

# Kemijski sastav tradicionalnih i novih hibridnih sorata pitomog kestena

---

Grünfeld, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:075123>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-14**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, svibanj 2021.

Petra Grünfeld  
1431/USH

**KEMIJSKI SASTAV  
TRADICIONALNIH I NOVIH  
HIBRIDNIH SORATA PITOMOG  
KESTENA**

Rad je izrađen u Laboratoriju za kontrolu kvalitete u prehrambenoj industriji na Zavodu za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Nade Vahčić te uz pomoć Valentine Hohnjec, tehničke suradnice Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda

Laboratorij za kontrolu kvalitete u prehrambenoj industriji

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

### KEMIJSKI SASTAV TRADICIONALNIH I NOVIH HIBRIDNIH SORATA PITOMOG KESTENA

*Petra Grünfeld, 1431/USH*

**Sažetak:** Cilj ovog istraživanja bio je odrediti kemijski sastav 24 uzoraka kestena iz okolice Karlovca te dobivene rezultate usporediti s rezultatima drugih istraživanja. Određen je osnovni kemijski sastav: udio vode, udio pepela, udio proteina, udio prirodnog inverte, udio saharoze, udio škroba te udio masti. Analizom kemijskog sastava dobiveni su sljedeći rezultati: udio vode u ispitivanim uzorcima kestena nalazi se u rasponu od 42,89 % do 57,75 %, udio pepela je od 0,80 % do 1,83 %, udio ukupnih proteina se nalazi u rasponu od 2,65 % do 6,41 %, udio prirodnog inverte je u rasponu od 0,83 % do 3,02 %, udio saharoze je od 2,97 % do 18,04 %, udio škroba je u rasponu od 26,22 % do 32,70 % te udio masti iznosi od 0,80 % do 1,86 %.

**Ključne riječi:** kesten, kemijski sastav

**Rad sadrži:** 49 stranica, 18 slika, 5 tablica, 52 literaturna navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u:** Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** Prof. dr. sc. Nada Vahčić

**Pomoć pri izradi:** Valentina Hohnjec, teh. sur.

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. Prof.dr.sc. Branka Levaj
2. Prof.dr.sc. Nada Vahčić
3. Prof.dr.sc. Ksenija Marković
4. Izv.prof.dr.sc. Martina Bituh (zamjena)

**Datum obrane:** 28. Svibnja, 2021

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Department of Food Quality Control  
Laboratory for Food Quality Control

Scientific area: Biotechnical Sciences  
Scientific field: Food Technology

### CHEMICAL COMPOSITION OF TRADITIONAL AND NEW HYBRID VARIETIES OF CHESTNUT

*Petra Grünfeld, 1431/USH*

**Abstract:** *The aim of this study was to determine the chemical composition of 24 chestnut samples from Karlovac area and to compare the obtained results with the results of other studies. The basic chemical composition was determined: water content, ash content, protein content, natural invert content, sucrose content, starch content and fat content. The analysis of the chemical composition gave the following results: the water content in the tested chestnut samples ranges from 42,89 % to 57,75 %, the ash content is from 0,80 % to 1,83 %, the total protein content is in the range from 2,65 % to 6,41 %, the natural invert content is in the range of 0,83 % to 3,02 %, the sucrose content is from 2,97 % to 18,04 %, the starch content ranges from 26,22 % to 32,70 % and the fat content ranges from 0,80 % to 1,86 %.*

**Keywords:** chestnut, chemical composition

**Thesis contains:** 49 pages, 18 figures, 5 tables, 52 references

**Original in:** Croatian

**Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) version is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

**Mentor:** PhD. Nada Vahčić, Full professor

**Technical support and assistance:** Valentina Hohnjec, tech. assist.

**Reviewers:**

1. PhD. Branka Levaj, Full professor
2. PhD. Nada Vahčić, Full professor
3. PhD. Ksenija Marković, Full professor
4. PhD. Martina Bituh, Associate professor (substitute)

**Thesis defended:** 28. May, 2021

## Sadržaj

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. UVOD.....</b>                                        | <b>1</b>  |
| <b>2. TEORIJSKI DIO.....</b>                               | <b>2</b>  |
| 2.1. POVIJEST KESTENA.....                                 | 2         |
| 2.2. RASPROSTRANJENOST KESTENA.....                        | 3         |
| 2.3. VRSTE KESTENA.....                                    | 6         |
| 2.3.1. Europski kesten ( <i>Castanea sativa</i> Mill)..... | 7         |
| 2.3.2. Japanski kesten ( <i>Castanea crenata</i> ).....    | 8         |
| 2.3.3. Kineski kesten ( <i>Castanea mollissima</i> ).....  | 9         |
| 2.3.4. Američki kesten ( <i>Castanea dentata</i> ).....    | 10        |
| 2.4. BOLESTI KESTENA.....                                  | 11        |
| 2.4.1. Tintna bolest.....                                  | 11        |
| 2.4.2. Rak kestenove kore.....                             | 12        |
| 2.5. KEMIJSKI SASTAV KESTENA.....                          | 13        |
| <b>3. EKSPERIMENTALNI DIO.....</b>                         | <b>18</b> |
| 3.1. MATERIJALI.....                                       | 18        |
| 3.2. METODE RADA.....                                      | 18        |
| 3.2.1. Priprema uzorka.....                                | 18        |
| 3.2.2. Određivanje udjela vode.....                        | 18        |
| 3.2.3. Određivanje udjela pepela.....                      | 19        |
| 3.2.4. Određivanje udjela proteina.....                    | 21        |
| 3.2.5. Određivanje udjela ugljikohidrata.....              | 23        |
| 3.2.6. Određivanje udjela škroba.....                      | 26        |
| 3.2.7. Određivanje udjela masti.....                       | 28        |
| <b>4. REZULTATI I RASPRAVA.....</b>                        | <b>30</b> |
| <b>5. ZAKLJUČCI.....</b>                                   | <b>42</b> |
| <b>6. LITERATURA.....</b>                                  | <b>44</b> |

# 1.UVOD

Kesten (*Castanea sativa*) najstarije je uzgajano voće na svijetu. Plodovi kestena imaju visoku hranjivu vrijednost, a drvo je visokokvalitetno. Kesten ima značajnu važnost za ljudsko zdravlje kao izvor antioksidansa i kao izvor drugih korisnih bioaktivnih tvari (Vasconcelos i sur., 2010). Plodovi kestena vrlo su cijenjeni i konzumiraju se u cijeloj Europi, Americi i Aziji. Dostupni su kao svježi plodovi i industrijski obrađeni. Ljudi ga konzumiraju u velikim količinama, stoga ima vrlo važnu ulogu u prehranbenim navikama. Kesten ima visoku kalorijsku vrijednost te bogat hranjivi sastav. Sadrži veliku količinu ugljikohidrata, bjelancevina i dijetalnih vlakana. Osim toga, kesten se razlikuje od ostalih orašastih plodova zbog niskog udjela masti i soli, što ih čini idealnima za prehranu i zdravlje ljudi (Mujić i sur., 2010).

Kesten je višegodišnja biljka koja pripada skupini listopadnog drveća te može doseći visinu do 30 metara i starost ponekad i preko 500 godina. Pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.) jedina je autohtona vrsta roda *Castanea* u Europi, s najvećom rasprostranjenosti u južnom dijelu kontinenta. Vrijedan je resurs za mnoga mediteranska planinska područja zbog svojih jestivih plodova i kvalitetne drvne građe i to je čini jednom od najvažnijih šumskih vrsta u mediteranskom slivu. *C. sativa* bila je tradicionalno važan izvor hrane za ljudsku populaciju, posebno u ruralnim područjima, a već se uzgajala u rimsko doba. Rimljani se smatraju odgovornima za veliko širenje ove vrste kroz Mediteransku regiju, kao i kroz srednju Europu i zemlje kao što su Njemačka, Francuska, Švicarska, Austrija, Mađarska itd. (Konstantinidis i sur., 2009).

Kesten je visoko cijenjeni orašasti plod u zemljama južne Europe, gdje je čest sastojak mediteranske prehrane od davnina. Posljednjih desetljeća njegova se upotreba i potrošnja povećala djelomično zahvaljujući različitim proizvodima od kestena dostupnim na tržištu. Ipak, potrošači i dalje preferiraju svježije kestene za koje smatraju da imaju veću kvalitetu i veće pozitivne učinke na zdravlje. Prije konzumiranja, kesteni se najčešće kuhaju ili peku (Barros i sur., 2011).

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti kemijski sastav 24 uzoraka tradicionalnih i novih hibridnih sorata pitomog kestena (*Castanea sativa*) uzgajanih u nasadima u okolici grada Karlovca te usporediti dobivene rezultate s rezultatima drugih istraživanja.

## 2.TEORIJSKI DIO

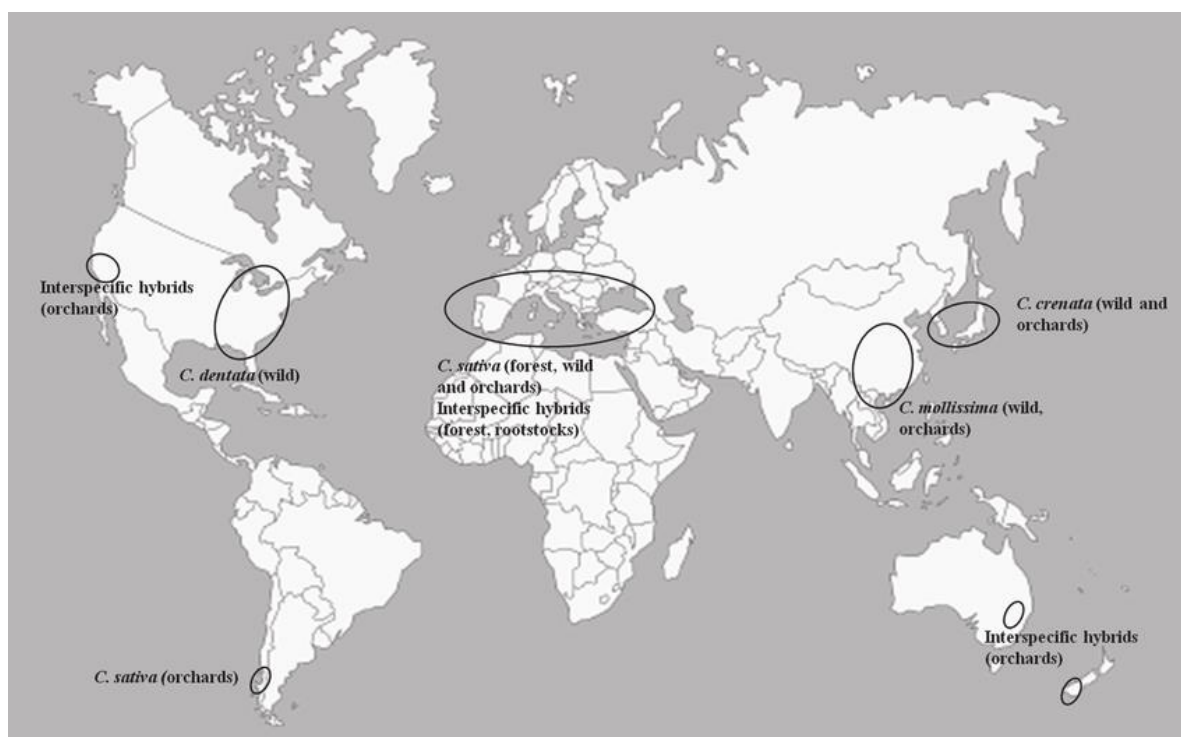
### 2.1 POVIJEST KESTENA

Mala Azija, točnije regija Zakavkazja, smatra se središtem pripitomljavanja, uzgoja i širenja *C. sativa* (europskog kestena ili slatkog kestena). U Aziji, uglavnom u Kini, kineski kesteni (*C. mollissima*, *C. henryi* i *C. sequinii*) nalaze se divlji i uzgajani, a povijest uzgoja kineskog kestena mogla se pratiti unatrag mnogo stoljeća prije nove ere. Japan, Korejski poluotok i područja istočne Azije prirodna su područja japanskog kestena (*C. crenata*). Japanske kronike navode da je u doba carice Jito Tenno (645. - 703.g) promoviran uzgoj kestena u svrhu borbe protiv gladi i od razdoblja Nare do Heiana (710 - 1180.g), upotreba divljih i kultiviranih kestena je procvjetala (Beccaro i sur., 2020).

Tijekom Rimskog carstva, zahvaljujući rimskim legijama, slatki se kesten proširio izvan talijanskog poluotoka u ostatak Europe od istoka (Rumunjska, Mađarska) do zapada (Španjolska, Portugal) i do južne Engleske. Od srednjeg vijeka kesten je zamijenio hrast u europskim šumama te kesteni postaju glavna hrana. Tako da su stoljećima plodovi kestena u ruralnim područjima osiguravali hranu, a osušeni su bili pohranjeni za cijelu godinu, dok se drvo koristilo za ogrjev ili građenje. Danas kesten još uvijek dominira šumama, a plantaže se nalaze u 25 zemalja i pokrivaju površinu veću od 2 milijuna hektara. Nakon razdoblja napuštanja do kraja dvadesetog stoljeća, dijelovi starih šuma kestena su obnovljeni i uspostavljeni su novi nasadi. U Turskoj *C. sativa* je rasprostranjena u širokom rasponu kako u prirodnim šumama tako i na plantažama. U Sjevernoj Americi *C. dentata*, šumski div, bila je dominantna vrsta u širokolisnim šumama duž Apalačkog područja. Drvena industrija kestena nestala je prije otprilike jednog stoljeća, jer su rak kore i tintna bolest uništili američki kesten. Prije uništenja pružao je male orašaste plodove, ogrjevno drvo, građevinsko drvo i proizvode od drva. Danas je u Sjevernoj Americi uspostavljeno nekoliko plantaža kestena od gospodarskog značaja, uglavnom zasnovanih na azijskim vrstama kestena ili hibridima. Na južnu hemisferu, uglavnom u Australiju, Novi Zeland, Čile i Argentinu, *C. sativa* su iz Europe tijekom devetnaestog stoljeća unijeli prvi doseljenici koji su sa sobom donijeli sjeme prehrambenih biljaka iz vlastitih zemalja. U Australiji je zlatna groznica 1850-ih i 1860-ih dovela do prvih nasada stabala kestena. Iako prve plantaže potječu iz tog razdoblja, u Čileu i Australiji prava industrija kestena započela je tek sredinom dvadesetog stoljeća (Beccaro i sur., 2020).

