

VALORIZACIJA SJEMENKI KAO NUSPROIZVODA HORTIKULTURNE PROIZVODNJE

MONIKA VIDAK^{1,2}, R. TURKOVIĆ¹, KLAUDIJA CAROVIĆ-STANKO^{1,2}

¹Zavod za biljnu bioraznolikost, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Department of plant biodiversity, University of Zagreb Faculty of Agriculture

²Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja
Centre of excellence for biodiversity and molecular plant breeding

SAŽETAK

Diljem svijeta stvara se golema količina poljoprivrednoga prehrambenog otpada i nusproizvoda koji sadrže vrijedne bioaktivne spojeve, a smanjivanje otpada od hrane i nusproizvoda prva je opcija za izbjegavanje ekoloških problema te pomoć gospodarstvu i društvu. Vrste poput rajčice, jabuke, avokada, lubenice, koštičavoga voća te agruma nakon prerade ostavljaju nusproizvode, među kojima su u velikom postotku sjemenke (između 15 i 40 % svježe mase ploda) koje se smatraju otpadom. Sjemenke spomenutih vrsta bogate su bjelančevinama, lipidima, vitaminima, mineralima, fenolima i flavonoidima te imaju antioksidativna, antimikrobna, protuupalna, antikancerogena i druga svojstva, što ih čini vrlo blagotvornima za ljudsko zdravlje. Unatoč raznim prednostima i mogućoj primjeni, ove sjemenke još nisu prepoznate od strane industrije kao vrijedna sirovina. ValORIZACIJA nusproizvoda hrane, u ovome slučaju sjemenki, jedna je od najzanimljivijih strategija u ovome području kako bi se iskoristila njihova nutritivna svojstva za dobivanje novih proizvoda s visokim zdravstvenim prednostima i dodanom vrijednošću u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji te nutraceutici kroz održivu tehnologiju.

Ključne riječi: nusproizvodi, nutritivni sastav, sjemenke, zdravstvene prednosti

UVOD

Potražnja za voćem i povrćem znatno je porasla zbog povećanja svjetske populacije, promjena prehrambenih navika i percepcije potrošača o zdravstvenim prednostima ovih proizvoda (Zia i sur., 2021.; Capanoglu i sur., 2022.). Samim time je industrija voća i povrća najveći i najbrže rastući segment svjetskoga tržišta poljoprivredne proizvodnje (Osorio i sur., 2021.). Procesuiranjem plodova ovih vrsta u sokove, džemove, umake, dehidrirane proizvode i drugo dolazi do stvaranja mnogih nusproizvoda i otpada kao što su kožica, kora, sjemenke i neiskorištena pulpa

(Torres-León i sur., 2018.; Zia i sur., 2021.). Iako je nusproizvod okarakteriziran kao sekundaran, dobiven proizvodnjom glavnoga proizvoda i često s tržišnom vrijednošću, danas je većina nusproizvoda namijenjena hranidbi životinja, odlaganju na odlagalištima, kompostiranju i spaljivanju (Tlais i sur., 2020.; Tiwari i Khawas, 2021.). Na svjetskoj razini stvara se golema količina poljoprivrednih i prehrambenih nusproizvoda i otpada, koji utječu na sigurnost hrane, profitabilnost proizvođača, potrošačke cijene, zagađenje okoliša i u konačnici na klimatske promjene, a njihovo iskorištavanje predstavlja izazov i potrebu u svakodnevnome životu (Osorio i sur., 2021.; Tiwari i Khawas, 2021.; Zia i sur., 2021.; Capanoglu i sur., 2022.).

Ovi nusproizvodi izvor su vrijednih spojeva kao što su bjelančevine, lipidi, vlakna, ugljikohidrati, mikronutrijenti i bioaktivni spojevi te se mogu iskoristiti kao prirodni antioksidansi, konzervansi i dodaci u prehrambenoj, farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji ili u proizvodnji energije i bioetanolu, uz ostvarenje dodatnoga prihoda (Torres-León i sur., 2018.; Tlais i sur., 2020.; Ben-Othman i sur., 2020.; Matei i sur., 2021.; Osorio i sur., 2021.; Tiwari i Khawas, 2021.). Valorizacija nusproizvoda hrane kako bi se iskoristila njihova nutritivna svojstva za dobivanje novih proizvoda s visokim zdravstvenim prednostima i dodanom vrijednošću u prehrambenoj industriji održivom tehnologijom jedna je od najzanimljivijih strategija u ovome području (Torres-León i sur., 2018.; Tlais i sur., 2020.; Capanoglu i sur., 2022.). Iako su sjemenke frakcije sirovine koje se najvećim dijelom rasipaju u preradi voća i povrća te čine između 15 i 40 % svježe mase ploda (Osorio i sur., 2021.), njihova se valorizacija i prerada još uvijek ne razmatraju u potpunosti unatoč bogatosti i jedinstvenom fitokemijskom sastavu (Farag i sur., 2022.). Osim bogatoga nutritivnog sastava, sjemenke raznih vrsta sadrže i antinutritivne tvari (tanine, fitate, oksalate i dr.) koje blokiraju ili inhibiraju važne metaboličke procese, posebno probavne, te smanjuju bioraspoloživost hranjivih tvari kao što su bjelančevine, vitamini i minerali (Sunday i sur., 2013.), pa je stoga osiguranje kvalitete i sigurnosti ovih nusproizvoda od iznimne važnosti (Capanoglu i sur., 2022.).

Cilj je ovoga rada istražiti nutritivnu vrijednost i zdravstvene prednosti sjemenki pojedinih vrsta koje su otpad u industriji te utvrditi njihov potencijal za ljudsku upotrebu.

Sjemenke rajčice

Rajčica (*Solanum lycopersicum* L.) je jednogodišnja vrsta iz porodice Solanaceae koja se koristi svježa, ali i u prerađenome obliku (Tlais i sur., 2020.). Ubraja se među najuzgajnije vrste povrća te je njezina proizvodnja u svijetu u 2021. godini bila nešto više od 189 milijuna tona (FAOSTAT, 2023.). Preradom plodova rajčice u razne umake, sokove, piree, sušeni prah i drugo stvara se značajna količina otpada u obliku komine rajčice, koja uključuje kožicu i sjemenke koje predstavljaju čak 10 % težine ploda svježe rajčice (Casa i sur., 2021.; Kumar i sur., 2021.). Trenutačno se ti ostatci koriste kao hrana za životinje ili se, u najgorem slučaju, odlažu, čime se stvara velika količina otpada bogatoga visokovrijednim spojevima (Casa i sur., 2021.). Sjemenke

rajčice važan su izvor bjelančevina (do 35 %) sa svim esencijalnim aminokiselinama (osim triptofana), najviše sadrže lizina (3,4 – 5,9 %), uključujući i malu količinu metionina i cisteina (Rajan i sur., 2022.; Bader i Shammari, 2023.). Sadrže i karotenoide (likopen), polisaharide (pektin), fitokemikalije (flavonoidi) i vitamine, nezasićene masne kiseline (linolna) i drugo od interesa za prehrambenu, farmaceutsku i nutraceutsku industriju (Westphal i sur., 2014.; Aniceto i sur., 2021.; Kumar i sur., 2021.). Uz to, ove se sjemenke koriste kao sirovina za ekstrakciju ulja s većim udjelom esencijalnih višestruko nezasićenih masnih kiselina poput linolne (52,99 %) i oleinske (23,5 %), a od zasićenih palmitinske (13,81 %) (Ouatmani i sur., 2021.). Utvrđeno je da ekstrakti sjemenki rajčice imaju antioksidativno, protuupalno, antikancerogeno, antitrombotično, antimikrobno, antimutageno, neuroprotektivno i druga djelovanja, što dovodi do obećavajućih rezultata glede dobiti za ljudsko zdravlje, te se mogu iskoristiti u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji za očuvanje i sprječavanje mikrobnoga kvarenja (Taveira i sur., 2010.; Kumar i sur., 2021.).

