

# Utjecaj ultrazvučnog predtretmana na kemijski sastav hibridno osušene hokkaido bundeve

---

Šturlan, Maja

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*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:159:724187>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-31**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, prosinac 2023.

Maja Šturlan

UTJECAJ ULTRAZVUČNOG  
PREDTRETMANA NA KEMIJSKI  
SASTAV HIBRIDNO OSUŠENE  
HOKKAIDO 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 te u Laboratoriju za tehničku termodinamiku na Zavodu za procesno inženjstvo.

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**

*Veliko hvala mojoj mentorici na razumijevanju, uloženom trudu i vremenu.*

*Hvala što ste mi povjerovali odgovornost da koristim vaš laboratorij i pribor te me uzeli pod svoje mentorstvo. Hvala što ste vjerovali u moje sposobnosti i pružili mi priliku da pokažem svoje znanje. Cijenim svaku pohvalu i kritiku, savjet i preporuku, upozorenje i namjeru.*

*Najveće hvala mojoj obitelji koja je uvijek bila tu za mene, hvala za neizmjernu ljubav i brigu. Hvala mama i tata, bez vas ništa ne bi bilo moguće!*

# 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 ULTRAZVUČNOG PREDTRETMANA NA KEMIJSKI SASTAV HIBRIDNO OSUŠENE  
HOKKAIDO BUNDEVE

*Maja Šturlan, univ. bacc. nutr. 0058215862*

**Sažetak:** Pulpa i kora hokkaido bundeve osušene su kombinacijom mikrovalova i vrućeg zraka sa ili bez predtretmana ultrazvukom amplitude 60 i 90 % tijekom 15, 30 i 45 minuta. Kemijski sastav osušenih uzoraka određen je gravimetrijskim, separacijskim i spektrofotometrijskim metodama. Prema dobivenim rezultatima pulpa sadrži veći udio vlage i šećera, a kora veći udio pepela, masti, vlakana i proteina. Ultrazvučni predtretman je utjecao na smanjenja udjela vlage, masti i proteina u uzorcima kore, a predtretirani uzorci pulpe imali su znatno manji udio šećera od netretiranog uzorka. Veći udio vlakana određen je i u kori i pulpi nakon 15, 30 i 45 minuta predtretmana pri amplitudi ultrazvuka od 60 i 90 %. Visok udio masti i proteina u pulpi, odnosno šećera u kori dobiven je kod amplitude ultrazvuka od 60 % nakon 15 minuta. Zaključno, ultrazvučni predtretman svakako doprinosi smanjenju i/ili povećanju udjela određivanih analita, stoga se ovisno o željenoj nutritivnoj vrijednosti uzoraka mogu podesiti i parametri predtretmana.

**Ključne riječi:** *bundeva, kemijski sastav, predtretman, sušenje, ultrazvuk*

**Rad sadrži:** 48 stranica, 11 slika, 5 tablica, 90 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. izv. prof. dr. sc. Sven Karlović (član)
4. prof. dr. sc. Suzana Rimac Brnčić (zamjenski član)

**Datum obrane:** 20. prosinca 2023.

## 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

### EFFECT OF ULTRASOUND PRETREATMENT ON CHEMICAL COMPOSITION OF HYBRID DRIED HOKKAIDO PUMPKIN

*Maja Šturlan, univ. bacc. nutr. 0058215862*

**Abstract:** Hokkaido pumpkin pulp and peel were dried by a combination of microwaves and hot air with or without pretreatment with ultrasound at 60 and 90 % amplitude for 15, 30 and 45 minutes. The chemical composition of the dried samples was determined gravimetrically, by separation analysis and spectrophotometrically. The obtained results showed higher mass fraction of moisture and sugar in pulp and higher mass fraction of ash, fat, fibre and protein in peel. Pre-treatment with ultrasound reduced the moisture, fat and protein content in the peel samples and pre-treated pulp samples had a significantly lower sugar content compared to the untreated samples. After 15, 30 and 45 minutes of pre-treatment at an ultrasound amplitude of 60 and 90 %, a higher proportion of fibre was found in both the peel and the pulp. A high content of fat and protein was achieved in the pulp and high content of sugar in the peel at an ultrasound amplitude of 60 % after 15 minutes. In summary, it can be said that ultrasonic pretreatment certainly contributes to reducing and/or increasing the mass fraction of determined analytes. Therefore, the pretreatment parameters should be adjusted depending on the desired nutritional values of the samples.

**Keywords:** *pumpkin, chemical composition, pretreatment, drying, ultrasound*

**Thesis contains:** 48 pages, 11 figures, 5 tables, 90 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. Sven Karlović, PhD, Associate professor (member)
4. Suzana Rimac Brnčić, PhD, Full Professor (substitute)

**Thesis defended:** December 20<sup>th</sup>, 2023



## Sadržaj

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. UVOD</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>2.1. BOTANIČKA KLASIFIKACIJA I OPIS BUNDEVE</b> .....                        | <b>3</b>  |
| <b>2.2. KEMIJSKI SASTAV BUNDEVE</b> .....                                       | <b>5</b>  |
| <b>2.3. NUTRITIVNA VRIJEDNOST I PRIMJENA BUNDEVE</b> .....                      | <b>6</b>  |
| <b>2.4. METODE SUŠENJA BUNDEVE</b> .....  | <b>7</b>  |
| 2.4.1. Predtretman .....  | 8         |
| 2.4.1.1. <i>Predtretman ultrazvukom</i> .....                                   | 8         |
| 2.4.2. Sušenje vrućim zrakom.....   | 10        |
| 2.4.3. Sušenje mikrovalovima.....   | 10        |
| 2.4.4. Sušenje kombinacijom mikrovalova i vrućeg zraka - hibridno sušenje ..... | 11        |
| <b>2.5. ANALITIČKI POSTUPCI ODREĐIVANJA KEMIJSKOG SASTAVA</b> .....             | <b>12</b> |
| 2.5.1. Gravimetrijske metode analize .....                                      | 12        |
| 2.5.1.1. <i>Određivanje vlage</i> .....   | 13        |
| 2.5.1.2. <i>Određivanje pepela</i> .....  | 13        |
| 2.5.1.3. <i>Određivanje masti</i> .....   | 14        |
| 2.5.1.4. <i>Određivanje vlakana</i> .....                                       | 14        |
| 2.5.2. UV-Vis spektrofotometrija .....  | 14        |
| 2.5.2.1. <i>Određivanje proteina</i> .....                                      | 15        |
| 2.5.2.2. <i>Određivanje šećera</i> .....  | 16        |
| <b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....   | <b>17</b> |
| <b>3.1. MATERIJALI</b> .....  | <b>17</b> |
| <b>3.2. KEMIJKALIJE</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>3.3. APARATURA</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>3.4. PRIBOR</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>3.5. METODE RADA</b> .....   | <b>20</b> |
| 3.5.1. Određivanje sadržaja vlage u uzorcima sušene hokkaido bundeve .....      | 20        |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| 3.5.2.      | Određivanje sadržaja pepela u uzorcima sušene hokkaido bundeve .....                           | 20        |
| 3.5.3.      | Određivanje sadržaja masti u uzorcima sušene hokkaido bundeve .....                            | 20        |
| 3.5.4.      | Određivanje sadržaja sirovih vlakana u uzorcima sušene hokkaido bundeve .....                  | 21        |
| 3.5.5.      | Ekstrakcija proteina i šećera u uzorcima sušene hokkaido bundeve .....                         | 21        |
| 3.5.6.      | Određivanje sadržaja ukupnih proteina u uzorcima sušene hokkaido bundeve .....                 | 22        |
| 3.5.6.1.    | <i>Priprema otopine za određivanje ukupnih proteina .....</i>                                  | <i>22</i> |
| 3.5.6.2.    | <i>Izrada baždarnog dijagrama kod određivanja sadržaja ukupnih proteina .....</i>              | <i>22</i> |
| 3.5.6.3.    | <i>Analiza uzoraka.....</i>  | <i>24</i> |
| 3.5.7.      | Određivanje ukupnih šećera u uzorcima sušene hokkaido bundeve.....                             | 24        |
| 3.5.7.1.    | <i>Priprema otopine za određivanje ukupnih šećera .....</i>                                    | <i>24</i> |
| 3.5.7.2.    | <i>Izrada baždarnog dijagrama kod određivanja sadržaja ukupnih šećera .....</i>                | <i>24</i> |
| 3.5.7.3.    | <i>Analiza uzoraka.....</i>  | <i>26</i> |
| <b>3.6.</b> | <b>OBRADA PODATAKA .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>4.</b>   | <b>REZULTATI I RASPRAVA .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>4.1.</b> | <b>UDIO VLAGE U UZORCIMA OSUŠENE HOKKAIDO BUNDEVE.....</b>                                     | <b>28</b> |
| <b>4.2.</b> | <b>UDIO PEPELA, MASTI, VLAKANA, PROTEINA I ŠEĆERA U UZORCIMA OSUŠENE HOKKAIDO BUNDEVE.....</b> | <b>30</b> |
| 4.2.1.      | Udio pepela .....  | 31        |
| 4.2.2.      | Udio masti.....  | 32        |
| 4.2.3.      | Udio vlakana .....   | 34        |
| 4.2.4.      | Udio proteina .....  | 35        |
| 4.2.5.      | Udio šećera .....  | 37        |
| <b>5.</b>   | <b>ZAKLJUČCI.....</b>  | <b>39</b> |
| <b>6.</b>   | <b>LITERATURA.....</b>   | <b>40</b> |

# 1. UVOD

Voće i povrće je riznica vitamina i mineralnih tvari, a često obiluje i vlaknima. Dodatnu prednost za uvrštavanje u prehranu daje im niska energetska vrijednost. Prema smjernicama WHO za održavanje zdravog načina života preporuka uključuje unos od 400 g voća i povrća na dan (WHO, 2010). To može biti unos svježih oblika, ali i procesiranih. Jedna od metoda procesiranja za kojom se najčešće poseže je sušenje jer osim što produljuje rok za konzumaciju namirnica, održava visoku nutritivnu vrijednost. Postoji nekoliko načina sušenja od kojih se najviše koriste sušenje u struji vrućeg zraka, sušenje smrzavanjem, mikrovalno sušenje, sušenje u vakuumu ili tradicionalno sušenje na suncu. Svaka od navedenih metoda ima svoje nedostatke kao što su dugotrajnost, velika potrošnja energije, visoka cijena, negativan utjecaj na okoliš, degradacija nutrijenata, promjene u teksturi i boji namirnica itd. Zato se istražuju drugačiji načini sušenja poput kombiniranih. Kombinacija mikrovalova i vrućeg zraka koja se još naziva hibridnim sušenjem, pokazala je brojne prednosti pred pojedinačnim metodama i sve je zastupljenija. Djeluje na način da mikrovalovi uklanjaju vodu iz unutrašnjosti, a vrući zrak sa površine namirnica. Osobito je pogodna za voće i povrće radi visokog udjela vode kao dielektrične komponente u koju mikrovalovi lako prodiru dovodeći do titranja molekula te zagrijavanja materijala. Kako bi kvaliteta dehidriranih proizvoda bila još veća, sušenju mogu prethoditi tretmani kao što su blanširanje, osmotska dehidracija, visoki tlak ili ultrazvuk (Chua i Chou, 2014; Jangam i Mujumdar, 2010; Alibas, 2007; Prabhanjan i sur., 1995).

Plod bundeve je zanimljiv izvor nutrijenata osobito karotenoida, askorbinske kiseline, vitamina E i B2, pektina te aminokiselina. Osim toga sadrži i znatne količine kalija, kalcija te fosfora (Márquez-Cardozo i sur., 2021). Zbog toga je često sastojak mnogih proizvoda i jela te može služiti kao prirodno bojilo zahvaljujući sadržaju karotenoida ili kao izvor antioksidansa za konzerviranje zbog značajnih koncentracija vitamina C i E (Mala i Kurian, 2016; Biesiada i sur., 2011). Proizvodnja bundeva i tikvica u Europskoj Uniji porasla je za oko 900 tisuća tona od 2017. do 2021. godine u kojoj je zabilježeno da se proizvede oko 2,7 milijuna tona. Gotovo dvostruko veća proizvodnja od 5,2 milijuna tona zabilježena je na području cijele Europe, dok na svjetskoj razini iznosi 23,7 milijuna tona (FAOSTAT, 2021). Tako velike količine bundeve stvaraju znatnu količinu otpadnih materijala koji uslijed nedovoljnog znanja ostaju neiskorišteni ili u najboljem slučaju završe kao hrana za životinje. Uglavnom se iskorištavaju sjemenke, a pulpa i kora budu odbačene. Cijela bundeva također nerijetko završi u otpadu zbog visokog udjela vode što ju čini pokvarljivom i težom za transport.

Procesiranjem bundeve i njenih nusprodukata moguće je dobiti stabilnije i kvalitetnije proizvode (Bekele i Admassu, 2022). Glavni takav proizvod je bučino brašno koje se može dugo skladištiti i koristiti u proizvodnji raznih pekarskih i snack proizvoda te mnogih drugih (Que i sur., 2008). Najčešće se dobiva sušenjem pulpe u struji vrućeg zraka zbog manjih troškova i kraćeg procesiranja. No, radi visoke temperature koja nije pogodna za osjetljiva tkiva poput biljnih, dolazi do neželjenih promjena u boji i teksturi te kemijskom sastavu sušenog proizvoda (Rastogi, 2012).

Kako bi se skratilo vrijeme i smanjila temperatura sušenja kao i negativne posljedice na kvalitetu proizvoda, istraživanja su se usmjerila na utjecaj predtretmana. Obećavajućim predtretmanom za sirovu hranu i neiskorištene ostatke smatra se ultrazvuk (UZV) (Sokač i sur., 2022; Voučko i sur., 2022; Dujmić i sur., 2020; Herceg i sur., 2009). Ultrazvučni valovi stvaraju tzv. efekt spužve na površini krutih namirnica što rezultira stvaranjem mikroskopskih kanalića unutar namirnice. Takva promjena u strukturi pogoduje većoj difuziji vode tijekom sušenja vrućim zrakom, odnosno povećava intenzitet prijenosa mase tijekom osmotskog sušenja (Bekele i Admassu, 2022; Mieszcakowska-Fraç i sur., 2016). Iako su dostupni mnogi radovi u kojima se primjenjuje predtretman ultrazvukom tijekom sušenja voća i povrća, većina njih je usmjerena na proučavanje fizikalnih svojstva, npr. promjene u boji i teksturi ili dinamike sušenja (Pandiselvam i sur., 2023; Salehi i sur., 2023; Zhu i sur., 2022)

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti udio vlage, pepela, masti, vlakana, proteina i šećera u hibridno osušenim uzorcima pulpe i kore hokkaido bundeve te utvrditi ima li promjene u sastavu nakon primjene ultrazvučnog predtretmana različite amplitude (60 i 90 %) i vremena (15, 30 i 45 min). Za određivanje kemijskog sastava korištene su standardne AOAC metode i UV/Vis spektrofotometrija, a na temelju dobivenih rezultata uspoređen je sastav uzoraka ovisno o parametrima UZV predtretmana.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. BOTANIČKA KLASIFIKACIJA I OPIS BUNDEVE

*Cucurbita maxima* poznatija kao velika bundeva ili tikva vrsta je jednogodišnje biljke koja pripada rodu *Cucurbita* iz porodice *Cucurbitaceae*. Potiče iz Amerike te se već stoljećima, osim za prehranu ljudi i životinja, koristi kao lijek u narodnoj medicini za bolesti i smetnje probavnog sustava (Salehi i sur., 2019). Varijacije u boji lista i pulpe te obliku i boji ploda među *Cucurbita* vrstama prikazuje slika 1. Plod *C. maxime* prvi je put opisao francuski botaničar Antoine Nicolas Duchesne u 18. stoljeću. Karakteristike prema kojima je mogao izdvojiti *C. maxima* od ostalih *Cucurbita* vrsta jesu izgled, veličina i tekstura cvjetova, listova i plodova. Na primjer, dlačice na listovima su mekše i sitnije, a rubovi zaobljeni, vjenčić cvijeta je rašireniji, peteljka velika i mekana, okruglog presjeka, plodovi su sferično-spljoštenog oblika, veći od svih drugih vrsta *Cucurbita* te imaju tanju koru uz sočnu, ali čvrstu pulpu u unutrašnjosti. Boja ploda značajno varira i može biti crveno-narančasta, blijedo narančasta, bijela, tamnozelena ili svijetlo sivo-plava. Tako velik broj kultivara u Europi je postao dostupan tek sredinom 19. stoljeća zahvaljujući porastu trgovanja sjemenom ponajviše s državama Sjeverne i Južne Amerike (Formiga i Myers, 2020).