## 2.2.RASPROSTRANJENOST KESTENA

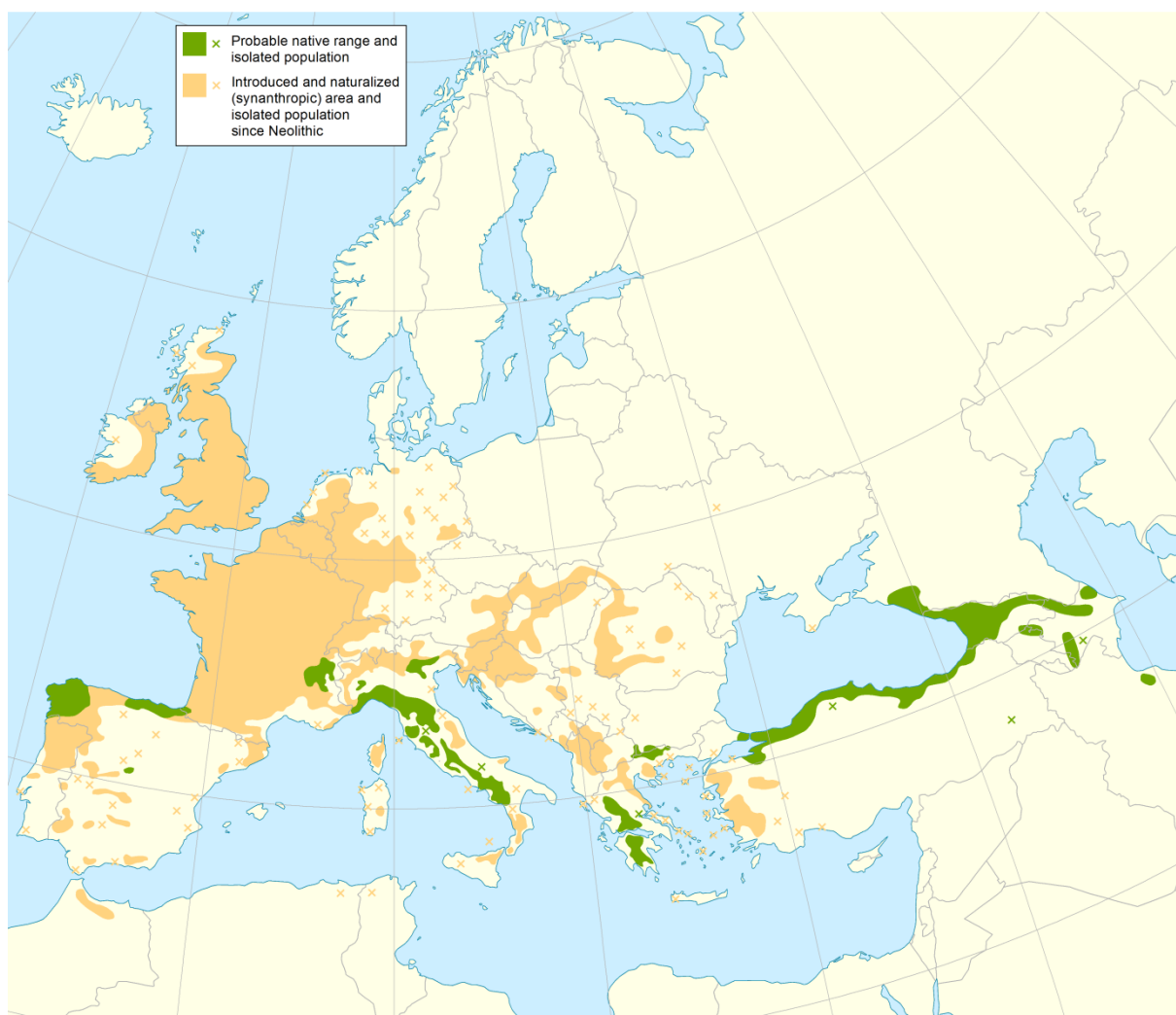
Na svijetu postoje tri glavna područja uzgoja kestena, a to su Azija, Europa i Sjeverna Amerika. Prirodna rasprostranjenost europskog kestena (*C. sativa*) obuhvaća Europu i sve mediteranske zemlje. U Aziji (Kina, Koreja, Japan, Vijetnam) javljaju se *C. crenata*, *C. mollissima*, *C. seguinii* i *C. henryi*. U Sjevernoj Americi *C. dentata* je rijetko prisutan u svom izvornom stanju duž Apalačkog gorja zbog razornog utjecaja raka kestenove kore, a *C. pumila* se nalazi u jugoistočnim državama (Beccaro i sur., 2020). Na slici 1 prikazana je karta s glavnim područjima na kojima se uzgaja kesten.



Slika 1. Glavna područja uzgoja kestena (Badenes i Byrne, 2012)

Istraživanje među europskim zemljama procjenjuje da ima 2,22 milijuna hektara šuma kojom dominira kesten (Conedera i sur., 2004). Glavne zemlje proizvođača kestena na svijetu su Kina (1.685.000 tona), Bolivija (78.000 tona), Turska (64.000 tona), Južna Koreja (56.000 tona) i Italija (52.000 tona) (Badenes i Byrne, 2012). Autohtona vrsta kestena *C. sativa* u Europi rasprostranjena je u šest makroregija: područje Zakavkazja, sjeverozapadna Anatolija, zaleđe Tirenske obale od Ligurije do Lacija uz područje Apenina, regija oko Laghi di Monticchio u južnoj Italiji, Kantabrijska obala na Pirenejskom poluotoku te vjerojatno i grčki

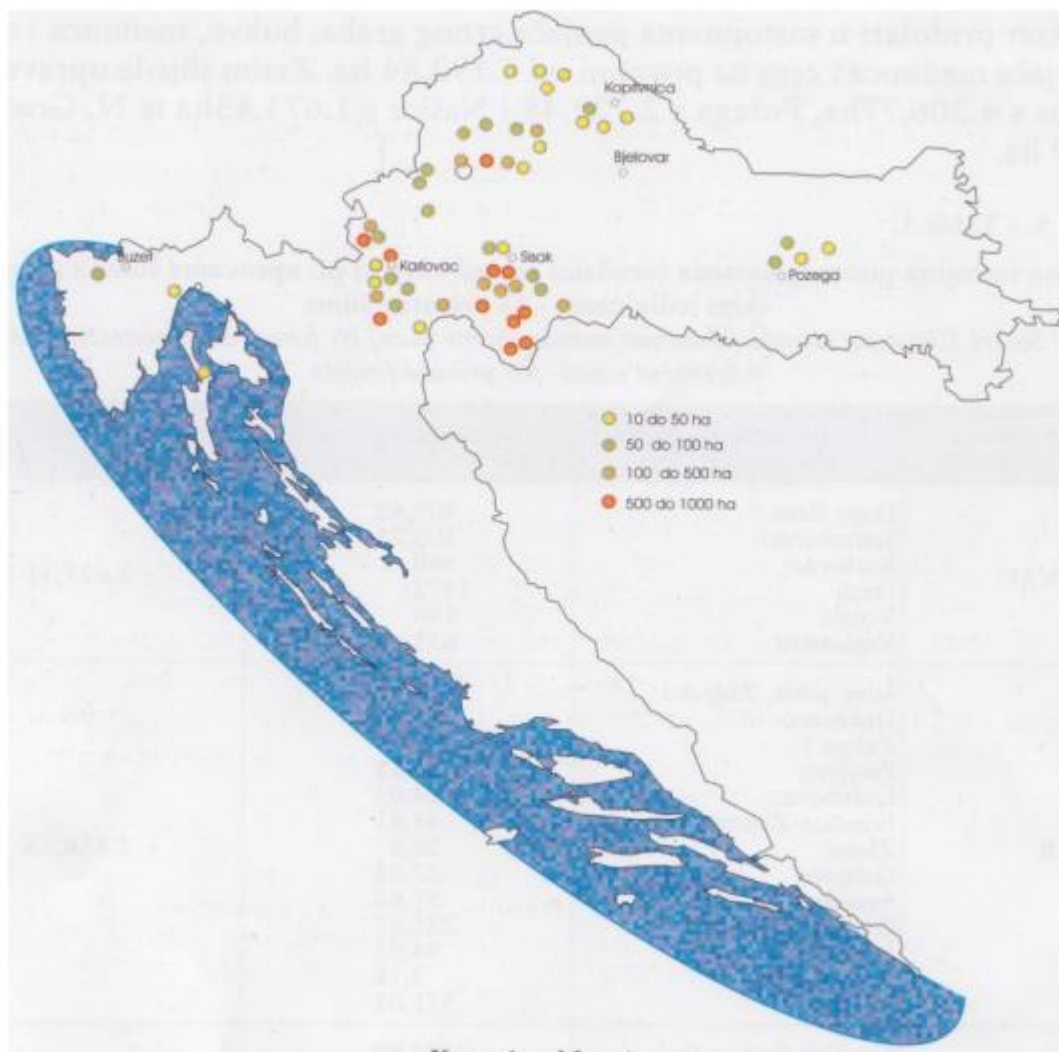
poluotok i sjeveroistočna Italija (Krebs i sur., 2004). Na slici 2 prikazana je karta raspodjele *C.sativa* u Europi.



Slika 2. Raspodjela slatkog kestena u Europi (Europska komisija, 2017)

U Hrvatskoj pitomi kesten dominira na oko 15.000 hektara po čemu se ističe područje Uprave šuma Siska, Karlovca, Zagreba, Koprivnice, Požege, Bjelovara i Buzeta. Ukupno šumskih površina u Hrvatskoj na kojima je pitomi kesten dominantan ili se nalazi zajedno s drugim vrstama drveća ima oko 130.000 hektara (Medak, 2004). Iako se kesten smatra voćkom, pitomi se kesten u Hrvatskoj ne uzgaja kao ostale voćke u voćnjacima, nego raste samo u šumama na odgovarajućim staništima. Glavni je razlog tome kiselo tlo. Pitomi kesten uspijeva samo na jako kiselim i kiselim tlima (pH 4 - 5), umjereno vlažnim, dubokim i rastresitim, s mnogo humusa, željeza i kalija, u područjima s vlažnom klimom i blagim jesenima, na sunčanim, toplim i svijetlim položajima u područjima uzgoja vinove loze (Prgomet i sur., 2011). Poznata područja pitomog kestena u Hrvatskoj su brežuljkasti krajevi

između Drave i Save, između Kupe, Korane i Une, u okolici Opatije i Lovrana, u istočnoj Istri te na Krku. Najveći dio kestenovih šuma nalazi se na području Uprave šuma Sisak sa 7324,88 hektara ili 48,8 %. Također je značajan udio kestenovih šuma na području Uprave šuma Karlovac (31,7 %) i Uprave šuma Zagreb (15,0 %) (Prgomet i sur., 2011). Na slici 3 prikazana je rasprostranjenost pitomog kestena u Republici Hrvatskoj.



Slika 3. Rasprostranjenost pitomog kestena u Republici Hrvatskoj (Prgomet i sur., 2011)

## 2.3 VRSTE KESTENA

U tablici 1 navedene su botaničke vrste kestena, od kojih su najznačajnije *Castanea sativa* (europski kesten), *Castanea crenata* (japanski kesten), *Castanea mollissima* (kineski kesten) i *Castanea dentata* (američki kesten).

Tablica 1. Botaničke vrste kestena (Mencarelli, 2001)

| Vrste                  |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Europske               | Azijske                                                                                                                                                          | Američke                                                                                                                                                                                                                     |
| <i>Castanea sativa</i> | <i>C. crenata</i> (japanski kesten)<br><i>C. mollissima</i> (kineski kesten)<br><i>C. seguinii</i> (Kina)<br><i>C. davidii</i> (Kina)<br><i>C. henryi</i> (Kina) | <i>C. dentata</i> (istočne države)<br><i>C. pumila</i> (istočne države)<br><i>C. ashei</i> (južne države)<br><i>C. floridana</i> (južne države)<br><i>C. alnifolia</i> (južne države)<br><i>C. paupispina</i> (južne države) |

### 2.3.1 Europski kesten (*Castanea sativa* Mill.)

*Castanea sativa* je srednje veliko stablo koje naraste 30 - 35 metara u visinu s deblom promjera 1,5 - 2 metara u osnovi. Kada je uzgajan, može doseći vrlo veliku veličinu, s deblom promjera većim od 6 metara. Ovo je stablo dugovječna vrsta, a procjenjuje se da su neke biljke stare više od 1000 godina. Listovi su dugi i uski, s nazubljenim rubovima. Cvjetanje se događa u lipnju i srpnju. Muški se cvjetovi razvijaju u duge žućkasto-zelene rese, sa ženskim cvjetovima u njihovoj osnovi, koji su ugrađeni u malu bodljikavu zelenu ovojnicu. Oprašivanje se vrši pomoću vjetra i kukaca. Na slici 4 prikazan je plod europskog kestena, smeđkasti oraščić zatvoren u bodljikavom kalupu (Europska komisija, 2017).



Slika 4. Plodovi slatkog kestena (Europska komisija, 2017)

### 2.3.2 Japanski kesten (*Castanea crenata*)

*Castanea crenata* proširio se iz Japana u Koreju i sjeveroistočnu Kinu, a udomaćen je u Južnoj Koreji i na Tajvanu. Može se naći na plodnim, nedavnim vulkanskim tlima, a favorizira blagu ljetnu i zimsku klimu, s obilnim kišama (1200 - 1400 mm / godišnje) po ljeti (Beccaro i sur., 2020). Stablo obično ne prelazi 8 - 10 metara visine, ali može doseći 15 metara i 60 centimetara u promjeru. Gornja strana lišća je tamnozeleno, a donja strana svijetlozelena. Listovi su oštri s jako označenim rubovima. Plodovi se razlikuju od drveta do drveta, a neki mogu težiti više od 30 grama. Plodovi obično nisu slatki te imaju prijanjajuću pelikulu koju je teško odvojiti od jezgre (Mellano i sur., 2012). Na slici 5 prikazani su plodovi i listovi japanskog kestena.



Slika 5. Japanski kesten (*Castanea crenata*) (Tanabe, 2017)

### 2.3.3 Kineski kesten (*Castanea mollissima*)

*Castanea mollissima* je stablo srednje veličine, visoko oko 12 metara s promjerom od 75 - 80 centimetara. Listovi su nazubljeni, nepravilni, slabo izraženi te imaju oštri vrh. Gornja strana lišća je svijetlozelena, a donja strana je bjelkastosiva ili baršunasta uslijed spolne zrelosti. Plodovi su okrugli ili eliptični te su jako slatki, ali ne toliko kao američki kesteni. Kineski kesten bogatiji je proteinima nego japanski ili europski. Pelikula je tanka i lako se guli. U sjevernim područjima, kesteni su mali s težinom manjom od 15 grama, svijetle su boje te su dobrog, slatkog okusa. U subtropskim regijama, plodovi većine sorata su veliki, s težinom od 15 do 20 grama te sadrže visoki udio škroba (Mellano i sur., 2012). Na slici 6 prikazan je izgled plodova i listova kineskog kestena.



Slika 6. Kineski kesten (*Castanea mollissima*) (Grundmann, 2020)

#### 2.3.4 Američki kesten (*Castanea dentata*)

*Castanea dentata* najotpornija je vrsta roda *Castanea*, gdje neki genotipovi mogu preživjeti temperature do -35 °C. Stabljike su male, oštre, smeđe i bez dlake. Listovi su oblikom i dimenzijama slični *C. sativa*, tanki su i uglavnom bez dlake, ponekad imaju samo nekoliko dlačica. Na slici 7 prikazani su plodovi američkog kestena koji su jako mali i slatki, s tankom pelikulom koja se lako guli (Mellano i sur., 2012). Stabla su visoka, ravna i stupasta. Mogu doseći visinu od 30 metara ili više s promjerom debla od 90 do 150 centimetara (Vossen, 2000).



