

Utjecaj procesa sušenja na određena fizikalno-kemijska svojstva kore avokada

Krpan, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:671050>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

Ana Krpan

UTJECAJ PROCESA SUŠENJA NA
ODREĐENA FIZIKALNO-KEMIJSKA
SVOJSTVA KORE AVOKADA

Ovaj rad je izrađen u Kabinetu za procese pripreme hrane na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Marije Badanjak Sabolović.

Ovaj rad izrađen je u okviru projekta „Hibridno sušenje i valorizacija biljnog prehrambenog otpada i nusproizvoda“ (HYDRYBY, IP-2019-04-9750), voditelja projekta prof. dr. sc. Mladena Brnčića, a financiranog sredstvima Hrvatske zaklade za znanost.



Zahvaljujem se svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Mariji Badanjak Sabolović na svim savjetima, podršci i vođenju pri izradi ovog diplomskog rada. Hvala Mirni Tadić, mag. ing. na susretljivosti, strpljenju i vrijednim savjetima. Također hvala i tehničarima Goranu i Darjanu na pomoći u provedbi dijela eksperimenata u Laboratoriju za tehnološke operacije. Za kraj posebna zahvala mojoj obitelji na beskompromisnoj podršci, ljubavi i strpljenju za vrijeme mog studiranja.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

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

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Diplomski sveučilišni studij: Nutricionizam

UTJECAJ PROCESA SUŠENJA NA ODREĐENA FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA KORE AVOKADA

Ana Krpan, univ. bacc. nutr.
0058209522

Sažetak:

Avokado (*Persea americana* Mill) je tropsko voće čija povećana potražnja i proizvodnja u posljednje vrijeme ujedno stvara i velike količine otpada. Zbog povoljnog bioaktivnog sastava, istražuje se potencijalna primjena kore avokada u raznim industrijama, prvenstveno prehrambenoj industriji. Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj procesa sušenja na neka fizikalna (boja, tekstura, sposobnost rehidracije, kapacitet vezanja vode/ulja, nasipna gustoća) i kemijska (sadržaj ukupnih fenola, antioksidacijska aktivnost) svojstva sušene kore avokada. Sušenje je provedeno u konvekcijskoj sušari uz primjenu mikrovalova (600 W, 2 minute) te u vakuum sušari pri tlaku 100 mbar. Temperature sušenja bile su 40, 50, 60, 70 i 80 °C. Prema dobivenim rezultatima, najkraće vrijeme sušenja postignuto je primjenom konvekcijskog sušenja potpomognutim mikrovalovima pri temperaturi 80 °C. Također, ovim načinom sušenja najmanja je ukupna promjena boje, veća tvrdoća, viši udio fenola te veća antioksidacijska aktivnost sušene kore avokada. Najbolju sposobnost rehidracije pokazao je uzorak sušen pri 50 °C istim načinom sušenja. Veći kapacitet vezanja vode pokazali su uzorci kore avokada sušeni u vakuum sušari. Rezultati nasipne gustoće nisu pokazali značajne razlike između provedenih vrsta sušenja.

Ključne riječi: kora avokada, vakuum sušenje, konvekcijsko sušenje uz mikrovalove, boja, tekstura, fenoli

Rad sadrži: 52 stranica, 17 slika, 15 tablica, 64 literaturnih navoda, 0 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

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

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

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Sven Karlović (predsjednik)
2. izv. prof. dr. sc. Marija Badanjak Sabolović (mentor)
3. prof. dr. sc. Suzana Rimac Brnčić (član)
4. izv. prof. dr. sc. Filip Dujmić (zamjenski član)

Datum obrane: 22. rujna 2023.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Process Engineering
Section for Food Preparation Processes

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

Graduate university study programme: Nutrition

EFFECTS OF DRYING PROCESS ON SOME PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF AVOCADO PEEL

Ana Krpan, univ. bacc. nutr.
0058209522

Abstract:

Avocado (*Persea americana Mill*) is a tropical fruit whose recent increased demand and production generates large amounts of waste. Due to its favorable bioactive composition, the potential application of avocado peel in various industries, primarily the food industry, is being researched. The aim of this work was to determine the influence of the drying process on some physical (color, texture, rehydration ability, water/oil binding capacity, bulk density) and chemical (phenols content, antioxidant activity) properties of dried avocado peel. Drying was carried out in a convection dryer with the use of microwaves (600 W, 2 minutes) and in a vacuum dryer at a pressure of 100 mbar. Drying temperatures were 40, 50, 60, 70 and 80 °C. According to the obtained results, the shortest drying time was achieved using convection drying assisted by microwaves at a temperature of 80 °C. Also, with this method of drying, the total color change is the smallest, the hardness and the phenol content are higher, and the antioxidant activity of the dried avocado peel is higher. The sample dried at 50 °C using the same drying method showed the best rehydration ability. Avocado peel samples dried in a vacuum dryer showed a higher water binding capacity. The bulk density results showed no significant differences between the drying methods performed.

Keywords: *avocado peel, vacuum drying, microwave-convective drying, color, texture, phenols*

Thesis contains: 52 pages, 17 figures, 15 tables, 64 references, 0 supplements

Original in: Croatian

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

Mentor: Marija Badanjak Sabolović, PhD, Associate professor

Reviewers:

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

Thesis defended: 22. Rujna 2023.

Sadržaj:

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 2 |
| 2.1. AVOKADO (<i>Persea americana Mill</i>) | 2 |
| 2.1.1. Hass sorta..... | 3 |
| 2.1.2. Kemijski sastav avokada..... | 3 |
| 2.1.3. Mogućnosti iskorištenja kore avokada | 7 |
| 2.2. Konzerviranje hrane sušenjem | 9 |
| 2.2.1. Vrste sušenja | 10 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 14 |
| 3.1. Materijali | 14 |
| 3.1.1. Kemikalije | 14 |
| 3.1.2. Pribor i aparatura..... | 14 |
| 3.2. Priprema uzorka za sušenje | 15 |
| 3.2.1. Procesi sušenja | 15 |
| 3.3. Određivanje udjela suhe tvari | 17 |
| 3.4. Određivanje parametara boje | 17 |
| 3.5. Određivanje teksturalnih svojstava | 19 |
| 3.6. Određivanje rehidrationskog omjera i koeficijenta rehidracije | 19 |
| 3.7. Određivanje kapaciteta vezanja vode i ulja | 20 |
| 3.8. Određivanje nasipne gustoće | 20 |
| 3.9. Priprema uzorka za ekstrakciju fenolnih spojeva | 21 |
| 3.10. Određivanje ukupnih fenolnih spojeva | 21 |
| 3.11. Određivanje antioksidacijske aktivnosti DPPH metodom | 22 |
| 3.12. Statistička obrada podataka | 23 |
| 4. REZULTATI I RASPRAVA | 24 |
| 4.1. Određivanje brzine sušenja | 25 |
| 4.2. Rezultati određivanja suhe tvari | 26 |
| 4.3. Rezultati određivanja parametara boje | 27 |
| 4.3.1. Rezultati određivanja parametara boje i ukupne promjene boje rehidratiranih uzoraka..... | 30 |
| 4.3.2. Fotografije sušenih kora avokada | 32 |
| 4.4. Rezultati određivanja teksturalnih svojstava | 33 |
| 4.5. Rezultati određivanja rehidrationskog omjera i koeficijenta rehidracije | 35 |
| 4.6. Rezultati određivanja kapaciteta vezanja vode i ulja | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 4.7. Rezultati određivanja nasipne gustoće | 38 |
| 4.8. Rezultati određivanja ukupnih polifenola | 39 |
| 4.9. Rezultati određivanja antioksidacijske aktivnosti | 41 |
| 5. ZAKLJUČCI..... | 43 |
| 6. LITERATURA..... | 44 |

1. UVOD

U današnje se vrijeme sve više pažnje posvećuje održivosti kao i ekološki prihvatljivom iskorištavanju resursa. U taj se koncept uklapa i iskorištavanje nusproizvoda različitih vrsta namirnica s ciljem smanjivanja negativnog utjecaja na okoliš, kao i količine otpada. Avokado je voće koje se često smatra „superhranom“ zbog svog bogatog nutritivnog sastava i pozitivnih učinaka na zdravlje. U usporedbi s drugim voćem, avokado ima znatno viši udio nezasićenih masti te je konzumacija avokada povezana s mnogim zdravstvenim dobrobitima, među kojima je i smanjeni rizik od razvoja kardiovaskularnih bolesti. vlakna predstavljaju najveći dio ukupnih ugljikohidrata u plodu avokada te ih je najviše u pulpi. Prehrana s obiljem vlakana povezuje se sa zdravim probavnim sustavom te istovremeno pomaže u snižavanju kolesterola u krvi. U pulpi je prisutno obilje minerala kao što su kalij, fosfor, magnezij i kalcij kao i vitamin E, askorbinska kiselina, tiamin, riboflavin, niacin i folna kiselina te β - karoten. Kora i sjemenka nejestivi su dio avokada bogati polifenolnim spojevima koji imaju potencijalni pozitivan učinak kod kardiovaskularnih, metaboličkih i neurodegenerativnih bolesti zbog njihove dokazane antioksidacijske, antikancerogene i protuupalne aktivnosti.

Povećana potrošnja i proizvodnja avokada, stvaraju velike količine otpada avokada kao što su sjemenke, odmašćena pulpa i kora. Zbog povoljnog bioaktivnog sastava nusproizvoda avokada istražuje se njihova potencijalna primjena u raznim industrijama, prvenstveno prehrambenoj gdje mogu biti iskorišteni za obogaćivanje već postojećih prehrambenih proizvoda ili u proizvodnji drugih novih proizvoda, funkcionalnih proizvoda ili dodataka prehrani. U tu svrhu najčešće se koristi sušeni nusproizvod avokada pa se stoga treba obratiti pozornost i na način sušenja koji će u što većoj mjeri očuvati njegova funkcionalna svojstva.

Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj procesa sušenja na neka fizikalno-kemijska svojstva kore avokada sušene pri temperaturama 40, 50, 60, 70 i 80 °C u konvekcijskoj sušari uz primjenu mikrovalova (hibridno sušenje) te u vakuum sušari pri tlaku 100 mbar. Dobiveni rezultati mogu poslužiti kao polazna točka u daljnjem istraživanju potencijalne primjene kore avokada u prehrambenoj industriji.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. AVOKADO (*Persea americana* Mill)

Avokado (*Persea americana* Mill) tropsko je i subtropsko voće koje potječe iz Središnje Amerike i Meksika. Riječ „avokado“ potječe od asteške riječi „ahuacatl“ koja je nakon izmjena španjolskog jezika rezultiralo riječju „ahuacate“ ili „aguacate“ (Cowan i Wolstenholme, 2016).

Avokado pripada obitelji *Lauraceae* i rodu *Persea* od kojih je poznato više od 150 vrsta.

Od većine drugog voća razlikuje se po tome što se samo sazrijevanje ne zbiva na drvetu avokada, već nakon branja. To znači da plodovi mogu biti na stablu čak i više mjeseci nakon što su fiziološki sazreli. Nakon žetve, njihova „otpornost“ na sazrijevanje gubi se u roku od jednog do dva dana. Masa ploda avokada može varirati od 120 g, pa sve do 2,5 kg. Plod avokada je krušolikog, ovalnog ili gotovo okruglog oblika, dok je kora zelene, žutozelene, tamnoljubičaste a ponekad i skoro crne boje. Plod se sastoji od kore (egzokarp), sjemenke, kremaste pulpe (mezokarp) te endokarpa koji predstavlja unutarnji sloj ploda između pulpe i sjemenke. Građa ploda avokada prikazana je na slici 1.

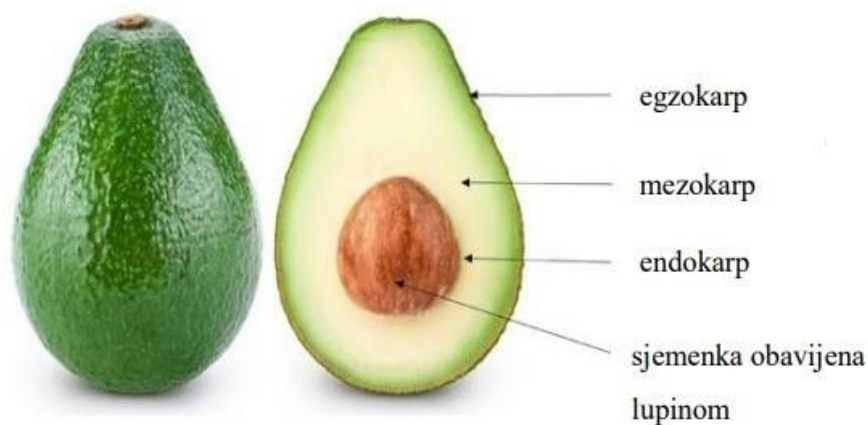
Proizvodnja i konzumacija avokada posljednjih godina bilježi značajan porast, a sam plod avokada prilagođen je raznim tropskim ekološkim zonama, što omogućuje uzgoj voća u više od 60 zemalja diljem svijeta. Na globalnoj razini, Meksiko čini 55 – 60 % ukupnog svjetskog izvoza (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023). Razlog tomu je što Meksiko ima mogućnost proizvodnje voća u svim sezonama te je istovremeno naglasak na uzgoju sorte Hass, koji predstavlja najtraženiju sortu. Ostale zemlje sa značajnim izvozom i proizvodnjom avokada su Dominikanska Republika, Čile, Indonezija i Kolumbija. Glavni razlozi i motivacija potrošača za konzumaciju avokada primarno predstavljaju njegova organoleptička svojstva te nutritivna vrijednost i zdravstveni benefiti (Shahbandeh, 2019).

U svijetu se uzgajaju brojne sorte avokada, a neke poznatije su sorte Hass, Fuerte, Pinkerton, Zutano, Ettinger, Edranol i Reed. Međutim, većina ovih sorti komercijalno se ne proizvode zbog dugog vremena proizvodnje, kvalitete (manji sadržaja proteina i masti), manje otpornosti pri proizvodnji te kratkog roka trajanja nakon berbe. Najpoznatija i najprodavanija sorta avokada je Hass.

2.1.1. Hass sorta

Hass sorta komercijalno je najvažnija sorta. Ima kraće vrijeme sazrijevanja u odnosu na druge sorte avokada te daje veći prinos po hektaru (Wanjiku i sur., 2020).

Boja kore zrelog avokada sorte Hass uglavnom je crna, crna sa zelenim mrljama ili crno-ljubičasta. Pulpa u trenutku optimalne zrelosti je zelenkasto-žute boje. Jestivi dio ploda ima masu oko 136 g, dok sjemenka i kora predstavljaju 33 % ukupne mase ploda (USDA, 2011).



Slika 1. Građa ploda avokada (prema Magawaza i Tesfay, 2015)

2.1.2. Kemijski sastav avokada

Avokado je voće koje se često smatra „superhranom“ zbog svog bogatog nutritivnog sastava i brojnih zdravstvenih dobiti.

Tablica 1. Nutritivni sastav avokada (prema Lye i sur., 2020)

| Sastav nutrijenata | Količina |
|--------------------|----------|
| Voda (%) | 73,230 |
| Proteini (%) | 2 |
| Ukupni lipidi (%) | 14,660 |
| Ugljikohidrati (%) | 8,530 |
| Vlakna (%) | 6,700 |
| Pepeo (%) | 1,580 |

Pulpa avokada sadrži veće količine vlakana i bjelančevina od mnogih drugih vrsta voća. Primjerice, udio proteina u kiviju iznosi 1 %, dok udio vlakana iznosi 3% (Richardson i sur., 2017; Boland, 2013). U tablici 1 prikazan je osnovi sastav avokada iz koje se može vidjeti da je udio vode u avokadu približno 73 %, udio lipida 14 %, ugljikohidrata približno 8 %, udio proteina 2 % te udio vlakana oko 6,7 % (Lye i sur., 2020).

Od ukupnih vlakana u avokadu čak 70 % je netopivo dok je 30 % topivih. Osim vlakana, avokado sadrži i druge vrste šećera kao što su saharoza i ugljikohidrati sa sedam ugljikovih atoma u sastavu, poput d-manoheptuloze, ali i pigmente, tanine, polifenole te fitoestrogene.

