vitamina C iznosi 75 mg za žene i 90 mg za muškarce. Povećane potrebe za unosom vitamina C uočene su kod trudnica, pušača, kod različitih infekcija, stresa, terapije određenim lijekovima i dr.. Vitamin C ima važnu ulogu i u farmaceutskoj industriji, ali se često koristi i kao aditiv u prehrani. Povećava nutritivnu vrijednost namirnica, koristi se kao antioksidans, za povećanje kiselosti te kao stabilizator. U kemijskoj industriji se koristi u polimerizaciji, tehnologiji metala te pri razvijanju fotografija (Davies i sur., 1991.).

### **1.3. Cilj istraživanja**

Ovo istraživanje imalo je sljedeće ciljeve:

1. Laboratorijskim analizama utvrditi ukupan sadržaj vitamina C, fenola i fotosintetskih pigmenata u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave
2. Utvrditi postoji li razlika u sadržaju vitamina C, fenola i fotosintetskih pigmenata u soku i biljnom ostatku
3. Utvrditi postoji li razlika u sadržaju vitamina C, fenola i fotosintetskih pigmenata između različitih sorti

Osnovna hipoteza istraživanja bila je da će razlika u tipu uzorka (sok i biljni ostatak) te sorte specifičnosti pšenice utjecati na sadržaj vitamina C, fenola i fotosintetskih pigmenata. Cilj provedenog pokusa je utvrditi značajnost utjecaja sorte i tipa uzorka na funkcionalna svojstva pšenične trave (*Triticum aestivum* L.)

## 2. PREGLED LITERATURE

Das i sur. (2011.) su istraživali ukupne fenolne kiseline, ukupne flavonoide i antioksidacijska svojstva praha pšenične trave koji su dobili smrzavanjem te sušenjem vrućim zrakom. U kvantitativnoj analizi antioksidativnih svojstava, svježi smrznuti uzorci imali su najveću količinu askorbinske kiseline i klorofila, a najmanju količinu ukupnih flavonoida i fenola. U analizi antioksidativnog potencijala za redukciju željeza (FRAP), etanolni ekstrakt smrznute pšenične trave dao je najveću vrijednost, dok je L-tokoferol imao najnižu vrijednost. U analizi ukupne antioksidativne vrijednosti DPPH metodom smrznuti uzorci pšenične trave pokazali su najbolje rezultate.

Sethi i sur. (2010.) su ispitivali učinak pšenične trave na hiperlipidemiju kod kunića uzrokovanu ishranom s visokim udjelom masnoća. Trideset kunića podijeljeno je u 3 skupine po 10 kunića. Prva skupina dobivala je kontrolnu ishranu, druga skupina ishranu sa visokim udjelom masti, a treća skupina ishranu s visokim udjelom masti uz dodatak pšenične trave u razdoblju od 10 tjedana. Izvršeno je ispitivanje masnog tkiva kunića na kolesterol (TC), lipoprotein kolesterola visoke gustoće (HDL-C), malonaldehid (MDA), reducirani glutation (GSH) i vitamin C. Ishrana s visokim udjelom masti rezultirala je hiperlipidemijom i povećanim oksidativnim stresom što ukazuje na značajan porast razine MDA, dok su razina antioksidanta GSH i vitamina C značajno smanjene. Prehrana s dodatkom pšenične trave rezultirala je povećanom razinom lipida (smanjenim ukupnim kolesterolom i povišenim HDL-C) uz značajno smanjenu razinu MDA i porast razine GSH i vitamina C. Rezultati provedenog istraživanja ukazuju na korisnu ulogu pšenične trave u ublažavanju hiperlipidemije te oksidativnog stresa.

Shukla i sur. (2009.) u provedenom istraživanju ispitivali su sadržaj antioksidansa, vitamina C i E te ukupne fenole u vodenom i alkoholnom ekstraktu spiruline, pšenične trave i indijskog ogrozda (*Emblica officinalis*). Sadržaj antioksidanasa, moć redukcije i učinak na aktivnost glutation-S-transferaze (GST) ispitivani su *in vitro*. Sadržaj vitamina C u sirovom prahu indijskog ogrozda bio je 5,38 mg/g, dok je utvrđena količina u pšeničnoj travi bila vrlo mala i iznosila je 0,22 mg/g. Ukupna antioksidativna aktivnost vodenog ekstrakta indijskog ogrozda, spiruline i pšenične trave u koncentraciji od 1 mg/mL iznosila je 7,78 mmol/L, 1,33 mmol/L i 0,278 mmol/L. Slična aktivnost dobivena je i iz alkoholnog ekstrakta te je iznosila 6,67 mmol/L, 1,73 mmol/L i 0,380 mmol/L. Alkoholni ekstrakt pšenične trave pokazao je 50 % inhibicije u Fe<sub>2</sub>Cl – askorbinskom kiselinom uključujući i lipidnu peroksidaciju jetre štakora *in vitro*.

Akbas i sur. (2017.) su ispitivali sadržaj antioksidanasa i fenola, prosječnu veličinu i distribuciju čestica, morfologiju, stimuliranu probavu te toplinsku stabilnost pšenične trave. Kako bi izbjegli nepoželjne mirise te zaštitili funkcionalne spojeve, sok pšenične trave bio je inkapsuliran korištenjem maltodekstrina i proteina sirutke. Rezultati su pokazali da je antioksidativna aktivnost između 0,30 i 0,06 mg DPPH/g praha. Sadržaj fenola je između 3,52 i 2,28 mg ekvivalenta galne kiseline (GAE)/g praha. Fenolni sadržaj praha je također bio zaštićen od termičke obrade na 40 °C, 55 °C i 70 °C. Kinetički parametri fenola također su bili dobri ( $R^2 \geq 0,85$ ) te su procijenjeni pomoću modela frakcijske pretvorbe.

Wakeham (2013.) je određivao sadržaj klorofila (mg/100 g soka) pšenične trave organski uzgojene na polju te hidroponski uzgojene u stakleniku. Za usporedbu su korišteni uzorci brokule i kelja. U svježem nerazrijeđenom soku pšenične trave ispitana je prisutnost bakterija *Esherie coli* NCTC 10418, *Staphylococcus aureus* NCTC 5571 i *Streptococcus mutans* NCIMB 702062 koristeći difuznu metodu agarom. Ispitani su i ekstrakti razrijeđeni acetonom. Rezultati su pokazali da uzorci pšenične trave uzgajane na polju imaju najveći sadržaj klorofila, nije utvrđena značajna razlika u odnosu na kelj ( $p < 0,834$ ), ali je utvrđena značajna razlika u odnosu na brokulu ( $p > 0,001$ ). Uzorci hidroponski uzgojene pšenične trave sadrže 73,4 % manje klorofila u odnosu na pšeničnu travu uzgojenu na polju ( $p > 0,001$ ). Niti jedan uzorak nije pokazao nikakvu antimikrobnu aktivnost protiv ispitanih patogena. Sve je više dokaza da prehrambeni klorofil može imati svojstva koja sprječavaju pojavu karcinoma ograničavanjem biološke dostupnosti kancerogenih tvari, a čini se da je sok pšenične trave dobar izvor klorofila.

Akcan Kardas i sur. (2014.) su određivali sadržaj fenola i antioksidativni kapacitet turskog kultivara (Amber Durum) pšenične trave. Uzorci su sakupljeni u 3 intervala (15., 30. i 40. dan). Svi uzorci su uzgojeni u jednakim uvjetima te su potom osušeni preko noći toplim zrakom u inkubatoru na 50 °C i bez sunčeve svjetlosti. Osušena i mljevena pšenična trava ekstrahirana je etil acetatom. Antioksidativna aktivnost utvrđena je DPPH metodom, a sadržaj ukupnih fenola (TPC) utvrđeno je kromatografom (HPLC). Značajni fenoli utvrđeni u pšeničnoj travi su ferulinske kiseline, galne giseline, kofeinske kiseline, p-kumarinska kiselina, elagične kiseline, benzojeva kiselina, p-hidroksibenzojeva kiselina, kvercetin i bha (butilirani hidroksianisol). Najveće antioksidativno i antiradikalno djelovanje utvrđeno je u uzorku koji je sakupljen 15. dana. Ovo istraživanje ukazuje na važnost pšenične trave zbog visokog antioksidativnog djelovanja.

Suriyavathana i sur. (2016.) ističu važnost fitokemikalija sadržanih u pšeničnoj travi poput flavonoida, alkaloida, terpenoida, tanina, glikozida i steroida za farmaceutsku industriju. Procjenjivali su relativni odnos različitih fitokemikalija u različitim ekstraktima pšenične trave.

Skoczylas i sur. (2017.) su proveli istraživanje na svježem i smrznutom soku pšenične trave koji je bio skladišten tri mjeseca. Utvrđivali su sadržaj polifenola, ukupnih klorofila i karotenoida, antioksidacijskog i enzimatskog djelovanja te boju. Sok se pripremao od jare i ozime pšenice u dvije faze porasta (16 i 21 cm). Svježi sok (100 g) je sadržavao 5,04 g suhe tvari, 4,59 g ukupnog ekstrakta i 0,820 g pepela. Također je u jednoj litri sadržavao 391,4 mg klorofila, 79,1 mg karotenoida, 920,9 mg ukupnih polifenola sa srednjom antioksidacijskom aktivnošću od 9,57 i 93,07  $\mu\text{M}$  Troloxeq/ml (DPPH) i (ABTS). Aktivnost katalaze i peroksidaze bila je 114,94 i 0,13 jedinica (U). Jara pšenica (sviježa i smrznuta) imala je veći sadržaj klorofila, karotenoida, ukupnih polifenola, pojačanu enzimatsku aktivnost te bolju boju od ozime, ali niži sadržaj suhe tvari, pepela i ekstrakta. Smrzavanjem i skladištenjem sokova značajno je smanjen sadržaj suhe tvari, klorofila, karotenoida, antioksidansa i katalaze. Primijećeno je i pogoršanje boje tijekom skladištenja.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Biljni materijal i priprema uzoraka

Istraživanje je provedeno na deset sorti pšenice (Pipi, Osječka crvenka, Ružica, Eurofit, Divana, Katarina, Janica, Ludwig, SW Maxi i Felix) iz kolekcije Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Zrno pšenice isprano je u deioniziranoj vodi te je stavljeno 48 sati na naklijavanje. Potom je naklijano zrno posijano u plitice koje su sadržavale organski supstrat za presadnice (Brill Bio). Uzgoj pšenice je trajao 12 dana na sobnoj temperaturi te prirodnoj svjetlosti. Tijekom uzgoja pšenica je zalijevana vodom iz slavine. Dvanaesti dan od sjetve pšenična trava odrezana je škarama na visini 2-3 cm iznad površine supstrata te je iscijeđena ručnim sokovnikom za pšeničnu travu (Wheatgrass BL-30) (Slika 6.). Istraživanje je obuhvatilo analize soka pšenične trave te biljnog ostatka nakon cijedeđenja soka.



