

# Utjecaj konvekcijskog sušenja na kemijski sastav bundeve

---

Šošo, Lea

Master's thesis / Diplomski rad

2022

*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:159:301337>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-07**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2022

Lea Šošo

**UTJECAJ KONVEKCIJSKOG  
SUŠENJA NA KEMIJSKI SASTAV  
BUNDEVE**

Rad je izrađen u Laboratoriju za analitičku kemiju na Zavodu za kemiju i biokemiju Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom izv. prof. dr.sc. Antonele Ninčević Grassino.

PROJEKT - Hibridno sušenje i valorizacija biljnog prehrambenog otpada i nusproizvoda“, IP-2019-04-9750 (HYDRYBY), Hrvatska zaklada za znanost, Prof. dr. sc. Mladen Brnčić.



## ZAHVALA

*Za početak veliko hvala od srca mojoj mentorici, izv. prof. dr.sc. Antoneli Ninčević Grassino, na vodstvu, strpljenju, trudu i povjerenju prilikom izrade ovog diplomskog rada. Zahvaljujem i kolegama iz Laboratorija za termodinamiku, prof.dr.sc Mladenu Brnčiću i doc.dr.sc. Filipu Dujmiću te mag. Marku Marelji na pruženoj pomoći u radu.*

*Hvala mojim kolegama i kolegicama na predivnim druženjima i zajedničkim učenjima sve ove godine.*

*Hvala mojim prijateljicama što su mi bile uz mene i uljepšale mi studentske dane. Hvala Tomislavu što je bio bezuvjetna potpora, vjetar u leđa i uvijek tu da mi izmami osmijeh na lice.*

*Hvala mojoj mami i sestri na neizmjerne podršci u apsolutno svakom pogledu, ne samo vezano uz moje obrazovanje. A najveće hvala mom tati... voljela bih da zna kako bez njega ja ne bi bila osoba koja jesam. Zahvalna sam na beskonačnoj ljubavi, podršci, povjerenju, savjetu i vjerovanju u mene da sam i sama pomislila kako mogu napraviti sve što naumim. Hvala do neba.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Zavod za kemiju i biokemiju  
Laboratorij za analitičku kemiju

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

Diplomski sveučilišni studij: Nutricionizam

### UTJECAJ KONVEKCIJSKOG SUŠENJA NA KEMIJSKI SASTAV BUNDEVE

*Lea Šošo*, univ. bacc. nutr.

0177050155

**Sažetak:** Pulpa bundeve je nutritivno vrijedna namirnica koja se zbog podložnosti kvarenju podvrgava procesu sušenja. Cilj ovog rada bio je analizirati kemijski sastav bundeve sušene u konvekcijskoj sušari uz protok zraka od  $1,5 \text{ m s}^{-1}$  pri  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  i  $0,5 \text{ m s}^{-1}$  pri  $50, 60$  i  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Sadržaj nutritivnih komponenata u uzorcima određen je gravimetrijom i UV/Vis spektrofotometrijom. Najniži udio vlage ( $12,56 \%$ ), pepela ( $5,48 \%$ ) i vlakana ( $10,12 \%$ ) sadrži uzorak sušen pri  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Isti uzorak ima najveći udio masti ( $2,18 \%$ ) i šećera ( $3,49 \%$ ). Optimalno vrijeme za provođenje ultrazvučne ekstrakcije šećera pokazalo se  $40 \text{ min}$  (pri  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ), a za ekstrakciju proteina  $20 \text{ min}$ . Tako maseni udjeli proteina za uzorke sušene pri  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $1,5 \text{ m s}^{-1}$ ),  $60$  i  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $0,5 \text{ m s}^{-1}$ ) uz ekstrakciju od  $20 \text{ min}$  iznose  $27,56 \%$ ,  $25,36 \%$  i  $24,44 \%$ .

**Ključne riječi:** *Cucurbita maxima*, konvekcijsko sušenje, kemijski sastav, analitičke metode, ultrazvukom potpomognuta ekstrakcija

**Rad sadrži:** 40 stranica, 5 slika, 8 tablica, 56 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Antonela Ninčević Grassino

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. izv. prof. dr. sc. Marija Badanjak Sabolović (predsjednik)
2. izv. prof. dr. sc. Antonela Ninčević Grassino (mentor)
3. prof. dr. sc. Suzana Rimac Brnčić (član)
4. doc. dr. sc. Filip Dujmić (zamjenski član)

**Datum obrane:** 16. rujna 2022.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Department of chemistry and biochemistry  
Laboratory for analytical chemistry

**Scientific area:** Biotechnical Sciences  
**Scientific field:** Nutrition

**Graduate university study programme:** Nutrition

INFLUENCE OF CONVECTIVE DRYING ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF PUMPKIN

*Lea Šošo, univ. bacc. nutr.*

0177050155

**Abstract:** Pumpkin pulp is a nutritionally valuable food product that undergoes a drying process due to its susceptibility to spoilage. The aim of this work was to analyze the chemical composition of pumpkin that was dried by convention at an air flow of  $1.5 \text{ m s}^{-1}$  for  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $0.5 \text{ m s}^{-1}$  for  $50$ ,  $60$  and  $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . The content of nutrients was determined gravimetrically and UV/Vis spectrophotometrically. The lowest content of moisture (12.56 %), ash (5.48 %) and dietary fiber (10.12 %) was determined in the sample dried at  $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . The same sample contained the highest percentage of fat (2.18 %) and sugar (3.49 %). The optimal time for ultrasonic sugar extraction turned out to be 40 min (at  $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), and 20 min for protein extraction. Thus, the mass fractions of the samples dried at  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $1.5 \text{ m s}^{-1}$ ),  $60$  and  $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0.5 \text{ m s}^{-1}$ ) with an extraction of 20 min were 27.56 %, 25.36 % and 24.44 %, respectively.

**Keywords:** *Cucurbita maxima*, convective drying, chemical composition, analytical method, ultrasound assisted extraction

**Thesis contains:** 40 pages, 5 figures, 8 tables, 56 references

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** Antonela Ninčević Grassino, PhD, Associate professor

### Reviewers:

1. Marija Badanjak Sabolović, PhD, Associate professor (president)
2. Antonela Ninčević Grassino, PhD, Associate professor (mentor)
3. Suzana Rimac Brnčić, PhD, Full professor (member)
4. Filip Dujmić, PhD, Assistant professor (substitute)

**Thesis defended:** September 16<sup>th</sup>, 2022



## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	3
2.1. BOTANIČKA KLASIFIKACIJA I PORIJEKLO BUNDEVE .....	3
2.2. KEMIJSKI SASTAV BUNDEVE I UTJECAJ NA ZDRAVLJE .....	4
2.3. UZGOJ I PROIZVODI OD BUNDEVE .....	5
2.4. SUŠENA BUNDEVA I NJENA PRIMJENA .....	6
2.4.1. Sušenje bundeve .....	6
2.4.2. Primjena osušene bundeve .....	8
2.5. EKSTRAKCIJA .....	8
2.5.1. Refluksiranje .....	9
2.5.2. Soxhlet ekstrakcija .....	9
2.5.3. Ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom .....	10
2.6. ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA ANALITIČKIM POSTUPCIMA .....	10
2.6.1. Gravimetrija .....	10
2.6.2. UV/Vis spektroskopija .....	13
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	15
3.1. MATERIJAL .....	15
3.2. KEMIKALIJE .....	15
3.3. APARATURA .....	15
3.4. PRIBOR .....	16
3.5. METODE RADA .....	16
3.5.1. Određivanje sadržaja vlage u uzorcima sušene bundeve .....	16
3.5.2. Određivanje sadržaja pepela u uzorcima sušene bundeve .....	17
3.5.3. Određivanje sadržaja masti u uzorcima sušene bundeve .....	17
3.5.4. Određivanje sadržaja vlakana u uzorcima sušene bundeve .....	18
3.5.5. Ekstrakcija šećera i proteina u uzorcima sušene bundeve .....	18
3.5.6. Određivanje ukupnih šećera u uzorcima sušene bundeve .....	19
3.5.7. Određivanje ukupnih proteina u uzorcima sušene bundeve .....	21
3.6. OBRADA PODATAKA .....	23
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	24
4.1. SADRŽAJ VLAGE U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE .....	24
4.2. SADRŽAJ PEPELA U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE .....	26
4.3. SADRŽAJ MASTI U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE .....	27

4.4. SADRŽAJ VLAKANA U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE .....	29
4.5. SADRŽAJ ŠEĆERA U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE.....	30
4.6. SADRŽAJ PROTEINA U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE .....	32
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>35</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>36</b>

# 1. UVOD

Bundeva (*Cucurbita maxima*) porijeklom dolazi iz Južne Amerike, a uzgaja se diljem cijeloga svijeta (Kaźmińska i sur., 2020; Pereira i sur., 2020). Pripada obitelji *Cucurbitaceae* od kojih su najčešće vrste *Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita moschata* i *Cucurbita mixta* (Pleh i sur., 1998). Bundeva je namirnica koja može doprinijeti poboljšanju zdravlja ukoliko se uvrsti u svakodnevnu prehranu. Naime, pulpa bundeve bogat je izvor vitamina, minerala kao i antioksidanasa (Busuioc i sur., 2020). Pored karotenoida sadrži različite bioaktivne spojeve poput flavonoida, polifenola, tanina i tokoferola koji imaju protuupalno, antioksidacijsko i antikancerogeno djelovanje (Kulczyński i Gramza-Michałowska 2019; Mahmoodpoor i sur., 2018). Iako cijela porodica *Cucurbitaceae* ima blagotvoran utjecaj na zdravlje, svaka pojedina vrsta ima karakteristična svojstva kojim doprinosi zdravlju (Busuioc i sur., 2020).

Broj istraživanja vezanih uz vrstu *Cucurbita maxima* je u porastu zbog atraktivne boje, niske cijene proizvodnje, nutritivnog sastava i funkcionalnih svojstava (Pereira i sur., 2020). *Cucurbita maxima* konzumira se u svježem obliku, no može se koristiti i kao dodatak pri proizvodnji različite druge hrane. Prinos i karakteristike ploda su od iznimne ekonomske važnosti za tržište. Primjerice, prehrana u kojoj je zastupljena *Cucurbita maxima* može doprinijeti smanjenju razine glukoze u krvi uslijed hipoglikemijskog djelovanja polisaharida koje sadrži. Mnogi faktori imaju utjecaja na kemijski sastav bundeve, od kojih su to prvenstveno klimatski uvjeti, vrsta tla i način uzgoja (Kim i sur., 2012).

Pulpa bundeve bogata je vlaknima i ugljikohidratima, dok je siromašnija na proteinima i mastima u usporedbi sa sjemenkama koje su bogate masnim kiselinama kao i esencijalnim aminokiselinama (Kim i sur., 2012).

Obzirom na visok sadržaj vode pulpa bundeve podložna je kvarenju. Kako bi se spriječili gubitci nakon berbe podvrgava se procesu sušenja. Proces sušenja, jedan od najstarijih načina konzerviranja hrane koji osigurava dulji rok trajanja namirnice, omogućava lakši transport i zahtjeva manji skladišni prostor (Radojčin i sur., 2021; Marelja i sur., 2020; Henriques i sur., 2012). Ujedno, sušenje pulpe bundeve pridonosi njenoj ekološkoj i ekonomskoj važnosti jer se prilikom proizvodnje ulja od sjemenki bundeve katkada smatra otpadnim materijalom (Różyło i sur., 2014). Jedan od najčešće korištenih procesa sušenja, primijenjen i pri izradi ovog rada je konvekcijsko sušenje, kojeg karakterizira povoljna cijena i jednostavnost uporabe (Radojčin i sur., 2021). Tako je istraživanje Pereira i suradnika (2020) pokazalo kako se osušena bundeva, odnosno brašno bundeve, može upotrijebiti kao

funkcionalni i nutritivni sastojak prilikom proizvodnje prehrambenih proizvoda poput pekarskih proizvoda, mliječne hrane, instant juha, umaka te hrane za dojenčad.

U skladu s navedenim cilj ovog istraživanja bio je odrediti kemijski sastav bundeve “*Cucurbita maxima*“ (Prinčeva kruna) sušene procesom konvekcijskog sušenja, čime bi se pokazalo kako parametri sušenja utječu na njena nutritivna svojstva. Sušenje je provedeno pri temperaturama od 50, 60 i 70 °C te protocima zraka od 1,5 m s<sup>-1</sup> pri 50 °C i 0,5 m s<sup>-1</sup> pri 50, 60 i 70 °C. Sadržaj vlage i pepela određen je gravimetrijskim analitičkim metodama, a udio masti i vlakana primjenom ekstrakcijskih metoda (Soxhlet ekstrakcija i refluksiranje) i gravimetrijske analize. Udio proteina i šećera određen je UV/Vis spektrofotometrijom, a ovim određivanjima prethodila je ekstrakcija uzoraka sušene bundeve potpomognuta ultrazvukom. Efikasnost ekstrakcije proteina i šećera praćena je pri vremenskim intervalima od 10, 20 i 40 min.

U zaključku, dobivenim rezultatima ovog rada bi se pokazalo kako primijenjeni parametri konvekcijskog sušenja utječu na nutritivna svojstva sušene bundeve i treba li ih u daljim fazama konvekcijskog sušenja optimirati.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. BOTANIČKA KLASIFIKACIJA I PORIJEKLO BUNDEVE

Bundeva prema botaničkoj klasifikaciji pripada razredu *Magnoliatae*, podrazredu *Dilleniidae*, redu *Cucurbitales*, porodici *Cucurbitaceae* (Pleh i sur., 1998) koja sadrži više od 900 vrsta te rodu *Cucurbita* koji obuhvaća 14 vrsta sa šest podvrsta i dvije samonikle sorte (Kostecka-Gugała i sur., 2020). Najčešće vrste roda *Cucurbita* u svijetu su *Cucurbita maxima* (bundeva), *Cucurbita pepo* (buča), *Cucurbita moschata* (bundeva šećerka), *Cucurbita mixta* te *Cucurbita ficifolia* (Kaźmińska i sur., 2020; Pleh i sur., 1998). Najveće bundeve uobičajeno pripadaju sorti *Cucurbita maxima*, što odgovara i njihovom nazivu (Adebayo i sur., 2013), dok su minijaturne bundeve obično sorte *Cucurbita pepo* (Khatib i Muhieddine, 2019). Bundeve teže otprilike 4 do 8 kilograma, dok najveća među vrstama, *Cucurbita maxima*, može doseći težinu i preko 34 kilograma (Adebayo i sur., 2013).

Vrsta *Cucurbita maxima* najčešće je prepoznata pod nazivom bundeva, bundeva pečenica ili pak žuta bundeva (Benko, 2019). Porijeklom dolazi iz toplih i umjerenih područja Amerike (Adebayo i sur., 2013), a uzgaja se diljem svijeta s odgovarajućom klimom za uzgoj (Pereira i sur., 2020; Różyło i sur., 2014).