Pulpa avokada najčešće se koristi za dobivanje ulja koje sadrži veće količine monozasićenih masnih kiselina kao što su palmitooleinska i oleinska masna kiselina, kao i niske razine polinezasićenih masnih kiselina (linolna) u usporedbi s drugim biljnim uljima. Duarte i sur. (2016) odredili su značajne količine stearinske i palmitinske masne kiseline u ulju avokada. Ostale masne kiseline u ulju avokada u manjim količinama su eikozapentainska i miristinska masna kiselina. Nadalje, ulje avokada sadrži i visok udio tokoferola u rasponu od 113,13 - 332,17 mg/kg (Nasri i sur., 2021). U ulju avokada sorte Hass identificirani su različiti oblici tokoferola kao što su α -tokoferol, β -tokoferol, δ -tokoferol, i γ -tokoferol (Ghafoor i sur., 2021).

Avokado je također bogat izvor mineralnih tvari, što je prikazano u tablici 2. Značajan je izvor kalija. U jednakoj porciji sadrži čak 60 % više kalija od banane, koja se najčešće navodi kao primjer voća bogatog kalijem. Kalij pomaže u održavanju kardiovaskularnog zdravlja i funkcije mišića reguliranjem krvnog tlaka kroz modulaciju zadržavanja tekućine u tijelu.

Vitamini poput β -karotena, tokoferola, retinola, askorbinske kiseline, tiamina, riboflavina, niacina, piridoksina i folne kiseline također se nalaze u većim količinama u avokadu te su od

velike važnosti za cjelokupno zdravlje organizma (Araújo i sur., 2018).

Tablica 2. Mineralni sastav avokada (prema Lye i sur., 2020)

| Mineralni sastav (mg/100 g) | |
|-----------------------------|-------|
| Kalij | 485 |
| Fosfor | 52 |
| Magnezij | 29 |
| Kalcij | 12 |
| Natrij | 7 |
| Cink | 0,640 |
| Željezo | 0,550 |

Sjemenka sadrži visok udio ugljikohidrata koji iznosi oko 49 %, udio proteina iznosi oko 15 % dok udio lipida iznosi 17 % (Eijofor i sur., 2018). Sjemenka se najčešće baca i ne koristi se kao hrana, međutim, postoji mogućnost korištenja kao suplementacija u prehrani životinja. Nadalje, zbog visokog udjela škroba predstavlja potencijal za korištenje kao agens za želiranje u prehrambenim proizvodima (Chel-Guerrero i sur., 2016).

Sjemenka avokada predstavlja i potencijal za razvoj prirodnog bojila. Kada se sjemenka avokada zdrobi i izloži djelovanju kisika, dolazi do razvoja narančastog pigmenta uslijed niza reakcija ovisnih o enzimu polifenol oksidazi. Hatzakis i sur. (2019) izolirali su najzastupljeniji obojeni spoj u sjemenki avokada koji su nazvali perseorangin. Međutim, potrebna su daljnja istraživanja kako bi se opisala korisnost ovog spoja kao prirodnog bojila te identificirali njegovi biosintetski prekursori i potencijalni prirodni derivati.

Kora avokada sadrži 62 - 73,3 % ugljikohidrata, 4 - 8,3 % proteina te 4,4 - 9,1 % lipida. Sadrži i veliku količinu bioaktivnih spojeva (Dominguez i sur., 2016). Istraživanja pokazuju da se u kori avokada nalazi više od 30 pojedinačnih fenolnih spojeva i visoko polimernih spojeva od kojih su najvažniji flavonoli, hidroksicimetne kiseline i flavan-3-oli. Njihova koncentracija u kori ovisi o stupnju zrelosti, varijetetu i uvjetima uzgoja. Fenolni spojevi prisutni u kori avokada prikazani su u tablici 3.

Glavna hidroksicimetna kiselina u kori avokada je 5-O-kafeoilkininska koja pokazuje antihiperlipidemijske učinke, veću DPPH (2,2-difenil-pikrilhidrazil) aktivnost od vitamina E te je učinkovita u sprječavanju oksidacije i stvaranja slobodnih radikala (Ahangarpour i sur.,

2019). Između identificiranih flavonola, derivati kvercetina predstavljaju najzastupljenije spojeve (Kosinska i sur., 2012). Vodeća skupina fenola određena u kori avokada su flavan-3-oli ((epi)katehinski derivati) koji uključuju monomere, dimere i polimere (Melgar i sur., 2018). Katehin, epikatehin i dimeri tipa A i B su podskupine procijanidina koji su u visokoj koncentraciji prisutni u kori avokada, primarno procijanidin B tipa. Prisutni su i procijanidini A tipa koji mogu pomoći u prevennciji infekcije urinarnog trakta (Akan, 2021). Nadalje, ustanovljena je i visoka koncentracija klorofila a i b te nešto niža koncentracija derivata klorofila (Ramos-Aguilar, 2021).

Navedeni fenolni spojevi pokazuju različite zdravstvene benefite, međutim, značajan postotak ovih bioaktivnih spojeva često je vezan za složene makromolekule poput polisaharida, proteina i pektina što može utjecati na njihovo oslobađanje tijekom probave, a posljedično i njihovu kasniju bioaktivnost.

Tablica 3. Polifenolni sastav kore avokada (prilagođeno prema Al-Juhaimi i sur., 2021)

| Fenolna komponenta | Količina (mg/100 g) |
|----------------------------------|---------------------|
| Galna kiselina | 23,58 ± 0,09 |
| 3,4-dihidroksibenzojeva kiselina | 38,89 ± 0,74 |
| Katehin | 105,05 ± 2,75 |
| 1,2-dihidroksibenzen | 70,98 ± 1,16 |
| Siringična kiselina | 67,30 ± 1,34 |
| Kafeinska kiselina | 11,99 ± 0,48 |
| Rutin trihidrat | 27,26 ± 0,90 |
| p- kumarinska kiselina | 2,99 ± 0,82 |
| Trans-ferulinska kiselina | 2,26 ± 0,01 |
| Apigenin 7 glukozid | 6,29 ± 0,21 |
| Resveratrol | 4,76 ± 0,22 |
| Kvercetin | 9,04 ± 0,25 |
| Trans-cimetna kiselina | 1,66 ± 0,09 |
| Naringenin | 4,46 ± 0,95 |
| Izorhamnetin | 9,97 ± 0,74 |
| Kemferol | 8,59 ± 0,66 |

Salazar-Lopez i sur. (2021) u svom istraživanju pokazali su kako fenolni spojevi kore avokada ispoljavaju svoju biološku aktivnost tek u donjem dijelu probavnog sustava, gdje mogu djelovati

kao prebiotici.

U brojnim istraživanjima je dokazano da kora avokada sadrži viši udio fenolnih spojeva i veću antioksidacijsku aktivnost od pulpe (Melgar i sur., 2018; Rotta i sur., 2016). Također, sušena kora avokada pokazuje najvišu antioksidacijsku aktivnost u usporedbi s korom ostalog voća kao što su ananas, banana, papaja i lubenica (Morais i sur., 2015). U istraživanju koje su proveli Ramos-Aguilar i sur. (2021) uspoređivana je kora sorte Hass s korom autohtone sorte avokada te je u obje sorte ustanovljena visoka razina bioaktivnih spojeva uključujući β -sitosterol, α -tokoferol, epikatehin, karotenoide i cijanid-3-glukozid. U istraživanju provedenom 2010. godine u kori Hass sorte utvrđena je najviša koncentracija ukupnih polifenola i najviša antioksidacijska aktivnost utvrđena ORAC testom u odnosu na ostale sorte (Wang i sur., 2010).

Iz navedenog, može se zaključiti kako kora avokada predstavlja veliki potencijal za primjenu u prehrambenoj industriji.

2.1.3. Mogućnosti iskorištenja kore avokada

Pulpa je dio koji se najviše koristi te se uglavnom konzumira svježa, a proizvodi koji se iz nje dobivaju uključuju ulje, guacamole umak, džemove, majonezu i različite namaze, pri čemu se sjemenka i kora bacaju i ne iskorištava se njihov potencijal.

Sjemenka i kora Hass avokada predstavljaju oko 15 %, odnosno 14 % mase ploda (Melgar i sur., 2018), što godišnje čini oko 1,6 milijuna tona odbačenih sjemenki i kore.

Prerada avokada stvara velike količine odbačene kore što predstavlja gubitak materijala bogatog bioaktivnim spojevima s velikim potencijalom za daljnje iskorištenje. Upravo je to razlog sve većeg interesa za iskorištenjem tog otpada. Primjer navedenog je osušena kora avokada korištena za proizvodnju novog funkcionalnog napitka, a čaj proizveden od kore avokada bio je sličan mate čaju koji ima visoku razinu fenolnih spojeva bez značajne razlike tijekom skladištenja (Rotta i sur., 2016). Također, utvrđeno je kako kora avokada značajno smanjuje otpuštanje TNF- α i dušičnog oksida, što se pripisuje visokoj količini fenolnih spojeva te antioksidacijskom kapacitetu (Tremocoldi i sur., 2018).

Kora također pronalazi svoju primjenu u proizvodnji prirodnih prehrambenih konzervansa, što je u skladu s povećanim interesom potrošača za prirodnim alternativama konvencionalnim prehrambenim aditivima. Procjenjuje se da je globalna potražnja za antioksidacijskim spojevima

procijenjena na 1,3 milijarde USD u 2020., a očekuje se da će postići vrijednost od 1,8 milijardi USD do 2025. godine (Rodríguez-Martínez i sur., 2022). Ovaj veliki tržišni potencijal uglavnom je posljedica mnogih povoljnih zdravstvenih učinaka povezanih s ovim spojevima, a također i njihove uloge u očuvanju kvalitete i trajnosti prehrambenih proizvoda. Osim toga, zbog preferencije potrošača za kupnjom hrane što bolje kvalitete za očekivati je da konzervansi dobiveni iz prirodnih izvora, za razliku od sintetskih, postignu veći komercijalni interes.

Navedenom u prilog idu i rezultati brojnih istraživanja. Primjerice, rezultati istraživanja koje su proveli Figueroa i sur. (2021) pokazuju visoku antioksidacijsku aktivnost ekstrakta kore avokada, što ukazuje na mogućnost primjene ovog ekstrakta kao konzervansa, funkcionalnog sastojka hrane ili nutraceutika.

Također, ekstrakt kore avokada korišten je za inhibiciju oksidacije lipida i proteina te sprječavanje promjene boje mesnih prerađevina, što čini koru avokada dobrim izvorom prirodnog konzervansa. Povoljni učinak ekstrakta kore avokada primijećen je i kod svježih pljeskavica koje su 15 dana bile skladištene na temperaturi hladnjaka pri čemu je uočena značajna inhibicija nastanka proteinskih karbonila (Rodríguez-Carpena i sur., 2011).

Kora avokada predstavlja i sirovinu za izradu biorazgradivih folija za pakiranje koje bi potencijalno mogle zamijeniti plastiku čime bi se smanjila i upotreba vrlo toksičnih agenasa za umrežavanje.

Sušena kora avokada može se samljeti i u brašno koje se može dodavati u različite proizvode od brašna te time obogatiti njihov sastav. Primjer je istraživanje Olaoye i sur. (2019) koji su ispitali karakteristike kvalitete keksa proizvedenih iz mješavina pšeničnog brašna s dodatkom brašna kore avokada u određenim omjerima. Prema rezultatima, utvrdili su da keksi proizvedeni od pšeničnog brašna s dodatkom brašna kore avokada sadrže više vlakana i minerala u odnosu na kekse proizvedene od 100 % pšeničnog brašna te su od strane potrošača ocijenjeni pozitivno obzirom na okus, aromu, teksturu te izgled. Mineralni sastav ispitanih keksi prikazan je u tablici 4, pri čemu keks A predstavlja keks proizveden od 100 % pšeničnog brašna, keks D sadrži 95 % pšeničnog brašna i 10 % brašna od kore avokada te keks E sadrži 90 % pšeničnog brašna i 10 % brašna kore avokada. Iz rezultata je vidljivo da zamjenom dijela pšeničnog brašna s brašnom kore avokada dolazi do povećanja količine svih minerala (osim cinka) u pripremljenim keksima.

Tablica 4. Mineralni sastav keksi proizvedenih od različitih vrsta brašna (prema Olaoye i sur., 2019)

| MINERALI (mg/100 g) | Keks A | Keks D | Keks E |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| Kalij | 412,47 ± 1,92 | 458,29 ± 2,06 | 460,82 ± 2,25 |
| Kalcij | 30,48 ± 0,51 | 59,56 ± 0,24 | 65,26 ± 0,84 |
| Natrij | 1,89 ± 1,60 | 8,12 ± 1,26 | 8,56 ± 1,80 |
| Magnezij | 31,21 ± 0,16 | 39,13 ± 0,11 | 42,65 ± 0,18 |
| Cink | 4,38 ± 0,10 | 3,08 ± 0,12 | 3,26 ± 0,13 |
| Željezo | 2,10 ± 0,13 | 3,12 ± 0,12 | 3,19 ± 0,12 |

Brašno kore avokada, osim u kekse, može se dodavati i u druge proizvode. Zbog raširenog unosa proizvoda na bazi žitarica, brašno kore avokada može se koristiti u svrhu obogaćivanja pekarskih proizvoda, žitarica za doručak i različitih vrsta slastica.

2.2. Konzerviranje hrane sušenjem

Sušenje predstavlja jedan od najstarijih, a ujedno i najjeftinijih načina za produljenje trajnosti različitih namirnica te očuvanje njihove kvalitete. To je proces u kojem se uklanja većina vode iz hrane, odnosno smanjuje se aktivitet vode i enzimska aktivnost što onemogućuje/usporeva mikrobiološku aktivnost pa se samim time sprječava/usporeva kvarenje namirnice. Također, osušeni proizvodi imaju manju masu i volumen čime se olakšavaju procesi pakiranja, skladištenja i transporta, a ujedno i smanjuju troškove (Marelja i sur., 2020).

Jedan od najvažnijih faktora u procesu sušenja je temperatura koja ubrzava isparavanje vode iz namirnice, ali istovremeno može dovesti do gubitka hranjivih tvari i senzorskih promjena. Značajan faktor predstavlja i vlažnost zraka pa će proces sušenja biti učinkovitiji uz nisku vlažnost zraka u sušari budući da veća razlika u koncentraciji vlage u hrani i zraku potiče brže isparavanje. Nadalje, brzina protoka zraka u sušari poboljšava prijenos topline te posljedično ubrzava sam proces sušenja. Uz sve navedeno, također je bitno uzeti u obzir i veličinu namirnice jer manji komadi hrane imaju veću površinu izloženu zraku što ubrzava proces isparavanje vode iz namirnice.

Brzina sušenja nekog materijala definirana je prijenosom mase i prijenosom topline koji ovise o difuzivnosti vode i otopljenih tvari, toplinskoj vodljivosti i difuzivnosti, kao i o samim svojstvima namirnice. Na početku samog sušenja od značajne je važnosti međufazni prijenos između unutrašnjosti namirnice i njene površine pri čemu su temperatura, vlažnost zraka te brzina strujanja zraka najbitniji faktori te se na temelju ovih podataka definira koeficijent površinskog prijenosa topline (Karlović, 2013):

$$Q/An = h \cdot \Delta T \quad [1]$$

pri čemu je Q/An gustoća toplinskog toka (W/m^2), h predstavlja koeficijent površinskog prijenosa topline ($W/m^2 K$) a ΔT je razlika u temperaturi između medija kojim se provodi zagrijavanje i površine namirnice (K).

2.2.1. Vrste sušenja

Najstariji način sušenja je sušenje na suncu čije prednosti su jednostavnost procesa te neograničeni izvor energije, dok je najveći problem dugotrajnost samog procesa te moguće neželjene fizikalno-kemijske promjene i razvoj nepoželjnih organoleptičkih svojstva. Zbog toga ova metoda ima ograničenu primjenu te se uglavnom koriste neke od slijedećih procesa sušenja:

Konvekcijsko sušenje podrazumijeva sušenje namirnice u struji vrućeg zraka unutar komore za sušenje pri čemu se voda uklanja u obliku vodene pare. Najčešće korištena oprema uključuje komore, trake i tunele za sušenje. Konvekcijsko je sušenje učinkovitije od sušenja na suncu, obzirom da se radi o zatvorenoj atmosferi s reguliranim protokom zraka i temperaturom. Prednost ove vrste sušenja je i njena jednostavnost, međutim često je dugotrajna, što može izazvati različite nepovoljne fizikalne, kemijske i nutritivne promjene sastava namirnice. Stamenković i sur. (2019) proveli su istraživanje utjecaja konvekcijskog sušenja na nutritivnu kvalitetu osušenih kupina pri čemu je zabilježen gubitak 32 – 40 % ukupnih fenola, 3 – 25 % flavonoida te 44 – 60 % antocijanina u odnosu na svježe kupine (Stamenković i sur., 2019). Zbog toga se konvekcijsko sušenje kombinira s drugim metodama ili se provodi neki

predtretman namirnice kako bi se optimizirao proces sušenja. Od predtretmana mogu se koristiti ultrazvuk, osmotsko sušenje, vakuum sušenje, blanširanje, mikrovalovi te se može provesti i predtretman otopinom etanola ili kalcijevog klorida (Deng i sur., 2017; Lewicki i sur., 2002).