Slika 7. Američki kesten (*Castanea dentata*) (Stewart, 2018)

## 2.4 BOLESTI KESTENA

### 2.4.1 Tintna bolest

Tintna bolest je razarajuća bolest koja napada pitomi kesten u Europi i Americi. Uzrokuje trulež korijena, vrata korijena i trulež odraslih stabala i sadnica u rasadnicama, plantažama i prirodnim staništima, šumama. Uzročnici bolesti egzistiraju u tlu. Napadaju stabla preko korijena, napadaju oslabljena stabla, a kod unesenih vrsta koje nisu otporne na ovu bolest, napadaju i zdravo drveće (Vannini i Vettraino, 2001). Tintnu bolest uzrokuju gljivični organizmi *Phytophthora cambivora* i *Phytophthora cinnamomi*, koji pripadaju *Oomycoti*, velikoj skupini mikroorganizama koji izgledaju poput gljivica. Iako su prve razarajuće epidemije u Europi zabilježene već u devetnaestom stoljeću, smatra se da su ova dva patogena koja se prenose tлом prisutna u Europi najmanje od 1726. godine. Primarni simptomi su lezije korijena, koje se mogu proširiti na vrat korijena, iz kojeg često istječu tekućine nalik tinti, a od tuda i ime ovoj bolesti. Sekundarni simptomi su općenito odumiranje krošnje, uključujući eventualno ukupno propadanje, koji se javljaju više ili manje brzo, ovisno o otpornosti drveća i uvjetima okoline (Beccaro i sur., 2020). *Phytophthora* spp. prvo zarazi malo korijenje koje apsorbira vodu i minerale i koje može potpuno istrunuti, a to rezultira važnim gubitkom korijenja. Daljnom infekcijom, veći korijeni također postaju kolonizirani patogenom i pokazuju kortikalnu nekrozu ili propadanje, a unutarnja tkiva postaju smeđa ili crna. Korijeni sadnica postaju mekši i lakše se lome nego inače (Beccaro i sur., 2020). Jasno su uočljive tamne nekroze na vratu korijena i stabla. Izgledaju kao da ih je spržio plamen, a najviše je zaraženo glavno korijenje (Vannini i Vettraino, 2001). Na slici 8 prikazano je stablo kestena zaraženo tintnom bolesti.



Slika 8. Tintna bolest (Anselmi i Vannini, 2003)

#### 2.4.2 Rak kestenove kore

Rak kestenove kore je bolest koju uzrokuje *Cryphonectria parasitica*, askomicetna gljiva porijeklom iz istočne Azije koja je unesena početkom 1900-ih u Sjevernu Ameriku, a zatim u Europu. Bolest je uništila autohtone šume *C. dentata* u Sjedinjenim Državama pri čemu je zbog bolesti propalo oko 3,5 milijardi stabala kestena (Beccaro i sur., 2020). *C. parasitica* je parazit kojem je potrebno ulazno otvoreno mjesto u kori. Najčešće su zaraze na mjestima gdje ima najviše pukotina, a to su rašlje grana te mjesta gdje se dodiruju grane i međusobno tare. Zarazi pridonose i mehanička oštećenja kore nastala djelovanjem čovjeka i životinja. Oboljela kora postaje zagasitija te crvenkasta. Kora se uzdužno raspucava i nekrotizira te nastaju hipertrofije u obliku tumora. Nastavlja se raspucavanje kore te pukotine postaju sve uočljivije. Zatim gljiva prodire do kambija kojeg uništava te se kora suši i odlijepljuje od drva, a na tom mjestu se vide otvorene rane. Na oboljeloj kori razvijaju se crvena ispupčenja. Daljnim razvojem bolesti kora još jače puca, rane se povećavaju i zaraženi dijelovi se suše (Glavaš, 2004). Na slici 9 prikazan je izgled stabla kestena zaraženog rakom kestenove kore.



Slika 9. Rak kestenove kore (Powell, 2017)

## 2.5 KEMIJSKI SASTAV KESTENA

Kesteni su hranjivo voće bogato nezasićenim masnim kiselinama i drugim bioaktivnim spojevima, kao što su visokokvalitetni biljni proteini, vlakna, minerali, tokoferoli, fitosteroli i fenolni spojevi (Ros, 2010). Konzumacija kestena postala je važnija u prehrani ljudi zbog zdravstvenih blagodati zahvaljujući prisutnosti bioaktivnih komponenti (Blomhoff i sur., 2006.). Kesteni sadrže značajnu količinu vitamina, vlakana, esencijalnih masnih kiselina i minerala (Borges i sur., 2008).

Glavni sastojci kestena su ugljikohidrati, uglavnom škrob i saharoza. Kesteni imaju veći udio saharoze od pšenice, oraha i krumpira, a također imaju i visoki udio škroba. Sadržaj vlakana u kestenu kreće se od 7 do 8 g na 100 g svježih plodova, a odgovoran je za strukturu plodova koja određuje njegovu konzistenciju, važnu za procjenu kvalitete proizvoda. Sadržaj proteina sličan je mlijeku, dok prolamin i glutenin nisu prisutni. Zbog toga se kestenovo brašno može koristiti za proizvodnju kruha samo ako se pomiješa s brašnom od žitarica ili raži. Globulini su glavni proteini, s visokim sadržajem albumina. Proteini kestena sadrže puno lizina i treonina, a metionina je malo. Kesten također sadrži značajne količine  $\gamma$ -amino maslačne kiseline (GABA). Za razliku od drugog suhog voća (poput oraha, lješnjaka i badema) bogatih masnim kiselinama i lipidima, kesten pokazuje niske vrijednosti masti (oko 0,5 - 2,0 g / 100 g). Također, kesteni ne sadrže kolesterol. Sadržaj esencijalnih masnih kiselina (linolna i linolenska kiselina) sličan je krumpiru i pšenici, čineći oko 65 % ukupnog sadržaja masti. Europski kesten ima visoki udio zasićenih masnih kiselina i polinezasićenih masnih kiselina (oko 20 %, odnosno 45 %). S druge strane, japanski i kineski kesten imaju veći udio mononezasićenih masnih kiselina (oko 55 % - 60 %) od europskog kestena (oko 40 %). Masne kiseline u kestenu su palmitinska, stearinska, oleinska, linolna i  $\alpha$ -linolenska kiselina. Kesteni *C. mollissima* i *C. dentata* imaju najveći udio nezasićenih masnih kiselina (89 %, odnosno 87 %), dok je palmitinska kiselina prevladavajuća zasićena masna kiselina. Stearinska kiselina pokazuje relevantne količine samo u američkim i europskim kestenima, dok su male količine prisutne u *C. mollissima*. Oleinska kiselina glavna je masna kiselina u američkim i kineskim kestenima, dok je linolna kiselina glavna masna kiselina u europskom kestenu. Glavne organske kiseline prisutne u kestenima su oksalna (1 - 30 mg / 100 g), limunska (100 - 400 mg / 100 g), jabučna (10 - 150 mg / 100 g), vinska (50 - 200 mg / 100 g) i fumarna (0,05 - 2 mg / 100 g) kiselina. Američki kesten pokazuje veći udio kalija (500 mg / 100 g) od ostalih glavnih vrsta kestena. Sadržaj magnezija, fosfora i mangana u kineskom

kestenu (oko 2 mg / 100 g) veći je nego u europskom (oko 0,5 mg / 100 g) i japanskom (1,5 mg / 100 g). Japanski kesten sadrži veliku količinu kalcija, željeza, natrija, cinka i bakra (oko 0,5 mg / 100 g). Sadržaj natrija u američkim, kineskim i europskim vrstama iznosi oko 3 mg / 100 g, dok sadržaj kalcija kod *C. dentata* varira između 20 i 25 mg / 100 g. Američki i kineski kesten sadrže oko 500 µg fenolnih kiselina na 100 g svježeg voća. Galna kiselina je dominantna fenolna kiselina prisutna u ovim vrstama. Protokatehinska, kofeinska, p-hidroksibenzojeva i siringinska kiselina prisutne su u niskim koncentracijama. Kesteni sadrže značajne količine vitamina C, folata i vitamina A. Sadržaj vitamina C veći je u europskom kestenu (oko 30 mg / 100 g), u usporedbi s prosjekom kineskih i japanskih sorti (25 i 16 mg / 100 g). Sadržaj folata i vitamina A u prosjeku je veći u kineskom kestenu (10 µg / 100 g) u usporedbi s drugim vrstama. Kesteni također sadrže tiamin (B1), riboflavin (B2), niacin (B3), pantotensku kiselinu (B5) i piridoksin (B6). Vitamini skupine B su termostabilni (kuhanjem se ne uništavaju) i čine aktivni dio različitih koenzima koji sudjeluju u bitnim metaboličkim funkcijama. Vitamin B1, iako prisutan u malim količinama (0,1 mg / 100 g), održava tonus mišića tijekom tjelesne aktivnosti. Kesteni imaju vitamin E u tragovima. Ne postoji puno informacija o alergenosti kestena. Neka istraživanja izvještavaju da je kesten treći najrasprostranjeniji alergen u hrani i kod odraslih i kod djece. Kuhanjem kestena smanjuje se alergeni potencijal (Beccaro i sur., 2020). U tablici 2 prikazan je kemijski sastav sirovog, oguljenog europskog kestena.

Tablica 2. Kemijski sastav sirovog, oguljenog europskog kestena (USDA, 2019)

| Sastav               | Mjerna jedinica | Vrijednost na 100g |
|----------------------|-----------------|--------------------|
| Voda                 | g               | 52                 |
| Energija             | kcal            | 196                |
| Energija             | kJ              | 820                |
| Proteini             | g               | 1.63               |
| Ukupne masti         | g               | 1.25               |
| Pepeo                | g               | 0.96               |
| Ugljikohidrati       | g               | 44.17              |
| Mineralne tvari      | Mjerna jedinica | Vrijednost na 100g |
| Kalcij, Ca           | mg              | 19                 |
| Željezo, Fe          | mg              | 0.94               |
| Magnezij, Mg         | mg              | 30                 |
| Fosfor, P            | mg              | 38                 |
| Kalij, K             | mg              | 484                |
| Natrij, Na           | mg              | 2                  |
| Cink, Zn             | mg              | 0.49               |
| Bakar, Cu            | mg              | 0.418              |
| Mangan, Mn           | mg              | 0.336              |
| Vitamini             | Mjerna jedinica | Vrijednost na 100g |
| Vitamin C            | mg              | 40.2               |
| Tiamin               | mg              | 0.144              |
| Riboflavin           | mg              | 0.016              |
| Niacin               | mg              | 1.102              |
| Pantotenska kiselina | mg              | 0.476              |
| Vitamin B6           | mg              | 0.352              |
| Folat, ukupni        | µg              | 58                 |
| Folna kiselina       | µg              | 0                  |
| Vitamin B12          | µg              | 0                  |
| Vitamin A, RAE       | µg              | 1                  |
| Retinol              | µg              | 0                  |
| Vitamin A, IU        | IU              | 26                 |
| Vitamin D (D2+D3)    | µg              | 0                  |

Tablica 2. Kemijski sastav sirovog, oguljenog europskog kestena (USDA, 2019) - nastavak

| <b>Lipidi</b>         | <b>Mjerna jedinica</b> | <b>Vrijednost na 100g</b> |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| Zasićene MK           | g                      | 0.235                     |
| 14:0                  | g                      | 0.005                     |
| 16:0                  | g                      | 0.212                     |
| 18:0                  | g                      | 0.012                     |
| Mononezasićene MK     | g                      | 0.43                      |
| 16:1                  | g                      | 0.012                     |
| 18:1                  | g                      | 0.413                     |
| 20:1                  | g                      | 0.005                     |
| Polinezasićene MK     | g                      | 0.493                     |
| 18:2                  | g                      | 0.44                      |
| 18:3                  | g                      | 0.053                     |
| Kolesterol            | mg                     | 0                         |
| <b>Aminokiseline</b>  | <b>Mjerna jedinica</b> | <b>Vrijednost na 100g</b> |
| Triptofan             | g                      | 0.018                     |
| Treonin               | g                      | 0.058                     |
| Izoleucin             | g                      | 0.064                     |
| Leucin                | g                      | 0.096                     |
| Lizin                 | g                      | 0.096                     |
| Metionin              | g                      | 0.038                     |
| Cistein               | g                      | 0.052                     |
| Fenilalanin           | g                      | 0.069                     |
| Tirozin               | g                      | 0.045                     |
| Valin                 | g                      | 0.091                     |
| Arginin               | g                      | 0.116                     |
| Histidin              | g                      | 0.045                     |
| Alanin                | g                      | 0.109                     |
| Asparaginska kiselina | g                      | 0.281                     |
| Glutaminska kiselina  | g                      | 0.21                      |
| Glicin                | g                      | 0.084                     |
| Prolin                | g                      | 0.086                     |
| Serin                 | g                      | 0.081                     |

Zahvaljujući svojim hranjivim i senzorskim svojstvima i potencijalnim zdravstvenim učincima, kesten ima važnu ulogu u ljudskoj prehrani i može se smatrati hranom koja unaprjeđuje zdravlje. Dobar je izvor esencijalnih masnih kiselina i koristan je za prevenciju krvožilnih bolesti kod odraslih te je dobar za razvoj mozga i mrežnice u novorođenčadi. Značajna prisutnost polinezasićenih masnih kiselina, kao npr linolne kiseline, može pomoći u smanjenju kolesterola i prevenciji koronarne bolesti. Kesteni su izvrstan izvor energije i idealni su za prevenciju tjelesnog i mentalnog stresa, ali se ne preporučuju dijabetičarima. Kesten bi se mogao smatrati alternativnom hranom za ljude alergične na laktozu iz kravljeg mlijeka ili osobe s intolerancijom na žitarice. Orašaste plodove općenito se preporučuje uzimati zajedno s povrćem, voćem i žitaricama kako bi se povećao unos vlakana kod potrošača. Niski udio natrija dodatna je prednost kestena, jer se često preporuča dijeta s niskim udjelom natrija kako bi se smanjio krvni tlak (Beccaro i sur., 2020).

Prije konzumiranja kestena, neizbježan je korak toplinske obrade cijelog kestena ili kestenova brašna. Toplinski postupci, poput kuhanja, znatno mijenjaju senzorska i nutritivna svojstva kestena, pri čemu su mnoge od tih promjena izravno ili neizravno povezane sa želatinizacijom škroba (Cruz i sur., 2013). Također, nutritivna vrijednost znatno varira ovisno o načinu kuhanja i pripreme. Ako se kuha, vlažnost kestena se povećava, a energetska vrijednost smanjuje (oko -25 %). U prženim kestenima vlaga pada na oko 42 % (-20 %). Kuhanjem se također mijenja sadržaj škroba, saharoze, lipida i proteina, a sadržaj kalija i magnezija se smanjuje. Kad se kesten suši, sadržaj proteina se povećava (5 % - 6 %) te se povećava i razina ugljikohidrata. Sušeni kesten ima niski sadržaj natrija (15 mg / 100 g), željeza (1,5 - 2,0 mg na 100 g), kalcija (40 - 50 mg / 100 g) i kalija (oko 740 mg / 100 g). Sadržaj vlakana u brašnu kestena vrlo je visok (14 %), a pretežno sadrži netopljive dijelove (90 % ukupnih vlakana) (Beccaro i sur., 2020).

## **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### **3.1. MATERIJALI**

Uzorci pitomog kestena (*Castanea sativa*) koji su korišteni u ovoj analizi, prikupljeni su s nasada u okolici grada Karlovca. Ukupno je prikupljeno 24 uzoraka tradicionalnih i novih hibridnih sorata pitomog kestena, a oznake uzoraka prikazane su u tablici 3 i tablici 4. Kemijska analiza obuhvaćala je određivanje udjela vode, pepela, proteina, prirodnih šećera, saharoze, škroba i masti.