Bjelančevine iz sjemenki rajčice koriste se u prehrambenim proizvodima za emulgiranje i pjenjenje (Rajan i sur., 2022.). Aminokiseline koje sadrže bjelančevine iz sjemenki rajčice koriste se kao pojačivači bjelančevina u proizvodima od žitarica kao što je kruh. Takav kruh, osim što obiluje bjelančevinama i esencijalnim aminokiselinama, sadrži i minerale kao što su željezo, cink, bakar, magnezij, masti i drugo (Rajan i sur., 2022.; Bader i Shammari, 2023.). Uz to, korisne aminokiseline prisutne u bjelančevinama sjemenka rajčice čine ulje sjemenki rajčice dobrim kandidatom za upotrebu u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji za pripremu krema, sirupa i drugih proizvoda (Kumar i sur., 2021.; Rajan i sur., 2022.). Ulje ekstrahirano iz sjemenki rajčice također je, zbog svojega sastava, jestivo, s visokom nutritivnom kvalitetom, te se smatra prikladnim za preljeve salata (Casa i sur., 2021.; Solaberrieta i sur., 2022.). Budući da su linolna i oleinska kiselina glavne komponente ulja sjemenki rajčice, ono predstavlja zanimljiv alternativan izvor masnih kiselina za funkcionalnu hranu, nutraceutsku i farmaceutsku primjenu (Solaberrieta i sur., 2022.). Također bi se ulje moglo koristiti kao potencijalan izvor za proizvodnju biogoriva, kao i glicerina (Rajan i sur., 2022.).

Sjemenke jabuke

Jabuka (*Malus* sp.) pripada porodici Rosaceae te je jedna od najvažnijih voćnih kultura u svijetu (Bhat i sur., 2021.; Manzoor i sur., 2021.), s proizvodnjom u 2021. godini višom od 93 milijuna tona (FAOSTAT, 2023.). Otprilike 70 % jabuka u svijetu se prodaje kao svježe voće, a ostalih se 30 % prerađuje u sokove ili koncentrate sokova, jabukovače, alkoholna pića, umake, pirea, džemove, konzervirane, sušene i smrznute proizvode (Fromm i sur., 2013.; Skinner i sur., 2018.). Prerada jabuka rezultira s oko 25 % mase komine koja se odbacuje (Skinner i sur., 2018.), a od koje se 2 – 4 % odnosi na sjemenke koje su potencijalan izvori vrijednih nusproizvoda (Górnaš, 2015.; Tlais i sur., 2020.). Nusproizvodi jabuke su se prvenstveno koristili kao hrana za životinje, ali tijekom posljednjih desetljeća dobivanje fenolnih spojeva iz ovih nusproizvoda sve više dobiva na važnosti zbog njihovih antioksidativnih svojstava i

potencijalnih zdravstvenih koristi (Fromm i sur., 2013.). Nutritivno, sjemenke jabuke, ovisno o kultivaru i uvjetima obrade, sadrže veliku količinu bjelančevina, lipida, ugljikohidrata, dijetalnih vlakana, vitamina i minerala, što ih čini potencijalnim prehrambenim resursom za konzumaciju (Kamel i sur., 1982.; Awotedu i sur., 2020.). Sadržaj polifenola je značajno veći u ekstraktima kožice i sjemenki negoli u ekstraktima pulpe (Xu i sur., 2016.; Ci i sur., 2018.). Ulje sjemenki jabuke uglavnom se sastoji od linolne (50,7 – 51,4 g/100 g) i oleinske kiseline (37,49 – 38,55 g/100 g), a ostale istaknute masne kiseline su palmitinska, stearinska i arahidonska (Tian i sur., 2010.). Ekstrahirano ulje sadrži značajne količine bioaktivnih spojeva poput fenola, flavonoida, karotenoida, orizanola i lignana (Berwal i sur., 2022.).

Općenito, sjemenke jabuke mogu imati blago štetno djelovanje na probavu zbog prisutnosti male količine amigdalina (0,6 mg/g suhih sjemenki), ali je količina nedovoljna da izazove otrovan učinak, osim ako se ne konzumira ekstremno velika količina sjemenki (Khalil i Mustafa, 2020.).

Zbog visokih nutritivnih vrijednosti i različitih polifenola u sjemenkama jabuke, utvrđen je njihov blagotvoran učinak na zdravlje, kao što je pozitivno djelovanje na dijabetes tipa II, pretilost, kardiovaskularne bolesti, astmu i plućne disfunkcije te Alzheimerovu bolest. Sjemenke jabuke također induciraju apoptozu ljudskih stanica raka jetre zaštitom od oksidativnoga oštećenja te imaju inhibirajuće djelovanje na probavne enzime (Hyson, 2011.; Ci i sur., 2018.; Manzoor i sur., 2021.). U istraživanju Gunesa i sur. (2019.) utvrđeno je da sjemenke jabuke sadrže značajne razine fenolnih spojeva, a dokazano je da floridzin, karakterističan polifenol ovih sjemenki koji štiti biljku od nekih patogena, ima za ljude antidijabetički učinak i antioksidativno djelovanje te može utjecati na prevenciju gubitka koštane mase, poboljšanje pamćenja, produljenje života i drugo. Khalil i Mustafa (2020.) izolirali su pet novih jednostavnih kumarina iz sjemenki jabuke *Granny Smith* koji su pokazali antioksidativnu i antitumorsku aktivnost, s pozitivnom korelacijom među njima. Sjemenke jabuke mogle bi biti potencijalan izvor prirodnih antioksidansa koji mogu povećati ukupnu kvalitetu namirnica i produžiti njihov rok trajanja (Gunes i sur., 2019.).

S obzirom na svojstva koja imaju sjemenke jabuke zbog svojega nutritivnog sastava, ugradnja prirodnih bioaktivnih komponenata s terapijskim blagodatima iz sjemenki jabuke u funkcionalnu hranu bilo bi zanimljivo rješenje za degenerativne bolesti uzrokovane oksidativnim stresom (Manzoor i sur., 2021.). Tian i sur. (2010.) utvrdili su da je ulje sjemenki jabuke bilo djelotvorno protiv bakterija, plijesni i kvasaca te su zaključili da ima dobar potencijal za korištenje u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji. Od ukupnih fenola, 75 – 83 % su floridzini, te je utvrđeno da bi žvakaća guma mogla biti prikladan i lak način za njihovu konzumaciju (Gunes i sur., 2019.). Manzoor i sur. (2021.) utvrdili su da uzorci brašna od sjemenki jabuke imaju antioksidativna i antimikrobna djelovanja, kao i inhibicijsko djelovanje protiv enzima α -glikozidaze i lipaze gušterače, što ukazuje da polifenoli prisutni u ekstraktima sjemenki imaju potencijal poremetiti metabolizam ugljikohidrata i lipida u svrhu učinkovitoga liječenja hiperglikemije i pretilosti. Fromm i sur. (2013.) utvrdili su da se

sjemenke jabuke mogu u potpunosti iskoristiti kao dodatak za bojenje prehrambenih pripravaka koji će imati i antioksidativno djelovanje, što može predstavljati zanimljivu alternativu sintetičkim bojama. Korištenje ovih sjemenki u različitim sektorima kao što su prehrambena, farmaceutska ili kozmetička industrija može dovesti do značajnih ekonomskih dobitaka i spriječiti ili smanjiti probleme u okolišu uzrokovane nakupljanjem nusproizvoda prerađene jabuke (Xu i sur., 2016.; Gunes i sur., 2019.).

