

# Karakterizacija keksa s dodatkom kore bundeve

---

**Puškadija, Valentina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:497338>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-24**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, prosinac 2024.

Valentina Puškadija

**KARAKTERIZACIJA KEKSA S DODATKOM  
KORE BUNDEVE**

Rad je izrađen u Laboratoriju za tehničku termodinamiku na Zavodu za procesno inženjerstvo i Kabinetu za procese pripreme hrane na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Sveučilišta u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Marije Badanjak Sabolović te uz pomoć asistentice Mirne Tadić, mag. ing.

Rad je izrađen u okviru projekta „Hibridno sušenje i valorizacija biljnog prehrambenog otpada i nusproizvoda“ (HYDRYBY, IP-2019-04-9750). Projekt je financiran od Hrvatske zaklade za znanost, a voditelj projekta je prof. dr. sc. Mladen Brnčić.



## ZAHVALA

*Zahvaljujem se izv. prof. dr. sc. Mariji Badanjak Sabolović na ukazanom povjerenju i mentorstvu tijekom izrade diplomskog rada te asistentici Mirni Tadić, mag. ing. na velikoj pomoći.*

*Mama, tata, nono, nona, hvala Vam na bezuvjetnoj podršci, razumijevanju i ohrabrenju bez kojih ništa ne bi bilo moguće.*

*Zahvalna sam na prijateljima koje sam upoznala na ovom putu i koje ću čuvati cijeli život i profesorima i kolegama na prenesenom znanju i disciplini koje ću nositi sa sobom u izazovima koji slijede.*

*Svi koji vjerovali ste, hvala Vam, bez Vas ne bi bila tu gdje sada sam!*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo  
Kabinet za procese pripreme hrane

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

Diplomski sveučilišni studij: Nutricionizam

KARAKTERIZACIJA KEKSA S DODATKOM KORE BUNDEVE  
Valentina Puškadija, univ. bacc. nutr. 0058215285

**Sažetak:** Cilj ovog rada bio je analizirati fizikalna svojstva praha sušene kore *Hokaido* bundeve (vrsta *Cucurbita maxima* L.) te istražiti mogućnost njegove primjene u izradi keksa od prhkog tijesta u svrhu dobivanja proizvoda s dodanom nutritivnom vrijednošću i zadovoljavajućim senzorskim svojstvima. Kora bundeve je osušena mikrovalno-konvekcijskim sušenjem te samljevena u prah kojem su određena fizikalna svojstva (vezanje vode i ulja, svojstvo rehidracije, nasipna gustoća, teksturna svojstva). Prah kore bundeve (PKB) korišten je u pripremi prhkog tijesta za kekse u kojem je pšenično brašno djelomično zamijenjeno s PKB u količini 0, 5, 10, 15, 20 %. Pripremljenim keksima instrumentalno je određena boja i svojstva teksture te je provedena senzorska analiza. Dobiveni rezultati ukazuju na mogućnost primjene PKB u pripremi keksa s dodanom nutritivnom vrijednošću budući da su kekse s dodatkom PKB vrlo dobro ocijenjeni od strane panela, bolje i od kontrolnog keksa pri čemu je najbolje ocijenjen keks s dodatkom 10 % PKB.

**Ključne riječi:** prah kore bundeve, fizikalna i teksturna svojstva, *Hokaido* bundeva, obogaćivanje keksa, senzorska svojstva

**Rad sadrži:** 54 stranica, 22 slike, 12 tablica, 75 literaturnih navoda, 00 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološkoga fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb.

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Marija Badanjak Sabolović

**Pomoć pri izradi:** Mirna Tadić, mag. ing.

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. prof. dr. sc. Suzana Rimac Brnčić (predsjednik)
2. izv. prof. dr. sc. Marija Badanjak Sabolović (mentor)
3. izv. prof. dr. sc. Tomislava Vukušić Pavičić (član)
4. izv. prof. dr. sc. Nikolina Čukelj Mustač (zamjenski član)

**Datum obrane:** 17. prosinac 2024.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Department of food technology engineering  
Cabinet for food preparation processes

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Nutrition

**Graduate university study programme:** Nutrition

CHARACTERIZATION OF COOKIES WITH ADDED PUMPKIN PEEL

Valentina Puškadija, univ. bacc. nutr. 0058215285

**Abstract:** The aim of this study was to analyze the physical properties of dried *Hokkaido* pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) peel powder and explore its application in the production of cookies to create products with enhanced nutritional value and acceptable sensory properties. Pumpkin peel was dried using microwave-convective drying and ground into a powder. The powder's physical properties, including water and oil binding capacity, rehydration properties, bulk density, and textural properties, were determined. Pumpkin peel powder (PPP) was used in the preparation of cookie dough, where wheat flour was partially replaced with PPP in amounts of 0, 5, 10, 15, and 20 %. The cookies' instrumental color and textural properties were analyzed, and sensory evaluation was conducted. Cookies containing PPP were rated highly by the sensory panel. The results indicate that PPP can effectively enhance the nutritional value of cookies, with the best overall ratings given to cookies containing 10% PPP.

**Keywords:** pumpkin peel powder, physical and textural properties, *Hokkaido* pumpkin, cookie enrichment, sensory properties

**Thesis contains:** 54 pages, 22 figures, 12 tables, 75 references, 00 supplements

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** Marija Badanjak Sabolović, PhD, Associate professor

**Technical support and assistance:** Mirna Tadić, M. Eng.

### Reviewers:

1. Suzana Rimac Brnčić, PhD, Full professor (president)
2. Marija Badanjak Sabolović, PhD, Associate professor (mentor)
3. Tomislava Vukušić Pavičić, PhD, Associate professor (member)
4. Nikolina Čukelj Mustač, PhD, Associate professor (substitute)

**Thesis defended:** December 17<sup>th</sup>, 2024



## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. OTPAD OD HRANE</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. Utjecaj otpada od hrane na okoliš .....	4
2.1.2. Koncept kružne ekonomije.....	4
2.1.3. Sociološki aspekt zbrinjavanja otpada od hrane.....	5
<b>2.2. ISKORIŠTAVANJE BILJNIH NUSPROIZVODA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI</b> ..	<b>6</b>
2.2.1. Funkcionalna hrana i nutraceutici.....	8
2.2.2. Kora voća i povrća kao dodatak u proizvodnji keksa .....	10
<b>2.3. BOTANIČKA OBILJEŽJA RODA <i>Cucurbita</i></b> .....	<b>12</b>
2.3.1. Vrsta <i>Cucurbita maxima</i> L.....	12
2.3.2. Podvrsta <i>Hokaido</i> .....	13
2.3.3. Nutritivni sastav <i>C. maxima</i> L.....	14
<b>2.4. ANTIOKSIDACIJSKA SVOJSTVA</b> .....	<b>14</b>
2.4.1. Karotenoidi .....	15
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1. MATERIJALI I LABORATORIJSKI PRIBOR</b> .....	<b>17</b>
3.1.1. Kora bundeve .....	17
3.1.2. Laboratorijski uređaji.....	17
3.1.3. Laboratorijski pribor .....	18
3.1.4. Ostali materijali .....	18
<b>3.2. PRIPREMA PRAHA KORE BUNDEVE</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3. ODREĐIVANJE SUHE TVARI</b> .....	<b>20</b>
<b>3.4. ODREĐIVANJA FIZIKALNIH SVOJSTAVA PRAHA KORE BUNDEVE</b> .....	<b>20</b>
3.4.1. Nasipna gustoća .....	20
3.4.2. Kapacitet vezanje vode/ulja .....	21
3.4.3. Određivanje rehidrationskog omjera i koeficijenta rehidracije .....	22
3.4.4. Mjerenje teksturnih svojstava.....	22
<b>3.5. IZRADA KEKSA S DODATKOM PRAHA KORE BUNDEVE</b> .....	<b>23</b>
3.5.1. Određivanje parametara boje keksa .....	24
3.5.2. Određivanje promjene promjera i debljine keksa.....	26
3.5.3. Mjerenje loma i progiba keksa.....	26
3.5.4. Određivanje klorofila i karotenoida u keksima s dodatkom PKB .....	27
3.5.5. Senzorska analiza keksa .....	28
<b>3.6. OBRADA PODATAKA</b> .....	<b>29</b>
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	<b>30</b>
<b>4.1. PRAH KORE BUNDEVE</b> .....	<b>31</b>

4.1.1. Rezultat određivanja suhe tvari praha kore bundeve.....	31
<b>4.2. REZULTATI ODREĐIVANJA FIZIKALNIH SVOJSTAVA PRAHA KORE BUNDEVE.....</b>	<b>32</b>
4.2.1. Rezultati određivanja nasipne gustoće i sposobnosti vezanja vode i ulja .....	32
4.2.2. Rezultati određivanja koeficijenta rehidracije i omjera rehidracije.....	34
4.2.3. Rezultati određivanja teksture praha kore bundeve.....	35
<b>4.3. REZULTATI ANALIZE KEKSA S DODATKOM PRAHA KORE BUNDEVE .....</b>	<b>38</b>
4.3.1. Rezultati određivanja suhe tvari u keksima .....	38
4.3.2. Rezultati određivanja parametara boje keksa s dodatkom praha kore bundeve .	39
4.3.3. Rezultati omjera širenja keksa .....	40
4.3.4. Rezultati instrumentalnog određivanja teksturnih svojstava keksa .....	41
4.3.5. Rezultati određivanja klorofila i karotenoida u keksima s dodatkom PKB .....	42
<b>4.4. REZULTATI SENZORSKOG OCJENJIVANJA KEKSA .....</b>	<b>44</b>
4.4.1. Hedonistička skala .....	44
4.4.2. Bodovanje senzorske kakvoće keksa bodovnom skalom od 1 do 100 .....	45
<b>5. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>48</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>49</b>

# 1. UVOD

Otpad od hrane veliki je problem današnjice, u ekološkom, ekonomskom i socijalnom aspektu (Martin-Rios i sur., 2018). Povećanjem proizvodnje hrane povećava se i otpad koji se stvara kroz cijeli proces njene obrade, transporta pa sve do prodaje i konzumacije kod krajnjeg potrošača. Problem otpada od hrane nastoji se riješiti kako bi se resursi sačuvali za daljnje generacije te kako bi svaki pojedinac imao pristup dovoljnim količinama hrane uz očuvanje okoliša (Wani i sur., 2022).

Zbog povećane potražnje potrošača za biljnom hranom posljednjih godina, došlo je do stvaranja velike količine otpada prilikom prerade voća i povrća. Prema statističkim podacima, voće i povrće čine oko 45 % ukupnog prehrambenog otpada, što znači da se godišnje odbaci otprilike 39,6 milijuna tona voća i povrća u Europi (FAO, 2013). Hrvatska doprinosi toj statistici tako da je u 2022. godini od 918 000 tona proizvedenog povrća bačeno 81 000 tona uroda ne ubrajajući otpad koji stvaraju kućanstva (FAOSTAT, 2022). Otpad najčešće uključuje koru, pulpu, sjemenke, ljuske, kožice, stabljike. Međutim, analizom tih dijelova biljaka, došlo se do zaključka da sadrže visoke koncentracije bioaktivnih spojeva koji se mogu iskoristiti u obogaćivanju ili osmišljavanju novih proizvoda (Jiménez-Moreno i sur., 2019). Bioaktivne komponente određene u nusproizvodima voća i povrća poput antocijanina, karotenoida, kvercetina, klorogenske kiseline i mnogih drugih pokazuju značajna pozitivna djelovanja na ljudsko zdravlje u vidu prevencije nastanka degenerativnih bolesti kao što su Alzheimerova i Parkinsonova bolest i onih koje nastaju oštećenjem DNK slobodnim radikalima kao produktom oksidacijskog stresa (Kainat i sur., 2022).

S ciljem smanjenja otpada od hrane uz obogaćivanje prehrambenih proizvoda, ovaj rad je usmjeren k analizi i pronalaženju načina za iskorištenje kore bundeve. Prema podacima iz 2022. godine, u Hrvatskoj je 320 hektara zemlje prekriveno nekom sortom bundeve što odgovara prinosu od 4440 tona (FAO, 2022). To čini bundevu jednom od važnih usjeva u Hrvatskoj, zbog veličine proizvodnje i tradicionalne vrijednosti.

U ovom radu analizirana je *Hokaido* bundeva (*C. maxima* L.). Analize kore i pulpe ove vrste pokazuju visoke koncentracije  $\beta$  karotena i esterificiranih karotenoida te se na temelju toga mogu koristiti za proizvodnju funkcionalne hrane i nutraceutika dodatkom u prehrambene proizvode ili razvojem novih u čijem sastavu može biti dodana kora ili pulpa (Pinna i sur., 2023).

Cilj rada bio je analizirati određena fizikalna svojstva praha sušene kore bundeve *Hokaido* nakon hibridnog (mikrovalno-konvekcijskog) sušenja te ispitati mogućnost uporabe praha kore bundeve (PKB) u pripremi keksa od prhkog tijesta kako bi se dobio keks prihvatljivih senzorskih svojstava s dodanom nutritivnom vrijednošću.

Prahu kore bundeve (PKB) odredit će se fizikalna svojstva: udio suhe tvari, sposobnost vezanja vode i ulja, nasipna gustoća, teksturna svojstva (kohezivnost, ovisnost o brzini

protoka, zgrudnjavanje) te sposobnost rehidracije i koeficijent rehidracije. Nadalje, za izradu prhkog tijesta za pripremu keksa prema standardnom receptu pšenično brašno djelomično će biti zamijenjeno s PKB u količini 5, 10, 15, 20 % dok će se tijesto bez dodatka PKB koristiti za pripremu kontrolnog keksa. Nakon pečenja keksima će se instrumentalno izmjeriti parametri boje  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  i svojstva teksture (sila loma i progib keksa), a pratiti će se i promjena promjera i debljine keksa nakon pečenja. U keksima će se odrediti udio klorofila i karotenoida te će biti provedeno senzorsko ocjenjivanje pomoću panela koristeći dva upitnika (hedonistička skala od 1 do 5 i upitnik za ocjenjivanje senzorskih svojstva keksa od 1 do 100).

Uspješna izrada baznog tijesta za kekse s dodatkom PKB može biti temelj za optimizaciju recepta i upotrebu PKB u izradi proizvoda s funkcionalnim svojstvima. Sušenjem kore bundeve i pripremom praha može se utjecati na smanjenje ove vrste otpada u prehrambenoj industriji i time smanjiti otpad od hrane, a ujedno iskoristiti dobra nutritivna svojstva nusproizvoda (karotenoidi, vlakna, mineralne tvari) za obogaćivanje i proizvodnju funkcionalnih proizvoda.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. OTPAD OD HRANE

“Otpad od hrane” ima različite definicije ovisno o organizaciji koja ju izdaje. Međutim, postoji dogovor u kojem se “otpad od hrane” (*food waste*) razlikuje od izraza “gubitak” hrane (*food loss*). Glavna razlika je u dijelu lanca opskrbe hranom u kojem se dio hrane gubi tj. ne iskorištava u potpunosti (Kibler i sur., 2018). Dakle, gubitak hrane se odnosi na sveukupnu količinu hrane koja se proizvela, ali nije iskorištena ili je bačena u procesu proizvodnje iz bilo kojeg razloga. Otpad od hrane je samo dio ukupnog gubitka hrane koja je bila namijenjena za prehranu ljudi, ali je svjesno ili nesvjesno bačena kao otpad (FAO, 2014). Prema statistikama FAO (2019) na svjetskoj razini gubici od hrane u godini dana procjenjuju se na otprilike 14 % ukupne hrane između žetve i maloprodajnog tržišta. Također, procijenjeno je da se 17 % hrane baca u maloprodaji i na razini potrošača (UNEP, 2021). Prema tome, gubici hrane češće nastupaju u ranijim fazama proizvodnje dok na otpad od hrane utječe sam potrošač i kućanstvo te se smatra da se takav otpad mogao spriječiti (Kibler i sur., 2018).

Prema istraživanju koje je proveo Evans (2011) potrošači su svjesni otpada od hrane kojeg stvaraju te im to stvara nelagodu i tjeskobu, neovisno o tome, svjesno nabavljaju veću količinu hrane od potrebne. Takvo ponašanje nije samo produkt potrošačkog društva i teze o “društvu za jednokratnu upotrebu” već niza razloga kojeg ima svaki pojedinac te na kraju otpad od hrane postaje sastavni dio funkcioniranja kućanstva današnjice.

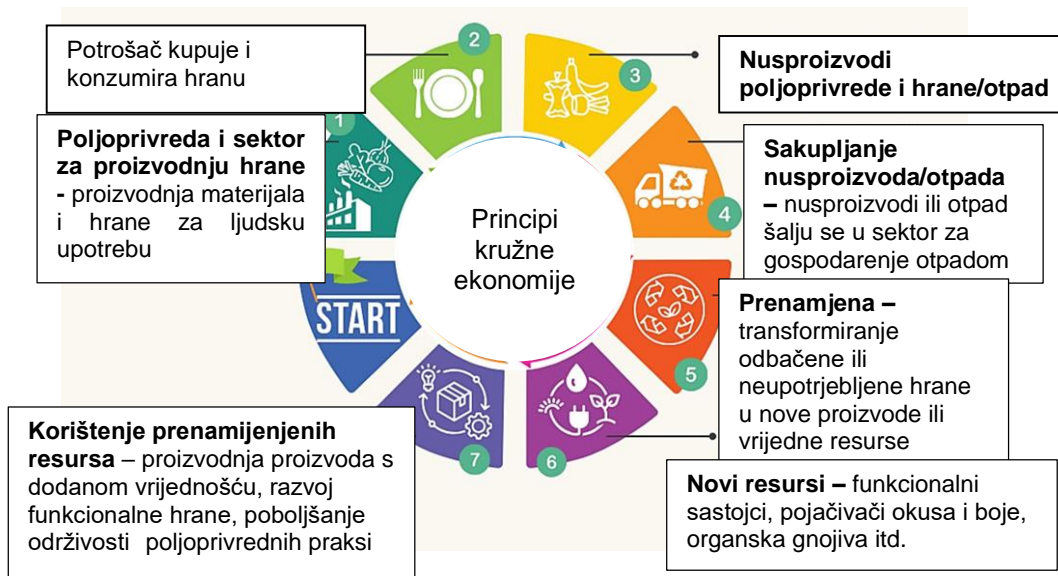
Moderno doba donosi promjene u načinu života te se time unose promjene u lancu proizvodnje i potrošnje hrane. Naime, u prošlosti se puno više hrane pripremalo kod kuće potpunom obradom namirnice te je samim time puno više otpada nastalo u kućanstvima. U takvoj situaciji vrlo je nezahvalno regulirati ili kontrolirati količinu hrane i gubitke koji nastaju u kućanstvima. No, zbog ubrzanog načina života, potrebe većine ljudi za uštedom vremena, kućanstva u zadnje vrijeme više posežu za polugotovim jelima ili visoko procesiranim namirnicama što mijenja način na koji se može pristupiti cijeloj problematici. Pomakom većinske obrade hrane u industriju tj. izvan kućanstva, moguće je regulirati zakonskim propisima količine otpada od hrane koji nastaju i iskoristiti cjelovitu namirnicu implementacijom novih tehnologija u pogone u cilju razvoja alternativne proizvodnje hrane (De Laurentis i sur., 2018).

