

Utjecaj procesa sušenja na antioksidacijsku aktivnost bundeve

Ligutić, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:335199>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam

Petra Ligutić

7695/N

**UTJECAJ PROCESA SUŠENJA NA ANTIOKSIDACIJSKU
AKTIVNOST BUNDEVE**

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Procesi pripreme hrane

Mentor: Doc. dr. sc. Marija Badanjak Sabolović

Zagreb, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Kabinet za procese pripreme hrane

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

Utjecaj procesa sušenja na antioksidacijsku aktivnost bundeve

Petra Ligutić, 0058213691

Sažetak: Zbog bogatog nutritivnog sastava, niske kalorijske vrijednosti i povoljnog učinka na zdravlje čovjeka bundeva se smatra funkcionalnom hranom. Obiluje polifenolnim spojevima i karotenoidima kojima je dokazano antioksidacijsko djelovanje. Za konzerviranje i produljenje trajnosti bundeve često se koristi sušenje, najstarija metoda konzerviranja hrane. Sušenje može značajno utjecati na nutritivni sastav, a posebno na antioksidacijsku aktivnost namirnice. Cilj ovog završnog rada je prema rezultatima do sada objavljenih znanstvenih radova prikazati utjecaj pojedinih procesa sušenja na antioksidacijsku aktivnost bundeve. Najčešće korišteni procesi sušenja bundeve su konvekcijsko, mikrovalno, osmotsko i sušenje zamrzavanjem, a često se koristi i kombinacija navedenih procesa. Rezultati ukazuju da je uz izbor odgovarajućeg procesa, kao i uvjeta sušenja, moguće zadržati antioksidacijska svojstva bundeve nakon sušenja.

Ključne riječi: antioksidacijska aktivnost, bundeva, karotenoidi, polifenoli, sušenje

Rad sadrži: 35 stranica, 17 slika, 11 tablica, 61 literaturni navod

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: Doc. dr. sc. Marija Badanjak Sabolović

Datum obrane: 15. srpanj 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor 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: Food Technology or Biotechnology or Nutrition

Influence of drying process on antioxidant activity of pumpkin

Petra Ligutić, 0058213691

Abstract: Valuable nutritive composition, low calories and great benefits for human health classifies pumpkin as functional food. It is rich in polyphenols and carotenoids, compounds with proved antioxidant activity. Drying, the oldest method for food preservation is very often used to prolong shelf life and pumpkin preservation. Drying may affect nutritive composition, especially antioxidant activity of food. According previous published scientific data, the aim of this bachelor thesis is to present results about impact of some used processes for pumpkin drying on antioxidant activity of pumpkin. Most commonly used processes for pumpkin drying are convective, microwave, osmotic and freeze drying. Very often is used the combination of these processes. Results indicate that appropriate drying process, as well as drying conditions can preserve antioxidant activity of pumpkin after drying.

Keywords: antioxidant activity, carotenoids, drying, polyphenols, pumpkin

Thesis contains: 35 pages, 17 figures, 11 tables, 61 references

Original in: Croatian

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

Mentor: PhD Marija Badanjak Sabolović, Assistant Professor

Defence date: July 15th 2021

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Bundeva	2
2.2. Vrste bundeva	2
2.3. Nutritivni sastav bundeve	4
2.4. Polifenolni spojevi	6
2.4.1 Polifenoli u bundevi	8
2.5. Karotenoidi	8
2.5.1 Karotenoidi u bundevi	9
2.6. Doprinos konzumiranja bundeve zdravlju čovjeka.....	11
2.7. Proizvodi od bundeve	12
2.7.1. Ulje od bundeve	12
2.7.2. Brašno od bundeve.....	13
2.8. Proizvodnja bundeve	13
3. Sušenje	14
3.1. Vrste sušenja	14
3.2. Utjecaj različitih procesa sušenja na antioksidacijsku aktivnost bundeve	19
3.3. Utjecaj predtretmana na antioksidacijsku aktivnost sušene bundeve	26
4. ZAKLJUČCI	29
5. LITERATURA	30

1. UVOD

Bundeva pripada porodici Cucurbitaceae kojoj pripada velik broj vrsta raznog povrća i bilja. Najviše se uzgajaju u tropskim i subtropskim područjima, a vrste koje se najčešće uzgajaju su *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita ficifolia* i *Cucurbita mixta*, tj. *argyrosperma*. Konzumiraju se svi dijelovi bundeve, sirovi ili termički obrađeni i pripremljeni u razno raznim jelima kao što su juhe, variva, ali i u desertima. Danas se bundeva smatra funkcionalnom hranom zbog visokog sadržaja vitamina A i E, esencijalnih aminokiselina te bioaktivnih spojeva za koje je dokazano pozitivno djelovanje na očuvanje zdravlja čovjeka. Prisutni bioaktivni spojevi u bundevi pripadaju skupini flavonoida, karotenoida, tokoferola, sterola i nezasićenih masnih kiselina te brojnih drugih mikronutrijenata. Za neke od njih pokazalo se da smanjuju djelovanje slobodnih radikala u organizmu, razvoj upalnih procesa i raka, a također mogu imati zaštitnu ulogu u razvoju povišenog krvnog tlaka i dijabetesa (Montesano i sur., 2018; Yadav i sur., 2010).

Sušenje je jedna od najstarijih metoda konzerviranja hrane koja podrazumijeva uklanjanje vode iz namirnice pomoću topline. Svrha sušenja je da se zaustavi enzimska i mikrobiološka aktivnost u namirnici, a time spriječi njeno kvarenje. Bundeva je zbog visokog sadržaja vode podložna kvarenju pa se zato najčešće podvrgava sušenju. Odabir metode sušenja ovisi o utrošku energije, ekonomičnosti procesa i željenim karakteristikama proizvoda, a metode koje se najčešće koriste u prehrambenoj industriji su konvekcijsko, osmotsko i mikrovalno sušenje te sušenje zamrzavanjem ili kombinacija tih procesa. Osim produljenja roka trajnosti, sušenjem voća i povrća se pojeftinjuju troškovi transporta i skladištenja te može doći do senzorskih promjena. Također, sušenje može značajno utjecati na nutritivni sastav namirnice, posebice na antioksidanse, bioaktivne spojeve s antioksidacijskim svojstvima što može utjecati na promjenu antioksidacijske aktivnosti (Márquez-Cardozo i sur., 2021; Radojčin i sur., 2021). Antioksidansi su izrazito važni u očuvanju oksidacijske stabilnosti i pojedinih senzorskih karakteristika namirnice te štite čovjeka od oksidativnog stresa uzrokovanog slobodnim radikalima, a time i od raznih bolesti (Kulczyński i sur., 2020). Stoga je cilj ovog rada prema do sada objavljenim rezultatima znanstvenih istraživanja istražiti različite korištene metode i uvjete sušenja te njihov utjecaj na antioksidacijsku aktivnost bundeve.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Bundeve

Bundeve, biljka također poznata i kao buča ili tikva pripada porodici Cucurbitaceae kojoj pripada oko 970 vrsta raznog povrća i ukrasnog bilja. Zbog osjetljivosti na niske temperature, prilagodile su se toplijim i tropskim krajevima gdje se i najviše uzgajaju (Yadav i sur., 2010). Bundeve potječu iz Amerike, točnije Meksika gdje se uzgajala u doba drevnih civilizacija kao što su Asteci, Maje i Inke. Pretpostavlja se da su je Španjolci donijeli u Europu u 16. stoljeću (Perez Gutierrez, 2016; Nábrádi i sur., 2015; Henriques i sur., 2012a). Bundeve se razlikuju po veličini i obliku (okrugle, spljoštene, kruškolike), po boji kore (od tamnozeleno do svijetlo žute), te po boji mesa (jarko žuto do tamno narančasto). Kora, osim što se razlikuje po boji, može biti ravna, tj. glatka ili naborana. Bundeve je jednogodišnja biljka puzavica ili penjačica. Može se koristiti u ljudskoj prehrani i u životinjskoj ishrani. Dijelovi bundeve koji se konzumiraju su plod i koštice dok se kora smatra otpadom, ali danas se sve više nastoji pronaći i njena uloga u prehrani. Plod se najčešće koristi u izradi raznih jela, slastica pa čak i alkoholnih pića dok se sjemenke bundeve konzumiraju kao grickalica ili dodaju jelima, npr. salatama, a najčešća njihova upotreba je za proizvodnju ulja od bundeve (Yadav i sur., 2010).

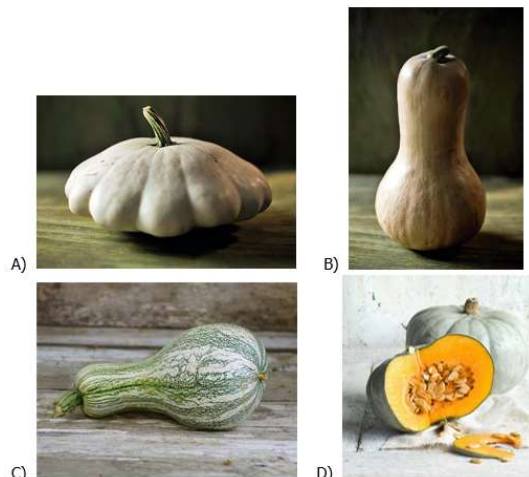
2.2. Vrste bundeva

Postoji velik broj vrsta bundeva koje se dijele na divlje i kultivirane. Najpoznatije vrste bundeve za uzgoj su: *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* i *Cucurbita mixta* (slika 1). *Cucurbita mixta* danas je poznata kao *Cucurbita argyrosperma* (Henriques i sur. 2012a; Zhou i sur., 2007). Unutar vrste postoje i brojni varijeteti. Poznati varijeteti bundeve vrste *Cucurbita pepo* su *patissoniana* odnosno patišon tikva i *giromontia*, u Hrvatskoj poznatija kao tikvica, ali i brojne druge ukrasne tikve. Poznati varijeteti bundeve *Cucurbita maxima* su hokaido, turban i prinčeva kruna. Butternut i špageti bundeva varijeteti su vrste *Cucurbita moschata*. Također jedna od poznatijih vrsta je i *Cucurbita ficifolia* ili smokvolisna tikva (Pleh i sur., 1998).

Cucurbita pepo, poznata kao obična bundeva, uzgaja se po cijelom svijetu, a za optimalni rast potrebni su joj vlaga, toplina i dovoljno svjetlosti. Ne podnosi dugotrajna razdoblja niskih temperatura. Zrela bundeva prepoznaje se po požutjelim listovima, plodovima narančastožute boje koji na udarac zvuče šuplje te po mesu žute boje (Sito i sur., 1998; Sito i sur., 2009). Varijeteti se razlikuju po obliku, boji i veličini, ali najčešće su ovalnog ili cilindričnog oblika, žute ili narančaste boje mesa te bijele, žute, narančaste ili zelene boje kore (slika 1A) (Salehi i sur., 2019). Plod nije izraženog ili specifičnog okusa, a meso obične bundeve najčešće se koristi u

pripremi raznih jela kao što su juhe, džemovi i kolači. Sjemenke ove vrste bundeve najčešće se koriste za proizvodnju ulja. Razlog tome je što sjemenke bundeve *Cucurbita pepo* nemaju ljusku (sjemenke golice) što uvelike olakšava proces proizvodnje ulja jer nije potreban proces uklanjanja ljuske čime se ujedno i pojeftinjuje sam postupak proizvodnje ulja (Delaš, 2010).

Cucurbita maxima ili velika bundeva ne razlikuje se puno od obične bundeve. Razlika je u izgledu cvjetne stapke te po kori koja je nešto mekša nego kod bundeve vrste *Cucurbita pepo* (Pleh i sur., 1998). Više joj odgovaraju niže temperature, a manje podnosi visoke temperature. Kod ove vrste bundeve konzumira se i lišće koje se jede svježe ili sušeno. Meso ove vrste bundeve koje se također može sušiti, u svježem ili sušenom obliku koristi se u pripremi različitih juha i variva. Najpoznatiji varijetet je u Italiji poznat kao „Berrettina“ što je naziv za vrstu kape koju su nosili kardinali po kojoj je i u Hrvatskoj taj varijetet dobio naziv Prinčeva kruna. Naziv je dobila zbog oblika ploda koji je srednje velik i plosnat, a izgledom podsjeća na krunu ili kapu (slika 1D). Kora je umjereno tvrda i zeleno-sive boje, meso je žuto-narančaste, a sjemenke bijelo-žute boje (Montesano i sur., 2018).