Sjemenke lubenice

Lubenica (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) je tropska zeljasta biljka puzavica koja pripada porodici Cucurbitaceae (Koocheki i sur., 2007.), a smatra se da je udomaćena u Africi prije najmanje 4000 godina (Gichimu i sur., 2009.). U svijetu je 2021. godine proizvedeno više od 101 milijuna tona (FAOSTAT, 2023.). Istraživanjem je utvrđeno da sjemenke lubenice imaju sadržaj masti u rasponu 26,50 – 49,05 %, bjelančevina 16,33 – 30,63 %, vlakana 39,09 – 43,28 %, ugljikohidrata 4,52 – 15,32 % i energetske vrijednosti 354,05 – 582,05 kcal/100 g. Sjemenke lubenice također sadrže značajne razine vitamina i minerala, od kojih su najzastupljeniji željezo, mangan, cink i magnezij (Jacob i sur., 2015.; Tabiri i sur., 2016.). Ulje sjemenki lubenice sadrži oleinsku, palmitinsku i stearinsku kiselinu te glikozide linolne kiseline (Gupta i sur., 2018.). Utvrđeno je da su sjemenke lubenice značajan izvor hranjivih tvari i mogu imati zdravstvene i ekonomske koristi zbog antioksidativnoga, protuupalnoga, antimikrobnoga i hepatoprotektivnoga djelovanja (Tabiri i sur., 2016.; Gupta i sur., 2018.).

Unatoč nekim antinutritivnim komponentama (oksalati, tanini, cijanovodična kiselina) koje se značajno mogu smanjiti kuhanjem i prženjem sjemenki, dosadašnja istraživanja sugeriraju da sjemenke lubenice mogu biti značajan izvor hranjivih sastojaka u prehrani i mogu imati zdravstvene i ekonomske koristi (Olawepo i sur., 2014.; Addo i sur., 2018.).

Sjemenke lubenice mogu pružiti znatne medicinske, zdravstvene i ekonomske koristi ako se svježe konzumiraju ili koriste prerađene u prehrambenim proizvodima, kao i u kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji (Tabiri i sur., 2016.; Gupta i sur., 2018.). U nekim dijelovima svijeta konzumiraju se u svježem ili u pečenom obliku te se koriste u mješavini brašna, kao zgušnjivač juha, u poboljšanju prehrane dojenčadi te za proizvodnju ulja, a fermentirane se sjemenke koriste za proizvodnju zaslađivača (Gupta i sur., 2018.). Konzumacija sjemenki lubenice može smanjiti mogućnost oboljenja od kardiovaskularnih bolesti i raka zbog značajne količine ukupnih fenola koji se nalaze u sjemenkama i njihova antioksidativnoga djelovanja (Rodriguez i sur., 2006.; Tabiri i sur., 2016.). Zia i sur. (2021.) utvrdili su potencijalnu industrijsku primjenu sjemenki lubenice u različitim proizvodima kao što su fermentirani, mliječni (sladoled) i pekarski proizvodi (brašno, kruh, tost, kolači, keksi, torte i dr.) te tjestenine (špageti, rezanci i dr.), slatkiši (bomboni i sl.) i drugo. Brašno od sjemenki lubenice ima visok sadržaj bjelančevina, masti, vlakana i minerala te može biti vrijedan dodatak prehrani, posebno za ljude u zemljama u razvoju, u kojima nema odgovarajućega pristupa mliječnim proizvodima i mesu (Jacob i sur., 2015.).

Sjemenke avokada

Avokado (*Persea americana* Mill.) je drvenasta tropska voćna vrsta koja pripada porodici Lauraceae te je podrijetlom iz Meksika (Awotedu i sur., 2020.). Proteklih godina je porasla potrošnja avokada te je u 2021. godini u svijetu proizvedeno više od 8 milijuna tona (FAOSTAT, 2023.). U industriji avokada koristi se pulpa koja se prerađuje u *guacamole* umak i ulje, stvarajući velike količine agroindustrijskih nusproizvoda, kožice i sjemenki u rasponu od 18 do 23 % mase suhoga ploda (Gómez i sur., 2014.; Tlais i sur., 2020.).

Sjemenka avokada bogata je ugljikohidratima, lipidima i bjelančevinama, polifenolima, vitaminima (npr. resveratrolom i vitaminom D), nezasićenim masnim kiselinama, vlaknima i kalijem, s antikancerogenim, antimikrobnim, antioksidativnim, antiinfekcijskim i protuupalnim učincima te učincima koji produljuju život (Gómez i sur., 2014.; Talabi i sur., 2016.). Terapeutska upotreba avokada i ulja iz njegovih sjemenki pripisuje se prisutnosti niza bioaktivnih spojeva odgovornih za različite farmakološke aktivnosti, među kojima se najviše može istaknuti ukupan sadržaj fenola (Leite i sur., 2009.; Cardoso i sur., 2016.). Lipidni ekstrakt sjemenki avokada pokazao je snažno protuupalno i antikancerogeno djelovanje zbog visokoga postotka ugljikovodika, sterola i nezasićenih masnih kiselina, uglavnom oleinske kiseline (Tlais i sur., 2020.).

Ograničenje za korištenje sjemenki avokada jest visoka koncentracija antinutritivnih tvari, što ih u sirovome obliku čini nepogodnim za prehranu ljudi i životinja (Talabi i sur., 2016.). Sjemenke avokada sadrže ukupne oksalate, tanine i fitinsku kiselinu (Ejiofor i sur., 2018.). Međutim, metode obrade kao što su namakanje i kuhanje smanjuju razine ovih antinutrijenata prisutnih u sirovim sjemenkama te ga čini pogodnijim za upotrebu. Namakanjem se sadržaj tanina u sjemenkama smanjuje za 65 %, fitinske kiseline za 58 %, alkaloida za 64 %, saponina za 48 % i oksalata za 49 %. Kuhanjem u trajanju od 25 minuta također se smanjuje sadržaj tanina za 75 %, fitinske kiseline za 53 %, alkaloida za 79 %, saponina za 21 % i oksalata za 32 % (Talabi i sur., 2016.).

Sjemenke avokada imaju raznoliku primjenu u narodnoj medicini, od liječenja proljeva, dizenterije, zubobolje i crijevnih parazita do liječenja i uljepšavanja kože (Ejiofor i sur., 2018.). Bogate su taninima i karotenoidima te se pokazalo da uz tokoferole iz voća inhibiraju rast stanica raka prostate *in vitro* (Lu i sur., 2005.). Ifesan i sur. (2015.) utvrdili su da je moguće proizvesti bombone od brašna sjemenki avokada i đumbira koji ne pokazuju znatne razlike u okusu u odnosu na druge bombone. Utvrđeno je da se liofilizirani ekstrakt avokada može koristiti kao zaštita kod oksidacije ulja (emulzije ulja u vodi) i masti (goveđe pljeskavice), s izvrsnim rezultatima posebno u mesu, kod kojega je trajnost pljeskavice značajno povećana, te može biti zamjena sintetičkim antioksidansima, koji su u većim dozama toksični (Gómez i sur., 2014.). Škrob iz sjemenki avokada ima potencijalnu primjenu kao sredstvo za zgušnjavanje i želiranje u prehrambenim sustavima, kao nosač u farmaceutskim sustavima i kao sastojak biorazgradivih polimera za pakiranje hrane (Chel-Guerrero i sur., 2016.).