### 2.1.1. Utjecaj otpada od hrane na okoliš

Otpad od hrane utječe na emisiju stakleničkih plinova, potrošnju vode, onečišćenje vode, zraka i tla (Moult i sur., 2018). Na povećanje količine otpada od hrane utječe povećanje proizvodnje koja je potrebna kako bi zahtjevi za količinom bili dostatni rastućoj populaciji ljudi na Zemlji. Kako bi i dalje potrebe za hranom cijelog stanovništva bile zadovoljene, potrebno je učiniti promjene jer samo povećanje proizvodnje nije dugoročno održivo zbog ograničenih resursa. Predlažu se različiti pristupi ovom problemu. Jedan pristup je povećanje proizvodnje pod svaku cijenu uz povećani oprez na smanjenje korištene vode, gnojiva, bioplina i slično. Drugo rješenje je postepeno smanjenje unosa hrane životinjskog porijekla i prijelaz na biljne izvore hrane što uključuje zamjene za meso i mlijeko, temeljenje prehrane na peradi i morskim plodovima što bi omogućilo veće prinose na manjoj površini i time očuvanje resursa. Treće rješenje je vraćanje narušene ravnoteže između korištenja prirodnih resursa i obnove istih u jednakim omjerima i vremenu. Međutim, sve se više stavlja naglasak na interdisciplinarni pristup i kombinaciju svih navedenih rješenja. Najkorisnija se čine rješenja koja uključuju smanjenje proizvodnje i osviještenost potrošača ka smanjenoj potražnji (Röös i sur., 2017). Smisao toga bio bi povezati ljudske aktivnosti s prirodnim okruženjem. Time bi se našla namjena i nusproizvodima te izbjeglo neodrživo korištenje te zatim odbacivanje resursa koji imaju još potencijala za upotrebu. Odbacivanje resursa također može dodatno štetiti okolišu jer se kao način rješavanja otpada najčešće koristi odlaganje, paljenje i kompostiranje. Odlaganjem nusproizvoda i njegovim paljenjem otpuštaju se neugodni mirisi i čestice u zrak koji se time onečišćuje i smanjuje kvalitetu života za ljude u takvom okruženju, a kompostiranje je dugotrajno te tijekom trajanja procesa onečišćuje tlo (Ronie i sur., 2024).

### 2.1.2. Koncept kružne ekonomije

Iskorištavanje otpada od hrane dio je koncepta kružne ekonomije u kojem se prenamjenom nusproizvoda iskorištavaju unutar drugog procesa (slika 1). Time industrija i proizvodnja postaju održivije. Cilj je što više smanjiti količinu otpada od hrane no ukoliko je već stvoren težiti da ima što manji utjecaj na okoliš te napustiti linearan pristup u kojem se resursi nakon iskorištenja jednostavno odlažu kao otpad (Ronie i sur., 2024). Sva hrana koja je proizvedena, a na kraju nije iskorištena dovodi do ekonomskih gubitaka i neiskorištenih resursa koji su se uložili u proizvod koji nije donio profit niti ispunio svoju svrhu. Osim toga, sanacija ekoloških problema do kojih dolazi zbog onečišćenja tla i zraka prilikom odlaganja otpada od hrane dovodi do velikih ekonomskih gubitaka, a ta sredstva mogla su biti uložena u druge proizvode ili inovacije (Gage i sur., 2024).



**Slika 1.** Principi kružne ekonomije (prema Ronie i sur., 2024)

### 2.1.3. Sociološki aspekt zbrinjavanja otpada od hrane

Zbrinjavanje prehrambenog otpada je problem koji nastoje riješiti vlade, organizacije, korporacije te veliki i mali proizvođači sve do kućanstva tj. pojedinca. U procesu je projekt UN-a koji nastoji upola smanjiti otpad od hrane po glavi stanovnika do 2030. godine (UN, 2015). Pokazalo se da postoji povezanost manjeg razdvajanja i brige o otpadu od hrane s nelagodnom pri odvajanju otpada, a smanjeno zbrinjavanje je proporcionalno većem dohotku kućanstva te životu manjoj stambenoj jedinici (Moult i sur., 2018). Također, postoje podaci koji pokazuju kako gospodarenje otpadom ovisi o spolu, dobi, razini obrazovanja, veličini i prihodima kućanstva, kao i činjenici sadrži li kućanstvo djecu (Nguyen i sur., 2022). Neadekvatno zbrinjavanje otpada može uzrokovati zagađenje voda, tla, zraka i dovesti do globalnih kriza koje kao rezultat mogu utjecati na normalno funkcioniranje zdravstvenog sustava, opskrbe energijom i nedostupnost osnovnih potreba čovječanstva kao što je električna energija i voda (Gage i sur., 2024). U određenim dijelovima Zemlje, već dolazi do takvih problema zbog neravnoteže u proizvodnji, opskrbi i resursima. Prema podacima FAO-a (2013), trećina proizvedene hrane se baci i bude neiskorišteno dok na Zemlji 870 milijuna ljudi svakodnevno gladuje na mjestima gdje hrana nije dostupna. Sa sociološkog aspekta, takva je situacija zabrinjavajuća i ukazuje na to da nemaju svi isto pravo na resurse niti dostupnost hrane. Potrebna je preraspodjela kako ne bi došlo do neravnoteže u kojoj određena populacija ima previše i ne može potrošiti ogromne količine proizvedene hrane i onih koji hrane nemaju. Gubici koji nastaju jer se hrana ne uspijeva potrošiti uvelike djeluju i na manje proizvođače koji snose posljedice velikih gubitaka zbog kojih ne mogu platiti troškove proizvodnje te im se cjenovno smanjuje konkurentnost na tržištu u odnosu na veće proizvođače ili uvezenu robu (Gage i sur., 2024).

## 2.2. ISKORIŠTAVANJE BILJNIH NUSPROIZVODA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Posljednjih godina osviještenost populacije vezano uz prehranu bogatu vlaknima i bioaktivnim spojevima raste pa se stoga bilježi trend rasta u uzgoju biljnih kultura tj. voća i povrća. Tu povećanu proizvodnju prati i rast količine otpada koji nastaje prilikom prerade i upotrebe samo određenih dijelova biljke. Osim toga, smatra se da bi otpad od voća i povrća mogao biti veći nego od drugih namirnica jer su često jeftinije od ostalih pa ljudi kupuju veće količine ne mareći pritom kolika je njihova trajnost. Također, voće i povrće često sadrži nejestive dijelove koji bi svakako bili odbačeni. Sve su to razlozi zašto te namirnice uvelike doprinose ukupnom otpadu od hrane (De Laurentis i sur., 2018). Veliki dio voća i povrća koji se odbacuju čine lišće, stabljike, komine, kore ili kožice i sjemenke. Biljni nusproizvodi poput lišća i stabljike bogati su izvori proteina, ugljikohidrata, dijetalnih vlakana, vitamina i mineralnih tvari. Prehrambene industrije koje koriste voće za proizvodnju pića proizvode velike količine komine, a tijekom prerade voća gdje je potrebna pulpa, uklanjaju se kora i sjemenke. Ti su nusproizvodi potencijalni izvori sastojaka za proizvodnju funkcionalne hrane, dodataka prehrani, nutraceutika i/ili kozmetike.

Santhosh i sur. (2021) opisuju nusproizvode različitih biljnih namirnica koji se mogu koristiti kao biofilm u proizvodnji biorazgradivog pakiranja čime se ostvaruje dvostruko pozitivno djelovanje – iskorištenje nusproizvoda i proizvodnja pakiranja koji neće stvarati dodatni otpad. Takav pristup doprinosi ekonomskom i ekološkom aspektu rješavanja otpada od hrane uz obogaćivanje hrane korisnim tvarima koji se nalaze u tim nusproizvodima. Primjer takvih spojeva su fenoli, proteini, terpenoidi i flavonoidi, a mogu se ekstrahirati korištenjem tehnologija zelene ekstrakcije kao što je primjerice subkrična i superkrična tekućinska ekstrakcija s enzimima. Količina polifenolnih spojeva koja se može pronaći u nusproizvodima voća i povrća kreću se u rasponu od 7-23 %. Također, prirodni pigmenti su važni izvori boje ili okusa koji se ugrađuju u prehrambene proizvode. Prirodni pigmenti sadrže i bioaktivne spojeve kao što su  $\beta$  karoten, betaksantin, betacijanin, zeaksantin, antocijanini, klorofilini i lutein (Tsegay i sur., 2024).

Dijelovi različitih biljnih vrsta mogu se dodati u različite kategorije prehrambenih proizvoda ovisno o sastavu nusproizvoda i uloge koju ima kao dodatak proizvodu. Biljni nusproizvodi su u prehrambenoj industriji čest dodatak mliječnim proizvodima, pekarskih proizvoda, konditorskih proizvoda, kao konzervans u mesu i ribi, bezalkoholnim pićima, u "ready to eat" (proizvodi spremni za jelo) i "ready to cook" (polupripremljeni proizvodi) te u jestivim premazima i proizvodima s probiotičkim mikroorganizmima (Ahmad i sur., 2023). Neki



od primjera kategorija prehrambenih proizvoda u kojima su upotrijebljeni biljni nusproizvodi prikazani su u tablici 1.

**Tablica 1.** Primjer prehrambenih proizvoda u kojima su se koristili biljni nusproizvodi kao funkcionalni dodatak

Kategorija prehrambenog proizvoda	Prehrambeni proizvod	Biljni nusproizvod	Dodana količina	Uloga u proizvodu	Literatura
probiotički proizvod	proteinska pločica s probiotičkom kulturom	kora i komina kivija	6%	obogaćivanje proizvoda polifenolnim spojevima	Ilie i sur. (2022)
mliječni proizvod	sir	kora rajčice	5 %	obogaćivanje polifenolnim spojevima	Kaur i sur. (2018)
pekarski proizvod	kruh	vlakna mahuna graška i boba	1 %	poboljšanje teksture i sadržaja vlakana	Fendri i sur. (2016)
konditorski proizvod	karamela	kora i sjemenke uvaje ( <i>Eugenia pyriformis</i> )	47,5 % premaza	boja i stabilizator	de Avelar i sur. (2019)
meso	svinjsko mljeveno meso	prah sapodile ( <i>Manilkara zapotta</i> )	4 %	konzervans	Kumar i sur. (2018)
riba	riblji štapići	prah kore češnjaka, kivija i kadulje	0,5 %	konzervans	Abdel Wahab i sur. (2020)
bezalkoholno piće	prah za funkcionalni napitak	nusprodukti mljevenja (ljuska slanutka, rižine mekinje, lomljena riža, pšenične mekinje, kora naranče)	45,35 % 23,4 % 21,79 % 6,73 % 2,72 %	povećanje nutritivne vrijednosti	Chakraborty i sur. (2022)
„ready to eat“ proizvod	snack proizvod od soje	prah okare	13 %	produžetak roka trajanja i bolji nutritivni sastav	Katayma i sur.(2008)

U radu Ilie i sur. (2022) kora i pulpa kivija korištena je kao podloga za fermentaciju probiotičke kulture koja je naknadno dodana u proteinsku pločicu koja se time obogatila probioticima i polifenolnim spojevima. U radu Abdel Wahab i sur. (2020) korištene su kore kivija, češnjaka i kadulje kao konzervansi u proizvodnji ribljih štapića. Na primjeru nusproizvoda rajčice jasna je višestruka upotreba nusproizvoda u prehrambenoj industriji. Kaur i sur. (2011) koriste 20 mg/kg likopena iz nusproizvoda rajčice u tehnološke svrhe za postizanje boje, antioksidacijskog i antimikrobnog potencijala. Nekoliko godina kasnije u radu Lucera i sur. (2018) kora rajčice se dodaje u količini od 5 % siru kako bi se nutritivno obogatio polifenolnim spojevima. Obični bijeli kruh obogaćen je vlaknima dodatkom vlakana iz mahuna graška i boba u smjesu čime je poboljšana tekstura tijesta i nutritivna vrijednost kruha (Fendri i sur., 2016). *Manilkara zapotta* je meksička autohtona biljka koja se dodaje u mljeveno meso s ulogom prirodnog konzervansa (Kumar i sur., 2018). Osim hrane, biljni nusproizvodi mogu se koristiti i za obogaćivanje pića odnosno pripremu raznih funkcionalnih napitaka. Zato su Chakraborty i sur. (2022) osmislili mješavinu više nusproizvoda žitarica nakon pripreme brašna te kore mahunarke i naranče kako bi se dobio funkcionalni napitak koji se miješa s većom količinom mlake vode. Praktični i brzi proizvodi kao što su „*ready to eat*“ proizvodi mogu biti dobar izvor proteina i vlakana kao u primjeru Katyama i sur. (2008) gdje se koristi sojino „meso“ koje zaostaje u velikim količinama kao nusprodukt nakon obrade soje za pripremu sojinog napitka.

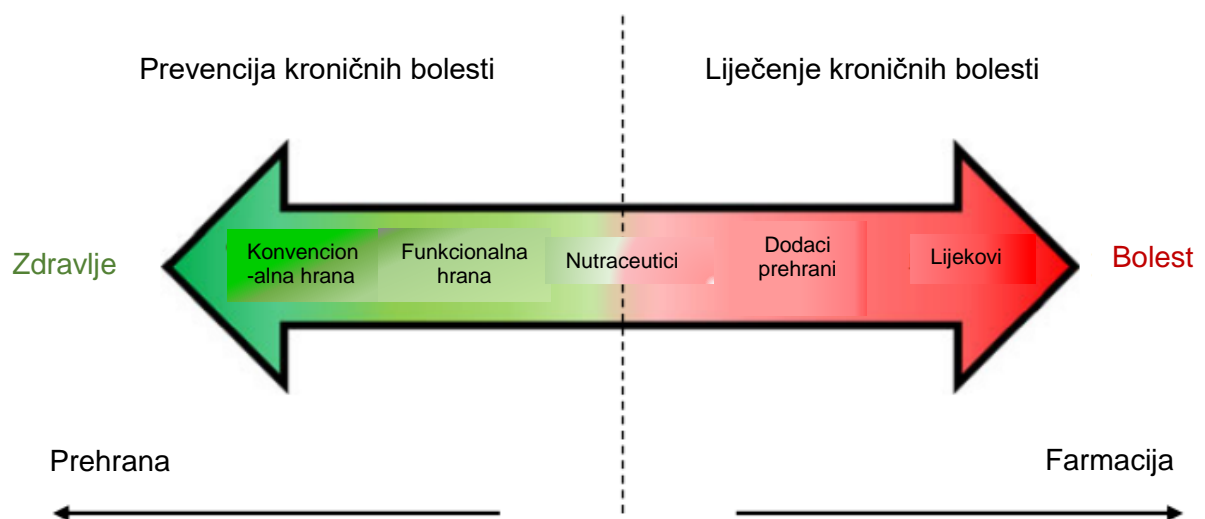
Navedeni nusproizvodi, obzirom na njihov sastav i funkciju u dodanim proizvodima, imaju veliku ulogu u obogaćivanju proizvoda raznim nutritivnim sastojcima unaprjeđujući njihovu kvalitetu. Time se, osim iskorištenja nusproizvoda kako bi se smanjio prehrambeni otpad zapravo obogaćuje proizvod i prehranu ljudi koji ga konzumiraju. Upravo je to jedna od odlika funkcionalne hrane i njenih sastojaka.

### 2.2.1. Funkcionalna hrana i nutraceutici

Definicija funkcionalne hrane se konstantno mijenja zbog novih saznanja vezanih uz koristi koje nosi za ljudsko zdravlje. Najnovija definicija funkcionalne hrane, koju su izdali znanstvenici Centra za funkcionalnu hranu (FFC), naglašava da funkcionalna hrana nije samo prirodni ili prerađeni proizvod, već sadrži biološki aktivne spojeve. Ovi spojevi moraju biti prisutni u učinkovitim, netoksičnim količinama kako bi pružili klinički dokazano pozitivne učinke na zdravlje, dokumentirane specifičnim biomarkerima. Funkcionalna hrana ima za cilj prevenciju, upravljanje ili liječenje kroničnih bolesti i njihovih simptoma (Martirosyan i sur., 2021). Ova ažurirana definicija usmjerena je na fiziološke učinke, kao što su poboljšanje fizičke izvedbe, kognitivnih funkcija i prevenciju kroničnih bolesti, temeljeno na mjerljivom utjecaju bioaktivnih spojeva. Iako Američka agencija za hranu i lijekove ne prihvaća funkcionalnu hranu kao zasebnu kategoriju, prihvaća zdravstvene tvrdnje koje se vežu za proizvod s takvim svojstvima zbog svog sastava.

Nutraceutici se definiraju kao hrana ili dio hrane koji nudi medicinske ili zdravstvene prednosti, uključujući prevenciju i liječenje bolesti. Usko su povezani s funkcionalnom hranom, ali nutraceutici se obično odnose na proizvode dobivene iz izvora hrane i prodaju se u oblicima kao što su pilule, prašci ili drugi medicinski oblici, a ne tradicionalni prehrambeni proizvodi. To uključuje bioobogaćenu hranu, vitamine, biljne lijekove, pa čak i genetski modificiranu hranu. Primarna razlika između funkcionalne hrane i nutraceutika je da su potonji često više koncentrirani ili izolirani, ne konzumiraju se kao dio redovne prehrane. Kada se nutraceutici integriraju u funkcionalnu hranu, oni mogu poboljšati nutritivne vrijednosti hrane i dodatno doprinijeti prevenciji bolesti ili održavanju zdravlja. Primjeri uključuju obogaćivanje hrane s omega-3 masnim kiselinama, vlaknima, probiotičkim kulturama, antioksidansima ili vitaminima, što su sve komponente koje se mogu klasificirati kao nutraceutici, ali se često nalaze i u funkcionalnoj hrani. Na taj način, nutraceutici mogu proširiti funkcionalne svojstva hrane i pomoći u postizanju specifičnih zdravstvenih ciljeva, poput poboljšanja probave, jačanja imunološkog sustava ili smanjenja rizika od kardiovaskularnih bolesti (Díaz i sur., 2019).

Funkcionalna hrana i nutraceutici čine poveznicu između prehrambenih proizvoda za svakodnevnu konzumaciju i lijekova prepisanih za liječenje određenih stanja (slika 2). U nekim kulturama razlika između hrane i lijeka nikad nije bila velika, a u posljednje vrijeme se takav pristup sve češće koristi u svrhu prevencije kroničnih bolesti.



**Slika 2.** Poveznica između prehrane i farmacije (prema Díaz i sur., 2019)

## 2.2.2. Kora voća i povrća kao dodatak u proizvodnji keksa

Kora voća i povrća zbog svog sastava može biti iznimno korisna. Kora različitih biljnih vrsta tako se koristi pri proizvodnji različitih skupina proizvoda. Međutim, najviše se koristi za obogaćivanje pekarskih proizvoda zbog jednostavne zamjene dijela brašna s prahom kore. Korištenje kore voća i povrća u prehrani predstavlja održiv i zdrav pristup smanjenju prehrambenog otpada. Kora često sadrži veću koncentraciju bioaktivnih spojeva, poput vlakana, polifenolnih spojeva, vitamina i mineralnih tvari nego jestivi dijelovi ploda. Ovi spojevi imaju snažna antioksidacijska, protuupalna i antikancerogena svojstva te mogu doprinijeti prevenciji kroničnih bolesti poput kardiovaskularnih bolesti, dijabetesa i neurodegenerativnih poremećaja. Dobar primjer je jabuka u čijoj se kori nalazi klorogenska kiselina, procijanidin B2 i epikatehini. Kora manga sadrži polifenolne spojeve, pektin, vitamine C i E, a kožica grožđa fenolne kiseline, antocijane, vlakna i stilbene (Pereira i sur., 2024). Tim, ali i drugim spojevima mogu biti obogaćeni keksi u koje se dodaju kore pojedinih biljnih vrsta, a neki primjeri prikazani su u tablici 2.

