

Utjecaj različitih metoda sušenja na makronutritivni sastav komine rajčice

Hipša, Dora

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Pharmacy and Biochemistry / Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko-biokemijski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:163:183315>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Pharmacy and Biochemistry University of Zagreb](#)



Dora Hipša

**Utjecaj različitih metoda sušenja na
makronutritivni sastav komine rajčice**

DIPLOMSKI RAD

Predan Sveučilištu u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijskom fakultetu

Zagreb, 2024.

Ovaj diplomski rad prijavljen je na Sveučilištu u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta i izrađen na Zavodu za prehranu i dijetoterapiju pod stručnim vodstvom dr. sc. Kristine Radić.

Ovaj diplomski rad je nastao kao rezultat istraživanja u sklopu projekta „Primjena održivih principa ekstrakcije i formulacije u razvoju nutraceutika iz otpada rajčice (HRZZ-IP-2022-10-4597)“ financiranom od strane Hrvatske zaklade za znanost.

This Master thesis was done as a result of investigations under the project entitled „Application of sustainable extraction and formulation principles in development of tomato waste-derived nutraceuticals– (HRZZ-IP-2022-10-4597)“ financed by Croatian Science Foundation.

Zahvaljujem mentorici dr. sc. Kristini Radić na iznimnom strpljenju, uloženom trudu i vremenu te pristupačnosti i stručnom vodstvu tijekom pisanja ovog diplomskog rada. Hvala i svim djelatnicima Zavoda za prehranu i dijetoterapiju na pomoći prilikom izrade eksperimentalnog dijela rada.

Posebno hvala mojim roditeljima i sestri koji su mi bili bezuvjetna podrška tijekom studija te su vjerovali u mene čak i kad ja nisam.

Zahvaljujem i svim svojim prijateljima koji su mi uljepšali i olakšali studentske dane.

Hvala Ryon, Maša, Nana, Marko, Oliver i Luna, uz vas je zadnjih par godina učenje bilo lakše. Naposljetku, hvala Mislav, na pruženoj ljubavi, strpljenju i razumijevanju tijekom ovog poglavlja života.

Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1 Otpad iz prehrambene industrije	2
1.2 Komina rajčice	2
1.2.1 Mogućnosti primjene komine rajčice.....	3
1.2.2 Sastav komine rajčice.....	4
1.3 Nutraceutici	5
1.4 Ekstrakcija fitokemikalija	5
1.4.1 Predobrada biljnog materijala.....	6
1.4.2 Metode sušenja biljnog materijala	6
2. OBRAZLOŽENJE TEME.....	9
3. MATERIJALI I METODE.....	11
3.1 Materijali.....	12
3.1.1 Kemikalije i reagensi	12
3.1.2 Posuđe	12
3.1.3 Instrumenti.....	13
3.2 Priprema uzoraka za analizu	14
3.3 Metode	15
3.3.1 Određivanje vlage metodom sušenja	15
3.3.2 Određivanje pepela metodom direktnog suhog spaljivanja	15
3.3.3 Određivanje lipida metodom po Soxhlet-u	16
3.3.4 Određivanje proteina metodom po Kjeldahl-u	18
3.3.5 Određivanje prehrambenih vlakana	21
3.3.6 Približno određivanje ukupnih ugljikohidrata (iz razlike)	22
3.3.7 Određivanje energetske vrijednosti namirnice (Atwaterov sustav općih faktora)	23
3.3.8 Statistička obrada podataka.....	23
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	24
4.1 Udio vlage u uzorcima	25
4.2 Udio pepela u uzorcima	26
4.3 Udio lipida u uzorcima	27
4.4 Udio proteina u uzorcima.....	28
4.5 Udio vlakana u uzorcima	29
4.6 Udio ugljikohidrata u uzorcima.....	33
4.7 Energetska vrijednost uzoraka	34
4.8 Makronutritivni sastav komine rajčice	35
5. ZAKLJUČAK.....	36

6. LITERATURA	38
7. SAŽETAK / SUMMARY	42
8. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA/BASIC DOCUMENTATION CARD	

1. UVOD

1.1 Otpad iz prehrambene industrije

Otpad iz prehrambene industrije obuhvaća sve organske materijale koji se odbacuju tijekom proizvodnje ili obrade hrane, uključujući životinjske i biljne nusproizvode poput kostiju i masti, te ostatke usjeva ili pokvarene proizvode koji više nisu upotrebljivi u lancu opskrbe hranom.

S obzirom na to da se svijet suočava s rastućim potrebama za hranom zbog eksponencijalnog rasta ljudske populacije, a destruktivni učinci klimatskih promjena te iscrpljenost tla i nestašica vode dovode do smanjenja proizvodnje hrane, jedan od imperativa je maksimalno iskorištavanje postojećih resursa. Procjenjuje se da trenutno oko 700 milijuna ljudi pati od gladi, ali i da bi gubitak hranjivih tvari zbog otpada iz prehrambene industrije bio dovoljan za prehranu 2000 milijuna ljudi.

S druge strane, odlaganje takvog otpada na odlagalištima pridonosi emisijama stakleničkih plinova, zagađenju zraka (zbog oslobađanja dioksina ili pepela) i onečišćenju podzemnih voda što dodatno ima utjecaj na smanjenje godišnjih prinosa u poljoprivredi. Stoga je očito da bi racionalno upravljanje otpadom iz prehrambene industrije imalo značajan i sveobuhvatan utjecaj na svjetsko gospodarstvo (Bergenguer i sur., 2023).

Većina ovog otpada, posebno onog biljnog podrijetla, sadrži značajne količine kemikalija s različitim biološkim učincima na zdravlje ljudi i životinja. Pronalazak načina za iskorištavanje ovih vrijednih spojeva iz otpada imalo bi višestruku korist, s jedne strane kroz smanjenje zagađenja okoliša i negativnog utjecaja klimatskih promjena, a s druge strane kao dodatan prihod poljoprivrednoj i prehrambenoj industriji (Pereira i sur., 2023).

1.2 Komina rajčice

Solanum lycopersicum L., kultivirana rajčica, povrće je koje se najviše konzumira u svijetu te je, u različitim oblicima, sastojak mnoštva jela. Prema procjenama iz 2018. godine, godišnje se proizvede više od 182 milijarde tona rajčice na gotovo 5 milijardi hektara zemljišta (Lazzarini i sur., 2022).

Osim što se konzumira kao svježe povrće, rajčica se koristi i u obliku više različitih procesuiranih proizvoda kao što su pasta, sok, pire i kečap. Pri preradi ovih proizvoda nastaje nusproizvod koji zovemo komina rajčice, a ista se sastoji uglavnom od pokožice i sjemenki uz manje količine pulpe. Prosječno komina rajčice čini 3–5 % (*m/m*) sirovine koja se koristi u proizvodnji (Lu i sur., 2019).

S obzirom na to da se samo manji dio proizvedene rajčice konzumira svjež kao sezonsko povrće, a većina se prerađuje u procesirane proizvode, zbrinjavanje komine rajčice, kao nusproizvoda, predstavlja financijsko i logističko opterećenje za prehrambenu industriju. Naime, kao i većina biljnog otpada, komina rajčice je sklona lakom propadanju zbog visokog udjela vode te predstavlja veliki teret za okoliš ako se ne odlaže pravilno.

1.2.1 Mogućnosti primjene komine rajčice

Kao što je već rečeno, ostatak nakon prerade biljaka karakterizira visok udio vlage i soli te je visoko biorazgradiv. Obično takav nusprodukt, pa tako i komina rajčice, završi na odlagalištima otpada ili se eventualno koristi kao sirovina za proizvodnju komposta (Moreno i sur., 2021). No, komina rajčice je prepoznata kao vrijedna sirovina u prehrambenoj, poljoprivrednoj i farmaceutskoj industriji te je u fokusu velikog broja recentnih znanstvenih istraživanja koja su provedena s ciljem njene valorizacije.

Eliopoulos i suradnici (2022) u svom radu ističu kako pristup u gospodarenju otpadom ovisi, među ostalim, i o području na kojem se isto odvija. Tako se na ruralnim područjima i farmama generirani biootpad koristi ili kao stočna hrana ili primjenom kompostiranja nastaje humus koji se onda koristi kao gnojivo na poljima. S druge strane, u urbanim područjima, kućanski otpad se spaljuje ili odlaže na odlagališta otpada što ima sve veće posljedice u vidu onečišćenog zraka i kontaminacije podzemnih voda.

Gebeyew i suradnici (2015) svojim istraživanjem dokazali su kako osušena komina rajčice može u potpunosti zamijeniti koncentriranu smjesu korištenu kao dodatak prehrani ovaca uz osnovnu prehranu sijenom. Osim kod ovaca, komina rajčice može se dodati u hranu svinja, zečeva, kokoši nesilica i pilića. Efekt na životinje kod ovakve obogaćene prehrane su promocija rasta, povećana antioksidativna aktivnost i serumska baktericidna aktivnost, bolji metabolizam i u konačnici kvalitetnije meso s manjim udjelom kolesterola (Eliopoulos i sur., 2022).

Mogućnosti primjene i u prehrambenoj industriji su brojne, prvenstveno kao aditiva. Naime, dokazano je da se osušena komina rajčice, njezin prah ili brašno sjemenki rajčice mogu dodati u pekarske proizvode u određenom postotku kako bi se poboljšali fizikalni parametri tih proizvoda kao što su volumen, tekstura, elastičnost i kvaliteta mrvica te brzina kvarenja. Antioksidansi iz komine rajčice mogu povećati oksidativnu stabilnost i tako produžiti životni vijek proizvoda kao što su mesne prerađevine, sir, maslac te biljna i rafinirana ulja. Dodatkom

brašna kožice rajčice u integralnu tjesteninu može se povećati udio prehrambenih vlakna i karotenoida.

Mironeasa i sur. (2016) u svom istraživanju proučavali su kvalitetu kruha nakon zamjene brašna tip 650, u određenom postotku (5, 10, 15 i 20 %), brašnom sjemenki rajčice. Zaključeno je kako se može dodati do 10 % brašna sjemenki rajčice kako bi se osigurao pozitivan utjecaj na zdravlje bez utjecaja na kvalitetu kruha.

Osim već spomenutog iskorištavanja komine kao dodatka hrani za životinje i funkcionalnog sastojka u prehrambenim proizvodima, danas se istražuju i novi načini za iskorištavanje kao što su proizvodnja adsorbensa te biogoriva poput biodizela, bioplina i čvrstog biogoriva (Lu i sur., 2019).

Zbog velikog udjela bioaktivnih komponenti, komina rajčice ima potencijal za primjenu i u farmaceutskoj industriji te je sve češće u fokusu istraživanja u ovom području. Tako je primjerice dokazan pozitivan utjecaj ekstrakta komine rajčice na agregaciju trombocita te na postprandijalne razine glukoze, a dodatak antioksidansa iz komine rajčice produžio je životni vijek kozmetičkih proizvoda (Eliopoulos i sur., 2022).

1.2.2 Sastav komine rajčice

Najveći dio (oko 60 %) komine rajčice čine sjemenke koje sadrže 32 % proteina, 27 % masti i 18 % vlakana. Sjemenke su bogate vrijednim fitokemikalijama kao što su galna kiselina, trans-cinamična kiselina i kvercetin te bioaktivnim peptidima, karotenoidima, pektinima i vitaminima (α -tokoferol). Pokožica, koja čini oko 40 % komine rajčice, bogata je prehrambenim vlaknima i likopenom (Lu i sur., 2019).