### **3.2. METODE RADA**

#### **3.2.1. Priprema uzoraka**

Plodovi kestena se očiste pomoću noža na način da se ukloni tvrda vanjska ljuska i tanka unutrašnja ovojnica. Očišćeni plod se usitnjava pomoću odgovarajućeg uređaja za usitnjavanje. Uzorci se skladište u hermetički zatvorenu ambalažu i zamrzavaju kako ne bi izgubili vlagu i ostale sastojke (AOAC 935.52, 1995).

#### **3.2.2. Određivanje udjela vode**

Princip:

Udio vode određuje se indirektno, pri čemu se mjeri ostatak koji zaostaje nakon sušenja te se iz razlike u masi prije i nakon sušenja izračunava udio vode.

Posude i uređaji:

- aluminijska posudica
- eksikator
- analitička vaga tip 2615, Tehnica, Železniki
- zračna sušnica tip ST-01/02, Instrumentaria, Zagreb

#### Postupak:

Odvagne se 2 g (s točnošću  $\pm 0,0001$ ) dobro usitnjenog i homogeniziranog uzorka kestena u prethodno osušenu, ohlađenu i izvaganu aluminijsku posudicu s poklopcem. Nepokrivena aluminijska posudica s uzorkom u koju je dodan kvarcni pijesak i stakleni štapić te poklopac se suše 5 sati u zračnoj sušnici pri 100 - 130 °C. Nakon sušenja, aluminijska posudica s uzorkom se zatvori poklopcem dok je još u sušnici, prebaci u eksikator i važe čim se ohladi na sobnu temperaturu. Ostatak uzorka predstavlja suhu tvar, a gubitak u masi udjel vode u uzorku (AOAC 925.40, 1995).

#### Račun:

$$\% \text{ vode} = \frac{(a - b) \times 100}{m} [1]$$

gdje je:

a- masa aluminijske posudice s uzorkom prije sušenja (g)

b- masa aluminijske posudice s uzorkom nakon sušenja (g)

m- masa uzorka

#### 3.2.3. Određivanje udjela mineralnog ostatka (pepela)

Ukupni mineralni ostatak neke namirnice određuje se kao udjel pepela koji je zapravo anorganski dio preostao nakon što je spaljena sva organska tvar.

#### Princip:

Uzorak se karbonizira na plameniku, a zatim mineralizira (suhim putem) u mufolnoj peći pri određenoj temperaturi do postizanja jednolično svijetlo sivog pepela ili pepela konstantne mase.

#### Reagens:

- destilirana voda

Posuđe i uređaji:

- porculanska zdjelica
- plamenik
- eksikator
- analitička vaga tip 2615, Tehnica, Železniki
- mufolna peć tip Heraeus KR-170, W.C. Heraeus GmbH, Hanau
- sušnica tip ST-01/02, Instrumentaria, Zagreb

Postupak:

Odvagne se 3 g (s točnošću  $\pm 0,0001$ ) dobro usitnjenog i homogeniziranog uzorka u porculansku zdjelicu koja je prethodno izarena, ohlađena u eksikatoru i izvagana. Uzorak u zdjelici zagrijava se lagano na plameniku dok potpuno ne pougljeni, a zatim stavi u mufolnu peć zagrijanu pri oko 550 °C i ostavi u peći dok se ne postigne jednolično svijetlo sivi pepeo bez crnih čestica ili do postizanja pepela konstantne mase. Nakon spaljivanja, porculanska zdjelica s pepelom se hladi u eksikatoru i važe čim se ohladi na sobnu temperaturu (AOAC 950.49, 1995).

Račun:

$$\% \text{ pepela} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 [2]$$

gdje je:

- $m_1$ - masa prazne porculanske zdjelice (g)
- $m_2$ - masa porculanske zdjelice i uzorka prije spaljivanja (g)
- $m_3$ - masa porculanske zdjelice i pepela (g)

### 3.2.4. Određivanje udjela ukupnih proteina

Jedan od najčešćih postupaka za određivanje udjela proteina je indirektno određivanje udjela proteina po Kjeldahlu sa ili bez korištenja Kjeltecova sustava.

#### Princip:

Organske tvari iz uzorka razore se zagrijavanjem sa sumpornom kiselinom uz  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  kao katalizator i  $\text{K}_2\text{SO}_4$  koji povisuje vrelište toj kiselini uz oslobađanje proteinskog i neproteinskog dušika (osim dušika vezanog uz nitrate i nitrite) koji zaostaje u obliku amonijevih soli (amonijev sulfat). Dodatkom natrijeva hidroksida, iz amonijeva sulfata oslobađa se amonijak koji se predestilira u bornu kiselinu, a nastali amonijev borat titrira se klorovodičnom kiselinom.

#### Reagensi:

- 96 % - tna sumporna kiselina
- 40 % - tni natrijev hidroksid ( $\text{NaOH}$ )
- 30 % - tni vodikov peroksid
- 4 % - tna borna kiselina
- klorovodična kiselina ( $0,1000 \text{ mol L}^{-1}$ )
- Kjeldahl-ove tablete ( $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$ )

#### Posuđe i uređaji:

- analitička vaga tip 2615, Tehnica, Železniki
- kivete za Kjeltec sustav (500 mL)
- blok za spaljivanje
- Erlenmeyerova tikvica (250 mL)
- pipeta (25 mL)
- bireta (50 mL)
- destilacijska jedinica Kjeltec sustava

#### Postupak:

Odvagne se 1,0 g (s točnošću  $\pm 0,0001$ ) homogeniziranog uzorka kestena i prebaci se pomoću lađice napravljene od aluminijske folije u kivetu od 500 mL, pazeći da grlo kivete ostane čisto. Zatim se u kivetu stave 2 Kjeldahl-ove tablete ( $K_2SO_4 + CuSO_4$ ), 15 mL koncentrirane sumporne kiseline i 5 mL vodikovog peroksida. Kiveta se u digestoru lagano zagrijava u bloku za spaljivanje. Spaljivanje je završeno kada zaostane bistra plavo-zelena tekućina bez neizgorelih crnih komadića uzorka. Kada se sadržaj u kiveti ohladi, slijedi postupak destilacije. Kiveta se prebaci u destilacijsku jedinicu Kjeltex sustava. Na odgovarajuće postolje destilacijske jedinice postavi se Erlenmeyerova tikvica s 25 mL borne kiseline na način da je destilacijska cijevčica uronjena u otopinu borne kiseline. U Kjeldahl-ovu kivetu dozira se 50 mL 40 % NaOH. Nakon završene destilacije koja traje 5 minuta, sadržaj Erlenmeyerove tikvice se titrira klorovodičnom kiselinom do promjene boje u ružičastu (AOAC 950.48, 1995).

#### Račun:

$$\% \text{ ukupnog N} = \frac{(T - B) \times N \times 14,007 \times 100}{m} \quad [3]$$

$$\% \text{ proteina} = \% \text{ N} \times F$$

gdje je:

T- volumen HCl utrošen za titraciju uzorka (mL)

B- volumen HCl utrošen za titraciju slijepe probe (mL)

N- molaritet kiseline

m- masa uzorka (mg)

F- faktor za preračunavanje % dušika u proteine

### 3.2.5. Određivanje udjela ugljikohidrata

Ugljikohidrati imaju svojstvo redukcije metala iz alkalnih otopina njihovih soli, a to svojstvo je vezano na prisustvo slobodne aldehidne ili ketonske skupine kod pojedinih ugljikohidrata. Reagens koji se koristi za određivanje ugljikohidrata na osnovi njihove redukcijske sposobnosti je Fehlingova otopina. Izravno reducirajući šećeri reduciraju izravno Fehlingovu otopinu u bakrov (I) oksid, a nereducirajući disaharidi se moraju prvo hidrolizirati na reducirajuće monosaharide te se onda određuju pomoću Fehlingove otopine.

#### Princip:

Izravno reducirajući šećeri (prirodni invert) gdje spadaju glukoza i fruktoza, određuju se na osnovu reducirajućih svojstava tih monosaharida. Oni reduciraju bakrov sulfat, odnosno Fehlingovu otopinu u bakrov (I) oksid koji se odvaja te se određuje gravimetrijski (vaganjem). Nakon toga se očitaju pripadajući udjeli šećera iz empirijskih tablica.

Nereducirajući šećeri (saharoza) moraju se prvo invertirati, tj. hidrolizirati na reducirajuće šećere monosaharide pomoću kiseline, a tek se onda određuju pomoću Fehlingove otopine. Na taj način dobiva se podatak o ukupnoj količini šećera u uzorku i to je ukupni invert. Udjel reducirajućih šećera nastalih inverzijom saharoze, tj. udio saharoze izračuna se razlikom između dobivenog ukupnog i prirodnog inverta.

#### Reagensi:

- 50 % - tni etanol
- 96 % - tni etanol
- zasićena otopina neutralnog olovnog acetata
- anhidrid natrijeva karbonata
- 20 % - tna klorovodična kiselina
- destilirana voda
- 20 % - tni natrijev hidroksid
- $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  (Fehlingova I otopina)
- $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \times 4\text{H}_2\text{O}$  (Fehlingova II otopina)

#### Pribor i posuđe:

- tehnička vaga tipa 1111, Tehtnica, Železniki

- odmjerna tikvica (100 mL, 250 mL)
- pješčana kupelj
- vodena kupelj
- laboratorijska čaša (400 mL)
- plamenik
- stakleni lijevak
- stakleni štapić
- azbestna mrežica
- pipeta (2 mL, 5 mL, 10 mL)
- filter papir
- laboratorijska špatula
- Erlenmeyerova tikvica (100 mL, 300 mL)
- menzura (25 mL, 50 mL)
- porculanski filter
- odsisna boca
- sisaljka uz vodeni mlaz
- zračna sušnica ST - 01/02, Instrumentaria, Zagreb
- eksikator

#### Postupak:

Odvagne se 10 g (s točnošću  $\pm 0,01$ ) homogeniziranog uzorka te prebaci pomoću staklenog lijevka u odmjernu tikvicu od 250 mL. Doda se 125 mL 50 % - tnog etanola, promiješa se i zagrijava u vodenoj kupelji 1 sat pri 85 °C. Nakon što se izvadi iz kupelji, ostavi se da odstoji na sobnoj temperaturi 24 sata. Nakon stajanja nadopuni se do oznake sa 96 % - tnim etanolom te filtrira preko filter papira u Erlenmeyerovu tikvicu. Filtrat se prebaci u čašu od 400 mL te se stavi grijati na pješčanoj kupelji tako da na kraju zaostane 20 - 30 mL filtrata. Zaostali filtrat kvantitativno se prebaci u odmjernu tikvicu od 100 mL, doda se 2 mL olovnog acetata i dopuni destiliranom vodom do oznake te promiješa i filtrira u Erlenmeyerovu tikvicu. U filtrat se doda anhidrid natrijeva karbonata (kako bi se istaložio višak olova korišten u procesu bistrenja) te filtrira u novu Erlenmeyerovu tikvicu (AOAC 950.51, 1950).

Za određivanje udjela ukupnih šećera, 50 mL filtrata prebaci se u odmjernu tikvicu od 100 mL. Doda se 10 mL 20 % - tne klorovodične kiseline i 20 mL destilirane vode te se stavi na hidrolizu 10 minuta na 60 °C u vodenu kupelj. Nakon hidrolize se ohladi pod mlazom vodovodne vode te se neutralizira s 20 % - tnim natrijevim hidroksidom. Nakon neutralizacije se dopuni do oznake i promućka. 25 mL dobivene otopine, 25 mL Fehlingove otopine I, 25 mL Fehlingove otopine II i 25 mL destilirane vode prebaci se u Erlenmeyerovu tikvicu i zagrijava se na plameniku preko azbestne mrežice. Sadržaj vrije 2 minute te prilikom kuhanja Erlenmeyerova tikvica mora biti pokrivena satnim stakalcem. Filtrira se vruća otopina odjednom kroz porculanski filter (određene poroznosti, prethodno osušen, ohlađen i izvagan) pomoću odsisne boce i sisaljke uz vodeni mlaz. Kvantitativno prebačeni talog (Cu<sub>2</sub>O), ispere se vrućom destiliranom vodom. Talog se suši 30 minuta u zračnoj sušnici pri 100 °C, hladi u eksikatoru i važe. Iz Hammondovih tablica očita se udjel invertnog šećera ekvivalentan izvavanoj masi Cu<sub>2</sub>O.

Za određivanje udjela prirodnog inverta 25 mL filtrata, 25 mL Fehlingove otopine I, 25 mL Fehlingove otopine II i 25 mL destilirane vode prebaci se u Erlenmeyerovu tikvicu te se zagrijava na plameniku preko azbestne mrežice. Sadržaj treba vriti 2 minute te prilikom kuhanja Erlenmeyerova tikvica mora bit pokrivena satnim stakalcem. Filtrira se vruća otopina odjednom kroz porculanski filter (određene poroznosti, prethodno osušen, ohlađen i izvagan) pomoću odsisne boce i sisaljke uz vodeni mlaz. Kvantitativno prebačeni talog (Cu<sub>2</sub>O), ispere se vrućom destiliranom vodom. Talog se suši 30 minuta u zračnoj sušnici pri 100 °C, hladi u eksikatoru i važe. Iz Hammondovih tablica očita se udjel invertnog šećera ekvivalentan izvavanoj masi Cu<sub>2</sub>O.

Račun:

$$\% \text{ šećera} = \frac{a \times 100}{b \times 1000} [4]$$

gdje je:

a- očitani udjel šećera iz Hammondovih tablica (mg)

b- masa uzorka u alikvotnom dijelu filtrata uzetom u konačni postupak (g)

Izračunavanje udjela saharoze:

$$\% \text{ saharoze} = (b-a) \times 0,95 \text{ [5]}$$

gdje je:

- a- udjel reducirajućih šećera prije inverzije (%)
- b- udjel reducirajućih šećera nakon inverzije (%)
- 1 g invertnog šećera odgovara 0,95 g saharoze

### 3.3.5. Određivanje udjela škroba

Princip:

Škrob pokazuje visoku optičku aktivnost te se na osnovi toga može odrediti polarimetrijski, nakon što se prethodno prevede u topljivo stanje hidrolizom s kiselinom. Za određivanje udjela škroba koristi se Ewersov postupak.