**Tablica 2.** Pregled radova u kojima se kora različitih biljnih vrsta koristi kao dodatak keksima

Nusproizvod	Mjerena svojstva	Dodana količina	Uvjeti pečenja	Literatura
komina od grožđa (sjemenke i kožica)	vlakna, antioksidacijska svojstva	20/25/30 %	3 cm promjera, 0.5 cm debljine, pečeno u pećnici na 200 °C 10 minuta	Karnopp i sur. (2015)
kora opuncije	antifungalno i antibakterijsko djelovanje	1/3/5 %	-	Hegazy i sur. (2020)
kora dinje	fenolni spojevi, antioksidacijsko djelovanje	50 %	pečeno u pećnici na 200 °C 10 minuta	Silva i sur. (2024)
inkapsulirana kora nara u kapsulu od nusproizvoda narančinog soka	sadržaj fenola, antioksidacijsko djelovanje i boja	0,5 %	pečeno u pećnici na 210 °C 10 minuta, hlađenje 40 min i pakirano u polietilen visoke gustoće	Kaderides i sur. (2019)

**Tablica 2.** Pregled radova u kojima se kora različitih biljnih vrsta koristi kao dodatak keksima - nastavak

kora jabuke	flavonoidi, polifenolni spojevi, topljiva vlakna	4/8/16/24/32%	-	Nakov i sur. (2020)
kora guave	fenolni sastav, likopen, $\beta$ karoten, vitamin C	30/50/70 %	pečeno u pećnici na 200 °C 30 minuta	Bertagnolli (2014)
kora žute pitaje	antioksidacijska svojstva	10/15/20 %	-	El Salous i sur. (2020)
kora crvene pitaje	antioksidacijska svojstva	17 %	135 °C	Yulia i sur. (2024)

Tablica 2 prikazuje pregled radova koji su koristili kora različitih vrsta voća za obogaćivanje pekarskih proizvoda odnosno keksa. U svim radovima kora je sušena i mljevena u prah, koji je u određenoj količini dodavan u bazno tijesto za kekse u kojima su nakon pečenja određivana određena svojstva. U radovima čiji je cilj bio iskorištenje kore kao prirodnog konzervansa koji će produžiti rok trajanja i očuvati svojstva proizvoda analizirala su se antioksidacijska i antifungalna svojstva (Yulia i sur., 2024; El Salous i sur., 2020; Hegazy i sur., 2020). U radovima gdje se kora analizirala sa svrhom nutritivnog obogaćivanja keksa analizirala se količina vitamina, polifenolnih spojeva, vlakana u keksu i senzorska svojstva (Silva i sur., 2024; Nakov i sur., 2020; Bertagnolli, 2014). Uglavnom su keksi s nižim koncentracijama dodanog praha kore imali dobra senzorska svojstva i dobar ukupan dojam proizvoda (Kaderides i sur., 2019; Karnopp i sur., 2015).

## 2.3. BOTANIČKA OBILJEŽJA RODA *Cucurbita*

*Cucurbita* je jedan od najvećih rodova što se tiče broja vrsta koje mu pripadaju i raznolikosti u vidu karakteristika koje obilježava svaku tu vrstu. Uzgoj je proširen po cijelom svijetu u različitim uvjetima te su jedne od prvih udomaćenih vrsta. Početak uzgoja svih vrsta roda *Cucurbita* započinje u Sjevernoj i Južnoj Americi te se od tamo šire po cijelome svijetu (Bisognin, 2002). Rod *Cucurbita* se grana u 4 kultivirane vrste. Izgled biljaka je razgranat s velikim listovima i viticama koji se često granaju u visinu i širinu. Cvjetovi su veliki u nijansama žute i narančaste boje promjera 10 do 16 cm. Ovisno o vrsti i varijetetima, plodovi se međusobno uvelike razlikuju po obliku, boji i veličini. Plodovi određenih vrsta su nejestivi te se koriste kao ukras, a drugi su jestivi ponekad u potpuno zrelom, a nekad u nezrelom stadiju. Rod *Cucurbita* se dijeli na 4 velike vrste: *Cucurbita pepo* L., *Cucurbita moschata*, *Cucurbita argyrosperma* i *Cucurbita maxima* L.

*C. pepo* L. je najčešće kultivirana te ima 3 podvrste i 10 skupina kultivara koji se međusobno uvelike razlikuju prema veličini (od 100 g do 20 kg) te mogu biti raznih oblika od okruglih do plosnatih ili duguljastih kao i svih mogućih boja i tekstura površine. Uzgaja se diljem svijeta u umjereno toplim i tropskim područjima te se smatra ljetnom vrstom. *C. moschata* L. se smatra tropskom vrstom te je bogata provitaminom A. *C. argyrosperma* je tipična za područje Meksika i nije kultivirana često kao ostale vrste, a sjemenke se koriste više od pulpe (Schafer i Paris, 2003).

### 2.3.1. Vrsta *Cucurbita maxima* L.

Bundeve vrste *Cucurbita maxima* L. vrlo su rasprostranjene te su uz *C. pepo* L. (obična bundeva), *C. moschata* Duch. (muškatna bundeva) ekonomski najvažnija vrsta na svijetu. *Cucurbita maxima* L. se izvorno počela uzgajati u Južnoj Americi te se dugo vremena zadržala samo na području Urugvaja i Argentine. Nakon što su je Amerikanci rasprostranili u druge dijelove svijeta iz nje su nastali drugi varijeteti (Bisognin, 2002). Varijeteti unutar *Cucubrita maxima* L. vrste često imaju izražene boje od žute do tamno narančaste i crvene što ukazuje na visoke razine  $\alpha$  i  $\beta$  karotena, luteina i zeaksantina, a od mineralnih tvari pulpa je bogata kalijem, kalcijem i natrijem (Ahmad i Khan, 2019). Bundeve ove vrste bogate su prehranbenim vlaknima kao što je pektin zbog čega imaju niži glikemijski indeks, a sadrže nizak udio masti. Zbog svoje mekane i glatke teksture pogodne su za pripremu juha, pirea i jela slične konzistencije te se često koristi kao zamjena za batat. Takva svojstva pomažu djeci i starijima kod hranjenja (Gugała, 2020). Često se dodaju u slatka jela kao što su keksi, biskvit, kruh, slatkiši. Važnost im je prepoznata u nutritivnom smislu, u prehrambenoj industriji i farmaceutskoj industriji.

Pregledom istraživanja vezanih uz analizu svojstva nusproizvoda različitih vrsta bundevi

uključujući i *Cucurbita maxima* L. može se zaključiti da imaju izražena bioaktivna svojstva, koja imaju biološki i farmakološki značaj. Prema istraživanju Leichtweis i sur. (2022) nusproizvodi bundeve poput kore, sjemenki i listova sadrže visoke razine polifenolnih spojeva poput flavonoida, fenolnih kiselina, flavan-3-ola, te imaju antimikrobna i antioksidacijska svojstva. Takav kemijski sastav može biti iskorišten u prehrambenoj industriji u vidu zamjene za kemijske konzervanse i obogaćivanje prehrambenih proizvoda.

### 2.3.2. Podvrsta *Hokaido*

Vrsti *Cucurbita maxima* L. pripada i podvrsta *Hokaido* bundeve korištena u ovom istraživanju za koju se smatra da je prenesena u Japan gdje se s vremenom razvio varijetet koji danas poznajemo, a prisutna je i na europskom tržištu. Cijenjena je zbog tanke i sjajne kore te mekane unutrašnjosti. *Hokaido* bundeva je jednogodišnja biljka s plodovima u obliku suze srednje veličine i mase od 0,5 do 2,5 kg koji sazrijevaju tijekom zimskih mjeseci. Plodovi su aromatični zbog čega se mogu pripremati i koristiti na razne načine: prženjem, pečenjem, kao dodatak tjestenini, u juhama pri čemu se svako jelo obogati orašastim aromama (Brdar-Jokanović i sur., 2019).

*Hokaido* bundeva ima više varijeteta koji se razlikuju prema boji, veličini i svojstvima, a to su *Blue ballet*, *Green Hokkaido*, *Amoro*, *Blue Kuri*, a varijetet koji se najčešće koristi u kućanstvu i ugostiteljstvu zbog svoje veličine i okusa je *Red Kuri* (slika 3) koji je korišten za izradu ovog rada. Nema mnogo istraživanja koja su obradila specifično ovaj varijetet što bi svakako bilo korisno s obzirom na njegov ekonomski i nutritivni značaj.



**Slika 3.** *Red Kuri* bundeva (vlastita fotografija)

### 2.3.3. Nutritivni sastav *C. maxima* L.

Prema analizi sastava makro i mikronutrijenata te polifenolnih spojeva autora Kim i sur. (2012) izdvojeni su rezultati za vrstu *C. maxima* L. kako bi se dobio uvid u sastav pojedinih dijelova bundeve. Rezultati sastava pojedinih dijelova bundeve prikazani su u tablici 3. Kora sadrži najviše ugljikohidrata, nešto više proteina i vlakana od pulpe, dok sjemenke sadrže najveće količine masti, proteina i vlakana.

Prema istraživanju Susmi i sur. (2023) kora sadrži više mineralnih tvari od sjemenki. Ističe se sadržaj kalija (1,567 %) i fosfora (0,011 %). Određene su i mineralne tvari u tragovima: cink (0,0188 %) i bakar. Kora sadrži i tokoferole i fitosterole, a glavni fitosteroli u kori lanosterol i stigmasterol.

**Tablica 3.** Kemijski sastav (g/kg svježe mase) bundeve *C. maxima* L. (prema Kim i sur., 2012)

Nutrijent	Pulpa	Kora	Sjemenka
Ugljikohidrati	133,53 ± 1,44	206,78 ± 3,25	129,08 ± 8,25
Proteini	11,31 ± 0,95	16,54 ± 2,69	274,85 ± 10,04
Masti	4,20 ± 0,23	8,69 ± 0,99	524,34 ± 1,32
Vlakna	10,88 ± 0,35	22,35 ± 0,01	161,54 ± 6,79
Pepeo	10,53 ± 0,11	11,20 ± 0,64	44,22 ± 0,36

## 2.4. ANTIOKSIDACIJSKA SVOJSTVA

Naše tijelo je svakodnevno izloženo vanjskim utjecajima koji akumulacijom mogu uzrokovati oksidacijski stres u tijelu tj. neravnotežu u kojoj prevladaju slobodni radikali koji svojom reaktivnošću mogu naštetiti stanicama i tkivima. Iako nije moguće spriječiti djelovanje vanjskih utjecaja koji uzrokuju oksidacijski stres poput ionizirajućeg zračenja, onečišćenje zraka, dim cigareta, teških metala i slično, može se utjecati na dostatan unos antioksidacijskih molekula koje pomažu uspostaviti ravnotežu i poništiti nastale slobodne radikale (Pizzino i sur., 2017). Prema istraživanju Hagos i sur. (2023) koncentracije askorbinske kiseline, ukupnih fenola i ukupnih flavonoida u pulpi, kori i sjemenkama bundeve značajno koreliraju s antioksidacijskom aktivnošću. Stoga se bundeva može smatrati funkcionalnom namirnicom čijom se konzumacijom može spriječiti razvoj bolesti koje nastaju djelovanjem slobodnih radikala u odsutnosti antioksidacijskih i protuupalnih spojeva. Prema istraživanju Susmi i sur. (2023) čiji je cilj bio utvrditi ima li bolja antioksidacijska svojstva kora hibridne ili izvorne bundeve dolaze do zaključka da obje varijante imaju bolju aktivnost inhibicije  $\alpha$ -amilaze nego aktivnost inhibicije  $\alpha$ -glukozidaze. Cjelokupna analiza bioloških aktivnosti pokazala je da su ekstrakti kore i izvorne i hibridne varijante pokazali odgovarajuću biološku aktivnost. Nakon



utvrđivanja jake antioksidacijske aktivnosti, Kim i sur. (2012) detektiraju antioksidanse u pulpi, kori i sjemenkama bundeve. Količine  $\alpha$  i  $\gamma$  tokoferola najveće su u sjemenkama ( $20,79 \pm 1,33$  mg/kg i  $28,70 \pm 2,13$  mg/kg, a najmanje u pulpi (ispod 2 mg/kg). S druge strane, najveća vrijednost  $\beta$  kriptoksantina detektirana je u kori bundeve u količini od  $6,57 \pm 1,87$  mg/kg.

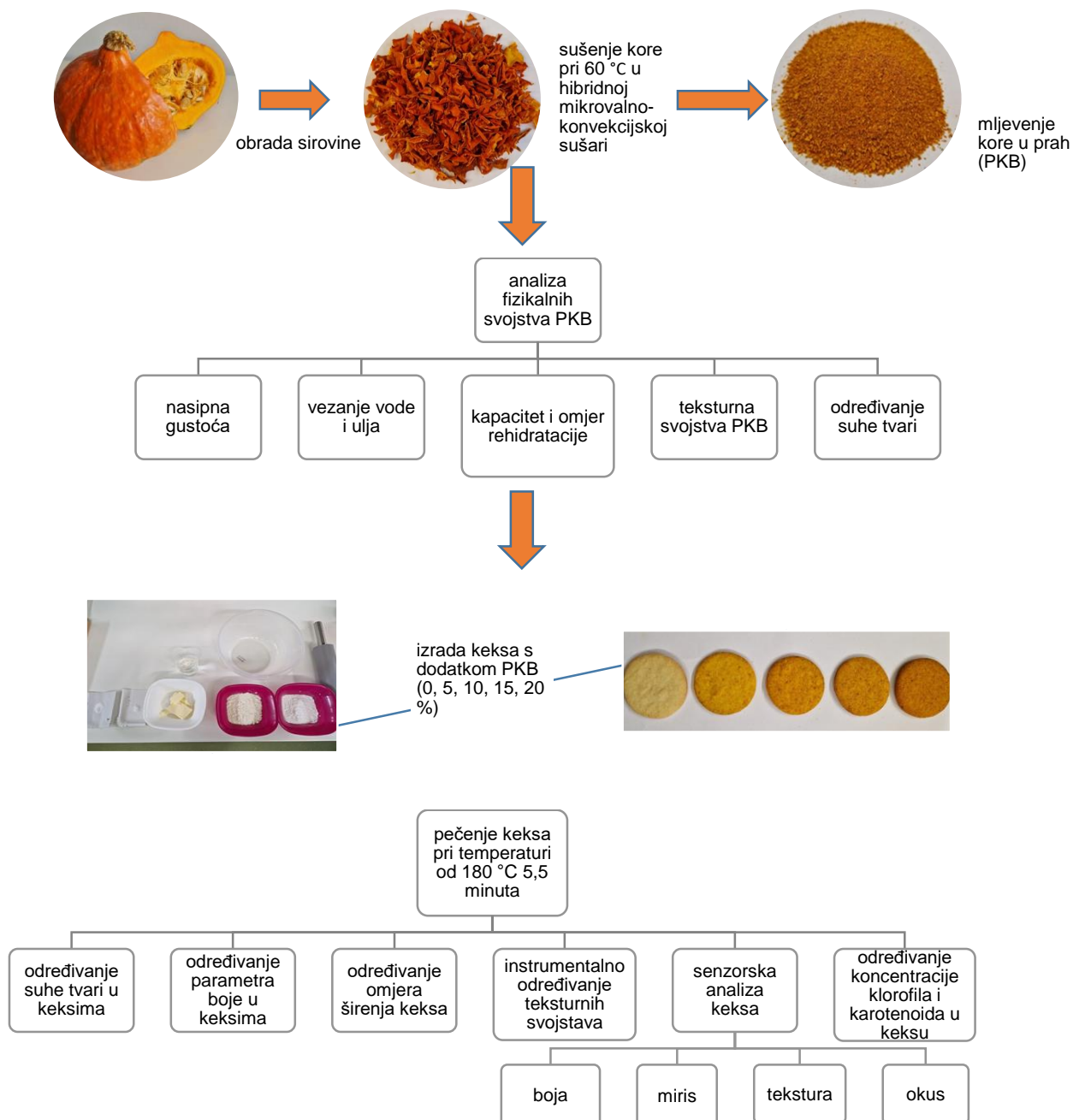
#### 2.4.1. Karotenoidi

Karotenoidi su prirodni pigmenti topljivi u mastima koji se najčešće nalaze u voću i povrću žute, narančaste, crvene i tamno zelene boje. U karotenoide spadaju različiti spojevi, određeni imaju ulogu provitamina kao  $\beta$  karoten i  $\beta$  kriptoksantin, dok ostali nemaju to svojstvo, ali i dalje čine važne spojeve za normalno funkcioniranje organizma kao što je lutein, zeaksantin, likopen i drugi. Karotenoidi su poznati po svom velikom značenju za ljudsko zdravlje tj. održavanje imuniteta i antioksidacijska svojstva koja pomažu u borbi protiv slobodnih radikala (Maiani i sur., 2009).

Prema Grassino i sur. (2023) u bundevama iz porodica *C. moschata* L., *C. pepo* L. i *C. maxima* L., sastav karotenoida se razlikuje ovisno o analiziranom dijelu bundeve. Sjemenke najvećim dijelom sadrže lutein i zeaksantin, a kora i pulpa sadrže  $\beta$  karoten. Dakle, dio bundeve s daleko najvećim udjelom  $\beta$  karotena je kora usporedbom vrijednosti izmjerenih u radu Kim i sur. (2012) gdje *C. maxima* sadrži  $123,19 \mu\text{g/g}$   $\beta$  karotena u kori, a u sjemenkama  $31 \mu\text{g/g}$  te samo  $17 \mu\text{g/g}$   $\beta$  karotena u pulpi bundeve. Izmjerene vrijednosti mogu se razlikovati zbog razlike u varijetetima analiziranih *C. maxima* L., uvjetima rasta bundeve kao i korištenoj metodi određivanja karotenoida.

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

Cilj rada bio je osušiti svježu koru i dobiti prah kore bundeve (PKB) kojim će se djelomično zamijeniti pšenično brašno u smjesi za izradu keksa prema standardnoj recepturi. PKB će zamijeniti brašno u različitim postotcima - 5, 10, 15, 20 %. Nakon pripreme, prahu kore bit će određena odabrana fizikalna svojstva. Pečenim keksima bez dodatka praha kore bundeve (kontrolni keks) te keksima s dodatkom praha bundeve odredit će se boja, svojstva teksture, udio karotenoida i klorofila. Također će biti provedena i senzorska analiza pripremljenih keksa. Sistematizirani koraci istraživanja mogu se vidjeti na slici 4.



Slika 4. Shematski prikaz eksperimentalnog rada

U tablici 4 navedene su kratice korištene u radu i njihovo značenje za lakše označavanje smjesa pripremljenih od pšeničnog brašna i različitih udjela praha kore bundeve te keksa s različitim postotcima dodanog praha kore bundeve (0, 5, 10, 15, 20 %).

**Tablica 4.** Oznake uzoraka korištenih u radu

PB	pšenično brašno
PKB	prah kore bundeve
PB+PKB5	smjesa pšeničnog brašna i 5 % praha kore bundeve
PB+PKB10	smjesa pšeničnog brašna i 10 % praha kore bundeve
PB+PKB15	smjesa pšeničnog brašna i 15 % praha kore bundeve
PB+PKB20	smjesa pšeničnog brašna i 20 % praha kore bundeve
K	kontrolni keks bez dodatka praha kore bundeve
BK5	keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve
BK10	keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve
BK15	keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve
BK20	keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

### 3.1. MATERIJALI I LABORATORIJSKI PRIBOR

#### 3.1.1. Kora bundeve

Za izradu praha kore bundeve koristila se bundeva vrste *C. maxima* L. varijeteta *Red Kuri*, Hokaido lokalnog proizvođača (OPG Šulog, Donja Bistra). Nakon guljenja, svježa kora sušena je u hibridnoj mikrovalno-konvekcijskoj pećnici do konstantne mase. Mljevenjem osušene kore pripremljen je prah za daljnje analize.