Osmotsko sušenje koristi se za djelomično uklanjanje vode iz bioloških tkiva uranjanjem u visoko koncentriranu osmotsku otopinu, a pogonska sila za transport vode iz tkiva u otopinu osigurava viši osmotski tlak visoko koncentrirane otopine (Radojčin i sur., 2021). Osmotskim sušenjem ne uklanja se sva vlaga iz namirnice stoga ju je potrebno dosušiti te se osmotsko sušenje najčešće koristi kao predtretman drugim metodama sušenja. Prethodna obrada voća osmotskim sušenjem povećava omjer šećera i kiseline, što je važno za voće s visokim sadržajem kiseline. Na ovaj način moguće je očuvati okus konačnog proizvoda, što je opisano u istraživanju kojeg su proveli Radojčin i sur. (2015) gdje su ispitivana fizikalna svojstva osušene dunje.

Sušenje mikrovalovima podrazumijeva generiranje topline uz pomoć mikrovalova. Mikrovalovi su elektromagnetski valovi koji podrazumijevaju sinkronizirane okomite oscilacije električnog i magnetskog polja na frekvenciji između 300 MHz i 300 GHz, s valnim duljinama od 1 mm do 1 m. Mikrovalovi prodiru u namirnicu te zagrijavaju vodu u namirnici čime se olakšava veća stopa difuzije i gradijent tlaka za uklanjanje vode iz unutrašnjosti materijala. Para se potom uklanja iz komore uz pomoć sustava ventilacije. Potrebno je pažljivo nadzirati proces sušenja kako bi se izbjeglo pregrijavanje ili prekomjerno sušenje hrane pri čemu važan parametar predstavlja snaga mikrovalova. Jedan od glavnih nedostataka mikrovalnog sušenja je mogućnost pregrijavanja duž rubova namirnice, što može dovesti do razvoja nepoželjnog okusa. To se događa zbog nemogućnosti preciznog kontroliranja temperature, dok kod konvekcijskog sušenja temperatura ne prelazi temperaturu vrućeg zraka. Kombinacija konvekcijskog sušenja i sušenja mikrovalovima predstavlja obećavajuću metodu kojom se mogu umanjiti negativni aspekti obje vrste sušenja (Radojčin i sur., 2021).

Sušenje smrzavanjem (engl. *freeze-drying*) ili liofilizacija je tehnika koja se primarno koristila za očuvanje toplinski osjetljivih bioloških materijala, a koji koristi princip sublimacije smrznute vode. Postupak se odvija se na niskoj temperaturi, gdje biološki aktivni spojevi ostaju očuvani u velikim količinama (Radojčin i sur., 2021). Hrana se najprije zamrzava pri temperaturama od -30 °C pri čemu se voda unutar namirnice pretvara u led te se u sljedećem koraku uz kontrolirano zagrijavanje i niski tlak prevodi izravno u plinovito stanje. Prednosti ove metode uključuju

očuvanje hranjivih sastojaka, okusa, boje i teksture sirovina. Međutim ovaj način sušenja zahtjeva i posebnu opremu koja predstavlja značajan trošak (Radojčin i sur., 2021).

Vakuom sušenje se odvija pri sniženim tlakovima čime se snižava temperatura vrelišta vode što pridonosi očuvanju toplinski osjetljivih nutritivnih sastojaka i senzorskih svojstava hrane, posebno boje (Marelja i sur., 2020). Temperature kod vakuum sušenja obično se kreću između 40 i 70 °C, dok tlakovi iznose između 5 i 25 kPa. Hrana se ravnomjerno raspoređuje u komoru koja je opremljena rešetkama ili pladnjevima te se uklanja zrak iz komore stvarajući niski tlak. To smanjenje tlaka omogućava snižavanje točke vrelišta vode, što ubrzava isparavanje vode iz hrane. Dijelovi vakuum sušare uključuju komoru za sušenje, nosače, grijače, kondenzator, vakuum pumpu i izvor topline.

Vakuumska pumpa bitna je komponenta sustava te je njezina uloga uklanjanje zraka i drugih plinova koji se ne mogu kondenzirati iz sustava (Šumić, 2014).

Vakuom sušenje rezultira visokom poroznošću materijala, a također će i koncentriranje tvari na površini materije biti puno niže nego kod ostalih tehnika sušenja, što posljedično omogućuje bolju rehidraciju namirnice. Nadalje, uklanjanjem zraka iz komore smanjuje se i volumen koncentracije kisika što podrazumijeva i nižu oksidaciju spojeva iz namirnice (Arevalo-Pinedo i sur., 2006).

U prehrambenoj industriji najčešće se koriste vakuum sušare s policama u kojima se nalaze grijači te se toplina prenosi na namirnicu uslijed kontakta sa zagrijanom policom (kondukcijski prijenos topline).

Sami uređaji mogu biti kontinuirani ili diskontinuirani, pri čemu diskontinuirane sušare uglavnom podrazumijevaju komoru, dok kontinuirani način rada uređaja uključuje tunele i trake. Glavni nedostatak vakuum sušenja bio bi cijena uređaja te kompleksnost upravljanja samim procesom koji zahtjeva dobro poznavanje termodinamičkih procesa te karakteristika same namirnice (Marelja i sur., 2020).

S ciljem dobivanja što kvalitetnije osušenog materijala, vrlo često se kombiniraju dvije ili više različitih metoda sušenja. Takav proces sušenja naziva se **hibridno sušenje**. Kod hibridnog sušenja cilj je iskoristiti prednosti svake pojedine metode sušenja. Kako je već prije spomenuto, nedostatak konvekcijskog sušenja je dugotrajnost samog procesa. Iz tog razloga često se kombinira s određenim predtretmanima namirnica ili drugim procesima sušenja.

U ovome radu korištena je tehnika konvekcijskog sušenja potpomognutog mikrovalovima koje postaje sve popularnije zbog značajno kraćeg vremena sušenja te poboljšane kvalitete osušenih namirnica. Glavni nedostaci konvekcijskog sušenja, osim već spomenutog dužeg vremena sušenja, je i stvaranje pokorice na površini namirnice zbog povišenih temperatura. Mikrovalovi to mogu ublažiti povećanjem stope difuzije i dostatnim opskrbljivanjem vlage na površini.

Značajno kraće vrijeme sušenja primjenom hibridnog sušenja zabilježeno je u istraživanju kojeg su proveli Sadeghi i sur. (2013) koji su u svom radu sušili ploške limuna na 50 °C pri čemu je konvekcijsko sušenje trajalo 1850 min, dok je konvekcijsko sušenje potpomognuto mikrovalovima (snagom mikrovalova 2,04 W/g) trajalo samo 44 min.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali

U ovom istraživanju sušena je kora avokada sorte Hass porijeklom iz Perua kupljenog kod OPG Šulog (Donja Bistra). Do provođenja procesa sušenja avokado je skladišten u tamnoj i hladnoj prostoriji.

3.1.1. Kemikalije

- 96 % etanol (Kemika, Hrvatska)
- Folin-Ciocalteu reagens (Merck, Njemačka)
- Natrijev karbonat (Kemika, Hrvatska)
- DPPH reagens (Sigma-Aldrich, SAD)
- Metanol (Kemika, Hrvatska)

3.1.2. Pribor i aparatura

- Laboratorijska vaga (Sartorius GP 4102, Libra elektronik, Hrvatska)
- Kondukcijska vakuum sušara VO200 PM200 (Memmert GmbH + Co. KG, Njemačka)
- Hibridna mikrovalno-konvekcijska sušara (Estherm, Hrvatska)
- Analizator teksture (Texture Analyser TA HDPlus, Stable Micro System, Velika Britanija)
- Ultrazvučna kupelj (Elmasonic P 300 H, Elma-Hans Schmidbauer GmbH & Co., Njemačka)
- Spektrofotometar (Genesys 180, Thermoscientific, SAD)
- Kolorimetar (Lovibond SV100, Ujedinjeno Kraljevstvo)
- Uređaj za centrifugiranje (Centric 250, Domel)
- Odmjerne tikvice volumena 50 mL, 100 ml
- Filtar papir
- Menzura volumena 250 mL
- Kivete
- Mikropipete
- Parafilm

3.2. Priprema uzorka za sušenje

Za sušenje su korišteni zreli i zdravi plodovi avokada Hass sorte kojima je prvo odstranjena sjemenka nakon čega je pulpa odvojena od kore. S kore su još dodatno uklonjeni ostaci pulpe pomoću špatule. Očišćena kora je potom izrezana na kockice približne širine 2 cm i duljine 4 cm, kao što je prikazano na slici 2. Za svako je pojedinačno sušenje pripremljeno oko 100 g kore.



Slika 2. Svježa kora pripremljena za sušenje (vlastita fotografija)

3.2.1. Procesi sušenja

Kora avokada sušena je u kondukcijskoj vakuum sušari (Memmert GmbH+Co. KG, Njemačka) te u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima (Estherm, Hrvatska).

Pri vakuum sušenju kora avokada jednakomjerno je raspoređena na police sušare. Sušenje je provedeno pri temperaturama 40, 50, 60, 70 i 80 °C i tlaku od 100 mbar. Kondukcijska vakuum sušara prikazana je na slici 3.



Slika 3. Kondukcijska vakuum sušara VO200 PM200 tvrtke Memmert (vlastita fotografija)

Kod konvekcijskog sušenja pripremljena kora avokada rasprostranjena je na policu konvekcijske sušare s integriranim magnetronom koji generira mikrovalove i vagom koja očitava promjenu mase uzorka tijekom vremena sušenja. Hibridna sušara je prikazana na slici 4. Prije početka sušenja kora avokada obrađena je mikrovalovima snage 600 W u trajanju 2 min. Uzorci su potom sušeni pri temperaturama 40, 50, 60, 70 i 80 °C uz protok zraka 1,45 m/s.



Slika 4. Hibridna mikrovalno-konvekcijska sušara (Estherm, Hrvatska)

Tijekom procesa sušenja u određenim vremenskim intervalima prati se i očitava promjena mase uzoraka (kod obje vrste sušenja).

3.3. Određivanje udjela suhe tvari

Za određivanje udjela suhe tvari u uzorcima u ovom radu korištena je metoda sušenja pri 105 °C do konstantne mase. Određivanje se provodi tako što se na analitičkoj vagi s točnošću +/- 0,0002 g izmjeri masa prazne aluminijske posudice s poklopcem, a nakon toga se u posudicu doda otprilike 2 g prethodno homogeniziranog uzorka te se zabilježi točna masa posudice i uzorka. U laboratorijski sušionik, zagrijan na 105 °C, stave se otkrivene posudice s uzorkom koje se potom suše oko 2 sata. Nakon toga, posudice se stavljaju u eksikator i nakon što se ohlade, izvažu. Posudice se zatim ponovno stavljaju u sušionik te se postupak ponavlja sve dok razlika između dva uzastopna vaganja nije manja od 0,001 g.

Ukupna suha tvar se računa pomoću sljedeće formule:

$$W_T(\%) = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \quad [2]$$

- W_T – udio ukupne suhe tvari (g na 100 g)
- m_0 - masa posudice s poklopcem (g)
- m_1 – masa iste posudice i poklopca s ispitivanim uzorkom prije sušenja (g)
- m_2 – masa iste posudice i poklopca s ostatkom nakon sušenja (g)

3.4. Određivanje parametara boje

Za mjerenje parametara boje koristi se na CIE Lab sustav koji predstavlja trodimenzionalni prostor boja temeljen na objektivnom vrednovanju boja pri čemu je boja definirana parametrima L^* , a^* i b^* koji opisuju koordinate boje u 3D prostoru. Parametar L^* označava svjetlinu i smješten je na vertikalnoj osi u rasponu od 0 do 100. U slučaju kada je parametar $L^* = 0$ radi se o crnoj boji, dok $L^* = 100$ predstavlja bijelu boju. Parametri a^* i b^* poznati su pod nazivom „indeksi boja“. Kada koordinata obojenja a^* teži $k + a$, prisutno je više crvene boje, a u slučaju kada koordinata obojenja a^* teži $k - a$, prisutno je više zelene boje. Nadalje, kada koordinata obojenja b^* teži prema $-b$, prisutno je više plave boje, a u slučaju da b^* teži prema $+b$, prisutno je više žute boje.

Mjerenje parametara boje provedeno je kolorimetrom (Lovibond SV100, Ujedinjeno Kraljevstvo) prije i nakon sušenja.

Promjene parametara boje uzoraka nakon sušenja računaju se u odnosu na svježi uzorak kore avokada pri čemu su korištene slijedeće formule:

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

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

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

Ukupna promjena boje (ΔE) u odnosu na kontrolni (svježi) uzorak računa se prema Euklidovoj udaljenosti između boja izražene kao L^* , a^* i b^* . Ukupna promjena boje računa se prema formuli:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad [3]$$

Tablica 5. Značenje razlike između ΔE vrijednosti i referentne vrijednosti (prema Xiao, 2008)

| UKUPNA PROMJENA BOJE (ΔE) | ZNAČENJE |
|-------------------------------------|---------------------|
| 0 - 0,5 | Razlike u tragovima |
| 0,5 - 1,5 | Mala razlika |
| 1,5 - 3,0 | Primjetna razlika |
| 3,0 - 6,0 | Značajna razlika |
| 6,0 - 12,0 | Velika razlika |
| > 12,0 | Vrlo velika razlika |

Ovisno o parametru ΔE (tablica 5) može se zaključiti koliko se neki uzorak razlikuje u boji od standardnog (referentnog uzorka) što je u ovom radu svježa kora avokada.

3.5. Određivanje teksturalnih svojstava

Osnovni princip određivanja teksturalnih svojstava se temelji na tlačenju ili rastezanju uzoraka sondom u kojoj su prisutni senzori koji očitavaju parametre potrebne za određivanje teksture.

Za analizu teksture korišten je analizator teksture TA-HD plus (Stable Micro Systems, Velika Britanija). Prije provođenja mjerenja, uređaj je kalibriran uz pomoć programa Exponent.

Postupak: osušeni uzorak smješta se na sredinu metalnog postolja. Brzina prodiranja sonde namještena je na 1 mm/s uz dubinu prodiranja od 15 mm. Računalo počinje zapisivati vrijednosti u trenutku kontakta sonde s uzorkom pri čemu sila koja je potrebna da bi započelo mjerenje iznosi 0,001 N.

Rezultati mjerenja teksture definirani su preko tri parametra: sile probijanja površine uzorka, odnosno tvrdoće (N), progiba površine uzorka prije probijanja, odnosno elastičnosti (mm) te rada potrebnog za probijanje površine (N mm). Tvrdoća predstavlja najveći pik na generiranom dijagramu te se očitava direktno, dok elastičnost predstavlja udaljenost od početka krivulje do vrijednosti maksimalne sile na apscisi. Rad se određuje obradom podataka u službenom softveru uređaja tako da se izračuna površina ispod krivulje ovisnosti sile probijanja o vremenu. Analiza teksture provedena je na svježem uzorku kore te svim osušenim uzorcima, a mjerenja su ponovljena tri puta za svaki uzorak.

3.6. Određivanje rehidrationskog omjera i koeficijenta rehidracije

Koeficijent rehidracije koristi se kao obilježje kvalitete osušenog proizvoda.

Postupak: Odvaži se 3 g uzorka osušene kore avokada prethodno usitnjene. U staklenoj čaši od 250 mL zagrije se 150 mL destilirane vode na 100 °C. Kada voda zavrije doda se izvagani uzorak koji se zagrijava uz povremeno miješanje staklenim štapićem 3 minute. Nakon toga se tekućina s uzorkom profiltrira kroz filter papir. Uzorak zaostao na filter papiru se izvaže zajedno s filter papirom nakon čega se oduzme masa prethodno izvaganog filter papira. Rehidrationski omjer izračuna se prema formuli:

$$\text{Rehidrationski omjer} = \frac{\text{masa rehidratiranog uzorka}}{\text{masa suhog uzorka}} \quad [4]$$

Koeficijent rehidracije izračunat je prema formuli :

$$\text{Koeficijent rehidracije} = \frac{\text{masa rehidratiranog uzorka}}{\text{početna masa svježeg uzorka}} \quad [5]$$

Nakon provedene rehidracije, rehidratiranim uzorcima je određena boja uz pomoć kolorimetra Lovibond SV100 na način kako je opisano u poglavlju 3.4.