Vjeruje se kako je bundeva najraznolikije povrće s obzirom na veličinu, oblik i boju (Kaźmińska i sur., 2020; Kulczyński i Gramza-Michałowska 2019). Stapka *Cucurbita maximae* je cilindrična, mekana i spužvasta, a plod uglavnom okrugao ili okruglo-spljoštenog oblika. Plod može biti sivo-bijele, žute, narančaste ili tamnozeleno boje, a meso žutog ili narančastog obojenja. Pulpa je nitasta i mekana, a sjeme svijetlosmeđe do krem-bijele boje te spljoštenog ovalnog oblika (slika 1). Biljka sadrži cvijet zvonolikog oblika sa širokim laticama te dlakave, krupne i bubrežaste listove čiji su vrhovi reznjeva zaobljeni, bez bijelih pjega na plojki između nervature (Benko, 2019).



**Slika 1.** Prikaz ploda, pulpe i sjemena *Cucurbita maxima* (Lemus-Mondaca i sur., 2019)

## 2.2. KEMIJSKI SASTAV BUNDEVE I UTJECAJ NA ZDRAVLJE

Mnogi faktori utječu na kemijski sastav bundeve. Prvenstveno su to klimatski uvjeti, vrsta tla i način uzgoja (Kulczyński i Gramza-Michałowska 2019; Kim i sur., 2012). Razlike u kemijskim sastojcima pronalaze se među različitim vrstama bundeve, među kultivarima uzgojenim u različitim regijama (Khatib i Muhieddine, 2019) te između različitih dijelova biljke, to jest kore, sjemenki i pulpe (Amin i sur., 2019; Kim i sur., 2012).

Cijela porodica *Cucurbitaceae* ima zdravstvene dobrobiti, ali svaka biljka, ovisno o području uzgoja, sadrži karakteristična svojstva kojima utječe na čovjekovo zdravlje (Busuioc i sur., 2020). Bundevu se povezuje sa smanjenim rizikom od nastanka degenerativnih bolesti te joj se pripisuju razni blagotvorni učinci poput antidijabetičkog, antikancerogenog, antioksidacijskog i antimikrobnog djelovanja (Kulczyński i Gramza-Michałowska 2019; Mahmoodpoor i sur., 2018). Sadrži obilje makro- i mikro-nutrijenata, kao i antioksidansa koji jačaju imunitet ljudskog tijela (Khatib i Muhieddine, 2019).

Pulpa bundeve bogata je vlaknima i ugljikohidratima, a siromašnija proteinima i mastima u usporedbi sa sjemenkama koje su bogate masnim kiselinama i esencijalnim aminokiselinama (Kim i sur., 2012). Istraživanje Kim i suradnika (2012) pokazalo je kako *Cucurbita maxima* ima značajno veći udio ugljikohidrata (133,53 g/kg), proteina (11,31 g/kg), masti (4,20 g/kg) i vlakana (10,88 g/kg) od *Cucurbita pepo* i *Cucurbita moschatae*. S druge strane vrste *C. pepo* i *C. moschata* imaju veći udio vlage u odnosu na vrstu *Cucurbita maxima* (840,43 g/kg). Zajednička karakteristika pulpe *Cucurbita*, osim niskog sadržaja masti, je i nizak glikemijski indeks, uzrokovan visokim udjelom vlakana, što može biti od koristi za bolesnike s dijagnosticiranim dijabetesom tipa 2 (Salehi i sur., 2019; Mahmoodpoor i sur., 2018). Hipoglikemijska učinkovitost potvrđena je prisutnošću različitih polisaharida u pulpi bundeve (Kostecka-Gugała i sur., 2020, Różyło i sur., 2014). Pulpa ploda koristi se i za ublažavanje crijevne upale ili enteritisa, dispepsije i želučanog poremećaja (Amin i sur., 2019; Salehi i sur., 2019). Pulpa bundeve obiluje vlaknima koja se mogu podijeliti na vlakna topiva u vodi i netopiva vlakna. Topiva vlakna, uslijed dobrog vezanja vode na sebe, omogućuju dobru konzistenciju prehrambenih proizvoda uz zadržavanje nutritivne vrijednosti, dok se netopiva koriste za obogaćivanje namirnica vlaknima. Vlakna ne doprinose samo regulaciji probavnog sustava i osjećaju sitosti, već pomažu u jačanju imuniteta te regulaciji šećera u krvi. Ujedno, sudjeluju i u prevenciji kardiovaskularnih oboljenja uslijed smanjenja kolesterola u krvi te pretilosti uslijed niske kalorijske vrijednosti (Barber i sur., 2020; Černiauskiene i sur., 2014). Obogaćivanje svakodnevne prehrane ovom niskokaloričnom namirnicom olakšava smanjenje

tjelesne mase (Henriques i sur., 2012). Iako pulpa bundeve nije bogat izvor ulja, kao ni proteina, odlikuje je visok sadržaj bioaktivnih spojeva za koje se vjeruje kako imaju zaštitnu ulogu protiv mnogih bolesti (Pereira i sur., 2020). Prisutnost visokog sadržaja karotenoida, uglavnom  $\beta$ -karotena i/ili luteina te zeaksantina, odgovorna je i za karakterističnu žuto-narančastu boju plodova. Navedeni karotenoidi imaju važnu ulogu u održavanju zdravlja očiju i smanjenju rizika od nastanka makularne degeneracije (Kostecka-Gugała i sur., 2020; Salehi i sur., 2019). Prisutnost karotenoida i polifenola može ojačati antioksidativni obrambeni mehanizam, sprječavajući štetne učinke slobodnih radikala koji uzrokuju mnoge bolesti, poput hipertenzije, ateroskleroze, dijabetesa tipa 2 i raka (Kostecka-Gugała i sur., 2020). Flavonoidi, bioaktivni spojevi, nađeni u većini voćnih pulpi su katehin i kampferol. Oni su učinkoviti antioksidansi s dobro izraženim zdravstvenim benefitima. Mogu štititi od bolesti koje su uzrokovane oksidativnim stresom, a potvrđeno je njihovo zaštitno djelovanje protiv kardiovaskularnih oboljenja (Kostecka-Gugała i sur., 2020). Pulpa bundeve sadrži vitamin C koji pozitivno utječe na imunitet i doprinijeti povećanju apsorpcije željeza iz prehrane. Pulpa, uz vitamin C, sadrži i velike količine kalija koji je neophodan za pravilan rad živčanog sustava i mišića te pomaže u održavanju normalnog krvnog tlaka. Osim kalija izvor je i brojnih drugih minerala poput kalcija, magnezija, mangana, i drugih. (Kulczyński i Gramza-Michałowska 2019).

### 2.3. UZGOJ I PROIZVODI OD BUNDEVE

Bundeve su biljke kojima za uzgoj, odnosno rast i razvoj, odgovara topla klima, otvoreni sunčani položaj te dovoljno vlage u tlu. Sjeme bundeve započinje s klijanjem tek iznad 13,7 °C, dok je za rast ploda optimalna temperatura od 25 do 27 °C (Benko, 2019). Iako se završetkom klijanja sporo razvijaju, već nakon 35 do 45 dana počinje faza brzog rasta. Cvatnja zahtjeva svjetlost, više temperature i umjerenu vlažnost (oko 65 %), jer previsoke ili niske temperature, kao i dulja suša te kiša, priječe oplodnju (Pleh i sur., 1998). Bundeva cvate od srpnja do rujna (Kulczyński i Gramza-Michałowska 2019), a kao proizvod se upotrebljava većinom tijekom jesenskog i zimskog razdoblja. Vremenski period od cvatnje do berbe iznosi otprilike 60 do 90 dana, ovisno o vremenskim uvjetima i samom kultivaru (Benko, 2019). Razgranat korijen omogućuje izdržljivost prilikom suše, kao i uzgoj u hladnijim područjima uslijed njegove otpornosti na niske temperature. Bolja otpornost pri niskim temperatura *Cucurbite maxime* omogućuje uzgoj na višim nadmorskim visinama u usporedbi s drugim vrstama ovog roda (Pleh i sur., 1998).

Svježa bundeva cijeni se zbog svoje visoke nutritivne vrijednosti kao i slatkastog okusa. Guiné i suradnici (2011) su ustanovili da 100 g svježe bundeve sadrži 0,6 - 1,8 g proteina, 0,0 - 0,2 g lipida, 4,6 - 6,5 g šećera, 0,5 - 1,3 g vlakana i 80,0 - 96,0 g vlage. Američki zavod za poljoprivredu (*engl.* United States Department of Agriculture, USDA) svrstava bundevu u niskoenergetsku namirnicu koja na 100 g sirove bundeve ima kalorijsku vrijednosti od 26 kcal. S obzirom da je većina dijelova bundeve jestiva, od mesnate kore pa sve do sjemenki, bundeva se konzumira na mnogo načina bilo to u svježem ili prerađenom obliku (konzervirana, smrznuta ili sušena) (Khatib i Muhieddine, 2019, Kostecka-Gugała i sur., 2020). Plod bundeve je dobra sirovina za proizvodnju funkcionalnih proizvoda zbog svoje visoke nutritivne vrijednosti (Pereira i sur., 2020; Kostecka-Gugała i sur., 2020; Kulczyński i Gramza-Michałowska, 2019; Różyło i sur., 2014). Na tržištu postoje različiti prehrambeni proizvodi od bundeve ovisno o tome od kojih su dijelova bundeve proizvedeni. Pulpa bundeve se koristi kao hrana za stoku i u kulinarstvu, a sjemenke kao grickalice i za proizvodnju ulja (Kostecka-Gugała i sur., 2020). Značajan gospodarski doprinos ove namirnice/bio-materijala nije postignut samo u prehrambenoj industriji, već i u drugim granama industrije poput kozmetičke (Busuioc i sur., 2020).

## 2.4. SUŠENA BUNDEVA I NJENA PRIMJENA

### 2.4.1. Sušenje bundeve

Bundeva je kao i većina povrća podložna kvarenju te joj se svojstva mijenjaju tijekom vremena. Samim time postaje nužno koristiti metode konzerviranja koje omogućuju očuvanje njezinih nutritivnih svojstava (Henriques i sur., 2012). Jedna od najčešće korištenih metoda konzerviranja je sušenje, odnosno uklanjanje suviška vode iz proizvoda, koje se smatra najstarijim i najvažnijim načinom konzerviranja hrane (Radojčin i sur., 2021; Marelja i sur., 2020; Ghaboos i sur. 2016). Sušenje je vrlo važan tehnološki postupak u prehrambenoj industriji kojim se zbog uklanjanja vode iz namirnica smanjuje mogućnost rasta mikroorganizama i aktivnost enzima koji izazivaju kvarenje (Pereira i sur., 2020). Uslijed smanjenja aktivnosti vode, procesom sušenja postiže se očuvanje nutritivnog sadržaja, stabilnost aromatičnih komponenata te značajno smanjenje težine i volumena proizvoda (Radojčin i sur., 2021; Marelja i sur., 2020; Pereira i sur., 2020). Manja ukupna masa i volumen koji zauzimaju osušeni proizvodi pojeftinjuju proces transporta i skladištenja (Henriques i sur., 2012; Guiné i sur., 2011). Zemljama u razvoju je skladištenje hrane s visokim udjelom vlage otežano visokim vanjskim temperaturama i često neadekvatnim prostorima za hlađenje i



skladištenje. Stoga, za takva područja je proces sušenja uobičajen jer pojednostavljuje skladištenje (Zambrano i sur., 2019).

Tijekom sušenja u hrani se događaju mnoge promjene, poput strukturnih i kemijskih modifikacija, koje utječu na kvalitetu konačnog proizvoda (Henriques i sur., 2012). Način sušenja može utjecati na nutritivna, senzorska, fizikalno-kemijska te mikrobiološka svojstva namirnice (Márquez-Cardozo i sur., 2021; Ghaboos i sur. 2016).

Ovisno o primijenjenoj metodi sušenja očuvanje hranjivih sastojaka kao i boje tijekom samog procesa sušenja, ali i skladištenja, može se razlikovati (Khatib i Muhieddine, 2019). Odabir metode sušenja ovisi o brojnim čimbenicima, no svakako je važno zadovoljiti sigurnosne, tehnološke i potrošačke zahtjeve kako bi se dobio profitabilan proizvod. Neki od faktora koji utječu na odabir metode su: vrijeme sušenja, temperatura, sastav namirnice, struktura materijala, ali i tražena svojstva konačnog proizvoda. Primjerice, vakuumsko sušenje zamrzavanjem pokazalo se kao izvrsna metoda za očuvanje sadržaja  $\beta$ -karotena i fenolne kiseline u osušenoj bundevi (Khatib i Muhieddine, 2019).

Različiti materijali zahtijevaju odgovarajuću pripremu, odnosno obradu, koja prethodi procesu sušenja. Kod voća i povrća to bi predstavljalo sortiranje namirnica prema boji, veličini i zrelosti proizvoda, proces pranja, guljenja itd. Obrada sirovine prije sušenja mogu također utjecati na udio različitih spojeva u konačnom sušenom proizvodu. Naime, obradom namirnice može doći do strukturnih promjena praćenih procesima dehidracije i enzimske inaktivacije (Márquez-Cardozo i sur., 2021; Radojčin i sur., 2021; Marelja i sur., 2020). Tako su Aydin i Gocman (2015) pokazali kako prethodna obrada kriški bundeve metabisulfitom uz blanširanje vrućom vodom ima povoljan učinak na ukupnu stabilnost karotenoida, boju i sadržaj fenola u usporedbi s drugim predtretmanima koji su se koristili u proizvodnji praha bundeve sušenog vrućim zrakom.

#### *2.4.1.1. Konvekcijско sušenje*

Postoje različiti postupci sušenja proizvoda od kojih se najčešće upotrebljava konvekcijско sušenje zbog povoljne cijene i jednostavnije izvedbe (Radojčin i sur., 2021). Konvekcijско sušenje kao izvor topline upotrebljava vrući zrak. Strujanjem vrućeg zraka namirnica se zagrijava unutar komore za sušenje što rezultira uklanjanjem vode u obliku vodene pare. Uslijed dugog vremenskog perioda izlaganja namirnice vrućem zraku može doći do oksidacije pojedinih sastojaka što u konačnici rezultira promjenom boje, teksture, oblika i arome namirnice (Radojčin i sur., 2021; Ghaboos i sur. 2016).

Kako bi se poboljšala kvaliteta gotovog proizvoda, konvekcijsko sušenje se kombinira s drugim načinima sušenja, kao što je na primjer vakuumsko sušenje (Radojčin i sur., 2021). Najpoznatijim procesima sušenja u vakuumu pripadaju konvencionalno vakuum sušenje, mikrovalno vakuum sušenje te sušenje zamrzavanjem u vakuumu (Marelja i sur., 2020; Guiné i sur., 2011).