**Slika 6:** Cijedeđenje soka pšenične trave

Izvor: Marina Antolović

#### 3.2. Sadržaj ukupnih fenola

Sadržaj ukupnih fenola (UF) u soku i biljnom ostatku pšenične trave utvrđen je spektrofotometrijskom metodom s Folin-Ciocalteu reagensom prema Singleton i Rossi (1956.). Fenoli su ekstrahirani s 2,5 ml etanola (96 %) na -80 °C tijekom 48 h iz 500 µL soka te oko 0,5 g biljnog ostatka maceriranog s tekućim dušikom. Nakon ekstrakcije homogenati su centrifugirani na 10 000 rcf pri 4 °C tijekom 10 min. Na 100 µL supernatanta dodano je

1,5 mL destilirane vode, 100  $\mu\text{L}$  Folin-Ciocalteu reagensa i 300  $\mu\text{L}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (zasićena otopina). Reakcijska smjesa od ukupno 2 mL promiješana je na vrtložnoj tresilici te inkubirana na vodenoj kupelji pri 37 °C tijekom 60 min. Folin-Ciocalteu reagens je smjesa fosfo-molibdenovog i fosfo-volframovog kiselinskog kompleksa koji u lužnatoj sredini s fenolima tvori plavo obojeni kompleks koji se može spektrofotometrijski kvantificirati. Sadržaj fenola u inkubiranoj i ohlađenoj smjesi određen je mjerenjem apsorbancije na spektrofotometru pri valnoj duljini od 765 nm. Koncentracija fenola izračunata je iz standardne krivulje s poznatim koncentracijama galne kiseline (GA) u rasponu 2-12  $\mu\text{L}$  GA. Konačni sadržaj fenola izražen je kao mg GA/g svježe tvari. Uzorci standardne otopine, kao i otopine uzoraka, priređeni su u triplicatu.

### 3.3. Utvrđivanje fotosintetskih pigmenta

Sadržaj pigmenta (klorofil a, klorofil b i karotenoidi) određen je spektrofotometrijskom metodom po Holmu i Wettsteinu (Holm, 1954.; Wettstein, 1957.). Biljni ostatak maceriran je tekućim dušikom te je analitičnom vagom u epruvete odvagano oko 0,2 g macerata te ispipetirano 200  $\mu\text{L}$  soka. U uzorak je dodano 10 mL acetona. Reakcijska smjesa promiješana je na vrtložnoj tresilici te je pomoću spektrofotometra u ekstraktu pigmenta izmjerena apsorbancija pri valnim duljinama 662, 644 i 440 nm. Dobivene vrijednosti apsorbancije uvrštene su u Holm-Wettsteinove formule kako bi se izračunale koncentracije pigmenta u  $\text{mg}/\text{dm}^3$ .

$$\text{Klorofil a (mg}/\text{dm}^3) = 9,784 * A_{662} - 0,990 * A_{644}$$

$$\text{Klorofil b (mg}/\text{dm}^3) = 21,426 * A_{644} - 4,650 * A_{642}$$

$$\text{Klorofil a+b (mg}/\text{dm}^3) = 5,134 * A_{662} + 20,436 * A_{644}$$

$$\text{Karotenoidi (mg}/\text{dm}^3) = 4,695 * A^{440} - 0,268 * (\text{klorofil a+b})$$

$A_{662}$ ,  $A_{644}$  i  $A_{440}$  su apsorbancije pri 662 nm, 644 nm i 440 nm valne duljine, a brojevi u jednadžbi molarni adsorpcijski koeficijenti po Holmu i Wettsteinu. Konačni rezultati sadržaja pigmenta su izračunati i izraženi kao mg/g svježe tvari prema navedenoj jednadžbi.

$$\text{Sadržaj pigmenta (mg/g SvT)} = (c_1 * V * r) / m$$

$c_1$  - koncentracija pigmenta (klorofila a, klorofila b i karotenoida) u  $\text{mg}/\text{dm}^3$

V – volumen filtrata u mL (25 mL)



r – razrjeđenje filtrata

m – masa uzorka u mg

Iz izračunatih vrijednosti sadržaja pigmenata izračunati su i omjeri klorofil a/klorofil b, klorofil a+b/karotenoidi.

### **3.4. Određivanje ukupnog vitamina C**

Sadržaj ukupnog vitamina C u soku i biljnom ostatku pšenične trave određen je spektrofotometrijski prema metodi Benderitter i sur. (1998.). Biljni ostatak maceriran je tekućim dušikom te je odvagano oko 0,25 g uzorka i 250 µL soka pšenične trave. U uzorak je dodano 10 mL destilirane vode. 300 µL reakcijske smjese pipetirano je u epruvete od 2 mL u dvije serije (A i B). U A seriju dodano je 100 µL TCA, 25 µL destilirane vode te 75 µL DNPH reagensa. U seriju B dodano je 100 µL TCA i 25 µL destilirane vode. Reakcijska smjesa inkubirana je u vodenoj kupelji 3 sata pri temperaturi od 37°C. Nakon inkubacije u seriju A dodan je 1 mL sumporne kiseline (64 %), a u seriju B 75 µL DNPH reagensa i 1 mL sumporne kiseline (64 %). Korišteno je 10 standarda različitih koncentracija askorbinske kiseline (0 do 250 µL) te je do ukupnog volumena od 325 µL dodana destilirana voda. U standarde je dodano 100 µL TCA te 75 µL DNPH reagensa. Standardi su inkubirani istim postupkom kao i uzorci te je nakon inkubacije dodan 1 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (64 %). Nakon inkubacije reakcijska smjesa centrifugirana je na 6000 rcf pri 4 °C tijekom 15 minuta. Apsorbancija uzoraka i slijepih proba izmjerena je spektrofotometrijski pri 520 nm.

### **3.5. Analiza i obrada podataka**

Analize fenola, vitamina C, klorofila i karotenoida obuhvaćale su spektrofotometrijsko određivanje koncentracija na uređaju Varian Cary 50 UV-VIS Spectrophotometer uz programsku podršku Cary WinUV software. Rezultati su obrađeni Microsoft Office Excelu 2010. te pomoću programa SAS Software 9.1.3. (2002., 2003., SAS Institute Inc., Cary, USA). Pokus je bio postavljen po potpuno slučajnom planu u tri ponavljanja. Utjecaj tretmana (tip uzorka i sorta) na ispitivana svojstva utvrđen je analizom varijance ( $p < 0,05$ ). Razlike između razina ispitivanih tretmana ispitane su pomoću LSD testa ( $p < 0,05$ ).

## 5. REZULTATI

U prosjeku za sva mjerenja, F testom utvrđen je značajan utjecaj tipa uzorka na sadržaj vitamina C kod svih sorti osim kod Ružice. F testom je utvrđen značajan utjecaj sorte na sadržaj vitamina C u soku i u biljnom ostatku (Tablica 1.)

**Tablica 1.** Sadržaj vitamina C u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

	Sok	Biljni ostatak	F vrijednost	P	LSD 0,05	LSD 0,01
Ludwig	36,6a	41,2de	6,68	0,0415	42,7	6,47
Pipi	34,9ab	94,3a	480,57	<0,0001	6,63	10,0
Ružica	33,1abc	36,9	0,34	0,5833	15,9	24,1
Eurofit	31,4bcd	46,7de	6,64	0,0420	14,5	21,9
Katarina	29,9cde	64c	35,05	0,0010	14,1	21,3
Janica	29,3de	84,5ab	289,13	<0,0001	79,4	12,0
SW Maxi	29,0de	39,5de	14,41	0,0090	67,9	10,3
Felix	27,8de	50,4d	48,51	0,0004	79,6	12,1
OS crvenka	27,6e	41,9de	16,21	0,0069	86,8	13,1
Divana	23,6f	78,8b	363,67	<0,0001	70,8	10,7
F vrijednost	8,85	50,098				
P	<0,0001	<0,0001				
LSD 0,05	3,72	11,3				
LSD 0,01	5,01	15,3				

Podaci su prosjek 4 ponavljanja; F test, razlike između sorata označene različitim slovima su značajne prema LSD testu (<sup>a,b,c</sup> P=0,05).

Sorta Ludwig ima najveći sadržaj vitamina C u soku pšenične trave (36,6 mg vit.C/100 g SvT), dok je najveći sadržaj vitamina C u biljnom ostatku utvrđen kod sorte Pipi (94,3 mg vit.C/100 g SvT). Također je utvrđeno kako se veći sadržaj vitamina C nalazi u biljnom ostatku.

U prosjeku za sva mjerenja, F testom utvrđen je značajan utjecaj tipa uzorka na sadržaj fenola kod svih sorti. F testom je utvrđen značajan utjecaj sorte na sadržaj fenola u soku i u biljnom ostatku (Tablica 2.).