Sjemenke vrsta roda Prunus

Rod *Prunus* (porodica Rosaceae, potporodica Amygdaloideae) podrijetlom je iz Azije, a sastoji se od 430 vrsta, uključujući vrste *P. persica* (L.) Batsch (breskva), *P. persica* var. *nucipersica* (L.) C. K. Schneid. (nektarina), *P. domestica* L. (šljiva), *P. armeniaca* L. (marelica), *P. avium* L. (trešnja) i *P. cerasus* L. (višnja) (Natić i sur., 2020.). Proizvodnja breskve i nektarina u 2021. godini je bila nešto više od 24,9 milijuna tona, marelice 3,6 milijuna tona, a trešnje oko 2,7 milijuna tona (FAOSTAT, 2023.). Plod vrsta iz roda *Prunus* ili koštičavoga voća jest koštunica, odnosno mezokarp, koji okružuje endokarp sa sjemenkom iznutra (Fadón i sur., 2020.). Zbog visoke energetske vrijednosti i niskoga udjela pepela, endokarpi breskve i marelice često se odvajaju unutar pogona za preradu i koriste kao kruto gorivo kako bi se smanjili troškovi opskrbe toplinskom energijom u proizvodnji (Ordoudi i sur., 2018.). Sjemenke predstavljaju 6 – 7 % ukupne mase ploda (Ordoudi i sur., 2018.). Sjemenke vrsta iz roda *Prunus* mogu se koristiti kao nove i nekonvencionalne uljarice, među kojima sjemenke marelice i breskve imaju najveći sadržaj ulja te su bogate mononezasićenim masnim kiselinama, ponajviše oleinskom (Natić i sur., 2020.; Farag i sur., 2022.). Karotenoidi, polifenoli i benzaldehid u sjemenkama vrsta iz roda *Prunus*, posebno šljive i marelice, pokazali su antioksidativno i antibakterijsko djelovanje, što njihovu upotrebu kao dodataka hrani i/ili konzervansa čini izuzetno obećavajućom (Farag i sur., 2022.).

Nakon uklanjanja uljne frakcije, ostaci jezgre bogati su bjelančevinama, šećerima, mineralima, vlaknima, vitaminima (B1, B3, B5 i B6), fenolnom kiselinom, flavonoidima i stilbenima s jakim kardioprotektivnim učinkom (Natić i sur., 2020.). Analiza aminokiselina u jezgri turske marelice pokazala je da esencijalne aminokiseline iznose 32 – 34 % ukupnih aminokiselina, s leucinom kao glavnom aminokiselinom (16,2 – 21,6 mmol/100 g) (Alpaslan i Hayta, 2006.). Analiza sjemenki trešnje pokazala je visok sadržaj minerala, ponajviše K i Ca, kao i kompleksa vitamina B (Hu i sur., 2019.).

Prešane pogače od sjemenki breskve sastoje se od 15 – 47 % ukupnih ugljikohidrata. Analizirane su sjemenke 25 genotipova bresaka koje se razlikuju po podrijetlu i vremenu sazrijevanja te po sastavu šećera. Utvrđeni su različiti šećeri i šećerni alkoholi, uključujući saharozu (37 %), glukozu (33,4 %) i fruktozu (8,6 %) kao glavne slobodne šećere među svim uzorcima (Stanojević i sur., 2015.). Sadržaj β -karotena utvrđen je u sjemenkama 15 genotipova marelica te je činio 76 – 94 % ukupnih karotenoida, u rasponu 0,15 – 0,53 mg/100 g ulja. Lutein, zeaksantin, β -kriptoksantin i β -karoten bili su glavni spojevi prisutni u ulju sjemenke marelice (Pop i sur., 2015.; Górnas i sur., 2016.). Utvrđeno je da je ulje dobiveno iz sjemenki devet kultivara marelice vrijedan izvor sterola (β -sitosterol, kampesterol, 5-avenasterol, 24-metilen-cikloartanol, kolesterol, gramisterol, 7-stigmasterol, 7-avenasterol i citrostadienol) (Rudzińska i sur., 2017.).

Sjemenke vrsta iz roda *Prunus* dobro su poznate po visokim razinama cijanogenih glikozida, amigdalina i prunazina, koji podliježu hidrolizi pod djelovanjem β -glukozidaze i u konačnici daju cijanovodik (HCN) (Yamane i sur., 2010.). Jedan gram amigdalina rezultira s 59 mg HCN-a, s toksičnom dozom određenom pri konzumaciji od 0,5 – 3,5 mg/kg tjelesne težine mase (Kovacikova i sur., 2019.; Ordoudi i sur., 2018.). Pronađena razina amigdalina u sjemenkama vrsta iz roda *Prunus* je 0,1 – 17,5 mg/g (Ordoudi i sur., 2018.), te je procijenjeno da dijete od 20 kg treba pojesti 510 g sjemenki za uočavanje ozbiljnoga učinka trovanja (Karsavuran i sur., 2014.).

Rezultatima istraživanja Debnath i sur. (2011.) i Gomaa (2013.) utvrđeno je da među sjemenkama vrsta iz roda *Prunus* sjemenke šljive i marelice imaju potencijal razviti nove antibakterijske formulacije posebno protiv gram-negativnih bakterija koje su otporne na antibiotike. Ekstrakti sjemenki ovih vrsta pokazali su antimikrobno djelovanje protiv kliničkih izolata sedam vrsta mikroorganizama. Takvo antimikrobno djelovanje uglavnom je posredovano benzaldehidom prisutnim u eteričnome ulju sjemenki koji je glavna komponenta u sjemenkama marelice i šljive (Mahdian i sur., 2016.).

Primjena sjemenki *Prunusa* u prehrambenoj je industriji potpuno zanemarena, a u budućnosti treba razmotriti primjenu u formulaciji novih sokova bogatih bioaktivnim peptidima, pekarskim proizvodima, proizvodima na bazi povrća, u proizvodnji različitih prehrambenih aditiva, to jest enzima, bjelančevina, aroma, i tako dalje. Također treba razmotriti optimizaciju i najbolji omjer svakoga sastojka kako bi se održala kvaliteta obogaćenih proizvoda po mjeri potrošača (Farag i sur., 2022.). Šest formulacija keksa pripremljeno je zamjenom pšeničnoga brašna brašnom od sjemenki marelice s različitom razinom udjela u smjesi. Obogaćeni keksi pokazali su poboljšanje fizičkih karakteristika, boje, teksture, bjelančevina, masti, vlakana, pepela, sadržaja fenola i antioksidativnih svojstava bez značajnoga utjecaja na senzorna svojstva (Sheikh i sur., 2020.). Sjemenke marelice također se cijele ili mljevene dodaju u pekarske proizvode te se konzumiraju kao predjelo, dok se sjemenke breskve sve više koriste u proizvodnji persipana, zamjene za marcipan (Natić i sur., 2020.).

Sjemenke vrsta roda Citrus

Rod *Citrus* najveći je rod u porodici Rutaceae s otprilike 70 vrsta, uključujući razne jestive vrste kao što su *C. limon* L. (limun), *C. medica* L. (četrun), *C. aurantium* L. (gorka naranča), *C. paradisi* L. (grejp), *C. reticulata* L. (mandarina), *C. clementina* Hort. ex Tan. (klementina), *C. japonica* Thumb. (kumkvat) i *C. sinensis* Osb. (slatka naranča) (Favela-Hernández i sur., 2016.; Loizzo i sur., 2016.; Bora i sur., 2020.; Farag i sur., 2020.). S više od 124,3 milijuna tona godišnje proizvodnje diljem svijeta, vrste iz roda *Citrus* jedne su od najuzgajanijih kultura u svijetu (Mahato i sur., 2020.), a uzgoj se svake godine povećava zbog njihove ekonomske vrijednosti kao hrane i vrijednoga, fitokemijski bogatog sastava (Talon i Gmitter, 2008.; González-Molina i sur., 2010.; Dugrand-Judek i sur., 2015.; Favela-Hernández i sur., 2016.).