Reagensi:

- 1,124 % - tna klorovodična kiselina
- $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \times 3\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$

Posuđe i uređaji:

- tehnička vaga tip 1111, Tehnica, Železniki
- odmjerna tikvica (100 mL)
- pipete (5 mL, 10 mL)
- menzura (25 mL)
- stakleni lijevak
- stakleni štapić
- filter papir
- vodena kupelj
- polarimetar tip 32-G 580C, Carl Zeiss, Jena

## Postupak:

Odvagne se 5 g (s točnošću  $\pm 0,01$ ) homogeniziranog uzorka te se uzorak na suho prenese preko staklenog lijevka u odmjernu tikvicu od 100 mL, a čaša i lijevak se isperu s 25 mL klorovodične kiseline. Sadržaj se dobro promiješa da se spriječi stvaranje grudica i zatim ponovo doda 25 mL klorovodične kiseline uz istovremeno ispiranje vrata tikvice. Tikvica se uz oprezno povremeno mućkanje drži 15 minuta u vrijućoj vodenoj kupelji. Za vrijeme prve tri minute sadržaj tikvice se promućka, a da se tikvica ne vadi iz kupelji. Nakon 15 minuta izvadi se tikvica iz vodene kupelji i odmah se doda 10 mL hladne destilirane vode. Sadržaj tikvice se potom ohladi pod mlazom vodovodne vode. U tikvicu se doda 5 mL  $K_4Fe(CN)_6 \times 3H_2O$  i 5 mL  $Zn(CH_3COO)_2 \times 2H_2O$  da bi se istaložili otopljeni proteini (pri čemu se nakon dodatka svake kemikalije sadržaj dobro promućka) i nadopuni destiliranom vodom do oznake, dobro promiješa, ostavi 10 - 15 minuta da se sadržaj slegne i profiltrira kroz suhi filter papir u Erlenmeyerovu tikvicu. S bistrim filtratom napuni se polarizacijska cijev polarimetra i očita kut zakretanja  $\alpha$  (Ewers, 1908).

## Račun:

$$\% \text{ škroba} = \frac{100 \times \alpha \times 100}{[\alpha]^{20}_D \times l \times m} [6]$$

gdje je:

$\alpha$ - specifični kut zakretanja

$[\alpha]^{20}_D$ - specifični kut zakretanja škroba

l- dužina polarizacijske cijevi (dm)

m- masa uzorka (g)

### 3.3.6. Određivanje udjela masti

Masti su smjesa estera viših masnih kiselina s glicerolom, a triacilgliceroli čine više od 97 % masti. Nalaze se u namirnicama biljnog i životinjskog podrijetla. Ukoliko su ti triacilgliceroli pri sobnoj temperaturi tekući, nazivaju se uljima. Jedno od najvažnijih fizikalnih svojstava masti je njihova netopljivost u vodi, a topljivost u organskim otapalima.

Princip:

Višekratna kontinuirana ekstrakcija masti organskim otapalom u posebno načinjenoj Soxhletovoj aparaturi. Metodom po Soxhletu određuju se slobodne masti.

Reagens:

- medicinski benzin

Posude i uređaji:

- analitička vaga tip 2615, Tehnica, Železniki
- papirnata čahura
- Soxhletova aparatura
- zračna sušnica tip ST - 01/02, Instrumentaria, Zagreb
- staklene kuglice
- eksikator

Postupak:

Odvagne se 5 g (s točnošću  $\pm 0,0001$ ) uzorka u odmašćenu, papirnatu čahuru te se suši 1 sat u zračnoj sušnici pri 100 °C - 105 °C. Čahura se pokrije slojem odmašćene suhe vate i stavi u srednji dio Soxhletove aparature (ekstraktor) koji se zatim spoji s hladilom i tikvicom, koja je s nekoliko staklenih kuglica prethodno sušena pri 105 °C, ohlađena i izvagana. Kroz hladilo se zatim uz pomoć lijevka lijeva toliko otapala da se ekstraktor napuni i pomoću kapilarne cjevčice isprazni u tikvicu. Zatim se doda još toliko otapala da se napuni do otprilike polovice ekstraktora. Ukupni volumen otapala ne smije prijeći  $\frac{3}{4}$  volumena tikvice. Tada se kroz hladilo pusti vrlo jaki mlaz vode te se počinje sa zagrijavanjem. Zagrijavanje tikvice s otapalom izvodi se na pješčanoj kupelji. Temperatura zagrijavanja regulira se tako da

kondenzirane kapljice otapala padaju tolikom brzinom da se jedva mogu brojati. Ekstrakcija traje 16 sati. Ekstrakciju treba prekinuti u onom trenutku kad se otapalo iz ekstraktora baš prelije u tikvicu, a čahura bude u ekstraktoru bez otapala. Rastavi se uređaj i izvadi čahura s uzorkom, uređaj se ponovo sastavi i otapalo predestilira iz tikvice u prazan ekstraktor iz kojeg se nakon završene destilacije odlije. Tikvica s ekstraktom se suši pri 100 °C - 105 °C do konstantne mase (1,5 - 2 sata), hladi u eksikatoru do sobne temperature i važe (AOAC 948.22, 1995).

Račun:

$$\% \text{ masti} = \frac{(b - a)}{m} \times 100 [7]$$

gdje je:

a- masa prazne tikvice (g)

b- masa tikvice i ekstrahirane masti (g)

m-masa uzorka (g)

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti kemijski sastav 24 uzorka kestena iz okolice Karlovca te dobivene rezultate usporediti s drugim sličnim istraživanjima. U tablici 3 prikazan je dobiveni kemijski sastav tradicionalnih sorata kestena, dok je u tablici 4 prikazan kemijski sastav hibridnih sorata kestena. Prikazani su dobiveni udjeli vode, pepela, proteina, prirodnog inverte, saharoze, škroba te masti u pojedinim uzorcima izraženim u g na 100 g (%) uzorka. Također, u tablici 3 i u tablici 4 su prikazane minimalne i maksimalne vrijednosti svakog pojedinog sastojka, standardna devijacija (st. dev.) te koeficijent varijacije (cv). U tablici 5 prikazani su rezultati provedenog t-testa. Na slici 10 je prikazana prosječna vrijednost (%) pojedinih sastojaka ispitivanih uzoraka tradicionalnih sorata kestena, dok je na slici 11 prikazana prosječna vrijednost (%) pojedinih sastojaka ispitivanih uzoraka hibridnih sorata kestena. Slike 12 - 18 prikazuju usporedbu prosječnih vrijednosti sastojaka ispitivanih uzoraka s prosječnim vrijednostima pojedinih sastojaka dobivenih drugim istraživanjima.

Tablica 3. Kemijski sastav tradicionalnih sorata kestena

| <b>Uzorak</b>   | <b>Voda<br/>(%)</b> | <b>Pepeo<br/>(%)</b> | <b>Proteini<br/>(%)</b> | <b>Prirodni<br/>invert<br/>(%)</b> | <b>Saharoza<br/>(%)</b> | <b>Škrob<br/>(%)</b> | <b>Masti<br/>(%)</b> |
|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| <b>CR</b>       | 54,01               | 1,83                 | 5,99                    | 1,83                               | 11,50                   | 26,22                | 1,50                 |
| <b>DC</b>       | 54,19               | 1,10                 | 6,25                    | 2,06                               | 9,07                    | 29,19                | 1,77                 |
| <b>DD</b>       | 51,57               | 0,93                 | 5,25                    | 1,50                               | 11,88                   | 29,46                | 1,36                 |
| <b>MR</b>       | 54,11               | 1,32                 | 4,88                    | 2,65                               | 9,01                    | 27,57                | 1,35                 |
| <b>NS</b>       | 55,26               | 1,00                 | 4,40                    | 1,97                               | 12,35                   | 27,30                | 1,55                 |
| <b>PEACH</b>    | 49,98               | 0,95                 | 4,77                    | 2,41                               | 15,39                   | 32,16                | 1,38                 |
| <b>R1</b>       | 52,67               | 1,18                 | 4,88                    | 1,78                               | 12,25                   | 31,35                | 1,46                 |
| <b>R2</b>       | 51,65               | 0,92                 | 5,19                    | 1,65                               | 17,07                   | 28,38                | 1,36                 |
| <b>R12</b>      | 47,64               | 1,08                 | 4,93                    | 1,83                               | 18,04                   | 30,54                | 1,39                 |
| <b>R22</b>      | 57,75               | 0,93                 | 5,30                    | 2,70                               | 12,36                   | 28,11                | 0,80                 |
| <b>SZ</b>       | 49,23               | 0,93                 | 3,66                    | 1,71                               | 10,63                   | 31,89                | 1,36                 |
| <b>UL</b>       | 56,67               | 1,04                 | 5,25                    | 3,02                               | 4,79                    | 27,30                | 0,87                 |
| <b>YIN</b>      | 42,89               | 1,05                 | 5,67                    | 2,43                               | 14,73                   | 28,92                | 1,79                 |
| <b>Q</b>        | 53,59               | 1,07                 | 2,81                    | 2,39                               | 2,97                    | 29,19                | 0,91                 |
| <b>NN</b>       | 51,18               | 1,02                 | 2,65                    | 1,19                               | 12,82                   | 28,11                | 1,08                 |
| <b>min</b>      | 42,89               | 0,92                 | 2,65                    | 1,19                               | 2,97                    | 26,22                | 0,80                 |
| <b>max</b>      | 57,75               | 1,83                 | 6,25                    | 3,02                               | 18,04                   | 32,16                | 1,79                 |
| <b>st. dev.</b> | 3,74                | 0,23                 | 1,04                    | 0,51                               | 4,08                    | 1,77                 | 0,3                  |
| <b>cv (%)</b>   | 7,18                | 21,26                | 21,71                   | 24,43                              | 35,04                   | 6,1                  | 22,4                 |

Tablica 4. Kemijski sastav hibridnih sorata kestena

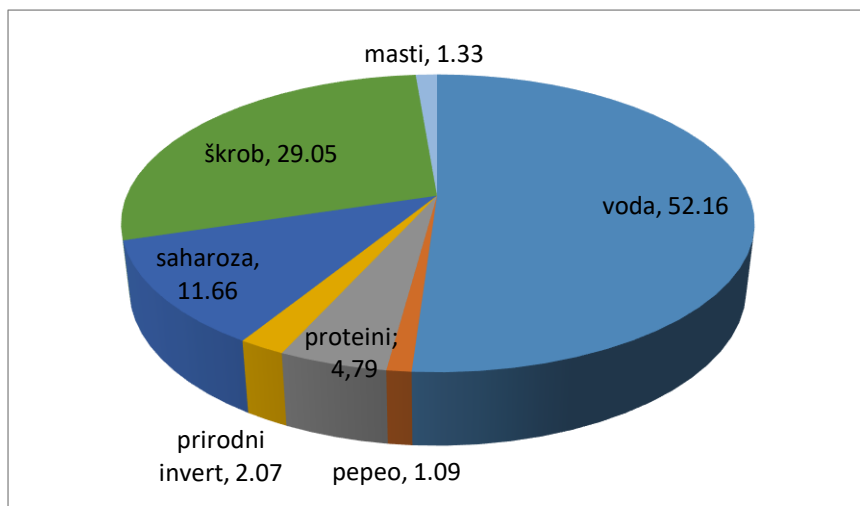
| <b>Uzorak</b>   | <b>Voda<br/>(%)</b> | <b>Pepeo<br/>(%)</b> | <b>Proteini<br/>(%)</b> | <b>Prirodni<br/>invert<br/>(%)</b> | <b>Saharoza<br/>(%)</b> | <b>Škrob<br/>(%)</b> | <b>Masti<br/>(%)</b> |
|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| <b>BB</b>       | 49,82               | 1,26                 | 4,77                    | 1,64                               | 14,43                   | 29,19                | 1,10                 |
| <b>BB2</b>      | 52,65               | 1,04                 | 6,04                    | 1,74                               | 9,66                    | 29,46                | 1,62                 |
| <b>DR</b>       | 49,03               | 0,97                 | 6,41                    | 2,13                               | 15,43                   | 30,27                | 1,86                 |
| <b>GL</b>       | 54,90               | 0,97                 | 6,15                    | 1,98                               | 9,74                    | 29,73                | 1,14                 |
| <b>MG</b>       | 52,25               | 1,06                 | 5,25                    | 1,36                               | 7,20                    | 32,70                | 1,49                 |
| <b>MS</b>       | 53,07               | 0,89                 | 5,19                    | 1,84                               | 8,13                    | 32,43                | 1,77                 |
| <b>MV</b>       | 55,98               | 0,89                 | 5,46                    | 0,83                               | 7,06                    | 30,00                | 0,80                 |
| <b>PM</b>       | 53,55               | 0,94                 | 4,77                    | 1,38                               | 10,40                   | 29,19                | 1,57                 |
| <b>SV</b>       | 56,43               | 0,80                 | 5,25                    | 1,07                               | 10,34                   | 28,92                | 1,03                 |
| <b>min</b>      | 49,03               | 0,80                 | 4,77                    | 0,83                               | 7,06                    | 28,92                | 0,80                 |
| <b>max</b>      | 56,43               | 1,26                 | 6,41                    | 2,13                               | 15,43                   | 32,70                | 1,86                 |
| <b>st. dev.</b> | 2,53                | 0,13                 | 0,59                    | 0,43                               | 2,94                    | 1,4                  | 0,37                 |
| <b>cv (%)</b>   | 4,76                | 13,44                | 10,85                   | 27,55                              | 28,59                   | 4,64                 | 26,75                |

Tablica 5. Rezultati provedenog t-testa

| Parametri       | p-vrijednost |
|-----------------|--------------|
| Voda            | 0,482278     |
| Pepeo           | 0,152439     |
| Proteini        | 0,052339     |
| Prirodni šećeri | 0,014206     |
| Saharoza        | 0,344295     |
| Škrob           | 0,090347     |
| Masti           | 0,750745     |

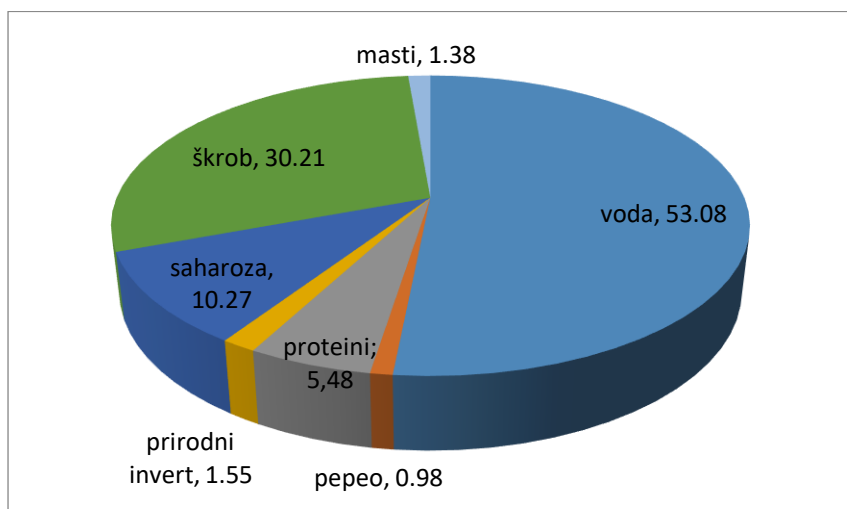
Prema Ministarstvu poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država, USDA (United States Department of Agriculture, 2019), prosječni udio vode u kestenima je 52 %, što se poklapa sa ispitivanim uzorcima tradicionalnih sorata kestena u ovom istraživanju, dok je vrijednost udjela vode hibridnih sorata kestena nešto viša. Prosječna vrijednost USDA za masti (1,25 %) nešto je niža u odnosu na vrijednosti dobivene u ovom istraživanju za hibridne i tradicionalne sorte kestena. Prosječna vrijednost za pepeo (0,96 %) poklapa se s vrijednošću dobivenom na ispitivanim uzorcima hibridnih sorata kestena, dok je prosječni udio pepela tradicionalnih sorata malo viši. Prosječni udjeli proteina u ovom istraživanju su puno veći od prosječnog udjela proteina prema istraživanju USDA koji iznosi 1,63 %. Prema dobivenim p-vrijednostima iz tablice 5 vidljivo je da nema statistički značajne razlike između tradicionalnih i hibridnih sorata kestena kod svih parametara osim prirodnih šećera ( $p=0,014206$ ).

