

Funkcionalna svojstva sjemenke avokada

Garašić, Anja

Undergraduate thesis / Završni 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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:115662>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-28**



Repository / Repozitorij:

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



**Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam**

Anja Garašić
0125157787

FUNKCIONALNA SVOJSTVA SJEMENKE AVOKADA
ZAVRŠNI RAD

Naziv znanstveno-istraživačkog ili stručnog projekta: Hibridno sušenje i valorizacija biljnog prehrambenog otpada i nusproizvoda, HRZZ, HYDRYBY, IP-2019-04-9750

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

Zagreb, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Kabinet za procese pripreme hrane

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

Funkcionalna svojstva sjemenke avokada

Anja Garašić, 0125157787

Sažetak:

Avokado (*Persea americana*) je vrlo popularno tropsko voće čija proizvodnja u posljednje vrijeme raste zbog povećane konzumacija avokada upravo zbog njegove ugodne teksture i arome, ali prvenstveno zbog osviještenosti potrošača o njegovom pozitivnom utjecaju na zdravlje. Avokado predstavlja dobar izvor ugljikohidrata, proteina, lipida, vlakana, vitamina, minerala te brojnih fitokemikalija. Povećanjem proizvodnje i industrije prerade avokada povećava se i količina proizvedenog otpada koji ostaje neiskorišten te utječe na zagađenje okoliša. Taj otpad predstavljaju nejestivi dijelovi avokada (kora i sjemenka). Cilj ovog rada je proučiti dosadašnje rezultate istraživanja i spoznaje o kemijskom i fitokemijskom sastavu sjemenke avokada te njena funkcionalna svojstva i moguću primjenu u industriji. Rezultati dosadašnjih istraživanja sjemenke avokada pokazali su da sadrži različite bioaktivne komponente koje posjeduju antioksidacijska, antimikrobna, protuupalna, antikancerogena i druga svojstva. Prisutne bioaktivne komponente sjemenku avokada čine njihovim potencijalnim izvorom za razvoj i proizvodnju novih funkcionalnih proizvoda s pozitivnim utjecajima na zdravlje.

Ključne riječi: sjemenka avokada, *Persea americana*, fitokemikalije, fenolni spojevi, industrijska primjena

Rad sadrži: 27 stranica, 7 slika, 8 tablica, 32 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

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

Datum obrane: 14.7.2023.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Nutrition

Department of Food Engineering
Section for food preparation processes

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

Functional properties of avocado seeds

Anja Garašić, 0125157787

Abstract:

The avocado (*Persea americana*) is a very popular tropical fruit whose production has recently been increasing due to the increased consumption of avocado precisely because of its pleasant texture and aroma, but primarily due to consumer awareness of its positive impact on health. Avocado is a good source of carbohydrates, proteins, lipids, fibers, vitamins, minerals and numerous phytochemicals. By increasing the production and processing industry of avocados, the amount of produced waste that remains unused increases and affects environmental pollution. This waste is represented by the inedible parts of the avocado (peel and seed). The aim of this work is to study the results of research and knowledge about the chemical and phytochemical composition of avocado seeds and their functional properties and possible application in industry. The results of previous research on avocado seeds have shown that they contain various bioactive components that possess antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, anti-carcinogenic and other properties. The bioactive components present in avocado seeds make them a potential source for the development and production of new functional products with positive effects on health.

Keywords: avocado seed, *Persea Americana*, phytochemicals, phenolic compounds, industrial application

Thesis contains: 27 pages, 7 figures, 8 tables, 32 references

Original in: Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic form in the Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: Marija Badanjak Sabolović, PhD, Associate Professor

Thesis defended: 14.7.2023.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. OPĆENITO O AVOKADU	2
2.1.1. OBILJEŽJA I KARAKTERISTIKE AVOKADA	2
2.1.2. SORTE AVOKADA	2
2.1.3. PODRIJETLO AVOKADA	3
2.1.4. PROIZVODNJA AVOKADA	3
2.1.5. GRAĐA AVOKADA	5
2.1.6. NUTRITIVNI SASTAV PLODA AVOKADA	6
2.1.7. FITOKEMIKALIJE AVOKADA	8
2.2. SJEMENKA AVOKADA	10
2.2.1. NUTRITIVNA VRIJEDNOST SJEMENKI AVOKADA	10
2.2.2. FITOKEMIKALIJE SJEMENKE AVOKADA	11
2.2.3. ENZIMI SJEMENKE AVOKADA	15
2.2.4. TOKSINI SJEMENKE AVOKADA	17
2.2.5. FUNKCIONALNA SVOJSTVA SJEMENKE AVOKADA	17
2.2.6. ANTIOKSIDACIJSKO DJELOVANJE	19
2.2.7. ANTIMIKROBNO DJELOVANJE	19
2.2.8. ANTIKANCEROGENO DJELOVANJE	20
2.2.9. ANTIDIJABETIČKO DJELOVANJE	20
2.2.10. NEUROPROTEKTIVNO DJELOVANJE	21
2.2.11. PROTUUPALNO DJELOVANJE	21
2.2.12. INDUSTRIJSKA PRIMJENA SJEMENKI AVOKADA	21
3. ZAKLJUČCI	23
4. POPIS LITERATURE	24

1. UVOD

Avokado (lat. *Persea americana*) je voće podrijetlom iz Meksika koji je i danas najveći svjetski proizvođač avokada. Danas je avokado svjetski rasprostranjen i dostupan tijekom cijele godine. Najpoznatija sorta avokada je *Hass* koja čini i najveći udio svjetske proizvodnje. Posljednjih godina ovo jedinstveno voće dobiva na velikoj važnosti zbog svog iznimnog nutritivnog sastava i pozitivnog učinka na zdravlje. Avokado predstavlja dobar izvor ugljikohidrata, proteina, lipida, vlakana, vitamina i minerala. Također sadrži i brojne fitokemikalije, sekundarne biljne metabolite koji različitim mehanizmima pozitivno utječu na zdravlje. Posljedica povećanja potrošnje avokada je povećanje njegove proizvodnje i prerade, ali i povećanje otpada koji zaostaje nakon njegove prerade, a koji predstavlja prijetnju u očuvanju okoliša. Otpad koji zaostaje uglavnom ostaje neiskorišten, a sastoji se od nejestivih dijelova avokada poput sjemenke i kore. Vrlo često otpad nakon prerade voća i povrća ostaje neiskorišten iako sadrži niz sastojaka s različitim funkcionalnim svojstvima koji se mogu iskoristiti i dalje koristiti u brojnim industrijama. Sjemenka avokada predstavlja dobar izvor ugljikohidrata, proteina, lipida, vitamina, minerala i fitokemikalija. Najzastupljenija skupina fitokemikalija otkrivenih u sjemenki avokada su fenolni spojevi odgovorni za mnoga bioaktivna djelovanja sjemenke avokada kao što su antimikrobno, antioksidacijsko, antikancerogeno, protuupalno i druga.

Cilj ovog rada je pregledom do sada objavljenih rezultata znanstvenih istraživanja proučiti kemijski i fitokemijski sastav sjemenke avokada te njena funkcionalna svojstva kao i mogućnosti iskorištenja sjemenke avokada u drugim industrijama.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. OPĆENITO O AVOKADU

2.1.1. Obilježja i karakteristike avokada

Botanički naziv avokada je *Persea americana Mill*, a pripada porodici *Lauraceae*, redu *Laurales* i rodu *Persea*. Avokado poznati i kao biljni maslac ili aligatorska kruška je klimakterijsko voće koje ne dozrijeva na stablu, već nastavlja s dozrijevanjem nakon berbe. Takve nazive je dobio zbog svog izgleda i nutritivnog sastava (Ramos- Aguilar i sur., 2021). Stablo avokada je zimzeleno, srednje veliko ili veliko stablo s vrlo plitkim korijenskim sustavom te crvenkastim mladim listovima koji se razvijaju u tamnozeleno, svijetle i glatke listove različitog oblika ovisno o sorti avokada. Avokado predstavlja dvodomnu biljku koja cvate žućkasto zelenim cvjetovima. Unatoč velikom broju muških i ženskih cvjetova koji cvjetaju tjednima i mjesecima kako bi se omogućilo unakrsno oprašivanje i samooprašivanje, kod malog broja cvjetova uspješno dođe do oplodnje i nastanu plodovi. Plod se može razlikovati prema veličini i boji ovisno o sorti i uzgoju biljke (Lye i sur., 2019). Potrebno je otprilike pet godina da se dobiju prvi plodovi sa stabala avokada izraslih iz sjemena, s prinosom od približno 50 plodova po stablu. Prinos se postupno povećava, a maksimalni prinos avokada dosegne se nakon otprilike 10 godina kada svako stablo može dati i više od 1000 plodova. Nasuprot tome, cijepljena stabala daju plodove već nakon dvije godine u većim količinama. Ovisno o sorti, stablo avokada raste u različitim klimatskim uvjetima i područjima od blagih zimskih uvjeta, do suhih suptropskih i mediteranskih uvjeta, te tropskim područjima na višim nadmorskim visinama, ali ne u pustinjanskim uvjetima (Araújo i sur., 2018).