#### 3.1.2. Laboratorijski uređaji

Navedeni laboratorijski uređaji korišteni su za izradu ovog rada:

- Analitička vaga (Kern, ABS)
- Hibridna mikrovalna - konvekcijska sušara (Estherm, Hrvatska)
- Kolorimetar (Lovibond LC 100 Spectrocolorimeter & SV 100 Kit, Ujedinjeno Kraljevstvo)
- Mlinac (Iskra TYP GBA 0301)
- Pomično mjerilo (Lux digitalno, 150 mm)
- Tefal optimo 39l mini pećnica of4848
- Tehnička vaga (Sartorius Croatia, Libra Elektronik)
- Texture analyzer (TA HDPlus, Stable Microsystems, Ujedinjeno Kraljevstvo)
- Uređaj za centrifugiranje (Domel, Centric 250)
- Vorteks (Metron, Zagreb, Hrvatska)

### 3.1.3. Laboratorijski pribor

Pribor potreban za provođenje analiza odrađenih u ovom radu je sljedeći:

- Automatske pipete
- Falcon kivete
- Filter papir
- Menzure
- Metalna špatula
- Plastične epruvete za centrifugiranje
- Staklene čaše, lijevci, štapić

### 3.1.4. Ostali materijali

Prilikom izrade keksa prema recepturi i određivanju vezanja ulja koristili su se sljedeći sastojci:

- maslac (Dukat)
- morska sol (Solana Pag)
- natrijev hidrogenkarbonat (Franck)
- otopina D-(+)-glukoza monohidrata (CLARO-PRO)  
Priprema: 8,9 g D-(+)-glukoza monohidrata otopi se u 15 ml obične vode
- pšenično glatko brašno tip 550 (Podravka)
- suncokretovo ulje (Zvijezda)
- šećer u prahu (Franck)

### 3.2. PRIPREMA PRAHA KORE BUNDEVE

Uzorak praha kore bundeve pripremljen je iz prethodno opranih i osušenih bundeva kojima se uklonila kora. Svježa kora je u tankom sloju sušena u hibridnoj mikrovalno-konvekcijskoj sušari (Estherm, Hrvatska) pri temperaturi od 60 °C, snage mikrovalova 90 W i protoku zraka 1,5 m/s do postizanja konstantne mase (slika 5).



**Slika 5.** Kora bundeve prije i nakon sušenja (*vlastita fotografija*)

Srednje vrijeme sušenja bilo je 50 minuta uz povremeno miješanje zbog ravnomjernijeg sušenja. Masa svježeg uzorka koji je bio potreban za dobivanje 200 g suhe kore bila je 1101,7 g. Osušena kora skladištena je u vakuum vrećicama na suhom mračnom mjestu pri sobnoj temperaturi, a za daljnja istraživanja samljevena je u prah.

### 3.3. ODREĐIVANJE SUHE TVARI

Suha tvar predstavlja količinu preostale tvari u materijalu nakon uklanjanja vode. Određena je standardnom metodom za određivanje suhe tvari (AOAC, 1995) temeljena na sušenju do konstante mase pri temperaturi od 105 °C. Određivanje se provodi tako da se u prethodno osušenu, ohlađenu te izvaganu aluminijsku posudicu s poklopcem odvaži oko 2 g uzorka kore bundeve (svježe i sušene). Otvorene posudice s uzorcima zajedno s pripadajućim poklopcem sušene su u sušioniku pri temperaturi od 105 °C. Nakon 2 sata posudice s poklopcem i uzorkom se vade, stavljaju u eksikator te nakon hlađenja ponovno važu. Proces sušenja, hlađenja u eksikatoru i vaganja ponavlja se do postizanja konstantne mase. Ukupna suha tvar u uzorku izračuna se prema jednadžbi [1]:

$$\text{Suha tvar (\%)} = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0) \cdot 100 \quad [1]$$

Gdje je:

$m_0$  – masa prazne posudice s poklopcem

$m_1$  – masa iste posudice s uzorkom prije sušenja

$m_2$  – masa iste posudice s uzorkom nakon sušenja

Suha tvar određivana je u keksu bez dodatka PKB, keksima s dodanom bundevinom korom te u prahu kore bundeve.

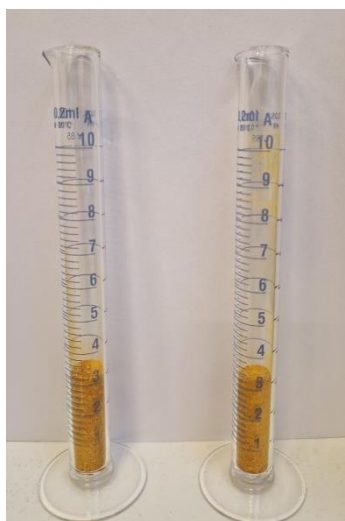
### 3.4. ODREĐIVANJA FIZIKALNIH SVOJSTAVA PRAHA KORE BUNDEVE

Prije izrade keksa s dodatkom PKB, provedena je analiza fizikalnih svojstava PB, PKB, PB+PKB5, PB+PKB10, PB+PKB15 i PB+PKB20. Određivana fizikalna svojstva su: nasipna gustoća, kapacitet vezanja vode i ulja, određivanje sposobnosti rehidratacije i koeficijenta rehidratacije i svojstva teksture. U nastavku slijedi opis svih provedenih analiza.

#### 3.4.1. Nasipna gustoća

Nasipna gustoća analizirana je kako bi se odredilo koliko prah zauzima prostora u slučaju potrebe skladištenja te za planiranje veličine ambalaže za pohranu praha.

Nasipna gustoća je određena prema metodi koju su opisali Bernstein i sur. (2001), a provodi se tako da se u menzuru od 10 ml dodaje 2 g uzorka prethodno izvaganog na analitičkoj vagi. Menzura se protrese i očita se volumen koji ta masa zauzima (slika 6).



**Slika 6.** Mjerenje nasipne gustoće (vlastita fotografija)

Iz poznate mase uzorka (2 g) i volumena kojeg on zauzima izračuna se nasipna gustoća prema jednadžbi [2]:

$$\rho = m/V \quad [2]$$

gdje je:

$\rho$  – gustoća uzorka

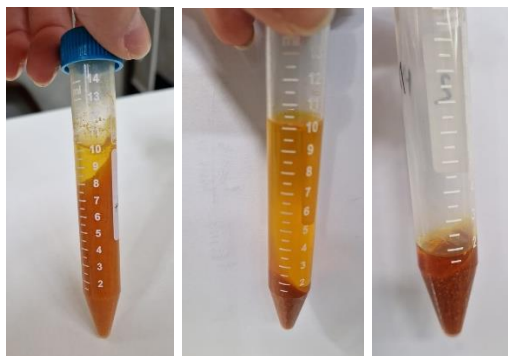
$m$  – masa uzorka

$V$  – volumen uzorka

### 3.4.2. Kapacitet vezanje vode/ulja

Određivanje sposobnosti vezanja vode i ulja provedeno je prema modificiranoj metodi koju su opisali Elkhalfa i sur. (2005). Metodom se određuje masa vode odnosno ulja koju namirnica može vezati nakon provedenog centrifugiranja. Postupak uključuje miješanje uzorka (1 g) s 10 ml destilirane vode odnosno ulja u prethodno izvaganoj kiveti. Potom se uzorak s destiliranom vodom/uljem homogenizira pomoću vorteksa i ostavi stajati 15 minuta na sobnoj temperaturi. Nakon toga slijedi centrifugiranje na 4000 okretaja u minuti tijekom 20 minuta te po završetku centrifugiranja uklanjanje supernatanta. Potom slijedi još jedno centrifugiranje u istim uvjetima te uklanjanje supernatanta (slika 7). Postupak je proveden u dva paralelna određivanja za uzorke PB i PKB, PB+PKB5, PB+PKB10, PB+PKB15 i PB+PKB20. Na kraju se uzorak s kivetom izvaže te se kapacitet zadržavanja vode tj. ulja izračuna prema jednadžbi [3]:

$$m (\text{uzorak+upijena voda/ulje})=m (\text{uzorak+kiveta})-m (\text{kiveta}) \quad [3]$$



**Slika 7.** Određivanje sposobnosti vezanja ulja praha kore bundeve (*vlastita fotografija*)

### 3.4.3. Određivanje rehidrationskog omjera i koeficijenta rehidracije

Rehidrationski omjer i koeficijent rehidracije određuje se odvagom 3 g uzorka (PB i PKB, PB+PKB5, PB+PKB10, PB+PKB15 i PB+PKB20) koji se dodaje u 150 ml destilirane vode zagrijane do vrenja te se dalje grije 3 minute uz stalno miješanje staklenim štapićem. Zatim slijedi filtriranje kroz prethodno izvagani filter papir. Uzorak zaostao na filter papiru se izvaže zajedno s filter papirom.

Iz dobivenih masa računa:

Rehidrationski omjer (RO) = masa rehidratiranog uzorka / masa suhog uzorka

Koeficijent rehidracije izračunat je prema formuli:

Koeficijent rehidracije (KR) = masa rehidratiranog uzorka / masa početnog svježeg uzorka

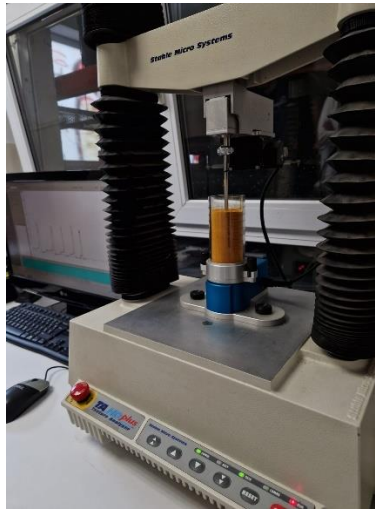
### 3.4.4. Mjerenje teksturnih svojstava

Pomoću analizatora teksture (Texture analyzer HDPlus, Stable Microsystems, UK) u uzorku glatkog brašna kao kontrolnog uzorka i praha kore bundeve određivana su sljedeća svojstva teksture praškastih materijala: kohezivnost (*cohesion*), ovisnost protoka praha o brzini protoka (*powder flow speed dependence*), zgrudnjavanje (*caking*) i brzi test (*quick*) (slika 8). Kohezivnost je tendencija da se čestice praha prilipe zajedno i aglomeriraju (tvore veće nakupine čestica). Svojstva protoka praha mogu se promijeniti s povećanjem ili smanjenjem brzine protoka. Na primjer, prah može biti otporniji na protok jer je prisiljen teći brže ili može teći brže kako se brzina protoka povećava.

Zgrudnjavanje je sklonost praha stvaranju velikih aglomerata tijekom skladištenja i transporta. Sklonost praha zgrudnjavanju usko je povezana s njegovom kohezivnošću i općenito će prah koji je kohezivan također formirati "grude" tijekom testa zgrudnjavanja.

Svi testovi su standardizirani jer su dio paketa koji dolazi s programom za analizu teksture.





**Slika 8.** Mjerenje teksture praha kore bundeve na uređaju Texture analyzer HDPlus, Stable Microsystems, UK (*vlastita fotografija*)

### **3.5. IZRADA KEKSA S DODATKOM PRAHA KORE BUNDEVE**

Keksi se izrađuju prema prilagođenom receptu Američkog udruženja tehnologa za žitarice iz 1990. godine (*American Association of Cereal Chemists*).

Prije same izrade keksa s dodatkom PKB provedena su preliminarna ispitivanja u kojima se u tijestima za izradu keksa koristilo glatko ili oštro pšenično brašno. Nakon pečenja, keksi izrađeni korištenjem oštrog brašna više su izgubili oblik dok su oni rađeni glatkim brašnom zadržali oblik prilikom pečenja i imali karakterističnu tvrdoću za kekse. Također, površina keksa pripremljenih od smjese s oštrim brašnom bila je neravna i neujednačena. Zbog navedenog, u daljnjim pripremama smjesa za izradu keksa korišteno je glatko brašno. Također, smanjena je i količina soli iz originalne recepture zbog previše izraženog slanog okusa (tablica 5).

Nakon preliminarnih ispitivanja (priprema tijesta bez i sa dodatkom PKB, određivanja temperature i vremena pečenja) utvrđen je postupak izrade smjese i uvjeti pečenja keksa (sa i bez dodatka PKB) koji su korišteni u daljnjim analizama.

Smjesa za izradu keksa pripremljena je tako da su prvo pomiješani svi suhi sastojci - brašno, šećer u prahu, natrijev hidrogenkarbonat i sol kojima je dodan izmrvljeni omekšali maslac. Otopina zadane koncentracije dekstroze se postepeno dodavala dok smjesa nije postala dovoljno ljepljiva za izradu kugle bez puno miješanja i zagrijavanja rukama. Ovisno o količini dodanog PKB, razlikovao se dodatak otopine dekstroze u tijesto. Pripremljeno je 5 različitih smjesa za kekse - kontrolno tijesto bez dodatka PKB, te tijesto u kojem je ukupna količina pšeničnog glatkog brašna prema recepturi zamijenjena određenim postotkom PKB (5, 10, 15, 20 %). Pripremljeno tijesto stoji u frižideru 15 minuta, a potom se valja na debljinu od

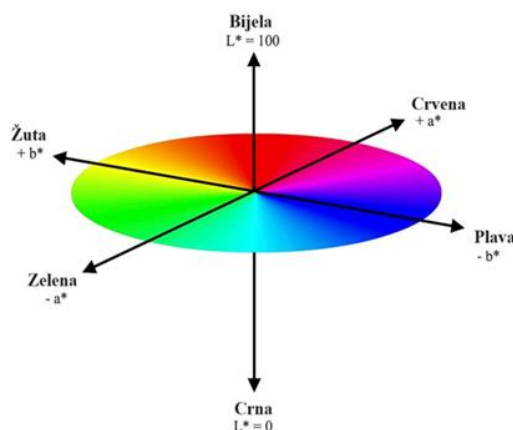
0,3 cm. Keksi se oblikuju uz pomoć kalupa za kekse u obliku kruga promjera 5 cm. Slijedi pečenje u (Tefal optimo 39 L mini pećnici of4848) na plehu s papirom za pečenje pri temperaturi od 180 °C/ 4 minute s upaljenim gornjim i donjim grijačem te još 1,5 minuta u istim uvjetima uz upaljeni ventilator.

**Tablica 5.** Sastojci za osnovno tijesto prema AACC i količine korištene u eksperimentalnom dijelu

Sastojci	Količina u gramima (g, prema AACC)	Količina (g, prilagođena)
Brašno	100	100
Šećer u prahu	56	56
Sol	1	0,25
Natrijev hidrogenkarbonat	1,11	1,11
Maslac	40	40
Dekstroza	14,5 ml (8,9 g u 150 ml vode)	20 ml (8,9 g u 150 ml vode)

### 3.5.1. Određivanje parametara boje keksa

Boja, kao ključno optičko svojstvo hrane, igra značajnu ulogu u određivanju njezine kvalitete. Stoga je tijekom procesa sušenja potrebno posebno obratiti pozornost na vanjski izgled i boju sušenog proizvoda. Najčešće korišten matematički sustav za mjerenje boje u prehrambenoj industriji je CIE L\* a\* b\* sustav (slika 9), a smatra se najbližim ljudskoj vizualnoj percepciji (Karlović, 2013).



**Slika 9.** Trodimenzionalni CIE L\*a\*b\* sustav boja (prema Belasco i sur., 2020)

U ovom sustavu mjerenja određuju se parametri boje  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  gdje parametar boje  $L^*$  predstavlja svjetlinu (skala od 0 za potpuno crnu do 100 za potpuno bijelu boju). Parametar boje  $a^*$  ima raspon od -100 do +100, gdje negativne vrijednosti označavaju približavanje zelenoj, a pozitivne crvenoj boji. Parametar boje  $b^*$  također ima isti raspon od -100 (čisto plava boja) do +100 (čista žuta boja). Kombinacija parametara boje  $a^*$  i  $b^*$  predstavlja boju materijala, dok parametar  $L^*$  predstavlja svjetlinu te boje (Karlović, 2013).

Pomoću dobivenih vrijednosti parametara boje  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  izračunava se ukupna promjena boje ( $\Delta E^*$ ). Parametar  $\Delta E^*$  predstavlja ukupnu promjenu boje i daje informacije o tome koliko se boja nekog uzorka razlikuje od referentne vrijednosti, u ovom istraživanju boje kontrolnog keksa, a izračunava se prema jednadžbi [4]:

$$\Delta E^* = \sqrt{((L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2)} \quad [4]$$

Gdje je:

$L^*$  - svjetlina boje ispitivanog uzorka u  $L^*a^*b^*$  sustavu

$a^*$  - parametar boje ispitivanog uzorka

$b^*$  - parametar boje ispitivanog uzorka

$L^*_{ref}$  - svjetlina boje referentnog uzorka

$a^*_{ref}$  - parametar boje referentnog uzorka

$b^*_{ref}$  - parametar boje referentnog uzorka

Mjerena je boja keksa s različitim postocima dodanog PKB. Za tumačenje ukupne promjene boje u odnosu na kontrolni keks bez dodatka PKB koristila se tablica 6 (Xiao, 2008).

Promjene parametara boje u odnosu na kontrolni uzorak mogu se računati pomoću slijedećih formula:

$$\Delta L = L \text{ uzorak} - L \text{ standard}$$

pri čemu: +  $\Delta L$  znači da je uzorak svjetliji od standarda

-  $\Delta L$  znači da je uzorak tamniji od standarda

$$\Delta a = a \text{ uzorak} - a \text{ standard}$$

pri čemu: +  $\Delta a$  znači da je zasićenje uzorka crvenom bojom veće nego kod standarda

-  $\Delta a$  znači da je zasićenje uzorka zelenom bojom veće nego kod standarda

$$\Delta b = b \text{ uzorak} - b \text{ standard}$$

pri čemu: +  $\Delta b$  znači da je zasićenje uzorka žutom bojom veće nego kod standarda

-  $\Delta b$  znači da je zasićenje uzorka plavom bojom veće nego kod standarda

**Tablica 6.** Značenje dobivene vrijednosti  $\Delta E^*$  u vizualnom opažanju u odnosu na referentnu (prema Xiao, 2008)

$\Delta E^*$	Značenje
0 - 0,5	Razlike u tragovima
0,5 - 1,5	Mala razlika
1,5 - 3,0	Primjetna razlika
3,0 - 6,0	Značajna razlika
6,0 - 12,0	Velika razlika
$\geq 12,0$	Vrlo velika razlika

Parametri boje keksima K, BK5, BK10, BK15, BK20 mjereni su na 6 uzoraka (iz različitih šarža pečenja). Za svaki keks je izračunata srednja vrijednost tih izmjerenih parametara te se na temelju tih podataka računa promjena parametara boje ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) kao i ukupna promjena boje ( $\Delta E^*$ ) u odnosu na kontrolni keks (K).

### 3.5.2. Određivanje promjene promjera i debljine keksa

Debljina i promjer keksa mjereni su uz pomoć pomičnog mjerila prije i nakon pečenja. Nastojalo se da svi keksi prilikom izrade budu iste debljine (0,3 cm) i promjera (5 cm) kako bi se bolje uočio utjecaj dodatka PKB u tijesto nakon pečenja. Nakon pečenja, keksima ohlađenim na sobnu temperaturi mjereni su promjer i debljina. Promjer i debljina keksa mjerena su na 6 uzoraka. Iz srednjih vrijednosti promjera i debljine keksa izračunava se omjer širenja prema jednadžbi [5]:

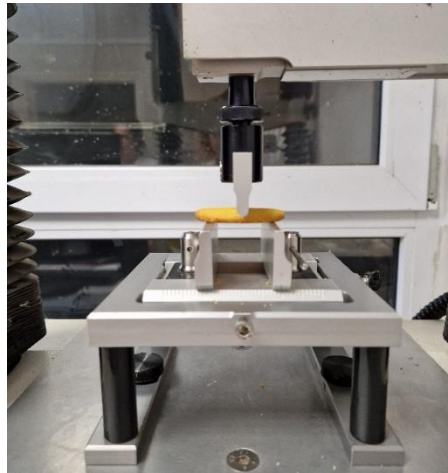
$$\text{Omjer širenja (\%)} = (\text{promjer keksa/debljina keksa}) \cdot 100 \% \quad [5]$$

Omjer širenja ukazuje kako određena količina dodanog PKB utječe na mijenjanje oblika keksa tijekom pečenja u odnosu na kontrolni keks. Praćenje omjera širenja važno je u industriji zbog ponovljivosti i ujednačenosti proizvoda.

### 3.5.3. Mjerenje loma i progiba keksa

Keksi pripremljeni od glatkog brašna bez dodatka PKB (kontrolni keks - K) te keksi s dodatkom praha kore bundeve u različitim postocima (5, 10, 15, 20 %) analizirani su uz pomoć analizatora teksture (Texture analyzer HDPlus, Stable Microsystems, UK) (slika 10).

Na keksima su rađeni testovi sile loma i progiba. Mjerenje je provedeno na 3 keksa za svaku vrstu keksa. Sila loma definirana je kao maksimalna korištena sila pri kojoj dolazi do pucanja uzorka keksa kada on više ne može pružiti otpor. To se može interpretirati kao čvrstoća keksa odnosno količina otpora kojeg je keks pružio prije nego je došlo do loma. Otpor koji keks pruža sili je zapravo naprezanje, ali ono se ne može konkretno interpretirati pa se onda prikazuje kao sila pri kojoj dolazi do pucanja.



**Slika 10.** Mjerenje sile loma keksa (*vlastita fotografija*)

Progib je duljina savijanja keksa prije pucanja te se prikazuje u milimetrima. Progib se interpretira kao elastičnost keksa. Ovi parametri mjereni su zbog usporedbe sile loma i progiba keksa između odnosno određivanja čvrstoće keksa s različitim dodatkom PKB.

#### 3.5.4. Određivanje klorofila i karotenoida u keksima s dodatkom PKB

Prema metodi koju su opisali Wettstein (1957) i Holm (1954) u keksima s različitim dodacima PKB (0, 5, 10, 15, 20 %) određen je udio klorofila a i b te karotenoida. Određivanje udjela klorofila i karotenoida u keksima pokazuje u kojoj mjeri dolazi do obogaćivanja keksa ovim spojevima i povećanja njihove nutritivne vrijednosti u odnosu na kontrolni keks.

Postupak određivanja koncentracije pigmenata (karotenoidi i klorofili) iz uzorka uključuje ekstrakciju korištenjem odgovarajućeg otapala (acetona) kako bi došlo do učinkovitog izdvajanja pigmenta iz tkiva uzorka. Nakon ekstrakcije, uzorak se filtrira ili centrifugira kako bi se uklonile krute čestice i dobila bistra otopina koja sadrži pigmente. Dobivenoj otopini se mjeri apsorbancija na specifičnim valnim duljinama pomoću UV-VIS spektrofotometra. Za određivanje klorofila apsorbancija je mjerena na valnoj duljini 662 nm (za klorofil a) i 644 nm (za klorofil b), dok su se karotenoidi mjerili na 440 nm. Koncentracije klorofila a, klorofila b, ukupnog klorofila (a + b), i karotenoida računaju se koristeći specifične

jednadžbe koje uključuju apsorbancije na tim valnim duljinama. Jednadžbe [6, 7, 8, 9] korištene za određivanje klorofila i karotenoida su:

$$\text{Klorofil a} = 9,784 \cdot A_{662} - 0,990 \cdot A_{644} \quad [6]$$

$$\text{Klorofil b} = 21,426 \cdot A_{644} - 4,650 \cdot A_{662} \quad [7]$$

$$\text{Klorofil (a + b)} = \text{klorofil a} + \text{klorofil b} \quad [8]$$

$$\text{Karotenidi} = (4,692 \cdot A_{440} - 0,268 \cdot (\text{klorofil a} + \text{klorofil b})) / V \quad [9]$$

Gdje je:

$A_{662}$ ,  $A_{644}$  i  $A_{440}$  - apsorbancije uzorka pri valnim duljinama od 662 nm, 644 nm, i 440 nm

V - volumen ekstrakta

### 3.5.5. Senzorska analiza keksa

Na pripremljenim keksima (sa i bez dodatka PKB) provedena je senzorska analiza pomoću panela. Senzorska analiza je provedena dan nakon pečenja keksa. Panel se sastojao od 15 ocjenjivača, 7 muškaraca i 8 žena u rasponu od 24 do 55 godina. Svaki član je od prije bio upoznat s principima i osnovama senzorske analize, međutim manji dio panela imao je već prethodna iskustva sudjelovanja u senzorskim ocjenjivanjima. Ocjenjivanje je bilo anonimno. Svaka osoba je dobila dva upitnika. Prvi je upitnik bila 5-bodovna hedonistička skala od 1 ("jako mi se ne sviđa") do 5 ("jako mi se sviđa"). Ocjenjivana senzorska svojstva bila su: boja, miris, tekstura i okus (Meilgaard i sur., 2007).

Keksi su bili šifrirani troznamenkastim brojem te panelisti nisu znali koji keks ocjenjuju (osim kontrolnog).

Upitnik za senzorsko ocjenjivanje koristio se za ocjenjivanje 4 senzorska svojstva (izgled, tekstura, miris, okus) opisanih pomoću 14 deskriptora, nekoliko za svako svojstvo: oblik, boja, površina, tvrdoća, lomljivost, zrnata tekstura, osjećaj otapanja u ustima, svojstven i strani miris, slatkoća, slanost, mliječni, svojstven i strani okus. Ocjenjivao se intenzitet deskriptora od 1 ("nije uočljivo") do 100 ("vrlo izraženo svojstvo") te je bilo moguće napisati komentar ispod tablice s ocjenama kao dodatno objašnjenje nekog svojstva. Ocjene su prikupljene te analizirane kako bi se utvrdilo koji keks je najbolje prihvaćen od strane panelista.

### **3.6. OBRADA PODATAKA**

Preciznost mjerenja boje kolorimetrom i promjera i debljine keksa osigurana je sa 6 ponavljanja mjerenja. Mjerenje sile loma i progiba keksa mjereno je u 3 paralele, a sve ostale analize provedene su u dvije paralele (sposobnost vezanja vode i ulja, koeficijent i omjer rehidracije). Za obradu rezultata te izradu tablica i grafova korišten je Microsoft Excel. Unutar programa Microsoft Excel koristio se paket za analizu podataka, točnije jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) za uspoređivanje rezultata uz razinu značajnosti  $p \leq 0,05$ .

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Rad obuhvaća provedbu analize fizikalnih svojstva praha sušene kore bundeve *Hokaido* (*C. maxima* L.) kao i izradu keksa prema standardnom receptu uz zamjenu dijela pšeničnog glatkog brašna prahom kore bundeve u različitim postotcima (5, 10, 15, 20 %). Cilj istraživanja je ispitati mogućnost korištenja bundevine kore kao nusproizvoda hrane u obogaćivanju keksa nutritivnim sastojcima koji mogu obogatiti ljudsku prehranu.

Rezultati su podijeljeni u 4 potpoglavlja. Potpoglavlje 4.1. odnosi se na dobivanje PKB te rezultate analize suhe tvari. Potpoglavlje 4.2. se odnosi na rezultate određivanja fizikalnih svojstva odnosno nasipne gustoće, sposobnosti vezanja vode i ulja, koeficijent i omjer rehidracije. Rezultati fizikalnih svojstva uzoraka PB, PKB, PB+PKB5, PB+PKB10, PB+PKB15 i PB+PKB2 prikazani su na slikama 12 i 13 te u tablici 7. Slike 14 i 15 prikazuju rezultate određivanja brzine protoka PB i PKB o sili, a slike 16 i 17 prikazuju rezultate određivanja kohezivnosti PB i PKB. Treće potpoglavlje (4.3.) obuhvaća rezultate dobivene analizom keksa s dodatkom PKB (K, BK5, BK10, BK15 i BK20) čiji se izgled nakon pečenja vidi na slici 18. U tablici 8 nalaze se rezultati određivanja suhe tvari keksa, dok se slika 19 odnosi na rezultate određivanja boje i usporedbe boje keksa BK5, BK10, BK15 i BK20 s keksom bez dodatka PKB (K). Omjer širenja izračunat iz srednje vrijednosti promjera keksa i debljine keksa prikazan je u tablici 9. Sile loma prikazane su grafički na slici 20, a rezultati mjerenja progiba keksa u tablici 10. Rezultati određivanja ukupnog klorofila i pojedinačne vrijednosti klorofila a i b nalaze se u tablici 11, dok je udio karotenoida u keksima prikazan grafički na slici 21. Zadnje potpoglavlje (4.4.) odnosi se na rezultate senzorskog ocjenjivanja keksa uz pomoć dva upitnika koje ispunjava senzorski panel. Rezultati ocjenjivanja dobiveni korištenjem hedonističke skale prikazani su na slici 22 dok se ocjene drugog upitnika nalaze prikazane u tablici 12.



## 4.1. PRAH KORE BUNDEVE

Sušenjem svježe kore bundeve u hibridnoj mikrovalno-konvekcijskoj sušari pri temperaturi od 60 °C, snage mikrovalova 90 W, s protokom zraka 1,5 m/s do ustaljenja mase dobivena je suha kora koja je samljevena u prah (slika 11). Prah je intenzivne narančaste boje, ugodnog mirisa koji se skladištio u staklenim zatamnjenim spremnicima tijekom provođenja analiza i pripreme kekisa.



**Slika 11.** Prah kore bundeve nakon mljevenja osušene kore (*vlastita fotografija*)

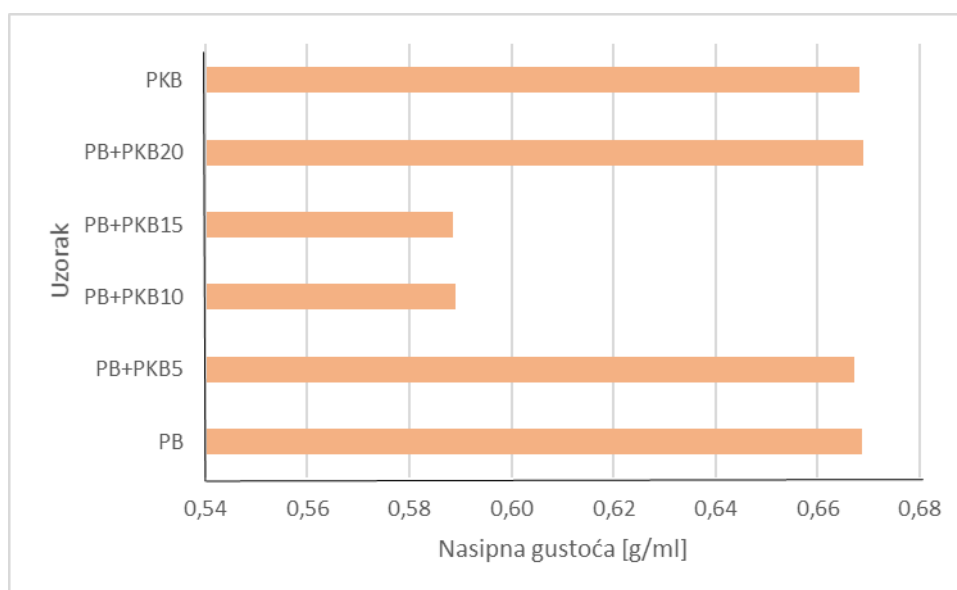
### 4.1.1. Rezultat određivanja suhe tvari praha kore bundeve

Suha tvar predstavlja količinu preostale tvari u materijalu nakon uklanjanja vode. Suha tvar čini 93,39 % uzorka PKB. Rezultati analize kore bundeve *C. maxima* L. grupe autora (Jahan i sur. 2023) pokazuju sličnu vrijednost suhe tvari od 92,05 %. Razlike su moguće ovisno o varijetetu bundeve i okolišu u kojem je uzgojena.

## 4.2. REZULTATI ODREĐIVANJA FIZIKALNIH SVOJSTAVA PRAHA KORE BUNDEVE

### 4.2.1. Rezultati određivanja nasipne gustoće i sposobnosti vezanja vode i ulja

Uzorcima PB, PKB, PB+PKB5, PB+PKB10, PB+PKB15 i PB+PKB20 prema navedenim metodama određena je nasipna gustoća te sposobnost vezanja ulja i vode. Analize su provedene u 2 paralelna mjerenja. Srednje vrijednosti rezultata određivanja nasipne gustoće su prikazane na slici 12.



**Slika 12.** Rezultati određivanja nasipne gustoće uzoraka PB, PKB, PB+PKB5, PB+PKB10, PB+PKB15 i PB+PKB20

PB - pšenično brašno, PKB - prah kore bundeve, PB+PKB5 – smjesa pšeničnog brašna i 5 % praha kore bundeve, PB+PKB10 – smjesa pšeničnog brašna i 10 % praha kore bundeve, PB+PKB15 – smjesa pšeničnog brašna i 15 % praha kore bundeve, PB+PKB20 – smjesa pšeničnog brašna i 20 % praha kore bundeve

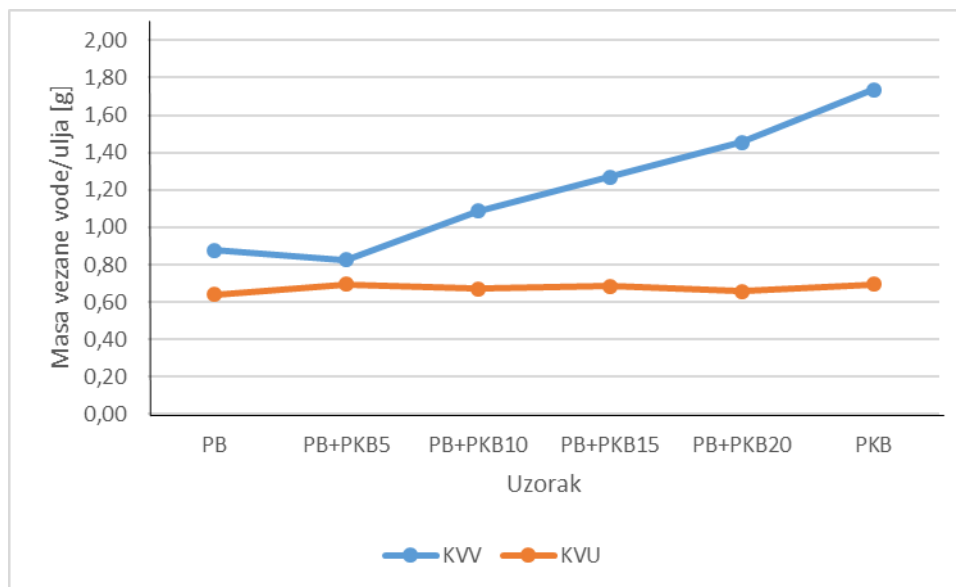
Pšenično brašno i prah bundevine kore imaju gotovo identične nasipne gustoće (0,6687 g/ml i 0,6682 g/ml). Uzorak PB+PKB5 ima nasipnu gustoću od 0,6672 g/ml, što je vrlo blizu kontrolnom uzorku PB i PKB, što znači da manji dodatak PKB ne mijenja nasipnu gustoću.

Uzorci PB+PKB10 i PB+PKB15 imaju nešto veći volumen uzorka (3,4 ml) i niže nasipne gustoće (0,5890 g/ml i 0,5885 g/ml), što znači da PKB kod ovih postotaka doprinosi lakšoj strukturi smjese. Razlog bi mogla biti veća poroznost ili prozračnost uzorka pri tim koncentracijama PKB. Uzorak s 20 % PKB ima gustoću sličnu kontrolnom uzorku (0,6689 g/ml), što ukazuje da s većim postotkom PKB nasipna gustoća ponovno raste. Ovaj rezultat

može sugerirati da dodatkom većeg postotka PKB takva smjesa postaje kompaktna, slično kao PB.

Dakle, dodatak PKB u postocima od 10 % do 15 % dovodi do smanjenja nasipne gustoće, vjerojatno zbog povećane prozračnosti ili poroznosti smjese. Međutim, pri dodatku od 20 % nasipna gustoća se vraća na razinu sličnu kontrolnom uzorku, što može biti zbog zbijanja strukture s većim udjelom PKB. Analizom nasipne gustoće mješavine bundevinog praha i pšeničnog brašna Norfezah i sur. (2011) su u svom radu utvrdili da nema značajne razlike što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja.

Prema rezultatima za masu vezane vode i ulja (slika 13), PB veže najmanje vode, a povećanjem postotka dodanog PKB u PB povećava se i masa vezane vode. Uzorak PB+PKB5 veže najmanje vode (0,8246 g), dok uzorak PB+PKB20 veže najviše vode (1,4539 g) što je u skladu s obzirom da je sposobnost vezanja vode kod PKB veća nego kod PB. Dakle, može se očekivati da je potreban dodatak veće količine tekućine u smjesu kako bi se formirali keksi s dodatkom praha kore bundeve nego kontrolnih keksa. Abdulaali i George (2020) u svom su istraživanju također mjerili sposobnosti vezanja vode praha kore bundeve *C. moschata* L. te utvrdili da se otprilike 8 ml vode veže na gram kore što je puno više od vrijednosti izmjerenih u ovom radu (1,7378 g vezane vode). Razlog tome može biti korištenje drugog varijeteta bundeve, druge metode određivanja svojstva ili drugačija metoda sušenja kore. Iako su navedeni autori dobili veće vrijednosti vezane količine vode na PKB, ono što je u skladu s rezultatima ovog provedenog istraživanja je veće vezanje vode kod PKB nego kod običnog brašna, što su istom metodom za koru bundeve *C. maxima* L. potvrdili i Hussain i sur. (2023). Smatra se da je razlog većeg vezanja vode kod PKB sadržaj netopljivih vlakana kao što su celuloza, hemiceluloza i pektin koji su hidrofilni te imaju veće sposobnosti vezanja vode. Podatak o sposobnosti vezanja vode važan je za svojstva proizvoda, te način na koji će se proizvod tretirati od proizvodnje do skladištenja.



**Slika 13.** Rezultati određivanja sposobnosti vezanja vode i ulja uzoraka PB, PKB, PB+PKB5, PB+PKB10, PB+PKB15 i PB+PKB20

PB - pšenično brašno, PKB - prah kore bundeve, PB+PKB5 – smjesa pšeničnog brašna i 5 % praha kore bundeve, PB+PKB10 – smjesa pšeničnog brašna i 10 % praha kore bundeve, PB+PKB15 – smjesa pšeničnog brašna i 15 % praha kore bundeve, PB+PKB20 – smjesa pšeničnog brašna i 20 % praha kore bundeve, KVV – kapacitet vezanja vode, KVU – kapacitet vezanja ulja

Rezultati vezanja ulja se razlikuju od onih vezanja vode. Masa vezanog ulja je manja kod brašna s dodatkom PKB nego kod PB. Nema veće razlike između sposobnosti vezanja ulja među uzorcima s različitim postocima dodanog PKB. Najveću masu vezanog ulja ima PBK (0,6949 g), a najmanju PB (0,6402 g), međutim ne primjećuje se povećanje mase vezanog ulja s povećanjem postotka dodanog PKB. Rezultati vezanja ulja u istraživanju autora Abdulaali i George (2020) iznose 1,997 ml/g što je više u usporedbi s rezultatom ovog rada.

#### 4.2.2. Rezultati određivanja koeficijenta rehidracije i omjera rehidracije

Rehidrationski koeficijent i omjer izračunati su nakon provedenog testa rehidracije uzoraka PB, PKB, PB+PKB5, PB+PKB10, PB+PKB15 i PB+PKB20. Rezultati su prikazani u tablici 7.

PB ima visok rehidrationski koeficijent (0,8559) i omjer (8,195), što znači da čisto pšenično brašno ima dobru sposobnost zadržavanja vode. PKB također ima visoke vrijednosti, bliske pšeničnom brašnu, s koeficijentom od 0,8734 i omjerom 8,16. To znači da PKB ima sličnu sposobnost rehidracije kao PB.

Mješavine PKB i PB (PB+PKB5, PB+PKB10, PB+PKB15 i PB+PKB20) pokazuju smanjenje sposobnost rehidracije s većim postotkom dodatka PKB, uz izuzetak kod uzorka PB+PKB20 kod kojeg se ona opet povećava. Dakle, smanjenje kapaciteta upijanja vode u

uzorcima pšeničnog brašna s dodatkom PKB u određenim postocima može utjecati na teksturu konačnog proizvoda.