3.7. Određivanje kapaciteta vezanja vode i ulja

Određivanje kapaciteta vezanja vode, odnosno vezanja ulja, provedeno je prema modificiranoj metodi koju su opisali Elkhalfa i sur. (2005), prema kojoj se određuje količina vode, odnosno ulja koja se veže za vlakna ispitivane namirnice nakon centrifugiranja.

Postupak: na analitičkoj vagi izvažuje se prazne kivete te se u nju stavi 1 g osušenog, prethodno usitnjenog uzorka. U kivetu s uzorkom potom se doda 10 mL destilirane vode, odnosno suncokretovog ulja. Kivete stoje 15 minuta na sobnoj temperaturi, a potom se stavljaju na centrifugiranje pri 4000 okretaja na 15 minuta. Nakon završetka centrifugiranja, supernatant se pažljivo ukloni te se postupak centrifugiranja ponovi. Supernatant se ponovno ukloni, a uzorak zajedno s kivetom izvažuje. Kapacitet vezanja vode, odnosno ulja dobije izračunom:

$$m(\text{uzorak} + \text{upijena voda/ ulje}) = m(\text{uzorak} + \text{kiveta}) - m(\text{kiveta}) \quad [6]$$

3.8. Određivanje nasipne gustoće

Nasipna gustoća uzoraka određivana je prema metodi koju su opisali Beristein i sur. (2001) te predstavlja jediničnu volumnu masu izmjerenu neposredno nakon punjenja praha u neki spremnik. Prahovi se mogu tretirati kao materijali s promjenjivom gustoćom te je kod analize praha potrebno je poznavati nasipnu gustoću koja predstavlja važan faktor u budućem pakiranju proizvoda.

Postupak: Odvažuje se 2 g usitnjenog uzorka kore avokada koji se potom stavlja u menzuru od 10 mL. Na menzuri se očita volumen koji je zauzeo uzorak te se iz točne mase i očitano volumena izračuna nasipna gustoća za svaki sušeni uzorak kore avokada.

3.9. Priprema uzorka za ekstrakciju fenolnih spojeva

Za određivanje ukupnih fenolnih spojeva te određivanje antioksidacijske aktivnosti DPPH metodom bilo je potrebno pripremiti ekstrakte svježe i osušene kore avokada. U Erlenmayerovu tikvicu s brušenim grlom od 100 mL odvagano je 1 g prethodno ustitnjenog uzorka kore avokada. U tikvicu je dodano 30 mL 50 % etanola te je sadržaj lagano promućkan. Nakon toga slijedi ekstrakcija u ultrazvučnoj kupelji (Elmasonic P 300 H, Elma-Hans Schmidbauer GmbH & Co., Njemačka) na frekvenciji 37 kHz i snazi 100 % te pri temperaturi 50 °C u trajanju od 30 minuta. Nakon ekstrakcije, uzorci su profiltrirani u odmjerne tikvice od 50 mL i nadopunjeni etanolom do oznake.

3.10. Određivanje ukupnih fenolnih spojeva

Ukupni fenolni spojevi određivani su pomoću Folin-Ciocalteu reagensa spektrometrijskom metodom koju su opisali Ough i Amerine (1988), s manjim modifikacijama. Folin-Ciocalteu reagens je smjesa fosforwolframove i fosfomolibdenske kiseline, a pri oksidaciji fenolnih tvari u blago alkalnim uvjetima ove kiseline se reduciraju u wolframov oksid i molbidenov oksid koji su plavo obojeni. Redukcija ovih kiselina, odnosno tvorba relativno stabilnog plavo obojenog kompleksa bit će intenzivnija što je prisutan veći broj hidroksilnih skupina ili oksidirajućih grupa u fenolnim spojevima. Mjeri se nastali intenzitet obojenja pri valnoj duljini 765 nm.

Postupak određivanja: u odmjernu tikvicu volumena 50 mL otpipetira se 0,5 mL ekstrakta (opisano u poglavlju 3.9.) te se doda 30 mL destilirane vode i 2,5 mL Folin-Ciocalteu reagensa. Sadržaj se promućka i ostavi stajati 5 minuta. Nakon toga pripremljenoj smjesi doda se 7,5 mL zasićene otopine natrijeva karbonata i tikvica se nadopuni destiliranom vodom do oznake i ostavi stajati 2 sata pri sobnoj temperaturi. Nakon 2 sata mjeri se apsorbancija pri 765 nm uz destiliranu vodu kao slijepu probu. Uzorci su razrijeđeni s otapalom u omjeru 1:1. Nakon izmjerenih apsorbancija pomoću baždarnog dijagrama izračuna se koncentracija ukupnih fenolnih spojeva u uzorcima koji se izražavaju kao ekvivalent galne kiseline.

Izrada baždarnog dijagrama

Za pripremu baždarnog dijagrama potrebno je odvagati 500 mg galne kiseline te ju otopiti u 96 % etanolu, nakon čega se tikvica od 100 ml nadopuni do oznake. Od pripremljene otopine galne kiseline rade se razrjeđenja u odmjernim tikvicama od 100 ml te se dodaje 0,1, 2, 3,4,5 i 10 mL alikvota standarda. Tikvice se nadopune do oznake destiliranom vodom. Koncentracije galne kiseline iznose 0, 50, 100, 150, 250 i 500 mg/L. Postupak određivanja apsorbancije isti je kao što je prethodno opisano.

Iz izmjerenih vrijednosti apsorbancija izrađen je baždarni pravac pomoću programa Microsoft Excel pri čemu su na apscisi nanosene koncentracije galne kiseline (mg/L), a na ordinati izmjerene vrijednosti apsorbancije pri 765 nm.

Jednadžba pravca iz kojeg se izračuna koncentracija ukupnih fenola glasi:

$$y = 0,0012x + 0,0097, R^2 = 0,9993 \quad [7]$$

gdje je:

y – apsorbancija pri 765 nm,

x – koncentracija galne kiseline (mg/L).

3.11. Određivanje antioksidacijske aktivnosti DPPH metodom

Za određivanje antioksidacijske aktivnosti koristi se stabilni 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal. DPPH je stabilan slobodni radikal zahvaljujući svojstvu delokalizacije slobodnog elektrona, zbog kojeg molekula ne dimerizira. DPPH radikal zbog nesparenog elektrona postiže apsorpcijski maksimum u vidljivom dijelu spektra (517 nm) i ljubičaste je boje. Promjena ljubičaste boje u žutu posljedica je sparivanja nesparenog elektrona DPPH radikala s vodikom antioksidansa, stvarajući reducirani oblik DPPH-H. Promjena boje je u stehiometrijskom odnosu s brojem sparenih elektrona (Brand Williams i sur., 1995).

Postupak: u epruvetu se otpipetira 2 mL ekstrakta, 2 mL metanola te 1 mL 0,5 mM otopine DPPH. U drugu epruvetu koja predstavlja kontrolni uzorak, otpipetira se 4 mL metanola i 1 mL 0,5 mM otopine DPPH. Sadržaj epruvete se kratko vorteksira te se ostave na mračnom mjesto točno 20 minuta nakon čega se mjeri apsorbancija na 517 nm uz metanol kao slijepu probu. Određivanje antioksidacijske aktivnosti ponovljeno je tri puta.

Antioksidacijska aktivnost uzoraka računa se prema slijedećoj formuli :

$$S = 100 - (A_x/A_0 \times 100) \quad [8]$$

Pri čemu je S – antioksidacijska aktivnost (%)

A_x – apsorbancija uzorka

A_0 – apsorbancija kontrolnog uzorka

3.12. Statistička obrada podataka

Eksperimentalno dobiveni podatci analiza uzoraka obrađeni su pomoću programa MS Excel pri čemu je korištena ANOVA analiza varijanci kako bi se testirale razlike između grupa u odnosu na različite parametre. Analiza je provedena na razini $p = 0,05$.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je odrediti optimalne parametre sušenja kore avokada u kondukcijskoj vakuum sušari i konvekcijskoj sušari s mikrovalovima obzirom na brzinu sušenja, koncentraciju ukupnih polifenola, antioksidacijsku aktivnost, ukupnu promjenu boje, teksturu, sposobnost rehidracije, kapacitet zadržavanja vode/ulja te nasipnu gustoću. Dobiveni rezultati prikazani su tablicama i grafovima. Krivulje promjene mase u ovisnosti o vremenu sušenja tijekom dva procesa sušenja su prikazane na slikama 5 i 6. Udio suhe tvari u svježem uzorku i osušenim uzorcima kore avokada prikazan je u tablici 6. Vrijednosti parametara boje određene su na svježim, osušenim i rehidratiranim uzorcima kore avokada. Instrumentalno mjerenje parametara boje određeno je pomoću kolorimetra, a promjene boje tj. ΔE vrijednosti osušene kore avokada prikazane su u tablicama 8 i 9 te na slici 7, dok su promjene boje rehidratiranih uzoraka kore prikazane u tablicama 11 i 12 te na slici 8. Analize varijanci parametara boje između svježih i osušenih uzoraka kore, odnosno svježih i rehidratiranih uzoraka kore avokada prikazani su u tablicama 7 i 10. Promjena boje osušenih uzoraka kore avokada prikazana je i pomoću digitalnih fotografija na slikama 9 i 10. Analiza teksture uzoraka kore avokada provedena je na uređaju za analizu teksture, a rezultati su obrađeni u programu dostavljenom od strane proizvođača uređaja i prikazani pomoću analiza za 3 glavna čimbenika: tvrdoća (N), elastičnost (mm) i rad (Nmm). Dobivene vrijednosti parametara teksture prikazani su pomoću MS Excela u tablici 14. Analiza varijanci parametara teksture između svježeg i osušenih uzoraka kore avokada prikazani su u tablici 13. Rezultati određivanja rehidracijskog omjera i koeficijenta rehidracije su prikazani grafički na slikama 11 i 12. Rezultati određivanja kapaciteta vezanja vode, odnosno ulja prikazani su na slikama 13 i 14. Rezultati određivanja nasipne gustoće za obje vrste sušenja prikazani su na slici 15. Udio ukupnih polifenola određivan je spektrometrijski. Rezultati su prikazani grafički za obje vrste sušenja na slici 16 i izraženi kao mg galne kiseline/g suhe tvari pri čemu je statistička obrada podataka prikazana u tablici 15. Rezultati određivanja antioksidacijske aktivnosti DPPH metodom su prikazani grafički na slici 17.

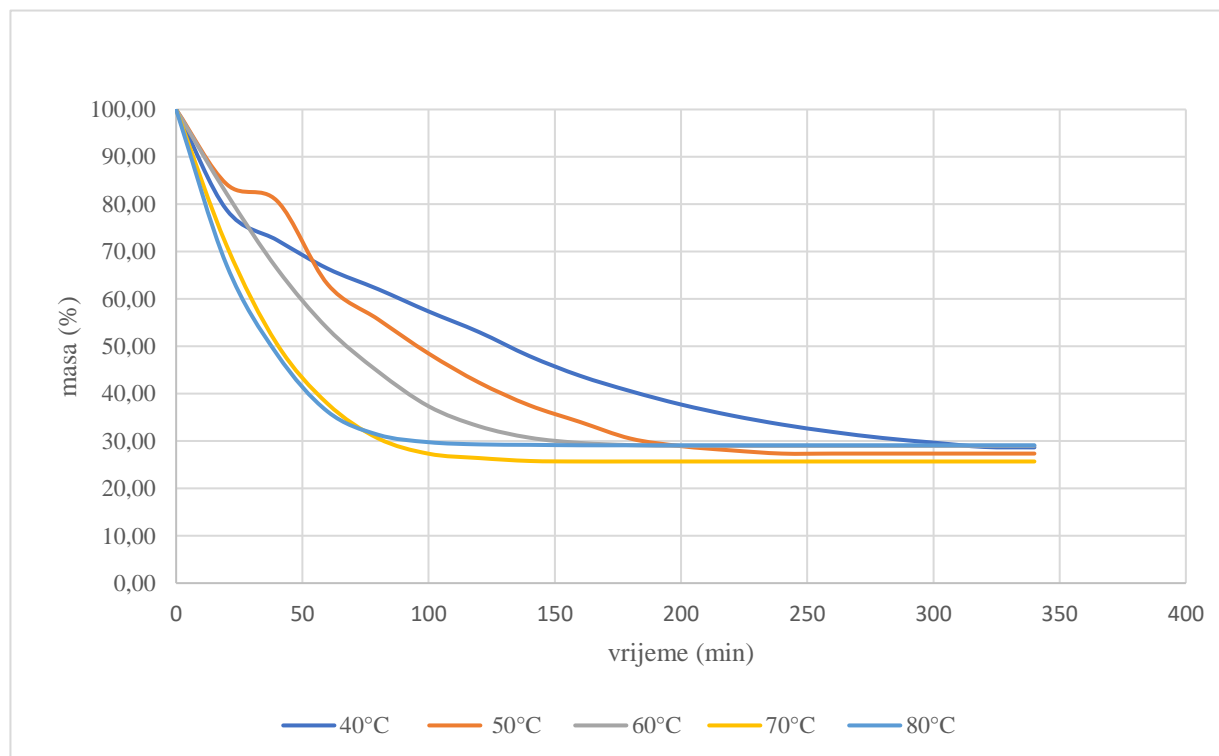
4.1. Određivanje brzine sušenja

Kora avokada sušena je u vakuum sušari i konvekcijskoj sušari uz primjenu mikrovalova. Sušenja su provedena pri 5 različitih temperatura (40 °C, 50 °C, 60 °C, 70°C i 80 °C) do postizanja konstantne mase za sve uzorke.

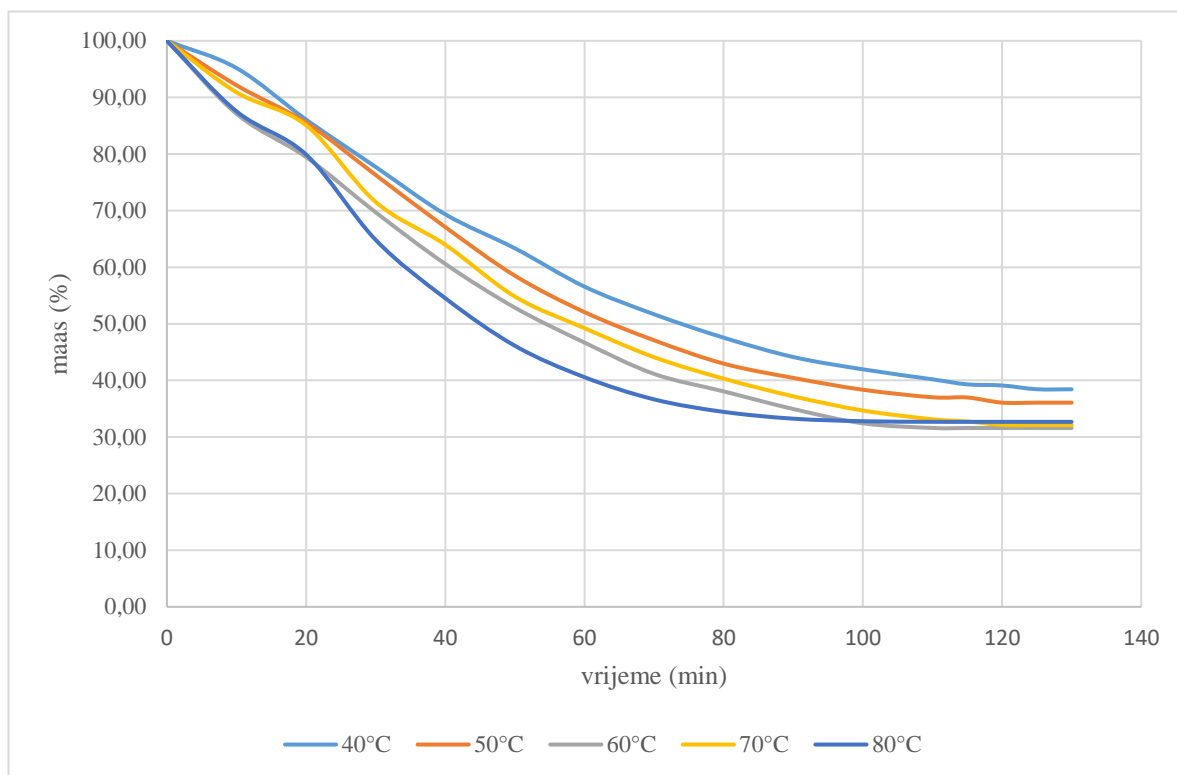
Na slikama 5 i 6 prikazane su krivulje promjene mase u vremenu sušenja u vakuum sušari i hibridnoj sušari odnosno konvekcijskoj sušari s mikrovalovima. Iz krivulja se može zaključiti da se kora avokada sušena konvekcijskim sušenjem potpomognutim mikrovalovima (hibridno sušenje) sušila kraće nego u vakuum sušenjem pri tlaku 100 mbar. Kod obje vrste sušenja, sušenje je najdulje trajalo pri najnižoj temperaturi (40 °C), a najkraće pri najvišoj (80 °C).