2.1.2. Sorte avokada

Poznato je više od 500 različitih sorti avokada koje se razlikuju po obliku, boji ploda, teksturi kore ploda, veličini te uvjetima uzgoja. Ovisno o sorti, plod može težiti od 120 g do čak 2,5 kg. Kora ploda može biti glatka ili hrapava, tanka ili debela, a boja varirati od raznih zelenih sve do tamno ljubičastih i smeđih tonova. Oblik ploda je obično jajolik, okruglasti ili kruškasti (Araújo i sur., 2018). Avokado je botanički klasificiran u tri skupine: meksički (*Persea americana* var. *drymifolia*), gvatemalski (*Persea nubigena* var. *guatemalensis*) i

zapadnoindijski (*Persea americana* var. *americana*). Skupine su dobile ime po mjestu podrijetla avokada te karakteristikama ploda. Određene sorte avokada se klasificiraju na temelju njihovih fizioloških karakteristika i uvjeta skladištenja. Fiziološke karakteristike su sadržaj ulja, veličina ploda, prilagodba na klimu, okus, tekstura kore i vrijeme sazrijevanja te tolerancija na hladnoću i bolesti (Lye i sur., 2019). Komercijalne sorte su uglavnom gvatemalski i gvatemalsko-meksički hibridni kultivari. Najpoznatiji primjer gvatemalsko-meksičkog hibridnog kultivara je sorta *Hass*. Ostale komercijalne sorte često uzgajane su *Bacon*, *Ettinger*, *Pinkerton*, *Reed*, *Fuerte* i *Lam Hass* (Araújo i sur., 2018). Iako postoje razne sorte avokada komercijalno se proizvode samo one koje su pokazale najbolje karakteristike i najveću iskoristivost. Primjer takve sorte je *Hass* koja čini većinu svjetskog uzgoja (Ramos-Aguilar i sur., 2021).

2.1.3. Podrijetlo avokada

Iako se danas uzgaja na više područja u cijelom svijetu, Meksiko se smatra središtem njegovog porijekla. *Persea americana* var. *Drymifolia* ili meksički avokado prva je sorta avokada koja se koristila za prehranu što potvrđuju sjemenke avokada pronađene u špiljama El Riego, Purrón i Coxcotlán u Meksiku, koje datiraju iz vremena od 7000 godina pr. Kr.. Također, različite divlje sorte, koje se smatraju drevnim i autohtonim, rastu duž planinskog lanca Sierra Madre Oriental u Meksiku (Gutiérrez-Díez i sur., 2015).

2.1.4. Proizvodnja avokada

Avokado je vrlo prilagodljiva biljna vrsta koja dobro raste u različitim tropskim i suptropskim regijama. To mu omogućuje uzgoj u više od 60 država diljem svijeta te njegovu dostupnost na tržištu cijele godine. Najveći proizvođač avokada je Meksiko čija proizvodnja čini čak 30% ukupne svjetske proizvodnje avokada (Araújo i sur., 2018). Prema podacima o količini proizvedenog avokada u 2020. godini koji su prikazani u tablici 1., Meksiko je kao najveći proizvođač proizveo čak 2393,85 tona avokada. Osim Meksika, u tablici 1. prikazane su i ostale zemlje koje su u 2020. godini imale najveću proizvodnju avokada (Nyakang'i i sur. 2023).

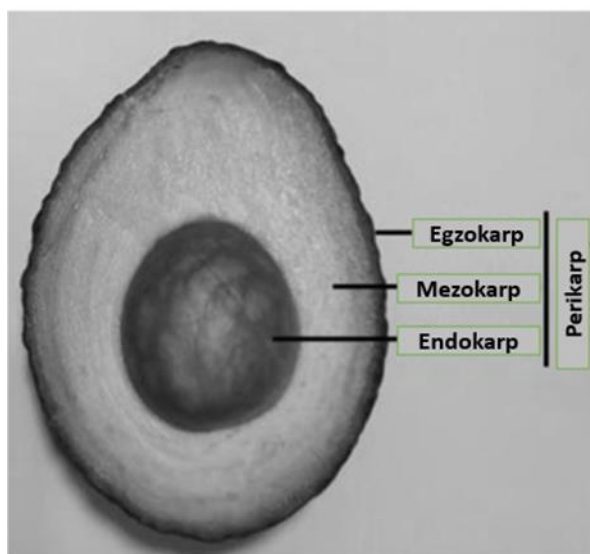
Tablica 1. Najveći proizvođači avokada u 2020. godini (*prema Nyakang'i i sur., 2023*)

Država	Proizvodnja u tonama
Meksiko	2393,849
Kolumbija	829,147
Peru	672,232
Dominikanska Republika	620,087
Indonezija	609,049
Kenija	322,556
Brazil	266,784
Etiopija	245,336
Sjedinjene Američke Države	187,433
Haiti	179,333
Čile	161,210

Posljednjih godina uočen je nagli porast proizvodnje avokada, a industrija prerade avokada slijedila je taj trend. Prema dostupnim podacima, tijekom proteklog desetljeća proizvodnja avokada približno se udvostručila s 4,07 milijuna tona u 2011. godini na oko 8,06 milijuna tona u 2020. godini (Nyakang'i i sur., 2023). Razvojem različitih proizvoda dobivenih preradom svježeg avokada, predviđa se i daljnji porast u proizvodnji na globalnoj razini. U 2021. godini vrijednost proizvodnje avokada u svijetu iznosila je 8,5 milijardi američkih dolara (FAO, 2021). Sorte avokada koje se najčešće nalaze na tržištu su: *Fuerte*, *Nabal* i *Hass* sa svjetskom proizvodnjom od 7,18 milijuna tona godišnje (Gnaim i sur., 2023). Rast proizvodnje avokada i njegova prerada prati i porast količine otpada koji značajno utječe na zagađenje okoliša jer čak 30 % avokada završi kao nusproizvod prerade avokada. Nusproizvod prerade avokada odnosi se na koru i sjemenku. Procijenjena količina otpada prilikom prerade avokada na svjetskoj razini iznosi oko 2,46 milijuna tona (Nyakang'i i sur., 2023). Industrija prerade avokada značajno se povećala posljednjih godina i očekuje se da će njegova vrijednost porasti s 1,70 milijardi američkih dolara u 2018. godini na 2,70 milijardi američkih dolara do 2024. godine. Jedan od najpoznatijih i najvažnijih proizvoda prerade avokada je ulje avokada a među ostalima se nalaze i quacamole, smrznute očišćene kriške avokada, razni umaci, pire avokada, konzervirani avokado te dehidrirani avokado (Ramos- Aguilar i sur.,2021)

2.1.5. Građa avokada

Slika 1. prikazuje presjek ploda avokada u čijem središtu se nalazi sjemenka obavijena tankom ovojnicom. Sjemenka s ovojnicom naziva se još i endokarp. Ovojnica odvaja sjemenku od mesnatog dijela avokada-pulpe koja predstavlja mezokarp ploda. Pulpa je zaštićena korom, odnosno egzokarpom (Araújo i sur., 2018).



Slika 1. Presjek ploda avokada (*prema* Araújo i sur., 2018)

Plod avokada najčešće naraste od 7,5-33 cm dužine te do 15 cm u širinu. Ovisno o sorti, ali i veličini avokada razlikuje se udio kore, pulpe i sjemenke u građi plodu avokada. Kora može biti debljine do 6 mm, različitih tekstura i boja, najčešće žuto-zelene, tamnozeleno, crvenkasto-ljubičaste ili gotovo crne boje, a ponekad je prošarana i sitnim žutim točkicama. Kora može biti glatka ili hrapava, sjajna ili bez sjaja, tanka ili deblja, savitljiva ili lomljiva. Ispod kore se nalazi tanki sloj mekog, svijetlozelenog mesnatog tkiva, ali općenito pulpa je potpuno svijetlo zelene do žute boje. Sjemenka boje slonovače može biti spljoštena, okrugla, stožasta ili jajastog oblika, dužine od 5 do 6,4 cm, tvrda i teška. Obavijena je dvjema smeđim, tankim ovojnica koje čvrsto prijanjaju uz sjemenku. Neki plodovi mogu biti i bez sjemenke zbog izostanka oprašivanja ili drugih čimbenika (Morton, 2013).

2.1.6. Nutritivni sastav ploda avokada

Avokado se zbog svog dobrog nutritivnog sastava smatra jednim od najzdravijih voća (Siol i Sadowska, 2023). Nutritivni sastav avokada varira ovisno o sorti, klimi, mjestu uzgoja, sastavu tla, stupnju zrelosti ploda, količini padalina i genetskoj predispoziciji biljke. Prema rezultatima istraživanja koje su objavili Nyakang'i i sur. (2023) o sastavu avokada sorte *Hass* udio vode iznosi 67-78 %, lipida 12-24 %, ugljikohidrata 0,8-4,8 % te proteina 1-3 %. Udio vlakana u avokadu kreće se od 1,4 % do 3,0 %. Energetska vrijednost avokada je prosječno od 140 kcal do 228 kcal, što je nešto više u odnosu na drugo voće, a razlog tomu je viši udio lipida (Nyakang'i i sur., 2023).

Tablica 2. Nutritivni sastav avokada (prema Lye i sur., 2019)

NUTRITIVNI SASTAV	Udio (%)
Voda	73,23
Proteini	2,00
Lipidi	14,66
Ugljikohidrati	8,53
Vlakna	6,70
Pepeo	1,58

Lye i sur. (2019) proveli su istraživanje nutritivnog sastava nekoliko sorti avokada s područja Floride i Kalifornije. Rezultati njihova istraživanja prikazani su u tablici 2. U usporedbi s rezultatima nutritivnog sastava *Hass* sorte koje su objavili Nyakang'i i sur. (2023), sorte avokada s područja Floride i Kalifornije sadrže nešto veći udio ugljikohidrata i vlakana.

Tablica 3. Sadržaj vitamina u avokadu (*prema* Lye i sur., 2019)

VITAMINI	KOLIČINA (mg/100g)
Kolin	14,20
Askorbinska kiselina	10,00
Alfa- tokoferol	2,07
Niacin, B3	1,74
Pantotenska kiselina, B5	1,39
Piridoksin, B6	0,26
Riboflavin, B2	0,13
Folat, B9	0,08
Tiamin, B1	0,07
Filokinon	0,02
Biotin, B7	0,01

Avokado je također voće bogato vitaminima i mineralima. Najvažniji vitamini i njihova količina (mg/100 g) prikazani su u tablici 3. iz koje se može zaključiti da avokado sadrži najviše kolina, vitamina C i E te vitamina B skupine (Lye i sur., 2019).

Tablica 4. Sadržaj minerala u avokadu (*prema* Lye i sur., 2019)

MINERALI	KOLIČINA (mg/100g)
Kalij	485,000
Fosfor	52,000
Magnezij	29,000
Kalcij	12,000
Natrij	7,000
Cink	0,640
Željezo	0,550

Sadržaj minerala u avokadu prikazan je u tablici 4. Mineralni sadržaj avokada uključuje veliku količinu kalija, esencijalnog minerala, uključenog u regulaciju mišićne aktivnosti i krvnog tlaka. Osim kalija, sadrži i određenu količinu fosfora, magnezija, kalcija i natrija te drugih

minerala u nešto manjim količinama kao što su željezo i cink (Lye i sur., 2019).

Bogatstvo makronutrijentima i mikronutrijentima čini avokado vrlo korisnim voćem za ljudsko zdravlje. Avokada se svakako ističe velikom količinom lipida. Najviše su zastupljeni trigliceroli koji čine 96 % od ukupnih lipida. Osim njih, avokado sadrži i polarne lipide poput glikolipida i fosfolipida, kao i masne kiseline. Glikolipidi i fosfolipidi su važni čimbenici koji sudjeluju u raznim staničnim procesima, te sastavni dijelovi staničnih membranama. Također prisutnost mononezasićenih masnih kiselina se pokazala poželjnom jer su učinkovite u smanjenju razine nepoželjnih lipoproteina niske gustoće (LDL) u krvi i povećanju poželjnih lipoproteina visoke gustoće (HDL). U usporedbi s drugim biljnim uljima, ulje avokada sadrži veliku količinu mononezasićenih masnih kiselina (oleinska i palmitoleinska kiselina), male količine polinezasićenih masnih kiselina (linolna kiselina) i značajnu količinu zasićenih masnih kiselina (palmitinska i stearinska kiselina) (Araújo i sur., 2018). Također je važno naglasiti da avokado ima vrlo dobar omjer polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina (0,74). Dokazano je da visoki omjer polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina također smanjuje razinu lipoproteina niske gustoće (LDL) u krvi (Lye i sur. (2019).

2.1.7. Fitokemikalije avokada

Avokado obiluje fitokemikalijama tj. sekundarnim biljnim metabolitima koji su uz ostale makronutrijente (lipidi) i mikronutrijente (vitamini, minerali) također zaslužni za pozitivan utjecaj ovog voća na očuvanje zdravlja. Istraživanja pokazuju njihovu prisutnost u svim dijelovima avokada uključujući - koru, pulpu i sjemenku. Zbog prisutnih fitokemikalija, uvrštavanje avokada u svakodnevnu prehranu povezuje se s prevencijom razvoja raznih oboljenja poput dijabetesa tipa 2 i kardiovaskularnih bolesti koje sve više predstavljaju uzročnike smrti u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju (Lye i sur., 2019).

Rezultati brojnih istraživanja (*in vitro* i *in vivo*) ukazuju na zdravstvene dobrobiti avokada uključujući antioksidacijsko, protuupalno te antikancerogeno djelovanje. Prednosti avokada u prevenciji razvoja raka potječu od prisutnosti hranjivih tvari i brojnih fitokemikalija kao što su alkanoli (alifatski acetogenini), terpenoid glikozidi, derivati koji sadrže furanski prsten, flavonoidi i kumarin. Potrebna su daljnja istraživanja u definiranju kombinacija međusobnog djelovanja fitokemikalija jer tada dolazi do njihovog pozitivnog sinergističkog učinka u prevenciji bolesti (Ding i sur., 2007).

Tablica 5. Koncentracije bioaktivnih komponenti u avokadu sorte *Hass* (prema Vinha i sur., 2013)

Bioaktivne komponente (mg/100g) *	Pulpa	Kora	Sjemenka
Ukupni fenoli	410.2±69.0	679.0±117.0	704.0±130.0
Flavonoidi	21.9±1.0	44.3±3.1	47.9±2.7
Karotenoidi	0.815±0.201	2.585±0.117	0.966±0.164
Vitamin C	1.2±0.7	4.1±2.7	2.6±1.1
Vitamin E	5.36±1.77	2.13±1.03	4.82±1.42

(*vrijednost predstavlja srednju vrijednost ± standardna devijacija mg bioaktivne komponente na 100 g mase svježeg avokada dobivene iz šest mjerenja)

Vinha i sur. (2013) proveli su istraživanje u kojem su uspoređivali sastav fitokemikalija jestivog (pulpa) i nejestivog (kora i sjemenka) dijela avokada sorte *Hass*, uzgojene u regiji Algarve u Portugalu, kao i njihovo antioksidacijsko djelovanje. Rezultati spomenutog istraživanja su pokazali da je pulpa bogata karotenoidima, fenolnim spojevima i flavonoidima. Iako se kora i sjemenka odbacuju tijekom prerade avokada, istraživanje pokazuje kako su upravo ovi dijelovi bogati fitokemikalijama. Kao što se i vidi iz tablice 5., kora i pulpa avokada sadrže veću količinu ukupnih fenola, flavonoida i karotenoida od jestive pulpe. Sjemenka se pokazala kao dio ploda s najvećim ukupnim sadržajem fenola i flavonoida. Što se tiče koncentracije vitamina C i E, najveće vrijednosti utvrđene su u pulpi i kori avokada. Rezultati određivanja antioksidacijske aktivnosti DPPH metodom ukazuju na veću antioksidacijsku aktivnost sjemenke avokada (43 %) u odnosu na koru (35 %) i pulpu (23 %) avokada (Vinha i sur., 2013). Prisutne navedene bioaktivne komponente avokada u njegovim nejestivim dijelovima ukazuju na mogućnost upotrebe tih nusproizvoda industrije prerade avokada kao poželjnu i jeftinu sirovinu za razvoj novih proizvoda u prehrambenoj, kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji.

2.2. SJEMENKA AVOKADA

2.2.1. Nutritivna vrijednost sjemenki avokada

Sjemenka avokada čini 13-24 % ukupne mase ploda avokada. Budući se za glavne proizvode od avokada, guacamole i ulje avokada koristi pulpa, sjemenka zajedno s korom zaostaje kao otpad (Cid-Pérez i sur., 2021). Već spomenutom povećanom proizvodnjom i potrošnjom avokada na svjetskoj razini povećava se i količina otpada od avokada (kore i sjemenke) koji uglavnom ostaje neiskorišten i opterećuje okoliš. Dosadašnja istraživanja pokazala su da je sjemenka avokada bogata različitim nutrijentima i fitokemikalijama. Izolacija tih spojeva omogućila bi njihovo daljnje korištenje bilo u prehrambenoj industriji za razvoj novih i funkcionalnih proizvoda ili u drugim industrijama poput kemijske ili farmaceutske.

Tablica 6. Nutritivni sastav i energetska vrijednost sjemenke avokada (*prema* Siol i Sadowska, 2023)

	Količina (g/100g)
Energetska vrijednost (kcal/100 g)	356
Masti (uključujući zasićene masne kiseline)	3.2 ± 0.01
Ugljikohidrati (uključujući šećere)	67.5 ± 0.01
Vlakna (od kojih netopiva netopiva)	21.6 ± 0.01 (18.7 ± 0.01)
Proteini	3.4 ± 0.01
Pepeo	1.6 ± 0.01

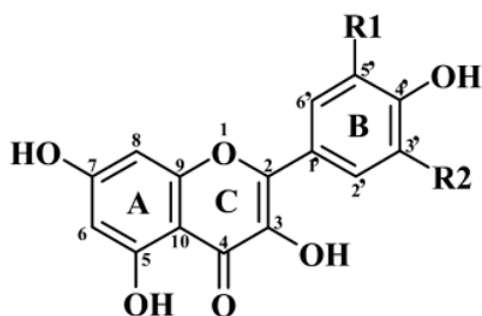
Tablica 6 prikazuje nutritivni sastav i energetska vrijednost praha sjemenke avokada dobivenog procesom liofilizacije. Ugljikohidrati čine značajan udio sastava praha sjemenki avokada, dok proteini i masti puno manji (Siol i Sadowska, 2023). Studije pokazuju dosta različite podatke

o kemijskom sastavu sjemenke avokada. Uglavnom, sadrži najviše ugljikohidrata, u rasponu od 44,7 % do 79,5 %. Većinu ugljikohidrata (oko 91 %) čini škrob. Količina proteina određena u sjemenkama avokada kreće se od 2,64 % do čak 23 %, dok se sadržaj masti kreće od 0,71 % do 14,1 % (Siol i Sadowska, 2023; Araújo i sur., 2018). Analiza masnih kiselina sjemenki avokada dokazala je prisutnost uglavnom oleinske kiseline, linolne kiseline i palmitinske kiseline (Báez-Magaña i sur., 2019). Sjemenka avokada je dobar izvor prehrambenih vlakana. U 100 grama praha sjemenke avokada nalazi se 21,6 g vlakana, od čega 18,7 g čine netopiva vlakna. Udio pepela u liofiliziranim sjemenkama avokada je oko 1,6 %. Dokazano je da sjemenke avokada sadrže vitamine poput vitamina A, C, E, tiamina (B1), riboflavina (B2) i niacina (B3). Procijenjena energetska vrijednost 100 g praha sjemenke avokada iznosi 356 kcal (Siol i Sadowska, 2023). Sjemenke avokada sadrže brojne minerale poput fosfora, kalija, kalcija, magnezija, natrija, klora, željeza, mangana, bakra i cinka (Gnaim i sur., 2023).

2.2.2. Fitokemikalije sjemenke avokada

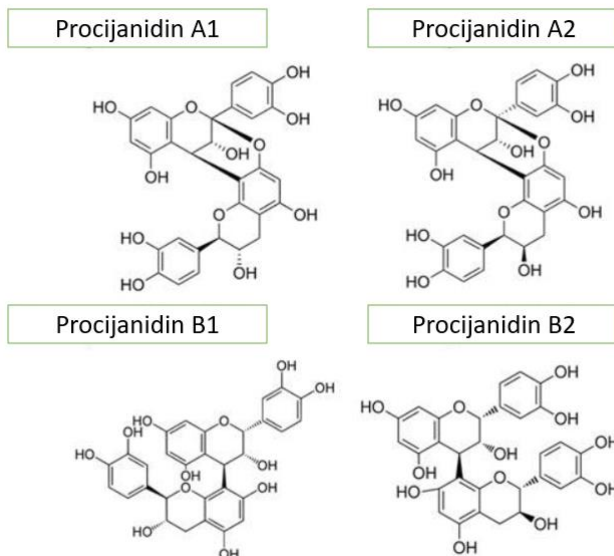
Utvrđeno je da na određivanje sastava i količine fitokemikalija u sjemenkama avokada utječu različite metode ekstrakcije, određivanja i identifikacije, kao i vrsta otapala koja se koristi u ekstrakciji. Također, na sastav fitokemikalija i njihovu količinu u sjemenki avokada utječe sorta, podneblje uzgoja, stupanj zrelosti i drugi čimbenici (Siol i Sadowska, 2023; Kupnik i sur., 2023).

Najzastupljeniji spojevi u sjemenki avokada, ujedno i nosioci antioksidacijske aktivnosti, su polifenolni spojevi, najrasprostranjenija, skupina sekundarnih biljnih metabolita. Među njima kao glavni antioksidansi, spojevi koji neutraliziraju slobodne radikale u organizmu, navode se monomeri flavonola, proantocijanidini te hidroksibenzojeva kiselina (Velderrain-Rodríguez i sur., 2021). Slika 2, slika 3 i slika 4 prikazuju njihove kemijske strukture.

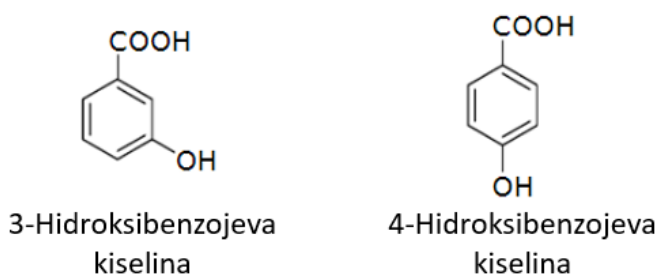


Naziv	R1	R2
Kvercetin	H	H
Kemferol	H	OH
Miricetin	OH	OH
Izorhamnetin	H	OCH ₃
	OH	OCH ₃

Slika 2. Kemijska struktura flavonola (Koponen i sur., 2008)



Slika 3. Kemijska struktura procijanidina (Ying i Jianmei, 2014)



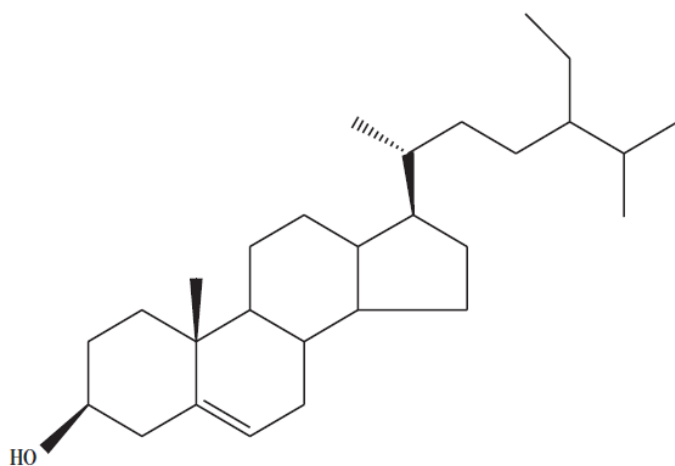
Slika 4. Kemijska struktura hidroksibenzojeve kiseline (Khadem i Marles, 2010)

Bioaktivni spojevi iz prirodnih izvora poput avokada od velikog su interesa za prehrambenu, farmaceutsku i kozmetičku industriju kako bi zamijenili neke od sintetskih spojeve kao što su BHA (butilirani hidroksianizol) i BHT (butilirani hidroksitoluen) koji su široko primijenjeni posebno u prehrambenim proizvodima. Sjemenke avokada predstavljaju vrlo dobar izvor bioaktivnih komponenti koje se mogu izolirati različitim metodama ekstrakcije. Analizom etanolnih ekstrakata sjemenki avokada identificirani su kondenzirani tanini, fenolne kiseline i flavonoidi kao što su katehin i razni procijanidini, flavonoli, hidroksibenzojeva i hidroksicimetna kiselina i drugi (Araújo i sur., 2020). Dokazano je da ti ekstrakti pokazuju antioksidativna, antikancerogena, antibakterijska, protuupalna i antihipertenzivna svojstva. Osim toga, pokazali su se sigurnima za upotrebu jer ne sadrže opasne količine potencijalno otrovnih i štetnih spojeva.

Najjače antioksidacijsko djelovanje pokazali su procijanidini i fenolne kiseline. Antioksidacijska aktivnost jedno je od najvažnijih svojstava fitokemikalija za prehrambenu industriju. Bitno antioksidacijsko svojstvo fitoemikalija je njihova uloga u sprječavanju procesa kvarenja hrane. Reakcije masti, proteina, šećera i vitamina s reaktivnim kisikom i dušikom negativno djeluju na kvalitetu proizvoda te njihova nutritivna i senzorska svojstva (Araújo i sur., 2020). Takve negativne promjene mogu se spriječiti dodatkom spojeva s antioksidacijskom aktivnošću koji će u tom slučaju reagirati s kisikom ili dušikom umjesto sastojaka hrane.