Na slici 10 vidljivo je da ispitivani uzorci tradicionalnih sorata kestena imaju najveći udio vode, koji u prosjeku iznosi 52,16 %, nakon čega slijede škrob s 29,05 %, saharoza s 11,66 %, proteini s 4,79 %, prirodni invert s 2,07 %, masti s 1,33 % te na kraju pepeo s prosječnim udjelom od 1,09 %.



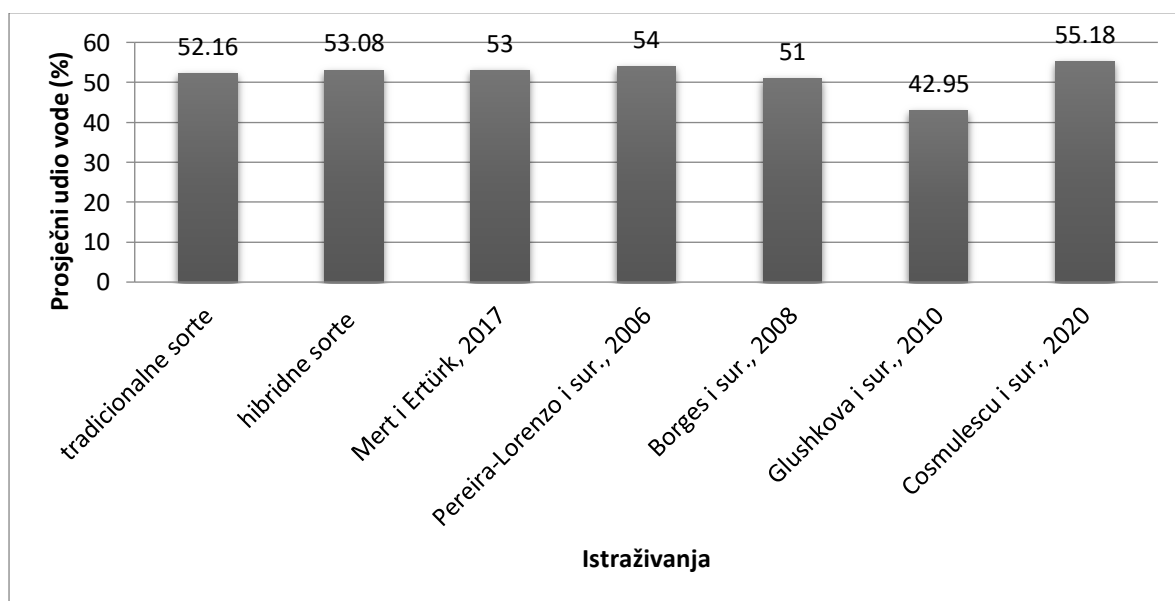
Slika 10. Grafički prikaz prosječne vrijednosti (%) pojedinih sastojaka ispitivanih uzoraka tradicionalnih sorata kestena

Na slici 11 vidljivo je da ispitivani uzorci hibridnih sorata kestena također imaju najveći udio vode s prosjekom od 53,08 %, nakon čega slijedi škrob s 30,21 %, saharoza s 10,27 %, proteini s 5,48 %, prirodni invert s 1,55 %, masti s 1,38 % te na kraju pepeo s prosječnim udjelom od 0,98 %.



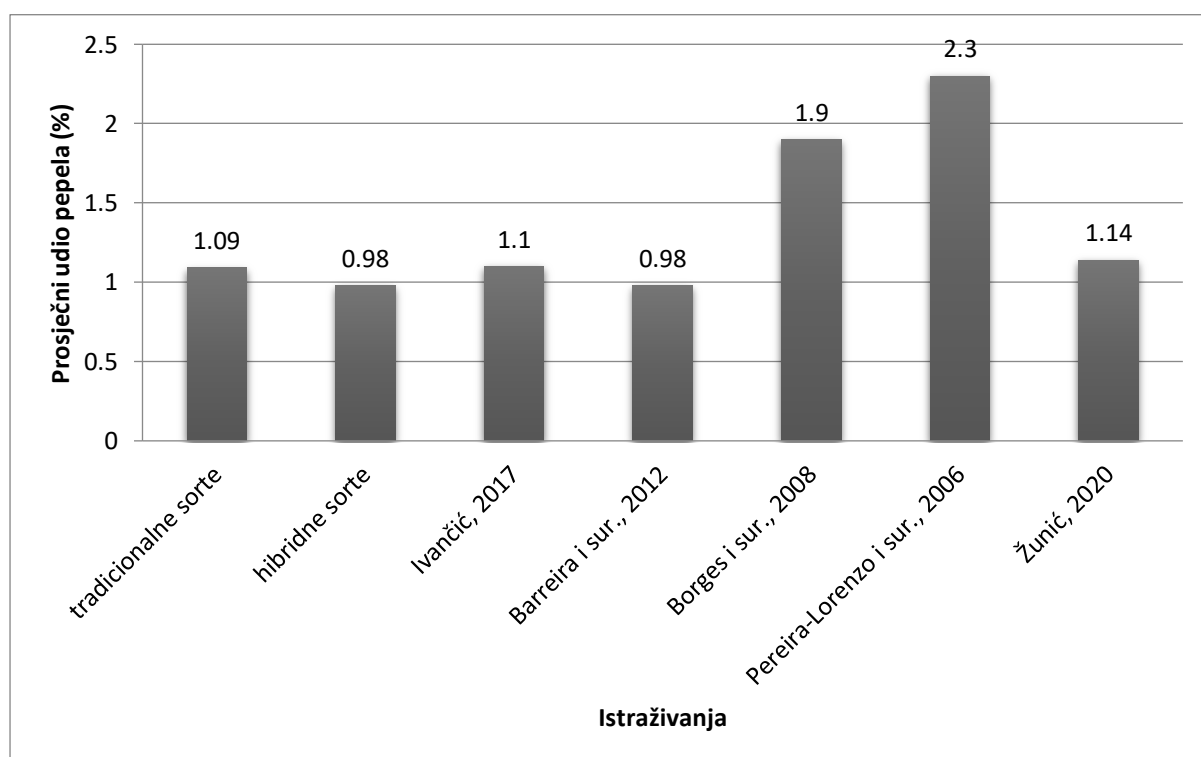
Slika 11. Grafički prikaz prosječne vrijednosti (%) pojedinih sastojaka ispitivanih uzoraka hibridnih sorata kestena

Iz tablice 3 vidljivo je da je raspon udjela vode u ispitivanim uzorcima tradicionalnih sorata kestena između 42,89 % i 57,75 %, s prosječnom vrijednosti od 52,16 %, dok je iz tablice 4 vidljivo da je raspon udjela vode u uzorcima hibridnih sorata kestena između 49,03 % i 56,43 %, s nešto višom prosječnom vrijednosti od 53,08 %. Na slici 12 prikazani su prosječni udjeli vode (%) prema različitim istraživanjima. Mert i Ertürk (2017) koji su proveli istraživanje na kestenima iz regije Marmara u Turskoj, dobili su vrijednost za prosječni udio vode koji iznosi 53 %, što je najbliže vrijednosti udjela vode istraživanih hibridnih sorata kestena. Također, približne vrijednosti vrijednostima ovog istraživanja dobivene su i na kestenima iz regije Trás-os-Montes u Portugalu (Borges i sur., 2008) gdje prosječni udio vode iznosi 51 %, na kestenima uzetim iz 6 regija u Španjolskoj (Pereira-Lorenzo i sur., 2006) gdje prosječni udio vode iznosi 54 % te na kestenima iz sjeveroistočnog Portugala koji su zaštićeni oznakom izvornosti (Barreira i sur., 2012) gdje prosječni udio vode iznosi 53,5 %. Ispitivani uzorci kestena iz Bugarske pokazuju dosta nižu srednju vrijednost koja iznosi 42,95 % (Glushkova i sur., 2010). Cosmulescu i suradnici (2020) proveli su istraživanje na 6 sorti kestena francuskog podrijetla pri čemu su utvrdili nešto veći prosječni udio vode od 55,18 %. Prema istraživanjima Breisch i suradnika (1995) udio vode u kestenima ne bi smio biti manji od 49 % i veći od 60 % kako bi se mogli lakše skladištiti, što pokazuje kako su prosječni udjeli vode kestena u ovom istraživanju unutar preporučenih granica. Visoki udio vode važan je za svježije tržište, ali može uzrokovati probleme s plijesnima tijekom skladištenja i isporuke (Pereira-Lorenzo i sur., 2006). Udio vode u kestenima ovisi o svojstvima ploda i ekološkim uvjetima kao što su tip tla, ljetne kiše, nadmorske visine te položaji voćnjaka (Mert i Ertürk, 2017).



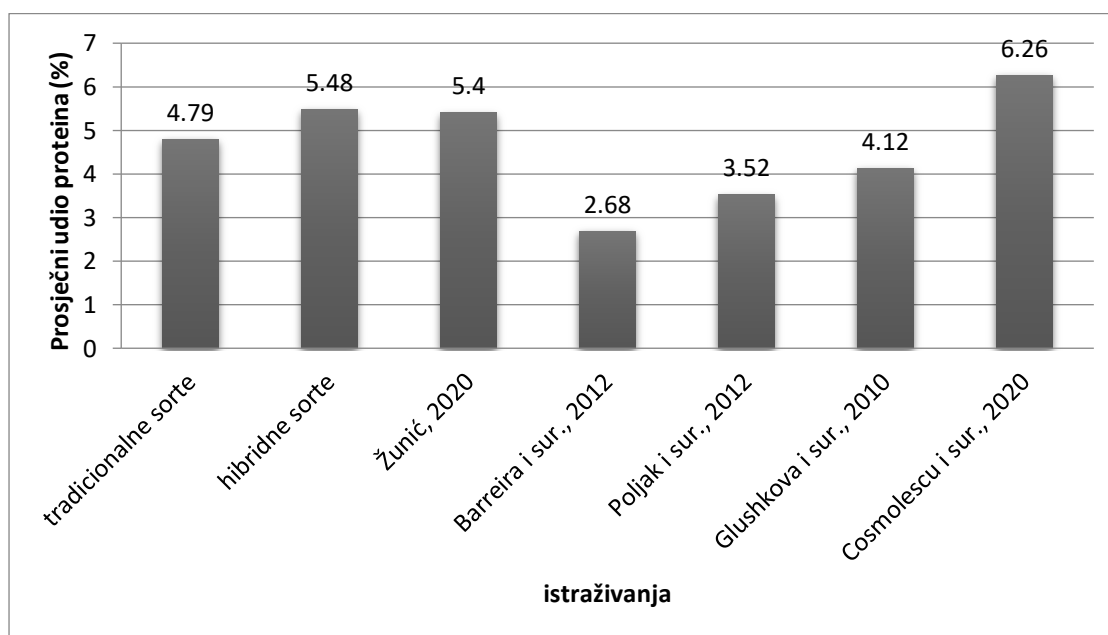
Slika 12. Grafički prikaz prosječnog udjela vode (%) u uzorcima ovog i drugih istraživanja

Udio pepela u ovom istraživanju za tradicionalne sorte kestena kreće se od 0,92 % do 1,83 %, a prosječni udio iznosi 1,09 %. Ispitivani uzorci hibridnih sorata kestena pokazuju slične vrijednosti udjela pepela koji se kreću od 0,80 % do 1,26 %, dok prosječni udio iznosi 0,98 %. Ivančić (2017) je u svom istraživanju kestena s područja Medvednice utvrdila da je prosječni udio pepela 1,1 % što se podudara s vrijednošću prosječnog udjela pepela tradicionalnih sorata kestena u ovom istraživanju, dok je prosječna vrijednost pepela hibridnih sorata nešto niža. Barreira i suradnici (2012) svojim su istraživanjima utvrdili prosječnu vrijednost udjela pepela koja je ista dobivenoj vrijednosti za hibridne sorte kestena, a iznosi 0,98 %. Rezultati istraživanja Borges i suradnika (2008) bili su viši u odnosu na ovo istraživanje, s prosječnom vrijednosti od 1,9 %. Uzorci kestena iz područja Španjolske pokazuju veće vrijednosti u rasponu od 1,8 % do 3,2 % s prosječnim udjelom od 2,3 % (Pereira-Lorenzo i sur., 2006). Rezultati istraživanja Žunić (2020) na 35 uzoraka maruna s područja Učke pokazuju vrijednosti od 0,85 % do 1,33 %, a prosječni udio je 1,14 % što je približno vrijednostima ovog istraživanja. Na slici 13 prikazani su prosječni udjeli pepela različitih istraživanja.



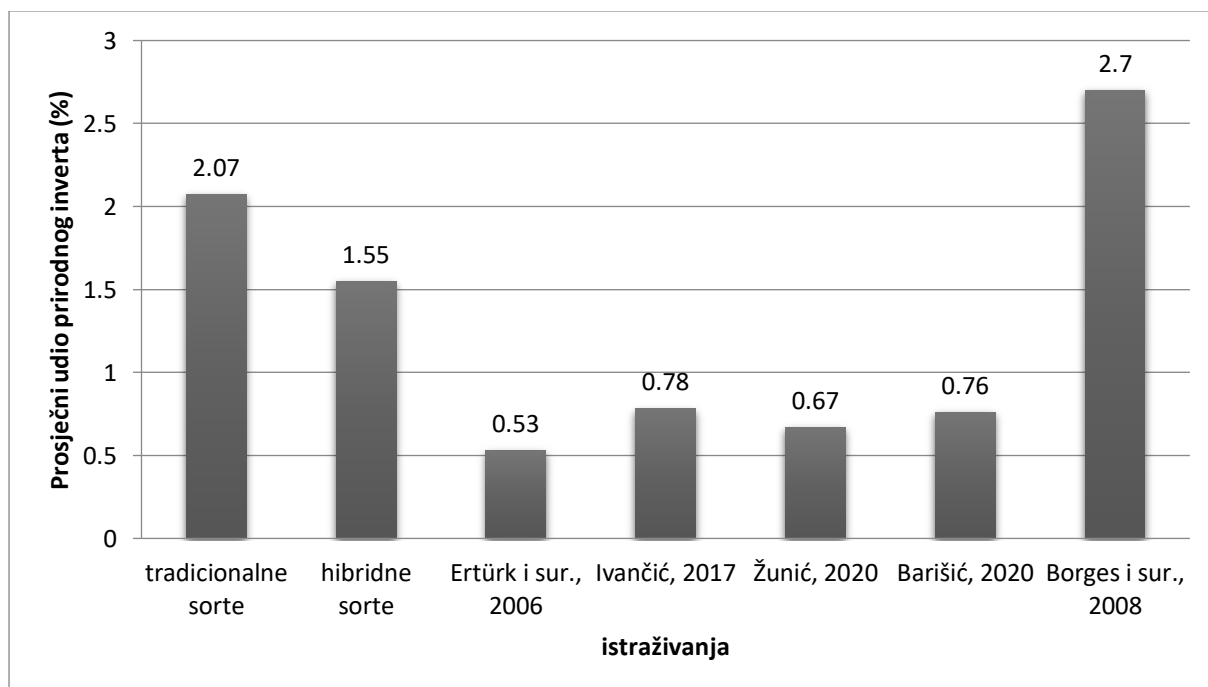
Slika 13. Grafički prikaz prosječnog udjela pepela (%) u uzorcima ovog i drugih istraživanja

Minimalna vrijednost dobivena za udio proteina tradicionalnih sorata kestena u ovom istraživanju je 2,65 %, dok je maksimalna vrijednost 6,25 %. Prosječni udio proteina u tradicionalnim sortama iznosi 4,79 %. Hibridne sorte kestena u ovom istraživanju pokazuju nešto viši prosječni udio proteina koji iznosi 5,48 %, a raspon vrijednosti se kreće od 4,77 % do 6,41 %. Žunić (2020) je na svom istraživanju maruna s područja Učke dobila prosječnu vrijednost proteina koja iznosi 5,4 %, što se poklapa s vrijednošću za hibridne sorte kestena u ovom istraživanju. Rezultati istraživanja Barreira i suradnika (2012) pokazuju puno niže vrijednosti u odnosu na ovo istraživanje. Najniža vrijednost za udio proteina iznosi 2,4 %, a najviša 3 %, dok je prosječni udio 2,68 %. Poljak i suradnici (2012) također su dobili niže rezultate u odnosu na ovo istraživanje, gdje prosječni udio proteina lovranskih maruna iznosi 3,52 %. Nižu prosječnu vrijednost udjela proteina dobili su i Glushkova i suradnici (2010) na svom istraživanju na kestenima iz Bugarske, gdje prosječna vrijednost iznosi 4,12 %. Veći udio proteina zabilježen je u istraživanju De La Montaña Miguelez i suradnika (2004) na kestenima iz područja Galicije u Španjolskoj, gdje se raspon udjela proteina kreće od 6,02 % do 8,58 %. Cosmolescu i suradnici (2020) također su zabilježili veći udio proteina u odnosu na rezultate ovog istraživanja, s prosječni udjelom proteina od 6,26 %. Neki autori smatraju da postoji korelacija između udjela proteina u kesteni i vrste tla pa tako kesten na područjima škriljevca ima mnogo veći sadržaj proteina od onog uzgojenog na granitnim tlima (Gomes i sur., 1997). Na slici 14 prikazani su prosječni udjeli proteina dobiveni različitim istraživanjima.