Sjemenke agruma imaju antioksidativno, protuupalno i antikancerogeno djelovanje, uz kardioprotektivne i neuroprotektivne učinke (Lv i sur., 2015.; Sir Elkhatim i sur., 2018.). U lipidnome dijelu sjemenki vrsta iz roda *Citrus* prisutne su zasićene i nezasićene (omega) masne kiseline s palmitinskom, oleinskom (omega-9) i linolnom kiselinom (omega-6) kao glavnim sastojcima, koji čine više od 20 % u većini biljnih ulja agruma (Waheed i sur., 2009.; Rashid i sur., 2013.). Ostale manje zastupljene masne kiseline uključuju palmitoleinsku (omega-7), stearinsku, α -linolensku kiselinu (omega-3), arahidnu, behensku i lignocerinsku kiselinu (Ajewole i Adeyeye, 1993.; Yilmaz i Güneşer, 2017.). Kora i sjemenke vrsta iz roda *Citrus* dobro su poznati kao bogat izvor fenolnih spojeva, uključujući fenolne kiseline i flavonoide (García-Salas i sur., 2013.). Tokoferoli su zajednički klasificirani u ulju sjemenki pakistanske limete, grejpa, naranče i mandarine te je utvrđeno da su sjemenke mandarine najbogatije ukupnim tokoferolima od 662 mg/kg. Glavni izomer u svim istraživanim sjemenkama bio je α -tokoferol, i to u rasponu od 558 mg/kg u mandarini, 380 mg/kg u grejpu i 220 mg/kg u naranči (Ragai i Muzac, 2000.; Anwar i sur., 2008.).

U sjemenkama vrsta iz roda *Citrus* identificirano je više od 250 fitosterola (Cabral i Klein, 2017.). Fitosteroli su među determinantama kvalitete ulja sjemenki vrsta iz roda *Citrus*, u kojima su β -sitosterol i kampesterol dominantni fitosteroli u uljima sjemenki limuna i grejpa (Yilmaz i Güneşer, 2017.; Güneşer i Yilmaz, 2018.; Farag i sur., 2020.). U sjemenkama vrsta iz roda *Citrus* karotenoidi su prisutni u niskim razinama (0,3–26,7 mg/kg) dajući žutu boju njihovu ulju (Ordoudi i sur., 2018.). Glavni karotenoid u ulju sjemenki naranče, limuna i mandarine je lutein (Malacrida i sur., 2012.). Limonoidi pripadaju oksigeniranim triterpenoidima koji uzrokuju gorak okus sjemenki citrusa te imaju antikancerogeno, antivirusno, protuupalno i druga djelovanja (Tundis i sur., 2014.; Zhang i sur., 2020.). Varijacije u ukupnim limonoidima i posljedično gorčina u agrumima ovise o kultivaru/vrsti, zemljopisnome podrijetlu i stupnju zrelosti (Wang i sur., 2016.; Ordoudi i sur., 2018.).

Biljni fenolni spojevi vrsta iz roda *Citrus* imaju mnogo primjena u raznim industrijskim poljima, uključujući kozmetičku, prehrambenu i nutraceutiku (García-Salas i sur., 2013.). Moguća je primjena ovih sjemenki za proizvodnju ambalaže za hranu od biopolimera s antimikrobnim djelovanjem, raznih prehrambenih proizvoda kao što su brašno i ulje ili za proizvodnju biodizela. Velike količine mogle bi se upotrijebiti u formulaciji zdrave hrane kao funkcionalne komponente, posebno na temelju njihovih bogatih prehrambenih sastojaka poput flavonoida i dijetalnih vlakana (Zayed i sur., 2021.).

ZAKLJUČAK

Utvrđeno je da sjemenke rajčice, jabuke, lubenice, avokada, breskve, marelice, trešnje, šljive, limuna, naranče i drugih vrsta imaju bogat nutritivni sastav, što podrazumijeva visok sadržaj bjelančevina, lipida, vitamina, minerala i bioaktivnih spojeva kao što su fenoli, flavonoidi, karotenoidi i slično te imaju značajne korisnosti za ljudsko zdravlje i visok potencijal iskoristivosti. Utvrđeno je da zbog svojega kemijskog sastava sjemenke imaju antioksidativna, antimikrobna, antikancerogena, protuupalna i druga svojstva, te bi ih se moglo primijeniti u prehrambenoj, farmaceutskoj, kozmetičkoj industriji i nutraceutici. Poznato je da neke vrste u sjemenkama sadrže antinutritivne tvari, a njihove je koncentracije moguće smanjiti raznim načinima termičke obrade. Korištenje bioaktivnih komponenata može poboljšati ekonomsku izvedivost industrije prerade raznih vrsta te može pomoći pri smanjenju onečišćenja okoliša koje stvaraju nusproizvodi. Drugim riječima, korištenje sjemenki voća i povrća u budućnosti ne samo da može minimizirati nakupljanje otpada, već može generirati dodatan prihod za sektor prerade voća i povrća.

SUMMARY

VALORIZATION OF SEEDS AS A BY-PRODUCT OF HORTICULTURAL PRODUCTION

A huge amount of agricultural food waste and by-products containing valuable bioactive compounds is generated worldwide. Reducing food waste and by-products is the first option to avoid environmental problems and help the economy and society. The species such as tomatoes, apples, avocados, watermelons, stone fruit, and citrus fruits produce the by-products after processing, a large percentage of which are the seeds (between 15 and 40% of the fresh weight of the fruit), which are considered waste. These seeds are rich in proteins, lipids, vitamins, minerals, phenols, and flavonoids and have antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, anticancer, and other properties that make them very useful for human health. Despite many of their benefits and potential applications, these seeds have not yet been recognized by the industry as a valuable raw material. The valorization of food by-products, in this case the seeds, to exploit their nutritional properties to obtain the new products with high health benefits and an added value for the food and pharmaceutical industries and nutraceuticals through sustainable technology is one of the most interesting strategies in this field.