**Tablica 7.** Vrijednosti rehidrationskog koeficijenta i omjera

	PB	PKB	PB+PKB5	PB+PKB10	PB+PKB15	PB+PKB20
Rehidrationski koeficijent	0,8559	0,8734	0,4744	0,2342	0,1909	0,4451
Rehidrationski omjer	8,195	8,16	4,44	2,19	1,79	4,17

PB - pšenično brašno, PKB - prah kore bundeve, PB+PKB5 – smjesa pšeničnog brašna i 5 % praha kore bundeve, PB+PKB10 – smjesa pšeničnog brašna i 10 % praha kore bundeve, PB+PKB15 – smjesa pšeničnog brašna i 15 % praha kore bundeve, PB+PKB20 – smjesa pšeničnog brašna i 20 % praha kore bundeve

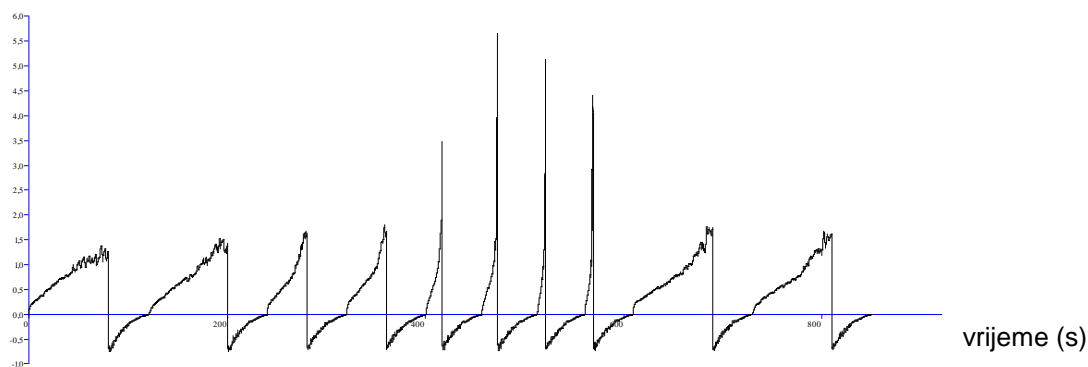
#### 4.2.3. Rezultati određivanja teksture praha kore bundeve

Rezultati ove analize pomažu u razumijevanju ponašanja praha što je osobito važno pri rukovanju sirovinom te predviđanju ponašanja u velikom tehnološkim postrojenjima gdje su svojstva praha važna za podešavanje rada strojeva i uopće mogućnosti implementacije prahova u takav sustav.

Slike 14 i 15 prikazuju rezultat određivanja ovisnosti brzine protoka praha o sili za uzorke PB i PKB. Na slici se prikazuje vremenski tijek ispitivanja na osi X dok je na osi Y sila koja je primijenjena tijekom kretanja uzorka. Svaki vrh odgovara ciklusu "kompresije" ili "protoka".

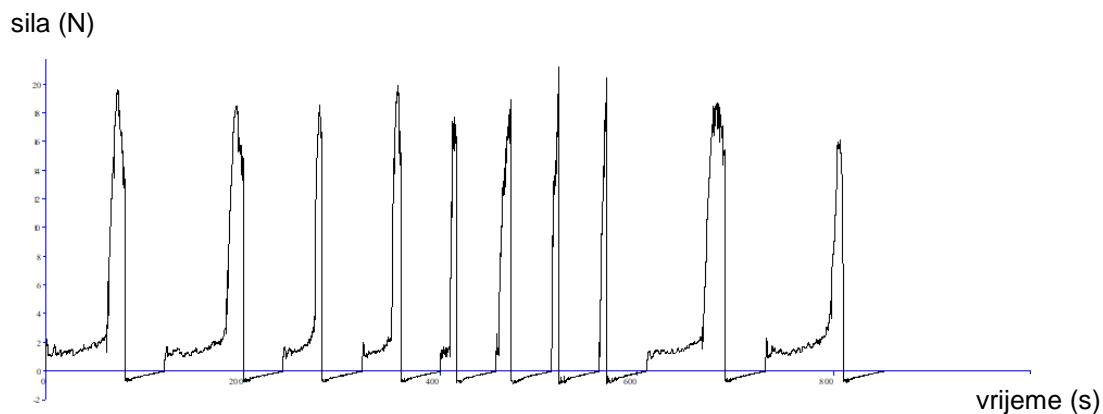
Povećanje sile ukazuje na otpornost uzorka dok se kreće kroz uređaj. Nagli padovi sugeriraju povratak na početne uvjete (resetiranje prije sljedećeg ciklusa). U ovom slučaju ravnomjerni vrhovi sugeriraju da PB (slika 14) ima dobar i stabilan protok. Ako postoje oscilacije u visini vrhova, to može ukazivati na heterogenost u uzorku (npr. vlaga, granulacija). U dijelovima grafa gdje su oštri skokovi dolazi do trenutaka povećanog otpora, što bi moglo biti rezultat aglomeracija ili trenja unutar uređaja.

sila (N)



**Slika 14.** Ovisnost brzine (s) protoka PB o sili (N)

S druge strane, slika 15 prikazuje ovisnost protoka praha o sili uzorka PKB. Viši vrhovi (nego kod PB) upućuju na veći otpor, vjerojatno zbog veće kohezivnosti, nepravilne granulacije ili trenja između čestica. Vrhovi su strmiji i asimetrični u odnosu na uzorak PB, što može biti znak zbijanja uzorka ili aglomeracija koje uzrokuju neujednačen protok. Blage oscilacije između vrhova mogu ukazivati na heterogenost čestica (npr. razlike u veličini ili obliku) što nije značajno kod uzorka PB. Moguće su razlike u analizi između PB i PKB jer PKB ima veću kohezivnost zbog vlaknaste strukture što otežava protok. Pšenično brašno ima finiju granulaciju i homogenu teksturu, što rezultira boljim protokom kroz uređaj. Površinska svojstva PKB (npr. hrapavost) također mogu doprinijeti povećanom trenju.

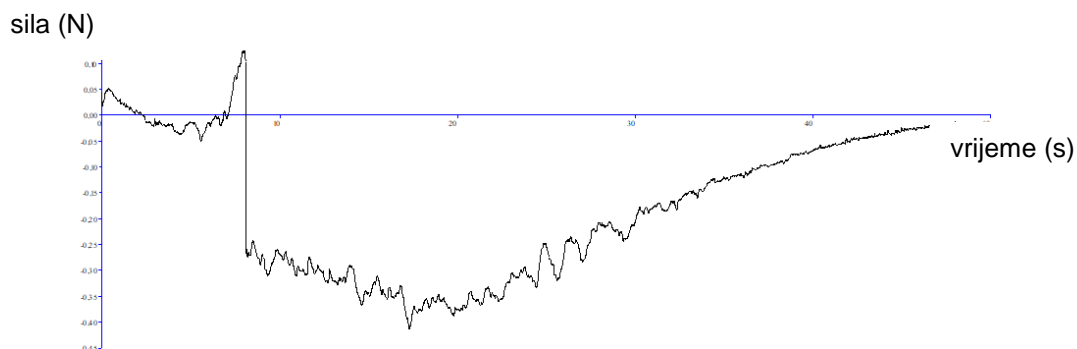


**Slika 15.** Ovisnost brzine (s) protoka PKB o sili (N)

Analiza koju su proveli Benković i sur. (2013) na uzorku praha kakaa s dodatkom različitih zaslađivača pokazuju značajne razlike u brzini protoka praha u ovisnosti o sili zbog razlike u veličini čestica i smanjene homogenosti što je slučaj i s uzorkom PKB.

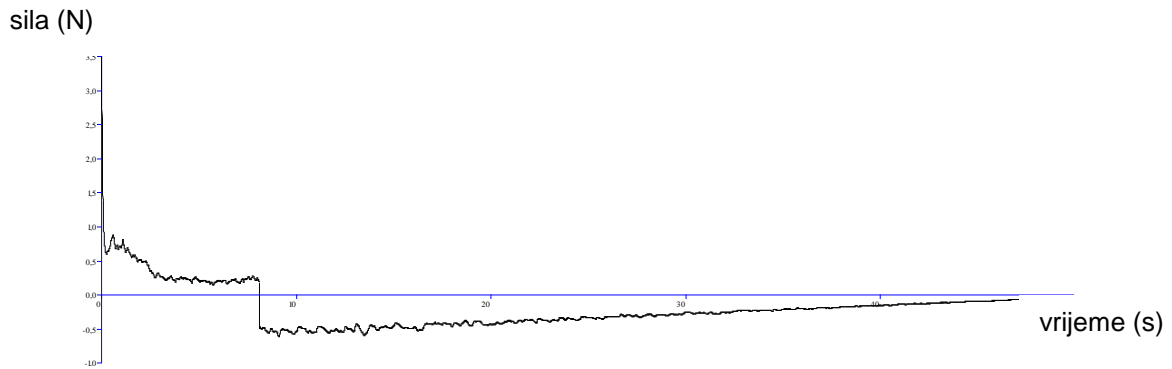
Osim razlike u brzini protoka praha u ovisnosti o sili određena je i kohezivnost. Kohezivnost čestica je sklonost stvaranja aglomerata uslijed prijanjanja jedne uz drugu. Y os prikazuje silu potrebnu za razdvajanje čestica smjese, a X os vrijeme.

Slika 16 prikazuje rezultat određivanja kohezivnosti čestica PB. Pad krivulje prikazuje pomicanje čestica nakon djelovanja sile te postepeno vraćanje u ravnotežni položaj.



**Slika 16.** Kohezivnost čestica PB

U usporedbi s rezultatom kohezivnosti uzorka PB, kohezivnost čestica PKB (slika 17) je manja jer je sila potrebna za pomicanje čestica manja pa je gibanje bliže ravnotežnom položaju što ukazuje na bolje tečenje čestica PKB. Dobivene vrijednosti ukazuju na to da su čestice PB manje od čestica PKB jer kohezivnost praha raste usijed smanjenja veličine čestice praha (Fitzpatrick, 2005).



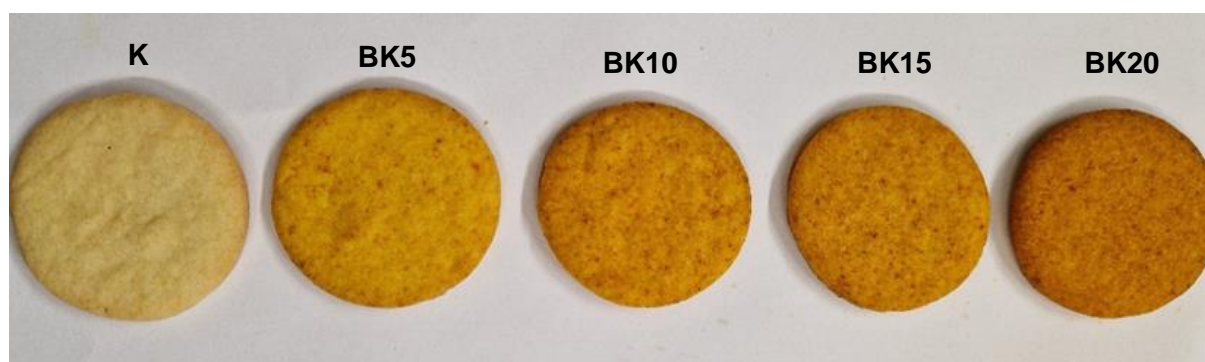
**Slika 17.** Kohezivnost čestica PKB

Rezultati su u skladu s istraživanjem Jan i sur. (2017), koji su analizirali kohezivnost četiri praha: razuljenih rižinih mekinja, ljuske žitarica, kore banane i kore krumpira. U tom radu utvrđeno je da razuljene rižine mekinje imaju najnižu kohezivnost zbog najveće veličine čestica i odsutnosti masnoće koja bi povećala njihovu sposobnost aglomeracije.

### 4.3. REZULTATI ANALIZE KEKSA S DODATKOM PRAHA KORE BUNDEVE

Nakon provedene analize PKB, prema opisu u poglavlju 3.5. pripremljeni su keksi prema recepturi koju je izdalo Američko udruženje tehnologa za žitarice (AACC). Pečeni keksi s dodatkom PKB (0, 5, 10, 15, 20 %) prikazani su na slici 18.

Pripremljeno je 5 različitih smjesa za kekse - kontrolno tijesto bez dodatka PKB (samo s pšeničnim brašnom) te tijesta s dodatkom 5, 10, 15, 20 % PKB. Pečenjem su dobiveni kompaktni keksi ujednačenog oblika, veličine i zapečenosti. Boja se razlikovala između keksa s različitim količinama dodanog PKB, od blijedo žutog kontrolnog keksa do tamno narančaste boje keksa s 20 % PKB s vidljivim tamnijim zrnima praha.



**Slika 18.** Keksi s dodatkom praha kore bundeve nakon pečenja (*vlastita fotografija*)

K - kontrolni keks bez dodatka praha kore bundeve, BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

#### 4.3.1. Rezultati određivanja suhe tvari u keksima

Prema rezultatima u tablici 8, kontrolni uzorak, keks bez dodatka PKB, ima postotak suhe tvari 92,77 %. Udio suhe tvari najveći je kod BK20. BK5 i BK10 imaju niži postotak suhe tvari (91,50 % i 91,06 %) u usporedbi s kontrolnim uzorkom. BK15 ima gotovo isti postotak suhe tvari kao kontrolni keks (92,51 %), što ukazuje na minimalnu razliku u vlazi između dva keksa. BK20 ima najviši postotak suhe tvari među keksima (93,28 %), približavajući se sadržaju suhe tvari samog praha kore bundeve (93,39 %).

**Tablica 8.** Rezultat analize udjela suhe tvari u keksima s različitim udjelom PKB (0, 5, 10, 15, 20 %)

Vrsta keksa	K	BK5	BK10	BK15	BK20
% suhe tvari	92,77 %	91,50 %	91,06 %	92,51 %	93,28 %

K - kontrolni keks bez dodatka praha kore bundeve, BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve



Rezultati ovog istraživanja su u skladu s istraživanjem Vieira i sur. (2008) kojima se suha tvar keksa povećala s dodatkom kraljevske palme u količini od 10, 15, 20, 25 %.

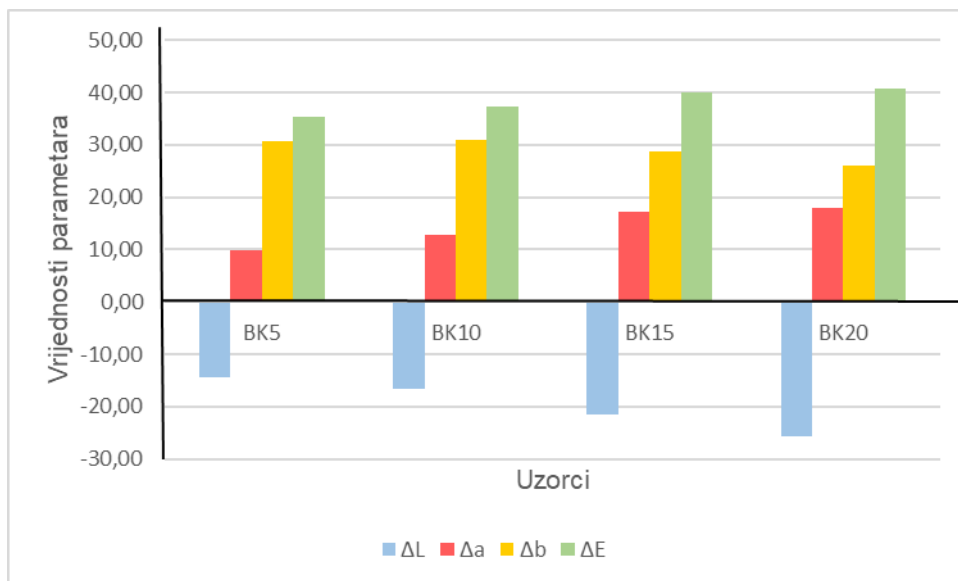
#### 4.3.2. Rezultati određivanja parametara boje keksa s dodatkom praha kore bundeve

Na slici 19 prikazani su rezultati promjene parametara boje keksa ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ) s dodatkom PKB u odnosu na kontrolni keks kao i ukupna promjena boje keksa ( $\Delta E^*$ ) s dodatkom PKB u odnosu na kontrolni keks. Na temelju vrijednosti parametra ( $\Delta L^*$ ) može se zaključiti da su svi keksi s dodatkom PKB tamniji od kontrolnog keksa na što ukazuje negativna vrijednost  $\Delta L^*$ , a razlika se povećava s većim postotkom dodanog PKB tako da je BK5 najsvjetliji, a BK20 najtamniji keks.

Također, rezultati promjene parametara boje keksa ( $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ) ukazuju na povećanje udjela crvene i žute boje u keksima. Parametar  $\Delta a^*$  pokazuje razlike u zastupljenosti crvene ili zelene nijanse u keksu, s obzirom na to, svi su keksi s dodatkom PKB crveniji od kontrolnog keksa te se intenzitet crvene boje povećava većim dodatkom PKB tako da od kontrole najmanje odstupa BK5, a najviše BK20 prema jačini crvenog obojenja. Parametar  $\Delta b^*$  ukazuje ima li keks više komponenti žute ili plave boje od kontrolnog keksa. Prema rezultatima, svi keksi s dodatkom PKB imaju više nijansi žute boje od kontrolnog, međutim u ovom slučaju odstupanje od kontrolnog keksa nije linearno jer je žuta nijansa izraženija kod keksa BK5 i BK10 nego BK15 i BK20.

Rezultati analizirane boje su u skladu s rezultatima Turksoy i Özkaya (2011) koji su uočili povećanje crvene i žute boje te tamnije nijanse u keksima s dodatkom pulpe i kore bundeve (10, 15, 20, 25 %) u odnosu na keks bez dodatka bundeve.

Prema Xiao (2008) tablici značajnosti, vrijednosti parametra  $\Delta E^*$  pokazuju da je promjena boje kod svih uzoraka keksa s dodatkom PKB vrlo velika jer su sve vrijednosti  $\Delta E > 12$ . Vrijednosti parametra  $\Delta E^*$  u rasponu su od 35,4 do 40,8 iz čega se može zaključiti da dodatak PKB pridonosi značajnoj promjeni boje u odnosu na kontrolni keks.



**Slika 19.** Promjene parametara boje ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ) i ukupna promjena boje ( $\Delta E^*$ ) u keksima s dodatkom praha kore bundeve (5, 10, 15, 20 %)

K - kontrolni keks bez dodatka praha kore bundeve, BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

#### 4.3.3. Rezultati omjera širenja keksa

Debljina i promjer keksa mjereni su pomičnim mjerilom prije i nakon pečenja keksa u 6 paralela. Izračunom srednje vrijednosti i standardne devijacije između mjerenja nakon pečenja određen je omjer širenja (tablica 9). Najveća promjena debljine keksa utvrđena je kod kontrolnog keksa (bez dodatka PKB), pa je i omjer širenja kod tog uzorka najmanji (8,51). Keksi BK5, BK10, BK15 imaju istu srednju vrijednost promjera keksa tako da se omjeri ne razlikuju u velikoj mjeri (raspon između 10,36 i 11,09). Keks BK15 s omjerom širenja od 9,9 ističe se najmanjom promjenom širenja među keksima s dodatkom PKB.