#### 2.4.2. Primjena osušene bundeve

Poslije berbe bundeva je stabilna 1 do 3 mjeseca, nakon čega postaje osjetljiva na mikrobiološko kvarenje, gubitak vlage te promjenu boje nakon guljenja. Proces sušenja je važan način očuvanja bundeve nakon berbe čime se omogućuje produljenje trajnosti te se povećava njena potencijalna upotreba u prehrambenim proizvodima. Očuvana pulpa bundeve može doprinijeti raznolikosti jela i povećanju nutritivne kvalitete proizvoda (Khatib i Muhieddine, 2019). Brašno bundeve ima vrlo poželjan slatkasti okus te intenzivnu žuto-narančastu boju (Różyło i sur., 2014; Černiauskienė i sur., 2014). Posljedično na tržištu sve više ima sušene bundeve u prahu, odnosno proizvoda koji je sadrže (Kulczyński i Gramza-Michałowska, 2019). Može se proizvesti prešanjem sjemenki ili sušenjem i mljevenjem bučine pulpe. S obzirom da je bundeva vrlo ekonomično i nutritivno bogato povrće, dobrih tehnoloških svojstava, poželjan je dodatak različitim proizvodima poput mješavine hrane za dojenčad, džemovima i kašicama za djecu. Koristi se i kao dodatak brašnu žitarica za izradu pekarskih proizvoda, juha, umaka, instant rezanaca i začina (Khatib i Muhieddine, 2019, Černiauskienė i sur., 2014). Dodavanje sušene pulpe bundeve izravno u pšenično brašno daje zadovoljavajuće rezultate pečenja i smanjuje trošak proizvodnje kruha. Nakon što se izdvoje sjemenke, pulpa bundeve može se katkada smatrati i otpadnim materijalom. Stoga sušenje i dodatak pulpe u kruh pridonosi njenoj ekološkoj i ekonomskoj važnosti. No svakako treba imati na umu da previsok udio sušene pulpe bundeve može uzrokovati neugodan okus, aromu, smanjen volumen, tvrdoću i gumastost proizvoda (Różyło i sur., 2014).

#### 2.5. EKSTRAKCIJA

Ekstrakcija je postupak potpunog ili djelomičnog odjeljivanja smjese tvari koje nisu jednako topljive u različitim otapalima koja se međusobno ne miješaju (Blekić i sur., 2011; Drmić i Jambrak, 2010). Za optimiranje procesa ekstrakcije potrebno je učinkovito posložiti čimbenike koji imaju utjecaja na izolaciju ciljanih sastojaka, poput frekvencije, intenziteta ultrazvuka, otapala, vremena obrade, temperature i pritiska (Drmić i Jambrak, 2010). Prije

provođenja same ekstrakcije, bilo konvencionalnim ili nekonvencionalnim metodama, potrebno je pripremiti materijale za obradu. Priprema uzorka provodi se sušenjem ili mljevenjem uzorka do željene veličine (Hewavitharana i sur., 2020).

U ovom radu korištena je Soxhlet ekstrakcija i refluksiranje kao dvije konvencionalne tehnike te ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom kao nekonvencionalna ekstrakcijska tehnika.

### 2.5.1. Refluksiranje

Tehnika refluksiranja provodi se zagrijavanjem tikvice s povratnim hladilom, koja sadrži materijal s odgovarajućim otapalom, do temperature vrenja otapala. Pare otapala s ekstrahiranim komponentama izlaze iz tikvice, nakon čega se kondenziraju u hladilu i potom vraćaju nazad u tikvicu. Nakon ekstrakcije slijedi dekantiranje ili filtracija otopine kako bi se ekstrahirani materijal odvojio od otapala. Učinkovitost ekstrakcije refluksiranjem je izrazito velika, no sve se više zamjenjuje nekonvencionalnim ekstrakcijskim tehnikama uslijed upotrebe velikog volumena otapala i dugotrajnog vremena ekstrakcije.

### 2.5.2. Soxhlet ekstrakcija

Ekstrakcija po Soxhletu jest standardna metoda za određivanje ukupnih masti u hrani. Masti se ekstrahiraju organskim otapalom koje treba biti jako hlapljivo i slabo viskozno (Hewavitharana i sur., 2020). Otapalo kruži u aparaturi, na način da se zagrijava, isparava te prolazi kroz usitnjeni, čvrsti uzorak smješten u celuloznom tuljcu. Kondenzacija pare otapala odvija se u hladilu nakon čega kapljice padaju na uzorak iz kojeg se ekstrahira analit. Otapalo zajedno s analitom i ekstraktom vraća se u tikvicu. Ciklus se vrši neprekidno sve dok se ne ekstrahira određeni analit (Patel i sur., 2019; Luque de Castro i Priego-Capote, 2010).

Mogućnost korištenja male količine uzorka, jednostavnost metode i aparature, kao i relativno cjenovno jeftina aparatura predstavljaju prednosti ove metode, no ona ima i svoje nedostatke. Osnovni nedostaci ekstrakcije Soxhlet-om su dugo trajanje same ekstrakcije (16 - 24 h), visoke temperature te velika potrošnja otapala, koje nije samo skupo zbrinuti, već su izvor ekoloških problema odnosno zagađenja okoliša (Shin i sur., 2013). U posljednje vrijeme je ova standardna metoda korištena kao polazište za razvoj drugih metoda koje nadoknađuju njene nedostatke, poput automatiziranih Soxhlet ekstraktora koji imaju razne prednosti, uključujući kraće vrijeme ekstrakcije, smanjen volumen ekstrakta i istovremeno ekstrahiranje nekoliko uzoraka. Od ostalih Soxhlet poboljšanja valja istaknuti Soxhlet ekstrakciju pri povišenom tlaku, Soxhlet ekstrakciju potpomognutu ultrazvukom i Soxhlet ekstrakciju

potpomognutu mikrovalovima (Shin i sur., 2013; Luque de Castro i Priego-Capote, 2010; García-Ayuso i sur., 1999).

### 2.5.3. Ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom

Brojna istraživanja su usredotočena na razvoj novih metoda obrade hrane radi dobivanja prehrambenih proizvoda visoke kvalitete. Kako bi se postigao što učinkovitiji proces ekstrakcije, sve se više koriste nekonvencionalne ekstrakcijske metode (Drmić i Jambrak, 2010). Ultrazvukom potpomognutu ekstrakciju kao nekonvencionalnu ekstrakcijsku tehniku, korištenu i u ovom radu, karakterizira znatno skraćanje vremena obrade uzoraka kao i mogućnost smanjenja temperature i potrošnje otapala. Za postizanje veće efikasnosti i maksimalnog prinosa analita nužno je optimizirati procesne parametre poput temperature, izbora otapala, snage ultrazvuka, vremena tretiranja itd. Ultrazvuk se dijeli na ultrazvuk niskog intenziteta, koji djeluje u frekvencijskom rasponu od 2 MHz na više, i ultrazvuk visokog intenziteta s frekvencijama u rasponu od 20 do 100 kHz. Ultrazvuk niskih intenziteta ne uzrokuje fizičke ni kemijske promjene promatranog medija zbog čega se karakterizira kao neinvazivna tehnika. S druge strane, ultrazvuk visokog intenziteta može dovesti do fizičkih i kemijskih promjena ispitivanog materijala (Drmić i Jambrak, 2010).

Ultrazvučna kupelj je uređaj koji se često koristi u laboratorijima zbog povoljnije cijene i jednostavnijeg rada. Tako je vrijeme potrebno za provođenje ultrazvučne ekstrakcije kraće od vremena potrebnog za izvršenje Soxhletove ekstrakcije. Ekstrakcija ultrazvukom efikasnija je i uslijed izravnog kontakta čvrste tvari i otapala. Pucanjem odnosno oštećenjem stanične stijenke, djelovanjem ultrazvuka visoke snage, olakšava se prodiranje otapala ka staničnom sadržaju i poboljšava prijenos mase. Međutim, ova metoda ima i određene nedostatke od čega se ističe česta uporaba višekratne ekstrakcije kao i korištenje velikog volumena otapala (Patel i sur., 2019; Drmić i Jambrak, 2010).

## 2.6. ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA ANALITIČKIM POSTUPCIMA

### 2.6.1. Gravimetrija

Gravimetrijska analiza je standardna laboratorijska tehnika koja se naširoko koristi u brojnim industrijama (Zambrano i sur., 2019). Predstavlja kvantitativnu analitičku metodu koja pruža informacije o masi i/ili udjelu pojedinih analita u ispitivanom uzorku. Temelji se na određivanju mase analita analitičkom vagom odnosno instrumentom kojeg odlikuje visoka točnost i preciznost. Taložna metoda i metoda ishlapljivanja su dvije najvažnije vrste

gravimetrijskih analiza. Postupak metode ishlapljivanja uključuje ishlapljivanje analita te sakupljanje i vaganje hlapljivog produkta ili se masa produkta odredi neizravno iz gubitka mase uzorka. Uobičajeno se upotrebljava prilikom određivanja udjela pepela i vlage (Skoog i sur., 1999).

#### *2.6.1.1. Određivanje udjela vlage*

Razne industrije koriste brojne metode kako bi osigurale postizanje ciljanog udjela vlage (Zambrano i sur., 2019). Izbor metode, odnosno način mjerenja sadržaja vlage, odabire se ovisno o proizvodu, očekivanom udjelu vlage, jednostavnosti uporabe, dostupnošću opreme, troškovima mjerenja, potrebnom točnošću i preciznošću te namjenom (Bradley, 2009). Analiza udjela vlage čini ključnu komponentu u prehrambenoj industriji. Svojstva prehrambenog proizvoda na koje može utjecati sadržaj vlage dijele se na nutritivna, kemijska i fizikalna. Udio vlage može se odraziti na oblik, boju, teksturu, okus i težinu (što ima utjecaja i na cijenu gotovog proizvoda). Odstupanja od optimalnog sadržaja vlage mogu ozbiljno utjecati ne samo na kvalitetu proizvoda već i na njegovu sigurnost, svježinu i rok trajanja (Koprivnjak, 2014).

Metode za procjenu sadržaja vlage mogu se podijeliti na fizikalne i kemijske. Kemijski postupci uključuju određivanje Karl-Fisherovim reagensom, a fizikalni se dijele na direktne i indirektne postupke (Koprivnjak, 2014).

Direktnim metodama se udio vlage određuje vaganjem ili titracijom prije i nakon sušenja i/ili destilacije. Ove metode su često destruktivne, dugotrajne i zahtijevaju pripremu uzorka, za razliku od indirektnih. Iako indirektne metode mogu biti brže i ne destruktivne, one su ipak osjetljivije na uvjete okoline (npr. temperaturu) kao i na svojstvo materijala (npr. gustoću). Indirektne metode uključuju određivanje vlage sušenjem, refraktometrom te određivanje na principu električne vodljivosti kao i dielektrične konstante (Zambrano i sur., 2019).

Proces sušenja najčešće se odvija u određenom vremenskom periodu pod specifičnim uvjetima temperature, a nerijetko i pod vakuumom. Udio vlage izračunava se uz pomoć početne i krajnje dobivene vrijednosti odvage uzorka, pod pretpostavkom kako je sav gubitak na težini uzrokovan uklanjanjem vlage, pritom zanemarujući gubitke ostalih hlapljivih komponenata (Zambrano i sur., 2019).

#### *2.6.1.2. Određivanje udjela pepela*

Pepeo jest anorganski dio neke namirnice koji zaostaje nakon spaljivanja cijele organske tvari. Porculanski lončić s uzorkom stavlja se u mufolnu peć, pri određenoj temperaturi, do

postizanje pepela konstantne mase. Udio pepela koji se nalazi u uzorku određuje se gravimetrijski (Marshall, 2010).

#### *2.6.1.3. Određivanje udjela masti*

Masti, po kemijskom sastavu esteri masnih kiselina i alkohola glicerola, svrstane u skupinu lipida, imaju važnu ulogu u izgradnji živih bića. Fizikalno svojstvo karakteristično za lipide jest netopljivost u vodi i topljivost u organskim otapalima poput kloroforma, petroletera, etera itd. Masti se na sobnoj temperaturi nalaze u čvrstom agregacijskom stanju, a ulja u tekućem agregacijskom stanju. Dok su masti najčešće prisutne u namirnicama životinjskog podrijetla, ulja su pak prisutna u hrani biljnog podrijetla (National Research Council Committee on Diet and Health, 1989).

Masnoće ne samo da utječu na okus i teksturu proizvoda već, ovisno o unosu, utječu i na zdravlje ljudi. Određivanje profila masnih kiselina u proizvodu je vrlo važno kako bi se ispravno označile nutritivne vrijednosti koje proizvod sadrži (Shin i sur., 2013; García-Ayuso i sur., 1999).

Ekstrakcija lipida provodi se na različite načine ovisno o raznim čimbenicima, uključujući karakteristike samog uzorka kao i dostupnost instrumentacije. Neke metode ekstrakcije (poput Weibull-Berntrop, Rose-Gottlieb, Mononnier, Folch, Werner-Schmid i Bligh-Dyer metode) temelje se na hidrolizi koja prethodi ekstrakciji otapala, dok druge uključuju samo korak ekstrakcije otapala (Soxhlet, Lickens-Nickerson metoda).

Udio masti u hrani se tradicionalno određivao metodama koje uključuju ekstrakciju organskim otapalima, sušenje ekstrakta i gravimetrijsko određivanje masti (Shin i sur., 2013). Korištena metoda u ovom istraživanju jest metoda po Soxhletu, gdje se ekstrakcija provodila uz prikladno otapalo, petroleter. Soxhletova tehnika ekstrakcije izumljena je 1879. godine za određivanje sadržaja masti u mlijeku, a u današnje vrijeme je uobičajena metoda za određivanje slobodnih masti u uzorcima (Shin i sur., 2013).

#### *2.6.1.4. Određivanje udjela vlakana*

Prehrambena vlakna su biljni materijali koji nisu probavljivi za enzime probavnog sustava. S obzirom na njihovu topljivost u vodi dijele se na dvije skupine. Prva skupina predstavlja vlakna koja su topiva u vodi, a druga u vodi ne topiva prehrambena vlakna. Karakteristično svojstvo topivih vlakna jest mogućnost vezanja vode i stvaranje gela, uslijed čega dolazi do usporavanja pražnjenja crijeva. Ta skupina uključuje pektine, gume, sluzi, beta-

glukane, inulin. Celuloza, hemiceluloza i lignin pripadaju skupini netopivih prehrambenih vlakana (Černiauskiene i sur., 2014; Dhingra i sur., 2012). Netopiva vlakna pospješuju prolazak hrane kroz gastrointestinalni sustav te pridonose povećanju volumena fecesa. Prolaze gotovo nepromijenjena kroz probavnih sustav, te sprječavaju opstipaciju. Dijetalna vlakna određuju se različitim metodama, prvenstveno putem enzimske gravimetrijske metode i enzimske-kemijske metode (Dhingra i sur., 2012).