Slika 1. Vrste bundeve *C. pepo* - pattisoniana (A), *C. moschata* - butternut (B), *C. mixta* - zimski tikva (C), *C. maxima* - berrettina (prinčeva kruna) (D) (Anonymous 1, 2021)

Cucurbita moschata, poznata i kao muškatna bundeva, najčešće se uzgaja u tropskom dijelu Afrike zbog dobre otpornosti na visoke temperature za razliku od nekih drugih vrsta koje su osjetljive na visoke temperature (Almeida i sur., 2020). Plodovi se razlikuju po obliku od zvonastih i cilindričnih do kuglastih ili jajastih. Za konzumaciju se upotrebljavaju svi dijelovi bundeve, a za vrijeme kišne sezone u Africi, listovi se koriste kao glavno lisnato povrće (Lee i sur., 2021; Salehi i sur., 2019). Jedna od najpoznatijih predstavnika je butternut tikva (slika 1B) čija kora je žute, a meso intenzivno narančaste boje te slatkog i orašastog okusa (Maťová i sur., 2021).

Cucurbita argyrosperma je vrsta bundeve poznatija kao zimska tikva (slika 1C). Istraživanjem podrijetla ove bundeve zaključeno je da potječe s područja Meksika od divlje vrste bundeve *Cucurbita sororia* te je po karakteristikama najbližnja vrsti *C. moschata* (Merrick, 2019). Cvjetovi, mlade stabljike i plodovi se koriste u prehrani ljudi, a plodovi se također koriste kao krmivo te kao lijek za liječenje kožnih bolesti.

2.3. Nutritivni sastav bundeve

Nutritivni sastav bundeve ovisi o nekoliko čimbenika: o vrsti bundeve, mjestu uzgoja i uvjetima uzgoja (Zhou i sur., 2007). Najveći dio bundeve čini meso (79-82 %), zatim slijede kora (10-12 %), sjemenke (4-6 %) i pulpa (3-4 %). Jestivog dijela bundeve je 70-86 % (Mala i Kurian, 2016). S nutritivnog stajališta, bundeva općenito ima nisku koncentraciju ugljikohidrata (8,8 %) u usporedbi s drugim povrćem. Također ima niski sadržaj masti (približno 0,5 %) te proteina i vlakana oko 1 %. Bogata je i mineralima kao što su kalij, kalcij i fosfor. Također, sadrži visoke koncentracije β -karotena, koji je važan prekursor vitamina A, kao i polifenolnih spojeva (Márquez-Cardozo i sur., 2021).

Svaki dio bundeve (meso, sjemenke, kora, pulpa) izvor je vrlo vrijednih nutrijenata. Tako je meso bundeve dobar izvor karotenoida i γ -aminomaslačne kiseline (Yadav i sur., 2010), sadrži visoke razine ugljikohidrata i minerala kalcija, magnezija, kalija, željeza i dr. (Perez Gutierrez, 2016). Glavni karotenoidi pronađeni u bundevi su β -karoten i lutein, a prisutni su još u manjim količinama i α -karoten te likopen. To su spojevi odgovorni za žute, narančaste i crvene nijanse raznih plodova kao i samih bundeva (Haridy i Hassan, 2019).

Sjemenke bundeve važan su izvor proteina jer sadrže esencijalne aminokiseline kao što su lizin, valin, leucin, izoleucin, fenilalanin, treonin. Također su i bogat izvor lipida, fitosterola, karotenoida i pigmenata (Yadav i sur., 2010). Sastav masnih kiselina iz sjemenki bundeve je vrlo povoljan zbog manjeg sadržaja zasićenih (oko 20 %), a visokog udjela (oko 80 %) mono- i polinezasićenih masnih kiselina. Glavne masne kiseline u sjemenkama su oleinska, palmitinska, stearinska i esencijalna linolna kiselina (Haridy i Hassan, 2019). Također, sjemenke imaju i visok sadržaj vitamina E ili tokoferola koji djeluje kao antioksidans (Mala i Kurian, 2016).

Kora bundeve se uglavnom smatra otpadom, ali je vrlo dobar izvor dijetalnih vlakana i minerala poput fosfora i željeza zbog čega se danas sve više koristi za obogaćivanje proizvoda (Mala i Kurian, 2016). Bogata je i pektinom, kompleksnim polisaharidom koji je važan strukturni konstituent u biljnim stanicama i koji se zbog svojih svojstava u prehrambenoj industriji koristi za geliranje, zgušnjavanje i stabiliziranje proizvoda. Obradom se iz 100 g kore može dobiti 7 g pektina. Pektinski polisaharidi iz kore bundeve osim što su važni s tehnološkog gledišta,

pozitivno utječu i na zdravlje ljudi jer u ljudskom organizmu snižavaju razinu kolesterola u krvnom serumu te potiču rast dobrih crijevnih bakterija (Zhou i sur., 2007).

Bundeva je također i izvor određenih tvari s antibiotskim djelovanjem, kao i skvalena, spoja za koji se dokazalo da ima pozitivne učinke u liječenju određenih vrsta karcinoma (Perez Gutierrez, 2016; Yadav i sur., 2010). Sadrži i nešto antinutrijenata kao što su: nitrati, ftalati, tanini, fitati, oksalati i cijanid. Njihova koncentracija se povećava sa starošću bundeve (Zhou i sur., 2007).

Kako je već napomenuto, na sastav bundeve utječe čitav niz različitih čimbenika, a razlike postoje i između različitih dijelova bundeve. U tablici 1 prikazan je nutritivni sastav tri vrste bundeve obzirom na njene dijelove. Iz rezultata prikazanih u tablici vidi se da se njihov sastav može dosta razlikovati (Kim i sur., 2012).

Tablica 1. Nutritivni sastav dijelova bundeve (meso, kora, sjemenke) u tri različite vrste bundeva (izražen u g kg⁻¹ sirove mase) (Kim i sur., 2012)

Komponenta	Dio bundeve	vrsta		
		<i>C. pepo</i>	<i>C. moschata</i>	<i>C. maxima</i>
Ugljikohidrati	Meso	26,23 ± 0,20	43,39 ± 0,84	133,53 ± 1,44
	Kora	43,76 ± 0,74	96,29 ± 1,11	206,78 ± 3,25
	Sjemenke	122,20 ± 7,47	140,19 ± 7,60	129,08 ± 8,25
Proteini	Meso	2,08 ± 0,11	3,05 ± 0,65	11,31 ± 0,95
	Kora	9,25 ± 0,12	11,30 ± 0,99	16,54 ± 2,69
	Sjemenke	308,83 ± 12,06	298,11 ± 14,75	274,85 ± 10,04
Masti	Meso	0,55 ± 0,14	0,89 ± 0,11	4,20 ± 0,23
	Kora	4,71 ± 0,69	6,59 ± 0,41	8,69 ± 0,99
	Sjemenke	439,88 ± 2,88	456,76 ± 11,66	524,34 ± 1,32
Vlakna	Meso	3,72 ± 0,02	7,41 ± 0,07	10,88 ± 0,35
	Kora	12,28 ± 0,15	34,28 ± 1,37	22,35 ± 0,01
	Sjemenke	149,42 ± 0,55	108,51 ± 8,36	161,54 ± 6,79
Pepeo	Meso	3,44 ± 0,04	10,36 ± 0,01	10,53 ± 0,11
	Kora	6,30 ± 0,06	13,96 ± 0,16	11,20 ± 0,64
	Sjemenke	55,02 ± 1,00	53,15 ± 0,20	44,22 ± 0,36
Vlaga	Meso	967,70 ± 0,15	942,31 ± 0,08	840,43 ± 0,17
	Kora	935,98 ± 0,27	871,86 ± 0,09	756,79 ± 0,44
	Sjemenke	74,06 ± 0,91	51,79 ± 6,04	27,51 ± 0,21

Prilikom procesa zrenja dolazi do promjene u koncentraciji pojedinih komponenata voća i povrća. Razlika nutritivnog sastava bundeve ovisno o stupnju zrelosti prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. Promjene u biokemijskom sastavu bundeve u različitim fazama zrelosti (Sharma i Rao, 2013)

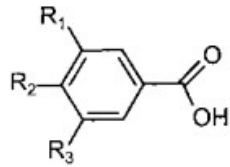
Komponenta	Faze zrelosti		
	Nezrela	Zrela	Prezrela
Reducirajući šećeri (mg g ⁻¹ svježe bundeve)	31,51 ± 0,40	64,16 ± 0,34	77,30 ± 1,10
Nereducirajući šećeri (mg g ⁻¹ svježe bundeve)	59,52 ± 0,70	42,42 ± 0,82	13,73 ± 1,20
Škrob (mg g ⁻¹ svježe bundeve)	75,86 ± 0,24	117,45 ± 0,50	68,55 ± 0,70
Slobodne aminokiseline (mg g ⁻¹ svježe bundeve)	4,32 ± 0,14	10,77 ± 0,06	2,07 ± 0,43
Proteini (mg g ⁻¹ svježe bundeve)	4,85 ± 0,90	7,25 ± 1,19	7,25 ± 1,43
Fenoli (mg 100 g ⁻¹ svježe bundeve)	0,56 ± 0,00	0,48 ± 0,08	0,47 ± 0,01
Karotenoidi (mg 100 g ⁻¹ svježe bundeve)	0,67 ± 0,03	3,16 ± 0,04	7,47 ± 0,10

Zrenjem bundeve dolazi do povećanja udjela reducirajućih šećera, škroba, slobodnih aminokiselina, proteina i karotenoida. U fazi prezrelosti bundeve, udio škroba i slobodnih aminokiselina opada, dok raste udio karotenoida i reducirajućih šećera (Sharma i Rao, 2013).

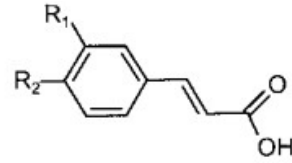
2.4. Polifenolni spojevi

Polifenolni spojevi su fitokemikalije široko rasprostranjene u biljkama, voću i povrću. Prema strukturi, mogu sadržavati jedan aromatski prsten i u tom slučaju je riječ o fenolnim kiselinama. Ako sadrže više aromatskih prstenova povezanih hidroksilnim skupinama nazivaju se polifenolima. Upravo te hidroksilne grupe su odgovorne za antioksidacijsku aktivnost koju posjeduju polifenolni spojevi. Broj i položaj hidroksilnih skupina omogućuje polifenolima sposobnost uklanjanja, tj. inaktivacije slobodnih radikala donirajući im atome vodika i elektrone čime oni postaju stabilni i ne ulaze u daljne reakcije (Minatel i sur., 2017). S obzirom na kemijsku strukturu, broj fenolnih prstenova i druge strukturne elemente dijele se u nekoliko većih podskupina kao što su fenolne kiseline, flavonoidi, tanini, lignani i dr., a mogu se i razvrstati s obzirom na oblik u kojem dolaze na one koji se u stanicama nalaze otopljeni ili u vezanom obliku. Struktura fenolnih kiselina je nešto jednostavnija jer sadrže samo jedan aromatski prsten (slika 2), a dijele se u dvije glavne skupine: hidroksibenzojeve i hidroksicimetne kiseline i njezini derivati.

Hidroksibenzojeve kiseline



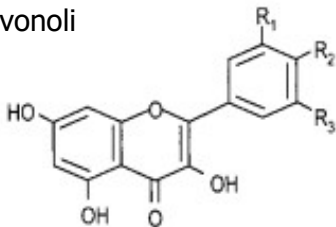
Hidroksicimetne kiseline



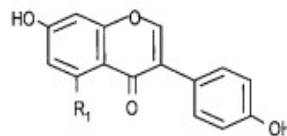
Slika 2. Struktura hidroksibenzojevih i hidroksicimetnih kiselina (Manach i sur., 2004)

Drugu veliku skupinu polifenolnih spojeva čine flavonoidi u čijoj se strukturi nalaze 2 benzenska i jedan piranski prsten. Njihova zastupljenost u prirodi je vrlo velika, a dijele se u više skupina: flavanole, flavone, flavanone, izoflavone i antocijanidine. Struktura nekih flavonoida prikazana je na slici 3 (Manach i sur., 2004).

Flavonoli



Izoflavoni



Antocijanidini



Slika 3. Struktura nekih flavonoida (Manach i sur., 2004)

Biljke ove spojeve sintetiziraju kao obrambene tvari koje ih štite od različitih fizioloških i okolišnih čimbenika, a važnu ulogu imaju i u oksidacijskoj stabilnosti hrane. Što se tiče njihova učinka na zdravlje čovjeka, pokazalo se da zbog svojih antioksidacijskih svojstava djeluju povoljno protiv upalnih procesa i oksidativnog stresa te time sprječavaju razvoj kroničnih bolesti kao što su kardiovaskularne bolesti, rak debelog crijeva, dijabetes i neurološke bolesti. Dodatna prednost polifenolnih spojeva je što se smatraju sigurnim sastojkom namirnica zbog svoje niske toksičnosti u organizmu ljudi. Problem predstavlja njihov brz metabolizam i niska bioraspoloživost. Važno je za uzeti u obzir njihovu apsorpciju, distribuciju i metabolizam u ljudskom tijelu (Rasouli i sur., 2017). Bioraspoloživost im se može povećati termičkom obradom namirnica. Polifenolni spojevi mogu biti vezani za staničnu stijenkiju ili membranu, a visoka temperatura uzrokuje pucanje tih veza i oslobađanje spojeva, a time i veću raspoloživost. S druge strane, kuhanjem u vodi dolazi do gubitaka polifenola zbog njihove topljivosti u vodi. Međutim, uvijek postoje iznimke jer raspoloživost fenolnih spojeva iz voća i povrća uvelike ovisi o samoj vrsti istih (Minatel i sur., 2017).

2.4.1 Polifenoli u bundevi

Jedni od važnijih spojeva u bundevi su polifenoli zbog antioksidacijske aktivnosti. Stoga se pojedini dijelovi bundeve koji se uglavnom smatraju otpadom često koriste u obogaćivanju drugih proizvoda kako bi se poboljšala njihova funkcionalnost. Kora, meso i sjemenke bundeve se suše i melju kako bi se dobio prah koji se lako može upotrijebiti u različitim proizvodnim procesima (Hussain i sur., 2020). U tablici 3 je prikazana ukupna količina fenola (izraženih kao mg galne kiseline (GAE) u 100 g praha) i flavonoida (izraženih kao mg katehina (CE) u 100 g praha) u prahu od kore, mesa i sjemenki bundeve.

Tablica 3. Ukupni fenoli i flavonoidi u prahu od bundeve (Hussain i sur., 2020)

Prah od bundeve	ukupni fenoli (mg GAE ¹ 100g ⁻¹ praha)	ukupni flavonoidi (mg CE ² 100g ⁻¹ praha)
Kora	93,40 ± 0,69	45,0 ± 0,59
Meso	134,59 ± 1,24	77,11 ± 0,63
Sjemenke	224,61 ± 1,60	139,37 ± 1,07

¹GAE-galna kiselina; ²CE-katehin

Ukupan udio fenolnih spojeva i flavonoida (izraženih kao mg galne kiseline odnosno mg kvercetina u 100 g svježe bundeve) se razlikuje u pojedinim vrstama bundeve što je prikazano u tablici 4. Najveći sadržaj ukupnih fenolnih spojeva fenola ima bundeva *Cucurbita moschata*, a ukupnih flavonoida *Cucurbita maxima*. Najmanji sadržaj ukupnih fenola i flavonoida se nalazi u bundevi *Cucurbita pepo* (Zhou i sur., 2017).

Tablica 4. Ukupan sadržaj fenolnih spojeva i flavonoida u tri različite vrste bundeve (Zhou i sur., 2017)

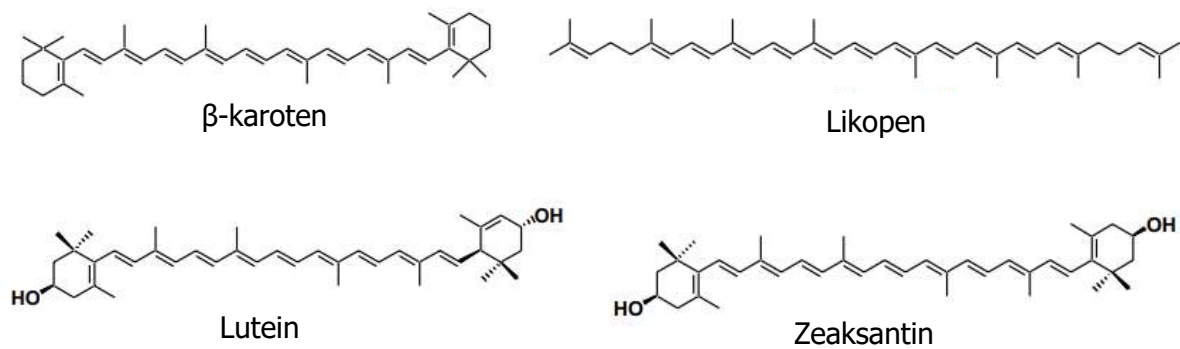
vrsta bundeve	ukupni fenolni spojevi (mg GAE ¹ 100 g ⁻¹ svježe bundeve)	ukupni flavonoidi (mg QE ² 100 g ⁻¹ svježe bundeve)
<i>Cucurbita maxima</i>	436.16 ± 2.89	8.23 ± 0.03
<i>Cucurbita pepo</i>	50.17 ± 1.27	0.51 ± 0.01
<i>Cucurbita moschata</i>	453.72 ± 5.61	5,36 ± 0.07

¹GAE-galna kiselina; ²QE-kvercetin

2.5. Karotenoidi

Karotenoidi su široko rasprostranjeni pigmenti topljivi u mastima. Odgovorni su za žute, narančaste, crvene i plavo-ljubičaste nijanse boja raznog voća i povrća. Dijelev se u dvije skupine: karotene od kojih su najzastupljeniji α-, β- i γ-karoten i likopen te ksantofile od kojih

su najzastupljeniji β -kriptoksantin, lutein, zeaksantin, fukoksantin i dr. Strukture nekih karotena i ksantofila su prikazane na slici 4.



Slika 4. Strukture karotena (β -karoten i likopen) i nekih ksantofila (lutein i zeaksantin) (Maoka, 2020)

Kako ljudi i životinje ne mogu sami sintetizirati karotenoide, važan je njihov unos hranom jer u organizmu imaju antioksidacijsku ulogu, djeluju kao foto-zaštitnici i jačaju imunitet te su prekursori u stvaranju vitamina A. Unos karotenoida povezuju se sa smanjenim rizikom od nekih vrsta raka, sprečavaju razvoj kardiovaskularnih bolesti, dijabetes, pretilost te imaju važnu ulogu u jačanju imunološkog sustava i očuvanja zdravlje kože (Maoka, 2020; Xavier i Pérez-Gálvez, 2016). β -karoten čini dugi aciklički lanac sastavljen od izoprenskih jedinica s konjugiranim dvostrukim vezama te dvije β -ionske grupe na krajevima lanca. Glavna funkcija β -karotena je njegova opskrba organizma vitaminom A jer je njegov prekursor. Važan je za embrionalni razvoj, ispravan rast i dobar vid te ima antikancerogena i antioksidacijska svojstva. Zbog toga ima veliku važnost u prehrambenoj i kozmetičkoj industriji (Bogacz-Radomska i Harasym, 2018).

2.5.1 Karotenoidi u bundevi

Žuta boja mesa bundeve potječe od karotenoida. Bundeve su bogate karotenoidima, a njihov udio i sastav razlikuje se od vrste do vrste kao i ostali nutrijenti. Ukupan udio karotenoida u bundevi varira od 160 – 1399 $\mu\text{g g}^{-1}$ suhe tvari bundeve (Márquez-Cardozo i sur., 2021). Udio pojedinih vrsta karotenoida u vrstama *Cucurbita pepo* i *Cucurbita moschata* prikazan je u tablici 5. Iz podataka se vidi da vrsta *Cucurbita pepo* sadrži veći udio svih vrsta karotenoida.

Tablica 5. Usporedba sadržaja bioaktivnih komponenata (izraženih kao mg u 100 g suhe tvari) između dvije različite vrste bundeve (Kulczyński i Gramza-Michałowska, 2019)

	Komponenta	<i>Cucurbita pepo</i>	<i>Cucurbita moschata</i>
Karotenoidi	Zeaksantin	5,69 ± 4,38	2,64 ± 2,33
	Lutein	13,53 ± 5,49	6,87 ± 3,38
	β-karoten	4,68 ± 2,27	2,92 ± 1,44
	ekvivalent retinola	2,38 ± 0,74	1,28 ± 0,56

Na udio karotenoida također bitno utječe zrelost bundeve, ali i sama obrada, posebno termička obrada. Udio α- i β-karotena veći je što je bundeva zrelija, što se vidi i u tablici 6. Termičkom obradom (kuhanjem) dolazi do gubitka karotena, ali njihov udio je i dalje proporcionalno veći što je bundeva zrelija. Gubitak α-karotena u kuhanoj bundevi je neznatno je veći u odnosu na gubitak β-karotena. Autori Zaccari i Galiotta (2015) su zaključili da su mogući razlozi gubitka karotena njihova nestabilnost kao i moguća oksidacija zbog izlaganja agresivnim okolišnim uvjetima.

Tablica 6. Ukupan sadržaj β- i α-karotena (izraženih kao mg u 100 g svježe tvari) u svježoj i kuhanoj bundevi u tri različita stupnja zrelosti (Zaccari i Galiotta, 2015)

	β-karoten		α-karoten	
	svježa	Kuhana	svježa	Kuhana
Nezrela	9,54 ± 0,61	6,35 ± 0,62	9,28 ± 0,31	5,55 ± 0,54
Zrela	12,34 ± 0,47	9,37 ± 0,91	14,31 ± 0,67	9,37 ± 0,65
Prezrela	15,77 ± 1,61	11,08 ± 0,83	16,19 ± 1,79	11,31 ± 0,89

Nasuprot tome, Buzigi i sur. (2020) su kao rezultat kuhanja vrste bundeve *Cucurbita moschata* primijetili zadržavanje karotena veće od 100 %. Rezultati njihova istraživanja su prikazani u tablici 7, a na temelju kojih su zaključili da pri termičkoj obradi vjerojatno dolazi do puknuća staničnih membrana i stijenki što dovodi do oslobađanja karotena iz matriksa pa time dolazi i do povećanja njihove koncentracije. Nešto veći udio karotenoida je u bundevi kuhanoj na pari što se može objasniti time da kuhanjem u vodi otpušteni karoteni zaostaju u vodi te se na taj način „gube“ iz mesa bundeve.

Tablica 7. Usporedba sadržaja karotenoida (μg u 100 g) i % njihova zadržavanja nakon kuhanja (Buzigi i sur., 2020)

	Svježa	kuhana u vodi	kuhana na pari	zadržavanje (%)	
				kuhana u vodi	kuhana na pari
β -karoten	1704 \pm 5,0	3326,5 \pm 0,7	3466,2 \pm 3,9	195	203
α -karoten	46 \pm 3,0	75,1 \pm 0,3	88,0 \pm 0,6	161	194
vitamin A	143,9 \pm 4	280,3 \pm 0,8	292,5 \pm 2	194,8	203,3

2.6. Doprinos konzumiranja bundeve zdravlju čovjeka

Posljednjih desetljeća bundeva se sve više istražuje zbog njenog izrazito povoljnog nutritivnog sastava. Neki od najvažnijih nutrijenata u bundevi koji ispoljavaju brojne pozitivne učinke vezane za zdravlje ljudi su već prethodno spomenuti fenolni spojevi, karotenoidi, tokoferoli, fitoestrogeni, fitosteroli, pektini, nezasićene masne kiseline i pojedini proteini. Nabrojani nutrijenti imaju pozitivan učinak na zdravlje ljudi zbog izraženih antioksidacijskih, antikancerogenih, protuupalnih i antimikrobnih svojstava. Također pokazuju zaštitno djelovanje kod dijabetesa, neurodegenerativnih i kardiovaskularnih bolesti (Kulczyński i sur., 2020; Lestari i Meiyanto, 2018).

Antioksidansi su među biljkama široko rasprostranjena skupina kemijskih spojeva visoke bioaktivnosti. Imaju sposobnost neutralizacije slobodnih kisikovih radikala tako što doniraju svoj elektron. Na taj način štite organizam od oksidativnog stresa, tj. od štete koja nastaje zbog slobodnih radikala, a time i od raznih bolesti. Antioksidansi imaju važnu ulogu i u prehrambenoj industriji jer zbog svojih svojstava sprječavaju nepoželjne promjene u prehrambenim proizvodima tijekom skladištenja, sprječavaju oksidaciju pojedinih sastojaka u namirnicama i zaslužni su za čuvanje boje proizvoda. Bundeva je izrazito bogata raznim antioksidansima, a najjače antioksidacijsko djelovanje pokazuju karotenoidi, fenolni spojevi i vitamin E, točnije tokoferoli (Kulczyński i sur., 2020).

Kukurbitacini su spojevi u bundevi za koje se vjeruje da imaju antikancerogeni učinak jer uzrokuju apoptozu (programiranu staničnu smrt) stanica raka (Rolnik i Olas, 2020). Važna antikancerogena svojstva imaju i fitoestrogeni. Fitoestrogeni iz sjemenki bundeve inhibiraju proliferaciju stanica i inhibiraju rak prostate *in vitro* i *in vivo* (Lestari i Meiyanto, 2018).

Zbog prisutnih tvari u bundevi za koje su dokazana protuupalna svojstva sjemenke bundeve mogu biti korisne i kod liječenja artritisa, a sadrže i tvari koje imaju imunomodulatorne učinke

te smanjuju markere upale, neki od ovih spojeva su kukurbitacini, polisaharidi i mijeloidni antimikrobni peptidi (α - i β -mošini) (Amin i Thakur, 2013).

Rezultati nekih istraživanja ukazuju da pojedini spojevi iz bundeve imaju potencijalno zaštitno djelovanje kod razvoja dijabetesa tako što smanjuju razinu glukoze u krvi te održavaju razine glikoliziranog hemoglobina i inzulina u plazmi (Rolnik i Olas, 2020). Važnu ulogu u zaštiti od hipertenzije i hiperkolesterolemije ima ulje od sjemenki bundeve jer su istraživanja pokazala da suplementacija uljem sjemenki od bundeve dovodi do smanjenja razine LDL (low-density lipoprotein - lipoprotein niske gustoće) kolesterola i povećanja razine HDL (high-density lipoprotein – lipoprotein visoke gustoće) kolesterola te do smanjenja krvnog tlaka (Amin i Thakur, 2013).

2.7. Proizvodi od bundeve

Zbog dobrog sastava, kao i povoljnog djelovanja na zdravlje ljudi, teži se što većem iskorištenju svih dijelova dijelova bundeve u prehrane svrhe. Najčešći proizvodi od bundeve su ulje od bundevinih sjemenki te brašno od bundeve.

2.7.1. Ulje od bundeve

Sjemenke bundeve su, upravo zbog visokog sadržaja lipida, glavna sirovina za proizvodnju ulja od bundeve, a najčešća je uporaba sjemenki vrste *Cucurbita pepo* jer nemaju ljusku čime se, osim pojeftinjenja procesa proizvodnje, dobije i čišći proizvod (Delaš, 2010). Za proizvodnju djevičanskog ulja od bundeve, sjemenke bundeve se prethodno termički obrađuju na temperaturi između 100 i 130 °C 60 minuta pri tlaku od 300 - 600 bara, a zatim slijedi prešanje hidrauličkim prešama. Termička obrada važna je i za razvoj tipične orašaste arome ulja i za lakšu ekstrakciju ulja (Vujasinovic i sur., 2010). Za razliku od djevičanskog, hladno prešano ulje bundeve dobiva se mehanički, prešanjem na kontinuiranim pužnim prešama čime se osigurava maksimalno zadržavanje nutritivnih tvari i senzorskih svojstava ulja. Finalni proizvod je ulje tamno-zelene boje (slika 5) koje nije pogodno za termičku obradu, već se konzumira kao nerafinirano salatno ulje.

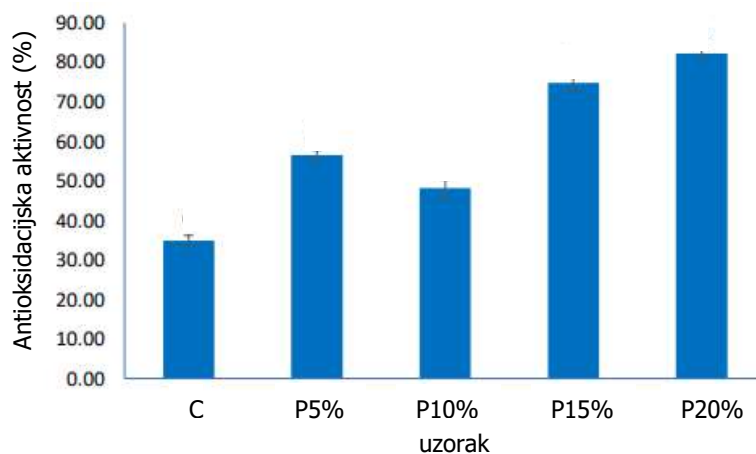


Slika 5. Ulje od bundeve (Anonymous 2, 2021)

U usporedbi s djevičanskim, hladno prešano ulje sadrži više tokoferola i sterola, dok djevičansko sadrži više fenolnih spojeva i ima bolju oksidacijsku stabilnost (Martinec i sur., 2019).

2.7.2. Brašno od bundeve

Brašno od bundeve je visokovrijedan proizvod bundeve. Jedan od načina proizvodnje je sušenje kore bundeve, koja se inače smatra otpadom, ali dobiva se i sušenjem ostalih dijelova. Brašno dobiveno sušenjem kore bundeve je bogato proteinima, vlaknima te mikronutrijentima zbog čega se najčešće koristi za obogaćivanje drugih proizvoda. Dodatkom brašna od bundeve u druge proizvode, povećava se udio vlakana u konačnom proizvodu, poboljšava sastav masnih kiselina te povećava udio mineralnih tvari proporcionalno količini dodanog brašna od bundeve. Međutim, dodatak bundevinog brašna drugim vrstama brašna pogoršava reološka svojstva proizvoda (Lemus-Mondaca i sur., 2019) Tako su, bolje nutritivne, ali lošije fizikalne karakteristike, pokazali instant rezanaci i juha te ekstrudirane grickalice od kukuruza s dodatkom brašna od bundeve (Nanthachai i sur., 2020; Rordriguez-Lora i sur., 2020; Poliszko i sur., 2019). Wahyono i sur. (2020) analizirali su ukupne fenole i antioksidacijsku aktivnost kruha obogaćenog dodatkom brašna od bundeve te su iz dobivenih rezultata zaključili da je antioksidacijska aktivnost kruha izravno proporcionalno količini ukupnih fenola, odnosno količini dodanog brašna od bundeve (slika 6).



Slika 6. Povećanje antioksidacijske aktivnosti kruha s dodatkom određenog postotka brašna od bundeve (P5, P10, P15 i P20 %) u odnosu na kontrolni kruh (C) (Wahyono i sur., 2020)

2.8. Proizvodnja bundeve

Procjena svjetske proizvodnje bundeva je 2764392 tona (Marquez-Cardozo i sur., 2021) na površini od otprilike 2042955 hektara. U Hrvatskoj se kao glavni usjev uzgaja na površini od 1000 - 1050 hektara. Do 1990-ih godina u Hrvatskoj je postepeno opadala proizvodnja bundeva

koje su se uzgajale najčešće za ishranu stoke. Nakon toga proizvodnja raste zbog otvaranja uljara i povećane proizvodnje kvalitetnog ulja od bundeve. U Hrvatskoj je najzastupljeniji uzgoj bundeve vrste *Cucurbita pepo*, a zatim slijede *Cucurbita maxima* i *Cucurbita moschata* (Sito i sur., 2009; Pleh i sur., 1998). Kako i u Hrvatskoj, tako i u svijetu oko 2000.-ih povećava se uzgoj bundeve u svrhu proizvodnje ulja zbog sigurnog prihoda novca. U SAD-u se uzgaja na više od 50000 ha, na području Slovačke na 2500 ha, a velik je uzgoj i na područjima Mađarske, Rumunjske i Ukrajine (Nábrádi i sur., 2015).

3. Sušenje

Sušenje je jedan od najstarijih načina prerade i očuvanja namirnica, a temelji se na uklanjanju vode iz hrane. Cilj uklanjanja vode iz namirnice je da se smanji mikrobiološka i enzimska aktivnost, očuvaju nutritivna svojstva, a pritom produlji njena trajnost (Henriques i sur., 2012b). Osim toga, osušeni proizvod ima manju masu i volumen čime se olakšavaju procesi pakiranja, skladištenja i transporta, a ujedno i smanjuju troškovi (Marelja i sur., 2020). Na proces sušenja utječe nekoliko faktora od kojih je najvažnija temperatura, ali i vrijeme sušenja, struktura materijala, biokemijski sastav namirnice, korištenje predtretmana i dr.

Sušenje može i negativno utjecati na fizikalno-kemijska, senzorska, nutritivna i mikrobiološka svojstva namirnice. Energetska učinkovitost procesa sušenja, kao i kvaliteta sušenog proizvoda najvažniji su čimbenici pri sušenju voća i povrća i odabiru metode sušenja.

3.1. Vrste sušenja

Svaki oblik sušenja ima svoje prednosti i mane te se razlikuju po načinu prijenosa topline, energetske učinkovitosti i trajanju sušenja, ali i po vrsti, sastavu i fizikalnim svojstvima proizvoda pa se stoga metoda sušenja odabire s obzirom na željena nutritivna, organoleptička i rehidrationska svojstva konačnog proizvoda (Marelja i sur., 2020). Neki od najčešćih korištenih postupaka sušenja su: konvekcijsko sušenje, omotsko sušenje, sušenje u vakuumu, sušenje smrzanjem, sušenje mikrovalovima kao i kombinacija različitih vrsta sušenja.

Najstarija metoda konzerviranja namirnica je konvencionalno sušenje na zraku uz pomoć sunčeve energije. Prednost ove metode je korištenje obnovljivih izvora energija čime se dodatno pojeftinjuje proces, ali problem predstavlja dugotrajnost procesa sušenja, ovisnost o vremenskim uvjetima, ali i toplinska razgradnja vrijednih nutritivnih sastojaka hrane te promjena boje, arome i dr. Također dolazi i do nepoželjnih promjena u obliku i teksturi čime se smanjuje kvaliteta dehidriranog proizvoda, kao i rehidrationska svojstva sušenog proizvoda.

Konvekcijsko sušenje je najčešća metoda sušenja zbog svoje jednostavnosti izvedbe i niske cijene. Kao izvor topline se koristi vrući zrak koji struji unutar komore za sušenje (slika 7). Strujanje vrućeg zraka uzrokuje zagrijavanje namirnice i uklanjanje vode, koja u obliku vodene pare izlazi van, što je relativno dugotrajan proces, osobito u posljednjim fazama sušenja. Kod ove vrste sušenja, osim visokim temperaturama (do 110 °C), namirnica je dulje vrijeme izložena i kisiku iz zraka koji uzrokuje oksidaciju vrijednih komponenata namirnice te negativno utječe na boju, aromu i teksturu proizvoda. Konvekcijskim sušenjem dolazi do narušavanja strukture namirnice zbog uklanjanja vlage, pa primjerice voće sušeno ovim postupkom uglavnom postaje gumenasto i tvrdo. Iz tog razloga, za poboljšanje teksture, ova vrsta sušenja najčešće kombinira s drugim vrstama sušenja, kao što su mikrovalno ili osmotsko, kako bi se dobila bolja struktura proizvoda (Radojčin i sur., 2021; Nawirska-Olszańska i sur., 2017).



Slika 7. Konvekcijska sušara na vrući zrak (Anonymous 3, 2021)

Osmotsko sušenje se koristi za djelomično uklanjanje vlage iz hrane. Temelji se na potapanju voća i povrća u visoko koncentriranu osmotsku otopinu s otopljenom jednom ili više tvari. Zbog većeg osmotskog tlaka visoko koncentrirane otopine, voda difundira iz namirnice u osmotsku otopinu, a istovremeno tvari otopljene u osmotskoj otopini difundiraju u namirnicu. Kako je stanična membrana neselektivna, neki nutrijenti iz namirnice mogu prijeći u osmotsku otopinu što može promijeniti senzorske karakteristike i nutritivni sastav konačnog proizvoda. Osmotsko sušenje se najčešće koristi kao predtretman prije drugih postupaka sušenja jer poboljšava kvalitetu proizvoda tijekom skladištenja, čuva njegovu teksturu i boju, smanjuje volumen te smanjuje utrošak energije u narednim procesima (Radojčin i sur., 2021; Garcia i sur., 2007).

Sušenje zamrzavanjem, također poznato i kao liofilizacija, je proces koji se koristi za sušenje voća i povrća koje sadrži termolabilne sastojke visoke nutritivne vrijednosti podložne hidrolizi. Najčešće se koristi za proizvode prehrambene i farmaceutske industrije. Princip liofilizacije je sušenje zamrznutog proizvoda sublimacijom u nekoliko koraka. Prvi korak podrazumijeva zamrzavanje na temperaturi nižoj od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Brzina zamrzavanja u ovom koraku je iznimno važna za sljedeći korak koji uključuje sublimaciju. Što je zamrzavanje brže, nastali kristali leda su manji, tj. njihova ukupna površina je veća kao i poroznost namirnice, a time je i sublimacija brža. To je u ovom procesu izuzetno poželjno kako ne bi došlo do neželjenih promjena u namirnici. Prilikom sublimacije, tj. primarnog sušenja, sniženi su tlak i temperatura i dolazi do pretvorbe slobodne vode (u obliku leda) u vodenu paru. Treći korak je sekundarno sušenje ili desorpcija vezane vode pri sobnoj ili povišenoj temperaturi (uglavnom do $70\text{ }^{\circ}\text{C}$) pod visokim vakuumom dok se sadržaj vlage ne snizi na manje od 5 %. Sušenje se provodi u liofilizatoru (slika 8) koji se sastoji od komore za sušenje s policama, vakuumske pumpe koja je zaslužna za održavanje niskog tlaka u komori te kondenzatora čija je uloga sakupljanje vlage koja se kondenzira. Liofilizirana namirnica ima najbolje očuvane bioaktivne tvari i senzorska svojstva, boju, okus i izgled te hrskaviju teksturu u usporedbi s drugim tehnikama sušenja. Produljena je trajnost namirnice, a porozna struktura joj omogućuje bolju rehidraciju. Liofilizacija je energetski zahtjevan i dugotrajan proces, a oprema koja se koristi je skupa što ograničava njenu upotrebu unatoč sve većoj popularnosti (Radojčin i sur., 2021; Marelja i sur., 2020).



Slika 8. Liofilizator (Anonymous 4, 2021)

Sušenje mikrovalovima ne zahtijeva dovodenje topline, već se toplina generira u materijalu pomoću mikrovalova. Mikrovalovi se u polju elektromagnetskog spektra nalaze između radiovalova i infracrvenog zračenja, u rasponu frekvencija od 300 MHz do 300 GHz i valnih

duljina od 1mm do 1m. Mikrovalovi prodiru u unutrašnjost hrane uzrokujući unutarnje trenje i pretvorbu kinetičke energije u toplinu, dolazi do zagrijavanja vode u namirnici čime se povećava tlak pare i omogućuje brži prijenos vlage iz hrane. Jednostavnije, energiju mikrovalova apsorbira voda iz namirnice, temperatura naraste kao i tlak zbog čega određena količina vode naglo ispari čime se smanji udio vlage u namirnici. Mikrovalna sušara je prikazana na slici 9. Brzina mikrovalnog sušenja je 4 - 8 puta veća u usporedbi s konvekcijskom metodom i 20 - 30 puta brža od liofilizacije čime se vrijeme sušenja skraćuje za čak 25 – 90 %. Na točne parametre postupka sušenja utječu temperatura sušenja i snaga mikrovalova. Kvaliteta dobivenog osušenog proizvoda je bolja, a metoda energetski učinkovitija u usporedbi s konvekcijskim sušenjem. U pojedinim istraživanjima se kao prednost ove vrste sušenja navodi ravnomjerno zagrijavanje materijala, dok neki kao nedostatak navode neravnomjerno zagrijavanje. Razlozi mogu biti veličina proizvoda, pojava rezonancije, heterogenost namirnice ili oblik proizvoda. Sušenje mikrovalovima se koristi za dobivanje prehrambenih prahova, hrskavog voća i povrća, proizvoda porozne strukture koja je, kako je već prethodno spomenuto, zaslužna za bolju rehidraciju proizvoda (Radojčić i sur., 2021; Indiarto i sur., 2021; Marelja i sur., 2020).



Slika 9. Mikrovalna sušara (Anonymous 5, 2021)

Vakuom sušenje bi moglo nadoknaditi nedostatke konvencionalnih metoda sušenja. Kod takvog sušenja se koriste niže temperature (50 – 70 °C) i odvija se pri sniženim tlakovima (5 – 25 kPa) što pridonosi većem očuvanju termolabilnih hranjivih tvari, a time i boljom kvalitetom konačnog proizvoda. Najčešće se koristi za materijale koji su podložni oksidaciji i drugim promjenama pri višim temperaturama te koje sadrže nestabilne i lako razgradive sastojke.

Smanjena je i volumna koncentracija kisika što osigurava bolju oksidacijsku stabilnost sušenog proizvoda. Također, namirnice sušene u vakuumu imaju porozniju konačnu strukturu što omogućuje brže i bolje rehidratiranje. Mane sušenja u vakuumu su visoki troškovi zbog složenih uređaja i zahtjevno upravljanje procesom zbog potrebe održavanja sniženog tlaka u vakuum komorama. Najpoznatiji procesi sušenja u vakuumu su konvekcijsko vakuum sušenje, mikrovalno vakuum sušenje i već opisano sušenje zamrzavanjem. Svako od njih ima određene prednosti i nedostatke, a odabir ovisi o vrsti namirnice i željenoj kvaliteti konačnog proizvoda. Najčešće izvedbe industrijskih vakuum sušara su pločaste (slika 10), trakaste i mješajuće. Konvekcijsko sušenje u vakuumu je najjeftiniji proces sušenja kojim se dobije proizvod bolje kvalitete u odnosu na konvekcijsko sušenje vrućim zrakom.



Slika 10. Pločasta vakuum sušara (Anonymous 6, 2021)

Danas se u velikoj mjeri istražuje mikrovalno vakuum sušenje kao moguća metoda sušenja za dobivanje sušenih namirnica visoke kvalitete. Princip je isti kao i kod običnog mikrovalnog sušenja, ali zbog vakuuma se isparavanje vode odvija pri nižoj temperaturi i u konačnici daje kvalitetniji proizvod. Osim kvalitete konačnog proizvoda, prednost je i veća energetska učinkovitost. Mikrovalna vakuum sušara se sastoji od 4 dijela: komore, vakuum i kontrolnog sustava te magnetrona, tj. izvora mikrovalova (Indiarto i sur., 2021; Marelja i sur., 2020).

Hibridno sušenje podrazumijeva kombinaciju dviju ili više različitih metoda sušenja kako bi se međudobno nadopunile koristeći pri tom prednosti svake pojedine metode. Cilj je dobivanje visokokvalitetnog konačnog proizvoda te maksimalno smanjenje potrošnje energije i troškova procesa. Nastoji se kombinirati ekonomičnost konvekcijskog sušenja, brzina mikrovalnog sušenja i minimalni štetni učinci vakuuma na senzorska i nutritivna svojstva namirnice (Radojčić i sur., 2021).

3.2. Utjecaj različitih procesa sušenja na antioksidacijsku aktivnost bundeve

Zbog dobrog nutritivnog sastava bundeva je dosta prisutna u prehrani ljudi bilo u svježem ili prerađenom obliku. Dokazana su brojna povoljna djelovanja konzumiranja bundeve na zdravlje čovjeka. Iz tih razloga, potiče se sve veća proizvodnja bundeva kao i njihova prerada u različite proizvode. Zbog ograničenog roka trajanja nakon berbe (1 – 3 mjeseca) bundeve se često suše budući da se procesom sušenja produljuje rok trajanja. Sušena bundeva (slika 11) (komadi ili prah) mogu se skladištiti duže vrijeme i koriste se kao sastojci u proizvodnji pekarskih proizvoda, juha, začina, umaka i tjestenine. Također se koriste i kao prirodna bojila za hranu. Suše se i dijelovi bundeve (kora, meso) koji zaostaju nakon vađenja sjemenki za proizvodnju ulja. Taj otpad sadrži visokovrijedne sastojke, između ostalog, polifenolne spojeve i karotenoide s izraženim antioksidacijskim svojstvima. Zato je važno naći načine da se taj otpadni materijal iskoristi, a pri tom da se zadrže vrijedni sastojci. Sušenje je jedan od načina. Proces sušenja, zbog upotrebe povišenih temperatura te duljeg vremena sušenja, može značajno utjecati na sadržaj bioaktivnih spojeva kao što su polifenolni spojevi i vitamini te na antioksidacijsku aktivnost sušene bundeve.



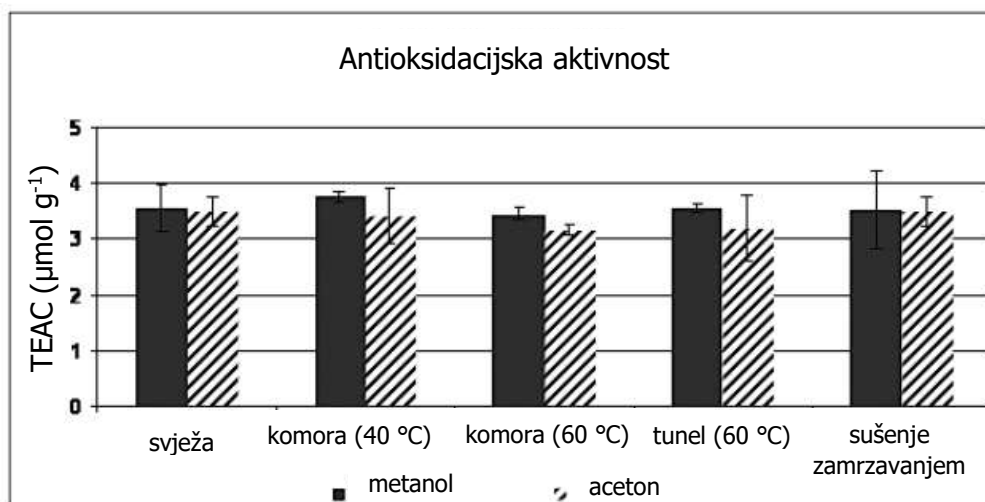
Slika 11. Sušena bundeva (Anonymous 7, 2021)

Cilj brojnih znanstvenih istraživanja je utvrditi utjecaj različitih procesa sušenja bundeve, uvjeta sušenja (temperature, vrijeme) kao i primijenjenih predtretmana sušenja na kvalitetu sušene bundeve. Sušenje između ostalog izaziva promjene na površini namirnice koje uzrokuju promjene boje. Visoke temperature i oksidacija tijekom sušenja uzrokuju promjene na bioaktivnim sastojcima bundeve, nositeljima antioksidacijske aktivnosti, kao što su vitamini, polifenolni spojevi i karotenoidi. Općenito, smatra se da sušenje pri višim temperaturama i duže vrijeme sušenja uzrokuje i veće gubitke tih sastojaka, kao i antioksidacijske aktivnosti.

Ipak, u nekim slučajevima, antioksidacijska aktivnost sušene bundeve se bitno ne razlikuje od svježe bundeve. Razlog tomu mogu biti fenolni spojevi, najčešće hidroksibenzojeve i derivati hidroksicimne kiseline koji su kovalentno vezani za netopljive polimere čime se njihova

prirodna antioksidacijska aktivnost smanjuje. Pri temperaturama sušenja te veze pucaju, spomenute fenolne kiseline se oslobađaju te se zadržava antioksidacijska aktivnost proizvoda (Henriques i sur., 2012b).

Prema dobivenim rezultatima, gore navedeno su u svom istraživanju potvrdili Henriques i njegovi suradnici (2012b). Cilj rada ove grupe autora bio je utvrditi utjecaj različitih procesa sušenja na kemijska svojstva, antioksidacijsku aktivnost i polifenolne spojeve bundeve. U svom su radu koristili tri vrste sušenja: konvekcijsko sušenje u komori (pri 40 °C i 60 °C, vrijeme sušenja 9 i 6 sati), konvekcijsko sušenje u tunelu (pri 60 °C, vrijeme sušenja 4 sata) i sušenje smrzavanjem (-50 °C, vrijeme sušenja 96 sati). Rezultati su pokazali da se količina polifenolnih spojeva i antioksidacijska aktivnost u svježoj bundevi i bundevi sušenoj spomenutim metodama ne razlikuje značajno što se vidi i na slici 15.



Slika 12. Antioksidacijska aktivnost svježje bundeve i bundeve sušene različitim metodama (Henriques i sur., 2012b)

Prema dobivenim rezultatima, autori su zaključili da iako je sušenjem došlo do gubitka nekih sastojaka bundeve (vlakna, pepeo, šećeri i vitamin C), sastojci od funkcionalne važnosti (polifenolni spojevi) sušenjem se nisu izgubili ili promijenili. Prema tome, može se zaključiti da se dobrim odabirom metode i uvjeta sušenja mogu očuvati funkcionalna svojstva bundeve nakon sušenja.

Rezultati nekih istraživanja potvrdili su da pri višim temperaturama i dužem vremenu sušenja dolazi do degradacije ukupne količine karotenoida u sušenoj bundevi što može utjecati i na funkcionalna svojstva sušenog proizvoda, između ostalog i na antioksidacijsku aktivnost. Iz toga razloga, provode se istraživanja gdje se nastoji skratiti vrijeme i sniziti temperatura sušenja bundeve.

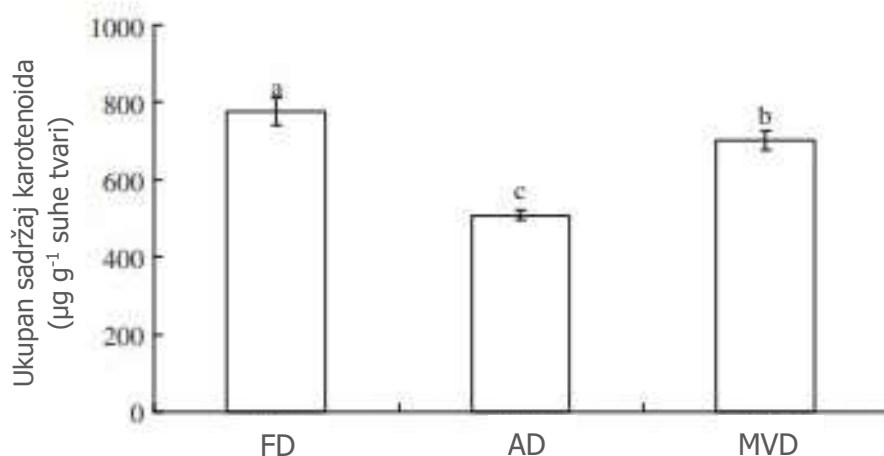
Onwude i sur. (2017) provedli su sušenje bundeve u konvekcijskoj sušari na vrući zrak pri temperaturama 50, 60, 70 i 80 °C, tijekom sušenja, uzorci su izuzimani svakih sat vremena te je sušenje prekinuto nakon što je u 2 uzastopna vaganja izmjerena ista masa uzorka. Vrijeme sušenja je pri temperaturi 80 °C bilo nešto više od 200 minuta, dok je pri 60 °C potrebno vrijeme bilo oko 350 minuta. Nakon sušenja u uzorcima je određena količina karotenoida, a rezultati su prikazani u tablici 8.

Tablica 8. Utjecaj temperature pri konvekcijskom sušenju na ukupni sadržaj karotenoida u bundevi (Onwude i sur., 2017)

Uzorci	Ukupni sadržaj karotenoida ($\mu\text{g g}^{-1} \times 10^3$)
50 °C	0,146 ± 0,083
60 °C	0,0564 ± 0,055
70 °C	0,0379 ± 0,018
80 °C	0,1025 ± 0,064

Prema dobivenim rezultatima prikazanim u tablici 8, vidi se da je najveća količina karotenoida u uzorcima sušenima pri temperaturi 50 °C, najniža u uzorcima sušenim pri 60 i 70 °C, a u uzorcima sušenim na 80 °C količina karotenoida veća je nego sušenjem pri 60 i 70 °C. Autori su zaključili da niska temperatura (50 °C) ne uzrokuje veliku degradaciju karotenoida bez obzira na duže vrijeme sušenja. Također, kraće vrijeme sušenja pri temperaturi 80 °C omogućuje bolje zadržavanje karotenoida (Onwude i sur., 2017).

Zbog već ranije spomenutih prednosti vakuum sušenja, Song i suradnici (2017) su uspoređivali količine karotenoida u bundevi nakon sušenja mikrovalovima u vakuumu s uzorcima bundeve sušene zamrzavanjem i vrućim zrakom. Iako je u svim procesima sušenja došlo do smanjenja količine karotenoida, najmanji gubitak karotenoida bio je kod procesa sušenja zamrzavanjem, a zatim kod sušenja mikrovalovima u vakuumu. Najznačajnije promjene bile su nakon sušenja na vrućem zraku. Rezultati su prikazani na slici 13.



Slika 13. Utjecaj različitih metoda sušenja na ukupan sadržaj karotenoida u bundevi (FD – sušenje zamrzavanjem, AD – sušenje vrućim zrakom, MVD – sušenje mikrovalovima u vakuumu) (Song i sur., 2017)

Na ukupan udio karotenoida velik je utjecaj imala i snaga mikrovalova tako da se proporcionalno s povećanjem snage, povećala i degradacija karotenoida. Ovo istraživanje potaknulo je istraživanja vezana uz optimizaciju sušenja mikrovalovima u vakuumu za sušenje različitog voća i povrća. Bundeve sušene zamrzavanjem je prikazana na slici 14.



Slika 14. Bundeve sušene zamrzavanjem (Anonymous 8, 2021)

Nawirska-Olszańska i sur. (2017) su istraživali utjecaj sušenja mikrovalovima na ukupni sadržaj polifenolnih spojeva, karotenoida i antioksidacijsku aktivnost bundeve. Uzorci vrsta *C. moschata* i *C. ficifolia* su sušeni pri temperaturi od 70 °C, brzinom između 4 i 10 m s⁻¹ i snagom mikrovalova od 100 i 250 W. Rezultati ukupne antioksidacijske aktivnosti koje su dobili prikazani su u tablici 9. Najveća antioksidacijska aktivnost je određena u svježim uzorcima, a sušenjem i

povećanjem snage mikrovalova smanjila se antioksidacijska aktivnost sušenih uzoraka koja je određena ABTS i FRAP metodom.

Tablica 9. Ukupna antioksidacijska aktivnost u svježim uzorcima i uzorcima bundeva nakon sušenja mikrovalovima (Nawirska-Olszańska i sur., 2017)

Bundeva	ABTS ($\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ suhe tvari)			FRAP ($\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ suhe tvari)	
	Svježa	100 W	250 W	100 W	250 W
<i>C. moschata</i> (Muscade de Provence)	1451,52 $\pm 12,78$	415,88 \pm 46,539	172,63 \pm 12,635	208,94 \pm 15,18	181,79 \pm 11,27
<i>C. moschata</i> (Butternut Rugosa)	1437,86 $\pm 18,32$	799,63 \pm 58,379	491,45 \pm 27,540	615,19 \pm 14,54	351,24 \pm 15,99
<i>C. ficifolia</i>	557,69 \pm 12,92	521,54 \pm 26,178	191,87 \pm 19,643	227,33 \pm 14,64	210,01 \pm 13,65

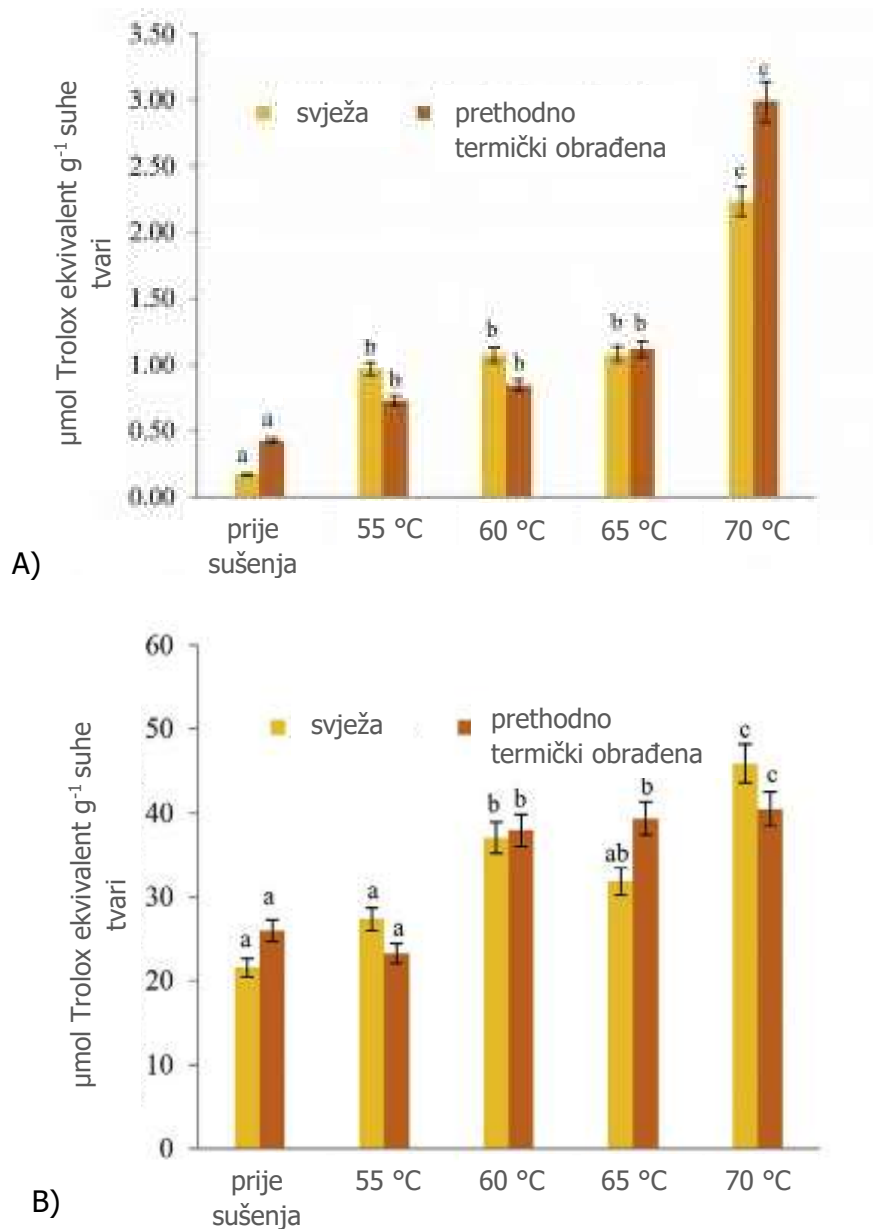
Bundeva vrste *C. ficifolia* imala je najmanji sadržaj polifenola, a zbog bijelog mesa ne sadrži karotenoide. Najviše karotenoida i polifenola je bilo u svježoj bundevi *C. moschata*, a s povećanjem snage mikrovalova, opadala je njihova ukupna količina što je vidljivo u tablici 10.

Tablica 10. Sadržaj karotenoida i polifenola u svježim uzorcima *C. moschata* i *C. ficifolia* bundeve i uzorcima nakon mikrovalnog sušenja (Nawirska-Olszańska i sur., 2017)

Bundeva	karotenoidi ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ suhe tvari)			polifenoli ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ suhe tvari)		
	Svježa	100 W	250 W	Svježa	100 W	250 W
<i>C. Moschata</i> (Muscade de Provence)	379,72 \pm 26,54	33,36 \pm 4,54	23,51 \pm 1,54	239,89 \pm 15,35	144,81 \pm 9,02	122,14 \pm 1,17
<i>C. Moschata</i> (Butternut Rugosa)	33,87 \pm 9,55	27,37 \pm 1,86	14,26 \pm 1,21	390,61 \pm 13,57	123,32 \pm 3,95	121,45 \pm 2,39
<i>C. Ficifolia</i>	0	0	0	201,48 \pm 13,94	142,59 \pm 4,56	121,72 \pm 5,92

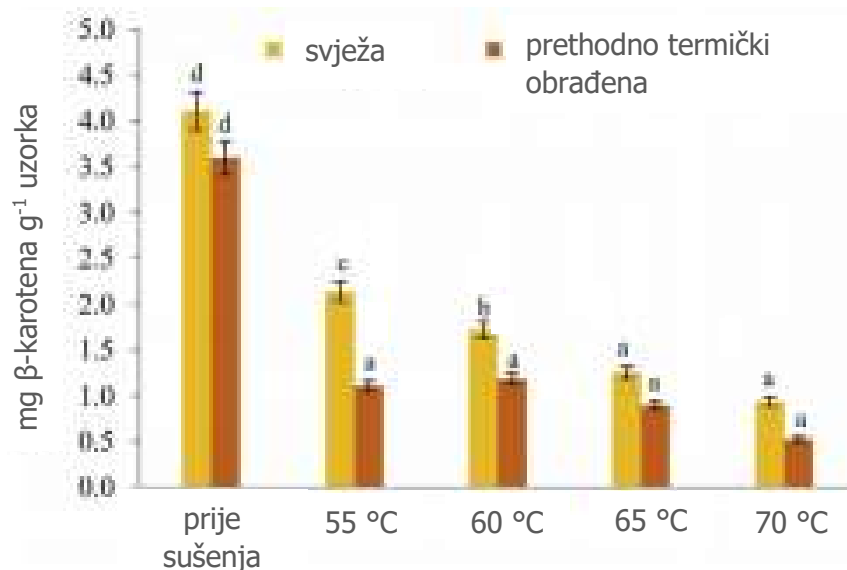
Márquez-Cardozo i sur. (2021) su istraživali utjecaj konvekcijskog sušenja na antioksidacijsku aktivnost i sadržaj β -karotena svježe i već prethodno termički obrađene *C. maxima* bundeve. Uzorci su sušeni pri temperaturama 55, 60, 65 i 70 °C, pri brzini od 3,7 m s⁻¹, a vrijeme sušenja je iznosilo 15, 8, 7 i 6 sati. Porastom temperature sušenja, povećala se i antioksidacijska aktivnost bundeve koja je određena pomoću DPPH i ABTS metode, a značajna razlika je bila pri temperaturi sušenja od 70 °C u odnosu na niže temperature što se vidi i na slici 15.

Antioksidacijska aktivnost bundeve sušene pri 70 °C bila je $2,99 \pm 0,09$ μmol ekvivalenta Trolox-a u gramu suhog uzorka određena DPPH metodom te $45 \pm 1,10$ μmol ekvivalenta Trolox-a u gramu suhog uzorka određena ABTS metodom. Međutim, između svježe pulpe i termički obrađene bundeve nije bilo značajne razlike. Razlog povećanja antioksidacijske aktivnosti je vjerojatno promjena strukture membrane uslijed termičke obrade koja dovodi do oslobađanja antioksidacijskih komponenata bundeve u matriks i olakšava njihovu ekstrakciju.



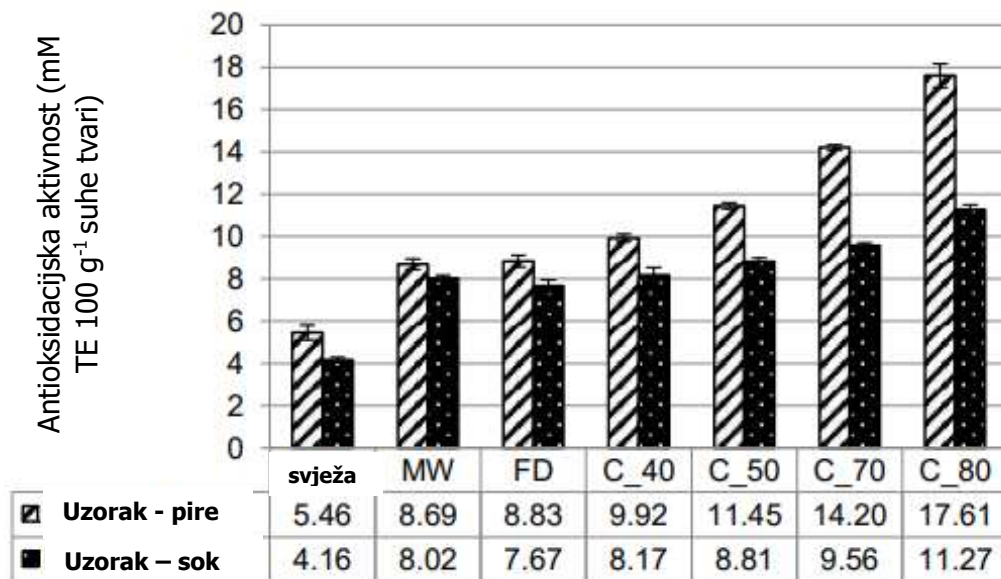
Slika 15. Antioksidacijska aktivnost svježe i prethodno termički obrađene bundeve s obzirom na temperaturu sušenja određena DPPH metodom (A) i ABTS metodom (B) (Márquez-Cardozo i sur., 2021)

Sadržaj karotenoida se smanjio s povećanjem temperature sušenja (slika 16). Osim toga, ukupne količine su bile manje u prethodno obrađenoj bundevi u usporedbi sa svježom. Razlog smanjenja je termolabilnost karotenoida i podložnost oksidaciji pri višim temperaturama.



Slika 16. Sadržaj karotenoida u svježoj i prethodno termički obrađenoj bundevi s obzirom na temperaturu sušenja (Márquez-Cardozo i sur., 2021)

Klava i sur. (2018) su istraživali utjecaj različitih metoda sušenja na bioaktivne komponente i antioksidacijsku aktivnost u 2 tipa nusproizvoda bundeve nastalih iz ekstrakcije pirea od bundeve zagrijavanjem i mehaničkom ekstrakcijom soka od bundeve. Određivali su ukupne udjele karotena i fenola te antioksidacijsku aktivnost uzoraka bundeve nakon konvekcijskog sušenja na temperaturama od 40, 50, 70 i 80 °C, mikrovalnog vakuum sušenja i sušenja zamrzavanjem. Rezultati su pokazali da je ukupan sadržaj karotena bio veći u uzorcima iz pirea nego kod uzorka iz soka bundeve. U oba uzorka je najveći udio karotena bio u svježim uzorcima i uzorcima sušenim zamrzavanjem. Pri konvekcijskom sušenju pirea od bundeve, povećanje temperature sušenja je uzrokovalo smanjenje sadržaja karotena, dok se pri sušenju uzorka od soka sadržaj karotenoida povećavao. Ukupan sadržaj fenola je također bio značajno veći u uzorcima od pirea, a u oba slučaja su najveći udjeli bili nakon konvekcijskog sušenja. Sadržaj fenola se povećao proporcionalno povećanju temperature sušenja. Sukladno tome, antioksidacijska aktivnost je bila najveća u uzorcima sušenim konvekcijom te veća u uzorcima sušenima pri višim temperaturama. Rezultati opisanog istraživanja prikazani su na slici 17.



Slika 17. Antioksidacijska aktivnost u svježim uzorcima bundeve i nakon sušenja mikrovalovima u vakuumu (MW), zamrzavanjem (FD), konvekcijom na temperaturama od 40 (C_40), 50 (C_50), 70 (C_70) i 80 °C (C_80) (Klava i sur., 2018)

3.3. Utjecaj predtretmana na antioksidacijsku aktivnost sušene bundeve
Prilikom sušenja, bundeva je izložena visokim ili povišenim temperaturama, ovisno o primijenjenom tretmanu sušenja. Pri tome dolazi do promjene u kemijskom sastavu bundeve, a time i do promjene njene nutritivne vrijednosti, kao i do promjene u funkcionalnosti bundeve. Osim na odabir najboljeg postupka i uvjeta sušenja bundeve, istraživanja su usmjerena i na mogućnost provođenja predtremana sušenju, koji bi u određenoj mjeri ublažili navedene promjene. Postoji nekoliko metoda predobrade, a neki od njih su uranjanje u kemijsku otopinu, blanširanje te fizički predtretmani kao što su abrazija, blanširanje, primjena ultrazvuka i dr. Svrha provođenja predtremana prije sušenja je smanjenje promjene u antioksidacijskoj aktivnosti, ali i promjene boje i teksture. Također, predtretmani smanjuju i ukupno vrijeme potrebno za sušenje (Adiletta i sur., 2018).

Jedan od predtremana je i ranije spomenuta osmotska dehidracija. Često se koristi otopina saharoze, ali korištenje koncentriranih voćnih sokova kao osmotske otopine može imati svoje prednosti. Lech i suradnici su 2018. prvi put kao predtretman sušenja bundeve koristili koncentrirane sokove od aronije, dunje i maline. Određenu količinu svježe bundeve stavili su u čašu sa sokom te je uronili u vodenu kupelj na temperaturu 45 °C i tako ostavili 6 sati. Potom su uzorci preneseni u vakuum mikrovalnu sušaru. Autori su najveći gubitak vode primijetili u soku od dunje, a najmanji u soku od aronije. Sušenjem mikrovalovima u vakuumu svježe bundeve je trajalo svega 36 minuta dok je za sušenje bundeve uronjeno u sokove trebalo oko

66 minuta. Određena je i koncentracija polifenola i antioksidacijska aktivnost svježih i bundeva na koju je primijenjen predtretman. Svježa bundeva je nakon sušenja imala manje konačne vrijednosti polifenolnih spojeva, a time i manju vrijednost antioksidacijske aktivnosti, dok je kod tretiranih bundeva uočena veća količina polifenolnih spojeva, a time i veća antioksidacijska aktivnost. Što je bilo duže vrijeme predtretmana (1 do 6 sati), konačne koncentracije polifenola bile su veće. Najviše vrijednosti ukupnih polifenola i antioksidacijske aktivnosti su uočeni u uzorcima bundeve koje su bile tretirane u sokovima od dunje i aronije, a najmanje u soku od maline. Sadržaj polifenolnih spojeva izražen je u mg galne kiseline u 100 g suhe tvari, a antioksidacijska aktivnost određena FRAP metodom izražena je u mmol ekvivalenta Trolox-a u 100 g suhe tvari. Rezultati su prikazani u tablici 11.

Tablica 11. Sadržaj polifenola i antioksidacijski kapacitet mjeren FRAP metodom u svježoj i tretiranoj bundevi (Lech i sur., 2018)

Osmotska otopina	Vrijeme trajanja predtretmana (h)	Polifenoli (mg galne kiseline u 100 g suhe tvari)	FRAP (mmol Trolox-a u 100 g suhe tvari)
\	svježa bundeva	167,4 ± 0,7	0,39 ± 0,01
\	0	156,4 ± 17,2	0,32 ± 0,01
Sok od aronije	0,5	883,5 ± 8,6	4,79 ± 0,16
	1	1154,9 ± 6,8	5,95 ± 0,15
	2	1392,5 ± 29,0	6,43 ± 0,19
	3	1684,7 ± 24,6	7,39 ± 0,07
	6	1788,0 ± 19,4	8,02 ± 0,06
Sok od dunje	0,5	1476,2 ± 4,5	7,01 ± 0,04
	1	2036,0 ± 19,1	9,17 ± 0,04
	2	2461,9 ± 6,9	13,26 ± 0,02
	3	2393,9 ± 5,7	13,10 ± 0,09
	6	2584,8 ± 5,7	14,22 ± 0,03
Sok od maline	0,5	373,3 ± 4,5	0,83 ± 0,04
	1	400,1 ± 19,1	0,69 ± 0,04
	2	442,9 ± 6,9	1,17 ± 0,02
	3	495,3 ± 5,7	1,32 ± 0,09
	6	487,0 ± 5,7	2,56 ± 0,03

Razlog tome je što je prilikom natapanja došlo do difuzije otopljenih tvari iz koncentriranih sokova u tkivo bundeve, a među tim tvarima su bili polifenolni spojevi kojima su i te voćke bogate. U jednom istraživanju se kao predtretman koristila otopina trehaloze (disaharid sastavljen od dvije molekule glukoze vezanih α,α -1,1-glukozidnom vezom), NaCl-a i saharoze. U toj otopini uzorci svježe bundeve proveli su 5 minuta na temperaturi od 25 °C, a nakon toga su sušeni (kao i svježa, netretirana bundeva) u komori s vrućim zrakom na temperaturama od 55, 60, 65 i 70 °C. Vrijeme sušenja za netretiranu bundevu je iznosilo (redom s povećanjem temperature) 260, 220, 180 i 140 minuta. Za bundevu s provedenim predtretmanom vrijeme sušenja bilo je kraće i iznosilo je 200, 160, 140 i 120 minuta. Pokazalo se da najviše fenolnih spojeva, a zbog toga i najveću antioksidacijsku aktivnost, ima svježa bundeva. Sušenjem bundeve, udio fenolnih spojeva, kao i antioksidacijska aktivnost, opada, ali ipak su ti gubitci kod bundeve koja je prošla kroz predtretman bili nešto manji zbog čega je i njena antioksidacijska aktivnost bila viša od netretirane sušene bundeve. Osim toga, količina fenola i antioksidacijska aktivnost smanjivala se proporcionalno s povišenjem temperature (Adiletta i sur., 2018).

4. ZAKLJUČCI

1. Bundeve se smatra funkcionalnom hranom zbog bogatog nutritivnog sastava i povoljnog učinka na zdravlje čovjeka.
2. Bundeve je bogata fenolnim spojevima i karotenoidima, spojevima kojima je dokazano antioksidacijsko djelovanje.
3. Česta je obrada bundeve sušenjem kako bi se produljila njena trajnost i pritom očuvala antioksidacijska aktivnost.
4. Najčešće korištene metode sušenja bundeve su konvekcijsko, mikrovalno, osmotsko i sušenje zamrzavanjem, a često se koristi i kombinacija navedenih metoda.
5. Duže vrijeme sušenja bundeve pri nižim temperaturama rezultira većom degradacijom spojeva s antioksidacijskom aktivnošću, čime se i antioksidacijska aktivnost smanjuje.
6. Pri višim temperaturama sušenja, vrijeme sušenja je kraće te se antioksidacijska aktivnost ne mijenja značajno u odnosu na svježu.
7. Sušenje zamrzavanjem i mikrovalno vakuum sušenje bundeve pokazale su se kao učinkovite metode za očuvanje antioksidacijske aktivnosti u bundevi.
8. Korištenje predtretmana, kao što je osmotsko sušenje, ima pozitivan utjecaj na očuvanje polifenolnih spojeva i antioksidacijske aktivnosti bundeve prilikom sušenja.

5. LITERATURA

Anonymous 1, Vrste bundeve. Dostupno na: [Dom i dizajn - Otkrivamo sve tajne: Dobrodošli u listopad, mjesec tikvi omiljene povrtnice iz jesenskog vrta \(jutarnji.hr\)](#) Pristupljeno: 17.6.2021.

Anonymous 2, Ulje od bundeve. Dostupno na: [Organsko ulje Bundeve /Bučino ulje/ Florihana - Bundeva, sjemenke \(Cucurbita pepo\) hladno prešano ulje \(terra-organica.hr\)](#) Pristupljeno: 21.6.2021.

Anonymous 3, Konvekcijska sušara na vrući zrak. Dostupno na: [Buy Fruit, Vegetable, Meat Hot Air Drying Machine - Spaghetti Straws Making Machine Manufacture \(gibmint.com\)](#) Pristupljeno: 1.7.2021.

Anonymous 4, Liofilizator. Dostupno na: [Hrana i povrće hrane Liofilizatori Kina Proizvođači i dobavljači Kina - Dijelovi, rabljeni, dizajn - TEFIC BIOTECH](#) Pristupljeno: 1.7.2021.

Anonymous 5, Mikrovalna sušara. Dostupno na: [Microwave Drying - Romill](#) Pristupljeno: 1.7.2021.

Anonymous 6, Pločasta vakuum sušara. Dostupno na: [Industrial Vacuum Dryers Manufacturers | BACHILLER](#) Pristupljeno: 1.7.2021.

Anonymous 7, Sušena bundeva. Dostupno na: [Pumpkin Pieces \(woodlandfoods.com\)](#) Pristupljeno 1.7.2021.

Anonymous 8, Bundeva sušena zamrzavanjem. Dostupno na: [Freeze Dried Pumpkin \(China Manufacturer\) - Snacks - Processed Food Products - DIYTrade China manufacturers suppliers directory](#) Pristupljeno: 1.7.2021.

Adiletta G., Warshamana Dewayalage C., Senadeera W., Russo P., Crescitelli A., Di Matteo M. (2018) Dehydration and rehydration characteristics of pretreated pumpkin slices. *Italian Journal of Food Science* **30**: 684-706.

Almeida C. F., Gomes R. S., Junior R. M., Oliveira R. L., Laurindo R. D. F., Chagas R. R., da Silva D. J. H. (2020) Genetic control of internode length in winter squash (*Cucurbita moschata*). *Genetics and Molecular Research* **19**: gmr18660

Amin, T., Thakur, M. (2013) *Cucurbita mixta* (pumpkin) seeds—a general overview on their health benefits. *International Journal of Recent Scientific Research* **4**: 846-854.

Bogacz-Radomska L., Harasym J. (2018) β -Carotene—properties and production methods. *Food Quality and Safety* **2**: 69-74.

Buzigi E., Pillay K., Siwela M. (2020) Effect of cooking locally available common bean (Obwelu) on iron and zinc retention, and pumpkin (Sweet cream) on provitamin A carotenoid retention in rural Uganda. *Food Science & Nutrition* **8**: 5916-5925.

Delaš I. (2010) Zaboravljene vrijednosti–bučino ulje. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* **5**: 38-42.

Garcia C. C., Mauro M. A., Kimura M. (2007) Kinetics of osmotic dehydration and air-drying of pumpkins (*Cucurbita moschata*). *Journal of Food Engineering* **82**: 284-291.

Haridy A. G., Hassan M. A. (2019) Crop Performance and Fruit Physicochemical Properties and Nutritional Components of Pumpkin (*Cucurbita moschata*) Cultivated at Different Density. *Assiut Journal of Agricultural Sciences* **50**: 125-148.

Henriques F., Guiné R. P., Barroca M. J. (2012b) Influence of drying treatment on physical properties of pumpkin. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* **7**: 53-58.

Henriques F., Guiné R., João Barroca M. (2012a) Chemical properties of pumpkin dried by different methods. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* **7**: 98-105.

Hussain A., Kausar T., Din A., Murtaza M. A., Jamil M. A., Noreen S., Rehman H., Shabir H., Ramzan M. A. (2021) Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Journal of Food Processing and Preservation*, e15542.

Indiarto R., Asyifaa A. H., Adiningsih F. C. A., Aulia G. A., Achmad S. R. (2021) Conventional And Advanced Food-Drying Technology: A Current Review. *International Journal of Scientific & Technology Research* **10**: 2277-8616.

Kim M. Y., Kim E. J., Kim Y. N., Choi C., Lee B. H. (2012) Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts. *Nutrition research and practice* **6**: 21-27.

Kļava D., Kampuse S., Tomsone L., Kince T., Ozola L. (2018) Effect of drying technologies on bioactive compounds maintenance in pumpkin by-products. *Agronomy Research* **16**: 1728-1741.

Kulczyński B., Gramza-Michałowska A. (2019) The profile of secondary metabolites and other bioactive compounds in *Cucurbita pepo* L. and *Cucurbita moschata* pumpkin cultivars. *Molecules* **24**: 2945.

Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Królczyk J. B. (2020) Optimization of extraction conditions for the antioxidant potential of different pumpkin varieties (*Cucurbita maxima*). *Sustainability* **12**: 1305.

Lech K., Figiel A., Michalska A., Wojdyło A., Nowicka P. (2018) The effect of selected fruit juice concentrates used as osmotic agents on the drying kinetics and chemical properties of vacuum-microwave drying of pumpkin. *Journal of Food Quality* **2018**: 1-11.

Lee H. Y., Jang S., Yu C. R., Kang B. C., Chin J. H., Song K. (2021) Population Structure and Genetic Diversity of *Cucurbita moschata* Based on Genome-Wide High-Quality SNPs. *Plants* **10**: 56.

Lemus-Mondaca R., Marin J., Rivas J., Sanhueza L., Soto Y., Vera N., Puente-Díaz L. (2019) Pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*). A review of functional attributes and by-products. *Revista Chilena de Nutricion* **46**: 783-791.

Lestari B., Meiyanto E. (2018) A Review: The Emerging Nutraceutical Potential of Pumpkin Seeds. *Indonesian Journal of Cancer* **9**: 92-101.

Mala K. S., Kurian A. E. (2016) NUTRITIONAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PUMPKIN WASTES. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical & Biological Sciences* **6**: 336-344.

Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. (2004) Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition* **79**, 727-747.

Maoka T. (2020) Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of natural medicines* **74**: 1-16.

Marelja M., Dujmić F., Ježek D., Škegro M., Bosiljkov T., Karlović S., Lasić M., Brnčić M. (2020) Vakuom sušenje u prehrambenoj industriji. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* **15**: 94-101.

Márquez-Cardozo C. J., Caballero-Gutiérrez B. L., Ciro-Velázquez H. J., Restrepo-Molina D. A. (2021) Effect of pretreatment and temperature on the drying kinetics and physicochemical and techno-functional characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Heliyon* **7**: e06802.

Martinec N., Balbino S., Dobša J., Šimunić-Mežnarić V., Legen S. (2019) Macro-and microelements in pumpkin seed oils: Effect of processing, crop season, and country of origin. *Food science & nutrition* **7**: 1634-1644.

- Maťová A., Hegedúsová A., Andrejiová A., Hegedús O., Golian M., Šlosár M., Lošák T. (2021) Evaluation of Storage and Freezing, Baking, and Boiling Treatments on Total Carotenoids Content in the Fruits of Selected *Cucurbita moschata* Duch. Varieties. *Journal of Food Quality* **2021**: 1-9.
- Merrick L. C., Bates D. M., Robinson R. W. (2019) Systematics And Evolution Of A Domesticated Squash, *Cucurbita Argyrosperma*, And Its Wild And Weedy Relatives. U: *Biology and utilization of the Cucurbitaceae*, Bates D. M., Robinson R. W., Jeffrey C., ur., Cornell University Press, str. 77-95.
- Minatel I. O., Borges C. V., Ferreira M. I., Gomez H. A. G., Chen C. Y. O., Lima G. P. P. (2017) Phenolic compounds: Functional properties, impact of processing and bioavailability. U: *Phenolic Compounds - Biological Activity*, 1. izd., Soto-Hernández M., Palma-Tenango M., Garcíá-Mateos R., ur., Intech, str. 1-24.
- Montesano D., Blasi F., Simonetti M. S., Santini A., Cossignani L. (2018) Chemical and nutritional characterization of seed oil from *Cucurbita maxima* L.(var. *Berrettina*) pumpkin. *Foods* **7**: 30.
- Nábrádi A., Hajnalka M., Lapis M. (2015) Economics of oil pumpkin seed production. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu* **17**: 204-210.
- Nanthachai N., Lichanporn I., Tanganurat P., Kumnongphai P. (2020) Development of Pumpkin Powder Incorporated Instant Noodles. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal* **8**: 524-530.
- Nawirska-Olszańska A., Stępień B., Biesiada A. (2017) Effectiveness of the fountain-microwave drying method in some selected pumpkin cultivars. *LWT – Food Science and Technology* **77**: 276-281.
- Onwude D. I., Hashim N., Janius R., Nawi N. M., Abdan K. (2017) Color change kinetics and total carotenoid content of pumpkin as affected by drying temperature. *Italian Journal of Food Science* **29**: 2017-2018.
- Perez Gutierrez R. M. (2016) Review of *Cucurbita pepo* (pumpkin) its phytochemistry and pharmacology. *Medicinal chemistry* **6**: 12-21.
- Pleh M., Kolak I., Dubravec K. D., Šatović Z. (1998) Sjeminarstvo bundeva. *Sjeminarstvo* **15**: 43-75.

- Poliszko N., Kowalczewski P. Ł., Rybicka I., Kubiak P., Poliszko S. (2019) The effect of pumpkin flour on quality and acoustic properties of extruded corn snacks. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* **14**: 121-129.
- Radojčin M., Pavkov I., Bursać Kovačević D., Putnik P., Wiktor A., Stamenković Z., Gere A. (2021) Effect of Selected Drying Methods and Emerging Drying Intensification Technologies on the Quality of Dried Fruit: A Review. *Processes* **9**: 132.
- Rasouli H., Farzaei M. H., Khodarahmi R. (2017) Polyphenols and their benefits: A review. *International Journal of Food Properties* **20**: 1700-1741.
- Rodríguez-Lora M. C., Ciro-Velásquez H. J., Salcedo-Mendoza J. G., Serna-Fadul T. (2020) Development and characterization of a dehydrated mixture based on pumpkin flour (*Cucurbita maxima*) incorporating modified starch of yam (*D. alata* cv. Diamante 22) with potential application for instantaneous soups. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* **19**: 1011-1025.
- Rolnik A., Olas B. (2020) Vegetables from the Cucurbitaceae family and their products: Positive effect on human health. *Nutrition* **78**: 110788..
- Salehi B., Sharifi-Rad J., Capanoglu E., Adrar N., Catalkaya G., Shaheen S., Cho W. C. (2019) Cucurbita plants: From farm to industry. *Applied Sciences* **9**: 3387.
- Sharma S., Rao T. R. (2013) Nutritional quality characteristics of pumpkin fruit as revealed by its biochemical analysis. *International Food Research Journal* **20**: 2309.
- Sito S., Barčić J., Ivančan S. (1998) Influence of Various Air Temperature on Duration of Drying Pumpkin Seed with Higher Water Content After Washing (*Cucurbita pepo* L.). *Agriculturae Conspectus Scientificus* **63**: 285-290.
- Sito S., Ivančan S., Barković E. (2009) Primjena različitih sustava obrade tla u uzgoju uljne bundeve. *Glasnik zaštite bilja* **32**: 51-56.
- Song J., Wang X., Li D., Meng L., Liu C. (2017) Degradation of carotenoids in pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) slices as influenced by microwave vacuum drying. *International Journal of Food Properties* **20**: 1479-1487.
- Vujasinovic V., Djilas S., Dimic E., Romanic R., Takaci A. (2010) Shelf life of cold-pressed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed oil obtained with a screw press. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **87**: 1497-1505.

Wahyono A., Dewi A. C., Oktavia S., Jamilah S., Kang W. W. (2020) Antioxidant activity and total phenolic contents of bread enriched with pumpkin flour. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 411, No. 1, p. 012049). IOP Publishing.

Xavier A. A. O., Pérez-Gálvez A. (2016) Carotenoids in nature, Springer. str. 359-375.
<[Carotenoids in Nature | SpringerLink](#)>

Yadav M., Jain S., Tomar R., Prasad G. B. K. S., Yadav H. (2010) Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review. *Nutrition research reviews* **23**: 184-190.

Zaccari F., Galietta G. (2015) α -carotene and β -carotene content in raw and cooked pulp of three mature stage winter squash "type butternut". *Foods* **4**: 477-486.

Zhou T., Kong Q., Huang J., Dai R., Li Q. (2007) Characterization of nutritional components and utilization of pumpkin. *Food* **1**: 313-321.

Zhou C. L., Mi L., Hu X. Y., Zhu B. H. (2017) Evaluation of three pumpkin species: correlation with physicochemical, antioxidant properties and classification using SPME-GC-MS and E-nose methods. *Journal of food science and technology* **54**: 3118-3131.

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

ime i prezime studenta