**Tablica 9.** Rezultati mjerenja promjene debljine i promjera keksa te omjer širenja keksa

Uzorak	srednja vrijednost debljine keksa (cm)	srednja vrijednost promjera keksa (cm)	omjer širenja (promjer/debljina)
K	0,62±0,04	5,25±0,14	8,51
BK5	0,48±0,04	5,27±0,14	11,09
BK10	0,48±0,04	5,27±0,05	10,9
BK15	0,52±0,04	5,12±0,09	9,9
BK20	0,51±0,08	5,27±0,12	10,36

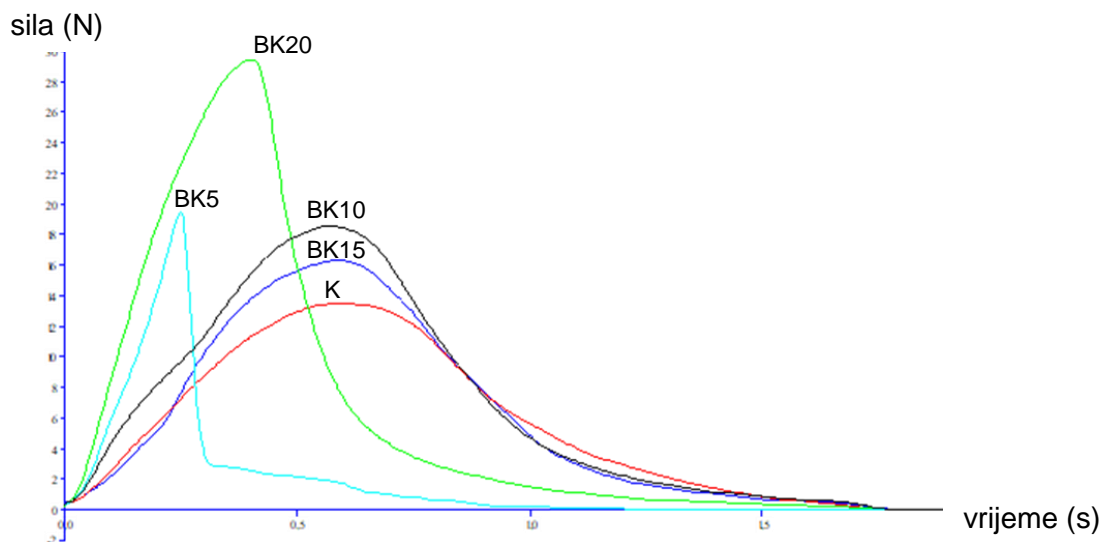
K - kontrolni keks bez dodatka praha kore bundeve, BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

ANOVA testom utvrđeno je da postoji značajna razlika u debljini keksa nakon pečenja između keksa bez dodatka PKB i BK5, BK10, BK15 i BK20. Značajnost je veća kod BK5 ( $p=0,003$ ) i BK10 ( $p=0,001$ ) nego između BK15 ( $p=0,02$ ) i BK20 ( $p=0,04$ ) i kontrolnog keksa. Razlike u promjeru keksa nakon pečenja nisu značajne. Promjeri keksa BK5, BK10, BK15 i BK20 ne razlikuju se značajno ( $p>0,2$ ) od promjera kontrolnog keksa. Dakle, može se zaključiti kako dodatak PKB utječe na omjer širenja keksa i to više na promjenu debljine nego na promjenu promjera keksa, međutim ne može se jasno zaključiti utječe li veći postotak PKB na omjer širenja keksa.

Za razliku od ovih rezultata, Turksoy i Özkaya (2011) u svom su istraživanju uočili smanjenje promjera svih keksa s dodatkom bundeve te povećanje debljine keksa. Odstupanje je moguće zbog razlike u vezanju vode i fizikalnim svojstvima praha bundeve jer je u radu Turksoy i Özkaya (2011) korištena druga vrsta bundeve tj. *C. moschata* L.

#### 4.3.4. Rezultati instrumentalnog određivanja teksturnih svojstava keksa

ANOVA test pokazuje značajne razlike u silama loma između keksa BK5, BK10, BK15 i BK20 ( $p=0,03$ ), kao i u njihovim progibima ( $p=0,001$ ). Sile loma opisuju lomnu čvrstoću tj. otpor koji keks pruža lomljenju. Prema podacima mjerenja (slika 20) najveća sila potrebna za lom utvrđena je kod BK20 (zeleni graf) s 29 N, a najmanja sila loma kod kontrolnog keksa bez dodatka PKB (crveni graf) s 13 N sile potrebne za lom keksa. U ostalim keksima sila potrebna za lom keksa je od 16 N do 20 N.



**Slika 20.** Krivulje sile loma keksa s različitim postotcima dodanog PKB (0, 5, 10, 15, 20 %)

K - kontrolni keks bez dodatka PKB (crveni graf), BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve (svjetlo plavi graf), BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve (crni graf), BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve (tamno plavi graf), BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve (zeleni graf)

U svom istraživanju, Sahni i sur. (2019), prema rezultatima mjerenja sile loma keksa s dodatkom brašna mikroalge *Chlorella sp.* u postotku 3, 6, 9, 12 % istom metodom pokazuju povećanje sile loma s povećanjem udjela brašna mikroalge u smjesi za kekse. Veći udio vlakana i samim time sposobnost vezanja vode navodi se kao razlog veće tvrdoće tj. sile loma keksa. Rezultati navedenih autora, u skladu su s rezultatima ovog istraživanja, a podudaraju se za keks s najvećim udjelom PKB (BK20) i kontrolni keks (K), međutim povećanje sile loma nije proporcionalno većem dodatku PKB jer keksi BK5, BK10 i BK15 odstupaju od tog pravila.

**Tablica 10.** Rezultati određivanja progiba keksa

Uzorak	BK5	BK10	BK15	BK20
Srednja vrijednost progiba [mm] (Lomljivost)	0,862 ± 0,13	1,687 ± 0,08	1,677 ± 0,23	1,357 ± 0,21

BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

S druge strane, prema rezultatima određivanja progiba keksa prikazanih u tablici 10, najmanji progib imaju BK5 (0,862 ± 0,13) i BK20 (1,357 ± 0,21 mm). Rezultati su u skladu s vrijednostima lomne čvrstoće, jer su sila loma i progib obrnuto proporcionalni. Progibi BK10 (1,687 ± 0,08 mm) i BK15 (1,677 ± 0,23 mm) imaju slične vrijednosti, što odražava i njihove slične lomne čvrstoće.

#### 4.3.5. Rezultati određivanja klorofila i karotenoida u keksima s dodatkom PKB

Tablica 11 prikazuje rezultate određivanja ukupnog klorofila (a+b) i pojedinačnih vrijednosti klorofila a i klorofila b u keksima s dodatkom PKB i bez dodatka PKB, odnosno u kontrolnom keksu.

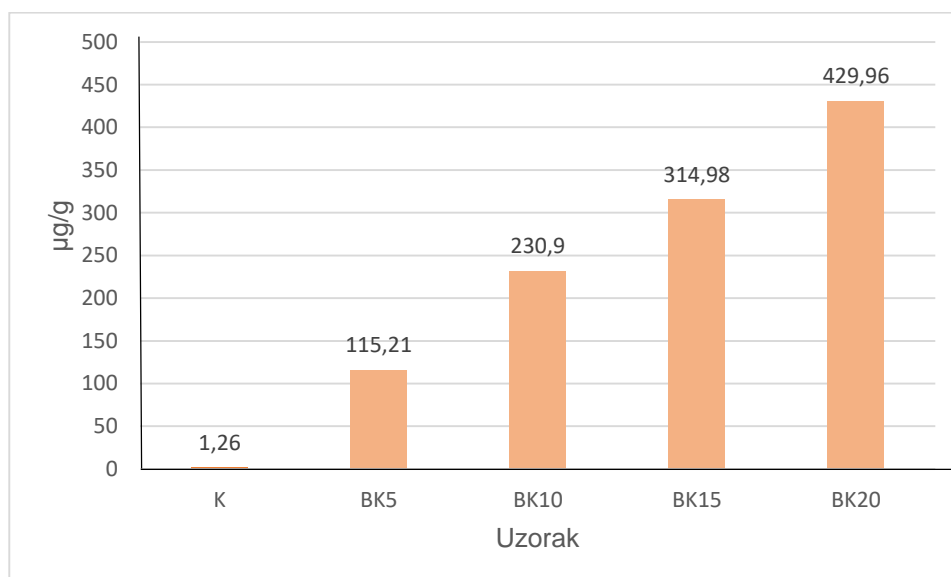
**Tablica 11.** Rezultati određivanja klorofila iz keksa s različitim dodatkom PKB (0, 5,10, 15, 20 %).

Uzorak	klorofil a [µg/g]	klorofil b [µg/g]	Ukupni klorofil (a+b) [µg/g]
K	1,1936	1,4826	2,0675
BK5	2,2607	2,1137	3,2214
BK10	2,0721	1,9373	2,9537
BK15	3,1093	2,9064	4,4299
BK20	0,9849	1,512	2,4969

K - kontrolni keks bez dodatka praha kore bundeve, BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

Kontrolni uzorak (K) ima najniži udio klorofila a i klorofila b, kao i ukupnog klorofila (a+b) što je očekivano jer nema dodatak PKB. Dodatak PKB utječe na povećanje udjela klorofila a i b, kao i ukupnog klorofila (a+b) u svim keksima u odnosu na kontrolni keks. To povećanje nije proporcionalno povećanju dodatka PKB, do blagog pada udjela klorofila dolazi kod keksa BK10, nakon toga njihov udio ponovo raste, te se zatim opet smanjuje kod keksa BK20.

Za razliku od klorofila, utvrđen je proporcionalan rast udjela karotenoida u keksima koji raste proporcionalno s povećanjem postotka dodanog PKB. Rezultati udjela karotenoida u keksima prikazani su na slici 21. Kontrolni uzorak ima vrlo nisku vrijednost karotenoida (1,26  $\mu\text{g/g}$ ), dok uzorak s najvećim dodatkom PKB (BK20) sadrži najviše karotenoida (429,96  $\mu\text{g/g}$ ). Porast udjela karotenoida u keksima ukazuje na mogućnost povećanja karotenoida dodatkom PKB u osnovni recept za izradu keksa čime se doprinosi njihovoj konačnoj koncentraciji u keksima te poboljšanoj nutritivnoj vrijednosti tako pripremljenih keksa.



**Slika 21.** Rezultat određivanja karotenoida ( $\mu\text{g/g}$  s.t.) u keksima s dodatkom PKB (0, 5, 10, 15, 20 %)

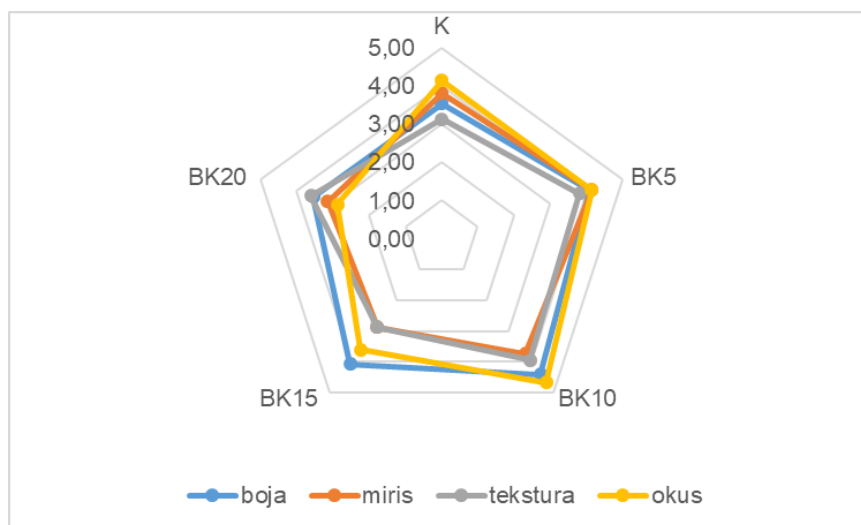
K - kontrolni keks bez dodatka PKB, BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

Najveći udio karotenoida (429,96  $\mu\text{g/g}$ ) utvrđen je u keksima s najvećom postotkom dodanog PKB (20 %). Ajila i sur. (2008) u svom istraživanju su dodavali prah kore manga u različitim postotcima (5, 7.5, 10, 15, 20 %) u smjesu za pripremu keksa pri čemu su također utvrdili povećanje koncentracije karotenoida u keksima. Vrijednosti karotenoida u njihovim keksima dostižu 247  $\mu\text{g/g}$  u keksima s 20 % dodatka kore manga što je upola manje od keksa s dodatkom 20 % PKB.

## 4.4. REZULTATI SENZORSKOG OCJENJIVANJA KEKSA

### 4.4.1. Hedonistička skala

Panel koji se sastojao od 15 članova senzorski je ocijenio pripremljene kekse s dodatkom PKB u različitim postocima kao i kontrolni keks. Prema ocjenama panelista za svako svojstvo (boja, miris, tekstura, okus) kod svih kekasa (K, BK5, BK10, BK15 i BK20) izračunate su srednje vrijednosti ocjena, a rezultati su prikazani na slici 22.



**Slika 22.** Rezultat senzorskog ocjenjivanja boje, mirisa, teksture i okusa kekasa (K, BK5, BK10, BK15 i BK20)

K - kontrolni keks bez dodatka praha kore bundeve, BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

Jednofaktorska analiza varijance (ANOVA) ocjena hedonističkog upitnika pokazala je da postoji značajna razlika u ocjenama između uzoraka ( $p < 0,05$ ). Nema značajne razlike u preferencijama boje različitih kekasa ( $p = 0,011$ ) prema ocjenama panelista, dok su u ostalim svojstvima utvrđene značajne razlike. Značajna je razlika u teksturi ( $p = 0,01$ ), mirisu ( $p = 0,003$ ) dok je najznačajnija razlika prema ocjenama u okusu kekasa ( $p = 0,00002$ ) s različitim dodatkom PKB. Dakle, može se zaključiti da su svi kekasi približno jednako prihvatljivi prema boji no za okus se primjećuju puno veće razlike.

Prema rezultatima hedonističkog upitnika sa skalom ocjena od 1 do 5 za svako svojstvo kekasa najviše ocjene za boju, teksturu i okus dobio je BK10, a BK5 je najbolje ocijenjen prema mirisu. Prema zbroju ocjena svih panelista za sva svojstva najbolje ocijenjen keks je onaj s dodatkom 10 % praha kore bundeve (PKB). Keksi s većim postotkom BK15 i BK20 dobili su najniže ocjene. Kontrolni keks je visoko ocijenjen, u odnosu na BK15 i BK20 ima više ocjene za boju, teksturu i okus. Međutim, ni u jednom se svojstvu nije istaknuo kao najbolji keks.

Često se kod provođenja senzorskog ocjenjivanja koristi hedonistička skala od 9 bodova, no u ovom radu koristila se skala od 5 bodova jer se procijenilo da bi skala od 9 bodova bila preopsežna za članove panela koji nemaju iskustva u senzorskom ocjenjivanju. U znanstvenom radu Ajila i sur. (2008) cilj je bio sličan, pripremiti senzorski prihvatljive kekse s dodatkom praha kore manga u postotku 5, 7.5, 10, 15, 20 %, a najbolje su hedonističkom skalom ocjenjeni keksi s dodatkom 10 % praha kore manga te se zbog slične teksture i bogatstva karotenoida očekivao sličan ishod i u ovom slučaju što se na kraju i potvrdilo hedonističkom skalom u kojoj je keks s dodatkom 10 % PKB dobio najviše ocjene u 3 od 4 senzorska svojstva.

#### 4.4.2. Bodovanje senzorske kakvoće keksa bodovnom skalom od 1 do 100

Upitnik za bodovanje senzorske kakvoće obrađuje 14 deskriptora, nekoliko za svako svojstvo (boja, miris, tekstura, okus). Ocjene intenziteta deskriptora od 1 ("nije uočljivo") do 100 ("vrlo izraženo svojstvo") su prikupljene te analizirane ima li značajne razlike u senzorskim svojstvima između keksa K, BK5, BK10, BK15 i BK20.

Rezultati ovog upitnika (tablica 12) prikazuju zbroj ocjena svih 15 panelista za sva svojstva koja su se ocjenjivala u sklopu upitnika za ocjenjivanje senzorske kakvoće. Maksimalan broj bodova koji keks može imati za određeno svojstvo je 1500 te to znači da ga to svojstvo u potpunosti opisuje. Bodovi bliže broju 0 ukazuju na to da navedeno svojstvo nije izraženo kod keksa.

**Tablica 12.** Zbroj ocjena svih panelista za svojstva izgleda, teksture, mirisa i okusa koje je pridruženo keksu s određenom količinom dodanog PKB (0, 5, 10, 15, 20 %) te p-vrijednost za svako svojstvo

Svojstvo		K	BK5	BK10	BK15	BK20	p - vrijednost
Izgled	oblik	1371	1252	1388	1362	1364	0,194078
	boja	1144	1185	1185	1240	1042	0,661841
	površina	1166	1203	1210	1990	1029	0,602663
Tekstura	tvrdća	925	753	645	900	1110	<b>0,005463</b>
	lomljivost	798	648	595	805	1050	<b>0,012625</b>
	zrnata tekstura	365	360	405	555	555	0,506145

K - kontrolni keks bez dodatka praha kore bundeve, BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

\*podebljane brojke označavaju p - vrijednosti koje pokazuju značajnu razliku u ocjenama u odnosu na ostale kekse

**Tablica 12.** Zbroj ocjena svih panelista za svojstva izgleda, teksture, mirisa i okusa koje je pridruženo keksu s određenom količinom dodanog PKB (0, 5, 10, 15, 20 %) te p-vrijednost za svako svojstvo - *nastavak*

	osjećaj otapanja u ustima	1088	1185	1175	970	820	<b>0,004043</b>
Miris	svojstven, ugodan	1200	1154	1145	955	915	0,101825
	strani, neugodan	20	153	175	279	290	0,183229
Okus	slatkoća	1320	1095	1075	1035	955	<b>0,003571</b>
	slanost	210	176	136	327	256	0,574218
	mliječni	880	640	560	470	455	<b>0,031541</b>
	svojstven, ugodan	1285	1125	1130	915	835	<b>0,00176</b>
	strani, neugodan	30	120	155	300	380	<b>0,010521</b>

K - kontrolni keks bez dodatka praha kore bundeve, BK5 - keks s dodatkom 5 % praha kore bundeve, BK10 - keks s dodatkom 10 % praha kore bundeve, BK15 - keks s dodatkom 15 % praha kore bundeve, BK20 - keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve

\*podebljane brojke označavaju p - vrijednosti koje pokazuju značajnu razliku u ocjenama u odnosu na ostale kekse

Prema vrijednostima u tablici 12, ujednačenost boje, teksture i oblika najbolje je očuvana kod kekasa s manjim postotkom PKB. Lomljivost, tvrdoća i zrnatost su karakteristični za kekse s većim udjelom PKB. Prema ocjenama za ugodnost okusa i mirisa, primjećuje se poveznica s hedonističkim upitnikom jer se kekasi s ugodnim okusom i mirisom upravo poklapaju s visokim ocjenama za subjektivan doživljaj kekasa s 5 i 10 % PKB. Kod kekasa s dodatkom manje količine PKB izražena je slatkoća i mliječni okus jer prevladavaju ostali sastojci, a ne kora bundeve koja daje specifičnu jaku aromu.

Prema ANOVA analizi, značajne razlike u ocjenama između kekasa prema p-vrijednosti postoji kod određenih svojstava. Ondje gdje su vrijednosti  $p < 0,05$  postoji značajna razlika u ocjenama između kekasa s različitim postotcima PKB. Panelisti su slično ocijenili izgled kekasa tako da nema značajne razlike u ocjenama za oblik, boju i teksturu između kekasa s različitim dodatkom PKB. Međutim, prema p-vrijednosti postoje značajne razlike u teksturi kekasa i to čak u 3 od 4 podkategorije koje pripadaju svojstvu teksture. Dakle, primjećuje se značajna razlika u lomljivosti ( $p=0,05$ ), tvrdoći ( $p=0,01$ ) i osjećaju otapanja kekasa u ustima ( $p=0,004$ ) između različitih uzoraka.  $P > 0,05$  za razlike u ocjenama mirisa te panelisti uglavnom smatraju da je miris ugodan kod svih kekasa.

Ocjenama se uzorci značajno razlikuju za 4 od 5 podkategorija za svojstvo okusa. Kekasi se značajno razlikuju u slatkoći ( $p=0,003$ ) i prevladavanju mliječnog okusa ( $p=0,03$ ) te postoji značajna razlika u ugodnom ( $p=0,001$ ) i neugodnom okusu ( $p=0,01$ ) između uzoraka.



Nekoliko je panelista napisalo i dodatan komentar. "Ostaje na zubima. Ne sviđa mi se"-komentar je za keks sa 20 % PKB. Jedan je panelist izdvojio svog favorita, a to je keks s 5 % PKB.

Rezultati provedene senzorske analize ukazuju da keksi s dodatkom praha bundeve imaju potencijal za nastavak istraživanja i razvoj ovog funkcionalnog proizvoda. U daljnjem radu, obzirom na ukazane nedostatke moguće je prilagoditi recept s ciljem poboljšanja senzorskih svojstava keksa.