Promatrajući krivulje sušenja (slika 4 i slika 5) kore avokada u vakuum sušari, zbog većeg nagiba krivulja sušenja u ranijoj fazi sušenja vidljivo je da je proces u tim ranijim fazama brži. U ovom periodu sušenja isparava voda iz površinskih dijelova kore, nakon čega slijedi sporiji period sušenja kada isparava preostala voda iz dubljih slojeva kore.

Kod hibridnog sušenja krivulja ujednačeno pada, a vrijeme sušenja je puno kraće pa se može zaključiti kako je tretman mikrovalovima doprinio značajnom smanjenju vremena procesa sušenja.



Slika 5. Krivulja promjene mase u vremenu sušenja u vakuum sušari



Slika 6. Krivulja promjene mase u vremenu sušenja u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima

4.2. Rezultati određivanja suhe tvari

Udio suhe tvari u svježem uzorku i osušenim uzorcima kore avokada određen je sušenjem u sušioniku do konstantne mase pri 105 °C, a rezultati su prikazani u tablici 6.

Iz prikazanih rezultata može se uočiti da je udio suhe tvari viši kod uzoraka sušenih u vakuum sušari pri temperaturama od 50, 60 i 70 °C, dok je pri temperaturama od 40 i 80 °C udio suhe tvari viši za uzorke kore avokada sušene u konvekcijskoj sušari uz primjenu mikrovalova.

Udio suhe tvari u uzorcima kore avokada sušenim u vakuum sušari kreće se od 91,51 – 97,25 %, a u uzorcima sušenim u konvekcijskoj sušari uz primjenu mikrovalova od 90,15 – 96,93 %.

Tablica 6. Rezultati određivanja suhe tvari

| Vrsta sušenja | Uzorak | Suha tvar (%) |
|--------------------------------------|---------------------|---------------|
| | Svježa kora avokada | 26,69 |
| Vakuum sušenje | 40 °C | 91,51 |
| | 50 °C | 95,18 |
| | 60 °C | 94,75 |
| | 70 °C | 97,25 |
| | 80 °C | 95,83 |
| Konvekcijsko sušenje s mikrovalovima | 40 °C | 94,37 |
| | 50 °C | 94,17 |
| | 60 °C | 90,15 |
| | 70 °C | 94,1 |
| | 80 °C | 96,93 |

4.3. Rezultati određivanja parametara boje

Boja predstavlja važan faktor za evaluaciju kvalitete osušenog proizvoda.

Parametri boje (L^* , a^* i b^*) svježeg i sušenih uzoraka izmjereni su pomoću kolorimetra pri čemu je za svaki uzorak napravljeno 5 mjerenja te je izračunata srednja vrijednost za svaki parametar boje. Na temelju izmjerenih parametara boje izračunata je ukupna promjena boje sušenih uzoraka kore avokada u odnosu na svježu koru avokada koja služi kao standard. Nadalje, izmjereni su parametri boje te je izračunata i ukupna promjena boje sušenih uzoraka nakon rehidracije. U tablici 7 prikazane su analize varijanci parametara boje svježeg i osušenih uzoraka kore avokada te se može zaključiti kako nije došlo do statistički značajne razlike između svježeg i osušenih uzoraka kore avokada, neovisno o vrsti sušenja ($p > 0,05$). U tablici 8 prikazani su rezultati mjerenja parametara boje uz standardne devijacije te ukupne promjene (ΔE) boje u odnosu na svježi uzorak kore avokada nakon provedenog sušenja u vakuum sušari.

Tablica 7. Rezultati analize varijanci parametara boje svježeg i osušenih uzoraka kore avokada

| Vrsta sušenja | P vrijednost | F | F crit |
|---|--------------|----------------|-------------|
| Vakuum sušenje | 0.9959168675 | 0.06848162317 | 3.105875236 |
| Konvekcijsko sušenje s mikrovalovima | 0.9999680134 | 0.009283099559 | 3.105875236 |

Tablica 8. Parametri boje i ukupne promjene boje (ΔE) uzoraka sušenih u vakuum sušari

| | Svježa kora avokada | 40° C | 50° C | 60° C | 70° C | 80° C |
|------------------------------|------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| L* | 20,58 ± 2,63 | 19,06 ± 3,68 | 15,14 ± 3,94 | 18,4 ± 4,29 | 12,64 ± 1,94 | 11,84 ± 4,31 |
| a* | 2,91 ± 1,37 | 2,68 ± 1,26 | 2,22 ± 0,38 | 1,62 ± 1,12 | 2 ± 0,58 | 2,42 ± 0,34 |
| b* | 1,58 ± 1,36 | 3,26 ± 1,91 | 3,88 ± 0,86 | 5,22 ± 1,76 | 3,9 ± 3,35 | 2,76 ± 0,66 |
| ΔE | - | 2,28 | 5,95 | 4,43 | 8,32 | 8,83 |

Prema prikazanim rezultatima, vidljivo je kako je najveća ukupna promjena boje kod uzoraka sušenih pri temperaturi od 80 °C, dok je najmanja ukupna promjena boje zabilježena pri temperaturi od 40 °C.

Porast L* vrijednosti znači da se povećava svjetlina uzorka, pri čemu je najsvjetliji uzorak kore onaj osušen pri 40 °C. Porastom temperature sušenja, sušena kora avokada je tamnija. Ovi su rezultati u skladu s istraživanjem koje su proveli Chuyen i sur. (2016). U navedenom istraživanju autori su istraživali utjecaj različitih vrsta sušenja na fizikalno-kemijska svojstva kore voća Gac pri čemu je kora sušena u vakuum sušari pri temperaturama od 50, 60, 70 i 80 °C te je zabilježeno smanjenje L* vrijednosti povećanjem temperature. Autori to objašnjavaju neenzimatskim reakcijama posmeđivanja koje se događaju pri visokim temperaturama. Porast L* vrijednosti povećanjem temperature sušenja kumkvata u vakuum sušari na 70 i 80 °C pri tlaku od 100 mbar zabilježen je i u istraživanju koje su proveli Ozcan-Sinir i sur. (2019).

Porast a* vrijednosti označava da je na crveno-zelenoj osi boja pomaknuta prema crvenoj strani te je u uzorku kore sušenom pri 40 °C prisutno najviše crvene boje, dok je najviše zelene prisutno u uzorku kore osušene pri 60 °C.

Porast b* vrijednosti označava da na plavo-žutoj osi boja teži prema žutoj, pri čemu najveću b*

vrijednost ima uzorak kore sušen pri 60 °C te sadrži najviše žute boje, dok je najviše plave boje prisutno u kori sušenoj na 80 °C.

Tablica 9. Parametri boje i ukupne promjene boje (ΔE) uzoraka sušenih u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima

| | Svježa kora avokada | 40°C | 50°C | 60°C | 70°C | 80°C |
|------------------------------|----------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| L* | 20,58 ± 2,63 | 16,04 ± 5,94 | 20,06 ± 3,20 | 18 ± 3,49 | 19,3 ± 4,84 | 19,7 ± 2,45 |
| a* | 2,91 ± 1,37 | 2,84 ± 0,57 | 2,64 ± 1,18 | 4,74 ± 0,86 | 3,02 ± 1,22 | 2,7 ± 0,57 |
| b* | 1,58 ± 1,36 | 2,7 ± 2,59 | 2,66 ± 1,27 | 2,12 ± 1,21 | 2,84 ± 2,89 | 0,84 ± 0,79 |
| ΔE | - | 4,68 | 1,23 | 3,21 | 1,8 | 1,17 |

Prema rezultatima prikazanim u tablici 9, vidljivo je da je kod hibridnog sušenja do najveće ukupne promjene boje došlo prilikom sušenja na 40 °C, dok je najniža ukupna promjena boje zabilježena na 80 °C. Ovi rezultati su u skladu s istraživanjem autora İzli i sur. (2022) koji su također zabilježili najnižu ukupnu promjenu boje za prah bundeve sušen pri najvišoj temperaturi koja je iznosila 80 °C, uz snagu mikrovalova 200 W u odnosu na druge vrste sušenja.

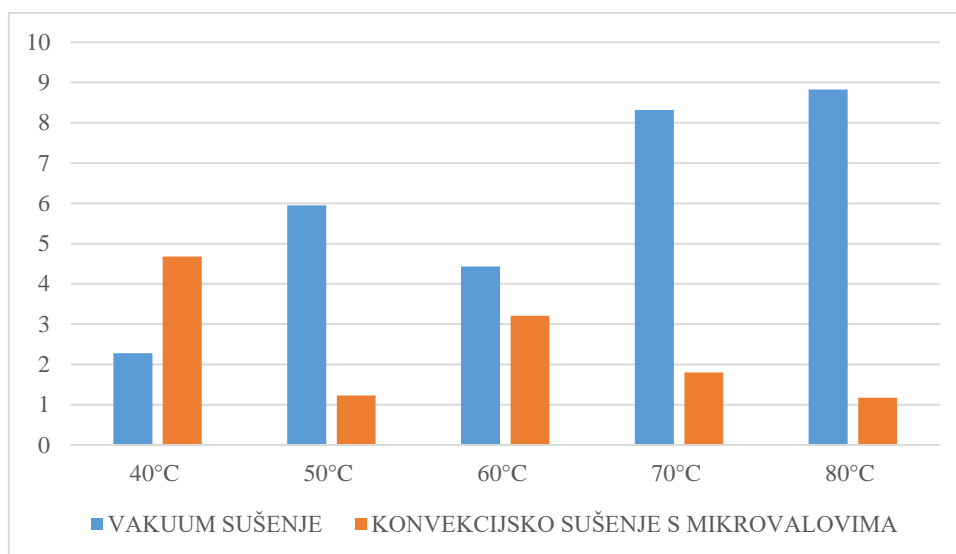
Promatrajući rezultate parametara boje L*, vidljivo je kako je uzorak osušen pri 50 °C najsvjetliji a istovremeno ima i najnižu vrijednost parametra boje a*, što znači da je prisutno najviše zelene boje. Ovi rezultati u skladu su s istraživanjem autora Yildiz i İzli (2018). U navedenom istraživanju, grejpfrut je sušen u mikrovalnoj pećnici uz jačinu mikrovalova od 90 i 160 W te kombinacijom mikrovalova jačine 90 i 160 W i konvekcijskog sušenja pri temperaturama od 55, 65 i 75 °C. Najviša vrijednost parametra boje L* te ujedno najniža vrijednost parametra boje a* zabilježena je za uzorak sušen pri temperaturi od 55 °C uz jačinu mikrovalova od 160 W.

Najvišu vrijednost parametra boje b* ima uzorak osušen na 70 °C, što znači da je kod njega prisutno najviše žute boje, dok najnižu vrijednost ima uzorak kore osušen na 80 °C te je kod njega prisutno najviše plave boje.

Prema rezultatima prikazanim na slici 7, može se zaključiti da je do veće ukupne promjene boje došlo sušenjem u vakuum sušari, uz iznimku sušenja pri 40 °C gdje je kod sušenja u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima (hibridnog) uočena veća promjena. Također, sušenjem u vakuum sušari uzorci su tamniji od uzoraka sušenih u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima.

Prema istraživanju koje su proveli autori Mierzwa i Kowalski (2016) prosječni promatrač nije u

stanju primijetiti razliku između boja ako je ΔE^* vrijednost manja od 4.



Slika 7. Ukupna promjena boje kore avokada nakon sušenja

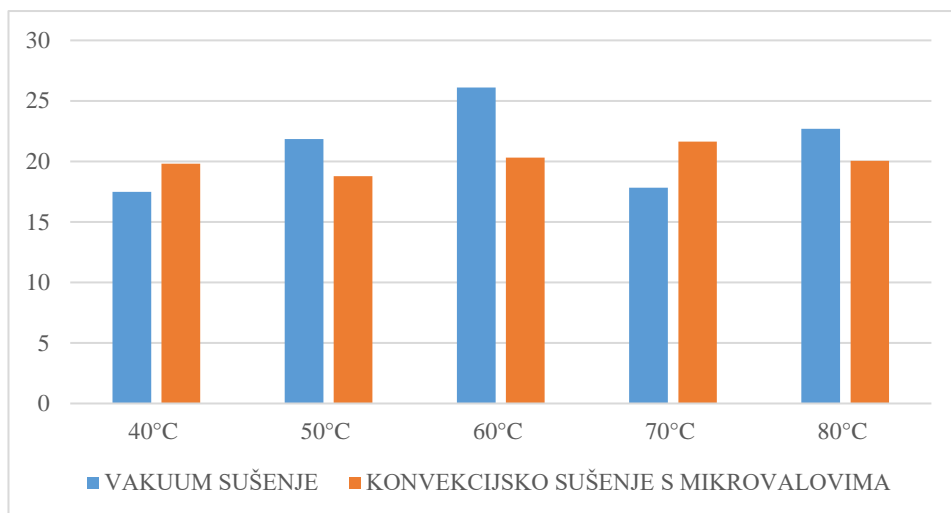
4.3.1. Rezultati određivanja parametara boje i ukupne promjene boje rehidratiranih uzoraka

Parametri boje rehidratiranih uzoraka određivani su kolorimetrom nakon postupka provođenja rehidratacije uzoraka kao što je opisano u poglavlju 3.6. Ukupna promjena boje kore računa se u odnosu na svježi uzorak. Iz rezultata analize varijanci parametara boje svježeg i rehidratiranih uzoraka kore avokada prikazanih u tablici 10, vidljivo je kako nema statistički značajne razlike, neovisno o provedenoj vrsti sušenja ($p > 0,05$). Rezultati ukupne promjene boje prikazani su na slici 8 te se može zaključiti kako je promjena boje uzoraka sušenih u vakuumu veća pri temperaturama sušenja od 50, 60 i 80 °C, dok je promjena boje veća za uzorke koji su osušeni konvekcijski s mikrovalovima pri temperaturama sušenja od 40 i 70 °C.

Najmanja promjena boje zabilježena je pri 40 °C za vakuum sušenje.

Tablica 10. Rezultati analize varijanci parametara boje svježeg i rehidratiranih uzoraka kore avokada

| Vrsta sušenja | P vrijednost | F | F crit |
|--------------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Vakuum sušenje | 0.4127288822 | 1.093364874 | 3.105875236 |
| Konvekcijsko sušenje s mikrovalovima | 0.8350689721 | 0.4067969978 | 3.105875236 |



Slika 8. Ukupna promjena boje rehidratiranih uzoraka

Tablica 11. Rezultati promjene boje rehidratiranih uzoraka sušenih u vakuum sušari

| | Standard | 40°C | 50°C | 60°C | 70°C | 80°C |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| L* | 20,58 ± 2,63 | 24,86 ± 2,19 | 29,6 ± 4,18 | 31,64 ± 3,19 | 24,52 ± 3,15 | 28,64 ± 3,35 |
| a* | 2,91 ± 1,37 | 4,98 ± 0,81 | 4,28 ± 0,64 | 5,7 ± 1,39 | 3,76 ± 1,46 | 4,66 ± 0,92 |
| b* | 1,58 ± 1,36 | 18,42 ± 2,74 | 21,42 ± 2,43 | 25,06 ± 1,87 | 18,94 ± 3,81 | 22,72 ± 2,03 |
| ΔE | - | 17,49 | 21,84 | 26,1 | 17,82 | 22,69 |

Promatrajući rezultate uzoraka kore sušenih u vakuum sušari prikazanih u tablici 11, može se uočiti kako je najmanja ukupna promjena boje nakon rehidracije sušenih uzoraka zabilježena za uzorak sušen pri temperaturi od 40 °C. Također, kod istog uzorka prisutno je i najviše plave boje jer je vrijednost parametra b* najniža u odnosu na ostale uzorke. Najveća promjena boje uočena je za uzorak osušen pri 60 °C, pri čemu je ovaj uzorak najsvjetliji.