## 2.6.2. UV/Vis spektroskopija

Spektrofotometrijske metode dio su opće upotrebe oko 40 godina i ne samo da su tijekom tog razdoblja najčešće korištene tehnike već i danas uživaju široku popularnost. UV-Vis apsorpcijska spektroskopija je najvažnija analitička metoda koja se koristi u gotovo svakom suvremenom laboratoriju za rutinsku analizu ili istraživanje. Mogu se koristiti i druge tehnike, no nijedna joj nije konkurentna uslijed njene dostupnosti, isplativosti, jednostavnosti, točnosti, preciznosti te brzini izvođenja (Abadi i sur., 2012). Apsorpcija ultraljubičastog (UV) i vidljivog (Vis) svjetla uzrokuje elektronske prijelaze u atomima ispitivanog spoja odnosno prelazak elektrona iz orbitale niže energije u orbitalu više energije. Drugim riječima, kada molekula apsorbira UV-Vis zračenje, apsorbirana energija pobuđuje molekulu iz osnovnog elektronskog stanja u pobuđeno (Permyakov, 2012).

Uređaj koji se koristi za analiziranje spektra elektromagnetskog zračenja naziva se spektrofotometar. Ultraljubičasti i vidljivi (UV-Vis) spektrofotometar je najčešće korišten instrument modernih laboratorija, a njegovo područje mjerenja kreće se oko 200 - 400 nm za ultraljubičasti (UV) i 400 - 800 nm za vidljivi (Vis) dio spektra. Apsorbancija se mjeri kao funkcija valne duljine svjetlosti. S obzirom na to da će promatrana tvar dio zračenja apsorbirati, a dio propustiti, spektrofotometar mjeri intenzitet svjetla koje je prošlo kroz analizirani uzorak (Permyakov, 2012). Uzorak se postavlja u uređaj uz pomoć kiveta koje mogu biti staklene, plastične ili od kvarca (Jameson i sur., 2011).

UV/Vis spektrofotometrijska određivanja temelje se na Lambert-Beerovom zakonu kojim se analitički određuje koncentracija uzorka iz izmjerene apsorbancije. Lambert-Beerov zakon prikazuje ovisnost inteziteta apsorbancije o koncentraciji analita (formula 1):

$$A = \log (I_0/I) = \varepsilon l c \quad [1]$$

gdje  $A$  predstavlja apsorbanciju,  $I_0$  i  $I$  predstavljaju intenzitete upadnog i propuštenog zračenja,  $\varepsilon$  molarni apsorpcijski koeficijent ( $L \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ),  $c$  množinsku koncentraciju uzorka ( $\text{mol L}^{-1}$ ), a  $l$  debljinu kivete (Permyakov, 2012).

### *2.6.2.1. Određivanje udjela proteina*

Proteini su organski spojevi građeni od dvadesetak međusobno povezanih vrsta aminokiselina (Wilson i Walker, 2010). Neophodni su za život svakog živog organizma, a vrsta i kvaliteta proteina koju čovjek konzumira ima utjecaj na njegovo opće zdravlje (Hayes i sur., 2020; Mæhre i sur., 2018; Zheng i sur., 2017). Pri tome aminokiselinski sastav kao i bioraspoloživost pojedine namirnice ima iznimno važnu ulogu u proteinskoj prehrani (Hayes i sur., 2020; Zheng i sur., 2017).

Za određivanje sadržaja proteina u pojedinim namirnicama razvijene su različite tehnike (Mæhre i sur., 2018). Najčešće korištene su Kjeldahl i Dumasova metoda, UV/Vis spektrofotometrijske metode te mjerenje indeksa loma. UV/Vis spektrofotometrijske metode poput Biuret metode te metode po Bradfordu i Lowryu jesu jeftine i jednostavne za korištenje (Hayes i sur., 2020).

U ovom radu korištena je Biuret metoda temeljena na reakciji proteina s Biuret reagensom. Njihovom interakcijom dolazi do stvaranja žuto - smeđkastog obojenja čiji intenzitet ovisi o udjelu proteina (Wilson i Walker, 2010). S obzirom na to da se koncentracija određuje iz izmjerene apsorbancije ova metoda pripada indirektnim načinima određivanja (Strelec i Kovač, 2014).

### *2.6.2.2. Određivanje udjela šećera*

Proces određivanja koncentracije šećera podrazumijeva ekstrakciju šećera iz materijala kao i pročišćavanje ekstrakata. Ukoliko se radi o proizvodu čvrste konzistencije potrebno ga je još i osušiti te usitniti. Sušenje se vrši pri niskim temperaturama kako bi se izbjegao proces karamelizacije, a usitnjavanje radi bolje ekstrakcije. Ekstrahirani šećeri mogu se odrediti fizičkim, kemijskim, kromatografskim, enzimskim i imunološkim metodama (Koprivnjak, 2014). Sadržaj šećera u ovom radu određen je UV/Vis spektrofotometrijom, a kao specifični organski reagens korišten je fenol i koncentrirana sumporna kiselina.



## 3. EKSPERIMENTALNI DIO

### 3.1. MATERIJAL

U ovom istraživanju korištena je bundeva sorte „Prinčeva kruna“ (Exotic king, Šulog d.o.o., Zagreb). Pulpa svježe bundeve osušena je u konvekcijskoj sušari (ARMPFIELD UOP8-MKII, Ringwood, England) u Laboratoriju za tehničku termodinamiku na temperaturama od 50, 60 i 70 °C uz protok zraka od 1,5 i 0,5 m s<sup>-1</sup>. Oznake osušenih uzoraka su: 50 °C/0,5 m s<sup>-1</sup>, 50 °C/1,5 m s<sup>-1</sup>, 60 °C/0,5 m s<sup>-1</sup> te 70 °C/0,5 m s<sup>-1</sup>. Nakon sušenja uzorci su samljeveni ručnim blenderom te čuvani u staklenim posudama na sobnoj temperaturi, u tamnom.

### 3.2. KEMIKALIJE

- Bakrov sulfat (Kemika, Zagreb, Hrvatska)
- Bovin serum albumin, BSA (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)
- Destilirana voda (Zagreb, Hrvatska)
- Fenol (Acros organics, Geel, Belgija)
- Glukoza monohidrat (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)
- Kalij natrij tartarat (Alkaloid, Skopje, Makedonija)
- Kalijev jodid (Kemika, Zagreb, Hrvatska)
- Natrijev hidroksid (T.T.T., Sveta Nedjelja, Hrvatska)
- Petroleter (Carlo Erba Reagents S.A.S., Francuska)
- Sumporna kiselina (Chemicals VWR Chemicals, Pennsylvania, SAD)

### 3.3. APARATURA

- Analitička vaga (JOBST, Samobor, Hrvatska)
- Magnetska miješalica (IKA, RH basic 2, Boutersem, Belgija)
- Mufolna peć (Model Heraew)
- Soxhlet ekstraktor
- Sušionik (Instrumentaria, Zagreb, Hrvatska)
- Tehnička vaga (Mikrotehna, Zagreb, Hrvatska)
- Ultrazvučna vodena kupelj (Elmasonic, P300H, Elma, Njemačka)
- UV/Vis Spektrofotometar (Perkin-Elmer, Lambda 25, Massachusetts, USA)
- Vodena kupelj za Soxlet ekstrakciju (Inka, Zagreb, Hrvatska)
- Vorteks (Metron, Zagreb, Hrvatska)

### 3.4. PRIBOR

- Aluminijske posudice
- Automatska pipeta volumena 100 - 1000  $\mu$ L (KemoLab, Zagreb, Hrvatska)
- Boce za čuvanje otopina, 500 mL
- Celulozne čahure (tuljci)
- Eksikator sa silika gelom
- Erlenmeyerove tikvice s brušenim grlom, 250 mL
- Falcon kivete, 50 mL
- Filter papir
- Gooch lončići
- Menzure volumena 10 i 100 mL
- Magneti
- Odmjerne tikvice volumena 10, 25, 50, 100, 200 i 500 mL
- Boca sisaljka
- Pinceta
- Plamenik
- Porculanske zdjelice
- Povratno hladilo
- Satno staklo
- Staklene čaše volumena 50, 100, 150, 200 i 500 mL
- Stakleni lijevci
- Staklene posudice za čuvanje uzoraka
- Stakleni štapići
- Termometar
- Tikvice s okruglim dnom, 250 mL

### 3.5. METODE RADA

#### 3.5.1. Određivanje sadržaja vlage u uzorcima sušene bundeve

U prethodno osušenu, ohlađenu (1 h u eksikatoru) te izvaganu aluminijsku posudicu s poklopcem odvagano je po 3 grama osušenih uzoraka Prinčeve krune (poglavlje 3.1.). Odvagani uzorci u aluminijskim posudicama s poklopcem sušeni su u sušioniku, pri temperaturi od 105 °C. Postupak sušenja, hlađenja (1 h u eksikatoru) i vaganja ponovljen je nekoliko puta, do

postizanja konstantne mase. Gubitak u masi prije i nakon sušenja uzoraka predstavlja udio vode u uzorku (formula 2):

$$w(\text{vode}) = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \cdot 100 \quad [2]$$

gdje je  $m_1$  - masa prazne aluminijske posudice (g),  $m_2$  - masa aluminijske posudice s uzorkom prije sušenja (g) i  $m_3$  - masa aluminijske posudice s uzorkom nakon sušenja (g).

### 3.5.2. Određivanje sadržaja pepela u uzorcima sušene bundeve

U prethodno žareni, ohlađeni (1 h u eksikatoru) te izvagani porculanski lončić odvagan je po 1 gram sušenih uzoraka Prinčeve krune (poglavlje 3.1.). Lončić sa uzorkom je stavljen u mufolnu peć te žaren 4 h na 600°C. Postupak žarenja, hlađenja (1 h u eksikatoru) i vaganja ponovljen je nekoliko puta, do postizanja konstantne mase. Mineralni ostatak izračunat je prema formuli 3:

$$w(\text{pepeo}) = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad [3]$$

gdje je:  $m_1$  - masa prazne porculanske zdjelice (g),  $m_2$  - masa porculanske zdjelice i uzorka prije žarenja (g) i  $m_3$  - masa porculanske zdjelice i pepela (g).

### 3.5.3. Određivanje sadržaja masti u uzorcima sušene bundeve

Odvagano je po 3 g prethodno osušenog uzorka (poglavlje 3.5.1.) u celuloznu čahuru. Čahura je pokrivena slojem suhe vate te stavljena u Soxhlet ekstraktor koji je spojen s hladilom i prethodno osušenom (105 °C), ohlađenom i izvaganom tikvicom. Tikvica se preko ekstraktora puni petroleterom, a ukupni volumen otapala ne smije prijeći  $\frac{3}{4}$  njenog volumena. Nakon zagrijavanja tikvice s otapalom na vodenoj kupelji, sadržaj u čahuri se ekstrahira na temperaturi ključanja otapala. Po završetku ekstrakcije (do postizanja konstantne mase, 8 h) i otparavanja otapala ekstrakt se suši na 105 °C, 1 h. Nakon hlađenja (1 h u eksikatoru) te vaganja tikvice s ekstrahiranim sadržajem udio masti se izračuna prema formuli 4:

$$w(\text{masti}) = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100 \quad [4]$$

gdje je  $m_1$  - masa prazne tikvice (g),  $m_2$  - masa tikvice i ekstrahirane masti (g) i  $m$  - masa uzorka uzetog za analizu (g).

#### 3.5.4. Određivanje sadržaja vlakana u uzorcima sušene bundeve

Odvagano je 2 g odmašćenog uzorka (poglavlje 3.5.3.) Prinčeve krune u Erlenmeyerovu tikvicu s brušenim grlom. Nakon dodavanja 200 mL 0,255 mol L<sup>-1</sup> otopine sumporne kiseline i refluksiranja tijekom 1 h, vruća otopina se filtrira preko filter papira. Talog zaostao na filter papiru se ispiri nekoliko puta kipućom destiliranom vodom, a potom se isprani sadržaj vraća u Erlenmeyerovu tikvicu. Ovom ispranom sadržaju doda se 200 mL 0,313 mol L<sup>-1</sup> otopine natrijevog hidroksida te ponovo refluksira 1 h. Nakon filtracije sadržaja preko Goochijeva lončića te ispiranja zaostalog taloga kipućom destiliranom vodom te etanolom (96 %), lončić s talogom se suši (24 h na 105 °C) i spaljuje u mufolnoj peći, tijekom 4 h na 600 °C. Nakon hlađenja lončića s talogom u eksikatoru (1 h), udio vlakana izračuna se prema formuli [5]:

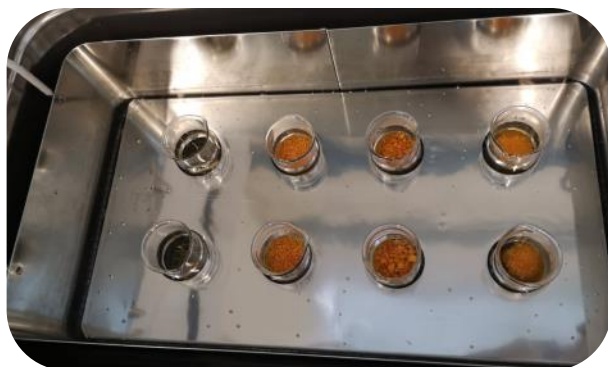
$$w(\text{vlakana}) = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100 \quad [5]$$

gdje je  $m_1$  - masa Gooch lončića,  $m_2$  - masa Gooch lončića s odmašćenim uzorkom nakon spaljivanja i  $m$  - masa odmašćenog uzorka uzetog za analizu.

#### 3.5.5. Ekstrakcija šećera i proteina u uzorcima sušene bundeve

Ekstrakcija šećera i proteina provedena je na uzorcima sušene bundeve (poglavlje 3.1.) pomoću ultrazvučne kupelji. Odvagan je 1 g uzorka u staklenu čašu u koju je dodano 30 mL fosfatnog pufera kod ekstrakcije proteina, odnosno 30 mL destilirane vode kod ekstrakcije šećera. Prije ekstrakcije u ultrazvučnoj kupelji čaša sa uzorkom, fosfatnim puferom odnosno destiliranom vodom i magnetom promiješana je na magnetskoj miješalici u vremenu od 5 min.

Ekstrakcija je provedena pri temperaturi od 50 °C, frekvenciji od 37 kHz i 100 % snazi, kao nepromjenjivim varijablama (slika 2). Promjenjivu varijablu predstavljalo je vrijeme od 10, 20 i 40 min. Ekstrahirani uzorci su profiltrirani kroz običan filter papir u falkon kivete, a nakon hlađenja na sobnoj temperaturi ekstrakti su skladišteni u hladnjaku na temperaturi od + 4 °C.



**Slika 2.** Ekstrakcija uzorka u ultrazvučnoj kupelji (*vlastita fotografija*)

### 3.5.6. Određivanje ukupnih šećera u uzorcima sušene bundeve

#### 3.5.6.1. Priprema otopina za određivanje ukupnih šećera

Otopina glukoze ( $\gamma = 2000 \text{ mg L}^{-1}$ ) pripremljena je vaganjem 100 mg glukoze, koja je potom otopljena u destiliranoj vodi, u odmjerne tikvici od 50 mL. Otopina fenola ( $w = 5 \%$ ,  $w/v$ ) dobivena je otapanjem 2,5 g fenola u destiliranoj vodi, u odmjerne tikvici od 50 mL.