Istraživanjem provedenim od strane Kalogeropoulos i suradnika (2012) uspoređen je sadržaj nekoliko bioaktivnih spojeva u komini rajčice i svježoj rajčici. Rezultati istraživanja su pokazali da komina rajčice sadrži manje likopena, ali više β -karotena, tokoferola i terpena u usporedbi sa svježom rajčicom dok im je profil masnih kiselina i ukupnih fenola sličan. Od 18 polifenola, koji su detektirani GC/MS metodom, najzastupljenija u svježoj rajčici bila je hidrokscinaminska kiselina, dok je u komini rajčice to bio naringenin s udjelom od 87 % ukupnih flavonoida. Budući da je većina utvrđenih fitokemikalija iskazivala antioksidativnu aktivnost zaključeno je kako bi se nusproizvodi nastali procesuiranjem svježe rajčice mogli

uspješno koristiti kao sastojak ili baza za formuliranje funkcionalne hrane bogate antioksidansima.

Svi ovi bioaktivni spojevi, s dokazanim učinkom na očuvanje zdravlje i liječenje mnogih bolesti potencijalni su kandidati i za razvoj nutraceutika (Kumar i sur., 2021).

1.3 Nutraceutici

Nutraceutik je pojam koji kombinira aspekte prehrane i farmacije, uključujući tvari ekstrahirane iz biljaka, hranjive tvari, prerađenu hranu i pića, namijenjene ne samo prehrambenoj, već i medicinskoj uporabi. Sadrže antioksidanse, fitokemikalije, masne kiseline, aminokiseline, prebiotike i probiotike koji mogu djelovati na imunološki sustav. Tako, nutraceutici mogu pridonijeti prevenciji određenih bolesti poput raka, neuroloških stanja, gastroenteroloških bolesti, upalnih bolesti i infekcija putem jačanja imunološkog sustava (Ooi i Pak, 2021). S obzirom na gore opisani sastav komine rajčice, evidentno je da ona predstavlja jeftin i lako dostupan izvor vrijednih fitokemikalija koji se može iskoristiti u proizvodnji nutraceutika, ali uz prethodno optimizirane procese predobrade materijala i ekstrakcije analita od interesa (Lu i sur., 2019).

1.4 Ekstrakcija fitokemikalija

Ekstrakcija fitokemikalija je važan korak u analizi biljnih materijala koji je potrebno pažljivo planirati jer su količine bioaktivnih spojeva u biljnim materijalima često vrlo niske i potrebno je izolirati ih bez njihovog uništavanja. Metode ekstrakcije mogu se podijeliti na dvije glavne kategorije: tradicionalne ili konvencionalne i inovativne ili zelene metode. Postoji značajna razlika među ovim metodama u pogledu učinkovitosti, potrebnih resursa i energije, trajanja te utjecaja na okoliš te se ove razlike također uzimaju u obzir kod odabira metode koja će se koristiti za izolaciju fitokemikalija. Sve metode ekstrakcije uključuju četiri glavne faze: prodiranje otapala u čvrsti uzorak, otapanje ciljanih spojeva u otapalu, difuzija ciljanih spojeva iz čvrste matrice i sakupljanje supernatanta. Konvencionalne tehnike, poput tehnike tekućina-tekućina, maceracije, perkolacije, refluksa i Soxhlet ekstrakcije često su vremenski i energetski zahtjevne, te doprinose zagađenju organskim otapalima. Ovi nedostaci pokušavaju se popraviti

optimiziranjem metoda i korištenjem zelenih metoda kao što su ekstrakcija mikrovalovima, superkritičnim fluidima, pulsним električnim poljem i ultrazvukom. Ove metode pružaju brojne prednosti, uključujući povećanje prinosa ekstrakcije, smanjenje termičke degradacije i selektivno zagrijavanje biljnog materijala, te smanjenje korištenja organskih otapala. Uz odabir odgovarajuće metode ekstrakcije, ključna je i ispravna priprema materijala, odnosno predobrada, kako bi se osigurala uspješna izolacija vrijednih sastavnica (Mosić i sur., 2020; Krakowska-Sieprawska i sur., 2022).

1.4.1 Predobrada biljnog materijala

Predobrada biljnog materijala je ključna za postizanje visoke učinkovitosti izolacije biološki aktivnih spojeva budući da je stanična stijenka biljke vrlo složena matrica. Postupci predtretmana mogu pomoći u razaranju staničnih stijenki omogućujući i/ili olakšavajući otpuštanje aktivnih sastojaka. Ovaj proces obuhvaća pretpranje, sušenje i mljevenje čime se omogućuje priprema stabilnog i homogenog uzorka, što je presudno za provođenje pouzdanih analiza (Krakowska-Sieprawska i sur., 2022). Međutim, tijekom ovog procesa, sastavnice biljnog materijala mogu proći kroz nepovratne kemijske promjene kao što su oksidacija ili hidroliza što može značajno utjecati na njihovu stabilnost i ekstraktibilnost. Te promjene su posebno izražene u procesu sušenja biljnog materijala, stoga je od iznimne važnosti pažljivo planirati proces sušenja kako bi se minimalizirali negativni učinci na analite od interesa.

1.4.2 Metode sušenja biljnog materijala

Proces sušenja je primarno usmjeren na inhibiranje metaboličkih procesa što rezultira zaustavljanjem promjena u kemijskom sastavu biljke. To se postiže uklanjanjem vode iz biljnog materijala koja je potrebna za pravilno funkcioniranje biljnih enzima. Pravilno sušenje također smanjuje broj mikroorganizama u konačnom proizvodu te značajno smanjuje težinu i volumen biljnog materijala, smanjujući troškove pakiranja. Metoda sušenja biljnog materijala uvelike ovisi o aktivnim tvarima koje sadrži. Na primjer, ako je biljni materijal izvor flavonoidnih spojeva, može se koristiti sušenje na visokim temperaturama (čak i do 180 °C). No, primjena visoke temperature sušenja dovodi do gubitka sadržaja hlapljivih spojeva i do razgradnje termolabilnih spojeva.

Najčešća metoda pripreme biljnog materijala je konvekcijsko sušenje. Konvekcijsko sušenje je metoda u kojoj se toplina dovodi pomoću suhog plina, najčešće zraka, koji struji iznad površine vlažnog materijala te pretvaranjem vode u paru dolazi do uklanjanja vlage iz materijala. Najveća prednost ove metode je mogućnost dobivanja relativno jeftinog proizvoda, ali sa znatno smanjenom kvalitetom. Nedostatak metode je kombinacija dugog vremena sušenja i visokih temperatura koje mogu dovesti do degradacije vrijednih nutrijenata i sastavnica biljnog materijala.

Druga česta metoda sušenja biljnih materijala je sušenje liofilizacijom. U ovoj metodi, korištenjem procesa sublimacije leda, vlaga se uklanja iz prethodno zamrznutog materijala. Prednosti ove metode su veća količina uklonjene vode (do 98 %, dok se kod konvencionalnog sušenja uklanja 70–80 %), produžen rok trajanja (20–30 godina, dok se kod drugih metoda rok trajanja kreće od 1 do 5 godina) i veća nutritivna vrijednost (proizvodi sušeni liofilizacijom imaju puno više vitamina i veću nutritivnu vrijednost od proizvoda sušenih drugim metodama). Dakle, materijal sušen liofilizacijom je karakteriziran boljom kvalitetom i duljim rokom trajanja. Pritom se reducira volumen i masa materijala, ali uz zadržavanje 90 % originalnog oblika, boje, aroma, nutritivne vrijednosti i vitamina. Nedostaci ove metode su jako dugo trajanje sušenja i veća potrošnja energije zbog čega je to i vrlo skupa metoda koja se koristi samo kod vrlo delikatnih, temperaturno osjetljivih biljnih materijala.

Jedna od inovativnih metoda sušenja sa sve većom primjenom je mikrovalno-vakuumsko sušenje, u kojoj se koriste prednosti mikrovalnog i vakuumskog sušenja. Pravilnim odabirom i kontrolom mikrovalne snage i raspona tlaka, ovom metodom omogućuje se brzo uklanjanje vode iz biljnog materijala pri umjerenoj temperaturi uz ograničen kontakt s kisikom te je tako smanjen gubitak termolabilnih vitamina i oksidacija lipofilnih vitamina. Nepravilna kontrola procesa može dovesti do pogoršanja kvalitete proizvoda jer upotreba previsoke mikrovalne snage može rezultirati brzim povećanjem temperature i, posljedično, izgaranjem suhog materijala (Krakowska-Sieprawska i sur., 2022). Sve je više dokaza da sušenje biljnog materijala značajno utječe i na oslobađanje bioaktivnih spojeva u procesu ekstrakcije, pri čemu je utjecaj specifičan za pojedine spojeve i biljni materijal koji se koristi.

Primjerice, istraživanje provedeno na uzorku smokve je pokazalo da je sadržaj fenolnih bioaktivnih spojeva (Jiang i sur., 2019) niži u liofiliziranim uzorcima u usporedbi s onima koji su bili podvrgnuti sušenju vrućim zrakom. Međutim, antioksidacijska aktivnost fenolnih spojeva bila je veća u liofiliziranim uzorcima. Slično, drugo istraživanje (Pérez-Gregorio i sur., 2011) pokazalo je povećanje sadržaja flavonoida i flavonola u ekstraktima liofiliziranog crvenog luka.

U istraživanju utjecaja sušenja na sadržaj bioaktivnih spojeva u rumunjskim sortama grožđa, Oprica i suradnici (2019) primijetili su da je sadržaj flavonoida bio veći u liofiliziranom materijalu nego u uzorku osušenom u pećnici. Također, Sun i suradnici (2015) otkrili su da je antioksidativni kapacitet različitih vrsta citrusa osušenih liofilizacijom veći u usporedbi s onima osušenim vrućim zrakom ili sušenjem na suncu.

Druga istraživanja također pokazuju varijacije u sadržaju i aktivnosti bioaktivnih spojeva ovisno o metodi sušenja. Na primjer, uzorci osušeni vrućim zrakom ili vakuumom pokazali su veći antioksidativni kapacitet u usporedbi s uzorcima osušenim liofilizacijom, ali su liofilizirani uzorci imali veći udio neohesperidina zbog razgradnje uzrokovane sušenjem na višim temperaturama (Papoutsis i sur., 2017).

2. OBRAZLOŽENJE TEME

Iako je rajčica jedno od najrasprostranjenijih povrća na svijetu, većina njenih plodova ne konzumira se svježa, već se prerađuje u različite proizvode kao što su pasta, sok i kečap. Taj proces rezultira stvaranjem značajnih količina nusproizvoda, poznatih kao komina rajčice, koja sadrži sjemenke, pokožicu i manje količine pulpe. Nažalost, većina komine rajčice se ne koristi, što predstavlja ekološki i ekonomski problem. Unatoč tome, istraživanja su pokazala da komina rajčice sadrži važne nutrijente i bioaktivne tvari te ima potencijal za različite primjene. Kako bi se iskoristio njen puni potencijal, potrebno je optimizirati proces ekstrakcije vrijednih sastojaka.

Ključni korak u ekstrakciji bioaktivnih sastojaka je predobrada biljnog materijala. Ovaj proces uključuje pretpranje, sušenje i mljevenje, s ciljem pripreme stabilnog i homogenog uzorka, što je ključno za provedbu pouzdanih analiza. Pritom različite metode sušenja biljnog materijala mogu značajno utjecati na strukturu čestica i posljedično na oslobađanje bioaktivnih spojeva u procesu ekstrakcije. Utjecaj je specifičan za svaki spoj i vrstu biljnog materijala koji se koristi. Stoga je bitno pažljivo odabrati metodu sušenja koja će najbolje odgovarati potrebama istraživanja i osigurati optimalno oslobađanje bioaktivnih spojeva iz biljnog materijala.

Glavni cilj ovog istraživanja je istražiti kako različite metode sušenja utječu na sastav makronutrijenata u komini rajčice. Dobiveni rezultati pružit će nova saznanja o utjecaju načina sušenja komine rajčice na njen makronutritivni sastav. Karakterizacija makronutritivnog sastava komine rajčice je prvi korak ka određivanju vrijednih mikronutrijenata i drugih komponenti.

Ovo istraživanje ne samo da će doprinijeti razumijevanju valorizacije komine rajčice kao vrijednog resursa u prehrambenoj industriji, već će također otvoriti mogućnosti za njezinu primjenu u farmaceutskoj, kozmetičkoj i drugim industrijama. Transformacija percepcije komine rajčice s otpada u resurs potaknut će održivost i smanjenje otpada, što će imati pozitivan utjecaj na društvo i okoliš.

3. MATERIJALI I METODE

3.1 Materijali

3.1.1 Kemikalije i reagensi

- Vodikov peroksid (GRAM-MOL d.o.o., Zagreb, Hrvatska), $w = 0,03$
- Petroleter (GRAM-MOL d.o.o., Zagreb, Hrvatska), t_v 40–70 °C
- Sumporna kiselina (Carlo Erba, Milano, Italija), koncentrirana, $w = 0,96$ (96 %),
- Tablete za katalizu (SIGMA-ALDRICH Co., Burlington, SAD)
- Otopina za *scrubber* 250 g NaOH (SIGMA-ALDRICH Co., Burlington, SAD) i 600 g Na₂CO₃ (Lach-Ner, s.r.o., Neratovice, Češka) + indikator 100 mg bromtimolblau (SIGMA-ALDRICH Co., Burlington, SAD)
- Aktivni ugljen (Honeywell-Fluka, Charlotte, SAD), u granulama za *scrubber*
- Natrijeva lužina (SIGMA-ALDRICH Co., Burlington, SAD), $w = 0,32$ (32 %)
- Borna kiselina (Poch SA, Silesian Voivodeship, Poljska), $w = 0,02$ (2 %)
- Sumporna kiselina (Carlo Erba, Milano, Italija), za titraciju ($c = 0,25$ mol/L, $f=0,9615$)
- Etanol (GRAM-MOL d.o.o., Zagreb, Hrvatska), 96 % v/v
- Aceton (VWR International S.A.S., Briare-le-Canal, Francuska)
- Enzimi za TDF test (Megazyme International Ireland, Bray, Irska): α -amilaza, toplinski stabilna; proteaza; amiloglukozidaza
- MES (Merck KgaA, Darmstadt, Njemačka)/TRIS (Kemika, Zagreb, Hrvatska) pufer: 0,05 M, pH 8,2 na 24 °C
- Klorovodična kiselina (SIGMA-ALDRICH Co., Burlington, SAD), 0,561 M
- pH standardi (SIGMA-ALDRICH Co., Burlington, SAD): pH 4,0, 7,0 i 10,0.
- Destilirana voda ((18 M Ω) dobivena je pomoću SG Reinstwassersystem Ultra Clear UV Plus zajedno sa SG Wasservollentsalzer-Patrone SG-2800 (Günzburg, Njemačka)).

3.1.2 Posuđe

- Posudice za sušenje
- Eksikator
- Porculanski lončići
- Satno stakalce
- Papirnati celulozni cilindar za odmašćivanje
- Vata

- Tikvica s okruglim dnom
- Kuglice za vrenje
- Filter papir
- Papir koji ne sadrži dušik za vaganje uzorka
- Kivete za spaljivanje
- Erlenmayerove tikvice
- Odmjerne tikvice
- Lijevcu za filtraciju
- Čaše
- Pipete
- Stakleni štapići
- Žlice
- Posudice za vaganje

3.1.3 Instrumenti

- Analitička vaga (Sartorius, Goettingen, Njemačka)
- Sušionik (INKO, Zagreb, Hrvatska)
- Plamenik
- Mufolna peć (OVER, Sveta Nedjelja, Hrvatska)
- Soxhlet aparatura (INKO, Zagreb, Hrvatska)
- Uređaj za vlažno spaljivanje uzorka
- Jedinica za destilaciju (BÜCHI, Flawil, Švicarska)
- Titrator s kalibriranom pH elektrodom (Metrohm, Herisau, Švicarska)
- Vodena kupelj (GFL, Noida, Indija)
- Automatska pipeta (GILSON, Madison, SAD)

3.2 Priprema uzoraka za analizu

Uzorci su komina autohtonih vrsta rajčica s područja Republike Hrvatske koja je zaostala nakon obrade cjelovitog ploda kuhanjem (60 minuta kad proključa), pasiranjem i odvajanjem soka. Komina rajčice predstavlja ostatak ploda rajčice nakon dobivanja soka (sjemenke, kožica i dio perikarpa te placentе ploda). Komina je sušena na 70 °C u termostatu (Slika 1) ili liofilizacijom tijekom 48 h. Nakon sušenja, komina je samljevena pomoću mlina Polymix® PX-MFC 90 D – Blade grinding (Kinematica AG, Maltes, Switzerland) pri brzini od 6000 rpm koristeći sito 2,00 mm pri čemu se dobije fini puderasti prah. Vrste i oznake analiziranih uzoraka s obzirom na uvjete sušenja prikazane su u Tablici 1.



Slika 1. Sušenje komine rajčice

Tablica 1. Korišteni uzorci

OZNAKA UZORKA	UZORAK
KR 70	komina rajčice sušena na 70 °C
KR LIO	komina rajčice sušena liofilizacijom

NAPOMENA: Komina rajčice je nakon sušenja samljevena u mlincu za kavu.

3.3 Metode

3.3.1 Određivanje vlage metodom sušenja

Za određivanje vlage u hrani najčešće se primjenjuju metode sušenja koje se temelje na mjerenju mase vode u poznatoj masi uzorka. Ukratko, uzorak se važe prije i nakon sušenja, a razlika u masi odgovara masi vode (Vitali Čepo, 2019).

Postupak:

U prethodno osušenu (1 h, 105 °C), ohlađenu (30 min, eksikator) i izvaganu aluminijsku posudicu za sušenje izvaže se oko 2 g uzorka. Posudica se otklopljena stavi u sušionik i suši se 2 sata. Nakon toga posudica se zaklopi i prenese u eksikator na hlađenje (30 min) i važe. Postupak se ponavlja sve dok razlika u masi nakon 2 uzastopna mjerenja ne bude manja od 0,005 g (AOAC, 2005; metoda 930.15).

Udio vode u uzorku izračunava se gravimetrijski, iz razlika mase posudice za vaganje s originalnim (vlažnim) uzorkom i posudice za vaganje sa suhim uzorkom, te se obično izražava kao postotak od ukupne mase uzorka uzetog u postupak. Osobito je važno, kao i kod drugih gravimetrijskih metoda, prije vaganja posudicu (i uzorak) ohladiti u eksikatoru (Vitali Čepo, 2019).

3.3.2 Određivanje pepela metodom direktnog suhog spaljivanja

Pepeo je anorganski ostatak koji preostaje nakon uklanjanja vode i organskih tvari primjenom visoke temperature i/ili oksidansa, a daje mjeru ukupne količine minerala u hrani. Najčešće korištene metode temelje se na činjenici da su minerali termostabilni te imaju nisku hlapljivost u usporedbi s ostalim komponentama hrane (Vitali Čepo, 2019).

Postupak:

Oko 2 g uzorka izvaže se u prethodno izžareni, ohlađeni i izvagani porculanski lončić. Uzorak se najprije spaljuje na nižoj temperaturi, na plameniku (uz konstantno gašenje plamena satnim stakalcem) kao što je prikazano na Slici 2. Kasnije se uzorak prebacuje u mufolnu peć i spaljuje na 525 °C preko noći. Spaljivanje je završeno kada u lončiću zaostane homogena masa bez pougljenjenih ostataka. Ako u lončiću zaostanu pougljenjeni ostaci, na uzorak se doda nekoliko

kapi vodikovog peroksida (H_2O_2 , $w = 0,03$) i žari se još pola sata. Lončić s pepelom se zatim hladi u eksikatoru (1 h) i važe (AOAC, 2005; metoda 942.05).

Udio pepela u uzorku izračunava se gravimetrijski, iz razlika mase praznog lončića i lončića s pepelom te se obično izražava kao postotak od ukupne mase uzorka uzetog u postupak. Osobito je važno, kao i kod drugih gravimetrijskih metoda, prije vaganja izžariti lončić (i puni, i prazni) do konstantne mase i ohladiti ga u eksikatoru (Vitali Čepo, 2019).

NAPOMENA: Uzorci su prethodno korišteni za određivanje vlage - osušeni.



Slika 2. Postupak spaljivanja na plameniku u užarenom lončiću

3.3.3 Određivanje lipida metodom po Soxhlet-u

Lipidna komponenta se iz matriksa izdvaja semikontinuiranom ekstrakcijom suhog ili zračno suhog uzorka pomoću petroletera, vrelišta $40-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, u specijalnoj aparaturi po Soxhlet-u. Provođenje postupka ekstrakcije prikazano je na slici 4. Nakon uklanjanja otapala sadržaj lipidne frakcije (masti) određuje se gravimetrijski (AOAC, 2005 metoda 963.15).

Postupak:

5 g uzorka odvaže se u papirnati celulozni cilindar za odmašćivanje. Na uzorak se natisne sloj vate kako bi se spriječio gubitak uzorka iz cilindra za vrijeme ekstrakcije otapalom i cilindar s uzorkom se smješta u središnji dio Soxhlet-ovog aparata - ekstraktor. Gornji kraj ekstraktora

se zatim spoji s vodenim hladilom, a donji s recipijentom za mast (staklena tikvica s kuglicama za vrenje, prethodno sušena 1 sat na 105 °C, ohlađena u eksikatoru pola sata i odvagnuta).

Količina otapala ovisi o volumenu ekstraktora i tikvice. Radi toga se kroz hladilo preko lijevka ulije toliko otapala, da se ekstraktor napuni i pomoću teglice isprazni u tikvicu. Zatim se doda još toliko otapala da se napuni otprilike još polovica ekstraktora računajući od dna do vrha teglice i uzimajući u obzir veličinu ekstrakcijske tikvice. Cjelokupna količina otapala ne smije prijeći 3/4 volumena tikvice. Kroz hladilo aparata pusti se jaka struja vode i zatim uključi zagrijavanje otapala u tikvici. Radi zapaljivosti otapala tikvica se zagrijava na pješčanoj kupelji. Temperatura zagrijavanja regulira se tako da kondenzirane kapljice otapala padaju tolikom brzinom da se jedva mogu brojiti. Ekstrakcija traje nekoliko sati ovisno o količini masti u uzorku.

Kraj ekstrakcije određuje se testom masne mrlje. Ekstrakciju je najbolje prekinuti u onom trenutku kada se otapalo upravo prelije u tikvicu. Tada se aparat otvori, pusti da kap otapala iz ekstrakta padne na filter papir i, ako na papiru nakon hlapljenja otapala ne ostane masna mrlja, izvadi se čahura sa supstancom, aparat ponovno zatvori i otapalo predestilira iz tikvice u ekstraktor iz kojeg se prije prelijevanja u tikvicu odlije. Tikvica se sada suši jedan sat na 105 °C i nakon pola sata hlađenja u eksikatoru, važe.

Udio masti u uzorku izračunava se gravimetrijski, iz razlika mase prazne tikvice (recipijenta) i tikvice s masti te se obično izražava kao postotak od ukupne mase uzorka uzetog u postupak. Osobito je važno, kao i kod drugih gravimetrijskih metoda, prije vaganja osušiti tikvicu (i punu, i praznu) do konstantne mase, i ohladiti je u eksikatoru (Vitali Čepo, 2019).



Slika 3. Ekstrakcija lipida po Soxhletu

3.3.4 Određivanje proteina metodom po Kjeldahl-u

Organska tvar razgrađuje se pomoću koncentrirane sumporne kiseline uz dodatak katalizatora ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$) i sredstva za povišenje vrelišta (K_2SO_4), pri čemu se cjelokupni proteinski dušik prevodi u amonijev sulfat, iz kojeg se destilacijom oslobođeni amonijak odredi titrimetrijski. Postupak određivanja sastoji se od tri faze - vlažnog spaljivanja uzorka, destilacije i titracije (AOAC 2005, metoda 7.033-7.037).

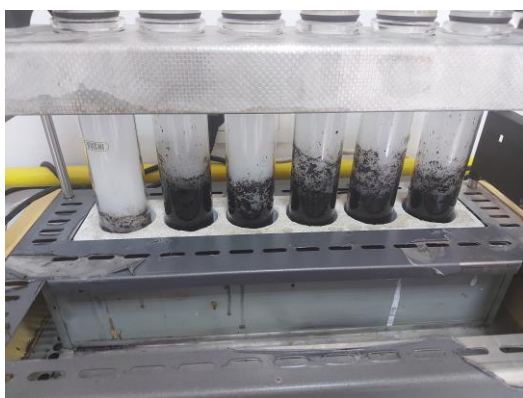
1. Vlažno spaljivanje uzorka

U kivete za spaljivanje odvažuje se 1 g uzorka pomoću papira koji ne sadrži dušik, dodaju se četiri tablete katalizatora (što odgovara 200 mg $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ i 10 g K_2SO_4) i 20 mL koncentrirane sumporne kiseline. Paralelno se priprema i slijepa proba: u kivetu se dodaju četiri tablete katalizatora i 20 mL koncentrirane sumporne kiseline.

Spaljivanje se vrši u zatvorenom sustavu, a kiseli plinovi koji nastaju tijekom spaljivanja sistemom cijevi odvođe se u tzv. "scrubber" - zatvorenu posudu s lužnatom otopinom Na_2CO_3 u kojoj se neutraliziraju, čime je izbjegnuta obavezna upotreba digestora tijekom spaljivanja.

Da bi se osigurali optimalni uvjeti spaljivanja bitno je pravilno odrediti količinu oksidacijskog sredstva (H_2SO_4 , konc.) i sredstva za povišenje vrelišta (K_2SO_4). Optimalna temperatura digestije ($370\text{ }^\circ\text{C}$) postiže se dodatkom 10 g K_2SO_4 na 20 mL konc. sumporne kiseline. Dodatak veće količine K_2SO_4 prouzročio bi porast temperature reakcijske smjese ($390\text{ }^\circ\text{C}$), pri čemu bi došlo do prvih gubitaka organski vezanog dušika u obliku elementarnog dušika.

Nakon što je postignuta optimalna temperatura digestije, za potpuno spaljivanje uzoraka potrebno je oko 60 minuta. Kraj digestije moguće je odrediti po izgledu uzorka: uzorak je na početku spaljivanja crn (izlučivanje organskog ugljika, Slika 4), a prema kraju spaljivanja se bistri (oksidacija organske tvari). Na kraju spaljivanja u kiveti zaostaje bistra zeleno-plava otopina (Slika 5) (Vitali Čepo, 2019).



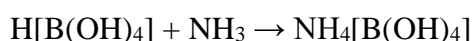
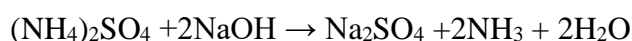
Slika 4. Kivete na početku spaljivanja



Slika 5. Kivete na kraju spaljivanja

2. Neutralizacija i destilacija

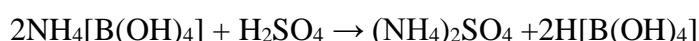
Nakon spaljivanja kivete se hlade pa se pojedinačno prenose u jedinicu za destilaciju. Čitav postupak destilacije je u potpunosti automatiziran. Najprije se destilira slijepa proba, a zatim uzorci. Prije same destilacije, destilacijska jedinica mora se zagrijati (tzv. predzagrijavanje). Nakon toga se uzorak u kiveti razrijedi s 50 mL destilirane vode, zaluži sa 75 mL NaOH $w = 0,32$ (32 %). Dodatkom koncentrirane jake lužine, iz reakcijske otopine oslobađa se NH_3 koji se sistemom hladila uvodi u predložak sa 60 mL borne kiseline $w = 0,02$ (2 %) $\text{pH} = 4,65$. Nakon 4 minute destilacija je završena i sav dušik iz reakcijske otopine preveden je u NH_3 i uveden u otopinu borne kiseline. Osnovne reakcije koje se događaju tijekom postupka mogu se prikazati kemijskim jednadžbama:



Nastala količina amonijevog borata ekvivalentna je sadržaju organski vezanog dušika u uzorku, a određuje se titrimetrijski sumpornom kiselinom (Vitali Čepo, 2019).

3. Titracija amonijevog borata

Usljed otapanja amonijaka u bornoj kiselini, dolazi do porasta pH otopine, te se ona titrira s H_2SO_4 ($c = 0,25 \text{ mol/L}$) do početnog $\text{pH} = 4,65$, kako bi se odredila količina vezanog amonijaka prema jednadžbi:



Završna točka titracije određuje se korištenjem kalibrirane pH elektrode. Titracija se zaustavlja automatski kada je postignut $\text{pH} = 4,65$.

Iz odvage uzorka i utroška H_2SO_4 ($c = 0,25 \text{ mol/L}$) izračuna se udio dušika u uzorku (%) i množenjem s faktorom 6,25 ili specifičnim faktorom za određenu namirnicu izračuna udio proteina u uzorku (%). Taj postupak je također automatiziran, ali je nakon svake destilacije potrebno upisati točnu odvagu uzorka.

Količina protona potrebna za postizanje završne točke titracije ekvivalentna je količini dušika prisutnog u namirnici. Na temelju toga se pomoću utroška standardizirane kiseline (za titraciju) i odvage uzorka uzetog u postupak izračuna količina dušika u namirnici. Kada se utvrdi

količina dušika, ona se pomoću konverzijskog faktora lako prevede u količinu proteina (Vitali Čepo, 2019).

Aparatura za automatsku neutralizaciju, destilaciju i titraciju prikazana je na slici 6.



Slika 6. Automatska neutralizacija, destilacija i titracija

3.3.5 Određivanje prehrambenih vlakana

Za određivanje ukupnih prehrambenih vlakana (TDF) potrebno je prosijati zračno sušeni uzorak na promjer čestica <0,3 mm te ga po potrebi odmastiti petroleterom (ako je sadržaj masti u uzorku >10 %). U postupak se obično uzima oko 1 g uzorka koji se tretiraju na ~ 100 °C s Termamylom (termostabilnom α -amilazom) što dovodi do gelatinizacije, hidrolize i depolimerizacije škroba; zatim s proteazom na 60 °C (razgradnja proteina) i s amiloglukozidazom (hidroliza fragmenata škroba do glukoze). Nakon toga se u reakcijsku smjesu dodaje 4 volumena 96 % etanola kako bi se istaložila prehrambena vlakna dok depolimerizirani fragmenti škroba i proteina zaostaju u supernatantu. Ostatak na filteru se ispiru s etanolom i acetonom, suši i važe (AOAC 2005, metoda 991.43).

Postupak:

U Erlenmeyerovu tikvicu od 250 mL sa širokim grlom odvaže se 1,000 g uzorka. U tikvicu se zatim doda 40 mL MES-TRIS pufera (pH 8,2) te miješanjem u potpunosti dispergira uzorak u puferu. U uzorak se doda 50 μ L termostabilne α -amilaze i lagano promiješa. Tikvica se zatvori aluminijskom folijom, stavi pokrivena u vodenu kupelj na 99 °C i inkubira se tijekom 30 minuta uz stalno miješanje (120 rpm). Nakon završetka inkubacije tikvica se izvadi iz kupelji, ohladi se na 60 °C. Stijenke tikvice isperu se s 10 mL destilirane vode. Kupelj se ohladi na 60 °C. Zatim se doda 100 μ L proteaze u uzorak i lagano promiješa. Tikvica se zatvori aluminijskom folijom, staviti pokrivena u vodenu kupelj na 60 °C i inkubira se tijekom 30 minuta uz stalno miješanje (120 rpm). Nakon druge inkubacije tikvica se izvadi iz kupelji, doda se 5 mL 0,561 M HCl i promiješa. pH reakcijske smjese trebao bi biti 4,1–4,8. pH se podesi dodatkom odgovarajućeg volumena HCl-a ili NaOH.

Zatim se doda 200 μ L amiloglukozidaze i lagano promiješa. Tikvica se zatvori aluminijskom folijom, staviti pokrivena u vodenu kupelj na 60 °C i inkubira se tijekom 30 minuta uz stalno miješanje (120 rpm) (Vitali Čepo, 2019).

NETOPLJIVA VLAKNA

Pripreme se prethodno osušeni i izvagani lijevci s odgovarajućim filter papirom. Uzorak se profiltrira preko pripremljenog lijevka uz pomoć vodene/električne vakuum pumpe. Tikvica se kvantitativno ispere s 2x10 mL destilirane vode zagrijane na 70 °C i to se prelije preko ostatka na filter papiru kako bi se isprao. Ostatak na filter papiru prvo se ispere s 2x10 mL 96 % etanola,

uz prethodno ispiranje tikvice, te zatim i s 2x10 mL acetona, uz prethodno ispiranje tikvice. Filtrat se sačuva za određivanje udjela topljivih vlakana.

Lijeenci se osuše u termostatu preko noći na 103 °C, ohlade se pola sata u eksikatoru i zatim važu (Vitali Čepo, 2019).

TOPLJIVA VLAKNA

U filtrat sačuvan nakon određivanja netopljivih vlakana doda se 300 mL 96 % etanola zagrijanog na 60 °C, tikvica se prekrije folijom i ostavi da se vlakna talože 1 sat na sobnoj temperaturi. Pripreme se prethodno osušeni i izvagani lijeenci s odgovarajućim filter papirom. Uzorak se profiltrira preko pripremljenog lijevka uz pomoć vodene/električne vakuum pumpe ili ostavi da se filtrira uz pomoć gravitacijske sile. Boca sisaljka u kojoj se nalazi filtrat se kvantitativno ispere s 2x10 mL 78 % etanola, a špatulom se pokupi što više vlakana.

Ostatak na filter papiru se prvo ispere s 2x15 mL 78 % etanola uz prethodno ispiranje boce sisaljke, zatim s 2x15 mL 96 % etanola uz prethodno ispiranje boce sisaljke i na kraju s 2x15 mL acetona uz prethodno ispiranje boce sisaljke. Lijeenci se osuše u termostatu preko noći na 103 °C, ohlade se pola sata u eksikatoru i zatim važu (Vitali Čepo, 2019).

Udio prehrambenih vlakana u uzorku izračunava se gravimetrijski, iz razlika mase praznog lijevka i lijevka s vlaknima te se obično izražava kao postotak od ukupne mase uzorka uzetog u postupak. Osobito je važno, kao i kod drugih gravimetrijskih metoda, prije vaganja osušiti lijevak (i puni, i prazni) do konstantne mase i ohladiti ga u eksikatoru (Vitali Čepo, 2019).

NAPOMENA: svi uzorci su prethodno odmašćeni. U analizu je uzeta i slijepa proba (SP) koja je sadržavala sve reagense osim uzorka.

3.3.6 Približno određivanje ukupnih ugljikohidrata (iz razlike)

Najbrži način određivanja udjela ukupnih ugljikohidrata u namirnici, koji se dugi niz godina koristi kod određivanja energetske vrijednosti namirnica, je tzv. izračunavanje iz razlike. Pri tome se zbroj masa ostalih komponenata u namirnici (proteini, masti, voda, alkohol, pepeo) izražen u g/100g, određenih prikladnim metodama oduzme od 100, a dobiveni podatak iskaže kao ukupni ugljikohidrati iz razlike (Vitali Čepo, 2019).

3.3.7 Određivanje energetske vrijednosti namirnice (Atwaterov sustav općih faktora)

Atwaterov sustav općih faktora koristi jedan faktor za svaku skupinu makronutrijenata (proteini, masti, ugljikohidrate), bez obzira na tip namirnice. Energetska vrijednost proteina je od 17 kJ/g (4,0 kcal / g); 37 kJ/g (9,0 kcal/g) za masti, 9 kJ/g (2 kcal/g) za prehrambena vlakna i 17 kJ/g (4,0 kcal/g) za ugljikohidrate. Opći sustav Atwaterov sustav općih faktora uključuje i alkohole s doprinosom od 29 kJ/g (7,0 kcal/g) (Vitali Čepo, 2019).

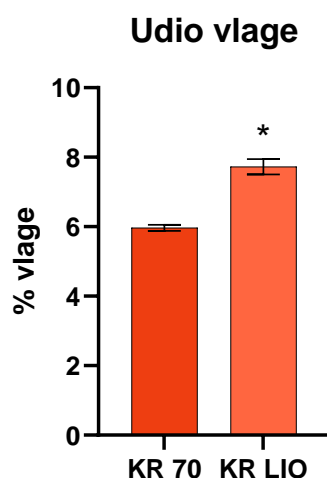
3.3.8 Statistička obrada podataka

Sve analize su provedene u triplicatu. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost (X), standardna devijacija (SD) i relativna standardna devijacija (RSD). Za izračunavanje srednje vrijednosti, standardne devijacije i relativne standardne devijacije, kao i za izradu tablica korišten je programski paket Microsoft® Office Excel 2013 (Microsoft, Seattle, WA, SAD). Rezultati su međusobno uspoređeni korištenjem programskog paketa GraphPad Prism 10.2.0 (GraphPad Software .LLC), konkretnije Studentova t-testa uz razinu značajnosti $p \leq 0.05$. U istom programu su izrađeni i grafički prikazi.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1 Udio vlage u uzorcima

Udio vlage u uzorcima određen je metodom sušenja, a rezultati su prikazani na Slici 7.



Slika 7. Udio vlage u uzorcima

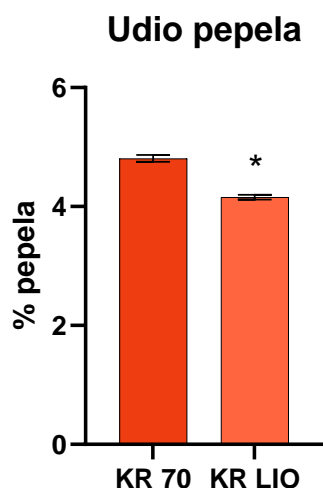
Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm SD ($n=3$). Statistička obrada rezultata napravljena je pomoću programa GraphPad Prism koristeći Student t-test (*označava statistički značajnu razliku, $p=0,0002$).

Udio vlage u KR 70 je bio $6,0 \% \pm 0,1 \%$, a u KR LIO $7,7 \% \pm 0,2 \%$. RSD vrijednosti su bile $1,4 \%$ za KR 70 i $2,8 \%$ za KR LIO. Udio vlage uzorka sušenog na $70 \text{ }^\circ\text{C}$ je u skladu s dosadašnjim istraživanjima (Lu i sur., 2022). Dobivene vrijednosti ukazuju na uzorke koji su sigurni za skladištenje s obzirom na to da je udio vlage $\leq 13 \%$ čime se minimalizira mogućnost mikrobiološkog zagađenja (Muller i Heindel, 2006).

Rezultati pokazuju kako je udio vlage statistički značajno veći u KR LIO (Slika 8). Dobiveni rezultati su djelomično neočekivani s obzirom na to da se liofilizacijom omogućuje uklanjanje do 98% vode iz uzorka, dok se kod konvencionalnog sušenja uklanja tek $70\text{--}80 \%$ što je pokazano i u prethodnim istraživanjima. Primjerice, Lazzarini i suradnici (2022) su pokazali da je udio vlage konvencionalno sušene komine rajčice $20,3 \pm 0,2 \%$ dok je udio vlage u komini rajčice sušene liofilizacijom $3,5 \pm 0,1 \%$. Međutim, poznato je da metoda sušenja može značajno utjecati na strukturu čestica materijala i u slučaju liofilizacije povećati poroznost konačnog proizvoda što rezultira u $4\text{--}6$ puta većim omjerom rehidracije u odnosu na konvencionalno sušene uzorke (Ratti 2001). S obzirom na to da naše analize nisu provedene odmah nakon sušenja komine rajčice, izgledno je da se udio vlage u liofiliziranom uzorku značajno povećao uslijed rehidracije. Unatoč tome, dobiveni rezultati su zadovoljavajući za naše istraživanje jer je analiza udjela vlage bila ključna za procjenu kvalitete materijala i precizno određivanje udjela ugljikohidrata metodom izračuna iz razlike.

4.2 Udio pepela u uzorcima

Udio pepela u uzorcima određen je metodom suhog spaljivanja, a rezultati su prikazani na Slici 9. Ukupni pepeo je ostatak koji ostaje nakon potpunog izgaranja materijala i uključuje minerale i elemente u tragovima.



Slika 9. Udio pepela u uzorcima

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm SD ($n=3$). Statistička obrada rezultata napravljena je pomoću programa GraphPad Prism koristeći Student t-test (*označava statistički značajnu razliku, $p<0,0001$).

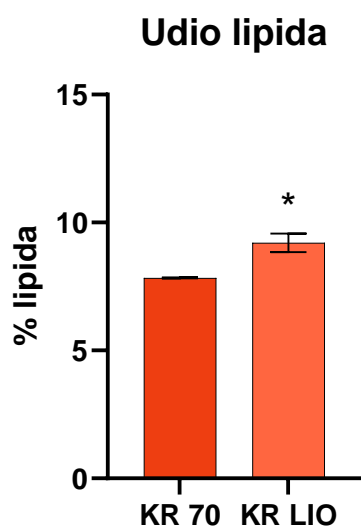
Udio pepela u KR 70 je bio $4,8 \% \pm 0,1 \%$, a u KR LIO $4,2 \% \pm 0,0 \%$, a dobiveni rezultati su u skladu s dosadašnjim istraživanjima (Lu i sur., 2022). RSD vrijednosti su bile $1,2 \%$ za KR 70 i $1,0 \%$ za KR LIO.

Rezultati pokazuju da je udio pepela statistički značajno veći u KR 70 (Slika 9). Povećanje udjela pepela s povećanjem temperature sušenja je primijećeno i u drugim istraživanjima (Lemus-Mondaca i sur., 2016) u kojima je zaključeno da iako statistički značajno, povećanje udjela pepela je zapravo zanemarivo i vjerojatno je posljedica intrinzične varijacije u sastavu biljnog materijala. S obzirom na dobivene rezultate (udio pepela $4,8 \%$ vs. $4,2 \%$) pretpostavljamo da je objašnjenje primjenjivo i u našem istraživanju.

Udio pepela je važan parametar u kontroli kvalitete biljnog materijala s obzirom na to da previsok sadržaj pepela može upućivati na prisutnost nečistoća ili kontaminanata u biljnom materijalu, što potencijalno ukazuje na lošiju kvalitetu ili prisutnost štetnih tvari. Na primjer, povećani sadržaj pepela može implicirati kontaminaciju tla korištenog za uzgoj biljaka, poput teških metala ili drugih zagađivača. U našem istraživanju, određivanje sadržaja pepela bilo je ključno kako bismo potvrdili kvalitetu pripremljenih uzoraka komine rajčice, kao i radi preciznog određivanja ukupnih ugljikohidrata putem metode izračuna iz razlike.

4.3 Udio lipida u uzorcima

Udio lipida u uzorcima određen je metodom po Soxhlet-u, a rezultati su prikazani na Slici 10.



Slika 10. Udio lipida u uzorcima

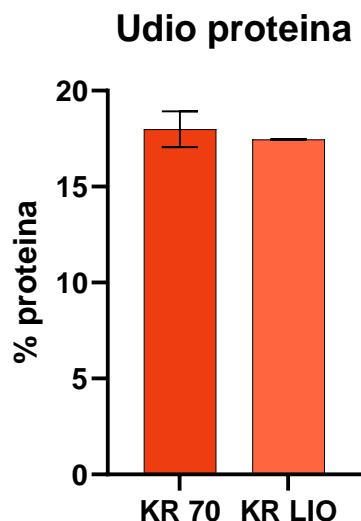
Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm SD ($n=3$). Statistička obrada rezultata napravljena je pomoću programa GraphPad Prism koristeći Student t-test (*označava statistički značajnu razliku, $p=0,0029$).

Udio lipida u KR 70 je bio $7,8 \% \pm 0,0 \%$, a u KR LIO $9,2 \% \pm 0,4 \%$, a dobiveni rezultati su u skladu s dosadašnjim istraživanjima (Lu i sur., 2022). RSD vrijednosti su bile $0,2 \%$ za KR 70 i $4,0 \%$ za KR LIO.

Rezultati pokazuju statistički značajno veći udio lipida u KR LIO. Dobiveni rezultat je vjerojatno posljedica veće poroznosti liofiliziranog materijala, što potvrđuje da odabrana metoda sušenja ima izravan utjecaj na oslobađanje bioaktivnih spojeva tijekom ekstrakcije. Konkretno, u ovoj istraživanoj metodi ekstrakcije, lipidi se izdvajaju iz matriksa semikontinuiranom ekstrakcijom suhog uzorka petroleterom, a uspjeh ove ekstrakcije ovisi o strukturi čestica (Vitali Čepo, 2019). Efikasniji prodor otapala rezultira poboljšanom ekstrakcijom lipida, što sugerira da će odabrana metoda sušenja vjerojatno imati značajan utjecaj i na ekstrakciju mikronutrijenata iz komine rajčice.

4.4 Udio proteina u uzorcima

Udio proteina u uzorcima određen je metodom po Kjeldahl-u, a rezultati su prikazani na Slici 11.



Slika 11. Udio proteina u uzorcima

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm SD ($n=3$). Statistička obrada rezultata napravljena je pomoću programa GraphPad Prism koristeći Student t-test.

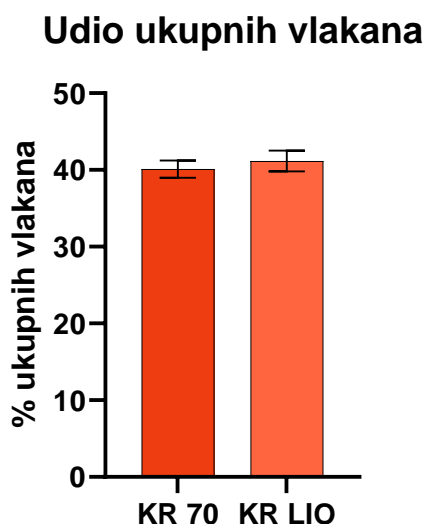
Udio proteina u KR 70 je bio $18 \% \pm 0,9 \%$, a u KR LIO $17 \% \pm 0,0 \%$. RSD vrijednosti su bile $5,2 \%$ za KR 70 i $0,1 \%$ za KR LIO. Apsolutne vrijednosti udjela proteina su u skladu s dosadašnjim istraživanjima (Eslami i sur., 2023) u kojima se navodi da se udio proteina u komini rajčice kreće od $15,08 \% - 24,67 \%$ i da on ovisi o sorti, zemljopisnom položaju područja uzgoja, fazama rasta, sazrijevanju, vrsti prerade, uvjetima ekstrakcije, kao i korištenim analitičkim tehnikama. Rezultati također potvrđuju da je komina rajčice bogata proteinima.

Među ispitivanim uzorcima nema statistički značajne razlike u udjelu proteina ($p=0,3781$), za razliku od udjela lipida. S obzirom na značajke metode korištene za određivanje udjela proteina razlika i nije bila očekivana. Naime, u korištenoj metodi uzorak se razgrađuje pomoću koncentrirane sumporne kiseline, pri čemu se cjelokupni proteinski dušik prevodi u amonijev sulfat, iz kojeg se destilacijom oslobođeni amonijak odredi titrimetrijski (Vitali Čepo, 2019).

4.5 Udio vlakana u uzorcima

Prehrambena vlakna se definiraju kao polisaharidi biljaka koji se ne probavljaju u tankom crijevu čovjeka i lignin. Glavni predstavnici prehrambenih vlakana su celuloza, pektini, hemiceluloza i lignin. Neke vrste škroba, poznate kao rezistentni škrob, također su neprobavljive te se ubrajaju u prehrambena vlakna. Prema njihovoj topljivosti u vodi, prehrambena vlakna se mogu podijeliti na topljiva i netopljiva i za njih su karakteristični različiti fiziološki utjecaji. Topljiva vlakna mogu pomoći u regulaciji kolesterola i šećera u krvi te pružiti osjećaj sitosti, dok netopljiva vlakna podržavaju probavno zdravlje olakšavajući prolaz hrane kroz probavni trakt i prevenciju zatvora.

Prehrambena vlakana su određena metodom koja se temelji na oponašanju procesa koji se odvijaju u ljudskom probavnom traktu i potom na određivanju količine neprobavljivog ostatka. Rezultati određivanja ukupnih, netopljivih i topljivih vlakana prikazani su na Slici 12, Slici 13 i Slici 14.



Slika 12. Udio ukupnih vlakana u uzorcima

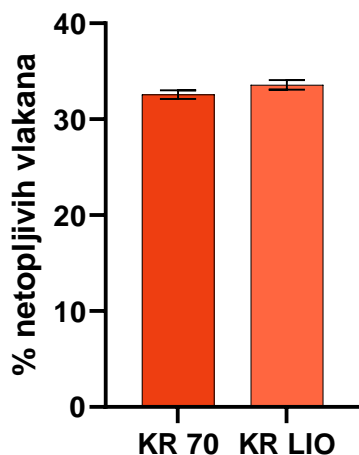
Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm SD ($n=3$). Statistička obrada rezultata napravljena je pomoću programa GraphPad Prism koristeći Student t-test.

Udio ukupnih vlakana u KR 70 je bio $40 \% \pm 1,1 \%$, a u KR LIO $41 \% \pm 1,4 \%$. RSD vrijednosti su bile $2,8 \%$ za KR 70 i $3,3 \%$ za KR LIO. Rezultati pokazuju da nema statistički značajne razlike ($p=0,3604$) u udjelu ukupnih vlakana kod KR 70 i KR LIO.

Već prije je pokazano da su vlakna najzastupljenija komponenta komine rajčice i da njihov udio iznosi od 39 do 59% što je u skladu s našim istraživanjima (Lu i sur., 2022; Eslami i sur., 2023). Također, već prije je zaključeno da je komina rajčice bogat izvor prehrambenih vlakana

koji svoju primjenu mogu naći u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji (De Valle i sur., 2006).

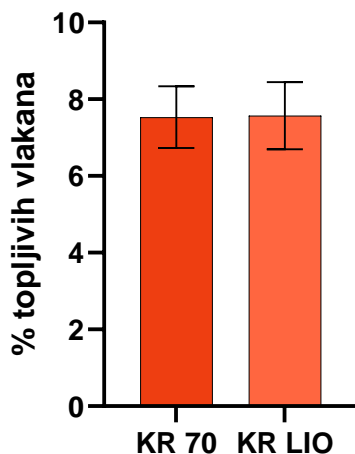
Udio netopljivih vlakana



Slika 13. Udio netopljivih vlakana u uzorcima

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm SD (n=3). Statistička obrada rezultata napravljena je pomoću programa GraphPad Prism koristeći Student t-test.

Udio topljivih vlakana



Slika 14. Udio topljivih vlakana u uzorcima

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm SD (n=3). Statistička obrada rezultata napravljena je pomoću programa GraphPad Prism koristeći Student t-test.

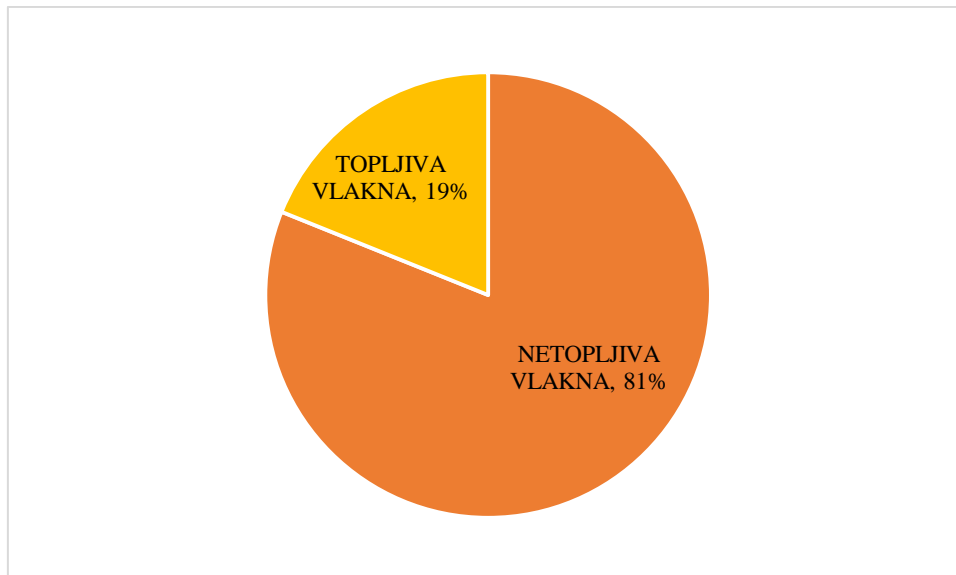
Udio netopljivih vlakana u KR 70 je bio 33 % \pm 0,4 %, a u KR LIO 34 % \pm 0,5 %. Udio topljivih vlakana u KR 70 je bio 7,5 % \pm 0,8 %, a u KR LIO 7,6 % \pm 0,9 %. RSD vrijednosti

su bile 1,3 % za KR 70 i 1,5 % za KR LIO kod određivanja netopljivih vlakana te 10,7 % za KR 70 i 11,6 % za KR LIO kod određivanja topljivih vlakana.

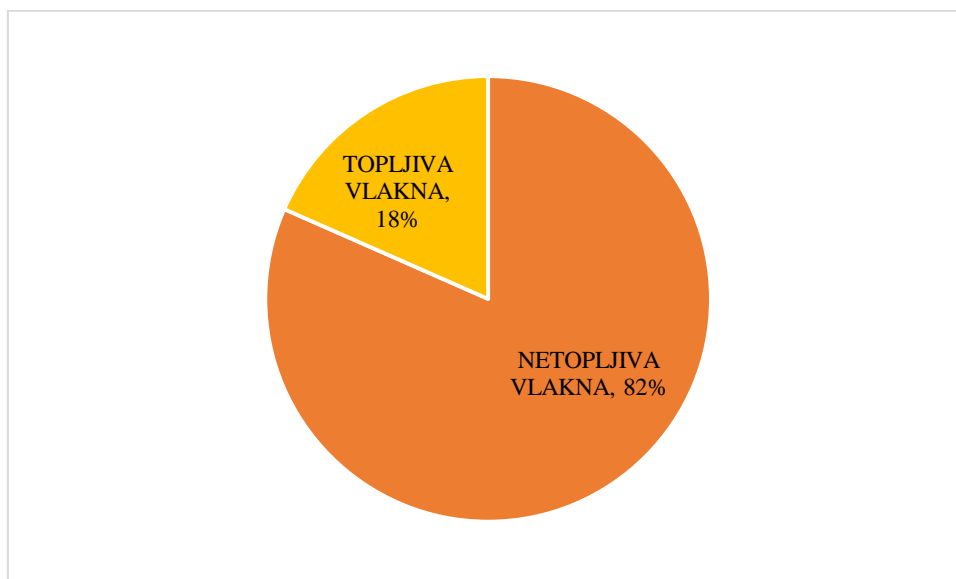
Dobivene vrijednosti udjela netopljivih vlakana su u skladu s dosadašnjim istraživanjima, dok su vrijednosti udjela topljivih vlakana nešto veće (Nakov i sur., 2022). Na opažene rezultate topljivih vlakana vjerojatno je utjecao manjak robusnosti metode što je vidljivo i iz povećanih RSD vrijednosti koje su bile iznad 10 %. Upravo to, kao i relativno niski udio topljivih vlakana povećavaju mogućnost pogreške prilikom određivanja.

Rezultati pokazuju da nema statistički značajne razlike u udjelu netopljivih vlakana ($p=0,0559$) ni u udjelu topljivih vlakana ($p=0,9560$) kod KR 70 i KR LIO. U prijašnjim istraživanjima je pokazano da se udio topljivih vlakana u pojedinim biljnim materijalima povećava s povišenjem temperature sušenja uz objašnjenje da toplinska obrada biljnih tkiva mijenja fizikalna i kemijska svojstva stanične stijenke čime se modificira solubilizacija vlakana. Primjerice, Čaprića i suradnici (2011) pokazali su da zagrijavanje pšeničnog i ječmenog brašna na 100 °C uzrokuje povećanje viskoznosti vodenog ekstrakta za 21,8 % do 29,5 % što sugerira da je došlo do konverzije netopljivih u topljiva vlakna. Quispe-Fuentes i suradnici (2020) istraživali su utjecaj metode sušenja na sastav maqui bobica te su rezultati pokazali veći apsolutni udio vlakana, netopljivih, topljivih i ukupnih, kod uzoraka sušenim na višim temperaturama. Navedeni fenomeni nisu primijećeni u našem istraživanju, vjerojatno zbog toga što je konverzija netopljivih u topljiva ovisna o vrsti samih vlakana, a prema tome specifična za ispitivani biljni materijal.

Na Slici 15 prikazan je omjer topljivih i netopljivih vlakana u KR 70, a na Slici 16 omjer topljivih i netopljivih vlakana u KR LIO. Vidljivo je da je u oba uzorka netopljivih vlakana otprilike 4 puta više od topljivih.



Slika 15. Omjer topljivih i netopljivih vlakana u KR 70

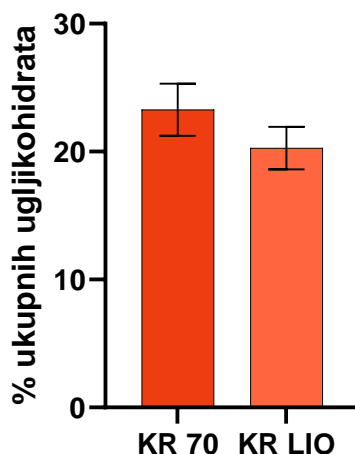


Slika 16. Omjer topljivih i netopljivih vlakana u KR LIO

4.6 Udio ugljikohidrata u uzorcima

Udio ukupnih ugljikohidrata je određen metodom izračuna iz razlike, a rezultati su prikazani na Slici 17.

Udio ukupnih ugljikohidrata



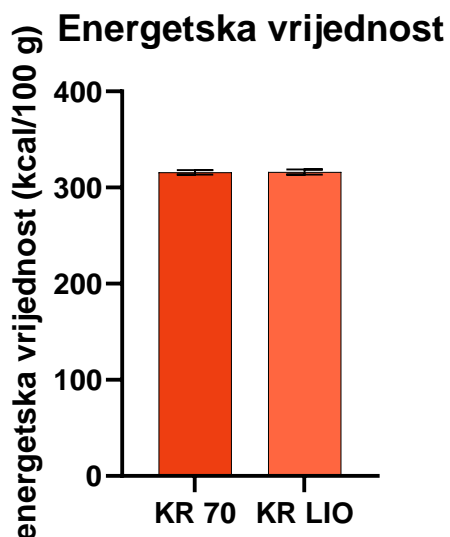
Slika 17. Udio ukupnih ugljikohidrata u uzorcima

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm SD ($n=3$). Statistička obrada rezultata napravljena je pomoću programa GraphPad Prism koristeći Student t-test.

Udio ugljikohidrata u KR 70 je bio 23 % \pm 2,0 %, a u KR LIO 20 % \pm 1,7 %, a dobiveni rezultati su u skladu s dosadašnjim istraživanjima. Rezultati jedne studije potvrdili su da udio ugljikohidrata u uzorcima komine rajčice iznosi 25,73 % (Del Valle i sur., 2006). RSD vrijednosti su bile 8,8 % za KR 70 i 8,2 % za KR LIO. Rezultati naše studije pokazuju da nema statistički značajne razlike ($p=0,1199$) u udjelu ugljikohidrata u KR 70 i KR LIO. Lemus-Mondaca i suradnici (2016) su uspoređivali sadržaj ukupnih ugljikohidrata u uzorcima stevije sušenim na temperaturama do 80 °C i primijetili smanjenje udjela ukupnih ugljikohidrata s povećanjem temperature. Rezultat su objasnili pojačanom toplinskom degradacijom koja je očito specifična za pojedini biljni materijal s obzirom na to da navedeno smanjenje nije primijećeno u našem istraživanju.

4.7 Energetska vrijednost uzoraka

Energetska vrijednost uzorka dobivena je prevođenjem količine svake pojedine komponente komine rajčice koja doprinosi energetske vrijednosti u količinu energije pomoću općeprihvaćenih faktora konverzije koji izražavaju količinu dostupne energije po jedinici mase pojedinog nutrijenta. Rezultati određivanja energetske vrijednosti uzoraka prikazani su na Slici 18.



Slika 18. Energetska vrijednost uzoraka

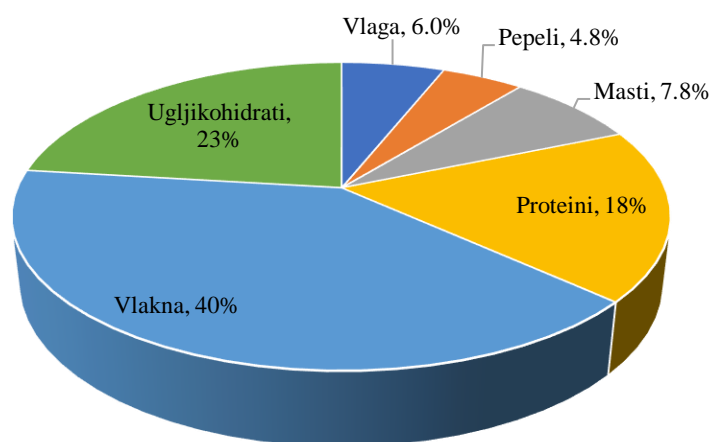
Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm SD ($n=3$). Statistička obrada rezultata napravljena je pomoću programa GraphPad Prism koristeći Student t-test.

Energetska vrijednost KR 70 bila je $316 \text{ kcal/100g} \pm 2,3 \text{ kcal/100g}$, a KR LIO $316 \text{ kcal/100g} \pm 2,5 \text{ kcal/100g}$. RSD vrijednosti su bile 0,7 % za KR 70 i 0,8 % za KR LIO.

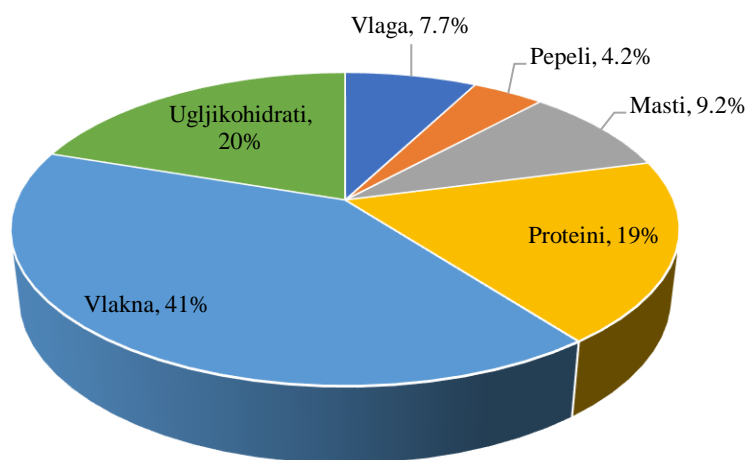
Rezultati pokazuju da nema statistički značajne razlike ($p=0,8773$) u energetske vrijednosti kod KR 70 i KR LIO.

4.8 Makronutritivni sastav komine rajčice

Makronutritivni sastav rajčice prikazan je na slikama 19 i 20.



Slika 19. Makronutritivni sastav komine rajčice sušene na 70 °C



Slika 20. Makronutritivni sastav komine rajčice sušene liofilizacijom

Komina rajčice je najbogatija vlaknima, a potom redom ugljikohidratima, proteinima, lipidima i mineralima (Slika 19 i 20) i mogla bi se koristiti kao potencijalni izvor vlakana, proteina ili masti. Iskorištavanje komine rajčice moglo bi osigurati dodatne prihode za industriju rajčice, a istovremeno smanjiti problem zbrinjavanja otpada.

5. ZAKLJUČAK

U okviru ovog diplomskog rada određen je i uspoređen makronutritivni sadržaj komine rajčice sušene na 70 °C i komine rajčice sušene liofilizacijom.

Rezultati istraživanja pokazali su da je:

- Udio vlage veći u uzorcima sušenim liofilizacijom.
- Udio pepela veći u uzorcima sušenim na 70 °C.
- Udio lipida veći u uzorcima sušenim liofilizacijom.
- Udio proteina, udio prehrambenih vlakana i udio ugljikohidrata jednak u oba uzorka.
- Energetska vrijednost uzoraka je jednaka i iznosi 316 kcal/100g.

Komina rajčice je najbogatija vlaknima, a potom redom ugljikohidratima, proteinima, lipidima i mineralima i mogla bi se koristiti kao potencijalni izvor vlakana, proteina ili masti. Iskorištavanje komine rajčice moglo bi osigurati dodatne prihode za industriju rajčice, a istovremeno smanjiti problem zbrinjavanja otpada.

Rezultati ovog rada doprinose saznanjima o utjecaju metode sušenja na sastav komine rajčice. Također, ova karakterizacija komine rajčice bila je preduvjet za daljnje analize mikronutrijenata i ostalih komponenti prisutnih u komini rajčice.

Rad doprinosi i ukupnom istraživanju valorizacije komine rajčice i njenom iskorištavanju kao vrijedne sirovine za različite resurse i to ne samo u prehrambenoj, već i farmaceutskoj, kozmetičkoj i drugim industrijama u kojima komina rajčice može biti jeftin i lako dostupan izvor bioaktivnih sastavnica.

Berenguer CV, Andrade C, Pereira JAM, Perestrelo R, Câmara JS. Current Challenges in the Sustainable Valorisation of Agri-Food Wastes: A Review. *Processes*, 2023, 11, 20.

Del Valle M, Cámara M, Torija M.-E. Chemical characterization of tomato pomace. *J. Sci. Food Agric.*, 2006, 86, 1232 – 1236.

Eliopoulos C, Markou G, Langousi I, Arapoglou D. Reintegration of Food Industry By-Products: Potential Applications. *Foods*, 2022, 11, 3743.

Eslami E, Carpentieri S, Pataro G, Ferrari G. A Comprehensive Overview of Tomato Processing By-Product Valorization by Conventional Methods versus Emerging Technologies. *Foods*, 2023, 12, 166.

Gebeyew K, Anmut G, Urge M, Feyera T. The effect of feeding dried tomato pomace and concentrate feed on body weight change, carcass parameter and economic feasibility on Hararghe highland sheep, eastern Ethiopia, *J. Vet. Sci. Technol*, 2015, 6 (2) 1.

Jiang GH, Lee KC, Ameer K, Eun JB. Comparison of freeze-drying and hot air-drying on Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai ‘Niitaka’) powder: Changes in bioaccessibility, antioxidant activity, and bioactive and volatile compounds. *J. Food Sci. Technol.*, 2019, 56, 2836–2844.

Kalogeropoulos N, Chiou A, Pyriochou V, Peristeraki A, Karathanos VT. Bioactive phytochemicals in industrial tomatoes and their processing byproducts, *LWT - Food Science and Technology*, 2012, 49 (2), 213-216.

Krakowska-Sieprawska A, Kielbasa A, Rafińska K, Ligor M, Buszewski B. Modern Methods of Pre-Treatment of Plant Material for the Extraction of Bioactive Compounds. *Molecules* 2022, 27, 730.

Kumar M, et al. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seed: A review on bioactives and biomedical activities. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2021, 142, 112018.

Lazzarini C, Casadei E, Valli E, Tura M, Ragni L, Bendini A, Gallina Toschi T. Sustainable Drying and Green Deep Eutectic Extraction of Carotenoids from Tomato Pomace. *Foods*, 2022, 11, 405.

Lemus-Mondaca R, Ah-Hen K, Vega-Gálvez A, Honores C, Moraga NO. Stevia rebaudiana Leaves: Effect of Drying Process Temperature on Bioactive Components, Antioxidant Capacity and Natural Sweeteners. *Plant Foods Hum Nutr.*, 2016, 71, 49-56.

Lu S, Chen S, Li H, Paengkoum S, Taethaisong N, Meethip W, Surakhunthod J, Sinpru B, Sroichak T, Archa P, et al. Sustainable Valorization of Tomato Pomace (*Lycopersicon esculentum*) in Animal Nutrition: A Review. *Animals*, 2022; 12, 3294.

Lu Z, Wang J, Gao R, Ye F, Zhao G. Sustainable valorisation of tomato pomace: a comprehensive review, *Trends Food Sci. Technol*, 2019, 86, 172–187.

Mironeasa S, Codina GG, Oroian MA Bread quality characteristics as influenced by the addition of tomato seed flour. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca*, 2016, 73(2), 77–84.

Moreno AD, Duque A, González A, Ballesteros I, Negro MJ. Valorization of Greenhouse Horticulture Waste from a Biorefinery Perspective. *Foods*, 2021, 10, 814.

Mosić M, Dramićanin A, Ristivojević P, Milojković-Opsenica D. Extraction as a Critical Step in Phytochemical Analysis. *J AOAC Int.*, 2020, 103, 365-372.

Müller J, Heindl A. Drying of Medicinal Plants. *Medicinal and Aromatic Plants*, 2006, 237–252.

Nakov G, Brandolini A, Estivi L, Bertuglia K, Ivanova N, Jukić M, Komlenić DK, Lukinac J, Hidalgo A. Effect of Tomato Pomace Addition on Chemical, Technological, Nutritional, and Sensorial Properties of Cream Crackers. *Antioxidants*, 2022, 11, 2087.

Ooi SL, Pak SC. Nutraceuticals in Immune Function. *Molecules*, 2021, 26, 5310.

Oprica L, Antohe RG, Verdes A, Grigore MN. Effect of freeze-drying and oven-drying methods on flavonoids content in two romanian grape varieties. *Revista de Chimie*, 2019, 70, 491–494.

Papoutsis K, Pristijono P, Golding JB, Stathopoulos CE, Bowyer MC, Scarlett CJ, Vuong QV. Effect of vacuum-drying, hot air-drying and freeze-drying on polyphenols and antioxidant capacity of lemon (*Citrus limon*) pomace aqueous extracts. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2017, 52, 880–887.

Pereira JAM, Berenguer CV, Câmara JS. Delving into Agri-Food Waste Composition for Antibacterial Phytochemicals. *Metabolites*, 2023, 13, 634.

Pérez-Gregorio MR, Regueiro J, González-Barreiro C, Rial-Otero R, Simal-Gándara J. Changes in antioxidant flavonoids during freeze-drying of red onions and subsequent storage. *Food Control.*, 2011, 22, 1108–1113.

Quispe-Fuentes I, Vega-Gálvez A, Aranda M, et al. Effects of drying processes on composition, microstructure and health aspects from maqui berries. *J Food Sci Technol.*, 2020, 57, 2241-2250.

Ratti C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 2001, 49, 311–319.

Sun Y, Shen Y, Liu D, Ye X. Effects of drying methods on phytochemical compounds and antioxidant activity of physiologically dropped un-matured citrus fruits. *LWT—Food Sci. Technol.*, 2015, 60, 1269–1275.

Vitali Čepo, D. FIZIOLOŠKI I BIOKEMIJSKI ASPEKTI PREHRANE-PRAKTIKUM Udžbenik za laboratorijske vježbe iz kolegija “Fiziološki i biokemijski aspekti prehrane” za studente Studija Farmacija. Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko-biokemijski fakultet Zagreb, 2019, str. 10-62.

7. SAŽETAK / SUMMARY

Komina rajčice je nusproizvod koji nastaje preradom svježe rajčice i u kojem zaostaju brojni vrijedni nutrijenti i bioaktivne molekule karakteristične za rajčicu. Valorizacija komine rajčice i pronalazak efikasnih metoda ekstrakcije vrijednih sastojaka imala bi višestruko pozitivne globalne učinke. Za uspješnu ekstrakciju bioaktivnih sastojaka, od iznimne je važnosti optimirati procese predobrade biljnog materijala koji uključuje pretpranje, sušenje i mljevenje, s ciljem pripreme stabilnog i homogenog uzorka. Pritom različite metode sušenja biljnog materijala mogu značajno utjecati na strukturu čestica i posljedično na oslobađanje bioaktivnih spojeva u procesu ekstrakcije. Stoga je bitno pažljivo odabrati metodu sušenja koja će najbolje odgovarati potrebama istraživanja i osigurati optimalno oslobađanje bioaktivnih spojeva iz biljnog materijala. Glavni cilj ovog istraživanja bio je istražiti kako različite metode sušenja utječu na sastav makronutrijenata u komini rajčice te je određen i uspoređen makronutritivni sadržaj komine rajčice sušene na 70 °C i komine rajčice sušene liofilizacijom. Rezultati istraživanja pokazali su da su udio vlage i udio lipida veći u uzorcima sušenim liofilizacijom, dok je udio pepela veći u uzorcima sušenim na 70 °C. Udio proteina, udio svih frakcija prehrambenih vlakana, udio ugljikohidrata i energetska vrijednost jednaki su u oba uzorka. Komina rajčice je najbogatija vlaknima, a potom redom ugljikohidratima, proteinima, lipidima i mineralima i mogla bi se koristiti kao potencijalni izvor vlakana, proteina ili masti. Rezultati ovog istraživanja doprinose saznanjima o utjecaju metode sušenja na sastav komine rajčice. Također, ova karakterizacija komine rajčice bila je preduvjet za daljnje analize mikronutrijenata i ostalih komponenti prisutnih u komini rajčice. Rad doprinosi i ukupnom istraživanju valorizacije komine rajčice i njenom iskorištavanju kao vrijedne sirovine u prehrambenoj ali i farmaceutskoj, kozmetičkoj i drugim industrijama u kojima komina rajčice može biti jeftin i lako dostupan izvor bioaktivnih sastavnica.

Tomato pomace is a by-product remaining after processing of fresh tomatoes, retaining numerous valuable nutrients and bioactive molecules characteristic for tomatoes. Valorization of tomato pomace and finding efficient methods of extracting valuable ingredients would have multiple positive global effects. For successful extraction of bioactive ingredients, it is crucial to optimize the pre-treatment processes of plant material, including washing, drying, and grinding, aiming to prepare a stable and homogeneous sample. Different drying methods of plant material can significantly affect particle structure and consequently the release of bioactive compounds during the extraction process. Hence, careful selection of a drying method that best suits the research needs is essential to ensure optimal release of bioactive compounds from the plant material. The main objective of this research was to investigate how different drying methods affect the composition of macronutrients in tomato pomace, comparing the macronutrient content of tomato pomace dried at 70 °C and tomato pomace dried by lyophilization. The research results showed that the moisture and lipid content were higher in lyophilized samples, while the ash content was higher in samples dried at 70 °C. The protein content, all fractions of dietary fiber, carbohydrate content, and energy value were equal in both samples. Tomato pomace is richest in fiber, followed by carbohydrates, proteins, lipids, and minerals, and could be used as a potential source of fiber, protein, or fat. The results of this research contribute to understanding the impact of drying methods on the composition of tomato pomace. Additionally, this characterization of tomato pomace was a prerequisite for further analysis of micronutrients and other components present in tomato pomace. The study also contributes to overall research on the valorization of tomato pomace and its utilization as a valuable raw material in not only the food industry but also in pharmaceutical, cosmetic, and other industries where tomato pomace could serve as an inexpensive and readily available source of bioactive ingredients.

Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište u Zagrebu
Farmaceutsko-biokemijski fakultet
Studij: Farmacija
Zavod za prehranu i dijetoterapiju
A. Kovačića 1, 10000 Zagreb, Hrvatska

Diplomski rad

Utjecaj različitih metoda sušenja na makronutritivni sastav komine rajčice

Dora Hipša

SAŽETAK

Komina rajčice je nusproizvod koji nastaje preradom svježe rajčice i u kojem zaostaju brojni vrijedni nutrijenti i bioaktivne molekule karakteristične za rajčicu. Valorizacija komine rajčice i pronalazak efikasnih metoda ekstrakcije vrijednih sastojaka imala bi višestruko pozitivne globalne učinke. Za uspješnu ekstrakciju bioaktivnih sastojaka, od iznimne je važnosti optimirati procese predobrade biljnog materijala koji uključuje pretpranje, sušenje i mljevenje, s ciljem pripreme stabilnog i homogenog uzorka. Pritom različite metode sušenja biljnog materijala mogu značajno utjecati na strukturu čestica i posljedično na oslobađanje bioaktivnih spojeva u procesu ekstrakcije. Stoga je bitno pažljivo odabrati metodu sušenja koja će najbolje odgovarati potrebama istraživanja i osigurati optimalno oslobađanje bioaktivnih spojeva iz biljnog materijala. Glavni cilj ovog istraživanja bio je istražiti kako različite metode sušenja utječu na sastav makronutrijenata u komini rajčice te je određen i uspoređen makronutritivni sadržaj komine rajčice sušene na 70 °C i komine rajčice sušene liofilizacijom. Rezultati istraživanja pokazali su da su udio vlage i udio lipida veći u uzorcima sušenim liofilizacijom, dok je udio pepela veći u uzorcima sušenim na 70 °C. Udio proteina, udio svih frakcija prehrambenih vlakana, udio ugljikohidrata i energetska vrijednost jednaki su u oba uzorka. Komina rajčice je najbogatija vlaknima, a potom redom ugljikohidratima, proteinima, lipidima i mineralima i mogla bi se koristiti kao potencijalni izvor vlakana, proteina ili masti. Rezultati ovog istraživanja doprinose saznanjima o utjecaju metode sušenja na sastav komine rajčice. Također, ova karakterizacija komine rajčice bila je preduvjet za daljnje analize mikronutrijenata i ostalih komponenti prisutnih u komini rajčice. Rad doprinosi i ukupnom istraživanju valorizacije komine rajčice i njenom iskorištavanju kao vrijedne sirovine u prehrambenoj ali i farmaceutskoj, kozmetičkoj i drugim industrijama u kojima komina rajčice može biti jeftin i lako dostupan izvor bioaktivnih sastavnica.

Rad je pohranjen u Središnjoj knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta.

Rad sadrži: 44 stranice, 20 grafičkih prikaza, 1 tablicu i 27 literaturnih navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku.

Ključne riječi: komina rajčice, makronutritivni sastav, metode sušenja, nutraceutik

Mentor: **Dr. sc. Kristina Radić**, viši asistent Sveučilišta u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta.

Ocjenjivači: **Dr. sc. Kristina Radić**, viši asistent Sveučilišta u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta.

Dr. sc. Dubravka Vitali Čepo, profesor Sveučilišta u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta.

Dr. sc. Laura Nžić Nodilo, viši asistent Sveučilišta u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta.

Rad prihvaćen: Travanj 2024.

Basic documentation card

University of Zagreb
Faculty of Pharmacy and Biochemistry
Study: Pharmacy
Department of Nutrition and Dietetics
A. Kovačića 1, 10000 Zagreb, Croatia

Diploma thesis

The influence of different drying methods on the macronutrient composition of tomato pomace

Dora Hipša

SUMMARY

Tomato pomace is a by-product remaining after processing of fresh tomatoes, retaining numerous valuable nutrients and bioactive molecules characteristic for tomatoes. Valorization of tomato pomace and finding efficient methods of extracting valuable ingredients would have multiple positive global effects. For successful extraction of bioactive ingredients, it is crucial to optimize the pre-treatment processes of plant material, including washing, drying, and grinding, aiming to prepare a stable and homogeneous sample. Different drying methods of plant material can significantly affect particle structure and consequently the release of bioactive compounds during the extraction process. Hence, careful selection of a drying method that best suits the research needs is essential to ensure optimal release of bioactive compounds from the plant material. The main objective of this research was to investigate how different drying methods affect the composition of macronutrients in tomato pomace, comparing the macronutrient content of tomato pomace dried at 70 °C and tomato pomace dried by lyophilization. The research results showed that the moisture and lipid content were higher in lyophilized samples, while the ash content was higher in samples dried at 70 °C. The protein content, all fractions of dietary fiber, carbohydrate content, and energy value were equal in both samples. Tomato pomace is richest in fiber, followed by carbohydrates, proteins, lipids, and minerals, and could be used as a potential source of fiber, protein, or fat. The results of this research contribute to understanding the impact of drying methods on the composition of tomato pomace. Additionally, this characterization of tomato pomace was a prerequisite for further analysis of micronutrients and other components present in tomato pomace. The study also contributes to overall research on the valorization of tomato pomace and its utilization as a valuable raw material in not only the food industry but also in pharmaceutical, cosmetic, and other industries where tomato pomace could serve as an inexpensive and readily available source of bioactive ingredients.

The thesis is deposited in the Central Library of the University of Zagreb Faculty of Pharmacy and Biochemistry.

Thesis includes: 44 pages, 20 figures, 1 table and 27 references. Original is in Croatian language.

Keywords: Tomato pomace, macronutrient composition, drying methods, nutraceutical

Mentor: **Kristina Radić, Ph.D.** *Assistant Professor*, University of Zagreb Faculty of Pharmacy and Biochemistry

Reviewers: **Kristina Radić, Ph.D.** *Assistant Professor*, University of Zagreb Faculty of Pharmacy and Biochemistry
Dubravka Vitali Čepo, Ph.D. *Associate Professor*, University of Zagreb Faculty of Pharmacy and Biochemistry
Laura Nižić Nodilo, Ph.D. *Assistant Professor*, University of Zagreb Faculty of Pharmacy and Biochemistry

The thesis was accepted: April 2024.