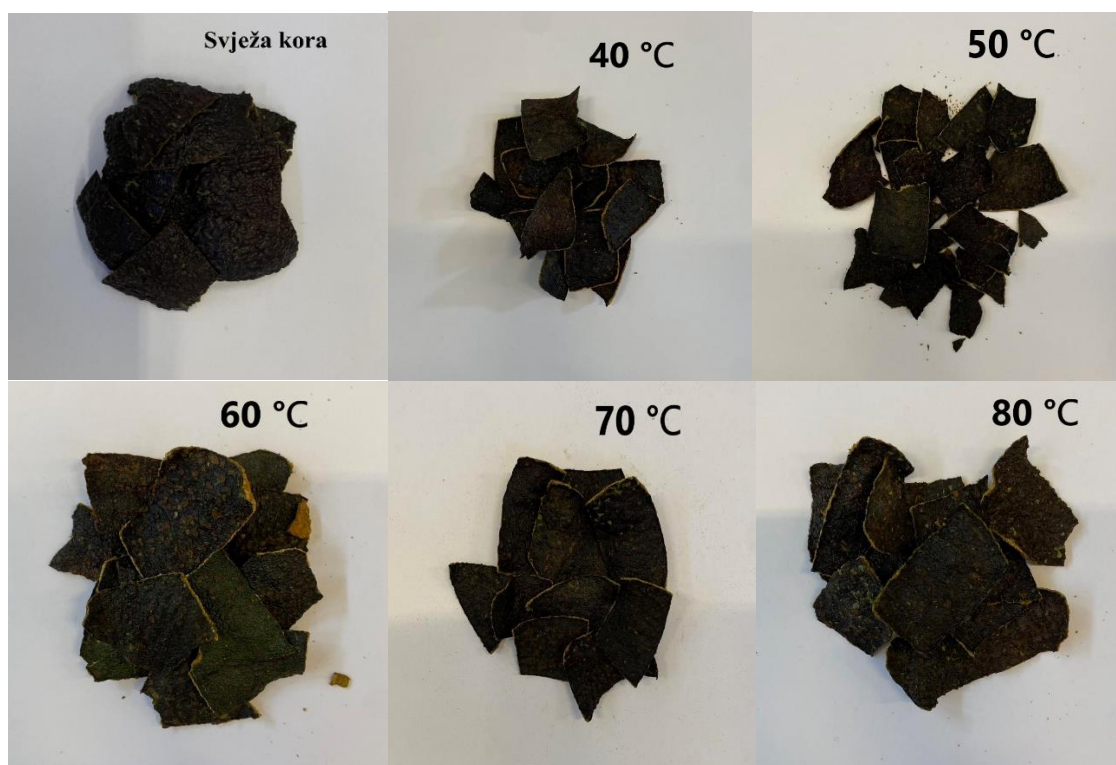
Tablica 12. Rezultati promjene boje rehidratiranih uzoraka sušenih u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima

| | Standard | 40°C | 50°C | 60°C | 70°C | 80°C |
|-----------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| L* | 20,58 ± 2,63 | 29 ± 7,87 | 27,28 ± 2,56 | 28,62 ± 2,62 | 29,66 ± 3,69 | 29,06 ± 2,79 |
| a* | 2,91 ± 1,37 | 6,68 ± 1,79 | 6,14 ± 0,74 | 7,18 ± 1,22 | 6,32 ± 2,72 | 5,44 ± 1,79 |
| b* | 1,58 ± 1,36 | 20,7 ± 7,66 | 18,84 ± 2,21 | 19,74 ± 2,31 | 20,92 ± 3,39 | 19,56 ± 3,24 |
| ΔE | - | 19,81 | 18,79 | 20,31 | 21,64 | 20,04 |

Prema rezultatima prikazanim u tablici 12, vidljivo je kako nakon rehidracije najveću promjenu boje ima uzorak sušen pri 70 °C konvekcijskim sušenjem s primjenom mikrovalova, dok je najmanja ukupna promjena boje nakon rehidracije zabilježena pri 50 °C, što znači da je taj uzorak najbliži svježem uzorku.

4.3.2. Fotografije sušenih kora avokada

Manja ukupna promjena boje osušenih uzoraka kore avokada zabilježena je za uzorke kore sušene u hibridnoj sušari, što se donekle može primjetiti iz slika 9 i 10. Posebno je uočljiva prisutnost zelene boje kod uzorka sušenog u vakuum sušari pri 60 °C, što je u skladu s dobivenim rezultatima prikazanim u tablici 8.



Slika 9. Fotografije svježe kore avokada i kore avokada sušene u vakuumu pri različitim temperaturama (vlastite fotografije)



Slika 10. Fotografije svježe kore avokada i kore avokada sušene u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima pri različitim temperaturama (vlastite fotografije)

4.4. Rezultati određivanja teksturalnih svojstava

Tekstura osušenog proizvoda predstavlja jedno od osnovnih organoleptičkih svojstava kojima se vode potrošači prilikom izbora proizvoda.

Rezultati teksture prikazani su preko tri parametra i izraženi kao tvrdoća, elastičnost i rad probijanja površine uzorka (rad koji je potreban za zagriz). U tablici 13 prikazane su analize varijanci između svježeg i osušenih uzoraka kore avokada te se na temelju rezultata može zaključiti kako nije došlo do statistički značajne razlike između svježeg i osušenih uzoraka kore avokada ($p > 0,05$).

Promatrajući rezultate prikazane u tablici 14, vidljivo je da uzorci kore sušeni u hibridnoj sušari pokazuju veću tvrdoću u odnosu na uzorke sušene u vakuum sušari, s iznimkom uzoraka sušenih na 80 °C te istovremeno pokazuju i manju elastičnost, također uz iznimku kore sušene na 80 °C.

Tablica 13. Rezultati analize varijanci parametara teksture između svježeg i osušenih uzoraka

| Vrsta sušenja | P vrijednost | F | F crit |
|--------------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Vakuum sušenje | 0.638525018 | 0.6930556681 | 3.105875236 |
| Konvekcijsko sušenje s mikrovalovima | 0.9644059591 | 0.1811440558 | 3.105875236 |

Tablica 14. Rezultati analize teksturalnih svojstava kore

| UZORAK | VRSTA SUŠENJA | TVRDOĆA [N] | ELASTIČNOST [mm] | RAD PROBIJANJA POVRŠINE [Nmm] |
|---------------|--------------------------------------|----------------|------------------|-------------------------------|
| Svježi uzorak | - | 8,407 ± 1,676 | 2,536 ± 0,289 | 12,026 ± 3,558 |
| 40 °C | VAKUUM SUŠENJE | 8,305 ± 2,317 | 2,719 ± 1,287 | 10,646 ± 4,757 |
| | KONVEKCIJSKO SUŠENJE S MIKROVALOVIMA | 12,537 ± 2,924 | 0,854 ± 0,282 | 4,934 ± 1,118 |
| 50 °C | VAKUUM SUŠENJE | 6,175 ± 1,214 | 1,68 ± 0,967 | 5,437 ± 3,013 |
| | KONVEKCIJSKO SUŠENJE S MIKROVALOVIMA | 14,313 ± 5,668 | 0,414 ± 0,107 | 2,885 ± 1,402 |
| 60 °C | VAKUUM SUŠENJE | 5,751 ± 2,027 | 1,206 ± 0,151 | 2,929 ± 1,054 |
| | KONVEKCIJSKO SUŠENJE S MIKROVALOVIMA | 9,717 ± 1,857 | 0,743 ± 0,176 | 3,223 ± 0,377 |
| 70 °C | VAKUUM SUŠENJE | 6,377 ± 2,008 | 1,409 ± 1,060 | 4,265 ± 3,276 |
| | KONVEKCIJSKO SUŠENJE S MIKROVALOVIMA | 9,493 ± 4,437 | 0,802 ± 0,342 | 4,005 ± 3,365 |
| 80 °C | VAKUUM SUŠENJE | 10,499 ± 6,563 | 0,765 ± 0,409 | 3,129 ± 0,904 |
| | KONVEKCIJSKO SUŠENJE S MIKROVALOVIMA | 8,023 ± 1,016 | 0,8 ± 0,541 | 3,613 ± 3,076 |

Povećana tvrdoća koja nastaje kao posljedica uklanjanja vode indirektno znači i veću hrskavost proizvoda što može doprinijeti boljim organoleptički svojstvima proizvoda i pospješiti njegovu prihvaćenost od strane potrošača (Brnčić i sur., 2010).

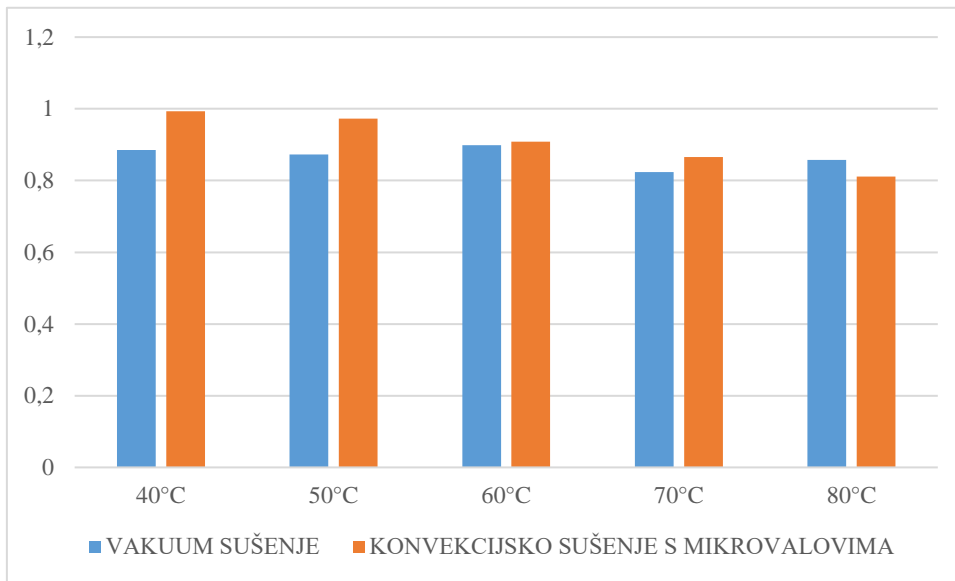
Najveću tvrdoću pokazuje kora sušena u hibridnoj sušari na 50 °C, dok je najmanja tvrdoća zabilježena za uzorak sušen u vakuum sušari na 60 °C. Najveću elastičnost pokazuje uzorak kore avokada sušen u vakuum sušari pri 40 °C, kao i najveći rad probijanja površine uzorka, a najmanji je rad potreban za uzorak kore sušen u hibridnoj sušari na 50 °C.

4.5. Rezultati određivanja rehidrationskog omjera i koeficijenta rehidratacije

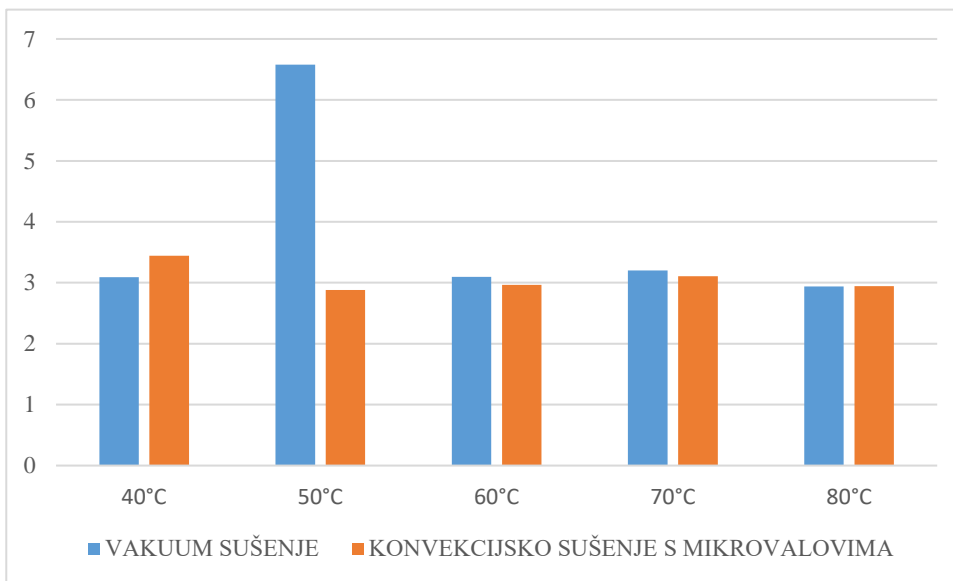
Značajke rehidratacije osušenog proizvoda tretiraju se kao indeks kvalitete i ukazuju na fizikalne i kemijske promjene tijekom sušenja. Analizom koeficijenata rehidratacije svježi uzorak uspoređuje se s rehidratiranim, dok se kod rehidrationskih omjera promatraju rehidratirani i osušeni uzorak kore.

Koeficijenti rehidratacije viši su za uzorke sušene u hibridnoj sušari, uz iznimku uzorka kore sušenog pri 80 °C gdje je koeficijent rehidratacije viši za uzorak osušen u vakuum sušari, što je vidljivo na slici 11. Koeficijent rehidratacije za uzorke sušene u hibridnoj sušari najviši je pri temperaturi od 40 °C te se smanjuje s povišenjem temperature za svaki uzorak.

Promatrajući rezultate rehidrationskih omjera prikazanih na slici 12, vidljivo je kako se uzorak osušen u vakuum sušari pri 50 °C najbolje rehidratirao. Rehidrationski omjeri veći su za uzorke sušene na 50, 60 i 70 °C u vakuum sušari, dok pri 80 °C nije uočena značajna razlika u ovim vrijednostima. Slični rezultati zabilježeni su u istraživanju koje su proveli Balzarini i sur. (2018). U navedenom istraživanju autori su ispitivali utjecaj sušenja vrućim zrakom, odnosno vakuum sušenja na fizikalno-kemijska svojstva korijena cikoriije. Rehidrationski omjeri viši su za uzorke sušene u vakuum sušari, što se može pripisati nastanku poroznije strukture i manjeg skupljanja sušenog materijala. Nadalje, uočeno je kako se primjenom viših temperatura sušenja, protoka zraka i tlaka smanjuje rehidratacija suhih uzoraka jer osušeni uzorci apsorbiraju manje vode zbog jačeg površinskog otvrdnjavanja.



Slika 11. Vrijednosti koeficijenata rehidracije obzirom na vrstu sušenja



Slika 12. Vrijednosti rehidracijskih omjera obzirom na vrstu sušenja

4.6. Rezultati određivanja kapaciteta vezanja vode i ulja

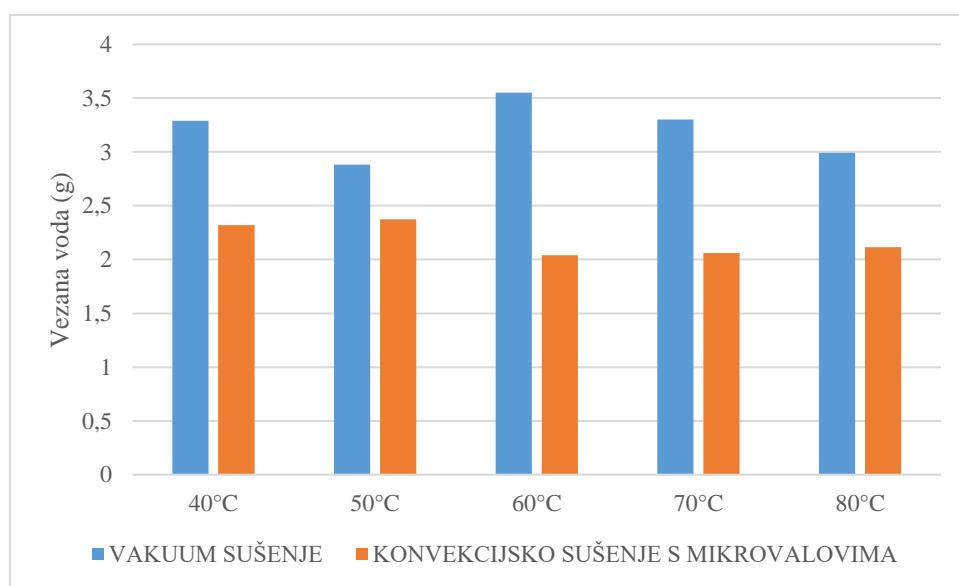
Ovom metodom određivana je količina vode koja ostaje vezana za hidratizirana vlakna nakon primjene vanjske sile, u ovom slučaju primjenom centrifugiranja. Prema rezultatima prikazanim na slikama 13 i 14, vidljivo je kako svi uzorci kore avokada sušeni u vakuum sušari pokazuju

neznatno veću sposobnost vezanja vode i uglavnom manju sposobnost vezanja ulja (osim uzoraka sušenih pri 40 i 70 °C) u odnosu na uzorke kore sušene konvekcijski s mikrovalovima. Ovi rezultati su u skladu s istraživanjem kojega su proveli Ulbrich i Flöter (2014) koji su utvrdili minorne razlike u sposobnosti vezanja vode između različitih vrsta sušenja.