**Slika 1.** Varijacije u boji lista i pulpe te obliku i boji ploda među *Cucurbita* vrstama (Hosen i sur., 2021)

Prepoznatljiv zimski kultivar popularnog naziva „hokkaido“ ili „japanska tikva“ (lat. *Cucurbita maxima Duchesne ssp. maxima convar. maxima 'Red Kuri'*) ima plod tanke narančaste kore i okruglastog ili kruškolikog oblika (slika 2), težine najčešće oko 2 kg, no može doseći i do 8 kg. Biljka se sadi tijekom svibnja i lipnja, a sazrijeva kroz 80 - 120 dana postizujući visinu od 40 - 60 cm. Listovi i cvjetovi su veliki, zelene odnosno žute boje, a stabljika mesnata (slika 3). Plod osim narančaste kore izvana, iznutra ima narančastu pulpu u središtu koje se nalaze sjemenke. Berba se uglavnom provodi u rujnu i listopadu, nakon čega se plod može skladištiti i do 8 mjeseci pri temperaturama između 10 - 15 °C na suhom, hladnom i tamnom mjestu (Anonymous, 2023a). Sjemenke uobičajeno sadrže između 37 i 54 % ulja i čine 2 - 3 % kod plodova koji teže između 4 i 8 kg. Poznate su i pod nazivom koštice, sastoje se od ljuske i goliće koja može biti zelena, maslinastozelena, ili sivkastozelena te količina u pojedinačnom plodu varira sve od 100 do 400 sjemenki (Pleh i sur., 1998).



**Slika 2.** Hokkaido bundeva - plod (Holubova, 2020)



**Slika 3.** Biljka *Cucurbita maxima* (Wikimedia, 2016)

## 2.2. KEMIJSKI SASTAV BUNDEVE

Kemijski sastav bundeve varira ovisno o vrsti odnosno kultivaru bundeve, dijelu ploda (kora, pulpa ili sjemenka), uvjetima uzgoja pod koje se ubrajaju klimatski uvjeti (temperatura, padaline), vrsta tla i gnojivo te o uvjetima skladištenja.

Vrsta *C. maxima* ima značajno veći udio ugljikohidrata, proteina, masti i vlakana nego *C. moschata* i *C. pepo*, dok je veći udio vlage i aminokiselina, osobito arginina, izmjeren u svim dijelovima *C. pepo*. Sjemenke, bez obzira o kojoj vrsti se radi, imaju veće koncentracije aminokiselina i masnih kiselina od pulpe i kore. U kori je izraženiji udio alfa-tokoferola, a beta-karoten je podjednako prisutan i u kori i u pulpi (Kim i sur., 2012). Kultivare *C. maxima* također karakterizira veći udio suhe tvari te karotenoida, vitamina C, škroba i reducirajućih šećera od kultivara *C. pepo*. Navedene komponente pokazale su se osjetljivijim te ovisno o vremenu skladištenja dolazi do promjena u sastavu. Tijekom perioda skladištenja od 90 dana u oba je kultivara zabilježeno smanjenje koncentracije karotenoida, vitamina C, škroba, reducirajućih šećera i nitrata, pad pH vrijednosti, porast razine kalija, fosfora, magnezija i kalcija te neznajna promjena ukupnih fenola (Biesiada i sur., 2011).

Tijekom analize kemijskog sastava u različitim dijelovima *C. maxime*, pulpa je imala najveći udio vlage (~ 84 %), kora najviše ugljikohidrata (~ 21 %), a sjemenke su bile najbogatije mastima (~ 52 %), proteinima (~ 27 %) i vlaknima (16 %) te posljedično energijom (~ 228 - 312 kcal/100 g) (Kim i sur., 2012; Amin i sur., 2019).

Udio makronutrijenata u pulpi, kori i sjemenkama *C. maxime* pokazan je i u radu Staničić (2022). Pulpa sadrži najveći udio vlage, čak 93,99 %, nizak udio pepela, masti, vlakana i proteina, te između 20,94 - 39,32 % ugljikohidrata. U kori je izmjereno najviše proteina (15,08 %), a sjemenke su se pokazale bogatim izvorom vlakana (56,56 %) i masti (21,44 %) (Staničić, 2022).

Prema USDA bazi podataka (USDA, 2022), 100 g sirove zimske bundeve (*winter squash, raw*) sadrži 26 kcal, 91,6 % vode, 1 % proteina, 0,1 % ukupnih masti, 6,5 % ugljikohidrata i 0,5 % vlakana. Mineralni sastav 1 šalice bundeve (140 g) sastoji se od 476 mg kalija, 61,6 mg fosfora, 29,4 mg kalcija, 16,8 mg magnezija, 1,4 mg natrija, 1,12 mg željeza i 0,45 mg cinka. Od ostalih mikronutrijenata značajnije su količine vitamina A (426 µg/100 g), beta-karotena (3100 µg/100 g), vitamina E (1,06 mg/100 g) te luteina i zeaksantina (1500 µg), a u nešto manjim količinama prisutni su vitamin C i folat (9 mg i 16 µg /100 g).

### 2.3. NUTRITIVNA VRIJEDNOST I PRIMJENA BUNDEVE

Plod bundeve (*C. maxima*) je bogat izvor vrijednih hranjivih sastojaka kao što su antioksidansi, vlakna, vitamini (A, B2, C i E), minerali (kalij, magnezij, fosfor) i aminokiseline (Jun i sur., 2006) s većim naglaskom na antioksidanse, tokoferole i karotene koji imaju dokazano blagotvorno djelovanje na zdravlje (Aune i sur., 2018). Tokoferol, poznatiji kao vitamin E dolazi u nekoliko oblika od koji je najaktivniji alfa-tokoferol. Osim antioksidativne uloge (štiti membrane od oštećenja slobodnim radikalima), sudjeluje u sintezi eritrocita i zaštiti kardiovaskularnog zdravlja (prevencijom oksidacije LDL kolesterola). Beta-karoten ili provitamin A pokazuje protuupalno djelovanje, štiti kožu od oštećenja sunčevim zrakama, usporava proces starenja, smanjuje rizik za razvoj očne mrežnice i prevenira rast tumorskih stanica (Kim i sur., 2012).

Pulpa bundeve najviše se koristi u kulinarstvu za pripremu juha, variva, pirea, kruha, biskvita, pita i drugih jela, dok se otpadni dijelovi poput kore iskorištavaju kao hrana za stoku ili se kompostiraju. Sjemenke su isto tako jestive, sirove ili tostirane, kao dodatak jelima ili samostalno u vidu grickalica. Izvor su cinka, fitosterola (beta-sitosterol) i polinezasićenih masnih kiselina. Beta-sitosterol poznat je po utjecaju na smanjenje razine kolesterola u krvi i rizika za razvoj pojedinih tipova raka. Prema nekim studijama beta-sitosterol iz bundeve može doprinijeti liječenju benigne hiperplazije prostate (Kim i sur., 2012). Sjemenke se mogu koristiti i za dobivanje ulja. Stevenson i suradnici (2007) pokazali su da udio ulja dobiven iz sjemenki različitih kultivara *Cucurbita maxima* D. može iznositi od 10,9 - 30,9 % u čijem sastavu masnih kiselina prevladavaju linolna, oleinska, palmitinska i stearinska masna kiselina, a nizak je udio oksidativno nestabilne linolenske kiseline. To čini ulja ove sorte bundeve manje kvarljivim potencirajući duži rok trajanja pa su pogodna za primjenu u prehrambenoj i drugim industrijama. Također, zbog poboljšanog nutritivnog sastava uslijed izmjerenih viših razina ukupnih tokoferola, no u većine drugih bučinih ulja, pogodna su za prehranu ljudi.

Osim toga, bundeva je namirnica koja ima nizak postotak masti i malu energetska vrijednost, idealna za ljude koji žele smanjiti ili održati tjelesnu masu. Zbog visokog prehrambenog značaja svih dijelova ploda (kora, pulpa, sjemenke), otpad ima potencijal da se uvrsti u proizvodnju funkcionalnih proizvoda i hrane za posebne medicinske potrebe npr. u svrhu podizanja imuniteta ili borbu protiv starenja kože i stanica (Hussain i sur., 2021). Od nutraceutskih svojstava *C. maxime* ističu se još antireumatsko i diuretsko djelovanje te smirujuće djelovanje na živce. Isto tako, vlakna bundeve pozitivno djeluju na probavni sustav, u želucu vežu višak kiselina i djeluju



kao pufer. Druga svojstva koja su potvrđena u nekim od istraživanja jesu anti-dijabetičko (hipoglikemijsko), hepatoprotektivno, hipotenzivno, antimikrobno, antikancerogeno i antiulcerativno svojstvo (Kaur i sur., 2019). Konzumacija bundeve navodi se dobrom za srce i preporuča se visok unos i iskorištavanje kao što je u zemljama poput Kine, Argentine, SAD-a, Brazila, Meksika, Indije, Indonezije, Koreje, Maroka i drugih (Rahman i Khandaker, 2019).

Dodatak bundeve u proizvode nije zaobišao ni kozmetičku industriju. Prema nekim izvorima ekstrakt bundeve može se koristiti u maskama za lice namijenjenim suhoj koži (Fern, 2023). Zbog sadržaja polisaharida za koje se pokazalo da povoljno djeluju na hidrataciju kože, a izvor kojih je osobito hokkaido bundeva, ekstrakt polisaharida bundeve pokazao se sigurnim i učinkovitim sastojkom hidratantnih krema (Chanpirom i sur., 2022). Nadalje, pokazala se mogućnost inkorporiranja ulja bučinih sjemenka u nove formulacije krema za sunčanje kako bi se spriječilo starenje kože izazvano UV zrakama i razvoj kožnog tumora zahvaljujući antioksidativnim svojstvima (Lacatusu i sur., 2018). Također, prirodni je lijek za ubode insekata, cink u mineralnom sastavu pomaže smanjiti crvenilo i upalu (Park i Han, 2023).

## **2.4. METODE SUŠENJA BUNDEVE**

Sušenje je proces uklanjanja vode iz namirnice sa svrhom dobivanja proizvoda u suhom stanju. Može se provoditi prirodno na suncu ili dovođenjem topline kondukcijom, konvekcijom, radijacijom ili dijatermijom. Kondukcijsko sušenje znači odvođenje vode u obliku pare izravnim dovođenjem topline kroz zagrijanu ogrjevnu plohu. Konvekcijsko sušenje je direktno sušenje u struji vrućeg plina (najčešće zrak) koji odnosi paru. Radijacijsko sušenje uklanja vodu zagrijavanjem namirnice energijom elektromagnetskog zračenja, a dijatermija polarizacijom dielektrika u promjenjivom magnetskom polju (npr. mikrovalna pećnica) (Hrvatska enciklopedija, 2021c).

Sušenje je način konzerviranja hrane kojim se suzbijaju aktivnosti mikroorganizama stvaranjem nepovoljnih uvjeta za njihov rast i razvoj. Smanjuje se aktivitet vode (količina slobodne vode u namirnici dostupna za odvijanje metabolizma prisutnih mikroorganizama) što značajno usporava odvijanje mikrobioloških i biokemijskih procesa u namirnici (Jašić, 2009). Na taj način produžuje se rok trajanja namirnice, zadržavaju svojstva kao prvog dana proizvodnje odnosno smanjuje se pokvarljivost, truljenje, propadanje ili druge promjene. Sušenjem se ujedno smanjuje potreba za prostorom koji proizvod zauzima tijekom skladištenja i transporta. Uslijed manje mase olakšano je rukovanje sušenih pred svježim namirnicama, a

nutritivna vrijednost također ostaje dobro očuvana (Guiné i sur., 2011).

Za voće i povrće najčešće se primjenjuje sušenje vrućim zrakom, no zbog negativnih posljedica djelovanja visoke temperature i dugotrajnosti procesa sve se više traže alternative. Mikrovalno sušenje jedna je od manje invazivnih metoda gdje se prevenira pad kvalitete plodova i smanjuje potrošnja energije zbog kraćeg trajanja procesa. Osim što je brzo, zagrijavanje je i ravnomjerno raspoređeno. Iz tog razloga, počelo se široko primjenjivati kombinirano (hibridno) sušenje korištenjem mikrovalova uz vrući zrak. Prolaskom struje vrućeg zraka isparava voda s površine proizvoda, a zagrijavanjem mikrovalovima uklanja se voda iz unutarnjeg dijela na površinu gdje se ponovno odvodi u struji vrućeg zraka. Na taj način postiže se veća brzina sušenja i zadržava se kvaliteta dobivenog proizvoda. Ovim je načinom već uspješno osušeno nekoliko namirnica poput jabuka, mrkva i gljiva, a pokazano je djelovanje i na bundevu. Kad su kriške bundeve bile podvrgnute sušenju mikrovalovima, vrućem zraku ili njihovoj kombinaciji, brzina sušenja, potrošena energija tijekom sušenja i parametri boje nakon sušenja išli su u korist kombiniranom sušenju vrućim zrakom i mikrovalovima (Alibas, 2007).

#### 2.4.1. Predtretman

Procesu sušenja voća i povrća nerijetko prethodni fizički ili kemijski tretman ili njihova kombinacija. Glavni razlog je skraćivanje vremena sušenja kako bi se smanjilo propadanje materijala, inaktivirali enzimi te očuvale nutritivne komponente i oksidativna svojstva što naposljetku smanjuje troškove procesa sušenja i proizvodnje dehidriranih proizvoda. Postoji velik broj različitih predtretmana, mogu se podijeliti na kemijske i fizičke, termičke i netermičke, a najčešće korišteni su blanširanje, tretiranje kemikalijama, zamrzavanje, visok tlak i ultrazvuk (Deng i sur., 2019).

##### 2.4.1.1. *Predtretman ultrazvukom*

Predtretman ultrazvučnim valovima pokazao se učinkovitim za skraćivanje vremena sušenja i smanjenje temperature na kojoj se provodi sušenje. Sušenjem pri manjim temperaturama smanjuje se mogućnost degradacije nutrijenata osjetljivih na toplinu i pad kvalitete sirovine. Dva su načina primjene, korištenjem ultrazvučne vodene kupelji ili preko ultrazvučne sonde. Tretman je pri sobnoj temperaturi pa nema značajnih učinaka na senzorske karakteristike i promjenu strukture (Landeka, 2017). Ultrazvučni predtretman pronašao je široku primjenu u prehrambenoj industriji, a ovisno o intenzitetu odnosno frekvenciji valova primjene se razlikuju:

valovi niskog intenziteta/visoke frekvencije obično se koriste za nedestruktivne analize, a valovi visokog intenziteta/niske frekvencije za industrijske procese poput prerade jer uzrokuju fizikalne i kemijske promjene (Lučić, 2022). Tijekom konvekcijskog sušenja potpomognutog ultrazvukom, ultrazvučni valovi uzrokuju samo mehaničke promjene. Djelovanjem valova nastaje takozvani "efekt spužve", to jest naizmjenično skupljanje i širenje čvrstog materijala. Na taj način stvaraju se pukotine mikroskopske veličine koje povećavaju difuziju vode (Rodríguez i sur., 2018). Te se pukotine nazivaju kavitacijski mjehurići. Zbog pojave kavitacije i stvaranja mikrokanalica predtretman UZV može imati i negativne učinke, zbog čega je vrlo važno pravilno primijeniti ultrazvuk kako ne bi došlo do oštećenja materijala. Potrebno je odabrati odgovarajuće parametre kao što su snaga, amplituda, frekvencija te obrada pri prikladnoj temperaturi i tlaku, kako bi djelotvornost ultrazvuka bila optimalna (Landeka, 2017).

Da predtretman ultrazvukom značajno smanjuje vrijeme sušenja potvrdili su Karlović i suradnici (2023), gdje su uzorke bundeve *C. moschata* tretirali ultrazvučnim valovima u vodenoj kupelji pri amplitudama od 30, 60 i 90 % kroz 30, 45 i 60 minuta. Veća amplituda pridonosila je kraćem sušenju dok je trajanje predtretmana duže od 45 minuta imalo negativne učinke i pridonijelo samo povećanju energetske potrošnje. Stoga, optimalnim predtretmanom u ovom istraživanju smatra se ultrazvuk amplitude 90 % u trajanju od 45 minuta koji rezultira najkraćim vremenom sušenja.

U radu Landeke (2017), na uzorcima bundeve *Cucurbita moschata*, ultrazvuk visokog intenziteta pokazao se učinkovitim predtretmanom sušenja jer su ostale očuvane bitne karakteristike proizvoda, poput izgleda i tvrdoće. Predtretman se provodio u ultrazvučnoj vodenoj kupelji pri vremenima od 10, 30 i 50 minuta, nakon čega su uzroci sušeni u vakuumu pri temperaturi od 40 °C i tlakovima od 50, 250 i 1000 mbar. Najbolje očuvanje fizikalnih svojstava (boja, tekstura) postignuto je pri najmanjem tlaku s najdužim vremenom tretiranja uzoraka ultrazvukom.

Nadalje, ultrazvučni predtretman značajno je ubrzao sušenje koštica bundeve te je boja nakon tretiranja bila najsličnija boji sirovih koštica u usporedbi s ostalim predtretmanima koji su se koristili (blanširanje i metoda smrzavanje-odmrzavanje) (Chao i sur., 2022).

U istraživanju Bekele i Admassu (2022) opisan je utjecaj predtretmana ultrazvukom ili mikrovalovima te kombinacijom ultrazvuka i mikrovalova na fizikalna i kemijska svojstva bučinog brašna. Predtretman kombinacijom ultrazvuka i mikrovalova pokazao se efikasnijim u odnosu na pojedinačne predtretmane. Tako se tretman ultrazvukom u trajanju od 20 minuta uz

dotatno mikrovalno blanširanje (300 W, 6 minuta) prije sušenja pokazao učinkovitim postupkom za održavanje boje, ukupnih fenola, ukupnih karotenoida i antioksidacijske aktivnosti proizvedenog bučinog brašna. Ovi podaci su korisni za upotrebu bučinog brašna kao aditiva za bojanje i/ili sastojka za povećanje nutritivne vrijednosti.

#### 2.4.2. Sušenje vrućim zrakom

Sušenje voća i povrća vrlo je rašireno kao metoda koja osigurava konzumaciju kroz duži vremenski period, to jest izvan sezone. Najviše se koristi sušenje konvekcijom, odnosno u struji vrućeg zraka, iako ima mnoge nedostatke kao što su pad kvalitete oštećenjem plodova, pogoršanje u okusu, boji i nutritivnoj vrijednosti, smanjenje gustoće i kapaciteta za vezanje vode te velika potrošnja energije (Alibas, 2007).

Guiné i suradnici (2011) su pokazali kako sušenje vrućim zrakom utječe na kemijska svojstva bundeve (*C. maxima*) te utvrdili kako temperatura sušenja (30 ili 70 °C) značajno utječe na udio šećera, vlakana i proteina. U usporedbi s podacima za svježu pulpu, sušeni uzorci na temperaturi od 30 °C imali su udio šećera manji za 65 %, udio vlakna manji za 36 % te udio proteina manji za 14 %. Slično smanjenje udjela šećera, vlakana i proteina bilo je pri temperaturi od 70 °C, ali je sušenje trajalo znatno kraće, to jest 6 h manje nego pri temperaturi od 30 °C. Zaključno, sušenje vrućim zrakom utječe na gubitak komponenta u sastavu bundeve (osobito šećera), a povećanje temperature ubrzava proces sušenja i do 75 %.

U radu Koziorzewske i suradnika (2023) pratio se utjecaj sušenja vrućim zrakom pri temperaturama od 40, 60 i 80 °C na antioksidativna svojstva i stabilnost karotenoida *C. maxime*. Sušenje je najkraće trajalo pri temperaturi od 80 °C, a najduže pri 40 °C. Statistička analiza nije pokazala značajnu razliku u sadržaju karotenoida između uzoraka sušenih na 40 i 60 °C, dok je vidljiv pad zamijećen na 80 °C što je pokazalo da proces sušenja pri višim temperaturama značajno utječe na razinu karotenoida u bundevi. Izmjerena antioksidativna aktivnost se vrlo malo razlikovala među uzorcima sušenim na 40, 60 i 80 °C. Zaključeno je da je optimalna temperatura sušenja od 60 °C jer omogućava održavanje razine karotenoida i antioksidativnih svojstava.

#### 2.4.3. Sušenje mikrovalovima

U usporedbi s konvekcijskim sušenjem, mikrovalno sušenje je brzo i jednolično te troši manje energije stoga sve češće zamjenjuje vrući zrak (Roongruangsri i Bronlund, 2015).

Mikrovalovi imaju mogućnost prodiranja u dielektrične materijale u koje se ubrajaju i biljna tkiva. Pod utjecajem mikrovalova molekule u materijalu odnosno, tkivu počinju titrati, a zatim dolazi do zagrijavanja te isparavanja vode (Hrvatska enciklopedija, 2021b). Osim sušenja, mikrovalovi se još koriste u svrhu termičke obrade, sterilizacije, odmrzavanja ili temperiranja.

Kao glavne prednosti mikrovalnog sušenja navode se visoka učinkovitost i ušteda energije. Razlog tome je izravna primjena mikrovalova na sam materijal što znači da ne dolazi do dodatnog gubitka topline. Još neke prednosti su bolja senzorska svojstva voća i povrća poput boje i arome, bolji kapacitet za ponovnu hidrataciju te zadržavanje hranjivih tvari (Guo i sur., 2017).

S druge strane, neki autori (Zhang i sur., 2006; Erle i Schubert, 2001) ističu mane mikrovalnog sušenja. Jedna od njih je neravnomjerno zagrijavanje objašnjeno nejednoličnim električnim poljem što dovodi do pojave hladnih i vrućih točaka unutar namirnice. Drugi nedostatak može se dogoditi korištenjem veće snage, iznad 500 W, prilikom čega nastaju oštećenja teksture, a moguće je i naknadno spaljivanje. Ostali zabilježeni nedostaci su: pregrijavanje i pečenje proizvoda, razvoj neugodnih okusa i mirisa te poroznija struktura (Karam i sur., 2016). Navedena ograničenja mogu se smanjiti ili prevladati kombiniranjem mikrovalova s drugim metodama sušenja.

Wang i suradnici (2007) su tijekom proučavanja karakteristika mikrovalnog sušenja na uzorcima bundeve uvidjeli da povećanjem snage mikrovalova, raste brzina dehidracije, a smanjuje se potrošnja energije za sušenje.

Rakcejeva i suradnici (2011) pokazali su utjecaj mikrovalnog vakuum sušenja na boju te udio vitamina C i karotenoida u pulpi bundeve. Grubo isjeckani komadići pulpe sušeni na temperaturi ne većoj od 35 °C imali su indeks zasićenosti žute boje 1,5 puta veći nakon sušenja. Moguće objašnjenje je koncentriranje pigmenata uslijed smanjenja mase dehidracijom. Sadržaj vitamina C smanjio se 2 puta, pretpostavlja se radi termičke nestabilnosti samog vitamina, dok se udio karotenoida nije značajno promijenio.

#### 2.4.4. Sušenje kombinacijom mikrovalova i vrućeg zraka - hibridno sušenje

Sušenje je jedna od najstarijih metoda za čuvanje hrane. Iako jeftino, sušenje vrućim zrakom ima mnoge nedostatke od kojih su glavni niska energetska učinkovitost i dugotrajnost sušenja, osobito u posljednjoj fazi kada je udio vlage već nizak pa je prijenos topline u unutrašnjost ograničen zbog manje toplinske vodljivosti prehrambenih materijala. Bolja energetska

učinkovitost uočena je kod mikrovalnog sušenja, ali je ono cjenovno manje isplativo te također može dovesti do nekih mana u proizvodu. Rješenje za optimalno sušenje koje će biti jeftinije, ali efikasnije stoga je kombinacija navedena dva sušenja koja je sve raširenija i naziva se hibridnim sušenjem. Tijekom konvekcijskog sušenja vrući zrak uklanja vodu s površine, a energija mikrovalova uklanja vodu iz unutrašnjosti na površinu koja zatim prelazi u slobodno stanje djelovanjem vrućeg zraka. Takvim je sušenjem već uspješno osušeno pojedino voće i povrće poput jabuka, mrkva i gljiva. Dokazano je brže te mnoge studije potvrđuju prednosti pred sušenjem pojedinačnim metodama (Huang i sur., 2016; Alibas, 2013; Alibas, 2007).

U radu Alibasa (2007) na uzorcima bundeve jedan od postavljenih ciljeva bio je pronaći optimalan način sušenja s obzirom na potrošnju energije, vrijeme trajanja i boju osušene bundeve. Komadići bundeve (*C. maxima*) sušeni su vrućim zrakom, mikrovalovima te kombinacijom mikrovalovi-vrući zrak. Temperature sušenja iznosile su 50 i 75 °C s protokom zraka 1 m s<sup>-1</sup>, a snaga mikrovalova 160 i 350 W. U kombiniranom sušenju istraživane su 4 kombinacije snage mikrovalova i temperature sušenja: 160 W - 50 °C, 160 W - 75 °C, 350 W - 50 °C, 350 W - 75 °C. Dobiveni rezultati pokazali su da je kombinirano sušenje prikladniji način sušenja radi najmanje potrošnje energije, najkraćeg vremena trajanja procesa te održavanja boje osušene bundeve. Optimalna kombinacija pokazala se 350 W - 75 °C s potrošnjom energije 0,29 kWh i trajanjem sušenja od 31 minute.

## **2.5. ANALITIČKI POSTUPCI ODREĐIVANJA KEMIJSKOG SASTAVA**

### **2.5.1. Gravimetrijske metode analize**

Gravimetrija, u kemijskoj analizi, predstavlja najstariji analitički postupak koji se ujedno smatra jednim od najtočnijih i najpreciznijih među makrokvantitativnim metodama analize. Definiše se kao skup kvantitativnih metoda kojima je glavna značajka mjerenje mase ili promjena u masi. Razlikuju se dvije vrste analize ovisno o obliku, odnosno stanju analita koje se postiže. Taložne metode se temelje na prelasku analita u teško topljivi talog koji se izdvaja, ispire, suši ili žari te važe analitičkom vagom. Na osnovu izmjerene mase taloga, uvrštavanjem u prikladni račun, dolazi se do podataka o masi, udjelu ili koncentraciji određivane tvari. S druge strane, metode ishlapljivanja temelje se na prelasku analita u plinovito agregatno stanje na prikladnoj temperaturi. Potom se hlapljivi produkt sakuplja i važe ili se masa odredi posredno kao razlika između početne mase uzorka i preostalog neishlapljivoga dijela uzorka (Radić i Modun, 2016; Skoog i sur., 1999)

Gravimetrijskim metodama mogu se odrediti komponente hrane stoga se nerijetko primjenjuju u analizama sastava namirnica. Metode ishlapljivanja najčešće se koriste za određivanje vlage i pepela te masti, a taložne metode za vlakna poput celuloze i lignina. Za taložne metode potrebno je odabrati pogodan reagens koji će stvoriti netopljiv ili teško topljiv talog u kemijskoj reakciji s određivanom tvari iz namirnice. Vrste reagensa koji se primjenjuju: anorganski taložni reagensi koji stvaraju slabo topljive soli, organski taložni reagensi koji stvaraju slabo topljive neionske produkte i reducirajući reagensi koji prevode analit u njegov elementarni oblik koji se važe (Brnica, 2018; Skoog i sur., 1999).

#### *2.5.1.1. Određivanje vlage*

Udio vlage u namirnici predstavlja važnu informaciju u prehrambenoj industriji jer utječe na kvalitetu proizvoda, trajnost, masu i količinu prostora koju zahtjeva u skladištu, tijekom transporta i slično. Također na temelju informacije o količini vlage može se izračunati količina suhe tvari i izraziti količine drugih nutrijenata s obzirom na suhu tvar. Većinom se koristi metoda sušenja u peći ili sušioniku koja je također korištena u ovome radu zbog jednostavnosti i mogućnosti istovremenog mjerenja više uzoraka. Može trajati nekoliko minuta ili nekoliko sati, ponekad i duže od 24 sata. Uzorak se važe prije i poslije sušenja, a razlika između tih masa u omjeru s masom prije sušenja predstavlja udio vlage (Bradley, 2009).

#### *2.5.1.2. Određivanje pepela*

Udio pepela u namirnici odnosi se na anorganski ili mineralni ostatak koji zaostaje nakon što je spaljena sva organska tvar. Važan je postupak u analizi kemijskog sastava prehrambenih proizvoda jer se iz udjela pepela mogu odrediti pojedine mineralne tvari i njihov udio što je bitno za procjenu ispravnosti i kvalitete proizvoda. Uzorak se prvo suši u sušnici ili karbonizira na plameniku nakon čega se stavlja u mufolnu peć na spaljivanje do postizanja konstantne mase ili jednolično svijetlo sivog pepela bez crnih čestica. U ovome radu žarenje u mufolnoj peći provodilo se na 600 °C. Razlika u masi uzorka prije i poslije spaljivanja u omjeru s masom prije spaljivanja predstavlja udio pepela.

### 2.5.1.3. *Određivanje masti*

S obzirom na različita kemijska svojstva masti, u hrani se određuju na temelju poznatog fizikalnog svojstva - netopljivost u vodi. Jedna od gravimetrijskih metoda za određivanje masti je metoda po Soxhletu koja je korištena u ovom radu. To je postupak višekratne kontinuirane ekstrakcije gdje se količina otapala za ekstrakciju ne mjeri točno. Za ekstrakciju masti koriste se organska otapala i analiza se odvija u posebno načinjenoj Soxhletovoj aparaturi. Ovisno o vrsti uzorka vrijeme ekstrakcije varira, a najčešće traje između 4 i 6 sati. Po završetku ekstrakcije, tikvica s ekstraktom se suši, hladi i važe. Udio masti dobiva se omjerom mase ekstrahirane masti (razlika mase tikvice s ekstraktom i prazne tikvice) i mase uzorka za ekstrakciju.

### 2.5.1.4. *Određivanje vlakana*

Prehrambena vlakna definiraju se kao jestivi, neprobavljivi dijelovi biljaka. Uključuju polisaharide, oligosaharide, lignin i druge povezane biljne komponente (Arendt i Zannini, 2013). Većinom se određuju gravimetrijski na način da se proteini, masti i probavljivi ugljikohidrati selektivno otope kemikalijama ili uklone enzimskom hidrolizom. Filtracijom se izdvaja zaostali neotopljeni ili neprobavljeni materijal, suši se pa važe (BeMiller, 2010). Prema AOAC metodi, ukupna vlakna se određuju refluksiranjem uz dodatak sumporne kiseline ( $H_2SO_4$ ) i natrijevog hidroksida (NaOH), a filtracija se vrši preko Gooch-ijeva lončića (AOAC, 2005).

### 2.5.2. UV-Vis spektrofotometrija

Spektrofotometrija je metoda kojom se mjeri količina kromogena koji nastaje u kemijskoj reakciji između analita nekog uzorka i odgovarajućeg reagensa. Kromogen nastaje kada se kromofor - nezasićena atomska skupina koja uzrokuje obojenost organskih spojeva - uvede u molekulu spoja pa dolazi do pomicanja apsorpcije elektromagnetskog zračenja iz ultraljubičastog (UV) u vidljiv (Vis) dio spektra što spoju daje obojenost (Hrvatska enciklopedija, 2021a). Količina kromogena nastalog u reakciji mjeri se kao količina apsorbirane svjetlosti, to jest elektromagnetskog zračenja pri specifičnoj valnoj duljini i proporcionalna je količini analita u ispitivanom uzorku. Količina apsorbirane svjetlosti određuje se na način da se svjetlost propusti kroz otopinu uzorka pa se mjeri intenzitet prolaska zračenja. Razlika između početnog intenziteta propuštenog zračenja i intenziteta zračenja nakon prolaska kroz uzorak predstavlja apsorbirano zračenje. Postoje dvije tehnike u spektrofotometriji ovisno o valnoj duljini propuštenog zračenja: ultraljubičasta/vidljiva (UV-Vis) i infracrvena (IR).



UV-Vis spektrofotometrija mjeri apsorpciju elektromagnetskog zračenja u vidljivom i ultraljubičastom dijelu spektra što obuhvaća raspon valnih duljina od 200 do 800 nm (Bachmann i Miller, 2020). To je jednostavna tehnika kojom se mogu odrediti koncentracija tvari u otopini ili identificirati funkcionalne skupine i konjugirani organski spojevi. Ako se radi kvantitativno ispitivanje, analiza se temelji na Beer-Lambertovom zakonu, a kod kvalitativnog ispitivanja, analiza se temelji na apsorpcijskom spektru uzorka. Beerov zakon opisuje linearnu vezu između koncentracije i apsorpcije prema formuli [1]:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad [1]$$

gdje je  $A$  apsorpcija,  $\varepsilon$  koeficijent apsorpcije ( $\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ),  $b$  debljina kivete (cm),  $c$  koncentracija ( $\text{mol L}^{-1}$ ).

Beerov zakon povezan s Lambertovim zakonom daje zakon o apsorpciji monokromatske svjetlosti u obojenim otopinama poznatiji kao Beer-Lambertov zakon. Taj je zakon osnova kolorimetrijskih i spektrofotometrijskih metoda u analitičkoj kemiji, a pokazuje da količina svjetlosti koja se apsorbira u obojenom sloju otopine ovisi o debljini tog sloja i o množinskoj koncentraciji otopljene obojene tvari, što prikazuje formula [2]:

$$I = I_0 e^{-\sigma NL} \quad [2]$$

gdje je  $I_0$  početna svjetlosna jakost,  $I$  svjetlosna jakost propuštene svjetlosti kroz sredstvo debljine  $L$  i koncentracije  $N$  te  $\sigma$  reducirani apsorpcijski koeficijent karakterističan za tvar koja apsorbira svjetlost.

UV-Vis spektrofotometrija još se naziva elektronskom spektrometrijom jer uključuje pobuđivanje elektrona. Elektroni prelaze u pobuđeno stanje kada apsorbiraju zračenje frekvencije koje odgovara razlici energije između dva elektronska stanja. U UV-Vis području, svaka valna duljina predstavlja liniju u apsorpcijskom spektru koja je jednaka energiji potrebnoj za prijelaz elektrona u pobuđeno stanje. Ova tehnika koristi se u analitici hrane za određivanje proteina i šećera.

#### 2.5.2.1. *Određivanje proteina*

Sadržaj proteina u hrani utječe na fizikalno-kemijska svojstva i nutritivnu vrijednost prehrambenih proizvoda. Količina proteina se može odrediti pomoću kvantitativnih metoda kao što su metoda po Kjeldahlu, biuret metoda, metoda po Lowryu, turbidimetrija, titracija formolom i druge. U ovo radu korištena je Biuret metoda kojom se proteini detektiraju na temelju peptidnih veza između aminokiselina. Princip metode je prelazak otopine proteina u lužinu dodatkom

natrijevog hidroksida, nakon čega slijedi reakcija s ionima bakra ( $\text{Cu}^{2+}$ ) dodatkom bakrova (II) sulfata. Protein u alkalnim uvjetima reakcijom s  $\text{Cu}^{2+}$  stvara plavo-ljubičasto obojenje. Što je veći broj peptidnih veza u proteinu, obojenje će biti intenzivnije (Subroto i sur., 2020). Priređenim otopinama mjeri se apsorbancija prvi valnoj duljini od 540 nm pomoću UV/Vis spektrofotometra. Udio proteina izračuna se preko jednadžbe pravca baždarnog dijagrama standardne otopine (npr. albumin) poznate masene koncentracije i izmjerene apsorbancije.

#### 2.5.2.2. *Određivanje šećera*

Analitičke metode za određivanje ukupnih šećera u hrani uglavnom zahtijevaju hidrolitički predtretman za pretvorbu polisaharida u monosaharide prije detekcije kolorimetrijskim ili kromatografskim metodama (Mecozzi i sur., 1999) Jedna od kolorimetrijskih metoda, izabrana u ovom radu, je metoda fenol-sumporna kiselina. To je brza i jednostavna metoda za određivanje ukupnih šećera u uzroku. Koncentrirana sumporna kiselina razgrađuje prisutne složene šećere do jednostavnih monosaharida koji u reakciji s fenolom stvaraju zlatno-žuto obojenje. Apsorbancija se mjeri pomoću UV/Vis spektrofotometra pri 490 nm. Za namirnice s visokim udjelom heksoza (spojevi s 6 ugljika) izrađuje se baždarni dijagram za glukozu (Nielsen, 2010). Sadržaj ukupnih šećera izračunava se uvrštavanjem izmjerene apsorbancije u jednadžbu pravca baždarnog dijagrama standardne otopine glukoze poznate masene koncentracije.

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. MATERIJALI

U ovom istraživanju korišteni su osušeni uzorci hokkaido bundeve (lat. *Cucurbita maxima*). Pulpa i kora svježe bundeve osušene su u hibridnoj mikrovalno-konvekcijskoj sušari (Estherm, Sveta Nedelja, Hrvatska). Uvjeti sušenja bili su jednaki za sve uzorke. Neposredno prije sušenja uzorci su obrađeni mikrovalovima snage 600 W u trajanju od 2 minute, nakon čega je slijedilo konvekcijsko sušenje pri temperaturi od 60 °C i protoku zraka od 1,45 m s<sup>-1</sup> do postizanja konstante mase. Dio uzoraka, prije sušenja, podvrgnut je predtretmanu ultrazvučnim valovima u ultrazvučnoj vodenoj kupelji (max. snaga 1580 W, frekvencija 50/60 Hz) u trajanju od 15, 30 i 45 minuta te amplitudi ultrazvuka od 60 i 90 %. Popis osušenih uzoraka uz pripadajući predtretman nalazi se u tablici 1. Nakon sušenja uzorci su samljeveni ručnim blenderom te čuvani u plastičnim posudama na sobnoj temperaturi.

**Tablica 1.** Popis uzoraka hokkaido bundeve i uvjeti ultrazvučnog predtretmana

|              | Oznaka uzorka | Predtretman (amplituda, vrijeme) |
|--------------|---------------|----------------------------------|
| <b>PULPA</b> | uzv_p         | /                                |
|              | uzv_p_60-15   | 60 %, 15 min                     |
|              | uzv_p_60-30   | 60 %, 30 min                     |
|              | uzv_p_60-45   | 60 %, 45 min                     |
|              | uzv_p_90-15   | 90 %, 15 min                     |
|              | uzv_p_90-30   | 90 %, 30 min                     |
|              | uzv_p_90-45   | 90 %, 45 min                     |
| <b>KORA</b>  | uzv_k         | /                                |
|              | uzv_k_60-15   | 60 %, 15 min                     |
|              | uzv_k_60-30   | 60 %, 30 min                     |
|              | uzv_k_60-45   | 60 %, 45 min                     |
|              | uzv_k_90-15   | 90 %, 15 min                     |
|              | uzv_k_90-30   | 90 %, 30 min                     |
|              | uzv_k_90-45   | 90 %, 45 min                     |

uzv - ultrazvučni predtretman, p - pulpa, k - kora, 60 % i 90 % - amplituda, 15 min, 30 min i 45 min - vrijeme

### **3.2. KEMIKALIJE**

- Bakrov sulfat (Kemika, Zagreb, Hrvatska)
- Bovin serum albumin, BSA (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)
- Destilirana voda (Zagreb, Hrvatska)
- Etanol
- 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)
- Hibridno mikrovalno-konvekcijska sušara (Estherm, Sveta Nedjelja, 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)

- Azbestna mrežica
- Boca sisaljka
- 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
- Kliješta
- Laboratorijske čaše volumena 50,100, 150, 200 i 500 mL
- Magneti
- Menzure volumena 10 i 100 mL
- Metalne špatule
- Metalne žlice
- Metalni prsteni s obujmicom
- Odmjerne tikvice volumena 10, 25, 50, 100, 200 i 500 mL
- Pinceta
- Plamenik
- Porculanske zdjelice
- Povratno hladilo
- Satno staklo
- Staklene posudice za čuvanje uzoraka
- Stakleni lijevci za odjeljivanje
- Stakleni štapići
- Stativi
- Termometar
- Tikvice s okruglim dnom, 250 mL
- Tikvice s ravnim dnom, 250 mL

### 3.5. METODE RADA

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

U prethodno osušenu, ohlađenu te izvaganu aluminijsku posudicu s poklopcem odvaži se po 3 grama uzorka hokkaido bundeve. Uzorak se suši u otvorenoj posudici pri temperaturi od 105 °C, hladi (1 h u eksikatoru) i važe. Postupak sušenja, hlađenja i vaganja se ponavlja do postizanja konstantne mase. Gubitak u masi prije i nakon sušenja uzorka predstavlja udio vode u uzorku te se izračunava prema formuli 3:

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

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 hokkaido bundeve

U prethodno žareni, ohlađeni te izvagani porculanski lončić odvaži se po 1 gram uzorka hokkaido bundeve. Lončić sa uzorkom stavi se u mufolnu peć zagrijanu na 600 °C, žari 4 h, hladi (1 h u eksikatoru) i važe. Postupak žarenja, hlađenja i vaganja se ponavlja do postizanja konstantne mase. Udio pepela izračunava se prema formuli 4:

$$w (\text{pepeo}) = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad [4]$$

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 hokkaido bundeve

U papirnatu čahuru odvaži se prethodno osušen uzorak (prema metodi za određivanje vlage). Zabilježi se masa i čahura se prekrije slojem suhe vate te stavi u Soxhlet ekstraktor koji je spojen na prethodno osušenu (105 °C), ohlađenu i izvaganu tikvicu s ravnim ili okruglim dnom. Tikvica se napuni petroleterom preko ekstraktora tako da ukupni volumen otapala ne prelazi  $\frac{3}{4}$  njenog volumena. Kroz hladilo teče voda dok se tikvica zagrijava pomoću vodene kupelji. Ekstrakcija se provodi na temperaturi ključanja otapala tijekom 8 h. Nakon završetka ekstrakcije, ekstrakt se suši na 105 °C 30 minuta, hladi u eksikatoru do sobne temperature i važe. Postupak ekstrakcije se ponavlja do postizanja konstantne mase ekstrakta. Udio masti se izračuna prema formuli 5:

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

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 sirovih vlakana u uzorcima sušene hokkaido bundeve

U tikvicu s brušenim grlom odvaže se prethodno osušen i odmašćen uzorak hokkaido bundeve. Nakon što se zabilježi masa (približno 2 g) dodaje se 200 mL 0,255 mol L<sup>-1</sup> otopine sumporne kiseline, ubaci magnet te se tikvica postavi u zagrijanu vodenu kupelj na magnetnoj mješalici, spoji na hladilo i refluksira 1 h. Vruća otopina filtrira se uz ispiranje taloga kipućom destiliranom vodom u nekoliko navrata do pojave bistrog filtrata nakon čega se talog vrati u Erlenmeyerovu tikvicu pomoću metalne spatule i lijevka. U tikvicu se dodaje 200 mL 0,313 mol L<sup>-1</sup> otopine natrijevog hidroksida uz ispiranje lijevka i metalne spatule te slijedi ponovo refluksiranje. Nakon 1 h otopina se opet filtrira uz ispiranje taloga s kipućom destiliranom vodom i 30 mL etanola (90 %). Isprani talog prenese se u prethodno osušen i izvagan Goochijev lončić, suši pri 105 °C preko noći i hladi 1 h u eksikatoru. Potom se lončić stavlja u mufolnu peć zagrijanu na 600 °C, spaljuje 4 h i opet hladi 1 h u eksikatoru te važe. Udio sirovih vlakana izračuna se prema formuli 6:

$$w \text{ (vlakana)} = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100 \quad [6]$$

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

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

Ekstrakcija proteina i šećera provedena je pomoću ultrazvučnih valova u vodenoj ultrazvučnoj kupelji (slika 4). Uzorci za ekstrakciju pripremljeni su odvagom 1 g sušene pulpe ili kore hokkaido tikve u staklenu čašu u koju je dodano 30 mL fosfatnog pufera kod ekstrakcije proteina, odnosno 30 mL destilirane vode kod ekstrakcije šećera.

Ekstrakcijski parametri postavljeni u oba slučaja su: temperatura 50 °C, frekvencija 37 kHz i amplituda 100 %, ali se vrijeme ekstrakcije razlikovalo. Za ekstrahiranje proteina tretman ultrazvučnim valovima je trajao 20, a za šećere 40 minuta. Po završetku ekstrakcije uzorci su ohlađeni (10 minuta) i profiltrirani kroz običan filter papir u falkon kivete.



**Slika 4.** Ekstrakcija uzorka u ultrazvučnoj kupelji (*vlastita fotografija*)

### 3.5.6. Određivanje sadržaja ukupnih proteina u uzorcima sušene hokkaido bundeve

#### 3.5.6.1. Priprema otopine za određivanje ukupnih proteina

Za pripremu ishodne otopine bovin serum albumin (BSA) standarda ( $\gamma = 20 \text{ mg mL}^{-1}$ ) odvažuje se 0,500 g BSA i otopi u destiliranoj vodi, u odmjerne tikvici od 25 mL.

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

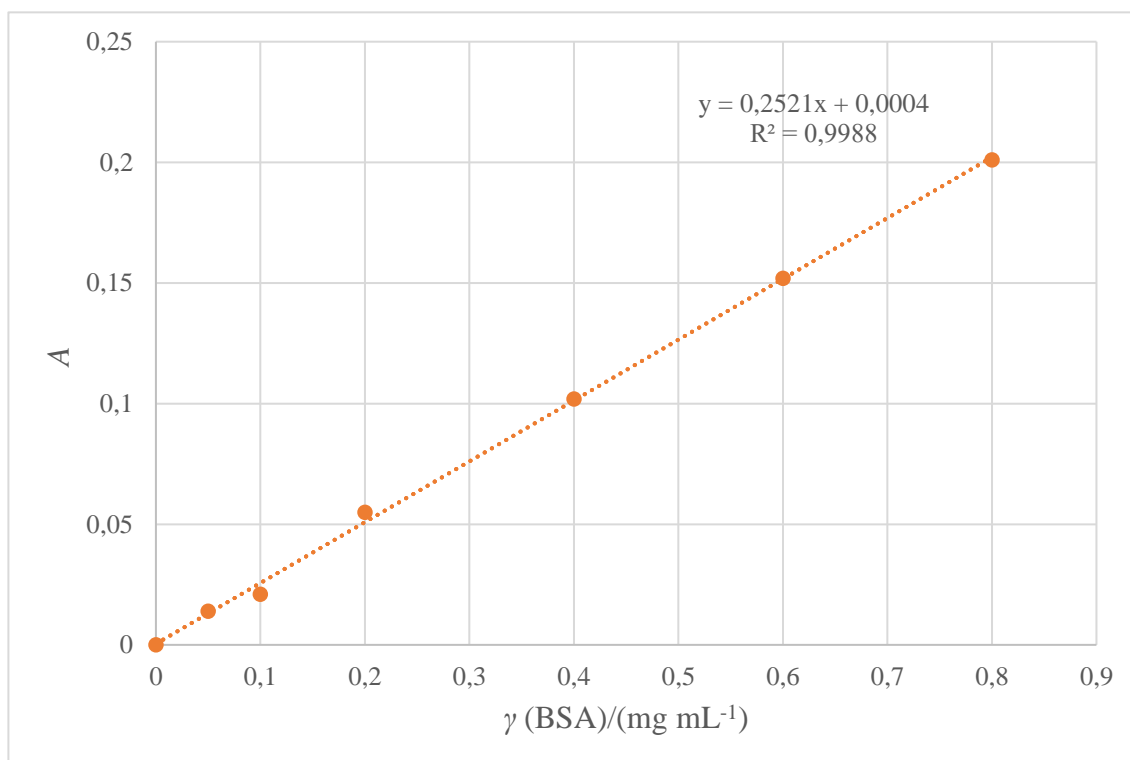
Za izradu baždarnog dijagrama pripremljene su pojedinačne standardne otopine BSA masenih koncentracija 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 i 1,6  $\text{mg mL}^{-1}$ . U tu svrhu alikvoti od 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5 i 2,0 mL ishodne otopine BSA ( $\gamma = 20 \text{ mg mL}^{-1}$ ) otpipetirani su u odmjerne tikvice 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 5). 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> ) | $A \pm SD$    |
|--------------------|---------------------------------------|---------------|
| 0                  | 0                                     | 0,000 ± 0,000 |
| 1                  | 0,05                                  | 0,014 ± 0,001 |
| 2                  | 0,1                                   | 0,021 ± 0,004 |
| 3                  | 0,2                                   | 0,055 ± 0,001 |
| 4                  | 0,4                                   | 0,102 ± 0,001 |
| 5                  | 0,6                                   | 0,152 ± 0,001 |
| 6                  | 0,8                                   | 0,201 ± 0,006 |

A - apsorbancija; SD - standardna devijacija



**Slika 5.** Baždarni dijagram BSA

### 3.5.6.3. *Analiza uzoraka*

Određivanje ukupnih proteina u uzorcima sušene pulpe i kore hokkaido bundeve provedeno je pipetiranjem 3 mL razrijeđenog ekstrakata (poglavlje 3.5.5.) proteina u odmjernu tikvicu od 10 mL uz dodatak 3 mL Biuret reagensa. Razrijeđeni ekstrakti za određivanje proteina pripremljeni su tako da je otpipetiran 1 mL ekstrakta u odmjernu tikvicu od 10 mL, a potom je tikvica nadopunjena destiliranom vodom do oznake. Daljnji postupak proveden je na isti način kao i prethodno opisani postupak za izradu baždarnog dijagrama (poglavlje 3.5.6.2.). Masena koncentracija, odnosno maseni udio ukupnih proteina u uzorcima hokkaido tikve izračunat je iz dobivene jednadžbe pravca (vidi baždarni dijagram, slika 5).

### 3.5.7. Određivanje ukupnih šećera u uzorcima sušene hokkaido bundeve

#### 3.5.7.1. *Priprema otopine za određivanje ukupnih šećera*

Za pripremu ishodne otopine glukoze ( $\gamma = 2000 \text{ mg L}^{-1}$ ) odvaži se 100 mg glukoze i otopi u destiliranoj vodi, u odmjernoj tikvici od 50 mL.

#### 3.5.7.2. *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.

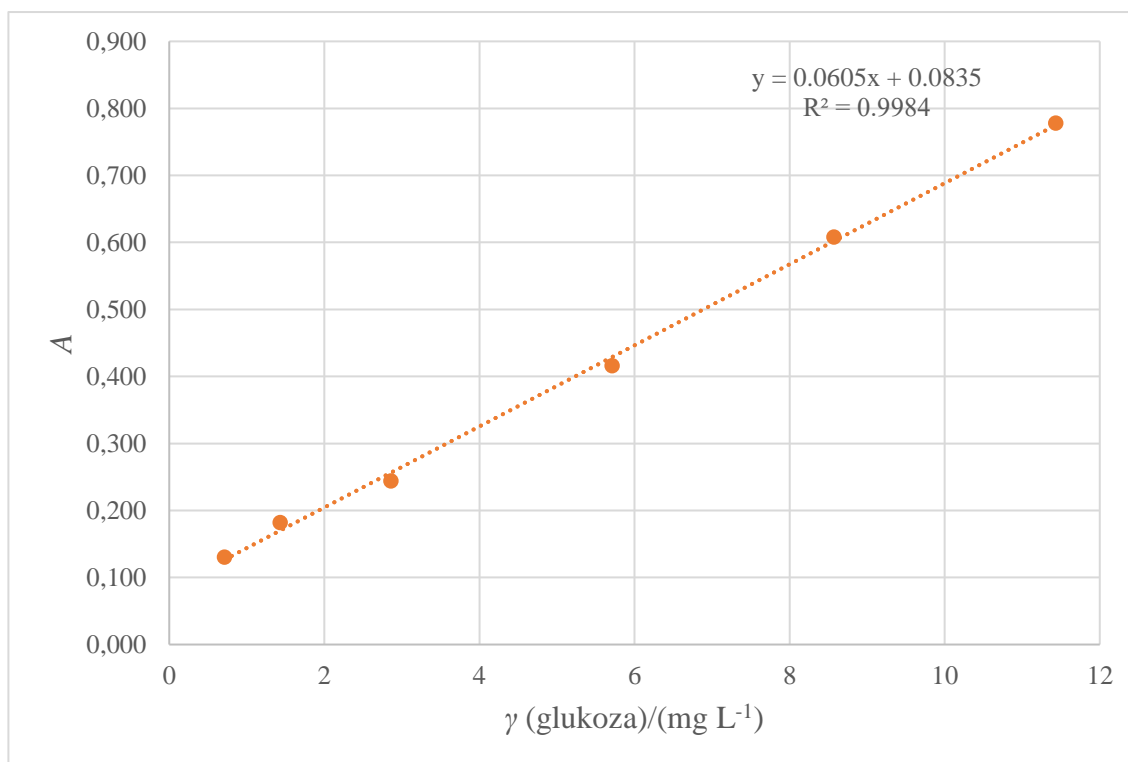
Iz svake priređene individualne standardne otopine otpipetiran je po 1 mL alikvota u odmjerne tikvice od 10 mL, nakon čega je dodan 1 mL 5 %-tne otopine fenola i 5 mL koncentrirane sumporne kiseline. Nakon homogeniziranja dodanih otopina na vorteksu, zagrijavanja u vodenoj kupelji (uz ključanje) tijekom 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 3).

Iz izmjerenih apsorbancija ( $A$ ) pripremljenih standardnih otopina i masenih koncentracija otopine glukoze izrađen je baždarni dijagram (slika 6). Slijepa proba pripremljena je na isti način, no umjesto 1 mL standarda upotrijebljena je deionizirana voda.

**Tablica 3.** 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> ) | $A \pm SD$    |
|--------------------|--|---------------|
| 0                  | 0  | 0,000 ± 0,000 |
| 1                  | 0,71                                     | 0,131 ± 0,004 |
| 2                  | 1,42                                     | 0,182 ± 0,004 |
| 3                  | 2,86                                     | 0,244 ± 0,003 |
| 4                  | 5,71                                     | 0,416 ± 0,048 |
| 5                  | 8,57                                     | 0,608 ± 0,030 |
| 6                  | 11,423                                   | 0,778 ± 0,005 |

A - apsorbancija; SD - standardna devijacija



**Slika 6.** Baždarni dijagram glukoze

### 3.5.7.3. *Analiza uzoraka*

Za određivanje nepoznatih vrijednosti masenih koncentracija ukupnih šećera u uzorcima sušene pulpe i kore hokkaido tikve otpipetiran je po 1 mL alikvota razrijeđenog ekstrakta (poglavlje 3.5.5.) u odmjerne tikvice od 10 mL, a potom je dodan 1 mL 5 %-tne otopine fenola i 5 mL koncentrirane sumporne kiseline. Razrijeđeni ekstrakti pripremljeni su tako da je otpipetirano 0,25 mL ekstrakta koji je zatim razrijeđen destiliranom vodom u odmjernoj 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 hokkaido tikve izračunat je iz dobivene jednadžbe pravca (vidi baždarni dijagram, slika 6).

## **3.6. OBRADA PODATAKA**

Dobivene vrijednosti analizom uzoraka prikazane su kao srednja vrijednost triju paralelnih mjerenja ( $n = 3$ )  $\pm$  standardna devijacija (SD). Podaci su obrađeni pomoću programa Microsoft Excel (2023).

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Bogat nutritivan sastav čini bundevu funkcionalnom namirnicom koja može poboljšati nutritivnu vrijednost i kvalitetu druge hrane. U proizvodnji funkcionalne hrane često se koristi praškasti oblik namirnica dobiven nekom od spomenutih metoda sušenja. Ako se sušenje ne provodi u optimalnim uvjetima dolazi do većih gubitaka vrijednih komponenata i posljedično funkcionalnih svojstava. Iz tog je razloga potrebno istražiti kako sušenje i predtretman utječu na promjenu kemijskog sastava bundeve i koji su uvjeti predtretmana najpovoljniji za očuvanje nutrijenata.

Cilj ovog rada bio je odrediti kemijski sastav hibridno osušene pulpe i kore hokkaido bundeve (*C. maxima*) te prikazati kako uvjeti ultrazvučnog predtretmana utječu na udio makronutrijenata.

Uzorci pulpe i kore su hibridno osušeni kombinacijom mikrovalova snage 600 W tijekom 2 minute i vrućim zrakom protoka  $1,45 \text{ m s}^{-1}$  pri temperaturi od  $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dio uzoraka bio je podvrgnut predtretmanu ultrazvukom amplitude 60 ili 90 % u trajanju od 15, 30 ili 45 minuta (tablica 1). Udio vlage, pepela, masti i vlakana određen je prema standardnim AOAC metodama. Udio šećera i proteina analiziran je UV/Vis spektrofotometrijom. Pratili su se promjene u kemijskom sastavu s obzirom na amplitudu ultrazvuka i trajanje predtretmana.

Rezultati dobiveni analizom nalaze se u tablicama 4 i 5 izraženi masenim udjelom kao srednja vrijednost i standardna devijacija (SD) tri paralelna mjerenja ( $n = 3$ ) tj. na slikama 7 - 11 izraženi na suhu tvar (%).

Pretraživanjem literature nisu pronađeni dostupni podaci o kemijskom sastavu hokkaido bundeve sušene metodama korištenim u ovom radu, pa su dobiveni rezultati uspoređeni s rezultatima radova u kojima je određen kemijski sastav svježe pulpe i/ili kore bundeve (Badr i sur., 2011), osušene vrućim zrakom (Mala i Kurian, 2016; Nyam i sur., 2013; Guine i sur., 2011; Saeleaw i Schleining, 2011), vrućim zrakom uz prethodni tretman ultrazvukom i/ili mikrovalovima (Bekele i Emire, 2023; Bekele i Admassu, 2022), blanširanjem (Marquez-Cardozo i sur., 2021; Roongruangsri i Bronlund, 2016), primjenom metabisulfita (Aydin i Gocmen, 2015; See i sur., 2007) te limunske kiseline (Norfezah i sur., 2011).

#### 4.1. UDIO VLAGE U UZORCIMA OSUŠENE HOKKAIDO BUNDEVE

Osušenim uzorcima pulpe i kore hokkaido bundeve (*C. maxima*) određen je udio vlage prema standardnoj AOAC metodi (AOAC, 2005). Pomoću dobivenih podataka za vlagu izračunat je udio suhe tvari, a rezultati su prikazani u tablici 4.

**Tablica 4.** Maseni udio vlage i suhe tvari u uzorcima osušene pulpe i kore hokkaido bundeve

| Uzorak      | w (vlaga)/% ± SD | w (suha tvar)/% |
|-------------|------------------|-----------------|
| uzv_p       | 14,99 ± 0,29     | 85,01           |
| uzv_p_60-15 | 16,60 ± 0,33     | 83,40           |
| uzv_p_60-30 | 15,18 ± 0,09     | 84,84           |
| uzv_p_60-45 | 16,87 ± 0,19     | 83,13           |
| uzv_p_90-15 | 16,22 ± 0,04     | 83,78           |
| uzv_p_90-30 | 15,27 ± 0,65     | 84,73           |
| uzv_p_90-45 | 14,45 ± 0,38     | 85,55           |
| uzv_k       | 7,42 ± 0,37      | 92,58           |
| uzv_k_60-15 | 6,18 ± 0,10      | 93,82           |
| uzv_k_60-30 | 7,32 ± 0,03      | 92,68           |
| uzv_k_60-45 | 7,37 ± 0,01      | 92,63           |
| uzv_k_90-15 | 6,20 ± 0,09      | 93,80           |
| uzv_k_90-30 | 6,38 ± 0,09      | 93,62           |
| uzv_k_90-45 | 8,18 ± 0,16      | 91,82           |

SD - standardna devijacija,  $n = 3$

Vrijednosti udjela vlage u pulpi zabilježene su u rasponu od 14,45 do 16,87 %, a u kori od 6,18 do 8,18 %. Dobivene vrijednosti udjela vlage u pulpi, slične su rezultatima dobivenim u radu Norfezah i suradnika (2011), oko 14,43 %, nakon sušenja vrućim zrakom na 65 °C 24 sata. Za udio vlage u kori, najbliži rezultati dobiveni su u radu Male i Kuriana (2016), oko 7,23 %, nakon sušenja vrućim zrakom na 55 °C tijekom 8 sati.

U ovom je istraživanju vidljivo kako u uzorcima pulpe ima oko 2 puta više vlage nego u uzorcima kore. To se može uočiti i u istraživanju Badr-a i suradnika (2011), koji su izmjerili

18,03 % vlage u pulpi, a 9,76 % u kori svježe bundeve *Cucurbita pepo* L.

Gledajući utjecaj predtretmana na sadržaj vlage u pulpi vidljivo je da primjenom ultrazvuka amplitude 90 % dolazi do smanjenja udjela vlage pri dužem predtretmanu. Nakon 15 minuta izmjereno je 16,22 % vlage, nakon 30 minuta 15,27 %, a nakon 45 minuta 14,45 %. Kada je primijenjen ultrazvuk amplitude 60 %, uzorak pulpe tretiran duže vremena (45 minuta) imao je najveći udio vlage (16,87 %) (tablica 4). Slično je uočeno i kod uzoraka kore, s duljinom trajanja predtretmana (od 15 do 45 minuta) udio vlage se povećava. Tako, pri amplitudi od 60 % vrijednosti rastu od 6,18 do 7,37 %, odnosno pri 90 % od 6,20 do 8,18 %. Dobivene vrijednosti udjela vlage predstavljaju važne podatke za određivanje roka trajnosti namirnice jer se ovisno o udjelu vlage mijenja i mogućnost za njenu sigurnu konzumaciju. Tako je primjerice brašno bundeve dobiveno sušenjem u električnoj pećnici imalo 15,15 % vlage i stabilnost do 6,5 mjeseci, brašno sušeno na suncu 14,91 % vlage i rok trajanja 9,5 mjeseci te brašno dobiveno pojačanim solarnim sušenjem 12,82 % vlage i rok 11,5 mjeseci (Wanjiku Kiharason, 2019).

Stoga, ako je cilj dobiti proizvod sa što manje vlage, za pulpu bundeve treba odabrati ultrazvučni predtretman veće amplitude (90 %) i duljeg vremena (45 minuta). S druge strane, za uzroke koji i bez predtretmana imaju manje vlage poput kore bundeve, bolji odabir je kraći predtretman (15 ili 30 minuta), neovisno o amplitudi ultrazvuka. Ipak, najboljim predtretmanom kore bundeve pokazala se amplituda ultrazvuka od 60 % pri vremenu od 15 minuta. Štoviše, predtretman duži od 30 minuta amplitude 60 i 90 % utječe na povećanje sadržaja vlage u kori.

Roongruangsri i Bronlund (2016) su kao predtretman na uzorcima pulpe *Cucurbita maxima* Duch. koristili blanširanje vrućom vodom (95 °C, 5 minuta) prije konvekcijskog sušenja provedenog na 50, 60 i 70 °C. Sušenjem na 60 °C, izmjereno je 7,46 % vlage što je oko 2 puta manje od svih vrijednosti dobivenih za pulpu u ovom istraživanju. No, veći gubitak vode uslijed blanširanja dovodi i do većih gubitaka komponenata topljivih u vodi npr. vitamina C (Lin i sur., 1998). Isto tako, za razliku od ultrazvuka, blanširanje uzrokuje veće gubitke karotenoida što su pokazali Rawson i suradnici (2011) prilikom sušenja mrkve.

## 4.2. UDIO PEPELA, MASTI, VLAKANA, PROTEINA I ŠEĆERA U UZORCIMA OSUŠENE HOKKAIDO BUNDEVE

Udio pepela, masti i vlakana određen je gravimetrijskim analizama prema standardnim metodama (AOAC, 2005), a udio proteina i šećera spektrofotometrijski nakon ekstrakcije potpomognute ultrazvukom. Dobiveni podaci izraženi masenim udjelom prikazani su u tablici 5.

**Tablica 5.** Maseni udio ukupnog pepela, masti, vlakana, proteina i šećera u uzorcima osušene pulpe i kore hokkaido bundeve

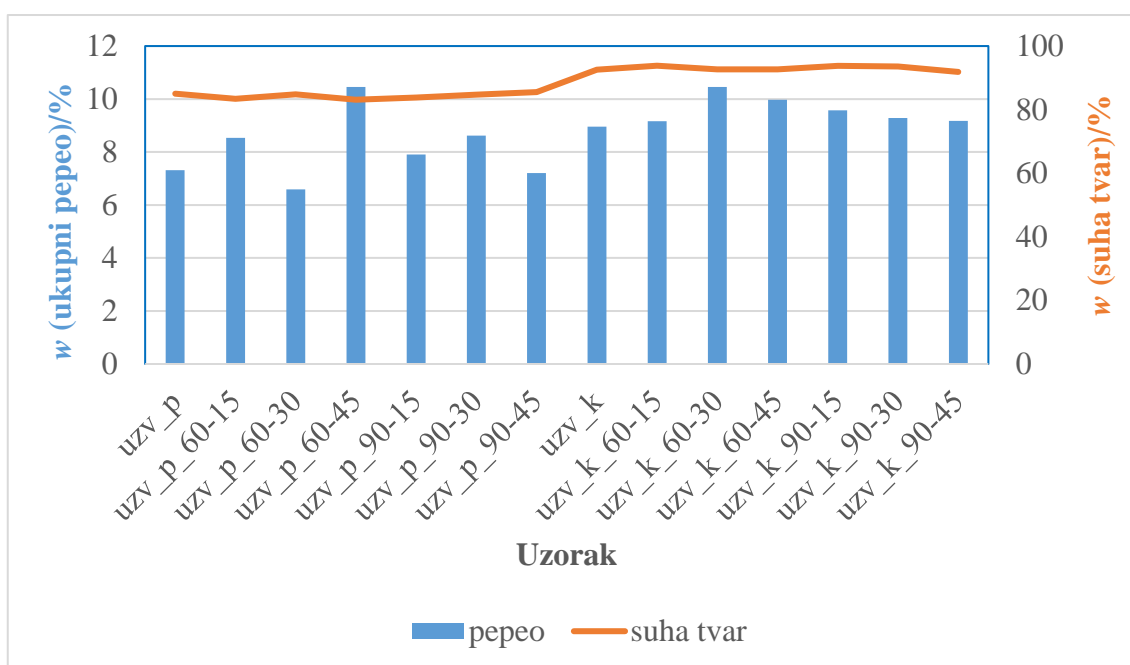
| Uzorak      | <i>w</i> (analit)/% ± SD |             |               |                 |               |
|-------------|--------------------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|
|             | ukupni pepeo             | ukupna mast | ukupna vlakna | ukupni proteini | ukupni šećeri |
| uzv_p       | 6,22 ± 0,22              | 3,65 ± 0,15 | 8,84 ± 0,30   | 18,97 ± 0,24    | 64,35 ± 5,21  |
| uzv_p_60-15 | 7,12 ± 0,19              | 4,03 ± 0,06 | 10,25 ± 0,06  | 20,79 ± 0,60    | 45,25 ± 5,72  |
| uzv_p_60-30 | 5,59 ± 0,15              | 3,81 ± 0,32 | 11,47 ± 0,49  | 17,11 ± 0,27    | 49,40 ± 7,88  |
| uzv_p_60-45 | 8,69 ± 0,13              | 3,01 ± 0,02 | 11,59 ± 1,02  | 20,16 ± 0,41    | 36,97 ± 5,89  |
| uzv_p_90-15 | 6,63 ± 0,06              | 2,71 ± 0,01 | 10,60 ± 0,68  | 14,23 ± 0,48    | 48,25 ± 11,61 |
| uzv_p_90-30 | 7,31 ± 0,26              | 3,00 ± 0,07 | 9,77 ± 0,22   | 18,08 ± 0,27    | 51,39 ± 6,49  |
| uzv_p_90-45 | 6,16 ± 0,96              | 3,68 ± 0,14 | 9,20 ± 0,76   | 16,78 ± 0,36    | 43,28 ± 2,60  |
| uzv_k       | 8,29 ± 0,35              | 7,48 ± 0,05 | 14,73 ± 0,40  | 38,58 ± 0,27    | 13,06 ± 1,89  |
| uzv_k_60-15 | 8,60 ± 0,15              | 5,87 ± 0,16 | 15,60 ± 0,70  | 22,56 ± 0,54    | 14,03 ± 1,12  |
| uzv_k_60-30 | 9,69 ± 0,08              | 5,76 ± 0,07 | 19,31 ± 2,47  | 14,89 ± 0,73    | 11,83 ± 1,68  |
| uzv_k_60-45 | 9,24 ± 0,42              | 5,41 ± 0,00 | 16,65 ± 0,05  | 13,73 ± 0,27    | 10,56 ± 0,29  |
| uzv_k_90-15 | 8,98 ± 0,41              | 6,37 ± 0,27 | 16,57 ± 0,73  | 24,24 ± 0,27    | 11,94 ± 0,90  |
| uzv_k_90-30 | 8,70 ± 0,15              | 6,73 ± 0,08 | 18,10 ± 1,48  | 24,36 ± 0,72    | 10,27 ± 0,29  |
| uzv_k_90-45 | 8,42 ± 0,05              | 5,56 ± 0,23 | 17,19 ± 0,00  | 20,64 ± 0,00    | 9,68 ± 0,36   |

SD - standardna devijacija, *n* = 3



#### 4.2.1. Udio pepela

Udio pepela predstavlja ukupni mineralni ostatak neke namirnice. U ovom je radu određen gravimetrijski nakon spaljivanja osušenih uzoraka u mufolnoj peći tijekom 4 sata. Osušeni uzorci pulpe sadrže od 6,59 - 10,46 % pepela, a osušeni uzorci kore neznatno više, od 8,96 - 10,46 % (slika 7). Slični podaci mogu se pronaći i u drugim radovima prema kojima udio pepela u svježoj pulpi iznosi 6,64 % (Badr i sur., 2011), u pulpi sušenoj vrućim zrakom 7,17 % (Aydin i Gocmen, 2015), 8,29 % (Norfezah i sur., 2011) i 10,17 % (Mala i Kurian, 2016), odnosno u uzorcima svježih kore 10,65 % (Badr i sur., 2011), a kore sušene vrućim zrakom 6,04 % (Mala i Kurian, 2016) te 6,50 % (Norfezah i sur., 2011).



**Slika 7.** Maseni udio pepela s obzirom na suhu tvar u osušenim uzorcima pulpe i kore hokkaido bundeve

U uzorku pulpe bez predtretmana ultrazvukom dobiven je udio pepela od 7,31 %. Gotovo jednak udio (7,21 %) imao je uzorak predtretiran 45 minuta ultrazvukom amplitude 90 %. Manji udio (6,59 %) u odnosu na uzorak bez predtretmana određen je kod uzorka tretiranog 30 minuta pri amplitudi od 60 %. Veći udio od uzorka bez predtretmana imali su uzorci predtretirani ultrazvukom amplitude 60 % nakon 15 i 45 minuta (8,54 % i 10,46 %) te 90 % nakon 15 i 30 minuta (7,91 % i 8,62 %).

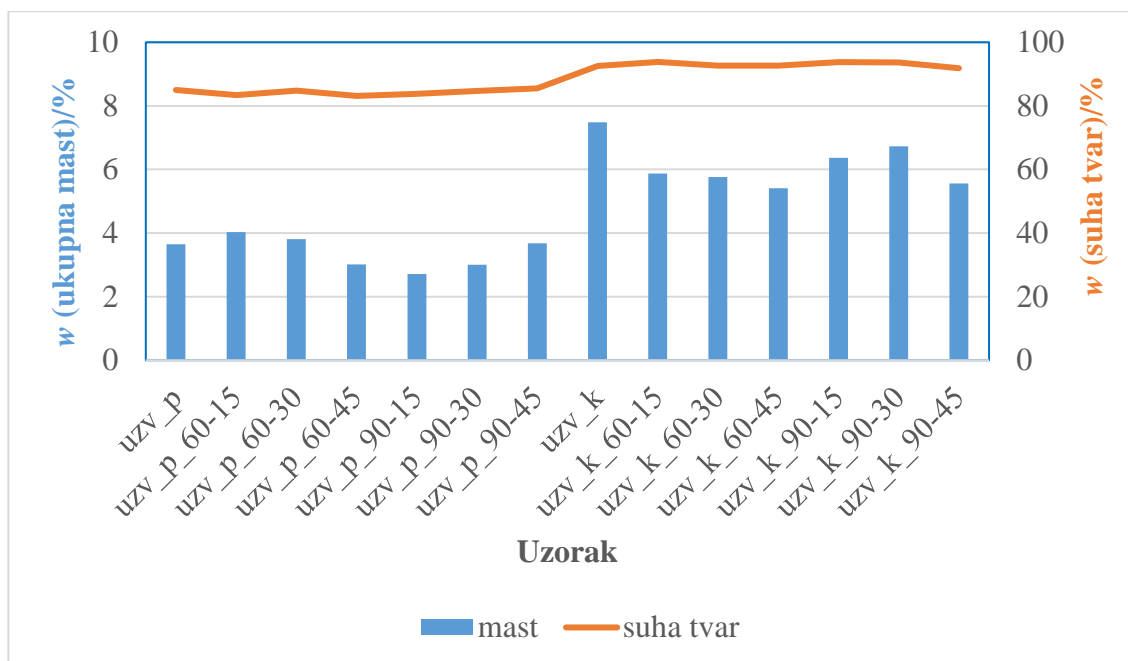
U uzorku kore bez predtretmana ultrazvukom dobiven je udio pepela od 8,96 %. Veći udio od uzorka bez predtretmana imali su uzorci tretirani ultrazvukom amplitude 60 % tijekom 15 minuta (9,16 %) te amplitude 90 % tijekom 30 i 45 minuta (9,29 % i 9,17 %). Značajnije povećanje udjela u odnosu na uzorak bez predtretmana bilo je nakon tretmana ultrazvukom amplitude 60 % u trajanju od 30 i 45 minuta (10,46 % i 9,98 %), odnosno amplitude 90 % u trajanju od 15 minuta (9,58 %).

S obzirom da nijedan predtretman nije doveo do smanjenja udjela pepela u kori i pulpi uz izuzetke uzoraka pulpe tretirane 30 minuta pri amplitudi od 60 % i 45 minuta pri amplitudi od 90 %, može se zaključiti da predtretman ultrazvukom ne uzrokuje gubitak pepela kod analiziranih vrsta uzoraka. Štoviše, pokazalo se da je udio pepela veći nakon predtretmana. Dakle, predtretman ultrazvukom pridonosi boljem očuvanju nutritivne vrijednosti u vidu mineralnih tvari, a najefikasnijim parametrima pokazala se amplituda od 60 % pri 45 minuta za pulpu, odnosno 30 minuta za koru.

#### 4.2.2. Udio masti

Metodom po Soxhletu, iz uzoraka kojima je uklonjena vlaga ekstrahirana je mast, a rezultati su prikazani na slici 8. Osušena pulpa hokkaido bundeve sadrži između 2,71 i 4,03 %, a kora između 5,41 i 7,48 % masti. Rezultati se slažu s udjelom masti kojeg su odredili Saeleaw i Schleining (2011) u pulpi bundeve *C. moschata* sušene vrućim zrakom, a iznosi 3,60 %, odnosno Nyam i suradnici (2013) u kori bundeve sušene vrućim zrakom na 60 °C, a iznosi 5,77 %. Nešto manji udio u pulpi, između 1,24 - 2,06 %, zabilježili su Guiné i suradnici (2011) nakon sušenja vrućim zrakom pri 30 i 70 °C, to jest znatno manji udio u kori, oko 0,27 % dobili su Norfezah i suradnici (2011) nakon sušenja vrućim zrakom pri 65 °C uz predtretman limunskom kiselinom.

U ovom radu veći udio masti je određen u kori, nego pulpi bundeve. Jang i suradnici (2001) su još prije dvadesetak godina utvrdili da je kora bogatija mastima (3,12 %) i proteinima (19,82 %), nego pulpa (1,65 % i 9,83 %) koja ima više šećera (39,30 %) od kore (23,30 %). Badr i suradnici (2011) su također potvrdili da kora sadržava veći udio masti (6,57 %) i proteina (23,95 %), a manji udio šećera (19,45 %) od pulpe koja ima 0,18 % masti, 15,50 % proteina i 48,40 % šećera.



**Slika 8.** Maseni udio masti s obzirom na suhu tvar u osušenim uzorcima pulpe i kore hokkaido bundeve

Uzorci pulpe predtretirani ultrazvukom amplitude 60 % pokazali su približno linearno smanjenje udjela masti s obzirom na produljenje vremena predtretmana (15 min = 4,03 %, 30 min = 3,81 %, 45 min = 3,01 %). Jedino je udio masti nakon 45 minuta (3,01 %) bio manji od udjela masti netretiranog uzorka (3,65 %). Primjena ultrazvuka amplitude 90 % imala je suprotni učinak od prethodno navedene amplitude od 60 %, s vremenom je došlo do približno linearnog povećanja udjela masti (15 min = 2,71 %, 30 min = 3,00 %, 45 min = 3,68 %). Stoga, ukoliko je cilj dobiti sušenu pulpu s većim udjelom masti, predtretman ultrazvukom amplitude 60 % uz vrijeme od 15 i/ili 30 minuta bili bi najbolji procesni parametri. Bekele i Admassu (2022) također su pokazali da dolazi do povećanja udjela masti nakon produljenja vremena predtretmana pulpe ultrazvukom. U uzorku pulpe bundeve sušene vrućim zrakom bez predtretmana izmjerno je 1,17 % masti, a primjenom ultrazvučnog predtretmana u trajanju od 10, 20 i 30 minuta 1,23 %, 1,45 % i 1,50 % masti.

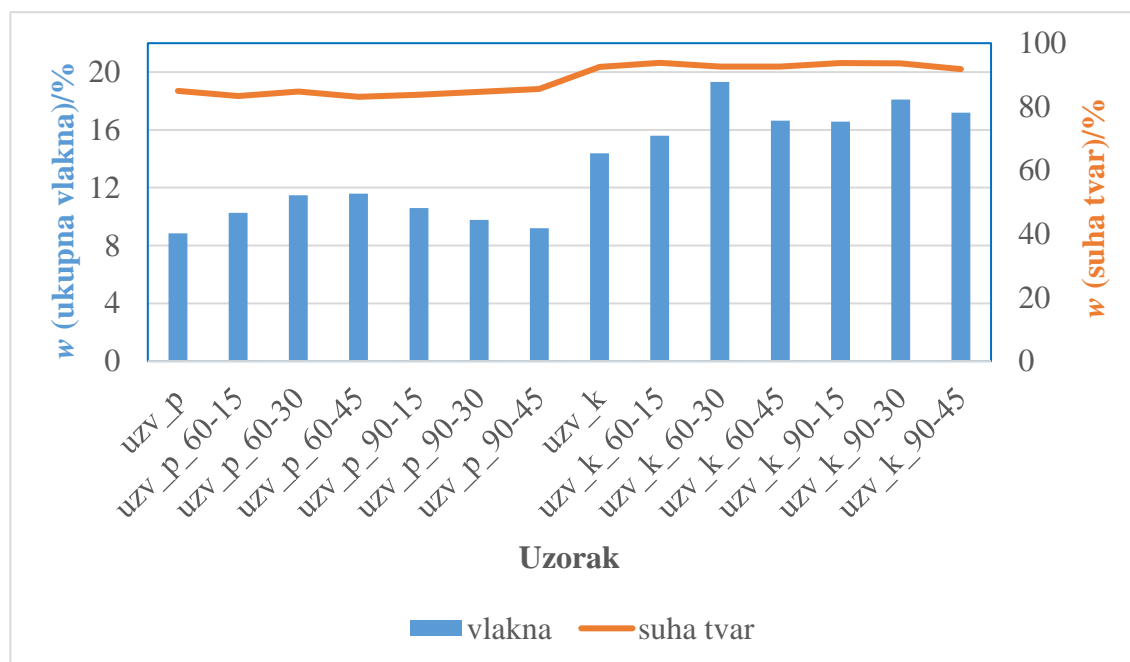
Svi predtretirani uzorci kore imali su manji udio masti (5,41 - 6,73 %) nego uzorak bez predtretmana ultrazvukom (7,48 %). Pri amplitudi od 60 %, odnosno 90 % udio masti se neznatno smanjivao s vremenom tretiranja uzoraka, uz iznimku predtretmana od 30 minuta pri amplitudi od 90 %. Tako su dobivene vrijednosti pri amplitudi od 60 % tijekom 15, 30 i 45

minuta predtretmana iznosile 5,87 %, 5,76 % i 5,41 %, a pri amplitudi od 90 % 6,37 %, 6,73 % i 5,56 %.

Stoga, uslijed smanjenja udjela masti pri amplitudama od 60 i 90 % i vremenima od 15, 30 i 45 minuta, predtretman ultrazvukom nema svrhe u očuvanju sadržaja masti u kori hokkaido bundeve, no može se primjenjivati kod proizvodnje sušene kore s niskim sadržajem masti.

#### 4.2.3. Udio vlakana

Sadržaj ukupnih vlakana određen je u prethodno odmašćenim uzorcima pulpe i kore (poglavlje 4.2.2). U osušenoj pulpi bundeve izmjereno je od 8,84 - 11,59 % ukupnih vlakana, a u kori od 14,37 - 19,31 % (slika 9). U drugim je radovima zabilježen udio vlakana u rasponu od 3,65 - 35,32 % u pulpi osušenoj vrućim zrakom (Bekele i Emire, 2023; Bekele i Admassu, 2022; Márquez-Cardozo i sur., 2021; Mala i Kurian, 2016; Saeleaw i Schleining, 2011; Guiné i sur., 2011), odnosno od 13,91 - 14,83 % u kori sušenoj vrućim zrakom (Nyam i sur., 2013; Mala i Kurian, 2016) te 29,62 % u svježoj kori (Badr i sur., 2011). Tako velika disproporcija podataka moguća je uslijed razlike u vrsti bundeve, stupnju zrelosti, uvjetima uzgoja, načinima prerade i procesiranja (Márquez-Cardozo i sur., 2021).



**Slika 9.** Maseni udio ukupnih vlakana s obzirom na suhu tvar osušenim u uzorcima pulpe i kore hokkaido bundeve

Tako su Márquez-Cardozo i suradnici (2021) pokazali da je manji udio vlakana izmjerjen nakon sušenja vrućim zrakom (60 °C) uz prethodno blanširanje pri 90 °C tijekom 5 minuta. Razlogom takvih rezultata smatra se topljivost makronutrijenata u vodi, osobito topljive vrste vlakana. U radu Guiné i suradnika (2011) određeno je više vlakana nakon sušenja vrućim zrakom pri 70 °C (9,69 %) nego pri 30 °C (7,85 %). Povećanje temperature imalo je povoljan utjecaj na udio vlakana, a kao razlog se pripisuje skraćeno vrijeme sušenja za čak 75 % što znači kraći utjecaj topline na nutrijente. Čini se da su vlakna osjetljiva na temperaturu sušenja, a udio im može ovisiti i o vrsti predtretmana.

U ovom radu, veći udio vlakana izmjerjen je u uzorcima kore, nego pulpe, a sličnu razliku (oko 6 - 7 %) između udjela vlakana kore i pulpe pokazali su Mala i Kurian (2016) gdje su nakon sušenja vrućim zrakom pri 55 °C izmjerili 13,91 % vlakana u kori, a 5,42 % u pulpi. Dvostruko veću količinu vlakana u kori, od 29,62 %, nego pulpi svježje bundeve (11,25 %) dobili su Badr i suradnici (2011).

Najveći udio vlakana od 11,59 % izmjerjen je kod predtretmana pulpe ultrazvukom amplitude od 60 % pri 45 minuta, odnosno 19,31 % kod predtretmana kore ultrazvukom amplitude od 60 % pri vremenu od 30 minuta. Predtretman amplitude 60 % s povećanjem vremena od 15, 30 i 45 min doveo je do povećanja udjela vlakana u pulpi (10,25 %, 11,47 %, i 11,59 %), a predtretman amplitude 90 % do smanjenja udjela vlakana s vremenom obrade (10,60 %, 9,77 % i 9,20 %).

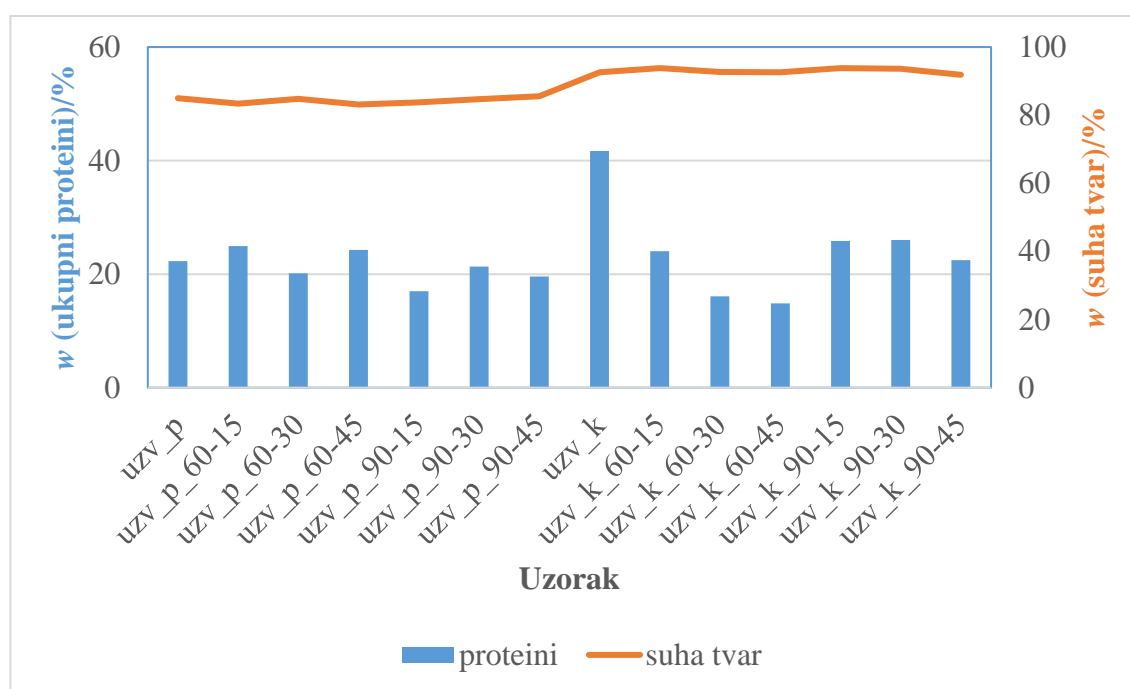
Dakle, neovisno o promjenama amplitude i vremena predtretmana veći udio vlakana uočen je kod predtretiranih uzoraka u odnosu na netretirani uzorak, čija vrijednost iznosi 8,84 %. I u kori je također izmjerjen veći udio vlakana kod svih predtretiranih uzoraka u odnosu na netretirani (14,37 %). Najviše izmjerene vrijednosti određene su nakon 30 minuta obrade pri amplitudi od 60 % (19,31 %) i 90 % (18,10 %).

Primjena predtretmana ultrazvukom je stoga korisna za bolje očuvanje vlakana. Najbolji odabir je ultrazvuk amplitude 60 % tijekom 45 minuta za pulpu, odnosno tijekom 30 minuta za koku hokkaido bundeve.

#### 4.2.4. Udio proteina

Ukupni proteini u uzorcima hokkaido bundeve određeni su Biuret metodom. Dobivena količina izražena na suhu tvar prikazana je na slici 10. Analizom je utvrđeno da uzorci pulpe sadrže 16,99 - 24,93 % proteina, odnosno kore 14,83 - 41,67 %. Dobivene vrijednosti su znatno

više nego u drugim radovima, gotovo dva puta manji udio proteina u pulpi bundeve od 8,72 - 9,81 % izmjerili su Bekele i Admassu (2022) nakon sušenja vrućim zrakom uz predtretman ultrazvukom, Mala i Kurian (2016) dobili su udio proteina od 12,28 % u pulpi bundeve sušene vrućim zrakom bez predtretmana, a Saeleaw i Schleining (2011) 7,81 % u pulpi *Cucurbita moschata* također nakon sušenja vrućim zrakom bez predtretmana. U kori bundeve *C. pepo* sušene vrućim zrakom pri temperaturi od 60 °C Nyam i suradnici (2013) dobili su udio proteina od 23,89 %. Navedeni podaci nisu tako iznenađujući jer je već Bognar (2006) pokazao da hokkaido bundeva ima 2 - 5 puta više nutrijenata od drugih vrsta bundeva („Moscata di Provenza“ - *C. moschata*, „Connecticut field“ - *C. pepo*, „Baby bear“ - *C. pepo*).



**Slika 10.** Maseni udio ukupnih proteina s obzirom na suhu tvar u osušenim uzorcima pulpe i kore hokkaido bundeve

Uzorci pulpe koji su bili izloženi ultrazvučnim valovima amplitude 60 % tijekom 15, 30 i 45 minuta imali su vrijednosti proteina 24,93 %, 20,17 % i 24,26 %. Uzorci izloženi ultrazvučnim valovima amplitude 90 % tijekom 15, 30 i 45 minuta imali su 16,99 %, 21,34 % i 19,16 % proteina. Veći udjeli proteina određeni su pri ultrazvuku amplitude 60 % u trajanju od 15 i 45 minuta u usporedbi s uzorkom bez predtretmana (22,32 % proteina). Manji udjeli proteina u predtretiranoj pulpi određeni su pri amplitudi ultrazvuka od 90 % tijekom 15 i 45 min u odnosu

na referentni, netretirani uzorak, što navodi na zaključak da amplituda ultrazvuka od 90 % narušava proteinsku strukturu pulpe uzrokujući njihovu degradaciju.

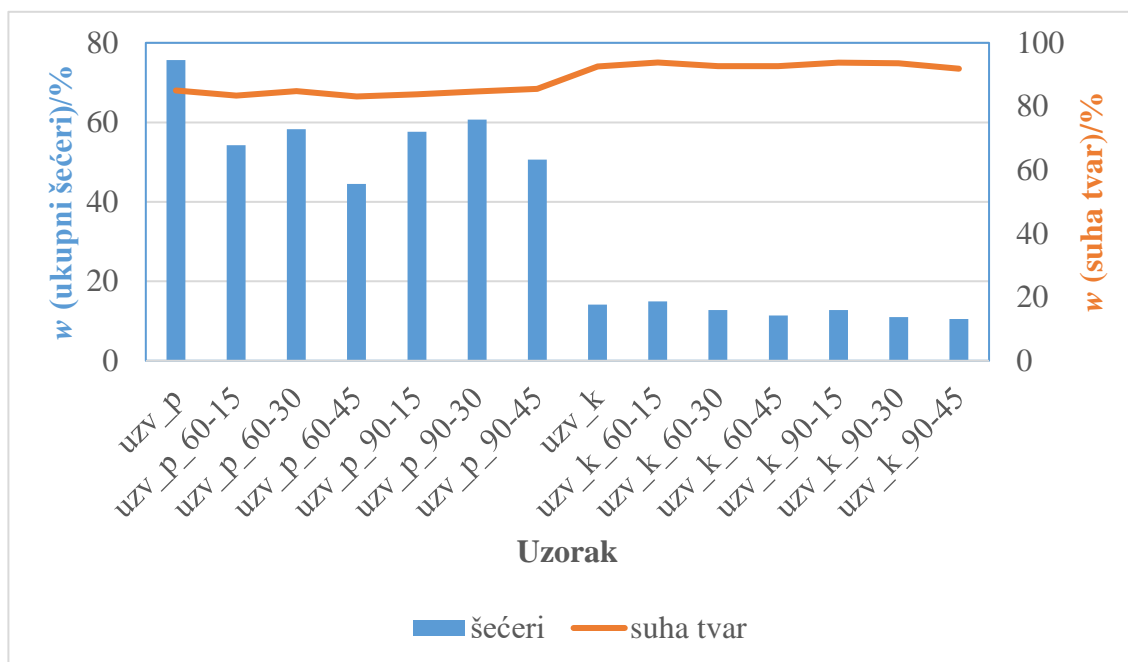
Udjeli proteina predtretirane kore imali su vrijednosti od 14,83 - 26,02 % što je znatno manje od uzorka bez predtretmana (41,67 %). Udio proteina u kori kod predtretmana amplitude od 60 % bio je manji (24,05 %, 16,07 %, 14,83 %) što je predtretman duže trajao (od 15 do 45 minuta). Uzorci predtretirani ultrazvukom amplitude 90 % pri istim vremenima od 15, 30 i 45 minuta imali su udjele od 25,85, 26,02 i 22,48 %, što navodi na zaključak kako je u slučaju tretiranja kore potrebno upotrijebiti veću amplitudu ultrazvuka kako bi došlo do povećanja prinosa proteina.

Općenito, ultrazvučni predtretman je imao značajan utjecaj na prinos proteina u kori i pulpi hokkaido bundeve. Ultrazvuk manje amplitude od 60 % u većini slučajeva potaknuo je bolju ekstrakciju proteina iz pulpe, dok je ultrazvuk veće amplitude od 90 % u odnosu na 60 % doveo do povećanja sadržaja proteina u kori bundeve. Pri tome valja naglasiti da su proteini kore osjetljiviji na oba ultrazvučna predtretman koji se nisu pokazali pogodnim za obradu kore hokkaido bundeve jer smanjuju njenu nutritivno-proteinsku kvalitetu. Dok za pulpu, što je vidljivo iz navedenih podataka, predtretman ultrazvukom pokazuje nešto značajniji utjecaj usporedno s netretiranim uzorkom.

#### 4.2.5. Udio šećera

Udio ukupnih šećera u uzorcima hokkaido bundeve određen je fenol - sumporna kiselina metodom, a dobivene vrijednosti izražene s obzirom na suhu tvar prikazane su na slici 11. U pulpi je izmjereno od 44,47 - 75,69 % šećera, to jest u kori od 10,54 - 14,96 %. Udio šećera u netretiranoj pulpi je iznosio 75,69 % što je slično udjelu šećera u pulpi (79,57 %) sušenoj vrućim zrakom bez predtretmana dobivenom u radu Saeleawa i Schleininga (2011). Uzorak kore bez predtretmana sadržavao je 14,10 % šećera.

Naspram uzorka pulpe netretiranog ultrazvučnim valovima, predtretirani uzorci sadrže manji udio šećera, koji se kreće u rasponu od 44,47 - 60,66 %, ovisno o vremenu ultrazvučne obrade. Također većina predtretiranih uzoraka kore sadrži manje udjele šećera (10,54 - 12,76 %) od netretiranog uzorka (14,10 %). Jedino je uzorak kore predtretiran ultrazvukom amplitude 60 % tijekom 15 minuta imao nešto veći udio šećera (14,96 %) od netretiranog uzorka. Najmanja vrijednost udjela u kori od 10,54 % dobivena je nakon predtretmana ultrazvukom amplitude 90 % pri 45 minuta.



**Slika 11.** Maseni udio ukupnih šećera s obzirom na suhu tvar u osušenim uzorcima pulpe i kore hokkaido bundeve

U pulpi je do značajnijeg smanjenja udjela šećera došlo primjenom amplitude ultrazvuka od 60 % postižući najmanju vrijednost od 44,47 % za tretman od 45 minuta. Boljim parametrima ultrazvučnog tretmana pokazala se amplituda od 60 i 90 % uz vrijeme od 15 i 30 minuta pri kojima je udio šećera iznosio 54,26 i 58,24 % (amplituda 60 %) i 57,59 i 60,66 % (amplituda 90 %).

Usporedbom sadržaja šećera u pulpi i kori, vidljivo je da predtretman ultrazvukom ima značajniji utjecaj na udio šećera u pulpi što potvrđuje postotna razlika (41 %) između najmanje (44,47 %) i najveće (75,69 %) izmjerene vrijednosti šećera. Za razliku od pulpe vrijednosti udjela šećera u kori su nađene su užem rasponu od 14,96 % i 10,54 %, što upućuje na zaključak da ultrazvučni parametri predobrade ne mijenjaju znatno sadržaj šećera.

Bekele i Admassu (2022) u svome su istraživanju dobili gotovo jednake vrijednosti za udio šećera u netretiranim uzorcima pulpe i uzorcima pulpe nakon predtretmana ultrazvukom ili ultrazvukom i mikrovalovima. Netretiran uzorak sušen vrućim zrakom sadržavao je 62,63 % šećera, a uzorci tretirani ultrazvukom 62,90 - 63,84 %, odnosno ultrazvukom i mikrovalovima 62,53 - 64,23 %.



## 5. ZAKLJUČCI

1. Pulpa hokkaido bundeve sadrži veći udio vlage i šećera od kore, a kora sadrži više pepela, masti, vlakana i proteina nego pulpa.
2. Ultrazvučni predtretmani amplitude 60 i 90 % u trajanju do 30 minuta smanjuje udio vlage u kori, odnosno ultrazvučni predtretman amplitude 90 % u trajanju od 45 minuta u pulpi.
3. Ultrazvučni predtretman ne uzrokuje gubitak pepela u uzorcima pulpe i kore hokkaido bundeve.
4. Veći udio pepela u pulpi i kori dobiven je predtretmanom ultrazvukom amplitude 60 % u trajanju od 45 minuta, odnosno amplitude 60 % u trajanju od 30 minuta.
5. Za postizanje visokog udjela masti u pulpi optimalan predtretman ultrazvukom je amplituda od 60 % i vrijeme od 15 minuta.
6. Predtretman ultrazvukom ima nepovoljan učinak na očuvanje udjela masti u kori hokkaido bundeve.
7. Predtretiranje ultrazvukom dovodi do povećanja udjela vlakana u pulpi i kori pri amplitudama od 60 i 90 % te vremenima od 15, 30 i 45 minuta.
8. Udio proteina u kori nakon predtretmana ultrazvukom značajno se smanjuje, dok udio proteina u pulpi nakon ultrazvučnog predtretmana neznatno varira u odnosu na netretirani uzorak.
9. Ultrazvučni predtretman značajnije utječe na smanjenje udjela šećera u pulpi nego u kori hokkaido bundeve stoga nije pogodan za uzorke bogate šećerom.
10. Ultrazvuk amplitude 60 % u vremenu od 15 minuta može poboljšati prehrambenu vrijednost kore povećanjem udjela šećera.

## 6. LITERATURA

Alibas I (2007) Microwave, air and combined microwave-air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT Food Sci Tehnol* **40**, 1445-1451. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.09.002>

Alibas I (2013) Microwave, air and combined microwave-air drying of grape leaves (*Vitis vinifera* L.) and the determination of some quality parameters. *Int J Food Eng* **10**, 69-88. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2012-0037>

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**, e02462. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02462

Anonymus (2023a) Hokaido tikva, <https://www.vrtlarica.hr/hokaido-tikva-sadnja-uzgoj/>. Pristupljeno 4. listopada 2023.

AOAC (2005) Official methods of analysis of AOAC International. AOAC - Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.

Arendt EK, Zannini E (2013) Millet. U: Arendt EK, Zannini E, (ured.) Cereal Grains for the Food and Beverage Industries [online], Woodhead Publishing, str. 312-350. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.312>.

Aune D, Keum NN, Giovannucci E, Fadnes LT, Boffetta P, Greenwood DC, i sur. (2018) Dietary intake and blood concentrations of antioxidants and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *AM J Clin Nutr* **108**, 1069-1091. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy097>

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 Tehnol* **60**, 385-392. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.025>

Bachmann LM, Miller WG (2020) Chapter 7 - Spectrophotometry. U: Clarke W, Marzinke MA (ured.) Contemporary Practice in Clinical Chemistry, 4. izd. Academic Press, Cambridge, Massachusetts, str. 119-133.