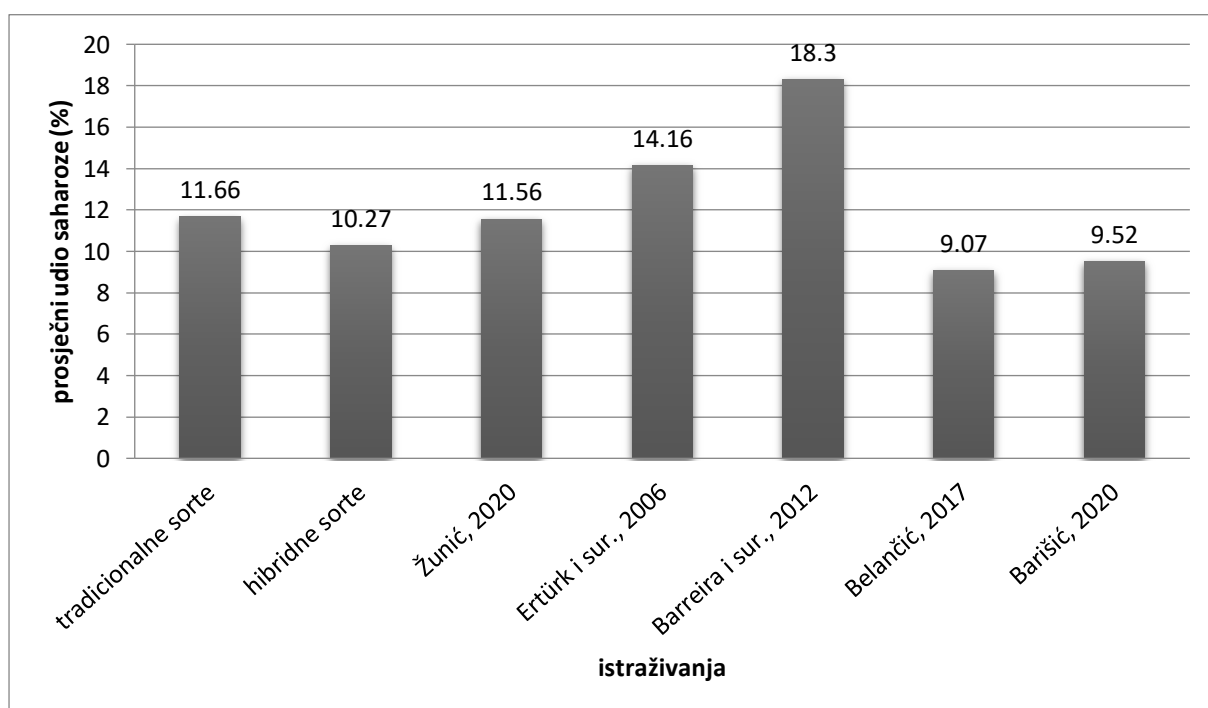
Slika 14. Grafički prikaz prosječnog udjela proteina (%) u uzorcima ovog i drugih istraživanja

Prosječni udio prirodnog inverta, odnosno izravno reducirajućih šećera dobivenog u ovom istraživanju za tradicionalne sorte kestena je 2,07 %, dok se raspon udjela kreće od 1,19 % do 3,02 %. Raspon vrijednosti prirodnog inverta u hibridnim sortama kestena je manji u odnosu na tradicionalne sorte, a kreće se od 0,83 % do 2,13 %, dok prosječna vrijednost iznosi 1,55 %. Mnoga istraživanja pokazuju niže vrijednosti od rezultata ovog istraživanja, što je i prikazano na slici 15. Ertürk i suradnici (2006) proveli su istraživanje na kestenima s područja Anatolije u Turskoj te su dobili vrijednosti udjela prirodnog inverta koji se kreću od 0,08 % do 1,25 % s prosječnim udjelom od 0,53 %. Rezultati istraživanja Ivančić (2017) na kestenima s područja Medvednice također pokazuju niže rezultate s rasponom udjela prirodnog inverta od 0,67 % do 0,87 % s prosječnim udjelom od 0,78 %. Žunić (2020) je u svojem istraživanju na marunima s područja Učke dobila prosječnu vrijednost udjela prirodnog inverta od 0,67 %. Prema istraživanju Barišić (2020) na marunima s otoka Cresa, prosječni udio prirodnog inverta iznosi 0,76 % što je također niža vrijednost u odnosu na dobivene vrijednosti ovog istraživanja. Prosječni udio prirodnog inverta u kestenima iz Portugala je veći u odnosu na rezultate ovog istraživanja, a iznosi 2,70 % kao što je prikazano na slici 15 (Borges i sur., 2008).



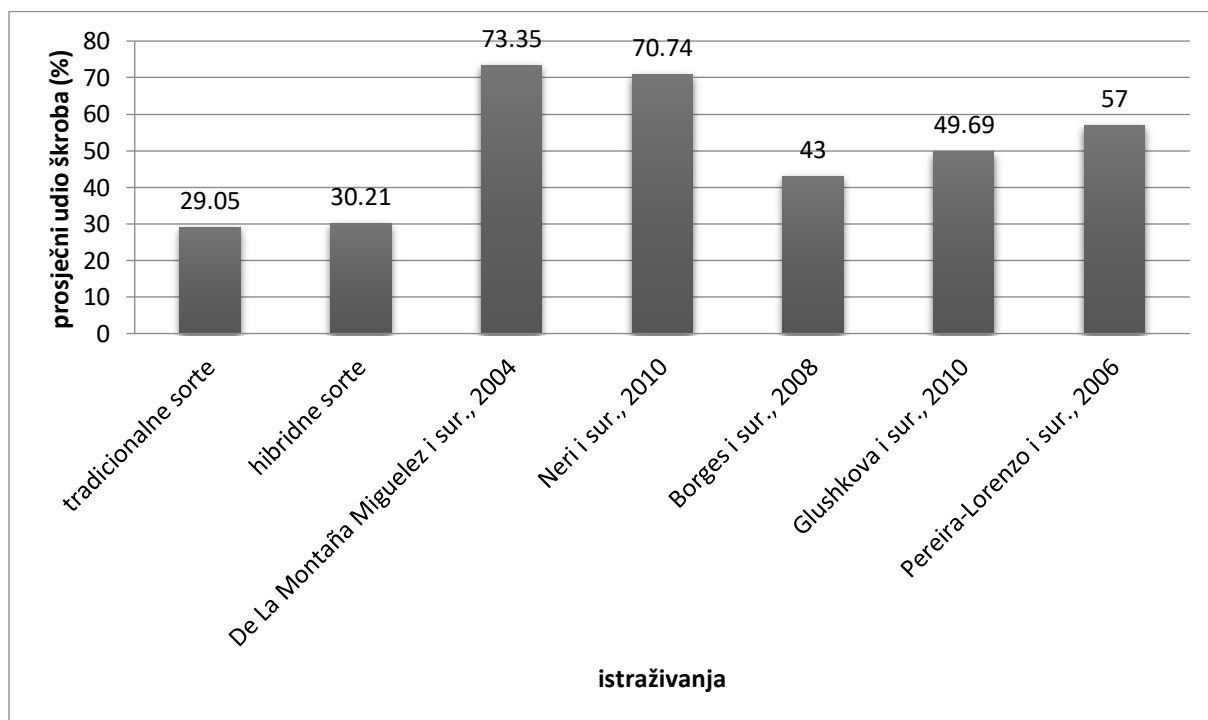
Slika 15. Grafički prikaz prosječnog udjela prirodnog inverta (%) u uzorcima ovog i drugih istraživanja

Prosječna vrijednost udjela saharaže tradicionalnih sorata kestena iznosi 11,66 %, dok je minimalna vrijednost 2,97 %, a maksimalna 18,04 %. Raspon udjela saharaže hibridnih sorata kestena u ovom istraživanju kreće se od 7,06 % do 15,43 %, a prosječna vrijednost je nešto niža u odnosu na tradicionalne sorte te iznosi 10,27 %. Uzorci maruna s područja Učke (Žunić, 2020) pokazuju vrijednosti od 7,17 % do 14,42 % što je slično rasponu vrijednosti za hibridne sorte ovog istraživanja, dok je prosječni udio koji iznosi 11,56 % bliži vrijednosti saharaže za tradicionalne sorte kestena. Nešto veći prosječni udio saharaže od 14,16 % pokazuje istraživanje Ertürk i suradnika (2006). Rezultati istraživanja na kestenima iz Portugala pokazuju još veću prosječnu vrijednost od 18,30 % (Barreira i sur., 2012). Belančić (2017) je provela istraživanje na kestenima istočne Hrvatske te je utvrdila vrijednosti udjela saharaže kestena s područja Psunja od 7,26 % do 10,23 % s prosječnom vrijednosti od 9,07 % što je nešto niža vrijednost od rezultata u ovom radu. Niže vrijednosti dobila je i Barišić (2020) na svom istraživanju maruna s otoka Cresa s prosječnim udjelom saharaže od 9,52 %. Varijabilnost udjela saharaže može biti rezultat utjecaja klimatskih čimbenika i genetske varijabilnosti (Cosmulescu i sur., 2020). Prosječni udjeli saharaže prema istraživanjima prikazani su na slici 16.



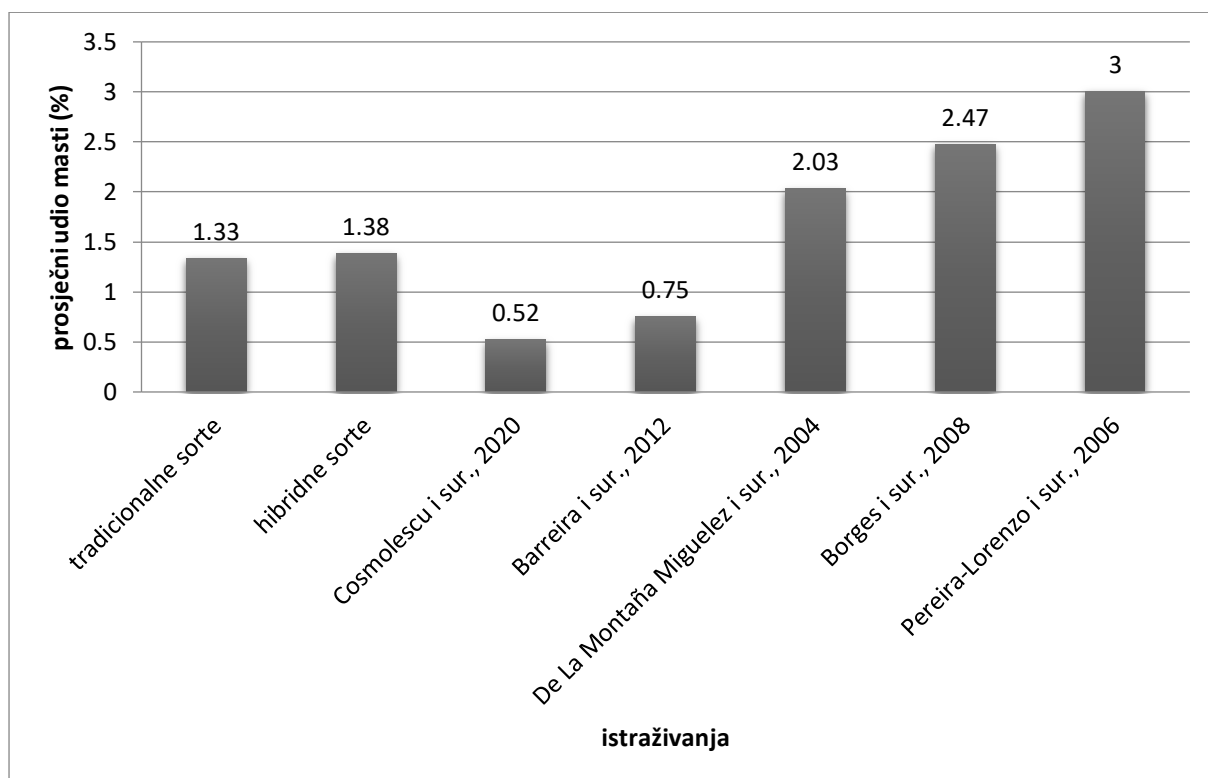
Slika 16. Grafički prikaz prosječnog udjela saharaže (%) u uzorcima ovog i drugih istraživanja

Rezultati ovog istraživanja na tradicionalnim sortama kestena pokazuju vrijednosti udjela škroba od 26,22 % do 32,16 % s prosječnim udjelom od 29,05 %. Slične vrijednosti za škrob dobivene su i na hibridnim sortama kestena gdje prosječna vrijednost iznosi 30,21 %, dok je raspon vrijednosti od 28,92 % do 32,70 %. Na slici 17 prikazani su prosječni udjeli škroba prema nekim istraživanjima koji pokazuju veće vrijednosti u odnosu na rezultate ovog istraživanja. Istraživanje na kestenima s područja Galicije u Španjolskoj (De La Montaña Miguelez i sur., 2004) pokazuje puno veće vrijednosti za udio škroba koje se kreću od 56,74 % do 81,7 % s prosječnim udjelom od 73,35 %. Također, veće vrijednosti udjela škroba ustanovljeni su u istraživanju Neri i suradnika (2010) na kestenima iz Italije s rasponom od 63,97 % do 78,52 % i s prosječnom vrijednosti od 70,74 %. Borges i suradnici (2008) zabilježili su prosječni udio kestena iz Portugala koji iznosi 43 %. Uzorci kestena iz Bugarske sadrže prosječno 49,69 % škroba (Glushkova i sur., 2010). Rezultati istraživanja kestena iz Španjolske (Pereira-Lorenzo i sur., 2006) pokazuju prosječnu vrijednost za udio škroba od 57 %. Prema navedenim istraživanjima, može se zaključiti da škrob zauzima najveći udio suhe tvari u kestenima.