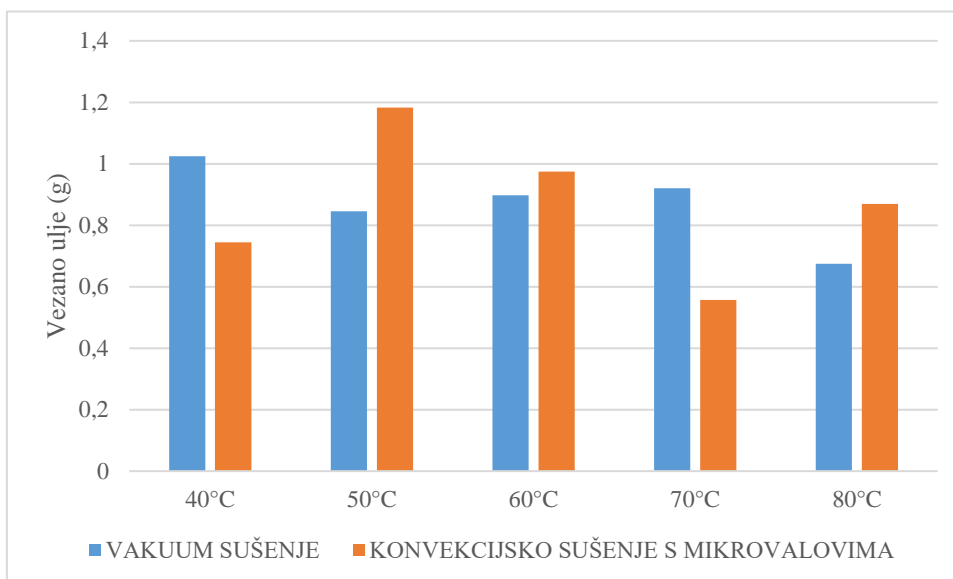
Najveći kapacitet vezanja vode utvrđen je za uzorak osušen u vakuum sušari pri 60 °C, što je usporedivo s rezultatima istraživanja kojeg su proveli Izli i sur. (2021).

U navedenom istraživanju, autori su određivali utjecaj kombinacije mikrovalnog sušenja i konvekcije, mikrovalnog sušenja te konvekcijskog sušenja na kapacitet vezanja vode osušene bundeve. Najviši kapacitet vezanja vode zabilježen je pri najnižoj provedenoj temperaturi sušenja (60 °C), a najniži pri najvišoj temperaturi sušenja (80 °C).

Glede sposobnosti vezanja ulja, rezultati dobiveni u ovom radu nisu u skladu s rezultatima istraživanja autora de Escalada i sur. (2012) koji zaključuju da sušenje u struji vrućeg zraka (konvekcijsko sušenje) smanjuje sposobnost vezanja ulja.



Slika 13. Masa vezane vode obzirom na vrstu sušenja



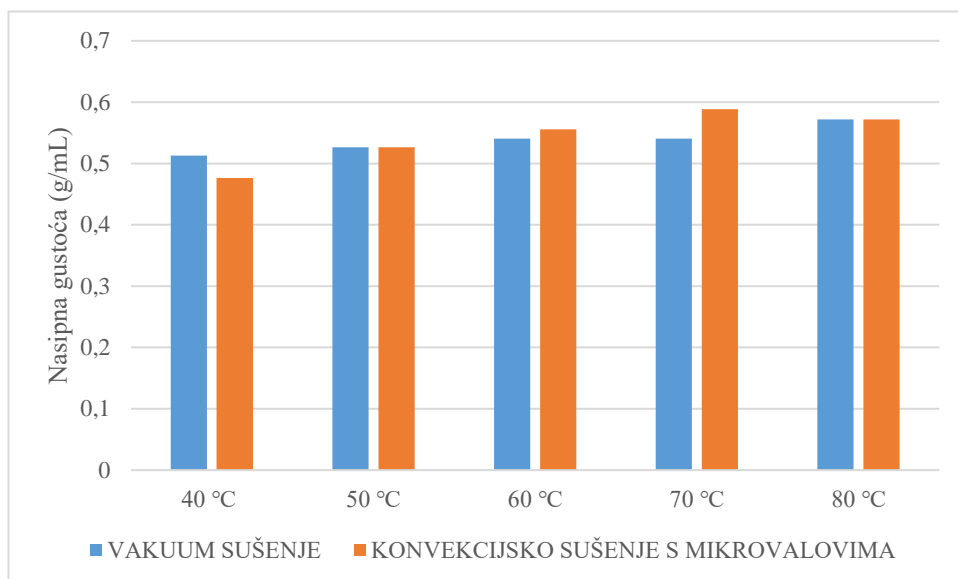
Slika 14. Masa vezanog ulja obzirom na vrstu sušenja

4.7. Rezultati određivanja nasipne gustoće

Nasipna gustoća predstavlja važno svojstvo namirnice prilikom pakiranja gotovog proizvoda. Nasipna gustoća određena je očitavanjem volumena usitnjene kore avokada poznate mase, nakon čega je izračunata gustoća praha.

Rezultati prikazani na slici 15 pokazuju porast nasipne gustoće koji je proporcionalan s porastom temperature za obje vrste sušenja, uz iznimku uzorka sušenog u hibridnoj sušari pri 80 °C koji pokazuje neznatno smanjenje u odnosu na niže temperature sušenja. Ovi rezultati u skladu su s istraživanjem koje su proveli Izli i sur. (2021).

U navedenom istraživanju autori su određivali utjecaj kombinacije mikrovalnog i konvekcijskog sušenja, mikrovalnog sušenja te konvekcijskog sušenja na nasipnu gustoću praha bundeve. Bundeve je sušena pri 60, 70 i 80 °C, odnosno pri jačini mikrovalova od 100 W i 200 W. Najveća nasipna gustoća uočena za uzorak sušen kombinacijom mikrovalova i konvekcije na 80 °C i 200 W.



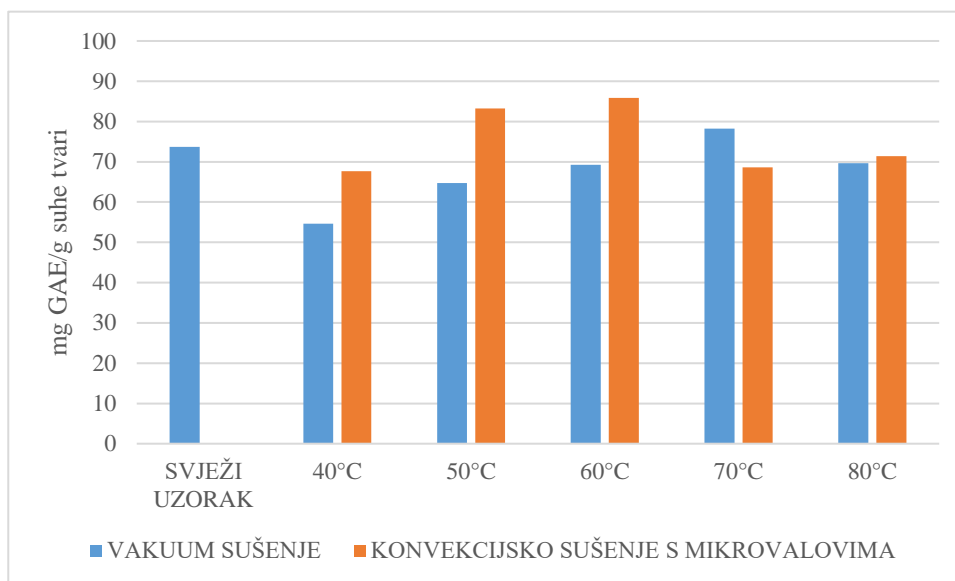
Slika 15. Vrijednosti nasipne gustoće obzirom na vrstu sušenja

4.8. Rezultati određivanja ukupnih polifenola

Obzirom na već ustanovljenu visoku koncentraciju polifenola u kori avokada, provedena je analiza ukupnih fenola u sušenoj kori s ciljem određivanja optimalnog procesa sušenja. Ukupni fenolni spojevi određivani su Folin-Ciocalteu spektrometrijskom metodom pri čemu su rezultati izraženi kao mg galne kiseline/g suhe tvari (mg GAE/g suhe tvari). Iz rezultata analize varijanci ukupnih polifenola prikazanih u tablici 15, između svježeg i osušenih uzoraka nije zabilježena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Promatrajući rezultate prikazane na slici 16, može se vidjeti kako je najveća koncentracija ukupnih polifenola u uzorcima sušenim u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima (hibridnoj sušari) pri 50 i 60 °C te se može zaključiti da je primjenom navedenog sušenja postignuta viša koncentracija ukupnih polifenola za uzorke sušene pri temperaturama 40, 50, 60 i 80 °C, s iznimkom uzorka kore sušenog na 70 °C, u odnosu na vakuum sušenje.

Tablica 15. Rezultati analize varijanci ukupnih polifenola između svježeg i osušenih uzoraka kore avokada

| Vrsta sušenja | P vrijednost | F | F crit |
|--------------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Vakuum sušenje | 0.1364471112 | 2.740193627 | 5.317655063 |
| Konvekcijsko sušenje s mikrovalovima | 0.6728314982 | 0.1920209002 | 5.317655063 |



Slika 16. Udio ukupnih fenola u svježem i sušenim uzorcima kore avokada

Kod uzoraka sušenih u hibridnoj sušari, najnižu koncentraciju ukupnih polifenola pokazuju uzorci sušeni na 40 °C, što je u skladu s rezultatima istraživanja kojeg su proveli Figueroa i sur. (2018). U navedenom istraživanju kora avokada je sušena u konvekcijskoj sušari pri temperaturama od 45, 55, 65, 75 i 85 °C te je ustanovljena najniža koncentracija ukupnih polifenola na najnižoj temperaturi sušenja, dok je najviša koncentracija bila prisutna u uzorcima sušenim na 85 °C. Ovi se rezultati mogu pripisati dužem vremenu sušenja pri 45 °C te moguće degradacije fenolnih spojeva pri duljem vremenu sušenja, odnosno kraćem vremenu sušenja na 85 °C.

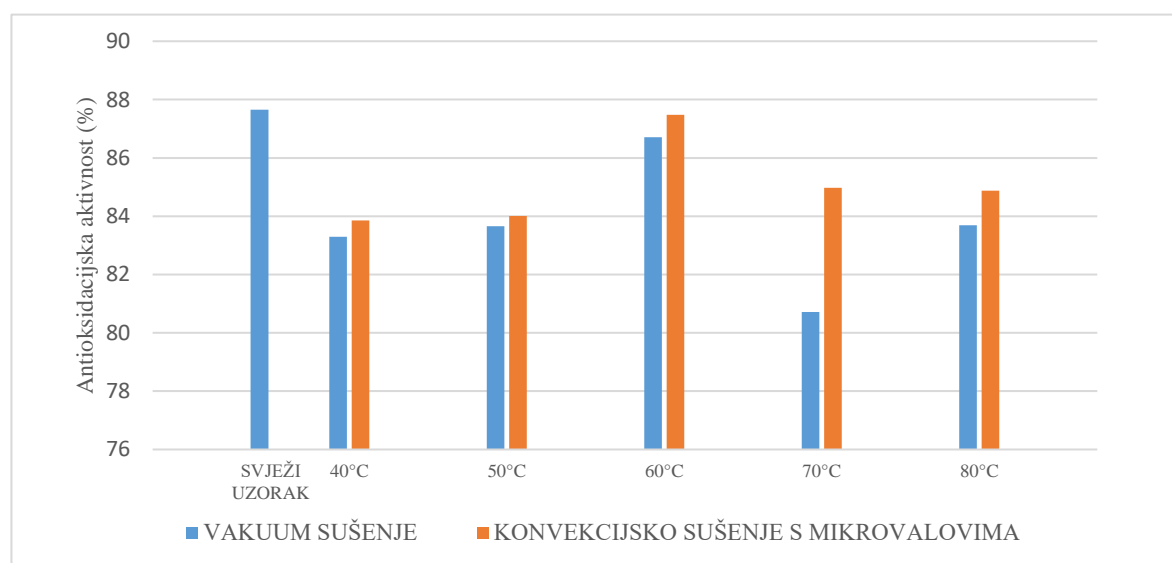
Također, kod hibridnog sušenja nakon smanjenja koncentracije polifenola na 70 °C, dolazi do ponovnog porasta koncentracije ukupnih polifenola na 80 °C. Značajan porast koncentracije polifenola (u odnosu na niže temperature sušenja) uočen je kod sušenja borovnica na 90 °C, što se može pripisati mogućem stvaranju različitih antioksidativnih spojeva (Lopez i sur., 2010). Također, još jedno istraživanje zabilježilo je najviši udio polifenola kod borovnica sušenih u konvekcijskoj peći na 90 °C (Zielinska i Michalska, 2016).

Udio ukupnih polifenola kod uzoraka sušenih u hibridnoj sušari najveći je kod kore avokada sušene pri temperaturi od 60 °C. Krumreich i sur. (2018) sušenjem pulpe avokada pri 60 °C u pećnici uz ventilaciju zabilježili su najveći udio bioaktivnih komponenti u ulju dobivenom iz pulpe sušene pri 60 °C, što autori pripisuju inaktivaciji polifenol oksidaze pri 60 °C, čime su očuvane polifenolne komponente u ulju.

Nadalje, viši udio ukupnih polifenola u kori avokada sušenoj u hibridnoj sušari u odnosu na sušenje u vakuum sušari djelomično se može objasniti kroz procese koji se zbivaju tijekom sušenja materijala u vakuumu. Sušenjem u vakuum sušari namirnica ima veću ekspanziju i porozniju strukturu s većom izloženom površinom što može pridonijeti većoj razgradnji bioaktivnih komponenti (Krumreich i sur., 2018).

4.9. Rezultati određivanja antioksidacijske aktivnosti

Mnoga provedena istraživanja utvrdila su visok antioksidacijski kapacitet kore avokada zbog kojeg se i istražuju moguće primjene u različitim industrijama. U ovom istraživanju provedeno je određivanje antioksidacijske aktivnosti DPPH metodom kako bi se utvrdilo kojim se procesom sušenja najbolje očuva antioksidacijska aktivnost u uzorcima nakon sušenja. Rezultati određivanja antioksidacijske aktivnosti prikazani su na slici 17.



Slika 17. Antioksidacijska aktivnost (%) svježe i sušene kore avokada

U odnosu na svježi uzorak, koji ima najvišu antioksidacijsku aktivnost, može se zaključiti kako je u uzorcima sušenim pri 60 °C za oba sušenja ona najbolje očuvana. Najmanje smanjenje antioksidacijske aktivnosti u odnosu na svježu koru avokada je nakon sušenja u hibridnoj sušari pri 60 °C, što se može povezati s rezultatima analize ukupnih fenola koji pokazuju najvišu koncentraciju upravo u ovom uzorku. Također, iz rezultata je vidljivo da se sušenjem u vakuum

sušari antioksidacijska aktivnost kore avokada više smanjuje nego sušenjem u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima. Dobiveni rezultati nisu u skladu s rezultatima istraživanja koje su dobili autori Razola-Diaz i sur. (2023). U navedenom istraživanju, kora avokada sušena je konvekcijski pri 40, 60 i 80 °C pri čemu je povišenjem temperature zabilježeno smanjenje antioksidacijske aktivnosti.

Ovi rezultati nisu u skladu s istraživanjem kojeg su proveli Saavedra i sur. (2017) gdje je najveća antioksidacijska aktivnost zabilježena za koru avokada sušenu na 45 °C u konvekcijskoj peći u odnosu na ostale temperature sušenja koje su iznosile 60 i 75 °C.

Također, sušenjem borovnica u konvekcijskoj sušari pri višim temperaturama (80 i 90 °C) zabilježena je viša antioksidacijska aktivnost u odnosu na sušenje pri 50 i 60 °C (López i sur., 2010).

Prema rezultatima koje su objavili Zielinska i Michalska (2016) u svom radu, borovnice sušene na 90 °C kombinacijom konvekcijskog i mikrovalnog vakuum sušenja imaju višu antioksidacijsku aktivnost u odnosu na niže temperature sušenja.

U istraživanju koje su proveli Krumreich i sur. (2018) najviša antioksidacijska aktivnost ulja dobivenog iz pulpe avokada zabilježena je nakon sušenja pri 60 °C. Nadalje, za koru naranče sušenu konvekcijskim sušenjem na 60 °C ustanovljen je viši antioksidacijski kapacitet u odnosu na ostale temperature sušenja koje su iznosile 30 °C, 40 °C, 50 °C, 70 °C, 80 °C i 90 °C (Garau i sur., 2007).

