

# Utjecaj sušenja na kemijske i fizikalne karakteristike chia sjemenki

---

**Bedeniković, Mateja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:380402>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**UTJECAJ SUŠENJA NA KEMIJSKE I  
FIZIKALNE KARAKTERISTIKE CHIA  
SJEMENKI**

DIPLOMSKI RAD

Mateja Bedeniković

Zagreb, rujan 2019.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:  
Poljoprivredna tehnika-Mehanizacija

**UTJECAJ SUŠENJA NA KEMIJSKE I  
FIZIKALNE KARAKTERISTIKE CHIA  
SJEMENKI**

**DIPLOMSKI RAD**

Mateja Bedeniković

Mentorica: prof. dr. sc. Tajana Krička

Zagreb, rujan 2019.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA**  
**O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Mateja Bedenković**, JMBAG 0178094558, rođena dana 07.09.1992. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**UTJECAJ SUŠENJA NA KEMIJSKE I FIZIKALNE KARAKTERISTIKE CHIA**  
**SJEMENKI**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE**

**O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studenta/ice **Mateja Bedenković**, JMBAG 0178094558, naslova

**UTJECAJ SUŠENJA NA KEMIJSKE I FIZIKALNE KARAKTERISTIKE CHIA  
SJEMENKI**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |                             |           |
|----|-----------------------------|-----------|
| 1. | prof. dr. sc. Tajana Krička | mentorica |
| 2. | doc. dr. sc. Ana Matin      | članica   |
| 3. | doc. dr. sc. Goran Kiš      | član      |

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem svojoj mentorici prof. dr. sc. Tajana Krička koja mi je svojim stručnim znanjem omogućila realizaciju ovog diplomskog rada. Hvala na strpljenju i iskazanom povjerenju.

Hvala povjerenstvu kojeg čini doc. dr. sc. Ana Matin i doc. dr. sc. Goran Kiš na pomoći i sugestijama.

Hvala asistentima Mateji Grubor, mag. ing. agr., Anamariji Peter, mag. ing. agr., Mislavu Kontek, mag. ing. agr. na razumijevanju i savjetima kod izvođenja eksperimentalnog dijela.

Veliko hvala obitelji, kolegama i prijateljima na strpljenju i potpori. Posebno hvala prijateljici Vedrani Zrinjan na podršci, te na svim zabavnim trenucima zbog kojih je bilo lakše studirati.

Hvala svima!

## **Sažetak**

Usnatice (Lamiaceae) biljke su koje se sve više koriste u prehrani ljudi i životinja. Jedna je od vrsta porodice usnatica biljka Chia (*Salvia hispanica* L.).

Vrlo često nazivamo je „super hrana“ zbog svojih fizikalno-kemijskih svojstava. Uglavnom se uzgaja radi sjemenja koje sadrži 25-35% ulja. Sjeme se može koristiti sirovo; samljeveno ili cjelovito.

Nakon berbe, važno je pravilno doraditi i uskladištiti sjeme kako bi zadržalo svoja kemijska i fizikalna svojstva do uporabe. U postupku dorade sjemenja najznačajniji je postupak dorade sušenjem. Proces sušenja podrazumijeva smanjenje vlažnosti na ravnotežnu vrijednost čime mu se produljuje upotrebna vrijednost.

Ovaj rad prikazuje rezultate promjena kemijskih i fizikalnih karakteristika BIO i konvencionalnih chia sjemenki iz Paragvaja. Prikupljenim uzorcima odredit će se kemijski sastav i fizikalne karakteristike prije i nakon postupka dorade.

Postupak dorade sjemenja obuhvaća konvekcijsko sušenje na tri temperature (50°C, 60°C i 70°C), te kondukcijsko sušenje na tri temperature (120°C, 130°C i 140°C). Nakon provedenih postupaka sušenja, svakom uzorku od kemijskih karakteristika odredit će se udio pepela, vlage, masti, vlakna i proteina te od fizikalnih karakteristika dimenzije (dužina, širina i debljina zrna).

**Ključne riječi:** Chia, sjemenke, sušenje, kemijska svojstva, fizikalna svojstva

## **Summary**

Lamiaceae are plants that are increasingly being used in human and animal nutrition. One of the species of the lamiaceae family is a plant known as Chia (*Salvia hispanica* L.).

Chia is often referred to as a “superfood” because of its physicochemical properties. It is usually cultivated for the seeds which are composed of 25-35 % oil. The seeds can be consumed raw, either ground or whole.

After the harvest, it is important to properly treat and store the seeds in order for them to retain their chemical and physical properties until usage. The most relevant treatment in the seeds processing operation is the drying process. The drying process entails reducing the humidity levels down to an optimal degree, thus extending the use value of the seeds.

This thesis presents the results of the changes in the physical and chemical properties of the BIO and conventional chia seeds from Paraguay. The collected samples' chemical properties and physical characteristics are going to be examined before and after the processing operation.

The processing operation of the seeds includes convection drying at the three temperatures (50°C, 60°C, and 70°C), and conduction drying at the three temperatures (120°C, 130°C, and 140°C). Once the processing operations are conducted, each sample's chemical properties are going to be examined with regard to the percentage of the ashes, humidity, fats, fibers, and proteins, and the physical properties with regard to the dimensions (length, width, and the thickness of the seed).

**Keywords:** chia, seeds, drying, chemical properties, physical properties



## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD .....  | 1  |
| 2. CILJ DIPLOMSKOG RADA .....  | 2  |
| 3. CHIA ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....                                       | 3  |
| 3.1. Botaničke karakteristike biljke .....                                       | 3  |
| 3.2. Kemijski sastav chia sjemenki.....  | 4  |
| 4. TERMIČKI POSTUPCI DORADE.....   | 6  |
| 4.1. Sušenje.....  | 6  |
| 4.1.1. Konvekcijsko sušenje.....   | 7  |
| 4.1.2. Kondukcijsko sušenje .....  | 8  |
| 4.1.3. Sušenje zamrzavanjem liofilizacija.....                                   | 8  |
| 4.1.4. Sušenje zračenjem .....   | 8  |
| 5. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA.....   | 9  |
| 5.1. Fizikalne metode.....   | 9  |
| 5.2. Rehidracija uzorka .....  | 9  |
| 5.3. Određivanje sadržaja vode (vlage) .....                                     | 10 |
| 5.4. Određivanje sadržaja pepela.....  | 11 |
| 5.5. Određivanje udjela masti .....  | 11 |
| 5.6. Određivanje proteina, udjela ugljika, vodika, dušika, sumpora i kisika..... | 12 |
| 5.7. Određivanje vlakna.....   | 14 |
| 6. Laboratorijsko sušenje .....  | 15 |
| 6.1. Kondukcijsko sušenje tosterom .....   | 15 |
| 6.2. Laboratorijsko konvekcijsko sušenje.....                                    | 16 |
| 7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA .....                                       | 17 |
| 7.1. Fizikalne metode.....   | 17 |
| 7.2. Određivanje vlage.....  | 18 |
| 7.3. Sušenje uzoraka .....   | 18 |
| 7.3.1. Kondukcijsko sušenje uzoraka .....  | 18 |
| 7.3.2. Konvekcijsko sušenje .....  | 20 |
| 7.4. Konstanta otpuštanja vode.....  | 22 |
| 7.5. Sadržaj pepela.....   | 23 |
| 7.6. Sadržaj masti.....  | 24 |
| 7.7. Sadržaj vlakna.....   | 25 |
| 7.8. Sadržaj proteina, ugljika, vodika, dušika, sumpora i kisika .....           | 27 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 8. ZAKLJUČAK .....  | 28 |
| 9. LITERATURA ..... | 29 |
| 10. ŽIVOTOPIS ..... | 33 |

## 1. UVOD

Danas poznata svima, nekad je chia činila jednu od osnovnih namirnica u prehrani starosjedilaca Amerike. Njezin plod konzumirao se u obliku cijelih sjemenki ili samljevene u brašno. Pošto chia sadrži veliki postotak ulja, ono se osim u prehrani upotrebljavalo za ukrašavanje dijelova tijela (ruke, lice).

Svoje mjesto chia je našla na europskom tržištu tek kada su istraživanjima otkrili važnost nezasićenih masnih kiselina. Među većim proizvođačima chia sjemenki danas su Paragvaj (3985 tona godišnje), Argentina (2758 tona), Bolivija (2541 tona), Peru (1347 tona) i Meksiko (1025 tona) (CBI, 2017).

Sjemenke su bogate visokim sadržajem nutrijenata. Sadrže visok postotak nezasićenih masnih kiselina od kojih su najzastupljenije linolna ( $\omega$ -3 masna kiselina), te linoleinska ( $\omega$ -6 masna kiselina) (Kuraica I., 2017). Visok udio vlakana, proteina, ugljikohidrata, minerala kao što su magnezij i kalcij važni su ne samo u prehrani ljudi, nego i kod hranidbe domaćih životinja. O važnosti nutritivne vrijednosti chia sjemenki govori činjenica da žitarice poput pšenice, ječma, kukuruza sadrže manje od 16% proteina, dok je udio proteina u chia sjemenkama viši, varira od 15-23%. Udio vlakana chia također je viši u odnosu na lanene sjemenke. Nakon ekstrakcije ulja sačma koja ostaje poželjna je u hranidbi domaćih životinja; posebno pilića, kokoši nesilica i mliječnih krava.

Danas se chia sjemenke najčešće koriste u prehrambenoj industriji, posebice kod proizvodnje pekarskih proizvoda gdje se dodaju cjelovite, a samljevene se miješaju sa voćnim sokovima, jogurtom. Ne sadrže gluten, te mogu se dodati brašnu radi povećanja nutritivnih vrijednosti kolača, kruha. Zbog relativno jednostavnog uzgoja upotreba chia klica u prehrani sve je popularnija i one se smatraju hranom budućnosti. Osim u prehrambenoj industriji chia se može koristiti u kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji za uklanjanje ožiljaka, protiv crvenila kože.

## **2. CILJ DIPLOMSKOG RADA**

Cilj diplomskog rada je:

- Utvrditi promjene fizikalno-kemijskih svojstava chia sjemenki (BIO i konvencionalnih) nakon termičke dorade konvekcijskog sušenja na tri različite temperature (50°C, 60°C i 70°C), te kondukcijskog sušenja na tri različite temperature (120°C, 130°C i 140°C).
- Na temelju dobivenih vrijednosti otpuštanja vode iz zrna izraditi krivulje sušenja.
- Odrediti fizikalno-kemijska svojstva chia sjemenki

### 3. CHIA (*Salvia hispanica* L.)

#### 3.1. Botaničke karakteristike biljke

Chia je zeljasta jednogodišnja biljka porodice lamiaceae. Biljke koje pripadaju ovoj obitelji karakterizira sadržaj vrlo aromatičnih eteričnih ulja. Neki poznati začini, kao što su majčina dušica, menta, kadulja, origano ili ružmarin također pripadaju ovoj porodici.

Taksonomske kategorije biljke (USDA, 2018):

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| Carstvo     | Plantae                |
| Odjeljak    | Magnoliophyta          |
| Pododjeljak | Spermatophytina        |
| Razred      | Magnoliopsida          |
| Podrazred   | Asteridae              |
| Red         | Lamiales               |
| Porodica    | Lamiaceae              |
| Rod         | <i>Salvia</i> L.       |
| Vrsta       | <i>S. hispanica</i> L. |

Stabljika chie može narasti do jednog metra visine i ima suprotno raspoređeno lišće. Listovi su ovalni, šiljastih vrhova, a ono što je najvažnije je da sadrže eterična ulja koja odbijaju štetnike. Kod uzgoja chie nije potrebna upotreba pesticida. Ekstrakcijom ulja iz listova chie dobiva se sredstvo koje se može koristiti protiv raznih štetnika (Ullah i sur., 2015). Cvjetovi su mali (3-4 mm), od bijele do ljubičaste boje skupljeni u klasove na vrhu stabljike. Imaju visok postotak samooprašivanja. Plod (sjemenke) daje ljeti, ovalnog su oblika sa veličinom u rasponu od 1 do 2 mm. Boja sjemena varira od smeđe, sive, do bijele sa crnim pjegama (Ayerza i Coates, 2011).

Zbog svoje boje i različitih šara često sjemenke chie nazivaju „zmijskom kožom“. Za svoj rast chia ne podnosi vlažna tla, dobro se prilagođava na sušne uvjete (slika 1).

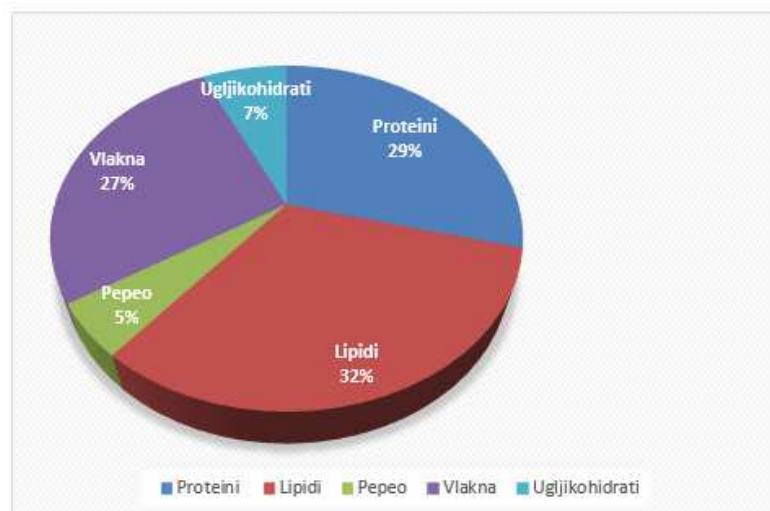


Slika 1. Cvijet i list chie

(Izvor: <http://www.tipdisease.com/2015/10/chia-salvia-hispanica-overview-health.html>)

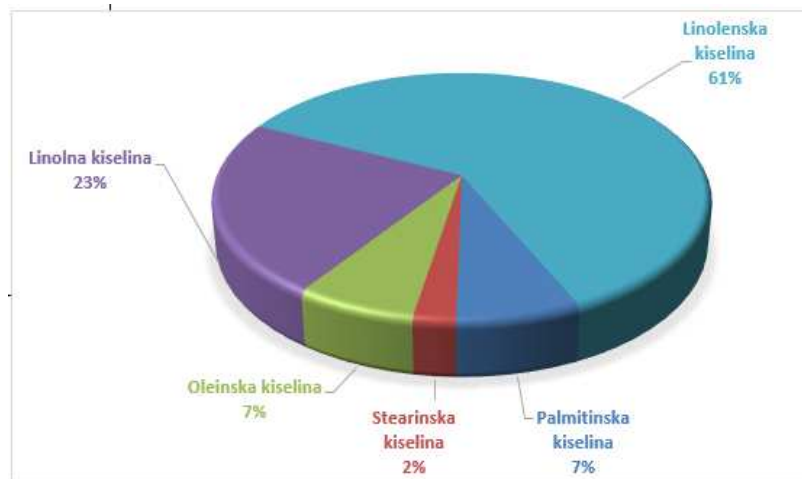
### 3.2. Kemijski sastav chia sjemenki

Sjemenke chie (slika 2) su dobar izvor ulja, proteina, masti, ugljikohidrata, prehrambenih vlakana, minerala i vitamina, te polifenolnih spojeva (Ayerza i Coates, 2004).



Slika 2. Kemijski sastav chia sjemenke (Ixtaina i sur., 2010)

Zanimljivo je da među svim biljkama chia sadrži najveću količinu omega-3 masnih kiselina (slika 3). Sadržaj ulja sjemenki iznosi od 25% do 35%. (Taga, i sur. 1984). Omega-3 masne kiseline neophodne su za razvoj i rast ljudskog tijela, imaju važnu ulogu u prevenciji i liječenju raznih bolesti kao što su npr. kardiovaskularni problemi. Chia ne sadrži gluten, te se njezino brašno može koristiti kod osoba oboljelih od celijakije.



Slika 3. Sadržaj masnih kiselina u sjemenki chie (Ayerza i Coates, 2011)

Chia sjemenke su odličan izvor B vitamina. Usporedba sadržaja vitamina B sjemenke chie i drugih kultura pokazuje da je sadržaj niacina (B3) veći nego kod kukuruza, soje i riže, ali je sadržaj vitamina A manji nego kod kukuruza. Sadržaj tiamina (B1) i riboflavina (B2) je sličan kao kod riže i kukuruza, ali je manji nego kod soje (Ayerza, 1995).

Osim vitamina B, sjemenke chie sadrže i visok postotak magnezija, željeza, kalcija, cinka. Posebno iznenađuje postotak željeza koji je veći i od postotka u jetrici, nekih vrsta povrća, kao što su špinat, leća.

Kao što za svaku biljku postoji niz čimbenika koji mogu uzrokovati varijacije u kemijskom sastavu, isto je i sa chia sjemenkama. Sve počinje od područja uzgoja same biljke. Klimatske promjene, vrsta tla, plodnost tla, količina dostupne vode, sve to može uzrokovati varijacije u kemijskom sastavu. Starenjem biljke i povećanjem temperature zraka smanjuje se sadržaj proteina.

## **4. TERMIČKI POSTUPCI DORADE**

Toplinska dorada je svaki postupak kojem se zrno izlaže određeno vrijeme utjecaju povišene temperature. Energija kojom se zrno grije može biti neposredno toplina prenesena s mjesta ili iz medija s povišenom temperaturom ili posredno toplina dobivena pretvorbom drugog oblika energije, npr. tlaka. U toplinsku doradu ubraja se: sušenje, prženje (tostiranje), unutarnje grijanje (zračenje infracrvenim ili mikrovalovima), tlačanje (suho ekstrudiranje, ekspandiranje, peletiranje, prešanje na valjcima), kao i združivanje pojedinih postupaka (Katić i sur., 1995).

### **4.1. Sušenje**

Sušenje je tehnološka operacija koja podrazumijeva oduzimanje vlage odnosno relativno malih količina tekućine, skoro redovito vode, iz plinova, tekućina ili krutih tvari (Tomas, 2000). Glavni zadatak sušenja je udaljiti upravo toliko vode iz proizvoda da je moguće njegovo dugotrajno skladištenje, bez negativnog utjecaja na kakvoću sušenog materijala (Ritz, 1997). U osušenim proizvodima usporena je mikrobiološka aktivnost, te biološki procesi koji mogu uzrokovati kvarenje.

Sušenje je vrlo složen fizikalni proces, jer uključuje istovremeni prijenos topline, mase i količine gibanja u višefaznom sustavu i ovisi o strukturi materijala, vrsti veza vode s čvrstom tvari, geometriji tvari koja se suši, sustavu za sušenje i o fizikalnim i termodinamičkim parametrima sredstva za sušenje, kada se radi o konvekcijskom načinu sušenja. U užem smislu riječi sušenje predstavlja tehnološku operaciju kojom se uklanja manja količina vode iz krutih ili gotovo krutih tvari pomoću topline, tj. isparavanjem ili hlapljenjem. Isparavanje je proces koji se provodi kod temperature ključanja, a hlapljenje proces koji se provodi na temperaturama ispod temperature ključanja. Sušenje se najčešće provodi ispod temperature ključanja, tj. kod parcijalnih tlakova tekućine ispod ukupnog tlaka, u tom slučaju potreban je plin (zrak ili dimni plinovi) koji daju razliku parcijalnog tlaka do ukupnog i koji na taj način odnose tekućinu. (Ježek, 1999).



Zadatak tehnike i tehnologije sušenja je da sušenjem obavi konzerviranje poljoprivrednih proizvoda i to:

- sa što je moguće manjim promjenama kakvoće proizvoda,
- sa što manjim utroškom energije za sušenje,
- sa što manjim oštećivanjem proizvoda i
- uz što manje zagađivanje okoliša prilikom sušenja (Katić, 1997).

Prema načinu dovođenja topline materijalu koji se suši možemo razlikovati slijedeće metode sušenja:

- konvekcijsko sušenje, kod kojeg se materijal suši u doticaju sa strujom plina (najčešće zrakom),
- kondukcijsko ili kontaktno sušenje, kod kojeg se materijal suši u doticaju sa zagrijanom površinom,
- sušenje smrzavanjem, kod kojeg se materijal suši u zamrznutom stanju pod visokim vakuumom. Po načinu prijenosa topline ovo sušenje je analogno kontaktnom sušenju,
- radijacijsko sušenje, kod kojeg se materijal suši posredstvom polja visoke učestalosti (Tomas, 2000).

U prehrambenoj i procesnoj industriji najčešće se primjenjuje konvekcijsko sušenje.

#### **4.1.1. Konvekcijsko sušenje**

Konvekcijskim sušenjem materijal se suši u direktnom kontaktu sa strujom plinovitog medija (najčešće vlažni zrak). Vlažni zrak ima funkciju prihvaćanja i odvođenja određene mase vlage iz sustava (Katić, 1997).

Kod konvekcijskog sušenja potrebna toplina se dovodi upuhivanjem toplog zraka. Na taj način, konvekcijom toplina prelazi na vlažnu sirovinu i omogućuje isparavanje vlažne komponente. Sušenjem se smanjuje udio vlage, te ovakvim postupkom ne dolazi do nutritivnih promjena tijekom određenog vremena čuvanja (Krička i Plietić, 1994).

Samo sušenje mora biti ekonomično, a učinak što veći. Temperatura zraka kojom se suši treba se prilagoditi samom biljnom materijalu i samoj daljnjoj namjeni osušenog proizvoda. Prilikom povećanja temperature zraka smanjuje se relativna vlažnost, čime se pospješuje sušenje (Katić, 1997).

#### **4.1.2. Kondukcijsko sušenje**

Materijal se pri kondukcijskom sušenju suši u kontaktu sa grijanom površinom. Za odvođenje mase vlage koja je isparila iz materijala koristi se okolni zrak (Matin, 2012). Glavni cilj kondukcijskog sušenja je dobivanje proizvoda bolje kvalitete i probavljivosti. Kod kondukcijskog sušenja određena se količina topline s radnog medija kondukcijom predaje biljnom materijalu koji se suši (Matin, 2012).

Radni medij je radna površina povišene temperature, a temperatura je u rasponu od 100 do 250°C u vremenu od 5 do 60 minuta ovisno o sirovini koja se suši (Özdemir, 2000).

#### **4.1.3. Sušenje zamrzavanjem liofilizacija**

Osnovni princip liofilizacije je da se iz prethodno smrznutog proizvoda uklanja voda sublimacijom leda tj. neposrednim prijelazom vode iz čvrstog u plinovito stanje. To se realizira podvrgavanjem zamrznutog proizvoda djelovanju topline pod odgovarajućim podtlakom (vakumom).

Budući da se uklanjanje vode vrši sublimacijom leda, taj postupak dehidracije je karakteriziran i time što je isključena migracija topljivih sastojaka (šećera, kiselina, mineralnih soli, aminokiselina itd.) prema površini proizvoda, karakteristična za ostale metode dehidracije. Na taj način je isključeno stvaranje krute površinske "kore", koja usporava proces dehidracije i koja redovito predstavlja mjesto najintenzivnijih degradacijskih pojava (Lovrić, 2003).

Prednost liofiliziranih namirnica je:

- velika trajnost proizvoda,
- struktura tkiva ostaje sačuvana,
- minimalni gubitak vitamina i minerala,
- potpuno očuvana boja, okus i miris.

#### **4.1.4. Sušenje zračenjem**

Kod sušenja zračenjem ili radijacijom upotrebljavaju se elektromagnetski valovi. Trajanje sušenja relativno je kratko i mjeri se u minutama (Izvor: <http://struna.ihjj.hr/naziv/radijacijska-susnica/42734/>).

## 5. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

U svrhu istraživanja i izrade diplomskog rada koristile su se konvencionalne i bio chia sjemenke iz Paragvaja. Istraživanje je provedeno u laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta.

### 5.1. Fizikalne metode

Kako bi vidjeli fizikalne promjene chia sjemenki potrebno ih je izmjeriti prije i nakon termičke dorade. Izmjerena je dužina, širina i debljina 30 sjemenki konvencionalnih i bio chia sjemenki prije i nakon termičke dorade sušenjem (slika 4 i 5).



Slika 4. Pomično mjerilo  
(Izvor: vlastiti)



Slika 5. Chia sjemenke  
(Izvor: vlastiti)

### 5.2. Rehidracija uzorka

Postupak se provodi na temelju dobivenih vrijednosti vlažnosti uzorka. Uzorak se vlaži destiliranom vodom, količinom dobivene izračunom kako bi ostvarili približno istu vlažnost kod bio i konvencionalne sorte chia sjemenki. Nakon provedenog sušenja, analize su na uzorcima ponovljene (slika 6).

Formula za rehidraciju uzoraka:

$$W = [(w_1 - w_2) / (100 - w_2)] * M_1$$

W= količina potrebne destilirane vode (ml)=(g)

w<sub>1</sub>= početna vlažnost mase (%)

w<sub>2</sub>= željena vlažnost mase (%)

M<sub>1</sub>= masa zrna uzorka koji rehidriramo (g)



Slika 6. Uzorci bio i konvencionalne chie

(Izvor: vlastiti)

### 5.3. Određivanje sadržaja vode (vlage)

Laboratorijska sušnica (INKO ST-40) koristi se za određivanje sadržaja vlage. Prazne, staklene posudice se odvažuju, stavi se oko 2 grama uzorka, te se ponovo važu. Posudice se ne zatvaraju poklopcem do kraja, te se stavljaju na sušenje na temperaturu od 105°C u razdoblju od cca. tri sata. Nakon sušenja posudice se stavljaju u eksikator na hlađenje. Razlika mase uzorka chie prije i poslije sušenja čini dobivenu količinu vlage. Kako bi se došlo do konačne vlage koristi se formula:

$$\% W = [(a-b)/m] * 100$$

gdje je:

$m$  = masa prazne posudice (g)

$a$  = masa posudice s uzorkom prije sušenja (g)

$b$  = masa posudice s uzorkom nakon sušenja (g)

#### 5.4. Određivanje sadržaja pepela

Postupak određivanja sadržaja pepela počinje tako da se u prethodno izvagane porculanske posudice stavi oko 1 gram uzorka i ponovi vaganje. Nakon vaganja posudice se stavljaju u mufolnu peć Naberthem B170 na temperaturu od 550 °C na 5 i pol sati (slika 7). U vremenskom razdoblju od 5 sati sagorijevaju organske tvari iz uzoraka i ostaje pepeo. Pepeo se nakon završetka postupka sagorjevanja izvaže (slika 8).



Slika 7. Mufolna peć  
(Izvor: vlastiti)



Slika 8. Pepeo  
(Izvor: vlastiti)

#### 5.5. Određivanje udjela masti

Masti se određuju pomoću Soxhlet ekstraktora R 304 (slika 9). Na dno celuloznih tuljaca stavlja se sloj vate, na sloj vate dolazi oko 10 g uzoraka, te ponovno sloj vate kako bi se prekrili uzorci (slika 10). Tako pripremljeni uzorci stavljaju se u ekstraktor, zatim se spoje hladilom i tikvicama u koje se ulije 250 ml organskog otapala petroletera za sakupljanje ekstrakta.

Ekstrakcija traje 6 sati. Nakon 6 sati ekstrakcije tikvice se stavljaju na sušenje u sušnicu na 105 °C oko pola sata, zatim na hlađenje, te se važu na analitičkoj vagi.

Kako bi bio dobiven postotak sirovih masti koristi se formula:

$$\% \text{ masti} = [(m_1 - m_0) / m_{\text{uzorka}}] * 100$$

gdje je:

$m_1$  = masa posudice nakon ekstrakcije (g)

$m_0$  = masa posudice prije ekstrakcije (g)

masa  $m_{\text{uzorka}}$  = masa uzorka u tuljcu (g)



Slika 9. Uređaj za ekstrakciju masti  
(Izvor: vlastiti)



Slika 10. Celulozni tuljci  
(Izvor: vlastiti)

### 5.6. Određivanje proteina, udjela ugljika, vodika, dušika, sumpora i kisika

Ukupni ugljik, vodik, dušik, sumpor i kisik određuju se na uređaju vario MACRO CHNS analizatoru (slika 11). Uzorci se spaljuju u struji kisika na 1150°C, a kao katalizator koristi se volfram (VI) oksid. Prilikom spaljivanja oslobađaju se: NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> i H<sub>2</sub>O plinovi. U redukcijskoj koloni, koja je zagrijana na 850°C, uz pomoć bakra kao redukcijskog sredstva, NO<sub>x</sub> plinovi reduciraju do N<sub>2</sub>, a plinovi SO<sub>3</sub> do SO<sub>2</sub>.

Nastale N<sub>2</sub> plinove helij nosi direktno na detektor TCD (termo-vodljivi detektor). Dok ostali plinovi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> prije dolaska na detektor prolaze kroz adsorpcijske kolone za CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O i SO<sub>2</sub>.

Nakon dobivenih rezultata udjela ukupnog ugljika, vodika, dušika i sumpora metodom suhog spaljivanja izračuna se udio kisika.

Količina kisika se dobiva matematički iz izračuna:

$$O = 100 - C - H - N - S (\%)$$

Određivanje sadržaja sirovih proteina provodi se metodom po Kjeldahl-u. Organska tvar razori se grijanjem sa sumpornom kiselinom uz prisustvo katalizatora. Sadržaj sirovih proteina određen je na Kjeldahl digestionoj jedinici K 12 (Behr Labortechnik GmbH, Njemačka) te izračunat prema formuli:

gdje je:

$$\% \text{ Sirovih proteina} = \%N \times 6,25,$$

b = ml NaOH (c=0,01 mol/L) utrošenih za retitraciju probe

bs = ml NaOH (c=0,01 mol/L) utrošenih za retitraciju slijepa probe

c = masa uzorka (g) u alikvotnom dijelu uzetom u konačni postupak



Slika 11. Uređaj vario MACRO

(Izvor: Vlastiti)

## 5.7. Određivanje vlakna

Za određivanje vlakana koristi se Scharrer-Kurshnerova metoda prema kojoj se namirnice razgrađuju dušičnom, octenom i trikloroocetnom kiselinom (slika 12). Dušična kiselina služi za oksidaciju, ali na celulozu ne djeluje. S ligninom stvara dušične spojeve koji se razgrađuju u octenoj kiselini (Krička i sur, 2012).



Slika 12. Uređaj za određivanje vlakna

(Izvor: Krička i sur, 2012)



## 6. LABORATORIJSKO SUŠENJE

### 6.1. Kondukcijsko sušenje tosterom

Toster se sastoji od kućišta s vratima u kojem je ugrađena perforirana ploča dimenzije 800 x 800 mm (slika 13). Pomoću aksijalnog ventilatora vrući zrak se izvlači iz tostera. Na samom tosteru ugrađene su 3 PT 1000 sonde za mjerenje temperature zraka na ulazu i izlazu iz tostera te mjerenje temperature sjemena u struji zraka. Početna regulacija temperature zraka je ručna, a zatim se prebacuje automatski. Mjerenje brzine zraka nakon prolaska kroz sloj uzorka obavljena je pomoću digitalnog anemometra marke Testo, Model 400, Velika Britanija. Područje očitavanja digitalnog anemometra je od 0,3 do 30 m s, uz točnost od  $\pm 0,2$  m s. Uz laboratorijski toster postavljena je digitalna vaga. Tijekom termičke dorade na metalna posuda odvajala se od laboratorijskog tostera i stavljala na digitalnu vagu (Mavričić, 2016).



Slika 13. Uređaj za kondukcijsko sušenje  
(Izvor: vlastiti)



Slika 14. Chia sjemenke na mrežastoj  
posudi  
(Izvor: vlastiti)

Sjeme chie bilo je sušeno na tri različite temperature zraka 120, 130 i 140 °C. Prije samog početka sušenja određena je voda i masa uzorka. Svakih 5 min posuda se odvajala od laboratorijskog tostera i stavljala na digitalnu vagu kako bi se odredila trenutna masa zrna (slika 14).

## 6.2. Laboratorijsko konvekcijsko sušenje

Laboratorijska sušnica sastoji se od dva dijela. Donji dio sušnice je dimenzije 300x350x120 mm, u kojem se nalazi ventilator s grijačem snage 1 kW. Ventilator usisava okolni zrak i nakon ulaska u donji dio sušnice, zrak prolazi kroz perforirani lim promjera rupa 15 mm i gustu mrežicu radi homogeniziranja polja strujanja zraka u drugu cjelinu okruglog oblika promjera 200 mm i visine 270 mm. Tu se zrak zagrijava i usmjerava prema suženom dijelu sušnice do promjera 78 mm. U suženi dio umeće se treća cjelina, okrugla posuda s uzorkom, aktivnog promjera 76 mm i visine 120 mm. Na dnu posude ugrađena je gusta čelična mreža četvrtastog promjera 1 mm. Električni grijač napaja se izmjeničnom strujom, s mogućnošću podešavanja napona, a time i temperature zraka sušenja. Podešavanje napona obavlja se ručno na regulacionom transformatoru (slika 15). Brzina zraka, odnosno regulacija rada ventilatora obavlja se također ručno, pomoću regulacionog transformatora (Krička i Plietić, 1994).



Slika 15. Konvekcijska sušara  
(Izvor: vlastiti)



Slika 16. Jedna od tri temperature sušenja  
(Izvor: vlastiti)

Sjeme chie isto kao i kod kondukcijskog sušenja sušeno je na tri različite temperature zraka 50, 60 i 70 °C (slika 16). Prije samog početka sušenja određena je voda i masa uzoraka. Svakih 5 min posuda se odvajala od laboratorijske sušare i stavljala na digitalnu vagu kako bi se odredila trenutačna masa zrna.

## 7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

### 7.1. Fizikalne metode

Nakon mjerenja pomičnim mjerilom dužina, širina i debljina sjemenki prirodnog uzorka bio i konvencionalne chie se bitno ne razlikuje.

Nakon termičke dorade sušenjem dužina, širina i debljina sjemenki u pravilu se smanjila u odnosu na prirodni uzorak. Kod konvencionalne chie najveća promjena kod dužine i širine sjemenki bila je na temperaturi od 70 °C, a kod debljine na temperaturi od 120 °C (tablica 1).

Bio chia najveću promjenu kod dužine sjemenki ima na temperaturi od 70 °C, a na temperaturi od 130 °C dogodile su se najveće promjene kod širine i debljine sjemenki (tablica 2).

Tablica 1. Fizikalne promjene sjemenki konvencionalne chie

| <b>KONVENCIONALNA CHIA</b> |        |                    |                    |                      |
|----------------------------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|
| <b>fizikalne metode</b>    |        | <b>dužina [mm]</b> | <b>širina [mm]</b> | <b>debljina [mm]</b> |
| prirodni uzorak            |        | 1,240              | 1,867              | 0,806                |
| kondukcijsko sušenje       | 140 °C | 1,176              | 1,866              | 0,776                |
|                            | 130 °C | 1,232              | 1,917              | 0,792                |
|                            | 120 °C | 1,199              | 1,859              | 0,741                |
| konvekcijsko sušenje       | 70 °C  | 1,157              | 1,780              | 0,745                |
|                            | 60 °C  | 1,173              | 1,795              | 0,769                |
|                            | 50 °C  | 1,194              | 1,830              | 0,821                |

Tablica 2. Fizikalne promjene sjemenki bio chie

| <b>BIO CHIA</b>         |        |                    |                    |                      |
|-------------------------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|
| <b>fizikalne metode</b> |        | <b>dužina [mm]</b> | <b>širina [mm]</b> | <b>debljina [mm]</b> |
| prirodni uzorak         |        | 1,236              | 1,880              | 0,837                |
| kondukcijsko sušenje    | 140 °C | 1,165              | 1,810              | 0,776                |
|                         | 130 °C | 1,388              | 1,799              | 0,743                |
|                         | 120 °C | 1,227              | 1,882              | 0,824                |
| konvekcijsko sušenje    | 70 °C  | 1,161              | 1,804              | 0,759                |
|                         | 60 °C  | 1,177              | 1,837              | 0,794                |
|                         | 50 °C  | 1,197              | 1,814              | 0,804                |

## 7.2. Određivanje vlage

Vlažnost chia sjemenki varira ovisno o stupnju zrelosti, vlažnosti zraka tijekom i nakon žetve. Zrelošću sjemenki pada i sadržaj vlage. Određivanje udjela vode u nekome materijalu je važno i zbog utjecaja vode na njegova fizikalna i kemijska svojstva, pa tako i na trajnost skladištenja te utvrđivanje njegove energetske vrijednosti (Krička i sur, 2012).

Uzorcima je određen udio vlage u sušnici prije i nakon rehidracije. Chia sjemenke iz Paragvaja sadržavale su nešto više od 6% vlage. Nakon rehidracije postotak vlage porastao je kod bio chia na 20%, dok kod konvencionalne na nešto više od 22% (tablica 3). Sušenje se provodilo do ravnotežne vlažnosti od 6%.

Tablica 3. Udio vode u uzorcima

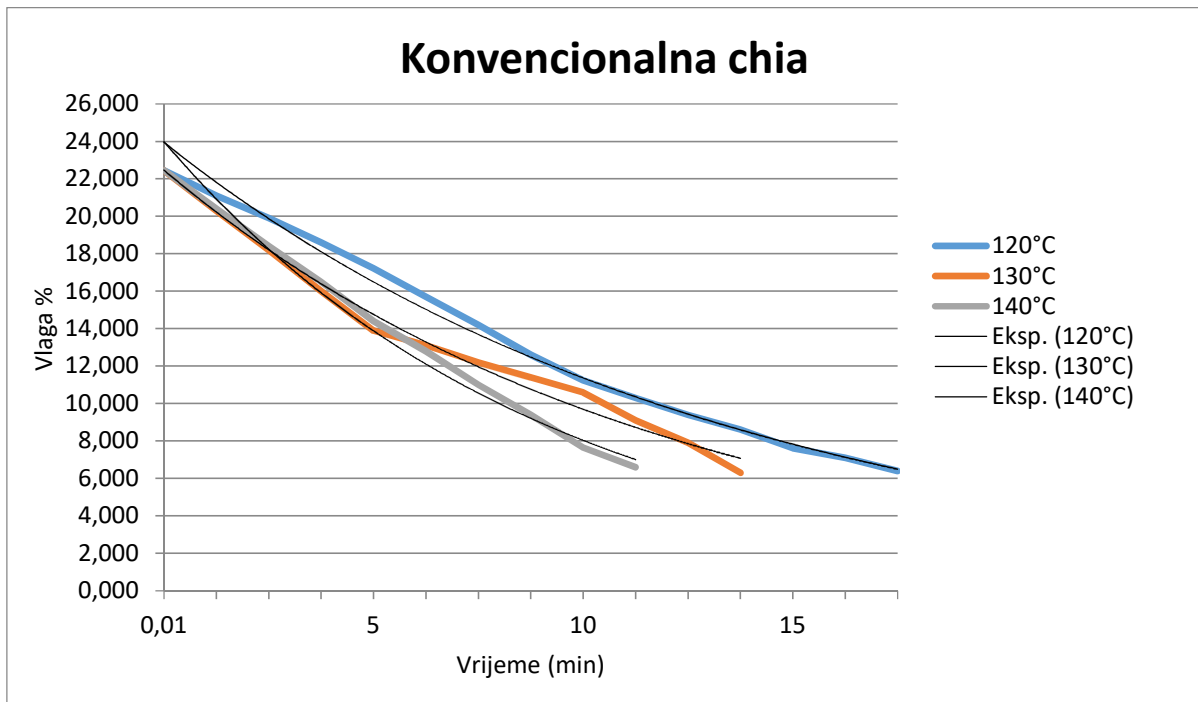
| Udio vode | Prirodn i uzorci (%) | Nakon rehidracije (%) | Način sušenja        | Temperatura sušenja (°C) | Nakon sušenja (%) |       |
|-----------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|-------|
| Chia      | Konvencionalna chia  | 6,399                 | 20,231               | kondukcijsko sušenje     | 140               | 6,599 |
|           |                      |                       |                      |                          | 130               | 6,300 |
|           |                      |                       |                      |                          | 120               | 6,401 |
|           | Bio chia             | 6,800                 | 22,448               | konvekcijsko sušenje     | 70                | 6,466 |
|           |                      |                       |                      |                          | 60                | 6,205 |
|           |                      |                       |                      |                          | 50                | 6,442 |
| Bio chia  | 6,800                | 22,448                | kondukcijsko sušenje | 140                      | 6,317             |       |
|           |                      |                       |                      |                          | 130               | 6,330 |
|           |                      |                       |                      |                          | 120               | 6,000 |
| Bio chia  | 6,800                | 22,448                | konvekcijsko sušenje | 70                       | 6,313             |       |
|           |                      |                       |                      | 60                       | 6,098             |       |
|           |                      |                       |                      | 50                       | 6,304             |       |

## 7.3. Sušenje uzoraka

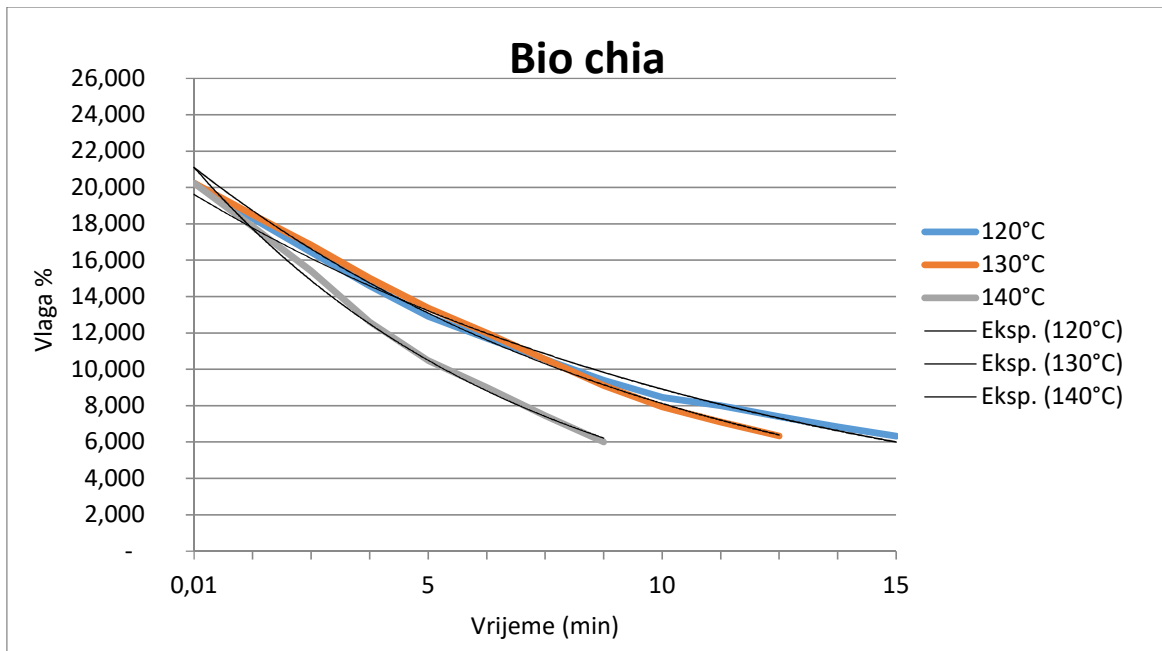
### 7.3.1. Kondukcijsko sušenje uzoraka

Tijekom sušenja uzorcima je određivana masa vaganjem, pratila se temperatura. Temperatura zraka za sušenje održavana je na 120, 130 i 140 °C.

Dijagram 1: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka konvencionalne chie na tri različite temperature (120, 130 i 140 °C)



Dijagram 2: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka bio chie na tri različite temperature (120, 130 i 140 °C)



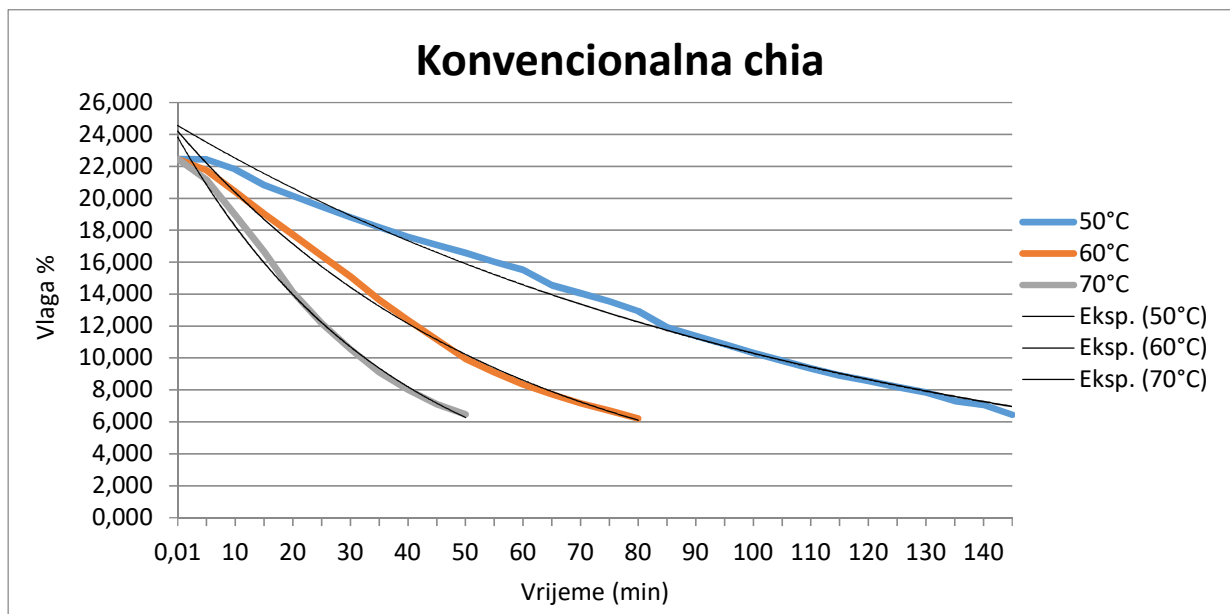
Kod kondukcijskog sušenja, konvencionalna chia na temperaturi od 120°C sušila se 17 minuta i 30 sekundi, na temperaturi od 130°C, 13 minuta i 45 sekundi, na temperaturi od 140°C, 11 minuta i 15 sekundi (dijagram 1).

Bio chia na temperaturi od 120°C sušila se 15 minuta, na temperaturi od 130°C, 12 minuta i 30 sekundi, na temperaturi od 140°C, 8 minuta i 45 sekundi (dijagram 2).

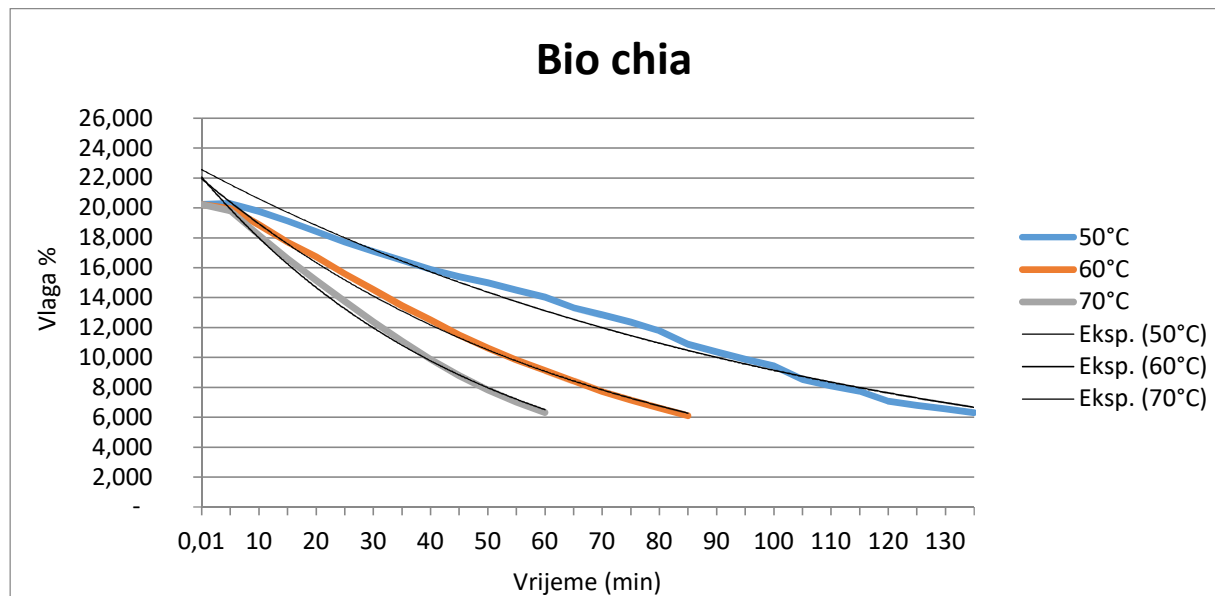
### 7.3.2. Konvekcijsko sušenje

Tijekom sušenja uzorcima je određivana masa vaganjem svakih 5 min, pratila se temperatura. Temperatura zraka za sušenje održavana je na 50, 60 i 70 °C.

Dijagram 3: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka konvencionalne chie na tri različite temperature (50, 60 i 70 °C)



Dijagram 4: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka bio chie na tri različite temperature (50, 60 i 70 °C)



Kod konvekcijskog sušenja, konvencionalna chia na temperaturi od 50°C sušila se 145 minuta, na temperaturi 60°C, 80 minuta, na temperaturi od 70 °C, 50 minuta (dijagram 3).

Bio chia na temperaturi od 50°C sušila se 135 minuta, na temperaturi 60°C, 85 minuta, na temperaturi od 70 °C, 60 minuta (dijagram 4).

#### 7.4. Konstanta otpuštanja vode

Tablica 4. Eksponencijalne jednadžbe

|                     | Način sušenja        | Temperatura sušenja (°C) | Eksponencijalna jednadžba | R <sup>2</sup> |
|---------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Bio chia            | kondukcijsko sušenje | 140                      | $y = 25,129e^{-0,175x}$   | 0,9963         |
|                     |                      | 130                      | $y = 23,776e^{-0,119x}$   | 0,9966         |
|                     |                      | 120                      | $y = 21,652e^{-0,099x}$   | 0,9928         |
|                     | konvekcijsko sušenje | 70                       | $y = 24,421e^{-0,102x}$   | 0,9926         |
|                     |                      | 60                       | $y = 23,626e^{-0,074x}$   | 0,9951         |
|                     |                      | 50                       | $y = 23,603e^{-0,045x}$   | 0,9806         |
| Konvencionalna chia | kondukcijsko sušenje | 140                      | $y = 27,509e^{-0,137x}$   | 0,9879         |
|                     |                      | 130                      | $y = 24,955e^{-0,105x}$   | 0,9806         |
|                     |                      | 120                      | $y = 26,288e^{-0,093x}$   | 0,9949         |
|                     | konvekcijsko sušenje | 70                       | $y = 27,219e^{-0,133x}$   | 0,9951         |
|                     |                      | 60                       | $y = 26,371e^{-0,086x}$   | 0,9947         |
|                     |                      | 50                       | $y = 25,646e^{-0,043x}$   | 0,9901         |

Legenda: y- vlaga sjemenki, x- vrijeme otpuštanja vode iz sjemenki, R<sup>2</sup>- koeficijent determinacije

Vrijednost brzine otpuštanja vode do ravnotežne vlažnost dobila se matematičkim modeliranjem. Korištenjem matematičkog modeliranja uspoređujemo razlike u otpuštanju vode iz uzoraka. Izradom eksponencijalnih jednadžbi utvrđen je koeficijent determinacije od 0,98 do 0,99 (tablica 4). Eksponencijalni koeficijent ima negativan predznak, što znači da krivulja pada, prikazuje tendenciju brzine sušenja. Uzorci se različito ponašaju prilikom sušenja, različito otpuštaju vodu. Koeficijenti koji imaju veću apsolutnu vrijednost prikazuju brže sušenje.

Tako se bio i konvencionalna chia kod kondukcijskog sušenja najkraće sušila na temperaturama od 140 °C, najduže na temperaturama od 120 °C.

Kod konvekcijskog sušenja bio i konvencionalna chia najkraće se sušila na temperaturama od 70 °C, najduže na temperaturama od 50 °C.

Povećavanjem temperature sušenja potrebno je kraće vrijeme kako bi se postigla ravnotežna vlažnost.



## 7.5. Sadržaj pepela

Pepeo je anorganski ostatak koji ostaje nakon što se uklone voda i organska tvar zagrijavanjem uz prisutnost kisika. Udio pepela u svježoj hrani rijetko prelazi 5%, a neka prerađena hrana može imati i do 12% pepela. Udio pepela ukupna je količina minerala sadržanih u hrani, a moguće je odrediti i udio svakog pojedinog minerala, kao što su kalcij, magnezij, fosfor, kalij i ostali. (Krička i sur, 2012).

Tablica 5. Postotak pepela u suhoj tvari

| Udio pepela u suhoj tvari | Prirodni uzorci (%) | Način sušenja        | Temperatura sušenja (°C) | Nakon sušenja (%) |
|---------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| Chia                      | 5,243               | kondukcijsko sušenje | 140                      | 7,724             |
|                           |                     |                      | 130                      | 6,269             |
|                           |                     |                      | 120                      | 6,309             |
|                           | 5,451               | konvekcijsko sušenje | 70                       | 6,397             |
|                           |                     |                      | 60                       | 6,873             |
|                           |                     |                      | 50                       | 5,331             |
| Konvencionalna chia       | 5,451               | kondukcijsko sušenje | 140                      | 7,205             |
|                           |                     |                      | 130                      | 6,645             |
|                           |                     |                      | 120                      | 6,652             |
|                           |                     | konvekcijsko sušenje | 70                       | 6,309             |
|                           |                     |                      | 60                       | 6,725             |
|                           |                     | 50                   | 6,268                    |                   |

Uzorci bio i konvencionalne chie prije sušenja imaju manji postotak pepela u odnosu na uzorke poslije sušenja (tablica 5).

Bio chia najveći postotak pepela u suhoj tvari ima na temperaturi od 140°C (7,724%), dok najmanji postotak ima na temperaturi od 50°C (5,331 %).

Kod konvencionalne chie najveći postotak pepela u suhoj tvari je također kao i kod bio chie na temperaturi od 140°C (7,205%), dok je najmanji na 50°C (6,268%)

Dobiveni rezultati dokazuju kako više temperature sušenja povećavaju udio pepela u chia sjemenkama, te kako je kondukcijsko sušenje u ovom slučaju učinkovitije u odnosu na konvekcijsko.

## 7.6. Sadržaj masti

Masti su organski kemijski spojevi koji sudjeluju u izgradnji svakog živog bića, a sastavni dijelovi molekula masti i ulja jesu masne kiseline. Vrlo su važne i nužne u ljudskoj prehrani. (Krička i sur, 2012).

USDA (2019) navodi da uzorak od 100 g chia sjemenki sadrži ukupan postotak masti 30,74 %. Sirove masti određene su nakon sušenja svakog uzorka na šest različitih temperatura u laboratorijskoj sušnici. Najveću količinu masti prije rehidracije ima konvencionalna chia sa 4,99 %, dok bio chia nešto manje 3,43%. Nakon termičke dorade iz dobivenih rezultata vidljivo je smanjenje udjela masti kod konvencionalne chie, dok se udio masti kod bio chie uglavnom povećao (tablica 6).

Kod konvencionalne chie najveće smanjenje udjela masti vidljivo je kod temperature od 130 °C. Bio chia najviši postotak masti ima na temperaturi od 140°C, a najmanji na temperaturi od 120 °C.

Tablica 6. Postotak sirovih masti

| Udio sirovih masti           | Prirodni uzorci (%)          | Način sušenja        | Temperatura sušenja (°C) | Nakon sušenja (%) |
|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| Chia                         | Bio chia<br>3,442            | kondukcijsko sušenje | 140                      | 4,657             |
|                              |                              |                      | 130                      | 3,583             |
|                              |                              |                      | 120                      | 3,252             |
|                              | Konvencionalna chia<br>4,993 | konvekcijsko sušenje | 70                       | 4,271             |
|                              |                              |                      | 60                       | 3,660             |
|                              |                              |                      | 50                       | 4,004             |
| Konvencionalna chia<br>4,993 | kondukcijsko sušenje         | 140                  | 4,566                    |                   |
|                              |                              | 130                  | 3,452                    |                   |
|                              |                              | 120                  | 4,211                    |                   |
| Konvencionalna chia<br>4,993 | konvekcijsko sušenje         | 70                   | 3,867                    |                   |
|                              |                              | 60                   | 4,078                    |                   |
|                              |                              | 50                   | 4,706                    |                   |

## 7.7. Sadržaj vlakna

Vlakna su dijelovi biljaka kompleksnog sastava i građe. Nalaze se isključivo u voću, povrću, žitaricama i orasima (Krička i sur, 2012). Glavna podjela vlakna je na topljiva i netopljiva. Topiva vlakna u dodiru s vodom stvaraju želatinastu masu, dok su netopiva vlakna jako važna za zdravlje crijeva.

Reyes-Caudillo i sur. (2008) koristili su chia sjemenke iz Meksika da ispituju sadržaj vlakna. Sadržaj ukupnih, topljivih i netopljivih prehrambenih vlakana bio je 36,97 - 41,41 g/100 g sjemenki. Sadržaj topljivih je bio znatno niži (6,16 – 6,84 g/100 g), od sadržaja netopljivih (32,8 - 34,9 g/100 g).

Dobiveni rezultati pokazuju kako se udio vlakna u suhoj tvari kretao oko 900 g/kg, dok udio sirovih vlakana oko 200 g/kg (tablica 7 i 8).

Od toga bio chia najveći postotak suhe tvari ima na temperaturi od 140°C (974 g/kg), dok sirovih vlakna na temperaturi od 120 °C (254 g/kg).

Konvencionalna chia najmanji postotak suhe tvari ima na temperaturi od 50°C (953 g/kg), dok sirovih vlakana na temperaturi od 140°C (206 g/kg).

Udio vlakna ne mijenja se zbog djelovanja temperature sušenja jer su vrijednosti na svim temperaturama slične, nego zbog položaja na kojem se chia sjemenke uzgajaju. Ovisi o klimi, vrsti tla, a i samom načinu uzgoja. Ne postoje značajne razlike s obzirom na način sušenja. Kod kondukcijskog i konvekcijskog sušenja vrijednosti vlakana su vrlo slične.

Tablica 7. Udio vlakna u suhoj tvari

| Udio vlakana u suhoj tvari | Način sušenja       | Temperatura sušenja (°C) | Nakon sušenja (g/kg) |     |
|----------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|-----|
| Chia                       | Bio chia            | 140                      | 974                  |     |
|                            |                     | 130                      | 969                  |     |
|                            |                     | 120                      | 967                  |     |
|                            | Konvencionalna chia | konvekcijsko sušenje     | 70                   | 958 |
|                            |                     |                          | 60                   | 956 |
|                            |                     | 50                       | 954                  |     |
|                            |                     | kondukcijsko sušenje     | 140                  | 970 |
|                            |                     |                          | 130                  | 970 |
|                            |                     |                          | 120                  | 966 |
|                            |                     | konvekcijsko sušenje     | 70                   | 957 |
| 60                         | 956                 |                          |                      |     |
| 50                         | 953                 |                          |                      |     |

Tablica 8. Udio sirovih vlakna

| Udio sirovih vlakana | Način sušenja       | Temperatura sušenja (°C) | Nakon sušenja (g/kg) |     |
|----------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|-----|
| Chia                 | Bio chia            | 140                      | 245                  |     |
|                      |                     | 130                      | 237                  |     |
|                      |                     | 120                      | 254                  |     |
|                      | Konvencionalna chia | konvekcijsko sušenje     | 70                   | 247 |
|                      |                     |                          | 60                   | 230 |
|                      |                     | 50                       | 242                  |     |
|                      |                     | kondukcijsko sušenje     | 140                  | 206 |
|                      |                     |                          | 130                  | 224 |
|                      |                     |                          | 120                  | 239 |
|                      |                     | konvekcijsko sušenje     | 70                   | 262 |
| 60                   | 260                 |                          |                      |     |
| 50                   | 248                 |                          |                      |     |

## 7.8. Sadržaj proteina, ugljika, vodika, dušika, sumpora i kisika

Ayerza i Coates (2011) navode da sadržaj proteina u chia sjemenkama iznosi od 15% do 25% i veći je od sadržaja proteina u žitaricama kao što su pšenica, kukuruz, riža, zob i ječam.

Rezultati pokazuju da se udio proteina kod bio i konvencionalne chie bitno ne razlikuje, te iznosi kod svih temperatura sušenja oko 22 %. Manji postotak proteina oko 21% je kod bio chie na temperaturi od 70 °C, te kod konvencionalne chie na 60 °C (tablica 9). Povećanjem temperature povećao se i udio proteina.

Tablica 9. Udio proteina u chia sjemenkama

| Udio proteina       | Način sušenja        | Temperatura (°C) | Dušik (%) | Ugljik (%) | Sumpor (%) | Vodik (%) | Proteini (%) |
|---------------------|----------------------|------------------|-----------|------------|------------|-----------|--------------|
| Bio chia            | kondukcijsko sušenje | 140              | 3,619     | 55,2       | 0,819      | 7,243     | 22,618       |
|                     |                      | 130              | 3,537     | 55,71      | 0,804      | 7,301     | 22,106       |
|                     |                      | 120              | 3,539     | 55,39      | 0,796      | 7,273     | 22,118       |
|                     | konvekcijsko sušenje | 70               | 3,387     | 55,13      | 0,784      | 7,296     | 21,168       |
|                     |                      | 60               | 3,541     | 54,96      | 0,803      | 7,378     | 22,131       |
|                     |                      | 50               | 3,629     | 54,34      | 0,841      | 7,258     | 22,681       |
| Konvencionalna chia | kondukcijsko sušenje | 140              | 3,650     | 55,39      | 0,853      | 7,266     | 22,812       |
|                     |                      | 130              | 3,653     | 54,7       | 0,802      | 7,152     | 22,831       |
|                     |                      | 120              | 3,535     | 54,8       | 0,795      | 7,189     | 22,093       |
|                     | konvekcijsko sušenje | 70               | 3,584     | 54,37      | 0,795      | 7,21      | 22,400       |
|                     |                      | 60               | 3,407     | 52,69      | 0,790      | 6,984     | 21,293       |
|                     |                      | 50               | 3,590     | 54,19      | 0,822      | 7,234     | 22,437       |

Zbog viših temperatura sušenja može se zaključiti da je u ovom slučaju kondukcijsko sušenje bolje u odnosu na konvekcijsko. Više temperature pozitivno djeluju na udio proteina u chia sjemenkama.

## 8. ZAKLJUČAK

Temeljem vlastitog istraživanja, iz rezultata dobivenih analizom sjemenki bio i konvencionalne chie može se zaključiti sljedeće:

- Dužina (1,24 mm), širina (1,87 mm) i debljina (0,82 mm) chia sjemenki veća je kod prirodnih uzoraka bio i konvencionalne chie. Nakon sušenja, vrijednosti tih fizikalnih karakteristika se smanjuju.
- Povećanjem temperature sušenja smanjuje se vrijeme sušenja. Otpuštanje vlage kod oba uzoraka chia sjemenki najbrže je kod sušenja na temperaturi od 140°C. Kondukcijsko sušenje u odnosu na konvekcijsko je brže i efikasnije.
- Udio pepela u prirodnim uzorcima bio i konvencionalne chie kretao se od 5,2 – 5,4%. Nakon termičke dorade sušenjem udio pepela u suhoj tvari raste kod oba uzorka, što je pokazatelj većeg sadržaja mineralnih tvari u odnosu na uzorke prije sušenja.
- Postotak masti nakon sušenja kod konvencionalne chie je smanjen, dok se udio masti kod bio chie uglavnom povećao u odnosu na prirodne uzorke. Na temperaturi od 140°C kod bio chie najveći je postotak masti, dok kod konvencionalne najmanji na temperaturi od 130°C.
- Udio vlakna u suhoj tvari kretao se oko 900 g/kg, dok udio sirovih vlakna oko 200 g/kg. Temperatura i način sušenja u pravilu ne mijenjaju udio vlakna. Vlakna ovise o načinu uzgoja biljke, vrsti tla, klimi, te o samoj starosti biljke.
- Proteini gotovo kod svih temperatura sušenja iznose oko 22 %. Najveći postotak proteina imaju chia sjemenke sušene na najvećim temperaturama od 140°C. Veće temperature pozitivno djeluju na postotak proteina.
- Dobiveni rezultati ukazuju na to da termička dorada sušenjem djeluje na kemijska i fizikalna svojstva chia sjemenki. Najveća promjena kod kemijskih karakteristika sjemenki dogodila se kod pepela i proteina. Sušenje je dovelo do povećanja njihovog udjela, pri čemu više temperature i kondukcijsko sušenje imaju prednost u odnosu na konvekcijsko. Fizikalne karakteristike chia sjemenki (dužina, širina, debljina) bolje podnose niže temperature. Na nižim temperaturama dolazi do manjeg loma, odnosno pucanja sjemenki, te prednost dajemo konvekcijskom sušenju.

## 9. LITERATURA

Knjige i časopisi:

1. Ayerza R., (1995). Oil Content and fatty acid composition of Chia (*Salvia hispanica* L.) from five northwestern locations in Argentina. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72.
2. Ayerza R, Coates W., (2004). Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. *Tropical Science* 44: str.131-135
3. Ayerza, R., Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products* 34 (2): 1366-1371
4. Ayerza R, Coates W., (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). The University of Arizona, Office of Arid Lands Studies, Tuscon, USA
5. Ixtaina VY, Capitani MI, Nolasco SM, Tomás MC., (2010). Caracterización microestructural de la semilla y el mucílago de chia (*Salvia hispanica* L.). In Proc. XXVIII Congreso Argentino de Química. Buenos Aires, Argentina: Asociación Química Argentina
6. Ježek D., (1999). Prijelaz topline uronjenog orebrenog grijača i sloja čestica prehrambenih proizvoda različitih dimenzija, doktorat, Prehrambeno – biotehnoški fakultet Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, str. 1-3.
7. Katić, Z., (1997). Sušenje i sušare u poljoprivredi, knjiga, Multigraf, Zagreb.
8. Katić, Z., Krička, T., Pliestić, S., Bratko, J., Krivec, G., Sito, S. (1995). Sušenje prethodno parenog kukuruznog zrna – energija za sušenje i kakvoća zrnja. *Krmiva* 37, Zagreb. 1:str. 3-11.
9. Krička, T., Kiš, D., Matin, A., Brlek, T., Bilandžija, N. (2012). Tehnologija mlinarstva, udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku i Agronomski fakultet u Zagrebu, Osijek.
10. Krička, T.; Pliestić, S. (1994). Promjene brzine sušenja kukuruza u zavisnosti o hibridu, *Agronomski glasnik*, 57 (5/6): str. 449-459.
11. Kuraica I., (2017). Funkcionalna svojstva Chia sjemenki, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnoški fakultet , Zagreb
12. Lovrić T., (2003). Prosesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva. Zagreb, Hinus.
13. Matin, A. (2012). Kvalitativne promjene lješnjaka u procesu kondukcijskog sušenja, doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb

14. Mavričić T, (2016). Kemijske promjene sastava i boje sjemena sezama u procesu kondukcijskog sušenja tostiranjem, Diplomski rad, Zagreb
15. Özdemir, M., Yildiz, M., Gürcan, T., (2000). Chemical composition of oils from hazelnuts (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey, (Unpublished).
16. Reyes-Caudillo E, Tecante A, Valdivia-Lopez Ma., (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry* 107:656-663
17. Ritz, J. (1997). Uskladištavanje ratarskih proizvoda, Knjiga 1 i 2, PBI d.o.o. Zagreb
18. Taga MS, Miller EE, Pratt DE., (1984). Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61, 928–932.
19. Tomas S., (2000). Sušenje, apsorpcija. *Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek*, 1–14.
20. Ullah R., Nadeem M., Khalique A., Imran M., Mehmood S., Javid A., Hussain J., (2015). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *Journal of Food Science and Technology* 53:1750-1758.

#### **Internetski izvori:**

1. CBI, Ministry of Foreign Affairs, CBI – Centre for the Promotion of Imports (2017) <https://www.cbi.eu/market-information/oilseeds chia-seeds/europe>
2. USDA – United States Department of Agriculture, <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=SAHI6> (24.01.2019.)
3. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3610> (26.07.2019.)
4. <http://www.tipdisease.com/2015/10 chia-salvia-hispanica-overview-health.html> (12.11.2018.)
5. <http://struna.ihj.hr/naziv/radijacijska-susnica/42734/> (26.09.2019.)



## **Popis slika, tablica i dijagrama:**

### **Popis slika:**

- Slika 1. Cvijet i list chie
- Slika 2. Kemijski sastav chia sjemenki
- Slika 3. Sadržaj masnih kiselina u sjemenki chie
- Slika 4. Pomično mjerilo
- Slika 5. Chia sjemenke
- Slika 6. Uzorci bio i konvencionalne chie
- Slika 7. Mufolna peć
- Slika 8. Pepeo
- Slika 9. Uređaj za ekstrakciju masti
- Slika 10. Celulozni tuljci
- Slika 11. Uređaj vario MACRO
- Slika 12. Uređaj za određivanje vlakna
- Slika 13. Uređaj za kondukcijsko sušenje
- Slika 14. Chia sjemenke na mrežastoj posudi
- Slika 15. Konvekcijska sušara
- Slika 16. Jedna od tri temperature sušenja

### **Popis dijagrama:**

- Dijagram 1: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka konvencionalne chie na tri različite temperature (120, 130 i 140 °C)
- Dijagram 2: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka bio chie na tri različite temperature (120, 130 i 140 °C)
- Dijagram 3: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka konvencionalne chie na tri različite temperature (50, 60 i 70 °C)
- Dijagram 4: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka bio chie na tri različite temperature (50, 60 i 70 °C)

**Popis tablica:**

Tablica 1. Fizikalne promjene sjemenki konvencionalne chie

Tablica 2. Fizikalne promjene sjemenki bio chie

Tablica 3. Udio vode u uzorcima

Tablica 4. Eksponencijalne jednadžbe

Tablica 5. Postotak pepela u suhoj tvari

Tablica 6. Postotak sirovih masti

Tablica 7. Udio vlakna u suhoj tvari

Tablica 8. Udio sirovih vlakna

Tablica 9. Udio proteina u chia sjemenkama

## **10. ŽIVOTOPIS**

Mateja Bedeniković rođena je 7. rujna 1992. godine u Zagrebu. Nakon završetka osnovne škole 2007. godine, upisuje srednju školu koju završava 2011. godine. Po završetku srednje škole počinje raditi sve do 2012.godine kada upisuje preddiplomski studij Poljoprivredne tehnike na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Godine 2015. upisuje diplomski studij Poljoprivredne tehnike – Mehanizacije na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.