Slika 17. Grafički prikaz prosječnog udjela škroba (%) u uzorcima ovog i drugih istraživanja

Prosječni udio masti tradicionalnih sorata kestena u ovom istraživanju iznosi 1,33 %, dok je najniža vrijednost 0,8 % i najviša 1,79 %. Skoro iste vrijednosti dobivene su i za hibridne sorte kestena gdje se raspon vrijednosti kreće od 0,8 % do 1,86 % s prosječnom vrijednosti masti od 1,38 %. Nešto niže vrijednosti pokazuju istraživanja Cosmolescu i suradnika (2020) gdje prosječni udio masti iznosi 0,52 % te istraživanja Barreira i suradnika (2012) na kestenima čija prosječna vrijednost masti iznosi 0,75 %. De La Montaña Miguelez i suradnici (2004) zabilježili su nešto više vrijednosti u odnosu na ovo istraživanje, s rasponom udjela masti od 1,3 % do 3 % te prosječnim udjelom od 2,03 %. Veću prosječnu vrijednost ustanovili su i Borges i suradnici (2008) koja iznosi 2,47 %, a vrijednosti se kreću od 1,7 % do 3,4 %. Rezultati istraživanja Pereira-Lorenzo i suradnika (2006) na kestenima iz Španjolske pokazuju još veće vrijednosti udjela masti u rasponu od 2,8 % do 3,2 %, dok prosječni udio masti iznosi 3 %. Ispitivani uzorci kestena s područja Italije također pokazuju veće vrijednosti udjela masti koje se kreću od 3,27 % do 4,15 % (Neri i sur., 2010). Na slici 18 prikazani su prosječni udjeli masti prema istraživanjima.



Slika 18. Grafički prikaz prosječnog udjela masti (%) u uzorcima ovog i drugih istraživanja

## 5. ZAKLJUČCI

Iz dobivenih rezultata i rasprave o kemijskom sastavu 24 uzoraka kestena iz okolice Karlovca može se zaključiti sljedeće:

1. Ispitivani uzorci tradicionalnih i hibridnih sorata kestena u najvećem postotku sadrže vodu, nakon čega slijede škrob, saharoza, proteini, prirodni šećeri, masti te na kraju pepeo.
2. Udio vode u svim ispitivanim uzorcima kestena nalazi se u rasponu od 42,89 % do 57,75 %, udio pepela je od 0,80 % do 1,83 %, udio ukupnih proteina se nalazi u rasponu od 2,65 % do 6,41 %, udio prirodnih šećera je u rasponu od 0,83 % do 3,02 %, udio saharoze je od 2,97 % do 18,04 %, udio škroba je u rasponu od 26,22 % do 32,70 % te udio masti iznosi od 0,80 % do 1,86 %. Provedenim t-testom utvrđeno je da nema statistički značajne razlike između tradicionalnih i hibridnih sorata kestena kod svih istraživanih parametara osim prirodnih šećera gdje je utvrđena statistički značajna razlika u udjelima.
3. Ispitivani uzorci kestena sadrže veći udio vode u odnosu na kestene iz Portugala i Bugarske, dok u odnosu na kestene iz područja Španjolske i kestene francuskog podrijetla, sadrže manji udio vode. Hibridne sorte kestena u ovom istraživanju pokazuju skoro identični udio vode kao kesteni iz Turske.
4. Rezultati istraživanja ispitivanih uzoraka kestena pokazuju da je udio pepela niži u odnosu na kestene iz regije Trás-os-Montes u Portugalu, Španjolske te s područja Učke i Medvednice. Hibridne sorte kestena u ovom istraživanju pokazuju istu prosječnu vrijednost za pepeo kao kesteni iz sjeveroistočnog Portugala.
5. Uzorci kestena ovog istraživanja sadrže veći udio proteina u odnosu na kestene iz Portugala, Bugarske i Učke, a manji udio proteina u odnosu na kestene francuskog podrijetla. Drugo istraživanje s područja Učke pokazuje niži udio proteina u odnosu na hibridne sorte, a viši udio u odnosu na tradicionalne sorte u ovom istraživanju.

6. Ispitivani uzorci kestena pokazuju veći udio prirodnih šećera u odnosu na kestene iz Turske, područja Medvednice, Učke i otoka Cresa, dok u odnosu na kestene iz Portugala, pokazuju manji udio.
7. Rezultati ovog istraživanja pokazuju manji udio saharoze u odnosu na kestene iz Turske i Portugala te veći udio u odnosu na kestene s područja istočne Hrvatske i otoka Cresa. Kesteni s područja Učke pokazuju veći udio saharoze u odnosu na hibridne sorte i manji udio u odnosu na tradicionalne sorte kestena ovog istraživanja.
8. Ispitivani uzorci kestena pokazuju manji udio škroba u odnosu na kestene iz Španjolske, Italije, Portugala i Bugarske.
9. Uzorci kestena ovog istraživanja sadrže veći udio masti u odnosu na kestene francuskog podrijetla i kestene iz sjeveroistočnog Portugala, dok u odnosu na kestene iz Španjolske i regije Trás-os-Montes u Portugalu pokazuju manji udio masti.

## 6. LITERATURA

AOAC 925.40:1995, Nuts and nut products – Moisture in nuts and nut products.

AOAC 935.52:1995, Nuts and nut products – Preparation of sample.

AOAC 948.22: 1995, Nuts and nut products – Fat (crude) in nuts and nut products.

AOAC 950.48:1995, Nuts and nut products – Protein (crude) in nuts and nut products.

AOAC 950.49:1995, Nuts and nut products – Ash of nuts and nut products.

AOAC 950.51, 1950, Nuts and nut proucts – Sucrose in nuts and nut products.

Akbulut, M., Bozhuyuk, M. R., Ercisli, S., Skender, A., Sorkheh, K. (2017) Chemical Composition of Seed Propagated Chestnut Genotypes from Northeastern Turkey. *Not. Bot. Horti. Agrobo.* **45**, 425-430.

Anselmi, N., Vannini, A. (2003) Ink Disease of chestnut caused by *Phytophthora cambivora*: A serious threat for chestnut cultivation, <<http://soi.cnr.it/chestnut/extension/overview/inkshow.htm>>. Pristupljeno 5.ožujka 2021.

Badenes, M. A., Byrne, D. H. (2012) Fruit breeding, 8.izd., Springer, London, str. 729-733.

Barišić, K. (2020) Kemijski sastav maruna s otoka Cresa. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.

Barreira, J. C., Casal, S., Ferreira, I. C., Peres, A. M., Pereira, J. A., Oliveira, M. B. P. (2012) Chemical characterization of chestnut cultivars from three consecutive years: Chemometrics and contribution for authentication. *Food Chem. Toxicol.* **50**, 2311-2317.

Barros, A. I., Nunes, F. M., Gonçalves, B., Bennett, R. N., Silva, A. P. (2011) Effect of cooking on total vitamin C contents and antioxidant activity of sweet chestnuts (*Castanea sativa* Mill.). *Food chem.* **128**, 165-172.

Beccaro, G., Alma, A., Bounous, G., Gomes-Laranjo, J. (2020) The Chestnut Handbook: Crop and Forest Management, 1.izd., Taylor & Francis, London.

Belančić, A. (2017) Kemijski sastav kestena istočne Hrvatske. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.

Blomhoff, R., Carlsen, M. H., Andersen, L. F., Jacobs, D. R. (2006) Health benefits of nuts: potential role of antioxidants. *Brit. J. Nutr.* **96**, 52-60.

Borges, O., Gonçalves, B., Carvalho, J. L. S., Correia, P., Silva, A. P. (2008) Nutritional quality of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars from Portugal. *Food Chem.* **106**, 976-984.

Breisch, H., Boutitie, A., Reyne, J., Saleses, G., Vaysse, P. (1995) Châtaignes et marrons, CTIFL Centre Technique des Fruits et Légumes, Rungin Complexe.

Car, H. (2018) Pitomi kesten – zanemareni ljepotan naših šuma. *Matka: časopis za mlade matematičare.* **26**, 158-159.

Conedera, M., Manetti, M. C., Giudici, F., Amorini, E. (2004) Distribution and economic potential of the Sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Europe. *Ecol. Mediterr.* **30**, 179-193.

Cosmulescu, S., Trandafir, I., Nour, V., Botu, M. (2020) Physical and compositional characteristics of chestnut fruits. *Rom. J. Hortic.* **1**, 51-58

Cruz, B. R., Abraão, A. S., Lemos, A. M., Nunes, F. M. (2013) Chemical composition and functional properties of native chestnut starch (*Castanea sativa* Mill). *Carbohydr. Polym.* **94**, 594-602.

De La Montaña Miguelez, J., Míguez Bernárdez, M., Garcia Queijeiro, J. M. (2004) Composition of varieties of chestnuts from Galicia (Spain). *Food Chem.* **84**, 401-404.

Desmaison, A. M., Tixier, M. (1984) Acides aminés libres de châtaigne provenant de *Castanea sativa* Mill., *Castanea crenata* Sieb at Zucc., *Castanea mollissima* Blume et d'hybrides: *Castanea crenata* × *sativa* Annales des Pharmaceutiques. Française. **42**, 353-357

Ertürk, Ü., Mert, C., Soylu, A. (2006) Chemical composition of fruits of some important chestnut cultivars. *Braz. Arch. Biol. Techn.* **49**, 183-188

European Commission (2017) Sweet Chestnut. <<https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/forestry/qr-tree-project/sweet-chestnut>>. Pristupljeno 4.ožujka 2021.

Ewers, E. (1908) Über die Bestimmung des Stärkegehaltes auf polarimetrischem Wege. *Z. Öffentl. Chem.* **14**, 150-157.

Glavaš, M. (2004) Pitomi kesten i njegova bolest (*Castanea sativa* Mill.). Glasnik Zaštite Bilja. **27**, 97-102.

Glushkova, M., Zhyanski, M., Velinova, K. (2010) Nut quality assessment of chestnut cultivars from 'Ivanik' clone collection. *Forest Sci.* **47**, 3-14.

Gomes, A. L., Abreu, C. G., Castro, L. T. (1997) Colutad. Um clone de castanheiro com resistencia a doenca da tinta. NATO/SFS Programme III Po-Chestnut. Universidade de Tras o Montes e Alto Douro, Villa Real.

Grundmann, B. (2020) Chinese Chestnut (*Castanea mollissima*), <<https://organicplantcarellc.com/chinese-chestnut-castanea-mollissima/>>. Pristupljeno 4.ožujka 2021.

Ivančić, N. (2017) Kemijski sastav kestena s područja Karlovačke i Zagrebačke Županije. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.

Konstantinidis, P., Tsiourlis, G., Xofis, P., Buckley, G. P. (2009) Taxonomy and ecology of *Castanea sativa* Mill. forests in Greece. *Plant Ecol.* **195**, 235–256.

Krebs, P., Conedera, M., Pradella, M., Torriani, D., Felber, M., Tinner, W. (2004) Quaternary refugia of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.): An extended palynological approach. *Veg. Hist. Archaeobot.* **13**, 145-160.

McCarthy, M. A., Meredith, F. I. (1988) Nutrient data on chestnuts consumed in the United States. *Econ. Bot.* 42(1), 29-36

Medak, J. (2004) Fitocenološke značajke šuma pitomog kestena u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (magistarski rad), Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Mellano, M. G., Beccaro, G. L., Donno, D., Torello Marinoni, D., Boccacci, P., Canterino, S., Cerutti, A. K., Bounous, G. (2012) *Castanea* spp. biodiversity conservation: collection and characterization of the genetic diversity of an endangered species *Genet. Resour. Crop Evol.* **59**, 1727-1741.

Mencarelli, F. (2001) Postharvest handling and storage of chestnuts. FAO-Food and Agriculture Organisation, <<http://www.fao.org/3/AC645E/ac645e00.htm>>. Pristupljeno 6.ožujka 2021.

Mert, C., Ertürk, Ü. (2017) Chemical compositions and sugar profiles of consumed chestnut cultivars in the Marmara Region, Turkey. *Not. Bot. Horti. Arobo.* **45**, 203-207.

Mujić, I., Agayn, V., Živković, J., Velić, D., Jokić, S., Alibabić, V., Rekić, A. (2010) Chestnuts, a “Comfort” Healthy Food? *Acta Hort.* **866**, 659-666.

Neri, L., Dimitri, G., Sacchetti, G. (2010) Chemical composition and antioxidant activity of cured chestnuts from three sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) ecotypes from Italy. *J. Food Compos. Anal.* **23**, 23-29.

Pereira-Lorenzo, S., Ramos-Cabrera, A. M., Díaz-Hernández, M. B., Ciordia-Ara, M., Ríos-Mesa, D. (2006) Chemical composition of chestnut cultivars from Spain. *Sci. Hortic.* **107**, 306-314.

Poljak, I., Idžojić, M., Zebec, M., Perković, N. (2012) Varijabilnost europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području sjeverozapadne Hrvatske prema morfološkim obilježjima plodova. *Šumarski list*. **136**, 479-488

Powell, W. (2017) New genetically engineered American chestnut will help restore the decimated, iconic tree, <<https://acf.org/our-community/news/new-genetically-engineered-american-chestnut-will-help-restore-decimated-iconic-tree/>>. Pristupljeno 5. ožujka 2021.

Prgomet, Ž., Mujić, I., Bratović, I., Novak Agbaba, S., Pentek, I., Šimunović, V. (2011) Stanje i perspektive uzgoja pitomog kestena u Istri, Skupština Istarske županije.

Ros, E. (2010) Health Benefits of Nut Consumption. *Nutrients*. **2**, 652-682.

Stewart, K. (2018) The American Chestnut: The Tree of Trees, <<https://www.valleytable.com/vt-article/american-chestnut>>. Pristupljeno 4. ožujka 2021.

Tanabe, Y. (2017) Fruits you should eat in Japan: Kuri (chestnut), <<http://cupidojapan.com/fruits-you-should-eat-in-japan-kuri-chestnuts/>>. Pristupljeno 4. ožujka 2021.

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (2019) Nuts, chestnuts, european, raw, peeled. <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170575/nutrients>>. Pristupljeno 6. ožujka 2021.

Vannini, A., Vettraino, A. M. (2001) Ink disease in chestnuts: impact on the European chestnut. *For. Snow Landsc. Res.* **76**, 345-350.

Vasconcelos, M. C. B. M., Bennett, R. N., Rosa, E. A. S., Ferreira-Cardoso, J. V. (2010) Composition of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and association with health effects: fresh and processed products. *J. Sci. Food Agr.* **90**, 1578-89.

Vossen, P. (2000). Chestnut culture in California. UCANR Publications. 8010, California

Žunić, V. (2020) Kemijski sastav maruna s lokacije Učka-Liganj. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.

## IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mog rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Petra Grünfeld

Petra Grünfeld