Proučavanjem citotoksične aktivnosti etanolnog ekstrakta sjemenke avokada na stanice raka Abubakar i sur. (2017) dokazali su prisutnost triterpenoida i njihovu moguću upotrebu kao antikancerogena sredstva.

Još jedna bioaktivna komponenta sjemenke avokada je β -sitosterol, fitosterol koji je kemijskom strukturom sličan životinjskom kolesterolu, a zaslužan je za anti-atoregeno, antikancerogeno, antimikrobno, antibakterijsko i antifungalno djelovanje. Kemijska struktura β -sitosterola prikazana je na slici 5 (Giffoni Leite i sur., 2009).



Slika 5. Kemijska struktura β -sitosterola (Giffoni Leite i sur., 2009)

Tablica 7. Bioaktivne komponente sjemenki avokada (prema Siol i Sadowska, 2023)

	Količina (mg/100g)
KAROTENOIDI	
Lutein	0.323 ± 0.001
FENOLNI SPOJEVI	
Galna kiselina	8.82 ± 0.4
Klorogenska kiselina	33.65 ± 1.31
p-Hidrobenzojeva kiselina	10.74 ± 0.45
Kafeinska kiselina	4.42 ± 0.11
Benzojeva kiselina	138.12 ± 9.61
Katehin	2.60 ± 0.02
Epigalokatehin	0.82 ± 0.00
Rutinozid-3-0-kvercetin	0.40 ± 0.05
Glikozid-3-0-kemferol	0.90 ± 0.03
Kvercetin	2.81 ± 0.09
Tanini	0.16 ± 0.01
Ukupni fenoli (mg GAE/1 g suhe tvari)*	62.10 ± 0.02

*GAE (Gallic Acid Equivalent)- ekvivalent galne kiseline

Prema istraživanju koje su proveli Siol i Sadowska (2023) u metanolnim ekstraktima liofiliziranih sjemenki avokada sorte *Hass* identificirani su polifenolni spojevi kao što su galna kiselina, klorogenska kiselina, p-hidroksibenzojeva kiselina, benzojeva kiselina, kafeinska kiselina, katehin, epigalokatehin, rutinozid-3-0-kvercetin, glikozid-3-0-kemferol i kvercetin te lutein koji pripada skupini karotenoida (tablica 7).

Kupnik i sur. (2023) su između ostalog istraživali biološki aktivne sastojke sjemenke avokada različitim ekstrakcijskim otapalima (voda, etanol, superkrični ugljični dioksid) i metodama (ultrazvučna ekstrakcija, Soxlet ekstrakcija, ekstrakcija superkričnim fluidima) koje su identificirali visokodjelotvornom tekućinskom kromatografijom (HPLC). Identificirali su ukupno 14 fenolnih spojeva. Rezultati su pokazali da su antocijani i kumarini bili prisutni u ekstraktima pripremljenim ultrazvučnom (voda) i Soxlet (etanol) ekstrakcijom, no ne i u ekstraktima pripremljenim superkričnim fluidom (CO₂ uz dodatak etanola). Ta razlika u ekstrakciji može se objasniti različitom polarnošću korištenih otapala.

Pojedini sekundarni biljni metaboliti prisutni u sirovim sjemenkama avokada poput fitata, oksalata i cijanogenih glikozida zbog svoje potencijalne toksičnosti mogu biti opasni ukoliko se koriste u prehrani ljudi i životinja. Međutim studije pokazuju da različite tehnike prerade sjemenki avokada poput kuhanja, namakanja i drugih uspješno deaktiviraju i inhibiraju njihova štetna djelovanja (Talabi i sur., 2016).

2.2.3. Enzimi sjemenke avokada

Biljke su vrlo vrijedan izvor različitih enzima. Već spomenuti autori, Kupnik i sur. (2023), koji su koristili različite metode ekstrakcije i otapala za ekstrakciju bioaktivnih komponenti sjemenki avokada, istražili su i prisutnost enzima u ekstraktima sjemenki avokada i njihovu aktivnost. Njihovi rezultati ukazuju na veliku enzimsku aktivnost ekstrakata sjemenki avokada zahvaljujući prisutnosti enzima poput celulaze, lipaze, peroksidaze, polifenol oksidaze, proteaze, transglutaminaze i superoksid dismutaze (tablica 8).

Tablica 8. Aktivnost enzima sjemenke avokada u ekstraktima dobivenim ultrazvučnom ekstrakcijom (UE; voda), Soxhlet ekstrakcijom (SE; etanol) i ekstrakcijom superkritičnom tekućinom (SFE; CO₂+etanol) (prema Kupnik i sur., 2023).

ENZIMI	AKTIVNOST (U/g ± SD)		
	UE; voda	SE; etanol	SFE; CO ₂ +etanol
Celulaza	-	-	30,74 ± 0,11
Lipaza	56,30 ± 0,49	-	24,54 ± 0,20
Peroksidaza	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Polifenol oksidaza	4087,50 ± 71,43	4250,00 ± 84,01	3451,99 ± 47,17
Proteaza	0,10 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,33 ± 0,03
Transglutaminaza	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,00	0,02 ± 0,00
Superoksid dismutaza	1435,97 ± 21,41	3123,97 ± 69,05	638,5 ± 15,99

Djelovanje svih navedenih enzima je prisutno samo u ekstraktima dobivenim ekstrakcijom superkritičnom tekućinom (CO₂ uz etanol) i to upućuje na mogućnost njihove primjene u raznim granama industrije. Aktivnost celulaze i lipaze nije utvrđena u ekstraktima dobivenim Soxhlet ekstrakcijom, kao ni aktivnost lipaze u ekstraktu dobivenom ultrazvučnom

ekstrakcijom. Celulaza je enzim koji pokazuje potencijalno djelovanje u borbi protiv bakterija otpornih na antibiotike te korisno djelovanje u pretvorbi poljoprivrednog otpada u bioetanol i šećer. Lipaze su enzimi vrlo korisni u komercijalnoj industrijskoj upotrebi, stoga sjemenke avokada predstavljaju mogući izvor za eksploataciju lipaze. Peroksidaze su važni enzimi s antioksidacijskim djelovanjem koji se primjenjuju u medicini, poljoprivredi i brojnim drugim područjima.

Prema provedenom istraživanju (Kupnik i sur., 2023) aktivnost polifenol oksidaze (PPO) je najviše izražena u svim ekstraktima. PPO je enzim odgovoran za posmeđivanje sjemenke avokada. U prisutnosti kisika polifenol oksidaza procesom oksidacije pretvara fenolne spojeve u različite kinone koji u daljnjim reakcijama stvaraju melanin, tamni pigment odgovoran za tamnu boju. Rezanjem ili mljevenjem sjemenke avokada na zraku dolazi do brzog razvoja crveno-narančaste boje koja je rezultat enzimske oksidacije pigmenta perseorangina (žuto-narančastog pigmenta) pomoću PPO. Ta promjena boje perseorangina iz žuto-narančaste u crveno-narančastu boju posredstvom PPO je vrlo brza i prikazana je na slici 6.



Slika 6. Promjena boje prerezane sjemenke avokada oksidacijom perseorangina uz prisustvo enzima polifenoloksidaze (vlastita fotografija)

Proteaze su enzimi korišteni u medicini zbog svog širokog spektra terapijskih djelovanja. Bioaktivnim peptidima dobivenim iz biljnih proteaza dokazana su antimikrobna, antioksidativna, protuupalna i antidijabetička svojstva. Transglutaminaza predstavlja važan enzim u prehrambenoj industriji, najčešće korišten kao aditiv u hrani, a pokazuje i potencijalno djelovanje u procesu zacjeljivanja rana.

Enzim superoksid dismutaza zbog antioksidacijskog i protuupalnog učinka predstavlja potencijalnu primjenu u medicini (Kupnik i sur., 2023).