#### 3.5.6.2. Izrada baždarnog dijagrama kod određivanja sadržaja ukupnih šećera

Iz ishodne standardne otopine glukoze ( $\gamma = 2000 \text{ mg L}^{-1}$ ) pripremljene su pojedinačne standardne otopine masenih koncentracija 5, 10, 20, 40, 60, 80  $\text{mg L}^{-1}$  na način da je otpipetirano 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5 i 2,0 mL alikvota u odmjerne tikvice od 50 mL, a potom su tikvice nadopunjene destiliranom vodom.

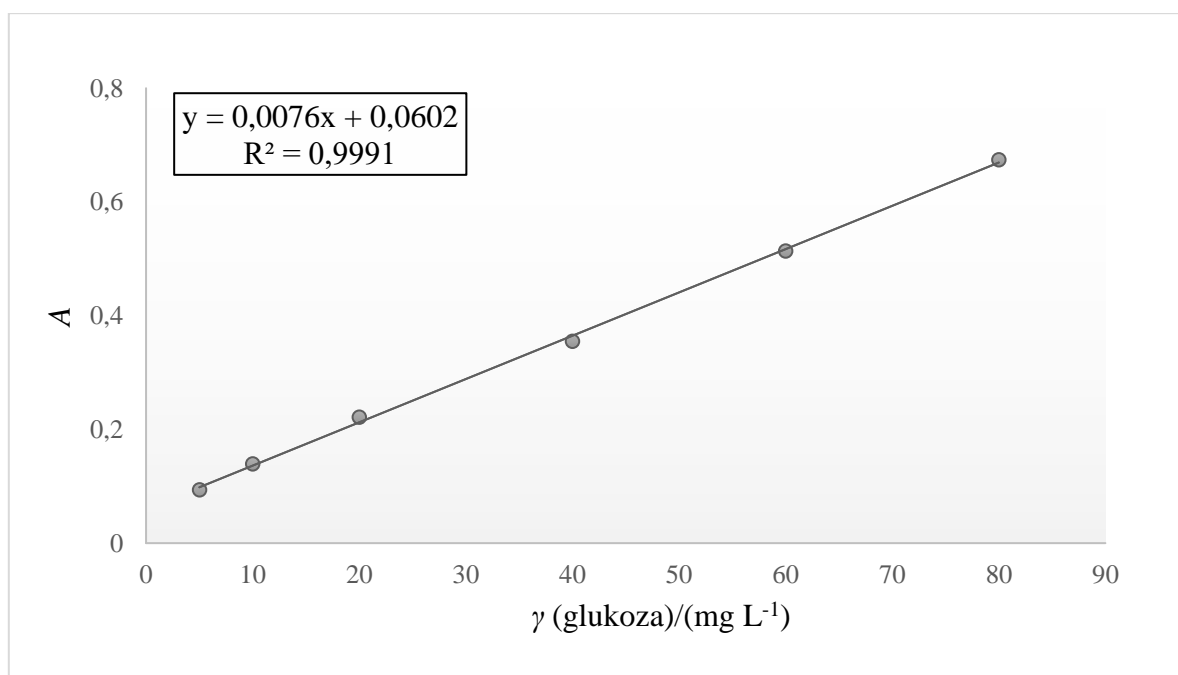
Iz svake priređene individualne standardne otopine otpipetiran je po 1 mL alikvota u odmjerne tikvice od 10 mL, nakon čega je dodan 1 mL 5 %-tne otopine fenola i 5 mL koncentrirane sumporne kiseline. Nakon homogeniziranja dodanih otopina na vorteksu, zagrijavanja u vodenoj kupelji (uz ključanje) tijekom 5 min te hlađenja u posudi s ledom (10 min) otopine su stavljene na tamno mjesto 30 min, pri sobnoj temperaturi. Potom je žuto-zlatno obojenim otopinama izmjerena apsorbancija pri valnoj duljini od 490 nm pomoću UV/Vis spektrofotometra (tablica 1).

Iz izmjerenih apsorbancija ( $A$ ) pripremljenih standardnih otopina i masenih koncentracija otopine glukoze izrađen je baždarni dijagram (slika 3). Slijepa proba pripremljena je na isti način, no umjesto 1 mL standarda upotrijebljena je deionizirana voda.

**Tablica 1.** Masene koncentracije individualnih standardnih otopina glukoze i pripadajućih vrijednosti apsorbancija izmjerenih spektrofotometrom pri valnoj duljini od 490 nm

Standardna otopina	$\gamma$ (glukoza)/(mg L <sup>-1</sup> )	A ± SD
0	0	0,000 ± 0,000
1	5	0,094 ± 0,015
2	10	0,139 ± 0,000
3	20	0,221 ± 0,007
4	40	0,355 ± 0,004
5	60	0,514 ± 0,005
6	80	0,674 ± 0,002

A - apsorbancija; SD - standardna devijacija



**Slika 3.** Baždarni dijagram glukoze

### 3.5.6.3. Analiza uzoraka

Za određivanje nepoznatih vrijednosti masenih koncentracija ukupnih šećera u uzorcima sušene bundeve korišten je isti način kao i za standardne otopine, no umjesto 1 mL individualne standardne otopine korišteno je 1 mL razrijeđenih ekstrakata. Razrijeđeni ekstrakti za određivanje šećera pripremljeni su tako da je otpipetirano 0,25 mL ekstrakta (poglavlje 3.5.5.) koji je potom razrijeđen destiliranom vodom u odmjerne tikvici od 100 mL. Daljnji postupak proveden je na isti način kao i prethodno opisani postupak za izradu baždarnog

dijagrama. Masena koncentracija, odnosno maseni udio ukupnih šećera, u uzorcima bundeve izračunat je iz dobivene jednadžbe pravca (vidi baždarni dijagram, slika 3).

### 3.5.7. Određivanje ukupnih proteina u uzorcima sušene bundeve

#### 3.5.7.1. Priprema otopina za određivanje ukupnih proteina

Biuret reagens pripremljen je vaganjem 1,6 g NaOH, 1,8 g KNa tartarata, 0,6 g CuSO<sub>4</sub> i 1,8 g KI te njihovim otapanjem destiliranom vodom, u odmjerne tikvici od 200 mL. Otopina bovin serum albumin (BSA) standarda pripremljena je otapanjem 0,500 g BSA ( $\gamma = 20 \text{ mg mL}^{-1}$ ) u destiliranoj vodi, u odmjerne tikvici od 25 mL.

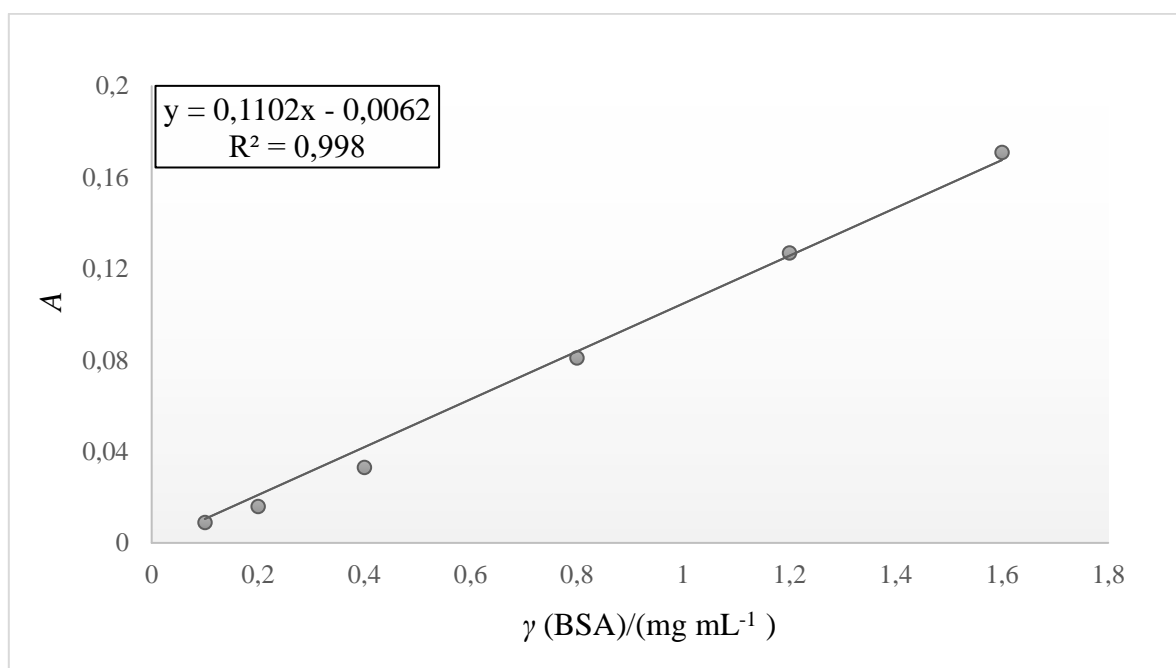
#### 3.5.7.2. Izrada baždarnog dijagrama kod određivanja sadržaja ukupnih proteina

Za izradu baždarnog dijagrama pripremljene su pojedinačne standardne otopine BSA masenih koncentracija 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 i 1,6 mg mL<sup>-1</sup>. U tu svrhu alikvoti od 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5 i 2,0 mL ishodne otopine BSA ( $\gamma = 20 \text{ mg mL}^{-1}$ ) otpipetirani su u odmjerne tikvice od 25 mL te razrijeđeni destiliranom vodom do oznake. Potom je iz priređenih pojedinačnih standardnih otopina otpipetirano 3 mL alikvota u odmjerne tikvice (10 mL) te dodano 3 mL Biuret reagensa. Nakon njihovog homogeniziranja na vorteksu, te inkubiranja 30 min pri sobnoj temperaturi otopinama je izmjerena apsorbancija (tablica 2) pri valnoj duljini od 540 nm pomoću UV/Vis spektrofotometra. Iz izmjerenih apsorbancija (A) pripremljenih standardnih otopina i masenih koncentracija otopine BSA izrađen je baždarni dijagram (slika 4). Slijepa proba je pripremljena je na isti način, no umjesto 3 mL standarda upotrijebljeno je 3 mL destilirane vode.

**Tablica 2.** Masene koncentracije individualnih standardnih otopina bovin serum albumina (BSA) i pripadajućih vrijednosti apsorbancija izmjerenih spektrofotometrom pri valnoj duljini od 540 nm

Standardna otopina	$\gamma$ (BSA)/(mg mL <sup>-1</sup> )	A ± SD
0	0,0	0,000 ± 0,000
1	0,1	0,009 ± 0,001
2	0,2	0,016 ± 0,001
3	0,4	0,033 ± 0,001
4	0,8	0,081 ± 0,001
5	1,2	0,127 ± 0,001
6	1,6	0,171 ± 0,001

A - apsorbancija; SD - standardna devijacija



**Slika 4.** Baždarni dijagram BSA

### 3.5.7.3. Analiza uzoraka

Određivanje ukupnih proteina u uzorcima sušene bundeve (poglavlje 3.1.) provedeno je pipetiranjem 3 mL razrijeđenih ekstrakata kojima je dodano 3 mL Biuret reagensa, u odmjernu tikvicu od 10 mL. Razrijeđeni ekstrakti za određivanje proteina pripremljeni su tako da je otpipetiran 1 mL ekstrakta sušenih uzoraka bundeve (poglavlje 3.5.5.) u odmjernu tikvicu od 25 mL, a potom je tikвица nadopunjena destiliranom vodom do oznake. Daljnji postupak



proveden je na isti način kao i prethodno opisani postupak (3.5.7.2.) za izradu baždarnog dijagrama. Masena koncentracija, odnosno maseni udio ukupnih proteina, u uzorcima bundeve izračunat je iz dobivene jednadžbe pravca (vidi baždarni dijagram, slika 4).

### 3.6. OBRADA PODATAKA

Dobivene vrijednosti svih analiziranih uzoraka obrađene su pomoću programa Microsoft Excel (2019) te prikazane kao srednja vrijednost triju paralelnih mjerenja ( $N = 3$ )  $\pm$  standardna devijacija (SD).

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Visoka nutritivna vrijednost i niski troškovi uzgoja čine plod bundeve odličnim izborom za upotrebu u prehrambenoj industriji. S obzirom na podložnost kvarenju primjenjuje se proces sušenja sa ciljem produljenja roka trajanja, proširenja spektra potencijalne upotrebe u prehrambenim proizvodima, smanjenja volumena proizvoda i potrebnog skladišnog prostora (Khatib i Muhieddine, 2019). Optimiranjem metoda sušenja nastoji se sačuvati ili smanjiti gubitak njezinih hranjivih sastojaka.

Sukladno navedenom u ovom radu je određen kemijski sastav sušenih uzoraka pulpe bundeve, sorte „Prinčeva kruna“ ( $50\text{ °C}/0,5\text{ m s}^{-1}$ ,  $50\text{ °C}/1,5\text{ m s}^{-1}$ ,  $60\text{ °C}/0,5\text{ m s}^{-1}$  te  $70\text{ °C}/0,5\text{ m s}^{-1}$ ), kako bi se procijenile njene nutritivne vrijednosti te utvrdili optimalni uvjeti sušenja. Sadržaj vlage, masti, pepela i vlakana određen je gravimetrijskom metodom, dok je udio šećera i proteina određen UV/Vis spektrofotometrijom, kojoj je prethodila ultrazvukom potpomognuta ekstrakcija. Dobiveni rezultati prikazani su u tablicama 3 - 8 te slici 5.

### 4.1. SADRŽAJ VLAGE U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE

Poznavanje sadržaja vode u namirnici predstavlja značajan faktor njene kvalitete i održivosti, a prema Umuhozariho i suradnicima (2020) njenim uklanjanjem smanjuju se troškovi transporta i skladištenja. S obzirom na visok udio vode u pulpi svježe bundeve *Cucurbita maxima*, kojeg su zabilježili Staničić (2022) (93,99 %), Umuhozariho i suradnici (2020) (85,33 %), Henriquez i suradnici (2012) (90,81 %), Kim i suradnici (2012) (84,04 %) te Fedha i suradnici (2010) (88,2 %), bundeva je podvrgnuta procesu konvekcijskog sušenja kako bi se očuvala njena nutritivna svojstva te spriječilo lako kvarenje.

Udio vlage u uzorcima sušene pulpe bundeve ( $50\text{ °C}/0,5\text{ m s}^{-1}$ ,  $50\text{ °C}/1,5\text{ m s}^{-1}$ ,  $60\text{ °C}/0,5\text{ m s}^{-1}$  te  $70\text{ °C}/0,5\text{ m s}^{-1}$ ) određen je gravimetrijskom metodom, a rezultati dobiveni nakon 14 h sušenja prikazani su u tablici 3.