**Tablica 2.** Sadržaj fenola u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

	Sok	Biljni ostatak	F vrijednost	P	LSD 0,05	LSD 0,01
Ludwig	1,14c	1,09f	1,27	0,3029	0,1087	0,1646
Pipi	1,04d	1,67bc	91,54	<0,0001	0,1622	0,2458
Ružica	1,25ab	1,63bc	365,45	<0,0001	0,0479	0,0727
Eurofit	0,971e	1,61cd	465,13	<0,0001	0,0669	0,1014
Katarina	0,909f	1,72b	1810,12	<0,0001	0,0464	0,0703
Janica	1,04d	1,58cd	201,11	<0,0001	0,0932	0,1412
SW Maxi	1,26a	1,46e	23,19	0,0013	0,0859	0,1301
Felix	1,13c	1,44e	309,21	<0,0001	0,0422	0,0639
OS crvenka	1,24ab	1,51de	146,46	<0,0001	0,0559	0,0847
Divana	1,21b	2,03a	246,59	<0,0001	0,0464	0,0703
F vrijednost	67,07	48,52				
P	<0,0001	<0,0001				
LSD 0,05	0,0439	0,0992				
LSD 0,01	0,0591	0,1335				

Podaci su prosjek 4 ponavljanja; F test, razlike između sorata označene različitim slovima su značajne prema LSD testu (<sup>a,b,c</sup> P=0,05).

Najveći sadržaj fenola u soku utvrđen je kod sorte SW Maxi (1,26 µg GA/mL), a najveći sadržaj fenola u biljnom ostatku utvrđen je kod sorte Divana (2,03 µg GA/mL). Nadalje, utvrđeno je kako se veći sadržaj fenola nalazi u biljnom ostatku.

U prosjeku za sva mjerenja, F testom je utvrđen značajan utjecaj tipa uzorka na sadržaj klorofila a kod svih sorti (Tablica 3.). F testom je utvrđen značajan utjecaj sorte na sadržaj klorofila a u soku i u biljnom ostatku.

**Tablica 3.** Sadržaj klorofila a u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

	Sok	Biljni ostatak	F vrijednost	P	LSD 0,05	LSD 0,01
Ludwig	0,179d	1,11e	4609,30	<0,0001	0,0336	0,0509
Pipi	0,199cd	1,21d	3341,58	<0,0001	0,0428	0,0649
Ružica	0,319a	1,34c	665,71	<0,0001	0,0967	0,1466
Eurofit	0,178d	1,49b	23977,6	<0,0001	0,008	0,0315
Katarina	0,254b	1,58a	1467,95	<0,0001	0,0847	0,1284
Janica	0,242cb	1,50b	9512,71	<0,0001	0,0314	0,0476
SW Maxi	0,170d	1,48b	5283,90	<0,0001	0,0441	0,0669
Felix	0,173d	1,37c	1905,90	<0,0001	0,067	0,1015
OS crvenka	0,195d	0,878f	9061,44	<0,0001	0,0175	0,0266
Divana	0,242cb	1,56a	1403,58	<0,0001	0,0857	0,13
F vrijednost	9,22	151,15				
P	<0,0001	<0,0001				
LSD 0,05	0,0457	0,0528				
LSD 0,01	0,0616	0,071				

Podaci su prosjek 4 ponavljanja; F test, razlike između sorata označene različitim slovima su značajne prema LSD testu (<sup>a,b,c</sup> P=0,05).

Najveći sadržaj klorofila a u soku utvrđen je kod sorte Ružica (0,319 mg/g SvT), a najveći sadržaj u biljnom ostatku utvrđen je kod sorte Katarina (1,58 mg/g SvT). Također je utvrđeno kako se veći sadržaj klorofila a nalazi u biljnom ostatku.

U prosjeku za sva mjerenja, F testom utvrđen je značajan utjecaj tipa uzorka na sadržaj klorofila b kod svih sorti. F testom je utvrđen značajan utjecaj sorte na sadržaj klorofila b u soku i u biljnom ostatku (Tablica 4.).

**Tablica 4.** Sadržaj klorofila b u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

	Sok	Biljni ostatak	F vrijednost	P	LSD 0,05	LSD 0,01
Ludwig	0,0553c	0,456d	3056,48	<0,0001	0,0336	0,0509
Pipi	0,0572c	0,477d	4863,32	<0,0001	0,0649	0,0428
Ružica	0,104a	0,567c	874,13	<0,0001	0,0967	0,1015
Eurofit	0,0611c	0,915a	658,53	<0,0001	0,008	0,0315
Katarina	0,084b	0,759b	1047,37	<0,0001	0,0847	0,1284
Janica	0,082b	0,759b	2050,05	<0,0001	0,0314	0,0476
SW Maxi	0,0529c	0,764b	2508,47	<0,0001	0,0441	0,0669
Felix	0,0510c	0,606c	1093,78	<0,0001	0,067	0,1015
OS crvenka	0,0575c	0,342e	2935,56	<0,0001	0,0175	0,0266
Divana	0,079b	0,891a	3667,04	<0,0001	0,0857	0,13
F vrijednost	10,78	148,86				
P	<0,0001	<0,0001				
LSD 0,05	0,0155	0,0457				
LSD 0,01	0,0205	0,0615				

Podaci su prosjek 4 ponavljanja; F test, razlike između sorata označene različitim slovima su značajne prema LSD testu (<sup>a,b,c</sup> P=0,05).

Najveći sadržaj klorofila b u soku imala je sorta Ružica (0,104 mg/g SvT), dok najveći sadržaj klorofila b u biljnom ostatku ima sorta Eurofit (0,915 mg/g SvT). Nadalje, utvrđeno je kako se veći sadržaj klorofila b nalazi u biljnom ostatku.

U prosjeku za sva mjerenja, F testom utvrđen je značajan utjecaj tipa uzorka na sadržaj klorofila a+b kod svih sorti. F testom je utvrđen značajan utjecaj sorte na sadržaj klorofila a+b u soku i u biljnom ostatku (Tablica 5.).

**Tablica 5.** Sadržaj klorofila a+b u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

	Sok	Biljni ostatak	F vrijednost	P	LSD 0,05	LSD 0,01
Ludwig	0,235c	1,57f	4060,32	<0,0001	0,0512	0,0775
Pipi	0,257c	1,69e	4227,55	<0,0001	0,0539	0,0817
Ružica	0,423a	1,91d	797,90	<0,0001	0,1285	0,1947
Eurofit	0,239c	2,41a	2881,03	<0,0001	0,0989	0,1498
Katarina	0,339b	2,34b	1444,52	<0,0001	0,1289	0,1953
Janica	0,324b	2,25c	10875,7	<0,0001	0,0453	0,0686
SW Maxi	0,222c	2,25c	18154,4	<0,0001	0,0367	0,0556
Felix	0,224c	1,97d	1676,61	<0,0001	0,1046	0,1585
OS crvenka	0,253c	1,22g	14259,3	<0,0001	0,0198	0,03
Divana	0,321b	2,45a	2642,70	<0,0001	0,1012	0,1534
F vrijednost	9,64	214,46				
P	<0,0001	<0,0001				
LSD 0,05	0,0609	0,0808				
LSD 0,01	0,082	0,1087				

Podaci su prosjek 4 ponavljanja; F test, razlike između sorata označene različitim slovima su značajne prema LSD testu (<sup>a,b,c</sup> P=0,05).

Najveći sadržaj klorofila a+b u soku utvrđen je kod sorte Ružica (0,423 mg/g SvT), a najveći sadržaj u biljnom ostatku utvrđen je kod sorte Divana (2,45 mg/g SvT). Također je utvrđeno kako se veći sadržaj klorofila a+b nalazi u biljnom ostatku.

U prosjeku za sva mjerenja, F testom utvrđen je značajan utjecaj tipa uzorka na sadržaj karotenoida kod svih sorti. F testom je utvrđen značajan utjecaj sorte na sadržaj karotenoida u soku i u biljnom ostatku (Tablica 6.).

**Tablica 6.** Sadržaj karotenoida u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

	Sok	Biljni ostatak	F vrijednost	P	LSD 0,05	LSD 0,01
Ludwig	0,0551d	0,246de	3690,78	<0,0001	0,0077	0,0116
Pipi	0,0622cd	0,269cd	7038,60	<0,0001	0,006	0,0092
Ružica	0,100a	0,302ab	237,79	<0,0001	0,0321	0,0486
Eurofit	0,0527d	0,281bc	1019,51	<0,0001	0,0175	0,0266
Katarina	0,0779b	0,322a	135,17	<0,0001	0,0514	0,0778
Janica	0,0751b	0,323a	191,03	<0,0001	0,0439	0,0665
SW Maxi	0,0546d	0,294abc	252,27	<0,0001	0,0369	0,0559
Felix	0,0524d	0,313ab	412,69	<0,0001	0,0314	0,0475
OS crvenka	0,0586d	0,214e	27494,9	<0,0001	0,0023	0,0035
Divana	0,0772b	0,304ab	470,22	<0,0001	0,0256	0,0388
F vrijednost	9,77	9,85				
P	<0,0001	<0,0001				
LSD 0,05	0,0144	0,0323				
LSD 0,01	0,0194	0,0436				

Podaci su prosjek 4 ponavljanja; F test, razlike između sorata označene različitim slovima su značajne prema LSD testu (<sup>a,b,c</sup> P=0,05).

Najveći sadržaj karotenoida u soku imala je sorta Ružica (0,100 mg/g SvT), dok najveći sadržaj karotenoida u biljnom ostatku ima sorta Janica (0,323 mg/g SvT). Nadalje, utvrđeno je kako se veći sadržaj karotenoida nalazi u biljnom ostatku.

U prosjeku za sva mjerenja, F testom utvrđen je značajan utjecaj tipa uzorka na omjer klorofila a i b kod svih sorti. F testom je utvrđen značajan utjecaj sorte na omjer klorofila a i b u soku i u biljnom ostatku (Tablica 7.).