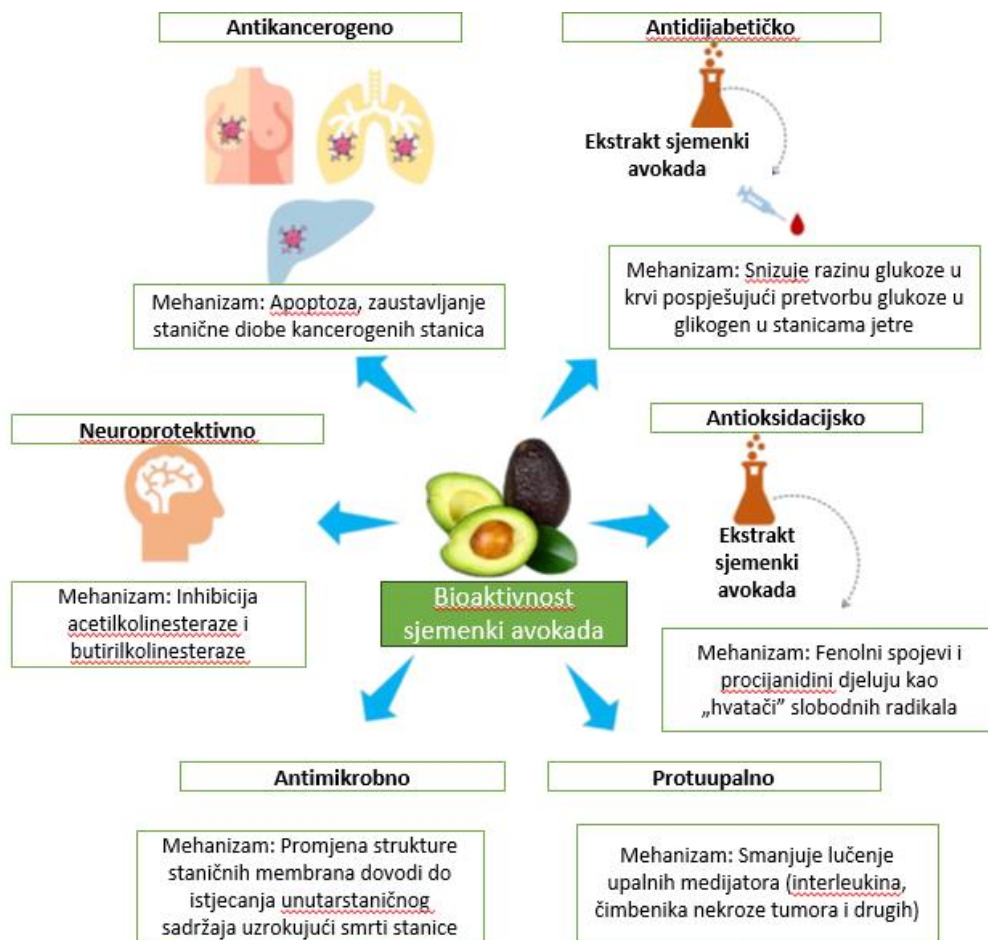
2.2.4. Toksini sjemenke avokada

Nedostatak komercijalne primjene sjemenki avokada povezan je s nedovoljno istraženom njihovom sigurnosti zbog prisutnosti različitih antinutrijenata koji mogu pokazivati toksični učinak. Cijanogeni glikozidi poput persina i amigdalina predstavljaju jedne od takvih spojeva (Sjol i Sadowska, 2023). Persin je acetogenin izvorno izoliran iz lišća avokada no nalazi se i u sjemenkama avokada (Brooke i sur., 2011). Sjemenka avokada sadrži najveće količine ukupnih acetogenina ($2,31 \pm 0,29$ %) od kojih 14 % čini persin. Funkcija acetogenina avokada je pružiti biljci zaštitu tj. obranu od kukaca i raznih patogena (Rodríguez-Sánchez i sur., 2019). Otkriveno je da persin predstavlja toksin za stoku u laktaciji, inhibira rast ličinki nekih kukaca te pokazuje antifungalna svojstva. Također, persenoni A i B zajedno s persinom inhibiraju stvaranje superoksida i dušikova oksida u staničnim kulturama, te stoga mogu služiti kao kemoprotektivni agensi protiv karcinoma (Ding i sur., 2007). Amigdalin je vrlo zanimljiv spoj u medicinskom smislu jer s jedne strane pokazuje antikancerogeno djelovanje, a s druge strane toksično djelovanje putem enzimske razgradnje i proizvodnje cijanovodične kiseline. Velike koncentracije amigdalina mogu uzrokovati trovanje cijanidom (Jaszczak-Wilke i sur., 2021). Sadržaj amigdalina u liofiliziranim sjemenkama avokada je zanemariv i ne predstavlja opasnost na konzumaciju sjemenki avokada. Budući da učinci persina na ljudski organizam još nisu poznati i točno definirani, potrebna su daljnja istraživanja o sigurnosti konzumacije sjemenke avokada (Sjol i Sadowska, 2023).

2.2.5. Funkcionalna svojstva sjemenke avokada

Ekstrakti ostataka avokada, posebno sjemenki avokada, već se dugo koriste u tradicionalnoj medicini za liječenje mnogih bolesti. Antioksidacijsko, antimikrobno, antibakterijsko, antifungalno, proutupalno, antihipertenzivno, antidijabetičko, te larvicidno djelovanje kao i inhibicija oksidacije lipida i proteina hrane, samo su od nekih neka od istraženih i dokazanih bioaktivnih djelovanja koja ih čine namirnicom zanimljivih svojstva s širokom potencijalom primjenom u svim granama industrije (Araújo i sur., 2018). Iskorištenje sjemenki avokada je važno budući da predstavljaju nusproizvod industrije prerade avokada stvarajući time velike količine otpada. Istraživanja su pokazala kako je upravo bogat kemijski i fitokemijski sastav sjemenki avokada je zaslužan za njihova brojna funkcionalna svojstva koja omogućuju njihovu

primjenu u brojnim industrijama (prehrambenoj, farmaceutskoj, kozmetičkoj industriji i drugima). Fitokemikalije tj. bioaktivni spojevi sjemenki avokada pokazali su pozitivan učinak na zdravlje ljudi smanjujući učestalost oboljenja od karcinomom te smanjenjem pojave razvoja bolesti poput dijabetesa tipa 2 i kardiovaskularnih bolesti (Yepes-Betancur i sur., 2021). Također, primjena fitokemikalija iz sjemenki avokada u proizvodnji i osmišljavanju novih proizvoda pokazuje dobre rezultate zbog njihovih poželjnih karakteristika poput antioksidacijske i antibakterijske aktivnosti. Time se dobiju novi proizvodi povećane kvalitete, produljenog roka trajanja i sigurniji za konzumaciju (Araujo i sur., 2021). Slika 7 prikazuje raznoliku bioaktivnost sjemenki avokada na kojoj se temelji njihova raznolika primjena (Bangar i sur., 2022).



Slika 7. Utjecaj bioaktivnih sastojaka sjemenki avokada u organizmu (prema Bangar i sur., 2022)

2.2.6. Antioksidacijsko djelovanje

Sjemenke avokada predstavljaju veći izvor antioksidansa od većine voća i povrća. Čak 57 % antioksidacijske aktivnosti avokada dolazi od sjemenki avokada upravo zahvaljujući velikom postotku fenolnih spojeva. Svega 13 % fenolnih spojeva se nalazi u jestivom dijelu avokada (pulpi) dok ih je u kori 23 %, a sjemenki 64 %. Također, 70% svih antioksidansa avokada se nalaze u sjemenki avokada (Bahru i sur., 2019). Antioksidansi sjemenki avokada pokazuju antioksidacijsko djelovanje uklanjajući slobodne radikale nastale uslijed oksidativnog stresa i autooksidacije lipida i lipoproteina i time smanjujući rizik od pojave bolesti poput dijabetesa, kardiovaskularnih bolesti, bolesti dišnog sustava, karcinoma, neurodegenerativnih bolesti te mnogih drugih. Dosadašnja istraživanja pokazuju potencijalnu upotrebu različitih ekstrakata sjemenki avokada u prehrambenoj industriji kao antioksidativnih aditiva (Bangar i sur., 2022).

2.2.7. Antimikrobno djelovanje

Sjemenke avokada kao otpad industrije avokada predstavljaju veliki interes u istraživanju bioaktivnih komponenti koje mogu djelovati antimikrobno. Rezultati različitih istraživanja dokazali su antimikrobni učinak prisutnih fenolnih spojeva sjemenki avokada mijenjajući funkciju staničnih membrana bakterija i time inhibirajući rast i razmnožavanje bakterija. Uočen je i antimikrobni učinak prisutnih masnih masnih kiselina (npr. palmitinske kiseline) i njihovih derivata acetogenina (npr. avokadena, persina, persediena i persenona A, B i C) dobivenih iz sjemenki avokada. Sinergističko djelovanje fenolnih spojeva poput hesperidina, kvercetina, benzojeve kiseline, 2,3-dihidroksibenzojeve kiseline, 4-hidroksibenzojeve kiseline, kafeinske kiseline, klorogenske kiseline, cimetine kiseline, p-kumarinske kiseline, ferulinske kiseline, galne kiseline, salicilne kiseline i o-vanilina također utječe na antimikrobnu učinkovitost ekstrakata sjemenki avokada. Ekstrakti sjemenki avokada inhibiraju rast mikroorganizama poput *Candida* spp., *Cryptococcus neoformans*, *Malassezia pachydermatis*, *Corynebacterium ulcerans*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Salmonella typhi*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Trichomoniasis vaginalis*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Clostridium sporogenes*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aspergillus niger*, *Porphyromonas gingivalis*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas* spp., *Penici Yarrowia lipolytica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus*

epidermidis, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella enteritidis*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Zygosaccharomyces bailii*, *Aspergillus flavus* i *Penicillium* spp. (Kupnik i sur., 2023).

2.2.8. Antikancerogeno djelovanje

Dokazano je da sintetski lijekovi korišteni u liječenju karcinoma imaju pozitivne terapijske učinke, no pri tom i značajnu toksičnost za normalne, zdrave stanice, što predstavlja problem u njihovoj upotrebi. Zbog svoje zdravstvene sigurnosti i pozitivnog učinka na jačanje imuniteta ljudi, biljni izvori postaju važni u razvitku lijekova s nižom toksičnošću. Mehanizam njihova antikancerogena djelovanja je u zaustavljanju stanične diobe stanica karcinoma tj. pojave apoptoze. Bioaktivni spojevi sjemenke avokada pokazuju potencijalna ljekovita svojstva na ljudskim i životinjskim kancerogenim staničnim linijama. Primjer navedenog su polifenoli sjemenki avokada koji mogu inhibirati kancerogene stanice kod karcinom pluća, karcinoma debelog crijeva, karcinoma prostate te karcinoma dojke. Također je zabilježeno citotoksično djelovanje triterpenoida na stanice navedenih karcinoma. Isto djelovanje pokazuju i etanolni ekstrakti fenolnih spojeva, alkaloida, glikozida i sponina sjemenki avokada na stanične linije karcinoma dojke. Ciljano citotoksično djelovanje lipidnih ekstrakata sjemenki avokada dokazano je protiv karcinoma jetre i karcinoma dojke (Bangar i sur., 2022).

2.2.9. Antidijabetičko djelovanje

S ciljem smanjenja nuspojava lijekova korištenih u liječenju dijabetesa tipa 2, prirodni izvori spojeva s antidijabetičkim svojstvima postaju sve traženiji. Antidijabetičko djelovanje sjemenki avokada je slično djelovanju tiazolidindionima, smanjujući inzulinsku rezistenciju vezanjem na receptor gama aktiviran proliferatorom peroksisoma. Istraživanja na štakorima su pokazala da uključivanje sjemenki avokada u prehranu omogućuje smanjenje koncentracije glukoze u krvi ispitivanih štakora radi prisutnosti bioaktivnih spojeva koji pospješuju pretvorbu glukoze u glikogen u stanicama jetre. Iako su potrebna daljnja istraživanja, poznato je da ekstrakti sjemenki avokada utječu na smanjenje glikemije i pospješuju obnavljanje oštećenih stanica gušterače (Bangar i sur., 2022).

2.2.10. Neuroprotektivno djelovanje

Sjemenke avokada tj. njihove fitokemikalije pokazuju pozitivan učinak prilikom liječenja neurodegenerativnih bolesti. Studije o liječenju Alzheimerove bolesti, moždanom poremećaju kojeg karakterizira postupno propadanje živčanih stanica što dovodi do pada kognitivnih sposobnosti čovjeka, pokazuju upotrebu fenolnih spojeva sjemenki avokada u suvremenim metodama liječenja uzroka ove bolesti. Fenolni spojevi sjemenki avokada poput kafeinske kiseline omogućuju inhibiciju acetilkolinesteraze i butirilkolinesteraze, enzima zaslužnih za razgradnju acetilkolina i butirilkolina. Inhibicijom njihove razgradnje povećava se razina neurotransmitera u sinaptičkim pukotinama koji rezultiraju poboljšanom komunikacijom živčanih stanica i a time i smanjenjem simptoma ove neurodegenerativne bolesti (Bangar i sur., 2022).

2.2.11. Protuupalno djelovanje

Istraživanja pokazuju da bioaktivni spojevi sjemenki avokada mogu biti vrlo učinkoviti u liječenju upalnih procesa. Lipidni poliolni spojevi sjemenki avokada pokazuju protuupalno djelovanje koje se temelji na inhibiciji lučenja fosfolipaze A, enzima koji predstavlja važnu ulogu u upalnim procesima organizma. Takvi protuupalni spojevi izolirani iz sjemenki avokada su olefin A, acetilen B, olefin B i acetilen A. Flavonoidi sjemenki avokada također pokazuju sposobnost protuupalnog djelovanja temeljeno na njihovom antioksidacijskom djelovanju tj. sposobnosti vezanja slobodnih radikala i utjecaju na djelovanje enzima uključenih u sintezu arahidonske kiseline što predstavlja jedan od najbitnijih mehanizama protuupalnog djelovanja (Lye i sur., 2019)

2.2.12. Industrijska primjena sjemenki avokada

Prehrambena industrija i poljoprivreda stvaraju velike količine otpada. Dio tog otpada koristi se kao gnojivo za tlo ili stočna hrana, a dio je potrebno obraditi kako bi se u što manjoj mjeri opterećivalo okoliš . Procijenjeno je da se trećina proizvedene hrane za ljudsku prehranu baca, što je približno 1600 milijuna tona otpada godišnje (Astudillo i sur., 2023). Industrija prerade avokada proizvede do 1,3 milijuna tona otpada godišnje. Recikliranjem biootpada, a tako i

sjemenki avokada zaostalih nakon prerade avokada, mogu se postići ekološka i financijska korist i to njihovom širokom primjenom u brojnim industrijama (Gnaim i sur., 2023). Dobra fizikalna i kemijska svojstva lipidnih sastojaka, polifenola, škroba i vlakana sjemenki avokada te niska cijena ove sirovine, budući da predstavlja nusproizvod prerađivačke industrije avokada čine ih pogodnim u primjeni u proizvodnji novih proizvoda ili u obogaćivanju već postojećih (Araujo i sur., 2018). Prehrambena industrija ulaže velike napore u pronalasku izvora pigmenta koji mogu pronaći svoju primjenu kao prirodna bojila. Sve veća saznanja o negativnom utjecaju umjetnih bojila na zdravlje, potaknula su proizvođače na sve češće korištenje prirodnih bojila. Odličan primjer takvog izvora su sjemenke avokada, koje usitnjene u prisutnosti zraka daju crveno-narančasti prah u reakciji ovisnoj o enzimu polifenol oksidazi. Analiza toga praha pokazuje najveću prisutnost perseorangina, glikoziliranog spoja koji dolazi u obliku žuto-narančaste krutine. Iako su potrebna daljnja istraživanja u definiranju njegovih svojstava, podaci pokazuju potencijalnu upotrebu u prehrambenoj industriji u obliku prirodnog bojila (Hatzakis i sur., 2019). Škrob iz sjemenki avokada predstavlja potencijalni alternativni izvor škroba. Škrob se koristi u prehrambenoj industriji zbog svojih odličnih svojstva poput zgušnjavanja, želiranja te stabilizacije koja su bitna za postizanje i poboljšanje viskoznosti, teksture i konzistencije prehrambenih proizvoda. Također, široko se primjenjuje u farmaceutskoj industriji te kao važan sastojak biorazgradivih polimera korištenih za pakiranje hrane. Škrob sjemenki avokada pokazuje potencijalnu primjenu u proizvodima kao što su dječja hrana, umaci, proizvodi od kruha, žele smjese, bomboni i kobasice (Chel-Guerrero i sur., 2016). Postojeći patenti korištenja sjemenki avokada se odnose na upotrebu praha sjemenki avokada u proizvodnji čaja zbog svog antioksidacijskog djelovanja. Neke od ostalih primjena praha i ekstrakata sjemenki avokada su u proizvodnji instant juha i pića, kao stabilizator, kao nutraceutik, u mesnoj industriji kao antioksidans i antibakterijsko sredstvo, kao prirodni konzervans te kao izvor vlakana u kruhu, kolačima i keksima (Bangar i sur., 2022).

3. ZAKLJUČCI

1. Sjemenka avokada je bogat izvor ugljikohidrata, proteina, lipida, vlakana, vitamina, minerala i fitokemikalija što ju čini vrlo nutritivno vrijednom namirnicom. Visok udio škroba, vlakana, masnih kiselina te polifenolnih spojeva samo su od nekih komponenti sjemenke avokada koji su zaslužni za njena odlična funkcionalna svojstva.
2. Prisutnost fitokemikalija, posebno brojnih flavonoida i fenolnih kiselina te njihovo sinergističko djelovanje zaslužno je za veliku bioaktivnost sjemenke avokada. Antimikrobno, antioksidacijsko, antikancerogeno, antidijabetičko, neuroprotektivno i protuupalno djelovanje pokazuje pozitivan učinak sjemenke avokada na zdravlje.
3. Vrijedan nutritivni sastav i bioaktivnost sjemenke avokada čini je vrijednom sirovinom za primjenu u prehrambenoj, farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji. Stvarajući nove proizvode i iskorištavanjem otpada industrije prerade avokada tj. sjemenki avokada dolazi do pojave održive proizvodnje koja predstavlja cilj današnje industrije.