Keywords: by-products, health benefits, nutritional composition, seeds

POPIS LITERATURE

1. Addo, P. W., Agbenorhevi, J. K., Adu-Poku, D. (2018). Antinutrient contents of watermelon seeds. *Food Processing & Technology*, 6(2): 237–239.
2. Ajewole, K., Adeyeye, A. (1993). Characterisation of Nigerian citrus seed oils. *Food Chemistry*, 47 (1): 77–78.
3. Alpaslan, M., Hayta, M. (2006.). Apricot kernel: Physical and chemical properties. *Journal of the American Oil Chemists*, 83 (5): 469–471.
4. Aniceto, J. P. S., Rodrigues, V. H., Portugal, I., Silva, C. M. (2021). Valorization of Tomato Residues by Supercritical Fluid Extraction. *Processes*, 10: 28.
5. Anwar, F., Naseer, R., Bhangar, M. I., Ashraf, S., Talpur, F. N., Aladedunye F. A. (2008). Physico-chemical characteristics of citrus seeds and seed oils from Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85 (4): 321–330.
6. Awotedu, O. L., Ogunbamowo, P. O., Awotedu, B. F., Ariwoola, O. S. (2020). Comparative Nutritional Composition of Selected Medicinal Fruit Seeds. *World News of Natural Sciences*, 29 (3): 298–310.
7. Bader B., Shammari, J. (2023). The influence of tomato seed flour on the nutritional value and quality of bread. *Journal of Current Research on Engineering, Science and Technology*, 9 (1): 89-98.
8. Ben-Othman S., Jöudu I., Bhat R. (2020). Bioactives from Agri-Food Wastes: Present Insights and Future Challenges. *Molecules*, 25 (3): 510.
9. Berwal, M. K., Ram, C., Gurjar, P. S., Gora, J. S., Kumar, R., Verma, A. K., Singh, D., Basile, B., Roupheal, Y., Kumar, P. (2022). The Bioactive Compounds and Fatty Acid Profile of Bitter Apple Seed Oil Obtained in Hot, Arid Environments. *Horticulturae*, 8 (3): 259.
10. Bhat, M. S., Lone, F. A., Shafiq, M., Rather J. A. (2021). Evaluation of long term trends in apple cultivation and its productivity in Jammu and Kashmir from 1975 to 2015. *Geo Journal*, 86: 1193–1202.
11. Bora, H., Kamle, M., Mahato, D. K., Tiwari, P., Kumar, P. (2020). Citrus Essential Oils (CEOs) and Their Applications in Food: An Overview. *Plants*, 9 (3): 357.
12. Cabral, C. E., Klein, M. R. S. T. (2017). Phytosterols in the treatment of hypercholesterolemia and prevention of cardiovascular diseases. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 109 (5): 475–482.
13. Capanoglu, E., Nemli, E., Tomas-Barberan, F. (2022.). Novel Approaches in the Valorization of Agricultural Wastes and Their Applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70: 6787–6804.
14. Cardoso, P. F., Scarpassa, J. A., Pretto-Giordano, L. G., Otaguiri, E. S., Yamada-Ogatta, S. F., Nakazato, G., Perugini, M. R. E., Moreira, I. C., Vilas-Bôas G. T. (2016). Antibacterial activity of avocado extracts (*Persea americana* Mill.) against *Streptococcus agalactiae*. *FYTON*, 85: 218–224.

15. Casa, M., Miccio, M., De Feo, G., Paulillo, A., Chirone, R., Paulillo, D., Lettieri, P., (2021). A brief overview on valorization of industrial tomato by-products using the biorefinery cascade approach. *Detritus*, 15: 31-39.
16. 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: 302-8.
17. Ci, Z., Kikuchi, K., Hatsuzawa, A., Nakai, A., Jiang, C., Itadani, A., Kojima, M. (2018). Antioxidant Activity, and α -Glucosidase, α -Amylase and Lipase Inhibitory Activity of Polyphenols in Flesh, Peel, Core and Seed from Mini Apple. *American Journal of Food Science and Technology*, 6 (6): 258–262.
18. Debnath, S., Habibur Rahman, S., Deshmukh, G., Duganath, N., Pranitha, C., Chiranjeevi, A. (2011). Antimicrobial Screening of Various Fruit Seed Extracts. *Pharmacognosy Journal*, 3 (19): 83–86.
19. Dugrand-Judek, A., Olry, A., Hehn, A., Costantino, G. Ollitrault, P., Froelicher, Y., Bourgaud, F., Chen, C. (2015). The Distribution of Coumarins and Furanocoumarins in Citrus Species Closely Matches Citrus Phylogeny and Reflects the Organization of Biosynthetic Pathways. *PLoS ONE*, 10 (11): e0142757.
20. Ejiofor, N. C., Ezeagu, I. E., Ayoola, M., Umera, E. A. (2018). Determination of the chemical composition of avocado (*Persea americana*) seed. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences – Open Journal SE*, (2): S51–S55.
21. Fadón, E., Herrera, S., Guerrero, B. I., Guerra, M. E., Rodrigo, J. (2020). Chilling and Heat Requirements of Temperate Stone Fruit Trees (*Prunus* sp.). *Agronomy*, 10 (3): 409.
22. FAOSTAT (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nation, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
23. Farag, M. A., Abib, B., Ayad, L., Khattab, A. R. (2020). Sweet and bitter oranges: An updated comparative review of their bioactives, nutrition, food quality, therapeutic merits and biowaste valorization practices. *Food Chemistry*, 331: 127306.
24. Farag, M. A., Bahaa Eldin, A., Khalifa, I. (2022). Valorization and extraction optimization of *Prunus* seeds for food and functional food applications: A review with further perspectives. *Food Chemistry*, 388: 132955.
25. Favela-Hernández, J., González-Santiago, O., Ramírez-Cabrera, M., Esquivel-Ferriño, P., Camacho-Corona, M. (2016). Chemistry and Pharmacology of *Citrus sinensis*. *Molecules*, 21 (2): 247.
26. Fromm, M., Loos, H. M., Bayha, S., Carle, R., Kammerer, D. R. (2013). Recovery and characterisation of coloured phenolic preparations from apple seeds. *Food Chemistry*, 136: 1277–1287.
27. García-Salas, P., Gómez-Caravaca, A. M., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B., Fernández-Gutiérrez, A. (2013). Influence of technological processes on phenolic

- compounds, organic acids, furanic derivatives, and antioxidant activity of whole-lemon powder. *Food Chemistry*, 141 (2): 869–878.
28. Gichimu, B. M., Owuor, B. O., Mwai, G. N. (2009). Morphological characterization of some wild and cultivated watermelon (*Citrullus* sp.) accessions in Kenya. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 4 (2):1–9.
 29. Gomaa, E. Z. (2013). In vitro antioxidant, antimicrobial, and antitumor activities of bitter almond and sweet apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernels. *Food Science and Biotechnology*, 22 (2): 455–463.
 30. Gómez, F., Sánchez, S., Iradi, M., Azman, N., Almajano, M. (2014). Avocado Seeds: Extraction Optimization and Possible Use as Antioxidant in Food. *Antioxidants*, 3 (2): 439–454.
 31. González-Molina, E., Domínguez-Perles, R., Moreno, D., García-Viguera, C. (2010). Natural bioactive compounds of *Citrus limon* for food and health. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51 (2): 327–345.
 32. Górnaś, P. (2015). Unique variability of tocopherol composition in various seed oils recovered from by-products of apple industry: Rapid and simple determination of all four homologues (α , β , γ and δ) by RP-HPLC/FLD. *Food Chemistry*, 172: 129–134.
 33. Górnaś, P., Rudzińska, M., Raczek, M., Mišina, I., Soliven A., Segliņa, D. (2016). Composition of bioactive compounds in kernel oils recovered from sour cherry (*Prunus cerasus* L.) by-products: Impact of the cultivar on potential applications. *Industrial Crops and Products*, 82: 44–50.
 34. Gunes, R., Palabiyik, I., Toker, O. S., Konar, N., Kurultay, S.; (2019). Incorporation of defatted apple seeds in chewing gum system and phloridzin dissolution kinetics. *Journal of Food Engineering*, 255: 9–14.
 35. Gupta, A., Singh, A., Prasad, R. (2018). A review on watermelon (*Citrullus lanatus*) medicinal seeds. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7 (3): 2222-2225.
 36. Güneşer, A. B., Yilmaz, E. (2018). Bitterness reduction of cold pressed grapefruit seed oil by adsorbent treatment. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120 (5): 1700308,
 37. Hu, B., Wang, H., He, L., Li, Y., Li, C., Zhang, Z., Liu, Y., Zhou, K., Zhang, Q., Liu, A., Liu, S., Zhu, Y., Luo, Q. (2019). A method for extracting oil from cherry seed by ultrasonic-microwave assisted aqueous enzymatic process and evaluation of its quality. *Journal of Chromatography A*, 1587: 50–60.
 38. Hyson, D. A. (2011). A Comprehensive Review of Apples and Apple Components and Their Relationship to Human Health. *Advances in Nutrition*, 2 (5): 408–420.
 39. Ifesan, B. O. T., Olorunsola, B. O. T., Ifesan, B. T. (2015). Nutritional Composition and Acceptability of Candy from Avocado Seed (*Persea americana*). *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3 (6): 2319–1473.