**Tablica 3.** Udio vlage u uzorcima sušene bundeve

<i>w</i> (vlaga)/% ± SD			
Uzorak			
50 °C/1,5 m s <sup>-1</sup>	50 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	60 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	70 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>
16,16 ± 0,16	19,55 ± 0,24	12,56 ± 0,11	13,62 ± 0,13

SD - standardna devijacija

Dobivene vrijednosti kreću se u rasponu od 12,56 do 19,55 %. Najveći udio vlage od 19,55 % određen je u uzorku sušenom na temperaturi od 50 °C i struji zraka od 0,5 m s<sup>-1</sup>, a najmanji u uzorku obrađenom na temperaturi od 60 °C sa protokom zraka od 0,5 m s<sup>-1</sup> ( $w = 12,56\%$ ). Sušenje pri višim temperaturama (60 i 70 °C) zabilježen je i niži udio vlage (12,56 i 13,62 %). Márquez Cardozo i suradnici (2021) pri višim temperaturama konvekcijskog sušenja (65 i 70 °C) bundeve (*Cucurbita maxima*) uz protok zraka od 3,7 m s<sup>-1</sup> dobivaju brašno nižeg udjela vlage (7,10 i 7,39 %). Kod nižih temperatura sušenja od 55 i 60 °C dobivaju vrijednosti od 8,26 i 8,31 %. Za prethodno termički obrađene uzorke (5 min pri 90 °C) bundeve *Cucurbita maxima* sušene u konvekcijskoj sušari ovi autori dobivaju vrijednosti vlage od 8,94 (70 °C) do 11,54 % (60 °C). Norfezah i suradnici (2011) dobivaju vrijednost vlage od 14,43 % nakon sušenja *Cucurbita maxima* vrućim zrakom na temperaturi od 65 °C tijekom 24 h. Umuhozariho i suradnici (2020) dobivaju vrijednost od 7,62 % za brašno bundeve *Cucurbita maxima* sušeno u peći pri 65 °C, tijekom 8 h. Henriques i suradnici (2012) dobivaju vrijednosti od 7,91 i 7,49 %, za uzorke bundeve *Cucurbita maxima*, osušene konvekcijski pri 40 i 60 °C. Pereira i suradnici (2020) bilježe rezultate u rasponu od 6,8 do 10,7 % za četiri sorte *Cucurbita maxima*. Prema rezultatima Aziah i suradnika (2009) sadržaj vlage u pulpi bundeve *Cucurbita moschata* sušene vrućim zrakom na temperaturi od 60 °C iznosi 8,77 %. Sim i suradnici (2020) pak za bundevu *Cucurbita moschata*, nakon provedbe sušenja vrućim zrakom, bilježe udio vlage od 13,54 %.

Usporedbom rezultata dobivenih u ovom radu s rezultatima ostalih istraživanja može se zaključiti da udio vlage varira te da ovisi o vrsti bundeve kao i primijenjenim parametrima sušenja. Ovome treba pripisati i razlike u klimatskim uvjetima rasta i razvoja sorte karakterističnim za određeno područje (Márquez Cardozo i sur., 2021; Umuhozariho i sur., 2020).

#### 4.2. SADRŽAJ PEPELA U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE

Udio pepela u uzorcima sušene bundeve određen je žarenjem u mufolnoj peći pri temperaturi od 600 °C, tijekom 6 h. Dobivene vrijednosti prikazani su u tablici 4.

**Tablica 4.** Udio pepela u uzorcima sušene bundeve

w (pepeo)/% ± SD			
Uzorak			
50 °C/1,5 m s <sup>-1</sup>	50 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	60 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	70 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>
6,77 ± 0,28	6,82 ± 0,13	5,48 ± 0,25	7,46 ± 0,33

SD - standardna devijacija

Rezultati se kreću se u rasponu od 5,48 do 7,46 % i nešto su niži u odnosu na istraživanje Márquez-Cardozo i suradnika (2021) koji za uzorke sušene bundeve (*Cucurbita maxima*) pri temperaturi od 55, 60, 65 i 70 °C i protoku zraka od 3,7 m s<sup>-1</sup> dobivaju vrijednosti od 8,06 do 8,14 %.

Najveći udio pepela od 7,46 % određen je u uzorku bundeve sušenom pri najvišoj temperaturi (70 °C). Márquez-Cardozo i suradnici (2021) također dobivaju veću vrijednost (8,14 %) pri višoj temperaturi sušenja (70 °C). Ujedno, Henriques i suradnici (2012) bilježe veći sadržaj pepela u uzorcima sušenim pri većim temperaturama, iako rezultati dobiveni njihovim istraživanjem dosta odstupaju od ostalih. Tako uzorak *Cucurbita maxima* podvrgnut konvekcijskom sušenju pri 60 °C sadrži 19,41 % pepela, a uzorak sušen pri 40 °C 17,9 % pepela. Umuhozariho i suradnici (2020) su pokazali kako je povećanje udjela pepela najvjerojatnije rezultat uklanjanja vlage. Tako je najveći udio pepela od 7,46 % zabilježen pri najvećoj temperaturi sušenja (70 °C), odnosno pri sadržaju vlage od 13,62 %.

Najniži udio pepela od 5,48 % dobiven je u uzorku bundeve sušene na temperaturi od 60 °C i protoku zraka od 0,5 m s<sup>-1</sup> (tablica 4). Ovaj rezultat sličan je vrijednosti od 5,53 % dobivenoj u istraživanju Amin i suradnika (2019) za pulpu bundeve *Cucurbita maxima* sušenu pri istoj temperaturi i protoku.

Visoki udjeli pepela od 6,77 i 6,82 % određeni su u uzorcima sušenim pri temperaturi od 50 °C sa protokom zraka od 1,5 i 0,5 m s<sup>-1</sup> (tablica 4). Nešto nižu vrijednost pepela od 5,9 % dobivaju Fedha i suradnici (2010) za pulpu *Cucurbita maxima* sušenu pri 49 °C. Kod istih parametara sušenja Fedha i suradnici (2010) za *Cucurbita moschata* dobivaju 5,6 % pepela. U

odnosu na istraživanje Fedha i suradnika (2010), Aziah i suradnici (2009) su pokazali da pri nešto višoj temperaturi sušenja (60 °C) bundeve *Cucurbita moschata* dobivaju i nešto veći sadržaj pepela (7,39 %). Sim i suradnici (2020) dobivaju vrijednost od 13,45 % nakon provedbe sušenja vrućim zrakom.

U radu Pereira i suradnika (2020) je pokazano da udio pepela varira od 5,8 do 9,4 % ovisno o sorti brašna *Cucurbita maxima* dobivenog pri temperaturi sušenja pulpe od 65 °C.

Za usporedbu vrijednosti pepela u osušenim uzorcima pulpe bundeve, oguljena svježa pulpa bundeve *Cucurbita maxima* sadrži svega 1,05 % pepela, a *Cucurbita moschata* 1,04 % (Kim i sur., 2012). No, Fedha i suradnici (2010) za svježju pulpu *Cucurbita maxima* i *Cucurbita moschata* dobivaju znatno veće vrijednosti 6,5 % i 5,9 %.

Dakle, može se zaključiti da razlike u rezultatima dobivene u ovom radu i drugim istraživanjima postoje te se mogu pripisati razlikama u vrsti bundeve, metodi i parametrima sušenja, kao i uzorku bundeve (svježa ili sušena). Budući da je udio pepela proporcionalan udjelu minerala (Ganogpichayagrai i Suksaard, 2020) za očekivati je da će uzorak sušen pri višim temperaturama sušenja sadržavati i najveći udio minerala. U ovom slučaju to predstavlja uzorak obrađen pri temperaturi od 70 °C.

#### 4.3. SADRŽAJ MASTI U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE

Ekstrakcijom masti metodom po Soxhlet-u, u trajanju od 8 h, određen je sadržaj masti u uzorcima sušene bundeve. Dobiveni rezultati su prikazani u tablici 5.

**Tablica 5.** Udio masti u uzorcima sušene bundeve

<i>w</i> (masti)/% ± SD			
Uzorak			
50 °C/1,5 m s <sup>-1</sup>	50 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	60 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	70 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>
1,02 ± 0,10	1,64 ± 0,15	2,18 ± 0,53	1,29 ± 0,05

SD - standardna devijacija

Sadržaj masti u uzorcima sušene bundeve kreće se u rasponu od 1,02 do 2,18 %. Najveći udio masti od 2,18 % nađen je u uzorku sušenom pri temperaturi od 60 °C i protoku od 0,5 m s<sup>-1</sup>.

Usporedbom dobivenih rezultata s rezultatima dobivenim u istraživanju Márquez-Cardozo i suradnika (2021) može se uočiti neznatno odstupanje udjela masti. Naime Márquez-Cardozo i suradnici (2021) dobivaju vrijednosti od 2,17 do 2,19 % nakon sušenja pulpe *Cucurbita maxima* na temperaturama od 55, 60, 65 i 70 °C uz protok zraka od 3,7 m s<sup>-1</sup>. Dok Márquez-Cardozo i suradnici (2021) ne dobivaju značajan porast udjela masti tijekom povećanja temperature sušenja pulpe, Guine i suradnici (2011) pak bilježe porast udjela masti sa povećanjem temperature sušenja *Cucurbita maxima* sa 30 °C (1,24 %) na 70 °C (2,06 %).

Slično istraživanju Guine i suradnika (2021) i u ovom radu je pokazano da s povećanjem temperature sa 50 °C (1,64 %) na 60 °C (2,18 %) raste i udio masti. S druge strane promatrajući promjenu temperature s 50 i 60 na 70 °C dobivena je niža vrijednost od 1,29 % (tablica 5), pa se utjecaj temperature sušenja kod ovih analiziranih uzoraka ne može sasvim jasno objasniti.

Prema rezultatima Pereira i suradnika (2020) sadržaj masti u pulpi bundeve *Cucurbita maxima* sušenoj pri 65 °C varira između 1,4 i 5,9 % obzirom na sortu. Pereira i suradnici (2020) tijekom ekstrakcije koristili su heksan kao otapalo poput Amin i suradnika (2019) koji dobivaju 1,46 % masti u pulpi *Cucurbita maxima* sušene pri 60 °C. Norfezah i suradnici (2011) u brašnu bundeve *Cucurbita maxima*, dobivenom sušenjem pulpe na 65 °C odredili su udio masti od 0,28 % koristeći petroleter kao otapalo.

Staničić (2022) za svježu pulpu bundeve *Cucurbita maxima* dobiva 1,55 % masti, koristeći petroleter, dok Kim i suradnici (2012) 0,42 % masti uz eter kao prikladno otapalo za ekstrakciju. Prema Kim i suradnicima (2012) udio masti u svježoj bundevi *Cucurbita pepo* iznosi 0,55 %, a u bundevi *Cucurbita moschata* 0,89 %.

Aziah i suradnici (2009) također dobivaju niske udjele masti kod vrste *Cucurbita moschata*, pa su tako za pulpu sušenu pri 60 °C dobili vrijednost od 0,7 %, a Sim i suradnici (2020) 0,6 %.

Prema Márquez Cardozo i suradnicima (2021) razlike u sadržaju masti mogu se objasniti varijacijama u vrsti bundeve, stadiju njena zrenja, klimatskim uvjetima te metodama i otapalu korištenom za ekstrakciju (Jedidi i sur., 2020). Navedenome treba još dodati metodu i parametre sušenja, kao i uzorak bundeve (svježa ili sušena) što pokazuju usporedbe rezultata ovog istraživanja i drugih nabrojanih studija.

S obzirom na priložene rezultate kao i literaturne navode vidljivo je kako sušena, kao i svježa bundeva ima nizak udio masti, koji doprinosi niskoj energetske vrijednosti pulpe, što je čini pogodnim sastojkom za izradu proizvoda za kontrolu tjelesne mase (Henriques i sur., 2012).

#### 4.4. SADRŽAJ VLAKANA U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE

U odmašćenim uzorcima sušene bundeve određen je sadržaj vlakana. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 6.

**Tablica 6.** Udio vlakana u uzorcima sušene bundeve

$w$ (vlakna)/% $\pm$ SD			
Uzorak			
50 °C/1,5 m s <sup>-1</sup>	50 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	60 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	70 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>
13,08 $\pm$ 0,05	15,43 $\pm$ 1,09	10,18 $\pm$ 0,66	13,99 $\pm$ 0,60

SD - standardna devijacija

Najveći udio vlakana ima uzorak sušen pri temperaturi od 50 °C i protoku od 0,5 m s<sup>-1</sup> (15,43 %), dok najniži udio vlakana ima uzorak sušen pri temperaturi od 60 °C i protoku zraka od 0,5 m s<sup>-1</sup>. Povećanje temperature s 50 na 60 odnosno 70 °C ukazuje na smanjenje udjela vlakana (10,18 i 13,99 %). Suprotno tome Guine i suradnici (2011) bilježe povećanje udjela vlakana uz povećanje temperature sušenja pulpe *Cucurbita maxima* s 30 (7,85 %) na 70 °C (9,69 %).

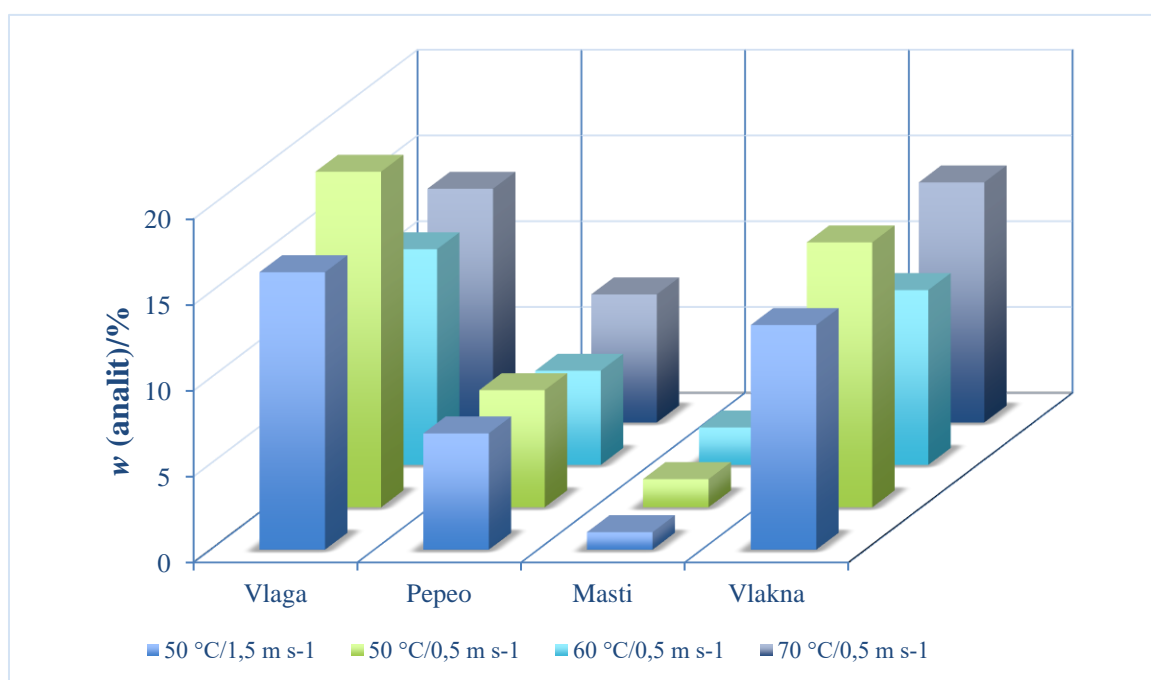
Vrijednosti uzoraka sušenih pri 60 °C i 70 °C 0,5 m s<sup>-1</sup> (tablica 6) odstupaju od rezultata dobivenim u radu Márquez-Cardozo i suradnika (2021) koji dobivaju vrijednosti ukupnih vlakana od 25,12 % (60 °C) i 25,38 % (70 °C). Razlike u dobivenim vrijednostima mogu biti uzrokovane razlikama u postavljenim protocima zraka tijekom sušenja (0,5 i 3,7 m s<sup>-1</sup>). S druge strane, udio vlakana za uzorak sušen pri 60 °C (10,18 %) je sličan (9,69 %) udjelu vlakana koji su u pulpi bundeve u svom radu utvrdili Henriques i suradnici (2012).

Aziah i suradnici (2009) odredili su svega 3,72 % ukupnih vlakana u pulpi bundeve *Cucurbita moschata* sušene pri 60 °C. Prema Kim i suradnicima (2012) udio vlakana u svježoj pulpi bundeve *Cucurbita moschata* (7,41 %) manji je nego u pulpi bundeve *Cucurbita maxima* (10,88 %). Nadalje, Staničić (2022) u svježoj pulpi bundeve *Cucurbita maxima* određuje 17,13 %, Henriques i suradnici (2012) 15,13 % te Guine i suradnici (2011) 12,24 %.

Hrana koja sadržava 6 ili više % vlakana smatra se hranom visokog udjela vlakana (Pereira i sur., 2020). Shodno priloženim rezultatima i sušena bundeva ima značajni udio vlakana te se može prepoznati kao funkcionalni sastojak pogodan za proizvodnju namirnica obogaćenih vlaknima (Černiauskiene i sur., 2014).

Proizvodi sa svrhom lakšeg provođenja redukcijskog plana prehrane karakteristični su po niskoj kalorijskoj vrijednosti (uslijed nižeg udjela masti) uz ne rijetko bogat sastav vlakana. Prema rezultatima dobivenim u ovom radu, za proizvodnju takvih proizvoda optimalno bi bilo sušenje pri 50 °C naspram 60 °C (zabilježen najviši udio masti, a najmanji vlakana).

Prema rezultatima ovog istraživanja (slika 5) najniži udio vlage, pepela i vlakana sadržava uzorak sušene bundeve obrađene pri temperaturi od 60 °C, koji ujedno sadržava najveći udio masti. Najviši udio vlage i vlakana sadrži uzorak sušen pri najnižoj temperaturi i nižem protoku zraka (50 °C/0,5 m s<sup>-1</sup>), dok je sušenje uzoraka pri najvišoj temperaturi (70 °C/0,5 m s<sup>-1</sup>) rezultiralo najvećim postotkom pepela.



**Slika 5.** Udio vlage, masti, pepela i vlakana u uzorcima sušene bundeve

#### 4.5. SADRŽAJ ŠEĆERA U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE

Za određivanje sadržaja šećera u uzorcima sušene bundeve izrađen je baždarni dijagram (3.5.6.2.), a maseni udjeli ukupnih šećera (tablica 7) izračunati su iz dobivene jednadžbe pravca (slika 3).



**Tablica 7.** Rezultati UV/Vis spektrofotometrijskog određivanja ukupnih šećera u uzorcima sušene bundeve

Uzorak	$t$ (ekstrakcije)/min	$A \pm SD$	$w$ (ukupni šećeri)/%
50 °C/1,5 m s <sup>-1</sup>	10	0,252 ± 0,010	2,11 ± 0,11
	20	0,268 ± 0,005	2,28 ± 0,04
	40	0,302 ± 0,013	2,66 ± 0,14
50 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	10	0,317 ± 0,020	2,82 ± 0,22
	20	0,324 ± 0,021	2,88 ± 0,23
	40	0,377 ± 0,018	3,46 ± 0,21
60 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	10	0,289 ± 0,019	2,50 ± 0,21
	20	0,322 ± 0,010	2,83 ± 0,10
	40	0,378 ± 0,025	3,49 ± 0,28
70 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	10	0,384 ± 0,035	3,47 ± 0,38
	20	0,227 ± 0,014	1,76 ± 0,17
	40	0,357 ± 0,042	3,18 ± 0,46

$A$  - apsorbancija;  $SD$  - standardna devijacija

Iz priložene tablice 7 vidljivo je da udio šećera uglavnom raste uslijed povećanja temperature sušenja bundeve pri istom vremenu ekstrakcije. Tako primjerice sa 50 °C na 60 °C tijekom 20 minutnog vremena ekstrakcije vrijednosti ukupnih šećera rastu od 2,28 %, odnosno 2,88 % na 2,83 %. Također, pri vremenu ekstrakcije od 40 min može se zabilježiti isti trend porasta sadržaja ukupnih šećera (2,66 %, 3,46 % i 3,49 %). Kod 10 minutnog vremena ekstrakcije udio šećera također raste, no nešto niža vrijednost od 2,50 % zabilježena je na temperaturi sušenja bundeve od 60 °C. Ovom trendu porasta sadržaja šećera mogu se izuzeti uzorci sušeni na 70 °C te ekstrahirani 20 i 40 min. Na temelju navedenog može se zaključiti da temperaturu od 70 °C uz vrijeme ekstrakcije od 20 i 40 minuta nije potrebno primjenjivati u daljnjim postupcima sušenja i/ili ekstrakcije šećera. Stoga je prikladnije upotrijebiti niže temperature od 50 i 60 °C uz variranje protoka zraka (1,5 m s<sup>-1</sup> ili 0,5 m s<sup>-1</sup>). Slično su utvrdili i Sojak i suradnici (2013) u svom radu koji su također zabilježili pad udjela šećera (79,92 %, 70,12 %, 64, 80 %) s povećanjem temperature (50, 60 i 70 °C) sušenja pulpe bundeve *Cucurbita maxima* pri protoku zraka od 1,2 m s<sup>-1</sup>. No, njihove dobivene vrijednosti jesu znatno veće u odnosu na rezultate prikazane u ovom radu (tablica 7). Guine i suradnici (2011) također

dobivaju niži udio šećera s porastom temperature sušenja, s 30 (18,66 %) na 70 °C (17,09 %). Isti trend može se uočiti i u radu Henriques i suradnika (2012) za sušenu bundevu *Cucurbita maxima* pri 40 °C (19,55 %) i 60 °C (17,62 %). No, Márquez-Cardozo i suradnici (2021) dobivaju vrlo slične udjele šećera s porastom temperature sušenja od 50 °C (48,83 %) na 70 °C (48,29 %).

Promatrajući utjecaj vremena ekstrakcije od 10, 20 i 40 min pri istoj temperaturi sušenja pulpe bundeve, može se zaključiti da produljenje vremena ekstrakcije značajno utječe na prinos šećera. Tako je maksimalni udio šećera postignut pri najduljem vremenu ekstrakcije od 40 min, uz izuzetak uzoraka sušenih pri temperaturi od 70 °C. Maksimalne vrijednosti ukupnih šećera iznose 2,66 % (50 °C, 1,5 m s<sup>-1</sup>), 3,46 % (50 °C, 0,5 m s<sup>-1</sup>) i 3,49 % (60 °C, 0,5 m s<sup>-1</sup>). Na temelju navedenog može se zaključiti kako je temperatura od 60 °C uz ekstrakcijsko vrijeme od 40 min optimalan izbor u daljnjim određivanjima šećera. Slično ovim rezultatima, i rad Staničić (2022) je pokazao da sadržaj ukupnih šećera u svježoj bundevi raste s produljenjem vremena ekstrakcije s 10 min (20,94 %) na 40 min (39,32 %). Guine i suradnici (2011) dobivaju 52,84 % ukupnih šećera za svježu bundevu *Cucurbita maxima*, Henriques i suradnici (2012) bilježe 43,78 %, a Amin i suradnici (2019), Sojak i suradnici (2013) te Kim i suradnici (2012) vrijednosti od 8,5 %, 11,62 % i 13,35 % ukupnih šećera. Kod *Cucurbita moschata* sušene metodom vrućeg zraka pri temperaturi od 60 °C dobiveno je 74,11 % šećera prema istraživanju Aziah i suradnika (2009), dok u radu Sim i suradnika (2020) 53,32 %.

Vrijednosti dobivene u ovom radu poprilično variraju u odnosu na navedena istraživanja, i kao što je već opisano u prethodnim poglavljima razlike u udjelima šećera mogu se objasniti razlikama u vrsti bundeve i dijelovima uzetim za analizu, kao i o metodi i parametrima sušenja. Bez obzira na razlike u vrijednostima ukupnih šećera, i sušena i svježa, bundeva predstavlja namirnicu pogodnu za dijabetičare uslijed niskog glikemijskog indeksa (uzrokovanog visokim udjelom vlakana) čime pozitivno djeluje na razinu šećera u krvi (Amin i sur., 2019; Mahmoodpoor i sur., 2018).

#### 4.6. SADRŽAJ PROTEINA U UZORCIMA SUŠENE BUNDEVE

Za određivanje sadržaja proteina u uzorcima sušene bundeve (50 °C 1,5 m s<sup>-1</sup>, 50 °C 0,5 m s<sup>-1</sup>, 60 °C 1,5 m s<sup>-1</sup> i 70 °C 1,5 m s<sup>-1</sup>) izrađen je baždarni dijagram (slika 4), a maseni udjeli ukupnih proteina (tablica 8) izračunati su iz dobivene jednadžbe pravca.

**Tablica 8.** Rezultati UV/Vis spektrofotometrijskog određivanja ukupnih proteina u uzorcima sušene bundeve

Uzorak	$t$ (ekstrakcije)/min	$A \pm SD$	$w$ (ukupni proteini)/%
50 °C/1,5 m s <sup>-1</sup>	10	0,030 ± 0,003	19,56 ± 1,76
	20	0,045 ± 0,001	27,56 ± 0,55
	40	0,032 ± 0,004	21,02 ± 2,37
50 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	10	0,036 ± 0,003	23,06 ± 1,53
	20	0,027 ± 0,001	17,83 ± 0,70
	40	0,023 ± 0,001	15,60 ± 0,26
60 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	10	0,034 ± 0,000	21,82 ± 0,26
	20	0,040 ± 0,006	25,36 ± 3,34
	40	0,030 ± 0,001	19,38 ± 0,69
70 °C/0,5 m s <sup>-1</sup>	10	0,040 ± 0,001	21,72 ± 0,07
	20	0,038 ± 0,001	24,44 ± 0,66
	40	0,032 ± 0,002	20,59 ± 1,09

$A$  - apsorbancija;  $SD$  - standardna devijacija

Maseni udjeli ukupnih proteina u uzorcima sušene bundeve kreću se u rasponu od 15,60 do 27,56 %. Najniže vrijednosti dobivene su kod uzoraka sušenih na temperaturi od 50 °C uz protok od 0,5 m s<sup>-1</sup>, ekstrahiranih tijekom 20 i 40 min. Na temelju navedenog može se zaključiti da niža temperatura sušenja bundeve uz niži protok zraka i produljeno vrijeme ekstrakcije utječe na smanjenje sadržaja proteina. Izuzetak čini uzorak sušen na 50 °C uz protok od 0,5 m s<sup>-1</sup> i vrijeme ekstrakcije od 10 min kod kojeg je nađen veći udio ukupnih proteina u odnosu na ostale uzorke ekstrahirane pri istom vremenu. Dakle, za sve ostale uzorke niža temperatura sušenja (50 °C) uz viši protok zraka (1,5 m s<sup>-1</sup>) ili temperatura veća od 50 °C uz niži protok zraka (0,5 m s<sup>-1</sup>) i vrijeme ekstrakcije od 20 i 40 min dovode do povećanja sadržaja ukupnih proteina. Tako primjerice povećanje temperature od 50 °C na 60 °C odnosno 70 °C uz nepromjenjivu varijablu vremena (od 40 min) te isti protok zraka (0,5 m s<sup>-1</sup>) dovodi do porasta udjela proteina s prijelazom vrijednosti od 15,60 % na 19,38 % odnosno 20,59 %. Također, za vrijeme ekstrakcije od 20 min može se uočiti isti rastući trend 17,83 % (50 °C), 25,36 % (60 °C) uz neznatno smanjenje udjela od 24,44 % kod uzoraka sušenih na 70 °C. Dok, Márquez-Cardozo i suradnici (2021) bilježe neznatno povećanje sadržaja proteina u uzorcima sušene bundeve

*Cucurbita maxima* uslijed porasta temperature s 55 °C (8,53 %) na 70 °C (8,61 %), Guine i suradnici (2011) dobivaju neznatno smanjene sadržaja proteina uslijed povećanja temperature s 30 °C (15,83 %) na 70 °C (15,68 %).

Nadalje, niže dobivene vrijednosti proteina pri vremenu ekstrakcije od 40 min u odnosu na vrijeme od 20 min (tablica 8) kod svih analiziranih uzoraka dovode do zaključka da produženo vrijeme ekstrakcije uzrokuje denaturaciju proteina. Stoga, rezultati dobiveni u ovom radu pokazuju kako je vrijeme ekstrakcije proteina od 20 min optimalno. Uzimajući u obzir optimalno vrijeme ekstrakcije uz temperature sušenja od 50 °C i protok zraka od 1,5 m s<sup>-1</sup>, te temperature od 60 °C i 70 °C uz protok zraka od 0,5 m s<sup>-1</sup> dobivaju se visoki udjela proteina 27,56 %, 25,36 % i 24,44 %.

Sadržaj proteina u uzorcima sušene bundeve prema istraživanju Norfezah i suradnika (2011) iznosi 0,29 % (65 °C), Umuhozariho i suradnika (2020) 1,81 % (65 °C) te Fedha i suradnika (2010) 3,6 % (49 °C). Njihove dobivene vrijednosti su znatno niže u odnosu na vrijednosti dobivene u ovom radu (15,60 do 27,56 %).

Za usporedbu udjela proteina u sušenim uzorcima (tablica 8), Staničić (2022) za svježu bundevu *Cucurbita maxima* dobiva 2,06 do 4,61 % ukupnih proteina, ovisno o vremenu ekstrakcije (10, 20 i 40 minuta). Kod pulpe bundeve *Cucurbita moschata* sušene metodom vrućeg zraka Sim i suradnici (2020) dobivaju vrijednost ukupnih proteina od 19,09 %, Aziah i Komathi (2009) 4,91 % (sušenje vrućim zrakom u peći pri 60 °C) te Fedha i suradnici (2010) 4,3 % (sušenje vrućim zrakom u peći pri 49 °C).

Umuhozariho i suradnici (2020) smatraju da s gubitkom vlage (porastom temperature) dolazi do porasta koncentracije nutrijenata, odnosno do povećanja nutritivne gustoće hrane pa tako i proteina. S obzirom da sušena bundeva ima značajan udio proteina može se smatrati vrlo pogodnim prehrambenim dodatkom (obogaćivanje nutritivnog sadržaja). Kako bi se postigao što veći prinos ovog nutrijenta iz uzoraka sušene bundeve ekstrakcije bi se trebale provoditi pri optimalnom vremenu od 20 min.

## 5.ZAKLJUČAK

1. Najviši udio vlage zabilježen je pri najnižoj temperaturi sušenja bundeve od 50 °C i pri nižem protoku zraka od 0,5 m s<sup>-1</sup>.
2. Najniži udio pepela ima uzorak sušen na temperaturi od 60 °C, koji ujedno ima i najmanji udio vlage.
3. S porastom temperature sušenja pulpe bundeve s 50 na 60 °C raste i udio šećera. Tako je najviši udio šećera dobiven pri temperaturi od 60 °C.
4. Sadržaj šećera raste i tijekom duljeg vremena ekstrakcije (40 min) sušenih uzorka uz nepromjenjivu varijablu temperature.
5. Temperatura sušenja od 60 °C uz ekstrakcijsko vrijeme od 40 min je optimalan izbor u daljnjim određivanjima šećera.
6. Niža temperatura sušenja bundeve uz niži protok zraka utječe na smanjenje sadržaja proteina.
7. Povećanje temperature sušenja pulpe bundeve uz isti protok zraka (0,5 m s<sup>-1</sup>) i uz nepromjenjivu varijablu vremena ekstrakcije uzoraka (40 min) dovodi do porasta udjela proteina.
8. S produljenim vremenom ekstrakcije sušenih uzoraka od 10 na 40 min zabilježeno je smanjenje udjela proteina pri istoj temperaturi.
9. Optimalno vrijeme ekstrakcije proteina je 20 min uz temperature sušenja od 50 °C i protok zraka od 1,5 m s<sup>-1</sup> i temperature od 60 °C i 70 °C uz protok zraka od 0,5 m s<sup>-1</sup>.

## 6. LITERATURA

- Abadi MDM, Ashraf N, Chamsaz M, Shemirani F (2012) An overview of liquid phase microextraction approaches combined with UV-Vis spectrophotometry. *Talanta* **99**, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.05.027>
- Adebayo OR, Farombi AG, Oyekanmi AM (2013) Proximate, Mineral and Anti-Nutrient Evaluation of Pumpkin Pulp (*Cucurbita Pepo*). *IOSR J Appl Chem* **4**, 2278-5736. <https://doi.org/10.5923/j.plant.20120205.02>
- Amin MZ, Islam T, Uddin MR, Uddin MJ, Rahman MM, Satter MA (2019) Comparative study on nutrient contents in the different parts of indigenous and hybrid varieties of pumpkin (*Cucurbita maxima* Linn.). *Heliyon* **5**, 2-4. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02462>
- Aydin E, Gocmen D (2015) The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. *LWT - Food Sci Technol* **60**, 385-392. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.025>
- Aziah AAN, Komathi CA (2009) Physicochemical and Functional Properties of Peeled and Unpeeled Pumpkin Flour. *J Food Sci* **74**, S328-S333. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01298.x>
- Barber TM, Kabisch S, Pfeiffer AFH, Weickert MO (2020) The Health Benefits of Dietary Fibre. *Nutr* **12**, 1-17. <https://doi.org/10.3390/nu12103209>
- Benko B (2019) Uvjeti uzgoja i sortiment tikvenjača. *Glasilo biljne zaštite* **3**, str. 339-347. <https://hrcak.srce.hr/file/344237>
- Blekić M, Režek Jambrak A, Chemat F (2011) Mikrovalna ekstrakcija bioaktivnih spojeva. *Croat J Food Sci Technol* **3**, 32-47. <https://hrcak.srce.hr/70918>
- Bradley RL (2009) Moisture and Total Solids Analysis. U: Nielsen S S (ured.) *Food Analysis*, 4. izd., Springer, New York, str. 87-89.
- Busuioc AC, Botezatu AVD, Furdui B, Vinatoru C, Maggi F, Caprioli G, i sur. (2020) Comparative Study of the Chemical Compositions and Antioxidant Activities of Fresh Juices from Romanian Cucurbitaceae Varieties. *Molecules* **25**, 2-17. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33238389/>
- Černiauskiene J, Kulaitiene J, Danilchenko H, Jariene E, Juknevičienė E, Juknevičienė E (2014) Pumpkin Fruit Flour as a Source for Food Enrichment in Dietary Fiber. *Not Bot Horti Agrobo* **42**, 19-23. <https://doi.org/10.15835/nbha4219352>

Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil RT (2012) Dietary fibre in foods: a review. *J Food Sci Technol* **49**, 255-266. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5>

Drmić H, Jambrak AR (2010) Ultrazvučna ekstrakcija bioaktivnih spojeva. *Croat J Food Sci Technol* **2**, 22-33. <https://hrcak.srce.hr/65474>

Ganogpichayagrai A, Suksaard C (2020) Proximate composition, vitamin and mineral composition, antioxidant capacity, and anticancer activity of *Acanthopanax trifoliatum*. *J Adv Pharm Technol Res*, **11**, 179-183. [https://doi.org/10.4103/japtr.JAPTR\\_61\\_20](https://doi.org/10.4103/japtr.JAPTR_61_20)

García-Ayuso LE, Velasco J, Dobarganes MC, Luque de Castro MD (1999) Accelerated Extraction of the Fat Content in Cheese Using a Focused Microwave-Assisted Soxhlet Device. *J Agric Food Chem* **47**, 2308-2315. <https://doi.org/10.1021/jf981095f>

Ghaboos SHH, Ardabili SMS, Kashaninejad M, Asadi G, Aalami M (2016) Combined infrared-vacuum drying of pumpkin slices. *J Food Sci Technol* **53**, 2380-2388. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2212-1>

Guiné RPF, Pinho S, Barroca MJ (2011) Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Food Bioprod Process* **89**, 422-428. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.09.001>

Fedha MS, Mwasaru MA, Njoroge CK, Ojijo NO, Ouma GO (2010) Effect of drying on selected proximate composition of fresh and processed fruits and seeds of two pumpkin species. *Agric Biol J N Am* **1**, 1299-1302. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.6.1299.1302>

Hayes M (2020) Measuring Protein Content in Food: An Overview of Methods. *Foods* **9**, 2-4. <https://doi.org/10.3390/foods9101340>

Henriques F, Guiné H, Barroca MJ (2012) Chemical Properties of Pumpkin Dried by Different Methods. *Croat J Food Technol Biotechnol Nutr* **7**, 98-105. <https://hrcak.srce.hr/84933>

Hewavitharana GG, Perera DN, Navaratne SB, Wickramasinghe I (2020) Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A Review. *Arab J Chem* **13**, 6865-68745. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.06.039>

Jedidi B, Mokbli S, Sbihi HM, Nehdi IA, Romdhani-Younes M, Al-Resayes SI (2020) Effect of extraction solvents on fatty acid composition and physicochemical properties of *Tecoma stans* seed oils. *J King Saud Univ - Sci* **32**, 2468-2473. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.03.044>

Każmińska K, Hallmann E, Korzeniewska A, Niemirowicz-Szczytt K, Bartoszewski G (2020) Identification of Fruit-Associated QTLs in Winter Squash (*Cucurbita maxima* Duchesne) Using Recombinant Inbred Lines. *Genes* **11**, 2-15. <https://doi.org/10.3390/genes11040419>

- Khatib S, Muhieddine M (2019) Nutritional Profile and Medicinal Properties of Pumpkin Fruit Pulp. U: Salanta L C (ured.) *The Health Benefits of Foods - Current Knowledge and Further Development*, 1 izd., IntechOpen, London, str. 1-20.
- Kim MY, Kim EJ, Kim YN, Choi C, Lee BH (2012) Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (*Cucurbitaceae*) species and parts. *Nutr Res Pract* **6**, 21-27. <https://doi.org/10.4162/nrp.2012.6.1.21>
- Koprivnjak O (2014) Kvaliteta, sigurnost i konzerviranje hrane: udžbenik iz kolegija: “Uvod u prehrambene tehnologije“ Sveučilište u Rijeci, Rijeka, str. 37-73.
- Kostecka-Gugała A, Kruczek M, Ledwożyw-Smoleń I, Kaszycki P (2020) Antioxidants and Health-Beneficial Nutrients in Fruits of Eighteen Cucurbita Cultivars: Analysis of Diversity and Dietary Implications. *Molecules* **25**, 1-20. <https://doi.org/10.3390/molecules25081792>
- Kulczyński B, Gramza-Michałowska A (2019) The Profile of Carotenoids and Other Bioactive Molecules in Various Pumpkin Fruits (*Cucurbita maxima* Duchesne) Cultivars. *Molecules* **24**, 2-17. <https://doi.org/10.3390/molecules24183212>
- Lemus-Mondaca R, Marin J, Rivas J, Sanhueza L, Soto Y, Vera N, i sur. (2019) Pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*) A review of functional attributes and by-products. *Rev Chil Nutr* **46**, 783-791. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000600783>
- Luque de Castro MD, Priego-Capote F (2010) Soxhlet extraction: Past and present panacea. *J Chromatogr A*, **1217**, 2383-2389. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.027>
- Mæhre HK, Dalheim L, Edvinsen GK, Elvevoll EO, Jensen IJ (2018) Protein Determination-Method Matters. *Foods* **7**, 1-11. <https://doi.org/10.3390/foods7010005>
- Mahmoodpoor A, Medghalchi M, Nazemiyeh H, Asgharian P, Shadvar K, i sur. (2018) Effect of Cucurbita Maxima on Control of Blood Glucose in Diabetic Critically Ill Patients. *Adv Pharm Bull* **8**, 347-351. <https://doi.org/10.15171/apb.2018.040>
- Marelja M, Dujmić F, Ježek D, Škegro M, Bosiljkov T, Karlović S, i sur. (2020) Vakuum sušenje u prehrambenoj industriji. *Croat J Food Technol Biotechnol Nutr* **15**, 94-101. <https://hrcak.srce.hr/file/361535>
- Márquez-Cardozo CJ, Caballero-Gutiérrez BL, Ciro-Velázquez HJ, Restrepo-Molina DA (2021) Effect of pretreatment and temperature on the drying kinetics and physicochemical and techno-functional characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Heliyon* **7**, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06802>
- Marshall MR (2009) Ash Analysis. U: Nielsen S S (ured.) *Food Analysis*, 4. izd., Springer, New York, str.105-117.



National Research Council (US) Committee on Diet and Health (1989) Diet and Health: Implications for Reducing Chronic Disease Risk, Washington (DC), Fats and Other Lipids. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218759/>

Jameson D, Verma M, Westerhoff HV (2011) Methods in Enzymology. U: Nilapwar SM, Nardelli M, Westerhoff HV, Verma M (ured.) Absorption Spectroscopy, str. 60-74.

Norfezah MN, Hardacre A, Brennan CS (2011) Comparison of waste pumpkin material and its potential use in extruded snack foods. *Food Sci Technol Int* **17**, 367-373. <https://doi.org/10.1177/1082013210382484>

Patel K, Panchal N, Ingle P (2019) Review of Extraction Techniques. Extraction Methods: Microwave, Ultrasonic, Pressurized Fluid, Soxhlet Extraction, Etc. *Int J Adv Res Chem Sci* **6**, 6-21. <http://dx.doi.org/10.20431/2349-0403.0603002>

Pereira AM, Krumreich FD, Ramos AH, Krolow ACR, Santos RB, Gularte MA (2020) Physicochemical characterization, carotenoid content and protein digestibility of pumpkin access flours for food application. *Food Sci Technol* **40**, 691-698. <https://doi.org/10.1590/fst.38819>

Permyakov EA (2012) The Use of UV-Vis Absorption Spectroscopy for Studies of Natively Disordered Proteins. U: Uversky VN, Dunker AK (ured.) Intrinsically Disordered Protein Analysis, Humana Press, str. 421-433.

Pleh M, Kolak I, Dubravec KD, Šatović Z (1998) Sjemenarstvo bundeva. *Sjemenarstvo* **15**, 43-57. <https://doi.org/10.33128/s1>

Radojčin M, Pavkov I, Bursać Kovačević D, Putnik P, Wiktor A, Stamenković Z, i sur. (2021) Effect of Selected Drying Methods and Emerging Drying Intensification Technologies on the Quality of Dried Fruit: A Review. *Processes* **9**, 1-21. <https://doi.org/10.3390/pr9010132>

Różyło R, Gawlik-Dziki U, Dziki D, Jakubczyk A, Karaś M, Różyło K (2014) Wheat Bread with Pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) Pulp as a Functional Food Product. *Food Technol Biotechnol* **52**, 430-438. <https://doi.org/10.17113/ftb.52.04.14.3587>

Salehi B, Capanoglu E, Adrar N, Catalkaya G, Shaheen S, Jaffer M, i sur. (2019) Cucurbits Plants: A Key Emphasis to Its Pharmacological Potential. *Molecules* **24**, 2-21. <https://doi.org/10.3390/molecules24101854>

Shin JM, Hwang YO, Tu OJ, Jo HB, Kim JH, Chae YZ, i sur. (2013) Comparison of different methods to quantify fat classes in bakery products. *Food Chem* **136**, 703-709. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.033>

Sim WS, Kim HJ, Ku SB, Chae SH, Choi YW, Men X, i sur. (2020) Analysis of Nutritional Components and Physiological Activity of Butternut Squash (*Cucurbita moschata*) by Drying Methods. *Korean J Food Nutr* **33**, 91-97. <https://doi.org/10.9799/KSFAN.2020.33.1.091>

Skoog DA, West DM, Holler FJ, Crouch SR (2014) Fundamentals of Analytical Chemistry, 9. izd., Brooks/Cole, USA, str. 280-300.

Sojak MJ, Jaros M, Głowacki S (2013) Analysis of Giant Pumpkin (*Cucurbita maxima*) Quality Parameters in Various Technologies of Convective Drying After Long-Term Storage. *Dry Technol* **32**, 106-116. <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.816854>

Staničić T (2022) Kemijski sastav bundeve i njenih nusproizvoda (diplomski rad), Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Strelec I, Kovač T (2014) Praktikum iz biokemije, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek Sveučilišta u Osijeku, Osijek.

Umuhozariho MG, Hagenimana T, Nsabimana P, Sirimu C, Uwobasa N, Uwinez AP (2020) Effect of oven and freeze drying on nutritional composition of pumpkin (*Cucurbita maxima*) processed flour. *Rwanda J Agric Sci* **2**, 33-39. <https://www.ajol.info/index.php/rjeas/article/view/200843>

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (2019) USDA FoodData Central Search Results, Pumpkin, raw. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168448/nutrients>. Pristupljeno 31. lipnja 2022.

Wilson K, Walker J (2010) Principles and Techniques of Biochemistry and Molecular Biology, 7. izd., Cambridge University Press, Cambridge.

Zambrano MV, Dutta B, Mercer DG, MacLean HL, Touchie M (2019) Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: A review. *Trend Food Sci Technol* **88**, 484-496.. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.006>

Zheng K, Wu L, He Z, Yang B, Yang Y (2017) Measurement of the total protein in serum by biuret method with uncertainty evaluation. *Measurement* **112**, 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.08.013>

## IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja LEA ŠOŠO izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

---

Vlastoručni potpis