4. POPIS LITERATURE

Abubakar ANF, Achmadi SS, Herawati Suparto IH (2017) Triterpenoid of avocado (*Persea americana*) seed and its cytotoxic activity toward breast MCF-7 and liver HepG2 cancer cells. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* **7**, 397-400. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.01.010>

Araújo RG, Rodríguez-Jasso RM, Ruiz HA, Govea-Salas M, Pintado M, Aguilar CN (2020) Process optimization of microwave-assisted extraction of bioactive molecules from avocado seeds. *Industrial Crops & Products* **154**, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112623>

Araujo RG, Rodríguez-Jasso RM, Ruíz HA, Govea-Salas M, Pintado M, Aguilar CN (2021) Recovery of bioactive components from avocado peels using microwave-assisted extraction. *Food and Bioproducts Processing* **127**, 152-161. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.02.015>

Araújo RG, Rodríguez-Jasso RM, Ruiz HA, Pintado M, Aguilar CN (2018) Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology* **80**, 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>

Astudillo A, Rubilar O, Briceño G, Diez M, Schalchli H (2023) Advances in Agroindustrial Waste as a Substrate for Obtaining Eco-Friendly Microbial Products. *Sustainability* **15**. <https://doi.org/10.3390/su15043467>

Báez-Magaña M, Ochoa-Zarzosa A, Alva-Murillo N, Salgado-Garciglia R, López-Meza JE (2019) Lipid-Rich Extract from Mexican Avocado Seed (*Persea americana* var. *drymifolia*) Reduces *Staphylococcus aureus* Internalization and Regulates Innate Immune Response in Bovine Mammary Epithelial Cells. *Journal of Immunology Research*, **2019**. <https://doi.org/10.1155/2019/7083491>

Bahru T, Tadele, Ajebe E (2019) A Review on Avocado Seed: Functionality, Composition, Antioxidant and Antimicrobial Properties. *Chemical Science International Journal* **27**, 1-10. <https://doi.org/10.9734/CSJI/2019/v27i230112>

Bangar SH, Dunno K, Dhull SB, Siroha AK, Changan S, Maqsood S, Rusu AV (2022) Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. *Chemistry: X* **16**. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100507>

- Brooke DG, Shelley EJ, Roberts CG, Denny WA, Sutherland RL, Butt AJ (2011) Synthesis and in vitro evaluation of analogues of avocado-produced toxin (+)-(R)-persin in human breast cancer cells. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* **19**. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2011.10.006>
- Chel-Guerrero L, Barbosa-Martín E, Martínez-Antonio A, González-Mondragón E, Betancur-Ancona D (2016) Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International Journal of Biological Macromolecules* **86**, 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.052>
- Cid-Pérez TS, Hernández-Carranza P, Ochoa-Velasco CE, Ruiz-López II, Nevárez-Moorillón G, Avila-Sosa R (2021) Avocado seeds (*Persea americana* cv. Criollo sp.): Lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Biological Sciences* **28**. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.087>
- Ding H, Chin YW, Kinghorn AD, D'Ambrosio SM (2007) Chemopreventive characteristics of avocado fruit. *Seminars in Cancer Biology* **17**, 386-394. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2007.04.003>.
- FAO (2021) Value of Agricultural Production. FAO- Food and Agriculture Organization, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>. Pristupljeno 20. lipnja 2023.
- Giffoni Leite JJ, Brito EH, Cordeiro RA, Brillhante RS, Sidrim JJ, Bertini LM i sur. (2009) Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of *Persea americana* (avocado) seed extracts. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* **42**, 110-113. <http://dx.doi: 10.1590/s0037-86822009000200003>
- Gnaim R, Unis R, Gnayem N, Das J, Shamis O, Gozin M i sur. (2023) Avocado seed waste bioconversion into poly(3-hydroxybutyrate) by using *Cobetia amphilecti* and ethyl levulinate as a green extractant. *International Journal of Biological Macromolecules* **239**. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124371>
- Gutiérrez-Díez A, Sánchez-González EI, Torres-Castillo JA, Cerda Hurtado IM, Ojeda-Zacarias MDC (2015) Genetic Diversity of Mexican Avocado in Nuevo Leon, Mexico. <http://dx.doi.org/10.5772/59795>

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

Jaszczak-Wilke E, Polkowska Ż, Koprowski M, Owsianik K, Mitchell AE, Bałczewski P (2021) Amygdalin: Toxicity, Anticancer Activity and Analytical Procedures for Its Determination in Plant Seeds. *Molecules* **26**. <https://doi.org/10.3390/molecules26082253>

Khadem S i Marles R (2010) Monocyclic Phenolic Acids; Hydroxy- and Polyhydroxybenzoic Acids: Occurrence and Recent Bioactivity Studies. *Molecules (Basel, Switzerland)* **15**. <https://doi.org/10.3390/molecules15117985>.

Koponen J, Happonen A, Auriola S, Kontkanen H, Buchert J, Poutanen K i sur. (2008) Characterization and Fate of Black Currant and Bilberry Flavonols in Enzyme-Aided Processing. *Journal of agricultural and food chemistry* **56**. <https://doi.org/10.1021/jf703676m>

Kupnik K, Primožič M, Kokol V, Knez Ž, Leitgeb M (2023) Enzymatic, Antioxidant, and Antimicrobial Activities of Bioactive Compounds from Avocado (*Persea americana* L.) Seeds. *Plants* **12**. <https://doi.org/10.3390/plants12051201>

Lye HS, Kying Ong M, Kuan Teh L, Cheen Chang C, Keat Wei L (2019) Avocado. Galanakis CM (2019) Valorization of Fruit Processing By-products, 1.izd., Academic Press, London, str. 67-89

Morton JF (2013) Fruits of Warm Climates, Echo Point Books and Media, Sjedinjene Američke Države

Nyakang'i CO, Ebere R, Marete E, Arimi JM (2023) Avocado production in Kenya in relation to the world, Avocado by-products (seeds and peels) functionality and Utilization in food products. *Applied Food Research* **3**, 100275. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100275>

Ramos-Aguilar AL, Ornelas-Paz J, Tapia-Vargas LM, Gardea-Béjar AA, Yahia EM, Ornelas-Paz JJ, i sur. (2021) Effect of cultivar on the content of selected phytochemicals in avocado peels. *Food Research International* **140**, 110024. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110024>

Rodríguez-Sánchez DG, Pacheco A, Villarreal-Lara R, Ramos-González MR, Ramos-Parra PA, Granados-Principal S i sur. (2019) Chemical Profile and Safety Assessment of a Food-

Grade Acetogenin-Enriched Antimicrobial Extract from Avocado Seed. *Molecules* **24**. <https://doi.org/10.3390/molecules24132354>

Siol, M.; Sadowska, A. (2023) Chemical Composition, Physicochemical and Bioactive Properties of Avocado (*Persea americana*) Seed and Its Potential Use in Functional Food Design. *Agriculture* **13**, 316. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020316>

Talabi J, Osukoya O, Ajayi OO & Adegoke GO (2016) Nutritional and antinutritional compositions of processed Avocado (*Persea americana* Mill) seeds. *Asian Journal of Plant Science & Research* **6**, 6-12

Velderrain-Rodríguez GR, Salvia-Trujillo L, González-Aguilar GA, Martín-Belloso O (2021) Interfacial activity of phenolic-rich extracts from avocado fruit waste: Influence on the colloidal and oxidative stability of emulsions and nanoemulsions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **69**. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102665>

Vinha AF, Moreira J, Barreira SVP (2013) Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (*Persea americana* Mill.). *The Journal of Agricultural Science* **5**, 100-109. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v5n12p100>

Yepes-Betancur DP, Márquez-Cardozo CJ, Cadena-Chamorro EM, Martínez-Saldarriaga J, Torres-León C, Ascacio-Valdes A i sur. (2021) Solid-state fermentation – assisted extraction of bioactive compounds from hass avocado seeds. *Food and Bioproducts Processing* **126**, 155-163. <https://doi.org/10.1016>

Ying L i Jianmei Y(2014) Research Progress in Structure-Activity Relationship of Bioactive Peptides. *Journal of medicinal food* **18**. <https://doi.org/10.1089/jmf.2014.0028>

Izjava o izvornosti

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

Anja Garašić
Vlastoručni potpis