**Tablica 7.** Omjer klorofila a i b u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

	Sok	Biljni ostatak	F vrijednost	P	LSD 0,05	LSD 0,01
Ludwig	3,25bc	2,43bc	675,79	<0,0001	0,077	0,1167
Pipi	3,49a	2,54ab	970,63	<0,0001	0,0744	0,1127
Ružica	3,08cd	2,36cd	197,07	<0,0001	0,2002	0,1321
Eurofit	2,92d	1,64g	269,38	<0,0001	0,1917	0,2904
Katarina	3,03cd	2,09e	706,72	<0,0001	0,0867	0,1313
Janica	2,95d	1,97ef	422,89	<0,0001	0,1168	0,1769
SW Maxi	3,22bc	1,94f	535,75	<0,0001	0,1347	0,2041
Felix	3,41ab	2,56d	256,66	<0,0001	0,1754	0,2658
OS crvenka	3,41ab	2,65a	13,54	0,0103	0,5663	0,8581
Divana	3,07cd	1,75g	1181,92	<0,0001	0,0939	0,1423
F vrijednost	6,60	68,52				
P	<0,0001	<0,0001				
LSD 0,05	0,2276	0,1141				
LSD 0,01	0,3065	0,1536				

Podaci su prosjek 4 ponavljanja; F test, razlike između sorata označene različitim slovima su značajne prema LSD testu (<sup>a,b,c</sup>P=0,05)

Najveći omjer klorofila a i b u soku utvrđen je kod sorte Pipi (3,49), a najveći omjer u biljnom ostatku utvrđen je kod sorte Felix (2,56). Također je utvrđeno kako se veći omjer klorofila a i b nalazi u biljnom ostatku.



U prosjeku za sva mjerenja, F testom utvrđen je značajan utjecaj tipa uzorka na omjer klorofila i karotenoida kod svih sorti. F testom je utvrđen značajan utjecaj sorte na omjer klorofila i karotenoida u soku i u biljnom ostatku (Tablica 8.).

**Tablica 8.** Omjer klorofila i karotenoida u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

	Sok	Biljni ostatak	F vrijednost	P	LSD 0,05	LSD 0,01
Ludwig	4,27bc	6,38ed	2533,54	<0,0001	0,1026	0,1555
Pipi	4,13de	6,27ed	2508,24	<0,0001	0,1047	0,1586
Ružica	4,22bcd	6,31ed	550,41	<0,0001	0,2181	0,3304
Eurofit	4,55a	8,58a	145,52	<0,0001	0,8181	1,2396
Katarina	4,34b	7,38bc	26,46	0,0021	1,4448	2,189
Janica	4,32b	7,04cd	48,49	0,0004	0,9577	1,4511
SW Maxi	4,08e	7,7bc	66,74	0,0002	1,083	1,6409
Felix	4,29bc	6,33ed	144,15	<0,0001	0,4164	0,631
OS crvenka	4,32b	5,7e	114,84	0,0103	0,3149	0,4772
Divana	4,16cde	8,05ab	1086,38	<0,0001	0,2238	0,339
F vrijednost	8,87	10,10				
P	<0,0001	<0,0001				
LSD 0,05	0,1287	0,8446				
LSD 0,01	0,1732	1,1372				

Podaci su prosjek 4 ponavljanja; F test, razlike između sorata označene različitim slovima su značajne prema LSD testu (<sup>a,b,c</sup> P=0,05)

Sorta Eurofit ima najveći omjer klorofila i karotenoida u soku (4,55) i u biljnom ostatku (8,58). Također je utvrđeno kako je veći omjer klorofila i karotenoida u biljnom ostatku.

## 6. RASPRAVA

Od davnina se pšenična trava koristi za liječenje raznih bolesti te je više od pedeset godina poznato kako su žitarice u ranim fazama razvoja značajan izvor hranjivih tvari. U ranim fazama rasta pohranjuju velike količine vitamina i proteina u listove. Količina vitamina, minerala i proteina mnogo je veća nego u zrnu žitarica. Konzumiranje pšenične trave u zapadnom svijetu započelo je 1930-ih godina kada je pokusima s raznim mješavinama žitarica utvrđeno da pilići, hranjeni smjesama koje sadrže visok udio pšenične trave, brže rastu, zdraviji su te imaju 150 % bolju proizvodnju jaja (Padalia i sur., 2010.).

Wigmore je koristila klorofil prisutan u pšeničnoj travi kao sredstvo za čišćenje organizma te obnovu i neutralizaciju toksina (citat prema Padalia i sur., 2010.). Uporaba soka pšenične trave u terapijske svrhe kasnije je popularizirana kao dio biljnog terapijsko-prehrambenog pristupa. Znanstvena istraživanja otkrila su kako je pšenična trava bogat izvor vitamina, minerala, aminokiselina, vlakana i aktivnih enzima. Značajno svojstvo pšenične trave je visoki sadržaj klorofila koji čini 70 % ukupnih kemijskih sastojaka zbog čega se obično naziva „zelena krv“. Koristi se za liječenje raznih poremećaja krvožilnog sustava poput talasemije i drugih bolesti poput anemije (Patek, 1936.). Zbog slične kemijske strukture klorofila i hemoglobina hipotezu je potkrijepilo i istraživanje kojim je utvrđeno kako hranjenje štakora hranom bogatom klorofilom pospješuje regeneraciju crvenih krvnih stanica. Ljekovita svojstva svježeg soka pšenične trave mogu se pripisati prisutnosti klorofila (Scott i sur., 1933.).

Pšenična trava koristi se za liječenje blagih bolesti, ali i teških oboljenja poput karcinoma. Razna istraživanja utvrdila su kako je pšenična trava sigurna i učinkovita u liječenju raznih tegoba. Sok ili prah pšenične trave može imati blagotvoran učinak kod ateroskleroze povezane s hiperlipidemijom. Također može pomoći pri smanjenju tjelesne težine, serumskih triglicerida, kolesterola kod pretilih i dijabetičnih bolesnika (Premkumari i sur., 2010.). Redovita konzumacija pšenične trave tijekom mjesec dana može značajno povećati razinu hemoglobina u krvi (Desai, 2005.). S toga proučavanje pšenične trave kod bolesti povezanih s krvlju privlači značajnu pozornost. Najviše proučavani poremećaj povezan s krvlju je talasemija. Talasemija je genetski poremećaj koji nastaje zbog abnormalnih  $\beta$ -globinskih lanaca, što rezultira proizvodnjom abnormalnih crvenih krvnih zrnaca te je potrebna transfuzija krvi. Istraživanjem je utvrđeno kako konzumacija pšenične trave dovodi do smanjenja potrebe za transfuzijom za 25 % ili više (Marwaha i sur., 2004.).

Utvrđeno je da pšenična trava ima hipokolesterolemijski učinak. Suplementacija 10 mL pšenične trave po kilogramu tjelesne mase može dovesti do 26,79 % smanjenja ukupne koncentracije kolesterola i 38 % smanjenja triglicerida kod štakora. Učinak pšenične trave usporediv je s učinkom standardnih lijekova poput atorvastatina koji je snažan lijek za snižavanje kolesterola (Afroz i sur., 2012.). Prisutnost bioaktivnih spojeva poput flavonoida i triterpenoida utječe na modulacije razine lipida. Različita istraživanja dobro su dokumentirala antioksidacijska svojstva pšenične trave, koja izazivaju antimutageni učinak. Sok pšenične trave koristi se kao sastavni dio makrobiotičke prehrane u komplementarnom i alternativnom pristupu terapiji protiv raka zbog visokog sadržaja antioksidanata. Ovo se svojstvo uglavnom pripisuje klorofilu, laetrilu i enzimu superoksid dismutazi (Shukla i sur., 2009.). Smatra se da je pšenična trava obilan izvor različitih bioaktivnih skupina poput alkaloida, glikozida, saponina, steroida i fenolnih spojeva poput tanina i flavonoida (Jain i sur. 2014.). Prisutnost tih spojeva dodatno poboljšava terapijska svojstva pšenične trave.

Istraživanja provedena na klorofilinu utvrdila su kako on ima sposobnost vezanja aflatoskina B1 na takav način da njegovu sposobnost oštećenja DNK svodi na minimum (Breinholt i sur., 1995.). Navedeno se svojstvo može povezati i s antikancerogenim učincima te klorofilom. Ekstrakt pšenične trave može usporiti rast stanica leukemije te izazvati njihovu smrt procesom apoptoze do 39 % stanica raka (Aydos i sur., 2011.). Prah pšenične trave može biti učinkovit te uništiti i do 64,9 % stanica leukemije (Alitheen i sur., 2011.).

Pšenična trava bogata je vitaminom a, c, e i b kompleksom. Sadrži obilje minerala poput kalcija, fosfora, magnezija, zemnoalkalnih metala, kalija, cinka, bora i molibdena. Pored toga, sadrži razne enzime kao što su proteaza, amilaza, lipaza, citokrom oksidaza, transhidrogenaza, superoksid dismutaza. Ovi enzimi mogu doprinjeti farmakološkim svojstvima pšenične trave. Još jedno značajno svojstvo pšenične trave je njezin visoki udjel esencijalnih aminokiselina. Istraživanja su utvrdila da sadrži 17 aminokiselina od kojih je 8 neophodnih. Prah pšenične trave bogat je vlaknima i pomaže u održavanju razine šećera u krvi, kolesterola i sprječava zatvor. Prisutnost bioflavonoida poput apigenina, kvarcitina i luteolina povećava kliničku korisnost pšenične trave. Ostale komponente koje terapiju pšeničnom travom čine terapijski učinkovitim su spojevi indola poput hklina i latrila. Prisutnost biljnih hormona, apscisinske kiseline ili dormina, također je odgovorna za pozitivan učinak kod karcinoma (Padalia i sur. 2010.).