40. Jacob, A. G., Etong, D. I., Tijjani, A. (2015). Proximate, Mineral and Anti-nutritional Compositions of Melon (*Citrullus lanatus*) Seeds. *British Journal of Research*, 2 (5): 142–151.
41. Kamel, B. S., Deman, J. M., Blackman, B. (1982). Nutritional, fatty acid and oil characteristics of different agricultural seeds. *Journal of food technology*, 17 (2): 263–269.
42. Karsavuran, N., Charehsaz, M., Celik, H., Astma, B. M., Yakıncı, C., Aydın, A. (2014). Amygdalin in bitter and sweet seeds of apricots. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 96 (10): 1564–1570.
43. Khalil, R. R., Mustafa, Y. F. (2020). Phytochemical, Antioxidant and Antitumor Studies of Coumarins Extracted from Granny Smith Apple Seeds by Different Methods. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(2): 57–63.
44. Koocheki, A., Razavi, S. M. A., Milani, E. Moghadam, T. M., Abedini, M., Alamiyan, S., Izadkhan S. (2007). Physical properties of watermelon seed as a function of moisture content and variety. *International Agrophysics*, 21: 349–359.
45. Kovacicova, E., Kovacik, A., Halenar, M., Tokarova, K., Chrastinova, L., Ondruska, L., Jurcik, R., Kolesar, E., Valuch, J., Kolesarova, A. (2019). Potential toxicity of cyanogenic glycoside amygdalin and bitter apricot seed in rabbits-Health status evaluation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103 (2): 695–703.
46. Kumar, M., Tomar, M., Bhuyan, D.J., Punia, S., Grasso, S., Sá, A. G. A., Carciofi, B. A. M., Arrutia, F., Changan, S., Radha Singh, S., Dhumal, S., Senapathy, M., Satankar, V., Anitha, T., Sharma, A., Pandiselvam, R., Amarowicz, R., Mekhemar, M. (2021). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seed: A review on bioactives and biomedical activities. *Biomed Pharmacother. Biomedicine & Pharmacotherapy*, 142: 112018.
47. Lado, J., Alós, E., Manzi, M., Cronje, P. J., Gómez-Cadenas, A., Rodrigo, M. J., Zacarías, L. (2019). Light Regulation of Carotenoid Biosynthesis in the Peel of Mandarin and Sweet Orange Fruits. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1288.
48. Leite, J. J. G., Brito, É. H. S., Cordeiro, R. A. (2009). Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of *Persea americana* (avocado) seed extracts. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 42 (2): 110–113.
49. Loizzo, M. R., Tundis, R., Bonesi, M., Sanzo, G. D., Verardi, A., Lopresto, C. G., Pugliese, A., Menichini, F., Balducchi, R., Calabrò, V. (2016). Chemical Profile and Antioxidant Properties of Extracts and Essential Oils from *Citrus × limon* (L.) Burm. cv. Femminello Comune. *Chemistry & Biodiversity*, 13 (5): 571–581.
50. Lu, Q. Y., Arteaga, J. R., Zhang, Q., Huerta, S., Go, V. L. W., Heber, D. (2005). Inhibition of prostate cancer cell growth by an avocado extract: role of lipid-soluble bioactive substances. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 16 (1): 23–30.

51. Lv, X., Zhao, S., Ning, Z., Zeng, H., Shu, Y., Tao, O., Liu, Y. (2015). Citrus fruits as a treasure trove of active natural metabolites that potentially provide benefits for human health. *Chemistry Central Journal*, 9 (68): 1–14.
52. Mahato, N., Sharma, K., Sinha, M., Baral, E. R., Koteswararao, R., Dhyani, A., Hwan, Cho, M., Cho, S. (2020). Bio-sorbents, industrially important chemicals and novel materials from citrus processing waste as a sustainable and renewable bioresource: A review. *Journal of Advanced Research*, 23: 61–82.
53. Mahdian, F., Mahboubi, M., Rahimi, E., Moslehi Shad, M. (2016). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil of *Tanacetum persicum*. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 12 (3): e35833.
54. Malacrida, C. R., Kimura, M., Jorge, N. (2012). Phytochemicals and antioxidant activity of Citrus seed oils. *Food Science and Technology Research*, 18 (3): 399–404.
55. Manzoor, M., Singh, J., Gani, A. (2021). Characterization of apple (*Malus domestica*) seed flour for its structural and nutraceutical potential. *LWT - Food Science and Technology*, 151: 112138.
56. Matei, E., Râpă, M., Predescu, A. M., Țurcanu, A. A., Vidu, R., Predescu, C., Bobirica, C., Bobirica, L., Orbeci, C. (2021). Valorization of Agri-Food Wastes as Sustainable Eco-Materials for Wastewater Treatment: Current State and New Perspectives. *Materials*, 14 (16): 4581.
57. Natić, M., Zagorac, D. D., Ćirić, I., Meland, M., Rabrenović, B., Akšić, M. F. (2020). Cold pressed oils from genus *Prunus*. U: *Cold Pressed Oils* (M. F. Ramadan, ur.). Academic Press, Cambridge, Massachusetts, SAD.
58. Olawepo, K. D., Banjo, O. T., Jimoh, W. A. (2014). Effect of cooking and roasting on nutritional and anti-nutritional factors in Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) seed meal. *Food Science and Quality Management*, 24: 1–5.
59. Ordoudi, A., Bakirtzi, C., Tsimidou, M. Z. (2018). The potential of tree fruit stone and seed wastes in Greece as sources of bioactive ingredients. *Recycling*, 3 (1): 15–20.
60. Osorio, L. L. D. R., Flórez-López, E., Grande-Tovar, C. D. (2021). The Potential of Selected Agri-Food Loss and Waste to Contribute to a Circular Economy: Applications in the Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. *Molecules*, 26 (2): 515.
61. Ouatmani, T., Haddadi-Guemghar, H., Boulekbache-Makhlouf, L., Mehidi-Terki, D., Maouche, A., Madani, K. (2021). A sustainable valorization of industrial tomato seeds (cv Rio Grande): sequential recovery of a valuable oil and optimized extraction of antioxidants by microwaves. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46 (53): 1-13.