Svakako, prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da se dodatkom praha kore bundeve u kekse mogu proizvesti keksi s dodanom nutritivnom vrijednošću uz istovremeno iskorištenje jednog od nusproizvoda u preradi bundeva čime se istovremeno može smanjiti količina tog otpada.

## 5. ZAKLJUČCI

1. Kora bundeve *Hokaido* (varijetet *Red Kuri*) je zbog dobrog nutritivnog sastava potencijalan dodatak prehrambenim proizvodima.
2. Pšenično brašno (PB) i prah kore bundeve (PKB) imaju sličnu nasipnu gustoću.
3. Povećanjem udjela praha kore bundeve u pšeničnom brašnu povećava se i masa vezane vode, odnosno sposobnost vezanja vode smjese.
4. Nema veće razlike između sposobnosti vezanja ulja između pšeničnog brašna (PB) i smjese pšeničnog brašna s dodatkom praha kore bundeve (PKB).
5. Prah kore bundeve (PKB) pokazuje sličnu sposobnost rehidracije kao pšenično brašno (PB).
6. Protok pšeničnog brašna (PB) pod utjecajem sile veći je u usporedbi s protokom praha kore bundeve (PKB), što se pripisuje većoj homogenosti smjese pšeničnog brašna i manjoj veličini njegovih čestica.
7. Čestice pšeničnog brašna (PB) pokazuju veću kohezivnost u odnosu na čestice praha kore bundeve (PKB), što je rezultat njihove manje veličine i lakše sposobnosti formiranja aglomerata.
8. Pečenjem keksa dolazi do promjene omjera širenja kod keksa s dodatkom praha kore bundeve (PKB). Promjene u debljini keksa s dodatkom praha kore bundeve (PKB) su značajne u odnosu na kontrolu dok se promjene promjera ne razlikuju značajno od kontrole.
9. Povećanjem udjela PKB u keksima, proporcionalno dolazi i do promjene boje - uzorci postaju tamniji, povećava se udio crvene i žute boje u odnosu na kontrolni keks. Promjena boje svih keksa s dodatkom PKB je značajna u odnosu na kontrolni keks.
10. Sila loma (čvrstoća) i progib (elastičnost) keksa značajno se razlikuju ovisno o dodanom postotku praha kore bundeve (PKB). Dodatkom PKB najveću čvrstoću ima keks s dodatkom 20 % praha kore bundeve (BK20).
11. Keksi s dodatkom 5, 10, 15, 20 % praha kore bundeve (PKB) pokazuju veće koncentracije klorofila a, klorofila b i ukupnog klorofila (a+b) u usporedbi s kontrolnim uzorkom (K).
12. Udio ukupnih karotenoida u keksima raste povećanjem udjela dodanog praha kore bundeve (PKB) u pšenično brašno što pokazuje obogaćivanje keksa karotenoidima.
13. Rezultati senzorske analize ukazuju na značajne razlike u lomljivosti, tvrdoći i osjećaju otapanja keksa u ustima. U kategoriji okusa, značajna je razlika u slatkoći i prevladavanju mliječnog okusa te postoji značajna razlika u ugodnom i neugodnom okusu između keksa s različitim postotkom dodanog praha kore bundeve (PKB).
14. Najbolje ocjenjen keks za senzorska svojstva boje, teksture i okusa je keks s dodatkom praha kore bundeve od 10 % (BK10).

## 6. LITERATURA

- Abdel-Wahab M, El-Sohaimy SA, Ibrahim HA, Abo El-Makarem HS (2020) Evaluation of the efficacy of clove, sage, and kiwifruit peels extracts as natural preservatives for fish fingers. *AOAS* **65**(1), 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.03.001>
- Abdulaali S, George S (2020) Preparation of pumpkin pulp and peel flour and study their impact in the biscuit industry. *J Biol, Agricult Health* **10**(6), 35–44. <https://doi.org/10.7176/JBAH/10-6-05>
- Ahmad G, Khan AA (2019) Pumpkin: Horticultural Importance and Its Roles in Various Forms; a Review. *Int J Hort Agric* **4**(1), 1-6. <https://doi.org/10.15226/2572-3154/4/1/00124>.
- Ajila CM, Leelavathi K, Prasada Rao UJS (2008) Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *J Cereal Sci* **48**(2), 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.10.001>
- 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.). *J Food Sci Technol* **5**(9), e02462. <https://doi.org/10.1002/jsfa>
- Belasco R, Edwards T, Munoz A, Rayo V, Buono M (2020) The effect of hydration on urine color objectively evaluated in CIE Lab color space. *Front Nutr* **7**, Article 576974. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.576974>
- Belghith Fendri L, Chaari F, Maaloul M, Kallel F (2016) Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT* **73**, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.070>
- Benković M, Belščak-Cvitanović A, Komes D, Bauman I (2011) Physical properties of non-agglomerated cocoa drink powder mixtures containing various types of sugar and sweetener. *Food Biophys* **6**, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0742-0>
- Bertagnolli SMM, Silveira MLR, Fogaça AO, Umann L, Penna NG (2014) Bioactive compounds and acceptance of cookies made with guava peel flour. *Food Sci Technol (Campinas)* **34**(2), 303–308. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0046>.
- Bisognin DA (2002) Origin and evolution of cultivated cultivars. *Ciência Rural* **32**, 715–732. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000400028>.
- Brdar-Jokanovic M, Koren A, Ljevnaić-Mašić B, Kiprovska B, Sikora V (2019) Yield and quality parameters of Hokkaido type pumpkins grown in Serbia. *Genetika* **51**, 377–387. <https://doi.org/10.2298/GENSR1902377B>.
- Chakraborty M, Budhwar S, Kumar S (2022). Potential of milling byproducts for the formulation of health drink and detox tea-substitute. *J Food Meas Charact* **16**(4), 3153–3165. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01417-y>
- Dada MA, Bello FA, Omobulejo FO, Olukunle FE (2023) Nutritional quality and physicochemical properties of biscuit from composite flour of wheat, African yam bean, and tigernut. *Heliyon* **9**, e22477. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22477>
- de Avelar MH, da Silva LB, de Azevedo FB, Efraim P (2019). A byproduct of uvaia (*Eugenia pyriformis*) processing as a natural source for coloring sugar hard-panning confections. *J Food Process Eng* **42**(7), e13250. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13250>

De Laurentiis V, Corrado S, Sala S, (2018) Quantifying household waste of fresh fruit and vegetables in the EU. *Waste Manag Res* **77**, 238–251, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.001>

Dias PGI, Saijwanie JWA, Rathnayaka RUMSK (2020) Chemical composition, physicochemical and technological properties of selected fruit peels as a potential food source. *Int J Fruit Sci* 1–12. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1717402>

Díaz LD, Fernández-Ruiz V, Cámara M, (2019) The frontier between nutrition and pharma: The international regulatory framework of functional foods, food supplements and nutraceuticals. *Crit Rev Food Sci Nutr* **30**(10), 1738-1746. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1592107>

EFSA (2010) Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA J* **8**(3). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1462>

El Salous A, Ordoñez A, Moreno RZ, Huerta L, Melendez M, Jesus R (2020) Sensory and physicochemical characteristics of cookies made of yellow pitaya (*Selenicereus megalanthus*) peel flour. *Int J Pharm Res* **12**, 4179. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.04.575>

Elkhalifa E, Schiffler B, Bernhardt R (2005) Effect of fermentation on the functional properties of sorghum flour. *Food Chem* **92**, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.058>

Evans D (2011) Beyond the throwaway society: Ordinary domestic practice and a sociological approach to household food waste. *Sociology* **46**(1), 41–56, <https://doi.org/10.1177/0038038511416150>

FAO (2013) The state of food and agriculture. FAO – Food and Agriculture Organization of the United States, <https://www.fao.org/4/i3300e/i3300e.pdf>. Pristupljeno 10. listopada 2024.

FAO (2014) Food Loss and Waste Database. FAO – Food and Agriculture Organization of the United States, <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en/>. Pristupljeno 2. listopada 2024.

FAO (2019) Food loss and waste. FAO – Food and Agriculture Organization of the United States, <https://www.fao.org/nutrition/capacity-development/food-loss-and-waste/en/>. Pristupljeno 2. listopada 2024.

FAOSTAT (2022) Crops and livestock products. FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United States statistics, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Pristupljeno 7. listopada 2024.

Fitzpatrick JJ (2005) Food powder flowability. U: Encapsulated and powdered foods (Onwulata C, ured.) CRC, Florida, 247-258.

Gage E, Wang X, Xu B, Foster A, Evans J, Terry LA, Falagán N, (2024) Reducing food loss and waste contributes to energy, economic and environmental sustainability. *J Clean Prod* **451**, 142068. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142068>

Gill SK, Rossi M, Bajka B, Whelan K (2020) Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* **17**, 1-17. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00375-4>

Hagos M, Chandravanshi BS, Redi-Abshiro M, Yaya EE, (2023) Determination of total phenolic, total flavonoid, ascorbic acid contents and antioxidant activity of pumpkin flesh, peel and seeds. *BCSE* **37**(5), 1093-1108. <https://doi.org/10.4314/bcse.v37i5.3>

Hayes M, Ferruzzi MG (2020) Update on the bioavailability and chemopreventative mechanisms of dietary chlorophyll derivatives. *Nutr Res* **81**, 19-37.

<https://doi.org/10.1016/j.nutres.2020.06.010>

Hegazy EI, Ibrahim NM, Saleh NSM (2020) Determination of antioxidant and antifungal activities in cookies fortified with solar dried prickly pear peels powder. *PJBS* **23**, 590-601. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.590.601>

Hussain A, Kausar T, Aslam J, Qudoods MY, Ali A, Kauser S, Zerlasht M, Rafique A, Noreen S, Iftikhar K (2023) Physical and rheological studies of biscuits developed with different replacement levels of pumpkin (*Cucurbita maxima*) peel, flesh, and seed powders. *J Food Qual* <https://doi.org/10.1155/2023/4362094>

Ilie GI, Milea SA, Rapeanu G, Circiumaru A (2022). Sustainable Design of Innovative Kiwi Byproducts-Based Ingredients Containing Probiotics. *Foods* **11**(15), 2334. <https://doi.org/10.3390/foods11152334>

Jan K, Riar CS, Saxena DC (2017) Characterization of agro-industrial byproducts and wastes for sustainable industrial application. *J Food Meas Charact* **11**(3), 1254–1265. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9503-8>

Jiménez-Moreno N, Esparza I, Bimbela F, Gandía LM, Ancín-Azpilicueta C (2019) Valorization of selected fruit and vegetable wastes as bioactive compounds: *Opportunities and challenges*. *Crit Rev Environ Sci Technol* <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1694819>

Kaderides K, Mourtzinou I, Goula AM (2019) Stability of pomegranate peel polyphenols encapsulated in orange juice industry by-product and their incorporation in cookies, *Food Chem* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125849>

Kainat S, Arshad MS, Khalid W, Khalid MZ, Koraqi H, Afzal MF i sur. (2022) Sustainable novel extraction of bioactive compounds from fruits and vegetables waste for functional foods: a review. *Int J Food Prop* **25**:1, 2457-2476. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2144884>

Karlović S (2013) Određivanje teksturnih svojstava i matematičko modeliranje sušenja voća prethodno obrađenoga ultrazvukom visokoga intenziteta, Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.

Karnopp AR, Figuero AM, Los PR, Teles JC, Simões DRS, Barana AC i sur. (2015) Effects of whole-wheat flour and bordeaux grape pomace (*Vitis labrusca* L.) on the sensory, physicochemical and functional properties of cookies. *Food Sci Technol (Campinas)* **35**(4), 750–756. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0010>

Kaur D, Wani AA, Singh DP, Sogi DS (2011) Shelf Life Enhancement of Butter, Ice-Cream, and Mayonnaise by Addition of Lycopene. *Int J Food Prop* **14**, 1217–1231. <https://doi.org/10.1080/10942911003637335>

Kibler KM, Reinhart D, Hawkins C, Motlagh AM, Wright J, (2018) Food waste and the food-energy-water nexus: A review of food waste management alternatives. *Waste Manag* **74**, 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.014>

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. *NRP* **6**(1), 21-27. <http://dx.doi.org/10.4162/nrp.2012.6.1.21>

Kostecka-Gugała A, Kruczek M, Ledwożyw-Smoleń I, Kaszycki P (2020) Antioxidants and health-beneficial nutrients in fruits of eighteen *Cucurbita* cultivars: analysis of diversity and dietary implications. *Molecules* **25**(8), 1792. <https://doi.org/10.3390/molecules25081792>

- Kreck M, Kuerbel P, Ludwig M, Paschold PJ, Dietrich H (2006) Identification and quantification of carotenoids in pumpkin cultivars (*Cucurbita maxima* L.) and their juices by liquid chromatography with ultraviolet-diode array detection. *JABFQ* **80**(2), 93-99.
- Leichtweis MG, Molina AK, Pires TCS, Dias MI, Calhelha R, Bachari K, Ziani BEC, Oliveira MBPP, Pereira C, Barros L (2022) Biological activity of pumpkin byproducts: antimicrobial and antioxidant properties. *Molecules* **27**(23), 8366. <https://doi.org/10.3390/molecules27238366>
- Lucera A, Costa C, Marinelli V, Saccotelli MA, Del Nobile MA, Conte A (2018) Fruit and vegetable by-products to fortify spreadable cheese. *Antioxidants (Basel)* **7**(5), 61. <https://doi.org/10.3390/antiox7050061>
- Martin-Rios C, Demen-Meier C, Gössling S, Cornuz C (2018) Food waste management innovations in the foodservice industry. *Waste Manag* **79**, 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.033>
- Martirosyan D, Kanya H, Nadalet C (2021) Can functional foods reduce the risk of disease? Advancement of functional food definition and steps to create functional food products. *FFHD* **11**(5), 231-221. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v11i5.788>
- Meilgaard MC, Carr BT, Carr BT, (2007) Sensory Evaluation Techniques (4th ed.). *CRC Press* <https://doi.org/10.1201/b16452>
- Moult JA, Allan SR, Hewitt CN, Berners-Lee M (2018) Greenhouse gas emissions of food waste disposal options for UK retailers. *Food Policy* **77**, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.04.003>
- Nakov G, Brandolini A, Hidalgo A, Ivanova N, Jukić M, Koceva Komlenić D, Lukinac J (2020) Influence of apple peel powder addition on the physico-chemical characteristics and nutritional quality of bread wheat cookies. *Food Sci Technol Int* **26**(7), 574-582. <https://doi.org/10.1177/1082013220917282>
- Nguyen TTT, Malek L, Umberger WJ, O'Connor PJ (2022) Household food waste disposal behaviour is driven by perceived personal benefits, recycling habits and ability to compost. *J Clean Prod* **379**(4), 134636. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134636>
- Ninčević Grassino A, Rimac Brnčić S, Badanjak Sabolović M, Šic Žlabur J, Marović R, Brnčić M (2023). Carotenoid content and profiles of pumpkin products and by-products. *Molecules* **28**(2), 858. <https://doi.org/10.3390/molecules28020858>
- 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>
- Pereira JAM, Berenguer CV, Andrade CFP, Câmara JS (2022) Unveiling the bioactive potential of fresh fruit and vegetable waste in human health from a consumer perspective. *Appl Sci*, **12**(5), 2747. <https://doi.org/10.3390/app12052747>
- Pinna N, Ianni F, Selvaggini R, Urbani S, Codini M, Grispoldi L i sur. (2023) Valorization of Pumpkin Byproducts: Antioxidant Activity and Carotenoid Characterization of Extracts from Peel and Filaments. *Foods* **12**, 4035. <https://doi.org/10.3390/>
- Pizzino G, Irrera N, Cucinotta M, Pallio G, Mannino F, Arcoraci V, Squadrito F, Altavilla D, Bitto A, (2017) Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxid Med Cell Longev*, 2017, Article 8416763. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>



- Ronie ME, Abdul Aziz AH, Kobun R, Pindi W, Roslan J, Putra NR, Mamat H, (2024) Unveiling the potential applications of plant by-products in food – A review. *WMB* **2**(3), 183–203. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.07.008>
- Röös E, Bajželj B, Smith P, Patel M, Little D, Garnett T, (2017) Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Glob Environ Change* **47**, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.0>
- Sahni P, Sharma S, Sigh B (2019) Evaluation and quality assessment of defatted microalgae meal of *Chlorella* as an alternative food ingredient in cookies. *Nutr Food Sci* **49** (2), 221-231. <https://doi.org/10.1108/NFS-06-2018-0171>
- Santhosh R, Nath D, Sarkar P (2021) Novel food packaging materials including plant-based byproducts: A review. *Trends Food Sci Technol*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.013>
- Schaffer AA, Paris HS (2003) MELONS, SQUASHES, AND GOURDS. *EFSN* 3817–3826. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/00760-4>
- Sharma M, Bhat R (2021) Extraction of Carotenoids from Pumpkin Peel and Pulp: Comparison between Innovative Green Extraction Technologies (Ultrasonic and Microwave-Assisted Extractions Using Corn Oil). *Foods* **10**(4), 787. <https://doi.org/10.3390/foods10040787>
- Silva MA, Albuquerque TG, Alves RC, Oliveira MBPP, Costa HS (2024) Melon peel flour: Utilization as a functional ingredient in bakery products. *Food Funct* **15**(4), 1899–1908. <https://doi.org/10.1039/d3fo05268k>
- Stable Micro Systems (2024) test types <https://www.stablemicrosystems.com/TAHDplus.html>. Pristupljeno 14. listopada 2024.
- Susmi TF, Khan MR, Hasan N, Aktar A, Amin MZ (2023) Bioactivity profiling of native and hybrid varieties of pumpkin peel (*Cucurbita maxima* Linn.). *J Agric Food Res* **14**, 100813. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100813>
- Tsegay ZT, Gebreegziabher ST, Mulaw G (2024) Nutritional qualities and valorization trends of vegetable and fruit byproducts: A comprehensive review. *J Food Qual.* <https://doi.org/10.1155/2024/5518577>
- Turksoy S i Özkaya B (2011) Pumpkin and carrot pomace powders as a source of dietary fiber and their effects on the mixing properties of wheat flour dough and cookie quality. *Food Sci Technol Res* **17**(6), 545–553.
- UN (2015) The 17 goals. UN - United Nations, <https://sdgs.un.org/goals>. Pristupljeno 10. listopada 2024.
- UNEP (2021) Food loss and waste. UNEP – United States Environmental Programme, <https://www.fao.org/nutrition/capacity-development/food-loss-and-waste/en/>. Pristupljeno 2. listopada 2024.
- Vieira MA, Tramonte KC, Podestá R, Avancini SRP, Amboni RDM, Amante ER (2008) Physicochemical and sensory characteristics of cookies containing residue from king palm (*Archontophoenix alexandrae*) processing. *Int J Food Sci Technol* **43**, 1534–1540. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01568.x>
- Wani NR, Rathe RA, Farooq A, Padder SA, Baba TR, Sharma S i sur. (2023) New insights in food security and environmental sustainability through waste food management. *ESPR*, <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26462-y>
- Wettstein DV (1957) Chlorophyll-letale und der submikroskopische Formwechsel der Plastiden. *Exp Cell Res* **12**, 427–506. [http://dx.doi.org/10.1016/0014-4827\(57\)90165-9](http://dx.doi.org/10.1016/0014-4827(57)90165-9)

Xiao B, Brainard DH (2008) Surface gloss and color perception of 3D objects. *Vis Neurosci*, **25**(3), 371–385. <https://doi.org/10.1017/S0952523808080267>

Yulia C, Fauza A, Nurhasanah NS (2024) Physicochemical characteristics and antioxidant activity of gluten free cookies with the addition of red dragon fruit peel paste (*Hylocereus Polyrhizus*). *J Food Nutr Res* **12**, 241-245. <https://doi.org/10.12691/jfnr-12-5-2>



## IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja, Valentina Puškadija, 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