Horuz i sur. (2017) proveli su istraživanje utjecaja konvekcijskog odnosno hibridnog sušenja (kombinacija s mikrovalovima) na ukupne polifenole i antioksidacijsku aktivnost višanja. Sušenje je provedeno pri temperaturama od 50, 60 i 70 °C te snazi mikrovalova od 120, 150 i 180 W. Sušenjem višanja kombinacijom konvekcijskog sušenja i mikrovalova najviša antioksidacijska aktivnost, kao i najviši udio ukupnih polifenola, određeni su za uzorke sušene na 70 °C i pri 180 W te se može zaključiti kako su udio polifenola i antioksidacijska aktivnost povezani.

5. ZAKLJUČCI

- 1) Sušenjem kore avokada u konvekcijskoj sušari s mikrovalovima postiže se kraće vrijeme sušenja u odnosu na sušenje u vakuum sušari
- 2) Sušenjem u konvekcijskoj sušari s primjenom mikrovalova kora avokada ima manju ukupnu promjenu boje, uz iznimku uzoraka sušenih pri 40 i 70 °C.
- 3) Kora avokada sušena u konvekcijskoj sušari s primjenom mikrovalova ima veću tvrdoću u odnosu na koru avokada sušenu u vakuum sušari što indirektno znači i veću hrskavost samog proizvoda.
- 4) Koeficijent rehidracije viši je za uzorke osušene kore avokada u konvekcijskoj sušari s primjenom mikrovalova dok je rehidrationski omjer viši za uzorke kore sušene u vakuum sušari.
- 5) Kapaciteti vezanja vode viši su za uzorke kore sušene u vakuum sušari, dok su kapaciteti vezanja ulja viši za uzorke kore sušene u konvekcijskoj sušari s primjenom mikrovalova, uz iznimku uzoraka sušenih pri temperaturama od 40 i 70 °C.
- 6) Nije uočena značajna razlika u nasipnoj gustoći kore avokada sušene u konvekcijskoj sušari s primjenom mikrovalova i vakuum sušari.
- 7) Sušenjem u konvekcijskoj sušari s primjenom mikrovalova kora avokada ima veći udio ukupnih fenola te veću antioksidacijsku aktivnost.

6. LITERATURA

Ahangarpour A, Sayahi M, Sayahi M (2019) The antidiabetic and antioxidant properties of some phenolic phytochemicals: A review study. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev* **13**, 854-857. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2018.11.051>

Akan S (2021) Phytochemicals in avocado peel and their potential uses. *Food and Health* **7**, 138-149. <https://doi.org/10.3153/FH21015>

Al-Juhaimi F, Uslu N, Musa Özcan M, Babiker EE, Ghafoor K, Ahmed IAM (2021) Effects of drying process on oil quality, the bioactive properties and phytochemical characteristics of avocado (Fuerte) fruits harvested at two different maturity stages. *J Food Process Preserv* **45**, 1-12. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15368>

Araújo RG, Rodriguez-Jasso RM, Ruiz HA, Pintado MME, Aguilar CN (2018) Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends Food Sci* **80**, 51–60. doi:10.1016/j.tifs.2018.07.027

Arevalo-Pinedo A, Murr FEX (2006) Kinetics of vacuum drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*): Modeling with shrinkage. *J Food Eng* **76**, 562–567
DOI:[10.1016/j.jfoodeng.2005.06.003](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.003)

Balzarini MF, Reinheimer MA, Ciappini MC, Scenna NJ (2018) Comparative study of hot air and vacuum drying on the drying kinetics and physicochemical properties of chicory roots. *J Food Sci Technol* **55**, 4067-4078 doi: [10.1007/s13197-018-3333-5](https://doi.org/10.1007/s13197-018-3333-5)

Beristain CI, Garcia HS, Vernon-Carter EJ (2001) Spray dried Encapsulation of Cardamom (*Elettaria cardamomum*) Essential Oil with Mesquite (*Prosopis juliflora*) Gum. *Food Sci Technol* **34**, 398-401

Boland M (2013) Kiwifruit proteins and enzymes: actinidin and other significant proteins. *Adv Food Nutr Res* **68**, 59-80. doi: 10.1016/B978-0-12-394294-4.00004-3.

Brand Williams W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a Free-Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT* **28**, 25-30.

Brnčić M, Karlović S, Rimac Brnčić S, Bosiljkov T, Ježek D, Tripalo B (2010) Textural properties of infra red dried apple slices as affected by high power ultrasound pre-treatment. *Afr J Biotechnol* **9**, 6907-6915. <https://doi.org/10.5897/AJB10.515>

Chel-Guerrero L, Barbosa-Martin E, Agustino-Martinez A, Gonzales-Mondragon E, Betancun-Ancona D (2016) Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *Int J Biol Macromol* **86**, 302–308. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.052>

Chuyen HV, Roach PD, Golding JB, Perks SE, Nguyen MH (2016) Effects of four different drying methods on the carotenoid composition and antioxidant capacity of dried Gac peel. *J Sci Food Agric* **97**, 1656–1662. DOI 10.1002/jsfa.7918

Cowan AK, Wolstenholme BN (2016) Avocado. U: Caballero B, Finglas PM, Todra F (ured.) Encyclopedia of food and health. Oxford: Academic Press str. 294-300.

Deng LZ, Mujumdar AS, Zhang Q, Yang XH, Wang J, Zheng Z, Gao ZJ, Xiao HW (2017): Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes – a comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr* **59**, 1408-1432 doi: 10.1080/10408398.2017.1409192

Dominguez MP, Araus K, Bonert P, Sanchez F, San Miguel G, Toledo M (2016) The avocado and its waste: an approach of fuel potential/application. U: Lefebvre G, Jimenez E, Cabanas B (ured.) Environment, Energy and Climate Change II, Springer International Publishing. Cham, Switzerland, str. 199–223.

Duarte PF, Chaves MA, Borges CD, Mendonça CRB (2016) Avocado: Characteristics, health benefits and uses. *Ciência Rural* **46**, 747–754. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141516>

De Escalada MF, Gonzalez P, Sette P, Portillo F, Rojas AM, Gerschenson LN (2012) Effect of processing on physico-chemical characteristics of dietary fibre concentrates obtained from peach (*Prunus persica* L.) peel and pulp. *Food Res. Int* **49**, 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.060>

Ejiofor NC, Ezeagu IE, Ayoola M, Umera EA (2018) Determination of the chemical composition of avocado (*Persea americana*) seed. *Adv Food Technol Nutr Sci Open J* **2**, 51-55. doi: [10.17140/AFTNSOJ-SE-2-107](https://doi.org/10.17140/AFTNSOJ-SE-2-107)

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

FAO (2023) Major Tropical Fruits Market Review – Preliminary results 2022. Rome. <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/tropical-fruits>. Pristupljeno 25. srpnja 2023.

Figuerola JG, Borrás-Linares I, Lozano-Sánchez J, Quirantes-Pine R, Segura-Carretero A (2018) Optimization of drying process and pressurized liquid extraction for recovery of bioactive compounds from avocado peel by-product. *Electrophoresis* **39**, 1908-1916. doi: [10.1002/elps.201700379](https://doi.org/10.1002/elps.201700379)

Figuerola JG, Borrás-Linares I, del Pino-García R, Curiel AJ, Lozano-Sánchez J, Segura-Carretero A (2021) Functional ingredient from avocado peel: microwave assisted extraction, characterization and potential applications for the food industry. *Food chem* **352**, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129300>

Garau MC, Simal S, Rossello C, Femenia A (2007) Effect of air-drying temperature on physicochemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) byproducts. *Food Chem* **104**, 1014–1024.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.009>

Ghafoor K, Uslu N, Al-Juhaimi F, Babiker EE, Ahmed IAM, Yıldız MU i sur. (2021) Tocopherol Contents of pulp oils extracted from ripe and unripe avocado fruits dried by different drying systems. *J Oleo Sci* **70**, 21–30. doi: <https://doi.org/10.5650/jos.ess20230>

Hatzakis E, Mazzola EP, Shegog RM, Ziegler GR, Lambert JD (2019) Perseoragin: A natural pigment from avocado (*Persea americana*) seed. *Food Chem* **293**, 15-22. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.04.064.

Horuz E, Bozkurt H, Karatas H, Maskan M (2017) Effects of hybrid (microwave-convectonal) and convectonal drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. *Food chem* **230**, 295-305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.046>.

İzli G, Yildiz G, Berk SE (2022) Quality retention in pumpkin powder dried by combined microwave-convective drying. *J Food Sci Technol* **59**, 1558-1569. doi: 10.1007/s13197-021-05167-5

Karlović S (2013) Određivanje teksturnih svojstava i matematičko modeliranje sušenja voća prethodno obrađenoga ultrazvukom visokoga intenziteta (Disertacija). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:081959>

Kosińska A, Karamać M, Estrell I, Hernández T, Bartolomé B, Dykes GA (2012) Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of *Persea americana* Mill. Peels and seeds of two varieties. *J Agric Food Chem* **60**, 4613-4619. <https://doi.org/10.1021/jf300090p>

Krumreich FD, Borges CD, Mendonça CRB, Jansen-Alves C, Zambiasi RC (2018) Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chem*

Lewicki PP, Le HV, Pomaranska-Łazuka W (2002) Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes. *J. Food Eng* **54**, 141–146. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00199-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00199-6)

López J, Uribe E, Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Gonzalez E, Di Scala K (2010) Effect of Air Temperature on Drying Kinetics, Vitamin C, Antioxidant Activity, Total Phenolic Content, Non-enzymatic Browning and Firmness of Blueberries Variety O'Neil. *Food Bioproc Tech* **3**, 772–777. doi:10.1007/s11947-009-0306-8

Lye HS, Ong MK, Teh LK, Chang CC, Wei LK (2020) Valorization of Fruit Processing By-products, Chapter 4: Avocado. U: Galanakis CM (ured.) Academic Press, str. 67-93. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817106-6.00004-6>.

Magwaza LS, Tesfay, SZ (2015) A Review of Destructive and Nondestructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity. *Food Bioproc Tech* **8**, 1995–2011. doi:10.1007/s11947-015-1568-y

Marelja M, Dujmić F, Ježek D, Škegro M, Bosiljkov T, Karlović S, Lasić M, Brnčić M (2020) Vakuum sušenje u prehrambenoj industriji. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* **15**, 94-101. <https://doi.org/10.31895/hcptbn.15.3-4.8>

Melgar B, Dias MI, Ciric A, Sokovic M, Garcia-Castello E.M, Rodrigues-Lopez A.D, Barros L, Ferreira ICRF (2018) Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. *Ind Crops Prod* **111**, 212-218. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.024>

Mierzwa D, Kowalski SJ (2016) Ultrasound-assisted osmotic dehydration and convective drying of apples: Process kinetics and quality issues. *Chem Process Eng* **37**, 383-391. <https://doi.org/10.1515/cpe-2016-0031>

Morais DR, Rotta EM, Sargi SC, Schmidt EM, Bonafe EG, Eberlin MN, Sawaya ACHF,

Visentainer JV (2015) Antioxidant activity, phenolics and UPLCESI(-)-MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. *Food Res Int* **77**, 392-399. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.036>

Nasri C, Halabi Y, Harhar H, Mohammed F, Bellaouchou A, Guenbour A i sur. (2021) Chemical characterization of oil from four Avocado varieties cultivated in Morocco. *OCL* **28**, 747-754. doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141516>

Olaoye OA, Ekeh JI, Okakpu JC, Uka AC (2019) Consumer acceptability and quality characteristics of cookies produced from composite flours of wheat and banana/avocado peels. *Annals Food Sci Technol* **20**, 56-64.

Ough CS, Amerine MA (1988) Phenolic compounds. Methods for analysis of musts and wines, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA

Ozcan-Sinir G, Ozkan-Karabacak A, Tamer CE, Copur OU (2019) The effect of hot air, vacuum and microwave drying on drying characteristics, rehydration capacity, color, total phenolic content and antioxidant capacity of Kumquat (*Citrus japonica*) *Food Sci Technol* **39**, 475-484
DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.34417>

Radojčin M, Babić M, Babić L, Pavkov I, Bukurov M, Bikić S, Mitrevski V (2015) Effects of osmotic pretreatment on quality and physical properties of dried quinces (*Cydonia oblonga*). *J Food Nutr Res* **54**, 142–154

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

Ramos-Aguilar AL, Ornelas-Paz J, Tapia-Vargas LM, Gardea-Béjar AA, Yahia EM, Ornelas-Paz J, Escalante-Minakata P (2021) Effect of cultivar on the content of selected phytochemicals in avocado peels. *Food Res Int* **140**, 1-10. doi:10.1016/j.foodres.2020.110024

Razola-Díaz MC, Guerra-Hernández EJ, Gómez-Caravaca AM, García-Villanova B, Verardo V

(2023) Mathematical modelling of drying kinetics of avocado peels and its influence on flavan-3-ols content and antioxidant activity. *LWT* **176**, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114552>.

Richardson DP, Ansell J, Drummond LN (2018) The nutritional and health attributes of kiwifruit: a review. *Eur J Nutr* **57**, 2659-2676. doi: 10.1007/s00394-018-1627-z.

Rodríguez-Carpena JG, Morcuende D, Estévez M (2011). Avocado by-products as inhibitors of colour deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. *Meat Sci* **89**, 166-173. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.013>

Rodríguez-Martínez B, Romaní A, Eibes G, Garrote G, Gullon, B, del Río P (2022) Potential and prospects for utilization of avocado by-products in integrated biorefineries. *Bioresour Technol* **364**, 1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128034> 1-10

Rotta EM, Morais DR, de Biondo PBF, dos Santos VJ, Matsushita M, Visentainer JV (2016) Use of avocado peel (*Persea americana*) in tea formulation: a functional product containing phenolic compounds with antioxidant activity. *Acta Sci-Technol* **38**, 23-29. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v38i1.27397>

Saavedra J, Cordova A, Navarro R, Díaz-Calderon P, Fuentealba C, Astudillo-Castro, Toledo L, Enrione J, Galvez L (2017) Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. *J Food Eng* **198**, 81-90. doi: [10.1016/j.jfoodeng.2016.11.018](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.11.018)

Sadeghi M, Kesbi OM, Mireei, SA (2013) Mass transfer characteristics during convective, microwave and combined microwave–convective drying of lemon slices. *J Sci Food Agric* **93**, 471-478. doi: 10.1002/jsfa.5786.

Salazar-López NJ, Salmerón-Ruiz ML, Domínguez-Avila JA i sur. (2021) Phenolic compounds from ‘Hass’ avocado peel are retained in the indigestible fraction after an in vitro gastrointestinal digestion. *J Food Meas Charact* **15**, 1982–1990. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00794-6>

Shahbandeh MUS (2019) Consumers’ Main Drivers for Buying Avocados. <https://www.statista>

.com/statistics/317753/us-consumers-main-drivers-for-buying-avocados/ (pristupljeno 5.7.2023)

Stamenković Z, Pavkov I, Radojčin M, Tepić Horecki A, Kešelj K, Kovačević D.B, Putnik P (2019) Convective drying of fresh and frozen raspberries and change of their physical and nutritive properties. *Foods* **8**, 251.

Šumić Z (2014) Optimizacija sušenja voća u vakuumu (doktorska disertacija), Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.

Tremocoldi MA, Rosalen PL, Franchin M, Massarioli AP, Denny C, Daiuto É, Melo PS, de Alencar SM (2018) Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PLoS One*, **13(2)**, 1-12 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192577>

Ulbrich M, Flöter E (2014) Impact of high pressure homogenization modification of a cellulose based fiber product on water binding properties. *Food Hydrocoll* **41**, 281-289. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.04.020>.

USDA (2011) Avocado, almond, pistachio and walnut Composition. Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. U.S. Department of Agriculture. Washington, DC. [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1531787](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1531787). Pristupljeno 20. srpnja 2023.

Wang W, Bostic TR, Gu L (2010) Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. *Food Chem* **122**, 1193-1198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.114>.

Wanjiku EK, Waceke JW, Wanjala BW, Mbaka JN (2020) Identification and pathogenicity of fungal pathogens associated with stem end rots of avocado fruits in Kenya. *Int J Microbiol* **2020**, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2020/4063697>

Xiao, DC (2008) Food drying Fundamentals U: Xiao DC, Mujumdar AS (ured.) Drying

technologies in food processing. Blackwell Publishing, Singapore, str. 1-55.

Yildiz G, İzli G (2018) Influence of microwave and microwave-convective drying on the drying kinetics and quality characteristics of pomelo. *J Food Process Preserv* **43**, 1-11. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13812>

Zielinska M, Michalska A (2016) Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture. *Food Chem* **212**, 671–680. doi:10.1016/j.foodchem.2016.06.003

IZJAVA O IZVORNOSTI

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

Vlastoručni potpis