- Badr SEA, Shaaban M, Elkholy YM, Helal MH, Hamza AS, Masoud MS, i sur. (2011) Chemical composition and biological activity of ripe pumpkin fruits (*Cucurbita pepo* L.) cultivated in Egyptian habitats. *Nat Prod Res* **25**, 1524-1539. <https://doi.org/10.1080/14786410903312991>
- Bekele DW, Admassu S (2022) Pumpkin flour qualities as affected by ultrasound and microwave pre-drying treatment. *Int J Food Prop* **25**, 2409-2424. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2135536>
- Bekele DW, Emire SA (2023) Effects of pre-drying treatment and particle sizes on physicochemical and structural properties of pumpkin flour. *Heliyon* **9**, e21609. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e21609
- BeMiller JN (2010) Carbohydrate Analysis. U: Nielsen SS (ured.) Food Analysis, Springer, New York, str. 147-177.
- Biesiada A, Nawirska A, Kucharska A, Sokol-Letowska A (2011) Chemical Composition of Pumpkin Fruit Depending on Cultivar and Storage. *Ecol Chem Eng A* **18**, 9-18.
- Bradley RL (2009) Moisture and total solids analysis. U: Nielsen SS (ured.) Food Analysis, 4. izd., Springer, New York, str 87-88.
- Brnica B (2018) Kemijski sastav espresso kave “Kimbo” i otpada nastalog njezinim konzumiranjem. Završni rad. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska.
- Bognar A (2006) Nutritive value of some varieties of pumpkin and winter squash grown in Germany. *Ernahrungs Umschau* **53**, 305-308.
- Chanpirom S, Saewan N, Sripisut T (2022) Alternative Utilization of Vegetable Crop: Pumpkin Polysaccharide Extract and Their Efficacy on Skin Hydration. *Cosmetics* **9**, 113. <https://doi.org/10.3390/cosmetics9060113>
- Chao E, Li J, Fan L (2022) Enhancing drying efficiency and quality of seed-used pumpkin using ultrasound, freeze-thawing and blanching pretreatments. *Food Chem* **384**, 132496. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132496>
- Chua KJ, Chou SK (2014) Chapter 24 - Recent Advances in Hybrid Drying Technologies. U: Sun D-W (ured.) Emerging Technologies for Food Processing, 2. izd., Academic Press, Cambridge, Massachusetts, str 447-459.

Deng L-Z, Mujumdar AS, Zhang Q, Yang X-H, Wang J, Zheng Z-A, i sur. (2019) Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes – a comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr* **59**, 1408-1432. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1409192>

Dujmić F, Kovačević Ganić K, Čurić D, Karlović S, Bosiljkov T, Ježek D, i sur. (2020) Non-Thermal Ultrasonic Extraction of Polyphenolic Compounds from Red Wine Lees. *Foods* **9**, 472. <https://doi.org/10.3390/foods9040472>

Erle U, Schubert H (2001) Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and strawberries. *J Food Eng* **49**, 193-199. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00207-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00207-7)

FAOSTAT (2021) Crops and livestock products. FAO - Food and Agriculture Organization, Rim, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Pristupljeno 14. studenog 2023.

Fern K (2023) Useful Tropical Plants - *Cucurbita maxima*, <https://tropical.ferns.info/viewtropical.php?id=Cucurbita+maxima>. Pristupljeno 4. listopada 2023.

Formiga AK, Myers JR (2020) Images and Descriptions of *Cucurbita maxima* in Western Europe in the Sixteenth and Seventeenth Centuries. U: Goldman I (ured.) *Plant Breeding Reviews*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, str. 317-333.

Guiné RPF, Henriques F, Barroca MJ (2014) Influence of drying treatments on the physical and chemical properties of cucumber. *J Food Meas Charact* **8**, 195-206. <https://doi.org/10.1007/s11694-014-9180-9>

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>

Guo Q, Sun DW, Cheng JH, Han Z (2017) Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry. *Trends Food Sci Tech* **67**, 236-247.

Herceg Z, Brnčić M, Jambrak A, Brnčić S, Badanjak M, Sokolić I (2009) Possibility of application high intensity ultrasound in milk industry. *Mljekarstvo* **59**, 65-69

Holubova D (2020) Botanicka fotogalerie - *Cucurbita maxima* Hokkaido Group, <https://www.botanickafotogalerie.cz/fotogalerie.php?lng=en&latName=Cucurbita%20max>

[ima%20Hokkaido%20Group&czName=d%C3%BDn%C4%9B%20hokkaido&title=Cucurbita%20maxima%20Hokkaido%20Group%20%7C%20d%C3%BDn%C4%9B%20hokkaido:%20BOTANICK%C3%81%20FOTOGALERIE&showPhoto\\_variant=photo\\_description&show\\_sp\\_descr=true&spec\\_syntax=species&sortby=lat](https://www.botanic.org/collections/20Hokkaido%20Group&czName=d%C3%BDn%C4%9B%20hokkaido&title=Cucurbita%20maxima%20Hokkaido%20Group%20%7C%20d%C3%BDn%C4%9B%20hokkaido:%20BOTANICK%C3%81%20FOTOGALERIE&showPhoto_variant=photo_description&show_sp_descr=true&spec_syntax=species&sortby=lat). Pristupljeno 4. listopada 2023.

Hosen M, Rafii MY, Mazlan N, Jusoh M, Oladosu Y, Chowdhury MFN, i sur. (2021) Pumpkin (*Cucurbita* spp.): A crop to mitigate food and nutritional challenges. *Horticulturae* **7**(10), 352. doi: 10.3390/horticulturae7100352

Hrvatska enciklopedija (2021a) Kromofor. Hrvatska enciklopedija Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža - on-line izdanje. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=34163>. Pristupljeno 21. listopada 2023.

Hrvatska enciklopedija (2021b) Mikrovalna tehnika. mrežno izdanje. Hrvatska enciklopedija Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža - on-line izdanje. <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=40785>. Pristupljeno 9. listopada 2023.

Hrvatska enciklopedija (2021c) Sušenje. Hrvatska enciklopedija Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža - on-line izdanje. <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=58915>. Pristupljeno 4. listopada 2023.

Huang J, Zhang M, Adhikari B, Yang Z (2016) Effect of microwave air spouted drying arranged in two and three-stages on the drying uniformity and quality of dehydrated carrot cubes. *J Food Eng* **177**, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.12.023>

Hussain A, Kausar T, Din A, Murtaza MA, Jamil MA, Noreen S, i sur. (2021) Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *J Food Process Preserv* **45**, e15542. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15542>

Jang S, Park N, Lee J, Ahn H (2001) The Comparison of Food Constituent in Different Parts of Pumpkin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **30**, 1038-1040

Jangam S V., Mujumdar AS (2010) Basic Concepts and Definitions. U: Jangam SV, Law CL, Mujumdar AS (ured.) *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*, Singapore, str. 1-30.

Jašić M (2009) Tehnologija hrane - Voda u hrani. <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/voda-hrani>. Pristupljeno 4. listopada 2023.

- Joardder MUH, Kumar C, Karim MA (2017) Food structure: Its formation and relationships with other properties. *Crit Rev Food Sci Nutr* **57**, 1190-1205. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.971354>
- Jun H II, Lee CH, Song GS, Kim YS (2006) Characterization of the pectic polysaccharides from pumpkin peel. *LWT Food Sci Technol* **39**, 554-561. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.03.004>
- Karam MC, Petit J, Zimmer D, Baudelaire Djantou E, Scher J (2016) Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *J Food Eng* **188**, 32-49.
- Karlović S, Dujmić F, Brnčić SR, Sabolović MB, Ninčević Grassino A, Škegro M, i sur. (2023) Mathematical Modeling and Optimization of Ultrasonic Pre-Treatment for Drying of Pumpkin (*Cucurbita moschata*). *Processes* **11**, 469. <https://doi.org/10.3390/pr11020469>
- Kaur S, Panghal A, Garg MK, Mann S, Khatkar SK, Sharma P, i sur. (2019) Functional and nutraceutical properties of pumpkin – a review. *Nutr Food Sci* **50**, 384-401. <https://doi.org/10.1108/NFS-05-2019-0143>
- Kiharason JW, Isutsa DK (2019) Shelf-Life of Pumpkin Fruit Slices, Flour and Blended Products. *Int J Food Sci Biotechnol* **4**, 14-25. <https://doi.org/10.11648/j.ijfsb.20190401.13>
- 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>
- Koziorzębska A, Łozicki A, Rygało-Galewska A, Zglińska K (2023) Effect of Drying Temperature of Ambar Pumpkin on Proximate Composition and Content of Bioactive Ingredients. *Appl Sci-Basel* **13**, 8302. <https://doi.org/10.3390/app13148302>
- Lacatusu I, Arsenie LV, Badea G, Popa O, Oprea O, Badea N (2018) New cosmetic formulations with broad photoprotective and antioxidative activities designed by amaranth and pumpkin seed oils nanocarriers. *Ind Crops Prod* **123**, 424-433. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.083>
- Landeka V (2017) Ultrazvukom potpomognuto sušenje buče u vakuum sušari. Diplomski rad. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

Lin TM, Durance TD, Scaman CH (1998) Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Res Int* **31**, 111-117

Lučić MB (2022) Uticaj ultrazvučnog i toplotnog predtretmana na tehnološka i funkcionalna svojstva sušene konzumne i začinske paprike. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija

Mala KS, Kurian AE (2016) Nutritional composition and antioxidant activity of pumpkin wastes. *Int J Pharm Biol Chem Sci* **6**(3), 336-344.

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**, e06802. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06802>

Mecozzi M, Amici M, Pietrantonio E, Acquistucci R (1999) Ultrasound-assisted analysis of total carbohydrates in environmental and food samples. *Ultrason Sonochem* **6**, 133-139. [https://doi.org/10.1016/S1350-4177\(99\)00010-3](https://doi.org/10.1016/S1350-4177(99)00010-3)

Mieszczakowska-Fraç M, Dyki B, Konopacka D (2016) Effects of Ultrasound on Polyphenol Retention in Apples After the Application of Predrying Treatments in Liquid Medium. *Food Bioproc Tech* **9**, 543-552. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1648-z>

Nielsen SS (2010) Phenol-Sulfuric Acid Method for Total Carbohydrates. U: Nielsen SS (ured.) Food Analysis Laboratory Manual, 2. izd., Springer, Boston, MA, str. 47-53.

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>

Nyam K, Lau M, Tan C (2013) Fibre from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds and rinds: Physico-chemical properties, antioxidant capacity and application as bakery product ingredients. *Malays J Nutr* **19**, 99-109.

Oliveira SM, Brandão TRS, Silva CLM (2016) Influence of Drying Processes and Pretreatments on Nutritional and Bioactive Characteristics of Dried Vegetables: A Review. *Food Eng Rev* **8**, 134-163. <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9124-0>

- Pandiselvam R, Aydar AY, Kutlu N, Aslam R, Sahni P, Mitharwal S, i sur. (2023) Individual and interactive effect of ultrasound pre-treatment on drying kinetics and biochemical qualities of food: A critical review. *Ultrason Sonochem* **92**, 106261. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106261>
- Park SJ, Han HS (2023) Effects of a facial mask containing zinc oxide-based cream on improving post-laser skin care. *J Cosmet Dermatol* **22**, 3181-3184. <https://doi.org/10.1111/jocd.15808>
- Pleh M, Kolak I, Dubravec KD, Šatović Z (1998) Sjemenarstvo bundeva. *Sjemenarstvo* **15**, 43-75.
- Prabhanjan DG, Ramaswamyb HS, Raghavan GSV (1995) Microwave-assisted Convective Air Drying of Thin Layer Carrots. *J Food Eng* **25**, 283-293. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)00031-4](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)00031-4)
- Que F, Mao L, Fang X, Wu T (2008) Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *Int J Food Sci Technol* **43**, 1195-1201. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01590.x>
- Radić N, Modun KL (2016) Uvod u analitičku kemiju, Školska knjiga, Zagreb.
- Rahman MM, Juahir H, Islam MH, Khandaker MM, Ariff TM i Nik WMN (2019) Prophetic vegetable Pumpkin, Its impressive health benefits and total analysis. *Biosci Res* **16**, 3987-3999.
- Rakcejeva T, Galoburda R, Cude L, Strautniece E (2011) Use of dried pumpkins in wheat bread production. *Procedia Food Sci* **1**, 441-447. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.068>
- Rastogi NK (2012) Recent Trends and Developments in Infrared Heating in Food Processing. *Crit Rev Food Sci Nutr* **52**, 737-760. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.508138>
- Rawson A, Tiwari BK, Tuohy MG, O'Donnell CP, Brunton N (2011) Effect of ultrasound and blanching pretreatments on polyacetylene and carotenoid content of hot air and freeze



dried carrot discs. *Ultrason Sonochem* **18**, 1172-1179.  
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2011.03.009>

Rodríguez Ó, Eim V, Rosselló C, Femenia A, Cárcel JA, Simal S (2018) Application of power ultrasound on the convective drying of fruits and vegetables: effects on quality. *J Sci Food Agric* **98**(5), 1660-1673. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8673>

Roongruangsri W, Bronlund JE (2016) Effect of air-drying temperature on physico-chemical, powder properties and sorption characteristics of pumpkin powders. *Int Food Res J* **23**, 962-972.

Roongruangsri W, Bronlund JE (2015) A review of drying processes in the production of pumpkin powder. *Int J Food Eng* **11**, 789-799. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0168>

Saeleaw M, Schleining G (2011) Composition , Physicochemical and Morphological Characterization of Pumpkin Flour. <http://www.icef11.org/content/papers/fms/FMS328.pdf>

Salehi B, Sharifi-Rad J, Capanoglu E, Adrar N, Catalkaya G, Shaheen S, i sur. (2019) Cucurbita Plants: From Farm to Industry. *Applied Sciences* **9**, 3387. <https://doi.org/10.3390/APP9163387>

Salehi F, Goharpour K, Razavi Kamran H (2023) Effects of ultrasound and microwave pretreatments of carrot slices before drying on the color indexes and drying rate. *Ultrason Sonochem* **101**, 106671. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106671>

See EF, Nadiah W, Aziah N (2007) Physico-Chemical and Sensory Evaluation of Breads Supplemented with Pumpkin Flour. *ASEAN Food J* **14**, 123-130.

Skoog DA, West DM, Holler FJ (1999) Osnove analitičke kemije, Školska knjiga, Zagreb.

Sokač T, Gunjević V, Pušek A, Tušek AJ, Dujmić F, Brnčić M, i sur. (2022) Comparison of Drying Methods and Their Effect on the Stability of Graševina Grape Pomace Biologically Active Compounds. *Foods* **11**, 112. <https://doi.org/10.3390/foods11010112>

Staničić T (2022) Kemijski sastav bundeve i njenih nusproizvoda. Diplomski rad. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska.

Stevenson DG, Eller FJ, Wang L, Jane JL, Wang T, Inglett GE (2007) Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. *J Agr Food Chem* **55**, 4005-4013. <https://doi.org/10.1021/jf0706979>

Subroto E, Lembong E, Filianty F, Indiarso R, Primalia G, Salza Kirana M, i sur. (2020) The Analysis Techniques Of Amino Acid And Protein In Food And Agricultural Products. *Int J Sci Technol Res* **9**, 29-36.

USDA (2022) FoodData Central Search Results; Winter squash, raw. USDA - The United States Department of Agriculture. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2345206/nutrients>. Pristupljeno 18. listopada 2023.

Voučko B, Novotni D, Balbino S, Mustač NČ, Drakula S, Dujmić F, i sur. (2022) Utilization of pumpkin seed oil cake and proso millet flour in enhancing gluten-free bread quality. *J Food Process Preserv* **46**. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17070>

Wang J, Wang JS, Yu Y (2007) Microwave drying characteristics and dried quality of pumpkin. *Int J Food Sci Technol* **42**, 148-156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01170.x>

WHO (2010) Nutrition - Maintaining a healthy lifestyle. WHO - World Health Organization, <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/nutrition---maintaining-a-healthy-lifestyle>. Pristupljeno 14. studenog 2023.

Wikimedia (2016) Pumpkin plant. Wikimedia Commons, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pumpkin\\_plant\\_@\\_Kanjirappally\\_02.jpg?uselang=hr](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pumpkin_plant_@_Kanjirappally_02.jpg?uselang=hr). Pristupljeno 17. listopada 2023.

Wodajo Bekele D, Admassu S (2022) Pumpkin flour qualities as affected by ultrasound and microwave pre-drying treatment. *Int J Food Prop* **25**, 2409-2424. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2135536>

Zhang M, Tang J, Mujumdar AS, Wang S (2006) Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends Food Sci Technol* **17**, 524-534. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2006.04.011>

Zhu R, Jiang S, Li D, Law CL, Han Y, Tao Y, i sur. (2022) Dehydration of apple slices by sequential drying pretreatments and airborne ultrasound-assisted air drying: Study on mass transfer, profiles of phenolics and organic acids and PPO activity. *Innov Food Sci Emerg* **75**, 102871. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102871>

## IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja Maja Šturlan 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