Pšenična trava povećava dostupnost glutationa i time smanjuje reaktivne molekule koje su pod utjecajem oksidativnog stresa (Jang i sur., 2010.). Škrob, ukupna prehrambena vlakna i

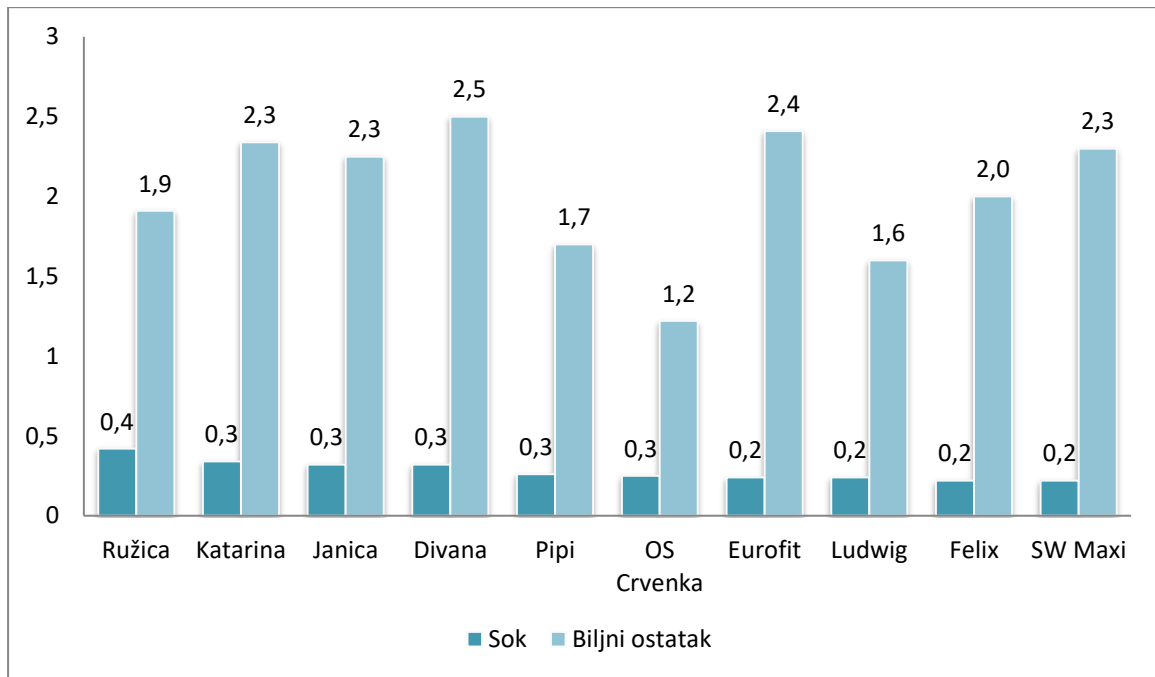
arabinoza prisutni su u ekstraktu pšenične trave gdje su najučinkovitiji u zaštiti moždanih stanica od promjena vaskularne demencije (Han i sur., 2010.).

Sok pšenične trave koristan je i za liječenje infekcija kože. Zabilježeno je detoksikacijsko djelovanje, protuupalno djelovanje i smanjenje ulceroznog kolitisa konzumiranjem soka pšenične trave (Ben-Arye i sur., 2002.). Smatra se da je prisutnost flavonoida posebno apigenina, mogući mehanizam protuupalnog djelovanja. Smatra se da pšenična trava pomaže i u liječenju astme i ekcema (Padalia i sur., 2010.). Također se tvrdi da pšenična trava može imati i antibakterijsko djelovanje (Pallavi i sur., 2011.). Sok pšenične trave imao je visok antibakterijski učinak na *L-monocytogenes*, *S. Typhimurium* i *E. Coli* (Pehlivanoglu i sur., 2015.).

Trenutno su dostupne različite formulacije proizvoda pšenične trave u obliku dodataka prehrani (ekstrakti i prah), kao i lijekovi (tablete). Nabava soka pšenične trave za krajnje potrošače nije praktična, ali sušeni prah može se lako upotrijebiti kao dodatak prehrani.

Ideja ovog istraživanja bila je određivanje sadržaja klorofila, karotenoida, vitamina C i fenola u soku pšenične trave te u biljnom ostatku koji je ostao nakon cijedenja soka 10 sorti pšenične trave.

Basanti i sur. (2017.) proveli su istraživanje usporedbe sadržaja askorbinske kiseline (vitamina C),  $\beta$ -karotena, klorofila i antioksidacijskog djelovanja na svježoj i suhoj pšeničnoj travi (*Triticum aestivum* L.) uzgajanoj u zatvorenom i na otvorenom prostoru. Primjenjene su tri metode sušenja: sušenje u zatamnjenom prostoru, u peći i liofilizacijom. Sve tri metode značajno su smanjile sadržaj askorbinske kiseline (73,4-83,5 %),  $\beta$ -karotena (38,7-73,4 %), klorofila (17,6-60,0 %) i antioksidacijske aktivnosti (27,6-48,5 %). Od tri postupka sušenja, sušenje u peći pokazalo je maksimalno smanjenje svih ispitivanih parametara, nakon čega slijedi sušenje u zatamnjenom prostoru, dok su najmanji gubitci zabilježeni metodom sušenja smrzanjem. Veći sadržaj askorbinske kiseline i  $\beta$ -karotena imale su biljke uzgajane na otvorenom, a veći sadržaj klorofila i antioksidanasa imale su biljke uzgajane u zatvorenom prostoru.

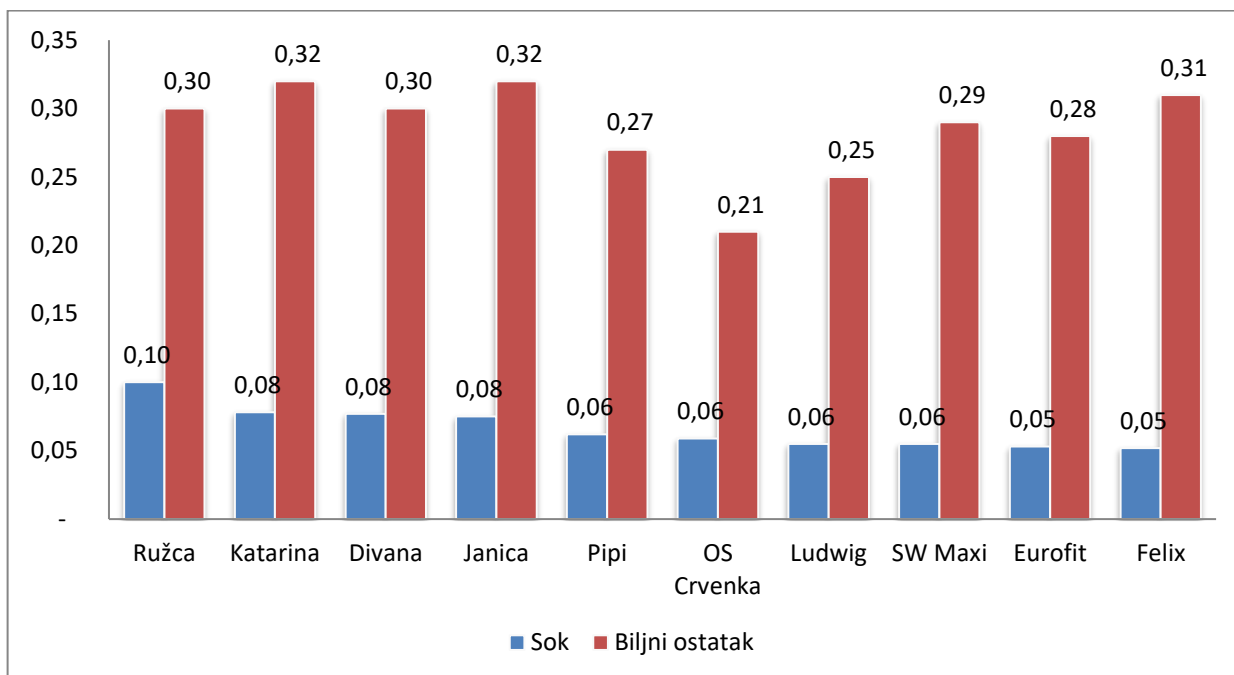


**Grafikon 1.** Prosječan sadržaj ukupnih klorofila (klorofil a+b) u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

U ovom istraživanju je utvrđeno da je u biljnom ostatku utvrđen znatno veći sadržaj ukupnih klorofila u odnosu na sok kod svih 10 ispitivanih sorti pšenične trave (grafikon 1). Najveći sadržaj ukupnih klorofila u biljnom ostatku utvrđen je kod sorte Divana (2,45 mg/g SvT) dok je najmanji sadržaj utvrđen kod sorte OS Crvenka (1,22 mg/g SVT). U soku je najveći sadržaj utvrđen kod sorte Ružica (0,423 mg/g SvT), a najmanji kod sorti SW Maxi i Felix (0,22 mg/g SvT).

Ghumman i sur. (2017.) su ispitivali kemijski, nutritivni i fenolni sastav dvije sorte pšenične trave te klijanaca dvije vrste mahunarki (slanutak i leća). Analize su provedene na soku te prahu dobivenome dehidracijom i smrzavanjem. Prah pšenične trave imao je veći kapacitet za uklanjanje radikala, veći sadržaj pepela i klorofila te niži sadržaj proteina u odnosu na prah mahunarki. Prah pšenične trave imao je znatno veći sadržaj kalija (K) i magnezija (Mg) u usporedbi s prahom dobivenim dehidracijom soka mahunarki. Prah pšenične trave pokazao je znatno veći sadržaj klorofila u odnosu prah mahunarki. Prah klijanaca leće imao je najniži sadržaj klorofila. Utvrđeno je kako sorte sa većim sadržajem pepela imaju i veći sadržaj klorofila. Zaključeno je kako bi se sokovi pšenične trave i mahunarki trebali konzumirati zajedno kako bi se postigao maksimalan učinak budući da mahunarke sadrže velike količine proteina, a pšenična trava ima visok sadržaj klorofila i antiradikala.

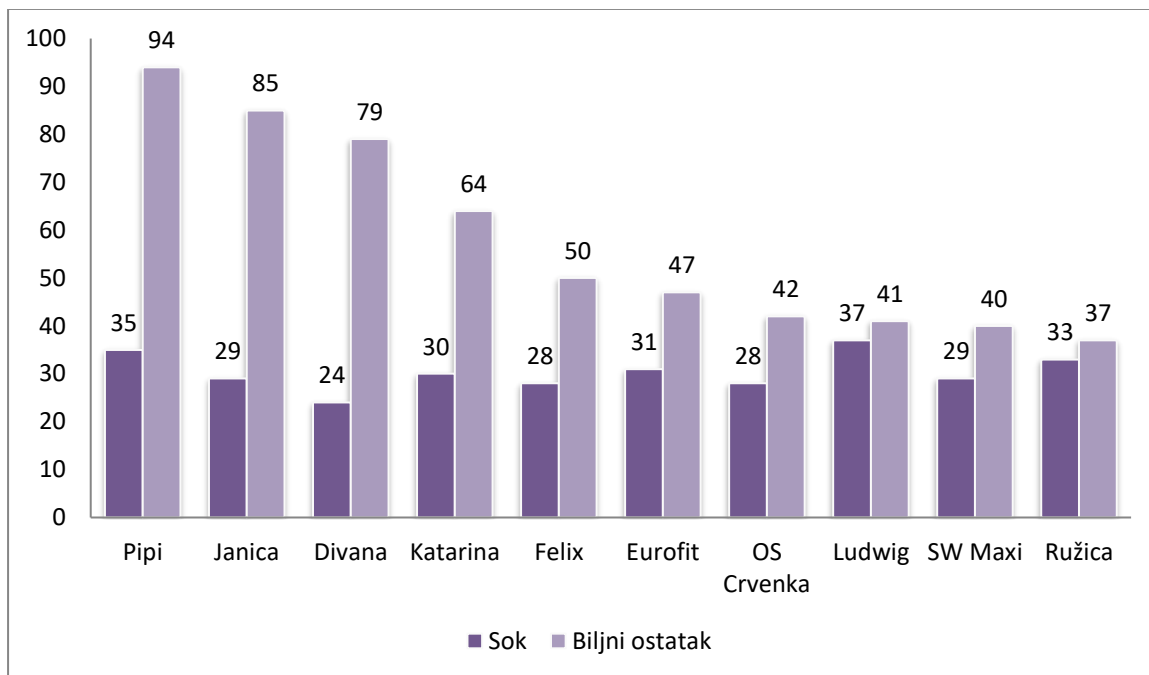
Iz grafikona 2 vidljivo je kako je u biljnom ostatku utvrđen veći sadržaj karotenoida u odnosu na sok kod svih 10 ispitivanih sorti. Najveći sadržaj u biljnom ostatku utvrđen je kod sorte Janica (0,323 mg/g SvT), a u soku kod sorte Ružica (0,100 mg/g SvT). Najmanji sadržaj karotenoida u biljnom ostatku utvrđen je kod sorte OS Crvenka (0,21 mg/g SvT) dok je u soku najmanji sadržaj utvrđen kod sorte Felix (0,05 mg/g SvT).



**Grafikon 2.** Prosječan sadržaj karotenoida u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

Chomochan i sur. (2016.) su uspoređivali kemijski sastav, glavne fitokemijske sastojke, sadržaj bioaktivnih spojeva, specifične fenolne profile i antioksidacijsku aktivnost *in vitro* soka pšenične trave i rižine trave. Pšenična i rižina trava uzgajana je 8 dana u hidroponu. Iz svježih biljaka određen je kemijski sastav, zatim su ekstrahirane vodom i centrifugirane te je ispitan sadržaj klorofila, karotenoida i askorbinske kiseline. Preostali uzorak je liofiliziran. Potom je izvršeno ispitivanje glavne skupine fitokemikalija, ukupnih fenola te specifičnih fenolnih spojeva. Na kraju, utvrđena je antioksidativna aktivnost metodama DPPH, ABTS, FRAP, FCA i HRSA. Dobiveni rezultati su pokazali da pšenična trava sadrži višu razinu proteina i masti. U ekstraktu pšenične i rižine trave utvrđene su skupine fenola, tanin i saponin, ali ne i alkaloida, flavonoida, sterola, terpenoida, kumarina i srčanog glikozida. U soku pšenične trave može se utvrditi veći sadržaj askorbinske kiseline i klorofila. U oba soka utvrđen je sličan sadržaj fenolne kiseline (HPLC analiza) uključujući pirogalol, vanilnu kiselinu i ferulinsku kiselinu. Pšenična trava pokazala je veću antioksidacijsku aktivnost u svim metodama ispitivanja. To može podrazumijevati sinergiju askorbinske kiseline,

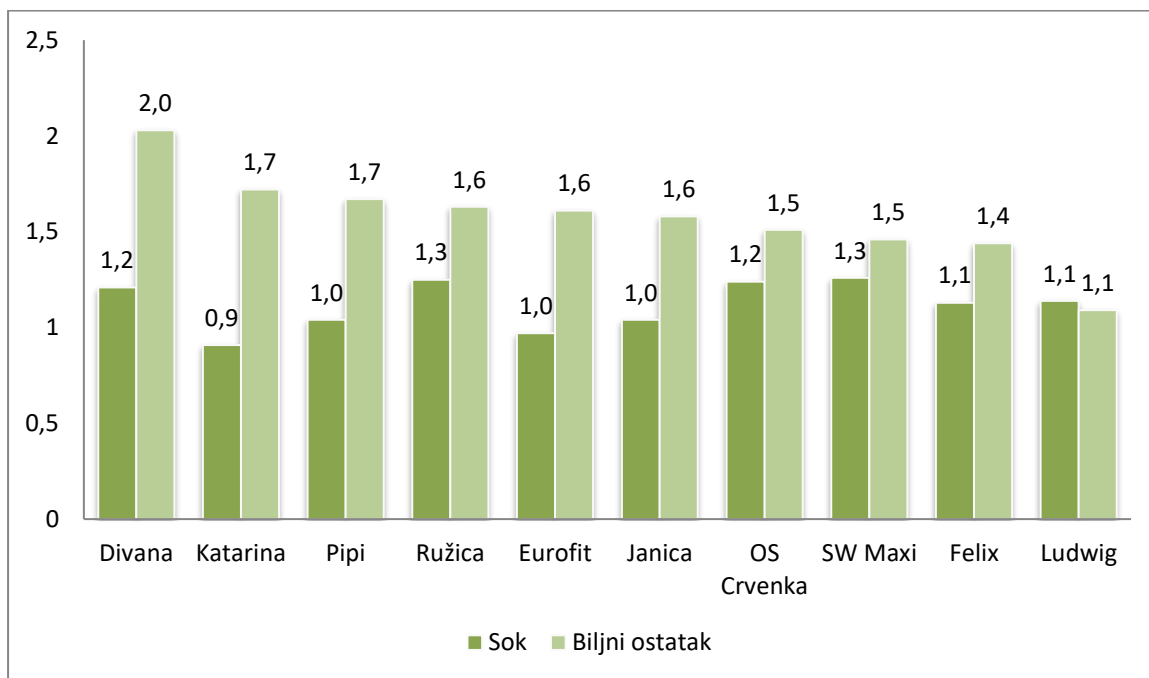
klorofila i fenolnih spojeva u soku pšenične trave, dok su glavni pokazatelji antioksidacijske aktivnosti u rižinoj travi fenolni spojevi.



**Grafikon 3.** Prosječan sadržaj vitamina C u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

U grafikonu 3 vidljivo je kako je veći sadržaj vitamina C utvrđen kod biljnog ostatka u odnosu na sok. Najveći sadržaj vitamina C u biljnom ostatku utvrđen je kod sorte Pipi (94,3 mg vit.C/100 g SvT) dok je najmanji sadržaj utvrđen kod sorte Ružica (36,9 mg vit.C/100 g SvT). Najveći sadržaj u soku utvrđen je kod sorte Ludwig (36,6 mg vit.C/100 g SvT), a najmanji sadržaj utvrđen je kod sorte Divana (23,6 mg vit.C/100 g SvT).

U grafikonu 4 vidljivo je kako je za sve sorte osim Ludwig utvrđen veći sadržaj fenola u biljnom ostatku u odnosu na sok. Najveći sadržaj fenola u biljnom ostatku utvrđen je kod sorte Divana (2,03  $\mu\text{g GA/mL}$ ), a najmanji sadržaj utvrđen je kod sorte Ludwig (1,09  $\mu\text{g GA/mL}$ ). Najveći sadržaj u soku utvrđen je kod sorte SW Maxi (1,26  $\mu\text{g GA/mL}$ ), a najmanji je utvrđen kod sorte Katarina (0,91  $\mu\text{g GA/mL}$ ).



**Grafikon 4.** Prosječan sadržaj fenola u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave

U prosjeku za sva mjerenja sorta Ružica u soku te sorta Divana u biljnom ostatku pokazale su najbolje rezultate. Najlošije rezultate, u prosjeku za sva mjerenja, pokazala je sorta Felix u soku te sorta Ludwig u biljnom ostatku.

Biljni ostatak je u prosijeku imao znatno veći sadržaj klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila, karotenoida, odnosa klorofila a i b, odnosa ukupnih klorofila i karotenoida, vitamina C te fenola u odnosu na sok.



## 7. ZAKLJUČAK

1. Usporedbom soka i biljnog ostatka utvrđen je značajan utjecaj tipa tkiva na sadržaj ukupnih klorofila, karotenoida, vitamina C i fenola. U usporedbi sa sokom biljni ostatak je u prosjeku imao veći sadržaj ukupnih klorofila, karotenoida, vitamina C i fenola.
2. Usporedbom 10 različitih sorti pšenične trave također je utvrđena značajan utjecaj sorte na sadržaj ukupnih klorofila, karotenoida, vitamina C i fenola.
3. U prosjeku za sva provedena ispitivanja soka pšenične trave najbolje rezultate imala je sorta Ružica, a sorta Divana pokazala je najbolje rezultate u ispitivanjima provedenim na biljnom ostatku koji je ostao nakon cijedenja soka.
4. Najlošije rezultate u prosjeku za sva ispitivanja pokazale su sorte Felix u ispitivanjima provedenim na soku te sorta Ludwig u ispitivanjima provedena na biljnom ostatku pšenične trave.
5. Za vlastite potrebe najbolje bi bilo uzgajati sorte Ružicu i Divanu budući da su od deset ispitanih sorti one u prosjeku imale najveći sadržaj ukupnih klorofila, karotenoida, vitamina C i fenola.
6. S nutritivnog aspekta, bilo bi puno bolje konzumirati cjelovite listove svježije pšenične trave (npr. pripremljene u blenderu ili uređaju za pripremu „smoothie“) kako bi se iskoristio cjelokupni potencijal ove ljekovite biljke.

## 8. POPIS LITERATURE

1. Afroz R. D., Nurunnabi A. S. M., Hossain M. Z., Kham M. I., Parvin S., Rahman H. (2012.): Study on effects of wheatgrass (*Triticum aestivum*) juice on serum triglycerides of experimentally induced hypercholesterolemic male long evens rats. J Dhaka Med Coll., 21:197-203
2. 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 od Functional Foods, 28, 19-27
3. Akcan Kardas, T., Durucasu, I. (2014.): A New Analytical Method for teh Determination od Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activities in Different Wheat Grass Varieties. Ekoloji Dergisi, 2014, vol. 23, Issue 90, 73-80
4. Alitheen N. B., Oon L. C., Keong Y. S., Chuan T. K., Li H. K., Young H. W. (2011.): Cytotoxicity effects of commercial wheatgrass and fiber towards human acute promyelocytic wheatgrass cell (HL60). Pak J Pharm Sci, 24:243-50
5. Antolovich, M., Prenzler, P. D., patsalides E., McDonald. S., Robards, K. (2002.): Methods for testing antioxidant activity. The Royal Society of Chemistry, 127, 183-198
6. Aydos O. S., Avci A., Ozkan T., Karadag A., Gurleyik E., Altinok B., Sunguroglu A. (2011.): Antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of wheatgrass (*Triticum aestivum L.*) extract on CML (K562) cell line. Turk J Med Sci, 41:657-63
7. Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S. (2005.): Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses, Food Chem. 99(1), 191-203
8. Bar-Sela, G., Cohen, M., Ben-Arye, E., Epelbaum R. (2015.): The Medical Use of Wheatgrass: Rewiew od the Gap Between Basic and Clinical Applications, Mini Rev Med Chem. 2005;15(12):1002-10
9. Basanti D. C., Kiran B., Harpreet K., Kaur S. M. (2017.): Comparison of ascorbic acid, beta-carotene, chlorophyll and antioxidant ativity of fresh and dry wheatgrass (*Triticum aestivum L.*). Department of Food and Nutrition, College of Home Science, Punjab Agricultural University, Volume 19, Issue 3, 336-341
10. Ben-Arye E., Goldin E., Wengrower D., Stamper A., Kohn R., Berry E. (2002.): Wheatgrass juice in the treatment of active distal ulcerative colitis. Scand J Gastroenterol, 4:445-49

11. Bravo, L. (1998.): Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Methabolism, and Nutritional Significance. *Nutr. Rev.*, 56(11), 317-33
12. Breinholt V., Schimerlik M., Dashwood R., Baley G. (1995.): Mechanisms of chlorophyllin anticarcinogenesis against aflatoxin B1: Complex formation with the carcinogen. *Chem Res Toxicol*, 8:506-14
13. Chomchan, R., Siripongvutikorn, S., Puttarak, P., Rattanapon, R. (2016.): Investigation of Phytochemical Constituents, Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Ricegrass Juice compared to Wheatgrass Juice. *Functional Foods in Health and Disease* 2016; 6(12):822-835
14. Das, A., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R. (2011.): Effect of freeze drying and oven drying on antioxidant properties of fresh wheatgrass. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(6), 718-721
15. Davies, M. B., Austin, J., Partridge, D.A. (1991.): *Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry*, Royal Society of Chemistry Paperback, 11-145
16. Desai T. R. (2005.): Investigation into the mechanism of action of *Triticum aestivum* (wheat) grass. Ph.D. dissertation. Saurashtra University, Rajkot, Gujarat, India
17. Durairaj, V., Hoda, M., Shakya, G., Babu, S.P.P., Rajagopalan, R. (2014.): Phytochemical screening and analysis of antioxidant properties of aqueius ectract of wheatgrass. *Asian Pacific Journal of Tropical medicine* 2014; 7(Suppl 1): 398-404
18. Gagro, M. (1997.): *Ratarstvo obiteljskog gospodarstva: Žitarice i zrnate mahunarke*, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb, 53-56
19. Ghumman, A., Singh, N., Kaur, A. (2017): Chemical, nutritional and phenolic composition of wheatgrass and pulse shoots. *International journal of food science & technology*, 52(10), 2191-2200
20. Han H. S., Jung-Hee J., Jang J. H., Choi J. S., Kim Y. J., Lee C., Lim S. H., Hyeong-Kyu L., Lee J. (2010.): Water extract of *Triticum aestivum* leaf and its components demonstrate protective effect in a model of vascular dementia. *J Medicinal Food*, 3:572-78
21. Hvoslef, J. (1968.): The crystal structure of L-ascorbic acid, „vitamin C“. I. The X-ray analysis, *Acta Cryst.* (1968). B24, 23-35
22. Jain B., Jain N. (2014.): Nutritional composition, phytochemical analysis and product development from green food *Triticum aestivum*. *Ind J Med Yoga*, 7:23-27
23. Jain G., Argal A. (2014.): Pharmacognostic and phytochemical investigation of young leaves of *Triticum aestivum* Linn. *Inter Curr Pharmaceut J*, 3:280-85

24. Jang J. H., Kim C. Y., Lim S. H., Yang C. H., Song K. S., Han H. S., Lee H. K., Lee J. (2010.): Neuroprotective effects of *Triticum aestivum* L. against  $\beta$ -myeloid-induced cell death and memory impairments. *Phytother Res*, 24:76-84
25. Khanthapoka, P., Muangpromb, A., Sukronga, S. (2015.): Antioxdant activity and DNA protective properties of rice grass juices, *SciencAsia* 41(2015):119-129
26. Kovačević, V., Rastija, M. (2009.): Osnove proizvodnje žitarica – Interna skripta, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 5-16
27. Kulkarni, S. D., Tilak, J.C., Acharya, R., Rajurkar, N. S., Devasagayam, T. P. A., Reddy, A. V. R. (2006.): Evaluation of the antioxidant activity of wheatgrass (*Triticum aestivum* L.) as a function of growth under different conditions. *Phytotherapy research*, 20(3), 218-227
28. Lisjak, M., Špoljarević, M., Agić. D., Andrić, L. (2009.): Praktikum iz fiziologije bilja. Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek, 1-2
29. Marwaha R. K., Bansal D., Kaur S., Trehem A. (2004.): Wheatgrass juice reduces transfusion requirement in patients with thalassemia major: A pilot study. In *Pediatrics*, 14:716-22
30. Padalia S., Drabu S., Raheja I., Gupta A., Dhamija M. (2010): Multitude potential of wheatgrass juice (Green Blood): An overview. *Cronicle young scientist*, 1:23-28
31. Pallavi K., Kumarswamy G., Shruthi (2011.): Pharmacognostic investigation and antibacterial activity of *Triticum aestivum*. *J Pharm Res*, 4:3355-59
32. Patek A. (1936.): Chlorophyll and regeneration of the blood: *Arch Int Med*, 57:73-84
33. Pehlivanoglu H., Gunduz H. H., Ozulku G., Demirci M. (2015.): An investigation of antimicrobial activity of wheatgrass juice, barley grass juice, Hardeliye and Boza. *Inter Interdiscipl J Sci Res*, 2:8-14
34. Premkumari S., Haripriya S. (2010.): Effect of supplementation of wheat germ, wheat bran and wheatgrass to subjects with specific health issues. UGC minor research project No. F33-439/2007(SR)
35. Reichstein, T., Grüssner, A. (1934.): Eine ergiebige Synthese der I-Ascorbinsäure (C-Vitamin), *Helvetica*, Volume 17. Issue 1, 311-328
36. Robbins, R.J. (2003.): Phenolic Acids in Food: An Overview of Analytical Methodology, *J. Agric. Food. Chem.* 2003, 51(10), 2866-2887
37. Scott E., Delor C. (1933.): Nutritional anemia. *Oh ST Med J*, 29:165-69

38. Sethi, J., Yadav, M., dahiya, K., Sood, s., Singh, V., Bhattacharya, S.B. (2010.): Antioxidant effect of *Triticum aestivium* (wheat grass) in high-fat diet-induced oxidatives stres in rabbits. *Methods Find Exp Clin Pharmacol* 2010 May; 32(4):233-5
39. Shukla, V., Vashistha, M., Singh, S.N. (2009.): Evaluation of antioxidant profile and activity of amalaki (*Embllica officinalis*), spirulina and wheat grass. *Indian Journal od Clinical Biochemistry*, 24(1), 70-15
40. Skoczylas Ł., Korus A., Tabaszewska M., Gędoś K., Szczepańsk E. (2017): Evaluation of the quality of fresh and frozen wheatgrass juices depending on the time of grass harvest. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13401
41. Suriyavathana M., Roopavathi I., Vijayan V. (2016.):Phytochemical Characterization of *Triticum Aestivum* (Wheat Grass), *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2016; 5(1):283-286
42. Taiz, L., Zeiger, E. (2010.): *Plant Physiology*. Fifth Edition. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, 164-194
43. Villanueva, C., D. Kross, R. (2012.):Antioxidant-Induced Stress, *Inernacional Journal of Molecular Sciences*, 13(2):2091-2109
44. Von Wettstein, D., Gough, S., Kannangara, C. (1995.): Chlorophyll Biosynthesis. *The Plant Cell*, Vol. 7, 1039-1057
45. Wakeham, P. (2013.). The medicinal and pharmacological screening of wheatgrass juice (*Triticum aestivum L.*): an investigation into chlorophyll content and antimicrobial activity. *The Plymouth Student Scientist*, 2013,Volume 6, No. 2, 20-30

## 9. SAŽETAK

Pšenična trava mladi su izdanci pšenice (*Triticum aestivum* L.) koji se u ljudskoj i životinjskoj prehrani najčešće konzumiraju kao sok, prah te tablete. Sadrži preko 100 elemenata koji su neophodni čovjeku kao što su esencijalne masne kiseline, enzimi i antioksidansi. Izvor je klorofila, vitamina (A, B, B17, C, E, F i K), minerala (željezo, kalij, kalcij i magnezij) te za razliku od zrna pšenice ne sadrži gluten. Zbog svoje nutritivne vrijednosti sok pšenične trave postao je najpopularniji sok mladice na svijetu. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi razlike u sadržaju ukupnih klorofila, karotenoida, fenola i vitamina C u soku i biljnom ostatku koji je ostao nakon cijedenja soka te razlike između deset sorti pšenične trave. U prosjeku za sva provedene ispitivanja utvrđeno je kako biljni ostatak sadrži više ukupnih klorofila, karotenoida i vitamina C u odnosu na sok, ali je u soku utvrđen veći sadržaj fenola s pragom značajnosti od 95 % te 99 %. Također je utvrđena značajna razlika u sadržaju ukupnih klorofila, karotenoida, fenola i vitamina C kod deset sorti pšenične trave sa pragom značajnosti od 95 %. Najbolje rezultate pokazale su sorte Ružica u soku te Divana u biljnom ostatku, a najlošije rezultate imale su sorte Felix u soku te Ludwig u biljnom ostatku. Prema rezultatima provedenog istraživanja može se zaključiti kako bi najbolje bilo za kućnu upotrebu konzumirati cjelovite svježe listove pšenične trave, sorte Ružica i Divana, kako bi se najbolje iskoristio potencijal koji ova nutritivno vrijedna biljka ima.

## **10. SUMMARY**

Wheatgrass are young shoots of wheat (*Triticum aestivum* L.) that are most often consumed in human and animal nutrition as juice, powder and tablets. It contains over 100 elements that are essential to human such as essential fatty acids, enzymes and antioxidants. It is a source of chlorophyll, vitamins (A, B, B17, C, E, F and K), minerals (iron, potassium, calcium and magnesium) and unlike wheat grain it does not contain gluten. Due to its nutritional value, wheatgrass juice has become the most popular shoot juice in the world. The aim of this study was to determine the differences in the content of total chlorophyll, carotenoids, phenols and vitamin C in the juice and plant residue left after squeezing the juice and the differences between the ten varieties of wheat grass. On average, for all tests performed, the plant residue was found to contain more total chlorophyll, carotenoids and vitamin C than the juice, but the juice contained a higher phenol content with a significance threshold of 95 % and 99 %. Also, a significant difference in the content of total chlorophyll, carotenoids, phenols and vitamin C was found in ten different varieties of wheat grass with a significance threshold of 95 %. The varieties Ruzica in juice and Divana in plant residue showed the best results in all tests, and the varieties Felix in juice and Ludwig in plant residue had the worst results. According to the results of the research, it can be concluded that it would be best to consume whole fresh leaves of wheat grass, varieties Ruzica and Divana for home use, in order to best use the potential that this nutritionally valuable plant has.

## **11. POPIS TABLICA**

**Tablica 1.** Sadržaj vitamina C u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 13)

**Tablica 2.** Sadržaj fenola u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 14)

**Tablica 3.** Sadržaj klorofila a u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 15)

**Tablica 4.** Sadržaj klorofila b u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 16)

**Tablica 5.** Sadržaj klorofila a+b u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 17)

**Tablica 6.** Sadržaj karotenoida u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 18)

**Tablica 7.** Omjer klorofila a i b u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 19)

**Tablica 8.** Omjer klorofila i karotenoida u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 20)



## 12. POPIS SLIKA

**Slika 1.** Pšenična trava (*Triticum aestivum* L) (Stranica 1)

**Slika 2.** Kemijska struktura hemoglobina (lijevo) i klorofila (desno) (Izvor: <http://naturlife-bio.hupont.hu/13/klorofil>) (Stranica 2)

**Slika 3.** Kemijska struktura klorofila a (lijevo) i klorofila b (desno) (Izvor: <http://old.gimvic.org/projekti/timko/2003/2c/jesenskolistje/klorofil2.html>) (Stranica 3)

**Slika 4.** Osnovna kemijska struktura fenola (Izvor: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fenol.png>) (Stranica 4)

**Slika 5.** Kemijska struktura askorbinske kiseline (Izvor: <http://www.lamba.hr/proizvodi/vitamini/vitamin-c-aksorbinska-kiselina/>) (Stranica 5)

**Slika 6:** Cijeđenje soka pšenične trave (Stranica 10)

### **13. POPIS GRAFIKONA**

**Grafikon 1.** Prosječan sadržaj ukupnih klorofila (klorofil a+b) u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 24)

**Grafikon 2.** Prosječan sadržaj karotenoida u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 25)

**Grafikon 3.** Prosječan sadržaj vitamina C u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 26)

**Grafikon 4.** Prosječan sadržaj fenola u soku i biljnom ostatku 10 sorti pšenične trave (Stranica 27)

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

SADRAJ VITAMINA C, FENOLA I FOTOSINTETSKIH PIGMENATA KOD PŠENIČNE  
TRAVE (*Triticum aestivum* L.)

Marina Antolović

**Sažetak:**

Pšenična trava mladi su izdanci pšenice (*Triticum aestivum* L.) koji se u ljudskoj i životinjskoj prehrani najčešće konzumiraju kao sok, prah te tablete. Sadrži preko 100 elemenata koji su neophodni čovjeku kao što su esencijalne masne kiseline, enzimi i antioksidansi. Izvor je klorofila, vitamina (A, B, B17, C, E, F i K), minerala (željezo, kalij, kalcij i magnezij) te za razliku od zrna pšenice ne sadrži gluten. Zbog svoje nutritivne vrijednosti sok pšenične trave postao je najpopularniji sok mladice na svijetu. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi razlike u sadržaju ukupnih klorofila, karotenoida, fenola i vitamina C u soku i biljnom ostatku koji je ostao nakon cijedenja soka te razlike između deset sorti pšenične trave. U prosijeku za sva provedena ispitivanja utvrđeno je kako biljni ostatak sadrži više ukupnih klorofila, karotenoida i vitamina C u odnosu na sok, ali je u soku utvrđen veći sadržaj fenola s pragom značajnosti od 95 % te 99 %. Također je utvrđena značajna razlika u sadržaju ukupnih klorofila, karotenoida, fenola i vitamina C kod deset sorti pšenične trave s pragom značajnosti od 95 %. Najbolje rezultate pokazale su sorte Ružica u soku te Divana u biljnom ostatku, a najlošije rezultate imale su sorte Felix u soku te Ludwig u biljnom ostatku. Prema rezultatima provedenog istraživanja može se zaključiti kako bi najbolje bilo za kućnu upotrebu konzumirati cjelovite svježe listove pšenične trave, sorti Ružica i Divana, kako bi se najbolje iskoristio potencijal koji ova nutritivno vrijedna biljka ima.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** izv.prof.dr.sc. Miroslav Lisjak

**Broj stranica:** 37

**Broj slika i grafikona:** 10

**Broj tablica:** 8

**Broj literaturnih navoda:** 45

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** biljni ostatak, fenoli, karotenoidi, klorofil, pšenična trava, sok, vitamin C

**Datum obrane:** 09.10.2020.

**Stručno povjerenstvo za obranu**

1. izv.prof.dr.sc. *Andrijana Rebekić*, predsjednik

2. izv.prof.dr.sc. *Miroslav Lisjak*, mentor

3. prof.dr.sc. *Tihana Teklić*, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate thesis

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
University Graduate Studies, course Plant nutrition and soil science

### CONTENT OF VITAMIN C, PHENOLS AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN WHEAT GRASS (*Triticum aestivum* L.) Marina Antolovic

#### Summary:

Wheatgrass are young shoots of wheat (*Triticum aestivum* L.) that are most often consumed in human and animal nutrition as juice, powder and tablets. It contains over 100 elements that are essential to human such as essential fatty acids, enzymes and antioxidants. It is a source of chlorophyll, vitamins (A, B, B17, C, E, F and K), minerals (iron, potassium, calcium and magnesium) and unlike wheat grain it does not contain gluten. Due to its nutritional value, wheatgrass juice has become the most popular shoot juice in the world. The aim of this study was to determine the differences in the content of total chlorophyll, carotenoids, phenols and vitamin C in the juice and plant residue left after squeezing the juice and the differences between the ten varieties of wheat grass. On average, for all tests performed, the plant residue was found to contain more total chlorophyll, carotenoids and vitamin C than the juice, but the juice contained a higher phenol content with a significance threshold of 95 % and 99 %. Also, a significant difference in the content of total chlorophyll, carotenoids, phenols and vitamin C was found in ten different varieties of wheat grass with a significance threshold of 95 %. The varieties Ruzica in juice and Divana in plant residue showed the best results in all tests, and the varieties Felix in juice and Ludwig in plant residue had the worst results. According to the results of the research, it can be concluded that it would be best to consume whole fresh leaves of wheat grass, varieties Ruzica and Divana for home use, in order to best use the potential that this nutritionally valuable plant has.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** Miroslav Lisjak, PhD, associate professor

**Number of pages:** 37

**Number of figures:** 10

**Number of tables:** 8

**Number of references:** 45

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** carotenoids, chlorophyll, juice, phenols, plant residue, vitamin C, wheatgrass

**Thesis defended on date:** 9<sup>th</sup> of October 2020

#### Reviewers:

1. **Andrijana Rebečić, PhD, associate professor**

2. **Miroslav Lisjak, PhD, associate professor**

3. **Tihana Teklić, PhD, full professor**

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.