62. Pop, E. A., Diaconeasa, Z. M., Fetea, F., Bunea, A., Dulf, F., Pintea, A., Socaciu, C., (2015). Carotenoids, Tocopherols and Antioxidant Activity of Lipophilic Extracts from Sea Buckthorn Berries (*Hippophae rhamnoides*), Apricot Pulp and Apricot Kernel (*Prunus armeniaca*). Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Food Science and Technology, 72 (2): 169–176.
63. Rajan, A., Kumar, S., Sunil, C. K., Radhakrishnan, M., Rawson, A. (2022). Recent advances in the utilization of industrial byproducts and wastes generated at different stages of tomato processing: Status report. Journal of Food Processing and Preservation, 46: e17063.
64. Ragai, I. K., Muzac, I. (2000). The Methyltransferase Gene Superfamily: A Tree with Multiple Branches. Recent Advances in Phytochemistry, 34: 349–384.
65. Rashid, U., Ibrahim, M., Yasin, S., Yunus, R., Taufiq-Yap, Y. H., Knothe, G. (2013). Biodiesel from *Citrus reticulata* (mandarin, orange) seed oil, a potential non-food feedstock. Industrial Crops and Products, 45: 355–359.
66. Rodriguez, E. B., Flavier, M. E., Rodriguez-Amaya, D. B., Amaya-Farfán, J. (2006). Phytochemicals and functional foods. Current situation and prospect for developing countries. Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, 13 (1): 1–22.
67. Rudzińska, M., Górnaś, P., Raczyk, M., Soliven, A. (2017). Sterols and squalene in apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernel oils: the variety as a key factor. Natural Product Research, 31(1): 84–88.
68. Sheikh, M. A., Rather, M. A., Anjum, N. (2020). To study the effect of apricot kernel flour (by-product) on physico-chemical, sensorial and antioxidant properties of biscuits, Journal of Current Research in Food Science, 1 (1): 16–22
69. Sir Elkhatim, K. A., Elagib, R. A. A., Hassan, A. B. (2018). Content of phenolic compounds and vitamin C and antioxidant activity in wasted parts of Sudanese citrus fruits. Food Science & Nutrition, 6 (5): 1214–1219.
70. Skinner, R. C., Gigliotti, J. C., Ku, K. M., Tou, J. C. (2018). A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace. Nutrition Reviews, 76 (12): 893–909.
71. Solaberrieta, I., Mellinas, A. C., Espagnol, J., Hamzaoui, M., Jiménez, A., Garrigós, M. C. (2022). Valorization of Tomato Seed By-Products as a Source of Fatty Acids and Bioactive Compounds by Using Advanced Extraction Techniques. Foods, 11: 2408.
72. Stanojević, M., Trifković, J., Akšić, M. F., Rakonjac, V., Nikolić, D., Šegan, S., Milojković-Opsenica, D. (2015). Sugar Profile of Kernels as a Marker of Origin and Ripening Time of Peach (*Prunus persicae* L.). Plant Foods for Human Nutrition, 70 (4): 433–440.

73. Sunday, E. K., Obueh Henrietta, O. (2013). A study of the oxalate, phytate and cyanide contents of selected Nigerian foods and diet in Akwa Ibom and Cross River states of Nigeria. *African Journal of Food Science and Technology*, 4 (4): 44–47.
74. Tabiri, B., Agbenorhevi, J. K., Wireko-Manu, F. D., Ompouma, E. I. (2016.). Watermelon Seeds as Food: Nutrient Composition, Phytochemicals and Antioxidant Activity. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5 (2): 139–144.
75. Talabi, J. Y., Osukoya, O. A., Ajayi, O. O., Adegoke, G. O. (2016). Nutritional and antinutritional compositions of processed Avocado (*Persea americana* Mill) seeds. *Asian Journal of Plant Science & Research*, 6 (2): 6–12.
76. Talon, M., Gmitter, F. G. (2008). Citrus genomics. *International Journal of Plant Genomics*, 528361: 1–17.
77. Taveira, M., Silva, L. R., Vale-Silva, L. A., Pinto, E., Valentão, P., Ferreres, F., Guedes de Pinho, P., Andrade, P. B. (2010). *Lycopersicon esculentum* seeds: an industrial byproduct as an antimicrobial agent. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (17): 9529–36.
78. Tian, H. L., Zhan, P., Li, K. X. (2010). Analysis of components and study on antioxidant and antimicrobial activities of oil in apple seeds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61 (4): 395–403.
79. Tiwari, A., Khawas, R. (2021). *Food Waste and Agro By-Products: A Step towards Food Sustainability*. U: *Innovation in the Food Sector Through the Valorization of Food and Agro-Food By-Products* (Novo de Barros, A., Gouvinhas, I., ur.). Intech Open Limited, London, UK.
80. Tlais, A. Z. A., Fiorino, G. M., Polo, A., Filannino, P., Di Cagno, R. (2020). High-Value Compounds in Fruit, Vegetable and Cereal Byproducts: An Overview of Potential Sustainable Reuse and Exploitation. *Molecules*, 25: 2987.
81. Torres-León, C., Ramírez-Guzman, N., Londoño-Hernandez, L., Martínez-Medina, G. A., Díaz-Herrera, R., Navarro-Macias, V., Alvarez-Pérez, O. B., Picazo, B., Villarreal-Vázquez, M., Ascacio-Valdes, J., Aguilar Cristóbal, N. (2018). Food Waste and Byproducts: An Opportunity to Minimize Malnutrition and Hunger in Developing Countries. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2 (52): 1–17.
82. Tundis, R., Loizzo, M. R., Menichini, F. (2014). An overview on chemical aspects and potential health benefits of limonoids and their derivatives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54 (2): 225–250.
83. Waheed, A., Mahmud, S., Saleem, M., Ahmad, T. (2009). Fatty acid composition of neutral lipid: Classes of Citrus seed oil; *Journal of Saudi Chemical Society*, 13 (3): 269–272.
84. Wang, F., Yu, X., Liu, X., Shen, W., Zhu, S., Zhao, X. (2016). Temporal and spatial variations on accumulation of nomilin and limonin in the pummelos. *Plant Physiology and Biochemistry*, 106: 23–29.

85. Westphal, A., Bauerfeind, J., Rohrer, C., Ernowita, Böhm, V. (2014). Analytical characterisation of the seeds of two tomato varieties as a basis for recycling of waste materials in the food industry. *European Food Research and Technology*, 239: 613–620.
86. Xu, Y., Fan, M., Ran, J., Zhang, T., Sun, H., Dong, M., Zhang, Z., Zheng, H. (2016.). Variation in phenolic compounds and antioxidant activity in apple seeds of seven cultivars. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23 (3): 379–388.
87. Yamane, H., Konno, K., Sabelis, M., Takabayashi, J., Sassa, T., Oikawa, H. (2010). *Chemical Defence and Toxins of Plants*. U: *Comprehensive Natural Products II Chemistry and Biology* (Mander, L.; Lui, H.-W.; ur.) Elsevier: Oxford.
88. Yilmaz, E., Güneşer, B. A. (2017.). Cold pressed versus solvent extracted lemon (*Citrus limon* L.) seed oils: yield and properties. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (7): 1891–1900.
89. Zayed, A., Badawy, M. T., Farag, M. A. (2021). Valorization and extraction optimization of Citrus seeds for food and functional food applications. *Food Chemistry*, 355: 129609.
90. Zhang, P., Liu, X., Yu, X., Wang, F., Long, J., Shen, W., Jiang, D., Zhao, X. (2020). The MYB transcription factor CiMYB42 regulates limonoids biosynthesis in citrus. *BMC Plant Biology*, 20: 254.
91. Zia, S., Khan, M. R., Shabbir, M. A., Aadil, R. M. (2021). An update on functional, nutraceutical and industrial applications of watermelon by-products: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 114: 275–291.

Adresa autora - Authors' address:

doc. dr. sc. Monika Vidak*

E-mail: mvidak@agr.hr

prof. dr. sc. Klaudija Carović-Stanko

E-mail: kcarovic@agr.hr

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet,

Primljeno - Received:

16.01.2024

Revidirano - Revised:

4.03.2024.

Prihvaćeno - Accepted:

5.03.2024.

Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja,
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska.

Rene Turković

E-mail: turkovic.rene@gmail.com

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet,

Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska