

# Jagoda (*Fragaria ananassa* x *Duch.*) kao funkcionalna hrana

---

Jelak, Lorena

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:534253>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 43/PREH/2022**

**Jagoda (*Fragaria ananassa* x *Duch.*) kao funkcionalna  
hrana**

**Lorena Jelak, 0336041938**

Koprivnica, rujan 2022. godine

## Prijava završnog rada

### Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za prehrambenu tehnologiju		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Prehrambena tehnologija		
PRISTUPNIK	Lorena Jelak	MATIČNI BROJ	0336041938
DATUM	13.09.2022.	COLEBU	Tehnologija proizvoda od voća i povrća
NASLOV RADA	Jagoda (Fragaria ananassa x Duch.) kao funkcionalna hrana		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Strawberry (Fragaria ananassa x Duch.) as a functional food		
MENTOR	Danijela Bursać Kovačević	ZVANJE	izv. prof. dr. sc.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc. dr. sc. Predrag Putnik - predsjednik		
	2. dr. sc. Marija Kovač Tomas, pred - član		
	3. izv. prof. dr. sc. Danijela Bursać Kovačević - mentor		
	4. doc. dr. sc. Dunja Šamec, zamjena člana		
	5.		

### Zadatak završnog rada

BROJ 43/PREH/2022

OPIS

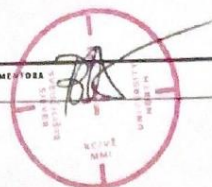
Jagoda (*Fragaria sp.*) je grmolika, zeļjesta, višegodišnja biljka te omiljena ljetna voćna vrsta koja se osim konzumacije u svježem stanju, uvelike prerađuje u različite prehrambene proizvode. Plodovi jagoda, kao i njezini proizvodi, smatraju se funkcionalnom hranom koja nudi višestruke zdravstvene dobrobiti, zahvaljujući sadržaju različitih bioaktivnih spojeva, a što je popraćeno brojnim dokazima o njezinom antioksidacijskom, protuupalnom, antihipertenzivnom te drugim učincima. Stoga je glavni cilj ovog rada razmotriti bioaktivni i zdravstveni aspekt jagode i njenih prerađevina u kontekstu funkcionalne hrane.

ZADATAK URUČEN

13.9.2022

POTPIS MENTORA

SVUČILIŠTE  
SJEVER





# Sveučilište Sjever

Odjel za Prehrambenu tehnologiju

Završni rad br. 43/PREH/2022

## Jagoda (*Fragaria ananassa* x *Duch.*) kao funkcionalna hrana

**Student**

Lorena Jelak, 0336041938

**Mentor**

Izv. prof. dr. sc. Danijela Bursać Kovačević

Koprivnica, rujan 2022. godine



## **Predgovor**

*Zahvaljujem se svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Danijeli Bursać Kovačević na iskazanom povjerenju i pruženoj prilici. Hvala Vam na pomoći, strpljenju, prilagodljivosti, izdvojenom vremenu i na svakom prijateljskom, ali i stručnom savjetu prilikom izrade ovog završnog rada.*

*Zahvaljujem se mom Dominiku na velikoj motivaciji kod svakog uspjeha i na velikoj podršci kod svakog pada. Hvala njegovim roditeljima na uloženom trudu i strpljenju.*

*Za kraj, posebno i najveće hvala mojim roditeljima, sestri, bratu, Aurori i Pepi na bezuvjetnoj podršci, ljubavi i strpljenju. Hvala što me uvijek gurate samo naprijed.*

## **Sažetak**

Jagoda (*Fragaria* sp.) je grmolika, zeljasta, višegodišnja biljka te omiljena ljetna voćna vrsta koja se osim konzumacije u svježem stanju, uvelike prerađuje u različite prehrambene proizvode. Plodovi jagoda, kao i njezini proizvodi, smatraju se funkcionalnom hranom koja nudi višestruke zdravstvene dobrobiti, zahvaljujući sadržaju različitih bioaktivnih spojeva, a što je popraćeno brojnim dokazima o njezinom antioksidacijskom, protuupalnom, antihipertenzivnom te drugim učincima. Stoga je glavni je cilj ovog rada razmotriti bioaktivni i zdravstveni aspekt jagode i njenih prerađevina u kontekstu funkcionalne hrane.

**Ključne riječi:** jagoda, funkcionalna hrana, bioaktivni spojevi, zdravstvene dobrobiti

## **Summary**

Strawberry (*Fragaria* sp.) is a bushy, herbaceous perennial plant and a popular summer fruit that is not only eaten fresh but also widely processed into various foods. Strawberry fruits, as well as their products, are considered functional foods that offer numerous health benefits thanks to their content of various bioactive compounds, which is accompanied by numerous evidences of their antioxidant, anti-inflammatory, antihypertensive and other effects. Therefore, the main objective of this thesis is to consider the bioactive and health aspect of strawberry and its products in the context of functional foods.

**Keywords:** strawberry, functional food, bioactive compounds, health benefits



# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Jagoda ( <i>Fragaria ananassa</i> x <i>Duch.</i> ) .....	2
2.1. Jagoda ( <i>Fragaria</i> sp.).....	2
2.1.1. Sistematika jagode ( <i>Fragaria</i> sp.).....	2
2.1.2. Morfološke karakteristike jagode .....	2
2.2. Kemijski sastav jagode.....	4
2.3. Bioaktivni potencijal jagode .....	7
2.3.1. Polifenolni spojevi.....	7
2.3.2. Stabilnost bioaktivnih spojeva.....	10
2.4. Utjecaj jagode na zdravlje .....	11
2.4.1. Antioksidacijski učinci jagoda.....	12
2.4.2. Protuupalne aktivnosti jagoda .....	12
2.4.3. Kardioprotektivno djelovanje jagoda .....	13
2.4.4. Antimetabolički sindrom .....	13
2.4.5. Aktivnosti protiv pretilosti.....	14
2.4.6. Antidijabetičke aktivnosti.....	14
2.4.7. Neuroprotektivne aktivnosti .....	15
2.4.8. Antikancerogene aktivnosti .....	15
2.4.9. Antimikrobne aktivnosti .....	15
3. Funkcionalna hrana – perspektiva i razvoj .....	16
3.1. Proizvodi od jagode kao funkcionalna hrana .....	16
4. ZAKLJUČAK .....	21
5. LITERATURA .....	23

## 1. Uvod

U današnje vrijeme potrošači se sve više educiraju o zdravoj i pravilnoj, te nutritivno balansiranoj prehrani s ciljem unaprjeđenja bolesti, tj. sprečavanja bolesti, pretilosti te starenja. Dvije glavne kategorije hrane intenzivno proučavane u zadnjih 20-ak godina su hrana za posebne prehrambene svrhe te hrana kategorizirana kao funkcionalna hrana. Iako ne postoji zakonska definicija funkcionalne hrane s obzirom da ista nije zakonski priznata u većini zemalja, ona je u fokusu kako potrošača, tako i proizvođača hrane. D. Granato i sur. [1] su definirali funkcionalnu hranu kao industrijski prerađenu ili prirodnu hranu koja, ukoliko se redovito konzumira unutar raznovrsne prehrane u učinkovitim razinama, ima potencijalno pozitivne učinke na zdravlje ljudi izvan osnovne čovjekove prehrane. FUFUSE (The European Commission Concerted Action on Functional Food Science in Europe) je dala jedinstvene naputke za funkcionalnu hranu prema kojima funkcionalna hrana treba biti konvencionalna i svakodnevna hrana s mogućnošću konzumiranja kao dio uobičajene prehrane, prirodnog sastava s komponentama koje se mogu prirodno naći u toj hrani ili su dodane u tu hranu u većoj količini od koncentracije specifične za tu hranu, ima pozitivan utjecaj na fiziološke funkcije, može poboljšati opće zdravstveno stanje ili smanjiti rizik od bolesti.

Potencijalne zdravstvene koristi povezane s prehrambenim unosom voća kao prirodnom funkcionalnom hranom privlače sve veći interes javnosti [2]. Među jagodastim voćem, jagoda (*Fragaria ananassa* x Duch.) se izdvaja kao potrošačima omiljena voćna vrsta koja je ujedno i bogat izvor nutritivnih i nenu nutritivnih bioaktivnih spojeva, koji su uključeni u različite učinke na zdravlje i prevenciju bolesti. Stoga je glavni cilj ovog rada kritički raspraviti o zdravstvenim učincima povezanim s konzumacijom jagoda i/ili njezinih proizvoda u kontekstu funkcionalne hrane i povezanim čimbenicima koji utječu na njihov nutritivni i fitokemijski sastav te bioraspoloživost.

## 2. Jagoda (*Fragaria ananassa* x Duch.)

### 2.1. Jagoda (*Fragaria* sp.)

Jagoda (*Fragaria* sp.) je grmolika, zeljasta, višegodišnja biljka koja spada među najomiljenije jagodasto voće, a njeni plodovi dolaze najranije u proljeće, već u svibnju [3].

#### 2.1.1. Sistematika jagode (*Fragaria* sp.)

Jagoda pripada odjeljku *Spermatophyta*, pododjeljku *Angiospermae* ili golosjemenjače, razredu *Dicotyledonae* ili dvosupnice, redu *Rosales*, porodici *Rosaceae*, potporodici *Rosoidae* i rodu *Fragaria* (Tablica 1) [4].

**Tablica 1.** Sistematika jagode, izvor: B. Volčević [4]

Odjeljak	<i>Spermatophyta</i>
Pododjeljak	<i>Angiospermae</i> - golosjemenjače
Razred	<i>Dicotyledonae</i> - dvosupnice
Red	<i>Rosales</i>
Porodica	<i>Rosaceae</i>
Potporodica	<i>Rosoidae</i>
Rod	<i>Fragaria</i> - jagoda

Sistematičari su do danas opisali 47 divljih vrsta jagoda svrstanih prema broju kromosoma u četiri skupine: 5 diploidnih (2n), dvije tetraploidne (4n), jedna heksaploidna (6n) i četiri oksaploidne (8n). Postoji oko 2 000 kultiviranih sorta jagoda koje se međusobno razlikuju po boji, okusu, obliku, vremenu dozrijevanja, bujnosti te mnogim drugim karakteristikama [4].

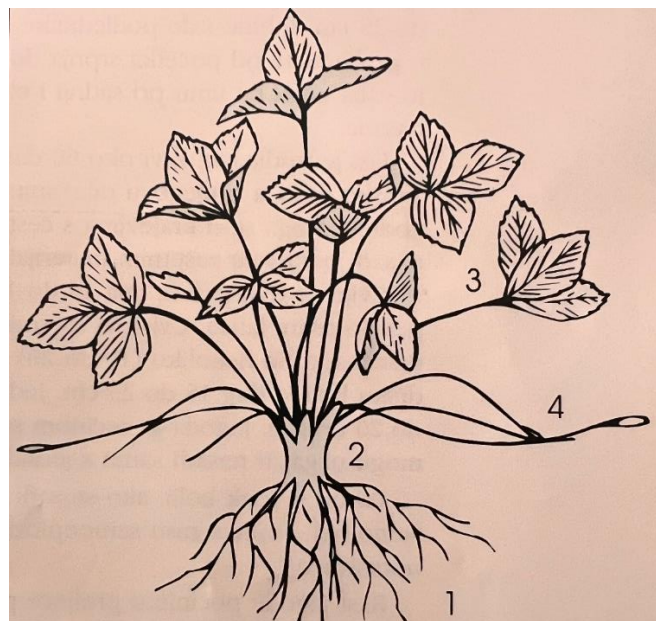
#### 2.1.2. Morfološke karakteristike jagode

Jagoda je vrlo osjetljiva na previsoke i preniske temperature, nedostatak vlage tijekom vegetacija te je vrlo sklona pozebi nakon kasnih proljetnih mrazeva. Glavni preduvjet za uspješnu proizvodnju je odabrati sortu koja najbolje odgovara načinu uzgoja, ekološkim uvjetima i vrsti prodaje jer greške pri tome mogu donositi ekonomske štete duži niz godina.

Prve godine daje najkvalitetniji prirod plodova i najviše mladih sadnica. U drugoj godini slabi vegetativni rast, a prirod plodova je najveći, ali nešto slabije kakvoće. Idućih godina vegetativni i generativni prirod postupno slabi, pa je najbolje nakon dvije do tri godine zasaditi novi nasad.

Grm jagode sastoji se od vegetativnih organa i generativnih organa. Pod vegetativne organe ubrajaju se korijen, stablo, list s lisnom drškom i vriježe, a pod generativne cvijet, plod i sjeme. Korijen jagode je vlasast, a glavna masa u tlu prodire do 25 cm dubine te je podjednake širine. List je trodijelan i živi oko 60 dana, a iznimka je zimsko lišće o čijem očuvanju ovisi prirod iduće godine. Cvijet je dvospolan, ima od 10 do 16 čašičnih listića i od 5 do 8 latica. Cvjetovi su smješteni na malim drškama, a tih nekoliko opet na glavnom dršku koji je dug od 15 do 23 cm.

Plod jagode naziva se „nepravim plodom” jer se razvija samo mesnato cvjetišće, a „pravi plodovi” su pojedinačna mala zrnca koja se nalaze u malim udubljenjima na površini. Jagoda je većinom samooplodna, pa se mogu uzgajati nasadi samo s jednom vrstom. Stvaranje vriježa (stolona) počinje već tijekom berbe dajući nove mlade sadnice (Slika 1) [5, 6].



**Slika 1.** Grm jagode; 1. korijen, 2. stablo, 3. list s lisnom drškom, 4. vriježa (stolon), izvor: T. Miloš [6]

Sezonskog je karaktera te vrlo malog uzgoja kako u Republici Hrvatskoj tako i u svijetu. Jagoda je u 2021., u usporedbi s 2020., ostvarila smanjenje proizvodnje i to za 0,659 tona (Tablica 2).

**Tablica 2.** Prikaz proizvodnje jagoda (t) u RH 2020.-2021. godine

Godina	2020	2021
Ukupna proizvodnja (t)	2,658	1,999
Intenzivna proizvodnja (za tržište) (t)	2,626	1,955
U ekstenzivnim voćnjacima (pretežno za vlastite potrebe) (t)	32	44
Indeks ukupne proizvodnje 2021./2020.	75,2 %	

Izvor: DZS (<https://podaci.dzs.hr/2021/hr/10118>, pristupljeno 3. kolovoza 2022. godine) [7]

## 2.2. Kemijski sastav jagode

Jagode su komercijalno važna prehrambena namirnica koja se diljem svijeta obično konzumira svježa ili prerađena. Zbog svog prirodnog kemijskog sastava, jagode su vrlo osjetljivo voće te očuvanje njihove kvalitete tijekom prerade predstavlja izazov. Jagoda je niske kalorijske vrijednosti s 32 kcal/100 g te visokog nutritivnog i biokemijskog potencijala. Bogat je izvor kalija, željeza i folne kiseline, obiluje antioksidansima i fitonutrijentima s dokazanim pozitivnim fiziološkim učincima [8].

Vezano uz nutritivni i kemijski sastav, valja istaknuti da jagode sadrže vitamine topljive u mastima, što uključuje karotenoide, vitamin A, vitamin E i vitamin K. U manjoj mjeri, jagoda je odgovarajući izvor nekoliko drugih vitamina kao što su tiamin, riboflavin, niacin te vitamin B6. Jagoda je također bogat izvor vitamina C, pri čemu 100 g svježih jagoda sadrži prosječno 60-90 mg vitamina C čime premašuju sadržaj ovog vitamina u limunu (40-50 mg/100 g) [8]. Prosječna količina biotina na 100 g svježeg ploda je <3,7 µg. U plodu jagode nalaze se minerali od kojih je u najvećoj količini zastupljen kalij. Njegova prosječna količina na 100 g svježeg ploda jagode je 161 mg, zatim fosfor u prosječnoj količini od 23 mg, kalcij u prosječnoj količini od 17 mg, magnezij 12,5 mg, natrij u prosječnoj količini <2 mg te željezo 0,26 mg, cink 0,11 mg, mangan 0,368 mg i bakar u prosječnoj količini 0,035 mg na 100 g svježeg ploda jagode [9]. Dragocjen su izvor folata (24 µg/100 g svježeg voća). Osim toga, njihov sadržaj dijetalnih vlakana i fruktoze može pomoći u regulaciji razine šećera u krvi usporavanjem procesa probave, dok njihov sadržaj vlakana može sudjelovati u kontroli sitosti [8].

Prema podacima U.S. Department Of Agriculture (FoodData Central) [9] prikazanih u Tablici 3. može se vidjeti da je prosječna količina vode 90,8 g na 100 g svježeg ploda jagode, dušika 0,1 g, 0,64 g proteina te 0,34 g pepela što je u granicama tolerancije. Prosječan udio masti na 100 g svježih plodova iznosi 0,22 g, s tim da u nekim sortama udio masti nije zabilježen.

Ugljikohidrati su određeni u količini od 7,96 g na 100 g svježeg ploda jagode od čega su najzastupljeniji monosaharidi fruktoza i glukoza s prosječnim udjelima od 2,62 g/100 g i 2,24 g/100 g svježeg ploda. Saharoze, maltoze i laktoze određene su u prosječnom udjelu nižem od 0,25 g/100 g svježeg ploda, dok je udio galaktoze prosječno niži od 0,1 g/100 g svježeg ploda.

Jagoda također sadrži neke od organskih kiselina pri čemu su najzastupljenije limunska i jabučna kiselina. Također, u 100 g svježeg ploda jagode nalaze se oksalna kiselina, pirogroždana kiselina i kininska kiselina s prosječnim udjelima nižim od 40 mg.

Na sve navedene sastojke u jagodama značajno mogu utjecati klimatske prilike, razlike u sortimentu, poljoprivredna praksa uzgoja, kao i metode prerade.

Upravo je prerada voća usko povezana s rješavanjem problema cjelogodišnje opskrbe stanovništva visokokvalitetnim prehrambenim proizvodima s povoljnim bioaktivnim profilom. Istraživanje M. Dzhabrailovich i sur. [10] na smrznutim jagodama kojima se procjenjuje biokemijski sastav dale su temelje za razvoj proizvoda izvedenica od jagoda koje uključuju zamrzavanje na niskim temperaturama. S obzirom na to, u radu M. Dzhabrailovich i sur. [10] proučavan je sadržaj vitamina u jagodama. Vitamin C ima blagotvorne učinke na rast i zdrav razvoj stanica te pospješuje apsorpciju kalcija. Velike količine vitamina C organizam koristi pri borbi protiv raznih bolesti ili infekcija tijekom zacjeljivanje rana te oporavak nakon operacije. Vitamin C neophodan je za obnovu i očuvanje pravilnih funkcija hrskavice, zubi, desni i kosti te sprječava nastanak hematoma i krvnih ugrušaka [10]. M. Dzhabrailovich i sur. [10] istraživali su utjecaj smrzavanja jagoda sorata 'Elizabeth', 'Gigantella', 'Honeoye', 'Lord' i 'Viktorija' na sadržaj vitamina C tijekom zamrzavanja na  $-40^{\circ}\text{C}$  te skladištenja na  $-18^{\circ}\text{C}$  kroz 10 mjeseci. Proizvodi su zamrznuti u staklenim posudama od 500 g. M. Dzhabrailovich i sur. [10] uočili su visoku razinu vitamina C svježe bobice sorata 'Gigantella' (73,9 mg%), 'Lord' (77,5 mg%) i 'Victoria' (73,7 mg%). Istraživanjem su otkrili manje gubitke vitamina C u svim sortama od 3% do 35% u usporedbi s početnim sadržajem u plodu jagoda. Ovo smanjenje uzrokovano je činjenicom da je vitamin C vrlo osjetljiv na tehnološke uvjete obrade i dodatak šećera. Autori ukazuju da postupak brzog zamrzavanja voća pozitivno utječe na produljenje kvalitete u odnosu na suho zamrzavanje. Zaključno, sorte koje se uzgajaju u Dagestanu pogodne su za daljnju proizvodnju visokonutritivne hrane za dijetalne i medicinske svrhe.

Međutim, svježe jagode, kao i smrznute koje su dostupne tijekom cijele godine, značajan su prehrambeni izvor polifenola i vitamina za koje je dokazano da imaju pozitivne učinke na ljudsko zdravlje [11].

**Tablica 3.** Kemijski sastav plodova jagode izražen na 100 g svježeg ploda

Sastojak	Prosječna količina	Min.	Max.	Mjerna jedinica
Voda	90,8	89,3	93	g
Dušik	0,1	0,07	0,13	g
Proteini	0,64	0,44	0,81	g
Masti (ukupne)	0,22	0	0,65	g
Pepeo	0,34	0,24	0,42	g
Ugljikohidrati	7,96	-	-	g
Od toga šećeri (NLEA)	4,86	-	-	g
- saharoza	< 0,25			g
- glukoza	2,24	1,6	2,8	g
- fruktoza	2,62	1,91	3,13	g
- laktoza	<0,25			g
- maltoza	<0,25			g
- galaktoza	<0,1			g
Organske kiseline				
- Limunska kiselina	700	466	914	mg
- Jabučna kiselina	198	121	268	mg
- Oksalna kiselina	<40	-	-	mg
- Pirogroždana kiselina	<40	-	-	mg
- Kininska kiselina	<40	-	-	mg
Minerali				
- Kalcij, Ca	17	12	21	mg
- Željezo, Fe	0,26	0	0,43	mg
- Magnezij, Mg	12,5	9,3	14,8	mg
- Fosfor, P	23	19	25	mg
- Kalij, K	161	122	195	mg
- Natrij, Na	<2			mg
- Cink, Zn	0,11	0,07	0,16	mg
- Bakar, Cu	0,035	0	0,073	mg
- Mangan, Mn	0,368	0,245	0,555	mg
Vitamini i druge komponente				
Vitamin C, ukupna askorbinska kiselina	59,6	47,2	72,1	mg
Biotin	<3,7	-	-	μg

Izvor: Agricultural Research Service, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2263887/nutrients>, pristupljeno 3. kolovoza 2022. godine) [9]

## **2.3. Bioaktivni potencijal jagode**

Konsumacija jagoda je povezana s nižim stopama višestrukih degenerativnih bolesti, uključujući pretilost, kardiovaskularne i neurološke bolesti te tumorska oboljenja, stoga povećanje dnevnog unosa može biti praktična preventivna strategija. Razlog tome leži u nutritivnom i bioaktivnom sastavu jagode za čije su određene sastavnice dokazana različita fiziološka svojstva. Osim svježeg voća, ove tvrdnje zdravstvenih benefita pripisuju se i prerađevinama od jagode. Od nedavno se također ekstrakti jagode koriste kao funkcionalna hrana, a najčešće kao dodatak prehrani pri čemu se kombiniraju s drugim ekstraktima voća, povrća i ljekovitih i/ili aromatičnih biljaka [8].

Značaj uravnotežene prehrane za ljudsko zdravlje privlači sve veću pozornost potrošača diljem svijeta, budući da je visok unos voća i povrća obrnuto proporcionalan učestalosti višestrukih degenerativnih bolesti. Dijetetske smjernice diljem svijeta preporučuju povećanje konzumacije voća i povrća jer je dokazano da su dobar izvor dijetalnih vlakana, esencijalnih nutrijenata i korisnih fitokemikalija [2].

Jagode obiluju različitim bioaktivnim spojevima kao što su flavonoidi, fenolne kiseline, tanini, vitamin C i drugi [8].

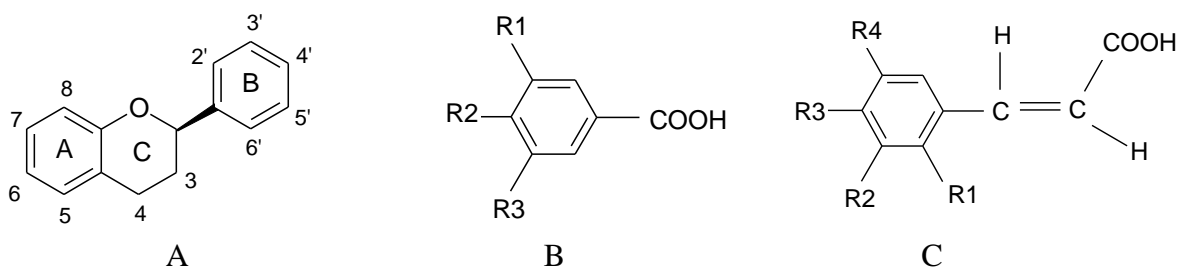
Na bioaktivne spojeve jagoda mogu značajno utjecati klimatske prilike, razlike u sortama, načinu uzgoja te način skladištenja i prerade [11]. Također je dokazano da postupak prerade ima veći utjecaj na stabilnost bioaktivnih spojeva nego li vrijeme skladištenja [12, 13].

### **2.3.1. Polifenolni spojevi**

Polifenoli su sekundarni metaboliti biljnog metabolizma koji sudjeluju u biokemijskim promjenama koje se odvijaju tijekom zrenja i dozrijevanja voća. Uključeni su u mehanizme formiranja boje, okusa i arome karakteristične za svaku pojedinu biljnu vrstu, također su uključeni i u različite nepoželjne procese koji nastaju tijekom obrade, prerade i/ili skladištenja.

Do danas je poznato više od 8.000 različitih polifenolnih spojeva različitih kemijskih struktura. Osnovnu strukturu čini aromatski prsten na koji može biti direktno vezana jedna ili više hidroksilnih skupina, a zbog kompleksne kemijske građe i razlika među kemijskim strukturama (Slika 2) podijeljeni su na flavonoide i fenolne kiseline (neflavonoidi) [14].





**Slika 2.** Kemijska struktura flavonoida (A), hidroksibenzojevih kiselina (B) i hidroksicimetnih kiselina (C) [15]

J. Oszmiański i A. Wojdyło [16] ustanovili su da je ukupni sadržaj fenola u istraživanim sortama jagoda u rasponu od 24,3 do 29,1 mg/100 g čime se ova voćna vrsta može smatrati vrijednim izvorom bioaktivnih spojeva. Ipak, varijabilnost sadržaja pojedinih fenolnih spojeva u jagodama ovisi o mnogim čimbenicima, poput uvjeta uzgoja, stupnja zrelosti te vremena skladištenja [17].

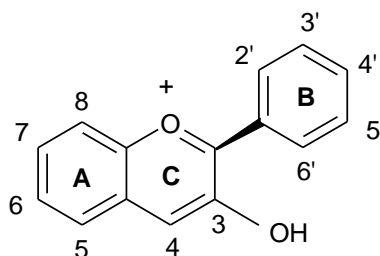
Polifenoli u jagodama poznati su po svojim protuupalnim svojstvima te imaju izravno i neizravno antibakterijsko, antialergijsko te antihipertenzivno svojstvo i sposobnost inhibicije određenih aktivnosti fenolnih spojeva prisutnih u jagodama u obliku derivata pelargonidina i cijanidina, fizioloških enzima i receptora koji sprječavaju bolesti povezane s oksidacijskim stresom. Posljednjih nekoliko godina antioksidacijska svojstva voća smatraju se pokazateljem korisnih bioaktivnih spojeva prisutnih u hrani, a time i njihove zdravstvene ispravnosti [8]. Polifenoli u jagodama mogu detoksicirati slobodne radikale te regulirati ekspresiju gena. Također imaju antioksidacijsko djelovanje te sudjeluju u zaštiti i popravku oštećene DNA [8].

### 2.3.1.1. Flavonoidi

Flavonoidi nevezanih molekula šećera (aglikoni) sadrže 15 ugljikovih atoma raspoređenih na način da nastaje struktura C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> (Slika 2A). Pritom, atomi stvaraju dvije strukture benzena povezane propanskim lancem koji može, ali i ne mora formirati treći prsten [18]. Do danas je identificirano preko 4000 različitih kemijskih struktura flavonoida, među kojima su u biljnom svijetu najzastupljeniji antocijani, flavonoli, flavanoli, flavoni, flavanoni, izoflavoni, procijanidini i dr. [15].

Najzastupljeniji flavonoidi u plodu jagode su antocijani, koji su ujedno zaslužni za crvenu boju ovog voća [8]. Ovi pigmenti u svom centralnom prstenu imaju pozitivan naboj

koji im osigurava svojstvo iona (flavilijum iona) i prema tome se razlikuju od svih ostalih flavonoida (Slika 3) [15].



**Slika 3.** Kemijska struktura antocijana [15]

Osnovu antocijana čini aglikonski dio antocijanidin koji se veže sa šećerom kako bi nastala stabilnija struktura glikozida, kako se antocijani inače i pojavljuju u prirodi. Antocijanidini su slabije obojeni i manje stabilni od antocijana. Povećana stabilnost, osim glikozilacijom, postiže se i esterifikacijom s različitim organskim i fenolnim kiselinama. Prema pozicijama hidroksilnih i metilnih skupina na nekondenziranom benzenskom B prstenu, razlikuje se u prirodi preko 20 različitih antocijanidina među kojima je šest najzastupljenijih u prirodi, a to su pelargonidin, cijanidin, delfinidin, peonidin, petunidin i malvidin (Slika 4) [15].

Pelargonidin	5=7=4'=OH
Cijanidin	5=7=3'=4'=OH
Peonidin	5=7=4'=OH, 3'=OCH <sub>3</sub>
Delfinidin	5=7=3'=4'=5'=OH
Petunidin	5=7=4'=5'=OH, 3'=OCH <sub>3</sub>
Malvidin	5=7=4'=OH, 3'=5'=OCH <sub>3</sub>

**Slika 4.** Najzastupljeniji antocijanidini u prirodi [15]

U studiji koju su proučavali I. Urün i sur. [19] korištene su dvije sorte jagoda, 'Rubygem' i 'Osmanli', uzgajane u južnoj Turskoj, a rezultati su pokazali da je ukupan sadržaj flavonoida u plodovima navedenih sorata iznosio 36,5 mg/kg.

H. Kelebek i S. Selli [20] su ustanovili da su ukupne količine antocijana u ispitivanim sortama 'Seyhun', 'Osmanli' i 'Camarosa' redom iznosile 6,60 mg/100 g, 11,27 mg/100 g te 45,33 mg/100 g. Uzorci su pripremljeni tako što je 3 kilograma od svake sorte svježih jagoda izrezano na komade, zatim zamrznuto s tekućim dušikom, liofilizirano te skladišteno na -18°C do trenutka analiziranja. Nadalje, autori su identificirali najznačajnije sastavnice antocijana u sortama 'Seyhun', 'Osmanli' i 'Camarosa' koje uključuju pelargonidin 3-glukozid, pelargonidin

3-rutinozid, pelargonidin 3-malonil-glukozid i pelargonidin 3-acetil-glukozid, cijanidin 3-glukozid i cijanidin 3-rutinozid.

Prema D. Bursać Kovačević i sur. [21] dominantan antocijan u jagodama (>90%), neovisno o sortimentu, načinu uzgoja (konvencionalni vs. ekološki) te preradi u želirane proizvode je pelargonidin-3-glukozid kojeg slijede preostali derivati pelargonidina i cijanidina.

Među svim flavonoidima prisutnim u jagodama, antocijani su najnestabilniji te je njihova stabilnost izravno pod utjecajem kemijske strukture i ovisi o brojnim drugim faktorima kao što su pH, temperatura, kisik, šećer, askorbinska kiselina, svjetlost i dr. S obzirom na njihovu nestabilnost, njihov sadržaj uvelike ovisi i o načinu prerade, jer preradom jagode u želirane proizvode može se izgubiti i do 70% početnog sadržaja antocijana [21].

### **2.3.1.2. Fenolne kiseline**

U fenolne kiseline ubrajaju se hidroksicimetne i hidroksibenzojeve kiseline te njihovi derivati. Osnovna struktura hidroksicimetnih kiselina je C6-C3, dok je kod hidroksibenzojeve kiselina osnovna struktura C6-C1 (Slika 2B i 2C) [22]. U jagodama su od derivata hidroksibenzojevih kiselina najčešće prisutne galna, elaginska, *p*-hidroksibenzojeva kiselina, dok se među derivatima hidroksicimetnih kiselina ističu derivati *p*-kumarinske, ferulinske i kafeinske kiseline. Među navedenim fenolnim kiselinama pronađeno je da približno 50% od ukupnog sadržaja fenolnih spojeva otpada na elaginsku kiselinu te se ona uz antocijane smatra najznačajnijim fenolnim spojem za jagodu [23].

### **2.3.2. Stabilnost bioaktivnih spojeva**

Y. Klopotek i sur. [24] su ispitivali antioksidacijski kapacitet kao i sadržaj askorbinske kiseline, ukupnih fenola i ukupnih antocijana. Za ispitivanje su uzeti uzorci nakon različitih faza prerade jagoda u sok, nektar, vino i pire kako bi se utvrdili učinci prerade na stabilnost antocijana. Rezultati upućuju na smanjenje svih ispitivanih bioaktivnih spojeva pri preradi jagoda u različite proizvode. Sadržaj askorbinske kiseline smanjivao se s vremenom i toplinskom obradom. Fermentacija nije dovela do velikih gubitaka ukupnih fenola, dok su ukupni antocijani te antioksidacijski kapacitet smanjeni uslijed visokih temperatura obrade. Antocijani su također značajno degradirani tijekom prerade vina, uglavnom uzrokovano fermentacijom i pasterizacijom.

U istraživanju D. Bursać Kovačević i sur. [13] svježi plodovi tri sorte jagoda 'Clery', 'Honeoye' i 'NF 421' (Asia), istraženi su i korišteni za proizvodnju džemova koji su analizirani

prije i poslije skladištenja u mraku na 20°C tijekom razdoblja od šest mjeseci. Cilj ovog istraživanja bila je karakterizacija svih uzoraka u odnosu na ukupne fenole, flavonoide, neflavonoide, ukupne antocijane te antioksidacijsko djelovanje. Među istraživanim plodovima jagode, sorta 'Clery' je imala najveće vrijednosti ukupnih antocijana, fenola, flavonoida i neflavonoida te povećan antioksidacijski kapacitet. Kao rezultat toga, sorta 'Clery' se čini najprikladnijom za odabir perspektivnih kultivara u odnosu na korisne učinke za ljudsko zdravlje. Sorte 'Honeoye' i 'NF 421' sadržavale su veće udjele ukupnih antocijana. Međutim, u usporedbi s ovim sortama, 'Clery' je pokazala najnižu stabilnost bioaktivnih spojeva tijekom obrade. Dobiveni rezultati pokazali su da osim svježih plodova jagoda, džemovi od jagoda također posjeduju i primjetan sadržaj bioaktivnih spojeva sa značajnim antioksidacijskim djelovanjem. Također je dokazano da postupak obrade ima veći utjecaj na smanjenje bioaktivnih spojeva nego vrijeme skladištenja. Iako su uočene relevantne razlike ukupnih fenola, ukupnih antocijana, sadržaj flavonoida i neflavonoida u džemovima među istraživanim kultivarima, nakon šest mjeseci skladištenja u svim ispitivanim uzorcima antocijani su bili stabilni, bez izraženih utjecaja kultivara.

## 2.4. Utjecaj jagode na zdravlje

Jagode su širom svijeta veoma popularno sezonsko voće koje se, osim u svježem stanju, koristi i za pripremu različitih proizvoda. S obzirom na njezinu konzistenciju i kemijski sastav te udio vode koji približno iznosi oko 90 %, jagoda se ne može dugo skladištiti jer dolazi do neželjenih promjena kvalitete kao što su smanjenje težine ploda, promjene u teksturnim svojstvima, kemijskom sastavu te posljedično narušavanju senzorske kvalitete i mikrobiološkog kvarenja.



Slika 5. Zdravstvene dobrobiti jagode, izvor: S. Afrin i sur. [25]

Konzumacija jagoda povezana je sa smanjenjem rizika od mnogih kroničnih bolesti (Slika 5).

#### **2.4.1. Antioksidacijski učinci jagoda**

Antioksidansi su tvari koje štite organizam od negativnog djelovanja slobodnih radikala, nestabilnih čestica koje imaju jedan ili više nesparenih slobodnih elektrona u svojim atomima te imaju stalnu potrebu za nadoknadom elektrona iz okolnih atoma. Da bi to ostvarili, slobodni radikali potiču niz lančanih reakcija u organizmu. Slobodni radikali i druge reaktivne vrste kisika (peroksidni radikal-anion, hidroksilni radikal, hidroperoksidni radikal, vodikov peroksid, lipidni peroksidni radikal, okolišni te endogeni ozon) uključeni su u razvojne procese brojnih bolesti kao što su astma, tumori, kardiovaskularne bolesti, dijabetes, gastrointestinalne bolesti i drugi upalni procesi [26].

Slobodni radikali iz endogenih i egzogenih izvora važni su u patogenezi nekoliko bolesti. Laboratorijskim istraživanjima bioaktivni spojevi jagoda pokazali su širok raspon blagotvornog djelovanja kao prirodni antioksidansi smanjujući reaktivne kisikove vrste (ROS), keliranje metalnih iona i neutraliziranje, ali i uklanjanje slobodnih radikala zajedno s poboljšanjem mitohondrijske funkcionalnosti i inhibicije oštećenja DNA te peroksidacije lipida [25].

Nasumičnim kontroliranim ispitivanjem na 21 zdravoj ženskoj osobi nakon 3 tjedna konzumacije 250 g jagoda dnevno, uočeno je povećanje oksidacije lipida i poboljšanje antioksidacijskog kapaciteta plazme [27]. Trinaest zdravih volontera prilikom ispitivanja u trajanju od 15 dana, jednokratno je konzumiralo 300 g svježih, zamrznutih i skladištenih jagoda prilikom čega je uočeno poboljšanje antioksidacijskog kapaciteta seruma [28]. Nadalje, nakon što je 23 zdravih volontera konzumiralo 500 g jagoda tijekom 15 dana, uočeno je stanje obrane proteina plazme od oštećenja radikalima te je uočen poboljšani antioksidacijski status plazme [28].

#### **2.4.2. Protuupalne aktivnosti jagoda**

Upala je fiziološki proces koji brani domaćina od različitih vrsta bolesti, ali disregulacija upalnog mehanizma može izazvati ireverzibilna oštećenja tkiva domaćina i dovesti do progresije bolesti. Kronična upala povezana je s brojnim patologijama, uključujući kardiovaskularne bolesti, aterosklerozu, metabolički sindrom, dijabetes tipa 2, Alzheimerovu bolest i tumorska oboljenja [25].

Konzumacijom 305 g soka od jagode ili placebo pripravka u 24 osobe s prekomjernom tjelesnom težinom uočeno je značajno ublažavanje postprandijalne hiperglikemije, upale te oksidacijskog stresa stanica kod osoba koje su konzumirale sok od jagode [29].

### **2.4.3. Kardioprotektivno djelovanje jagoda**

Kardiovaskularne bolesti predstavljaju vodeći uzrok smrtnosti u svijetu s obzirom na 17,3 milijuna smrtnih slučajeva godišnje, no očekuje se da će taj broj porasti na više od 23,6 milijuna do 2030. godine. Mnogo je čimbenika rizika koji utječu na razvoj kardiovaskularnih bolesti, uključujući pretilost, dijabetes melitus tipa 2, metabolički sindrom, visoki krvni tlak, otpornost na inzulin i lipidni profil plazme (nizak kolesterol visoke gustoće i visok razine serumskih triglicerida (TG) [25].

Pacijenti s hipertenzijom (29.018 žena i 5.629 muškaraca) 14 godina unosili su veće količine jagoda i borovnica koje su sadržavale antocijane, flavan-3-ol katehin te flavon apigenin, nakon čega je uočeno smanjenje rizika od hipertenzije [30]. Praćeno je 93.600 mladih žena te žena srednjih godina tijekom 18 godina konzumacije hrane bogate antocijanima. Uočen je smanjen rizik od infarkta miokarda [31]. Tijekom jednog mjeseca, 23 zdrava volontera konzumirali su 500 g svježih jagoda svakog dana. Dokazano je da im je smanjen rizik od kardiovaskularnih bolesti poboljšanjem lipidnog profila, statusa antioksidansa i funkcije trombocita [32].

### **2.4.4. Antimetabolički sindrom**

Metabolički sindrom je skupina metaboličkih bolesti koja uključuje inzulinsku rezistenciju, dislipidemiju, pretilost i visoki krvni tlak. Učestalost metaboličkog sindroma u porastu je diljem svijeta. Od spomenutog sindroma boluje od 20 do 40% odrasle populacije. Brojnim istraživanjima otkrivena je korelacija između unosa biljne prehrane koja uključuje povrće i voće te manju prevalenciju ili rizik od razvijanja metaboličkog sindroma [25].

Ispitivano je 27 pretilih osoba s metaboličkim sindromom koji su konzumirali 4 šalice liofiliziranih jagoda (50 g napitka) dnevno tijekom 8 tjedana. Dokazano je smanjenje čimbenika rizika za razvoj ateroskleroze kod ispitanika s metaboličkim sindromom [33]. Ispitivanje se vršilo na 16 zdravih osoba kojima su bili podijeljeni uzorci od 60 g za tri različita tipa džema od jagoda. Uzorci krvi su prikupljeni natašte te 30, 60, 90 i 120 minuta nakon uzimanja. Dokazano je da bioaktivni spojevi iz jagoda u džemu s niskim sadržajem šećera

osiguravaju povoljniju postprandijalnu koncentraciju glukoze u krvi od džema s dodatkom šećera zbog održavanja razine glukoze u krvi [34].

#### **2.4.5. Aktivnosti protiv pretilosti**

Pretilost, glavni javnozdravstveni problem u cijelom svijetu, pojavio se kao značajan uzrok kroničnih bolesti kao što su hipertenzija, kardiovaskularne bolesti, moždani udar, tip 2 dijabetes melitus, metabolički sindrom i tumorska oboljenja. U posljednjih 20 godina stope pretilosti postupno su rasle, a u 2013. godini, oko 40 milijuna djece mlađe od 5 godina i 1,9 mlrd. odraslih imali su problema s težinom. Unos zdravih namirnica poput voća i povrća, štiti od razvoja pretilosti, a redovita konzumacija jagoda pridonijela je suzbijanju kroničnih bolesti povezanih s pretilošću [25].

Dvadeset zdravih ispitanika dobilo je pripremljenu dijetu svakih 7 dana tjedno tijekom 7 tjedana koja se sastojala od otprilike 35 % masti, 20 % proteina, 45 % ugljikohidrata i 14 g vlakana. Nakon prvog tjedna, ispitanici su nasumično raspoređeni te su počeli konzumirati liofilizirani prah jagode ili placebo (okus jagode). Kod ispitanika koji su konzumirali liofilizirani prah jagode, uočena je smanjena koncentracija kolesterola i malih čestica HDL-kolesterola u plazmi. Dokazano je smanjenje faktora rizika za kardiovaskularne bolesti, moždani udar i dijabetes kod pretilih ispitanika, što ukazuje na pozitivne učinke i na druge kronične bolesti povezane s pretilošću [35]. Dvadeset pretilih ispitanika s većim rizikom od razvoja infekcije konzumiralo je liofilizirani prah jagoda ili placebo pripravke s okusom jagoda. Uočena je povećana imunološka aktivnost T-limfocita i monocita [36].

#### **2.4.6. Antidijabetičke aktivnosti**

Sve veća briga za čovjekovo zdravlje je dijabetes melitus s trenutno 387 milijuna pacijenata koji boluju od dijabetesa diljem svijeta, a pretpostavlja se da će ta brojka doseći 592 milijuna do 2035. godine. Ovu patologiju karakterizira kronično visoka glukoza u krvi koja je odgovorna za disfunkcije raznih organa (npr. zatajenje bubrega i kardiovaskularne bolesti). Istraživanjima je pronađena korelacija između veće konzumacije voća (posebno bobičastog) i povrća te smanjena učestalost dijabetesa [25].

Ispitanici kod kojih se razvio dijabetes tip 2, 12.198 osoba, konzumiralo je 3 porcije tjedno svježeg voća (uključujući jagode). Uočeno je da je veća konzumacija jagoda značajno povezana s nižim rizikom od dijabetesa tipa 2 [37].

#### **2.4.7. Neuroprotektivne aktivnosti**

Neurodegenerativni poremećaji smatraju se glavnim zdravstvenim problemom današnjice, a glavni čimbenik rizika od ovih bolesti je starenje. Epidemiološki podaci ukazali su na značajnu povezanost između konzumacije antioksidansa i bioaktivnih spojeva i smanjene stope neurodegenerativne patologije, uključujući starenje [25].

Istraživanje u kojem je sudjelovalo 16.010 ispitanika gdje je ispitivanje trajalo dva puta po 2 godine, ispitanici su unosili veće količine bobičastog voća i flavonoida. Istraživanje je pokazalo smanjenje stope kognitivnog pada kod starijih osoba [38].

#### **2.4.8. Antikancerogene aktivnosti**

Rak je veliki javnozdravstveni problem ljudi diljem svijeta. Značajna pozornost proteklih godina pridaje se korištenju prirodnih spojeva i prirodnih lijekova kao potencijalnih sredstava za prevenciju raka [25].

Tijekom ispitivanja 787 sudionika kojima je dijagnosticiran rak glave i vrata, konzumirali su svježi plod voća srednje veličine ili 1/2 šalice voća (uključujući jagode) i šalicu lisnatog povrća ili 2 mL soka od lisnatog povrća. Ukupan unos voća i povrća povezan je sa smanjenjem rizika od raka glave i vrata [39]. U istraživanju u kojem je sudjelovalo 40 ispitanika, konzumirali su 300 g svježih jagoda na dan. Uočeno je smanjenje stvaranja endogenog karcinogena NDMA (N-nitrosodimetilamina) za 44% [40].

Suprotno tome, R. K. Khurana i sur. [41] kod pacijenata oboljelih od raka utvrdili su da je nekoliko nasumičnih kliničkih ispitivanja pokazalo da konzumacija antioksidansa tijekom kemoterapije smanjuje učinkovitost liječenja.

#### **2.4.9. Antimikrobne aktivnosti**

Bakterije otporne na antibiotike su ozbiljan problem u cijelom svijetu. U posljednje vrijeme posebna pozornost usmjerena je ka antimikrobnom djelovanju polifenola zbog njihovog inhibitornog djelovanja na patogene viruse, bakterije, kvasce i gljivice. Za prehrambenu industriju bi sastojci jagode u budućnosti mogli imati važnu primjenu i kao prirodna antimikrobna sredstva [25].



### 3. Funkcionalna hrana – perspektiva i razvoj

Prehrambeni tehnolozi i znanstvenici trebali bi imati na umu da funkcionalna hrana zahtijeva *in vitro*, *in vivo* (na životinjama) i klinička ispitivanja kako bi se potvrdile sve zdravstvene tvrdnje. Bez ovih preduvjeta razvijena hrana je samo hranjiva, ne i funkcionalna. Među mnogim vrstama hrane, hrana koja se koristi u posebne prehrambene dijetetske svrhe (npr. lagana, dijetalna, nemasna) i hrana klasificirana kao funkcionalna, bile su glavne kategorije proučavane u posljednjih 20 godina [42]. Bilo koja svježa, neprerađena ili prerađena hrana ne može se smatrati funkcionalnom bez odgovarajućeg kliničkog testiranja i značajnih eksperimentalnih dokaza sigurnosti (tj. toksikologije) te funkcionalnosti [1]. Pojam funkcionalna hrana prvi put upotrijebljena je u Japanu 1980-ih, ali se njezina definicija često pogrešno shvaća jer je regulirana, no nije zakonski priznata u većini zemalja, što je rezultiralo nedostatkom pravne definicije [43]. Uz definiciju funkcionalne hrane, glavni kriteriji za uključivanje funkcionalnih tvrdnji o sastojcima ili specifičnim namirnicama na etiketama hrane su sigurnost hrane, slobodan pristup bez liječničkog recepta (ili liječničkog savjeta) i dokaz o zdravstvenim prednostima ukoliko se redovito konzumira u uravnoteženoj prehrani. Današnji potrošači zahtijevaju hranu koja je održivo proizvedena i prerađena te se smatra sigurnom, svježom, prirodnom i nutritivno vrijednom [44].

Funkcionalni sastojci, kao što su polinezasićene masne kiseline (PUFA), probiotici/prebiotici/sinbiotici i antioksidansi, mogu se dodavati u prehrambene proizvode kako bi njihova svojstva promicala zdravlje [42].

Jagoda se smatra funkcionalnim voćem zbog svog raznolikog nutritivnog sastava, prisustva velikog broja različitih fitokemikalija i vlakana. Posebna pozornost pridana je učinku konzumacije jagoda zahvaljujući izrazito visokoj količini vitamina C. Trenutno je konzumacija jagoda privukla pozornost zbog mnogo pozitivnog utjecaja i dobrobiti na ljudsko zdravlje kao što su antioksidacijsko, kardioprotektivno, antikancerogeno, protuupalno, antidijabetičko, antimetaboličko, protiv pretilosti, neuroprotektivno i antimikrobno djelovanje [25].

Najčešći funkcionalni prehrambeni proizvodi na tržištu su jogurt (za zdravlje probave), žitarice (za zdravlje srca) i energetske/proteinske pločice i pića [42].

#### 3.1. Proizvodi od jagode kao funkcionalna hrana

U istraživanju T. Özbek i sur. [45] razvijena je funkcionalna marmelada od jagoda sa smanjenim udjelom šećera uz dodatak chia sjemenki (*Salvia hispanica* L.). Udio jagoda u ovoj

marmeladi iznosi 50,5%. Tijekom razvoja formulacija marmelade, vrsta zaslađivača (sorbitol, izomalt, komercijalni prah Stevia™ i izomalt zajedno sa sorbitolom) i sadržaj chia sjemenki (2,5% i 5%) u marmeladi od jagoda određeni su senzorskom analizom. Proizvodi s 5% udjela chia sjemenki bolje su senzorski prihvaćeni od proizvoda s nižim udjelom. Dodatak chia sjemenki i sorbitola povećao je sadržaj fenola za 15,45% i sadržaj dijetalnih vlakana za 168% te smanjio kalorijsku vrijednost za 48% u usporedbi s marmeladom pripremljenom sa saharozom i bez chia sjemenki. Konačni proizvod je imao 1,5% omega-3 masnih kiselina i mogao se na etiketi deklarirati kao „izvor omega-3“ masnih kiselina. Sadržaj hidrosimetilfurfurala (HMF) u džemovima i marmeladama ograničen je na 80 mg/kg prema Codex standardu za džemove, žele i marmelade [46]. Utvrđeno je da sadržaj HMF-a u proizvodu iznosi 46,4 mg/kg, stoga se marmelada od jagoda s dodatkom chia sjemenki i sorbitola pokazala kao nova alternativa u vidu zdravije varijante marmelade [45].

J. Kowaleski i sur. [47] razvili su formulacije jogurta s funkcionalnim svojstvima uz dodatak jagoda koje su prethodno usitnjene u „blenderu“ i chia sjemenki (*Salvia hispanica* L.). Formulacija koja je sadržavala 6% chia sjemenki i 12% jagoda pokazala se kao najbolja opcija zbog visoke hranjive vrijednosti, iako je imala niži indeks prihvatljivosti od formulacije bez chia sjemenki. Dodatak chia sjemenki povećao je razinu proteina, lipida, dijetalnih vlakana i višestruko nezasićenih masnih kiselina, posebice omega-3 i udio minerala. Tijekom 35 dana skladištenja, jogurt je imao odgovarajuće količine bakterija mliječne kiseline što mu je omogućilo da se kvalificira kao probiotik.

J. Korus i sur. [48] u rezultatima svog istraživanja prikazali su da se odmašćene sjemenke jagode i crnog ribiza mogu koristiti u pekarskoj industriji kao funkcionalni sastojci bezglutenskog kruha bez pogoršanja njihove senzorske kvalitete, što je vrlo važno u liječenju celijakije gdje pacijenti moraju slijediti rigoroznu bezglutensku dijetu. Primijenjeni funkcionalni sastojci značajno su povećali razinu proteina i dijetalnih vlakana kao i polifenola u takvom kruhu.

Žele bomboni imaju vrlo nisku nutritivnu vrijednost zbog primarnih sastojaka koji uključuju visok udio šećera. Stoga je cilj istraživanja M. R. Ali i sur. [49] bio razviti prirodne i zdrave žele bombone koristeći svježe voće u usporedbi s komercijalnim žele bombonima. Pripremljene su tri vrste žele bombona (T1: 75% jagoda + 25% cikla; T2: 50% jagoda + 50% cikla; T3: 25% jagoda + 75% cikla). Procijenjena su fizikalno-kemijska, fitokemijska, mikrobna i senzorska svojstva žele bombona. Rezultati su pokazali da je najbolja receptura T1, koja bilježi najveće vrijednosti sadržaja bioaktivnih spojeva, stoga su ovi uzorci imali i najveću antioksidacijsku aktivnost od 52,55% (DPPH). Rezultati ove studije upućuju na izum novog

zdravijeg alternativnog proizvoda koji se senzorskim obilježjima ne razlikuje od komercijalnih žele bombona.

Studija C. F. Balthazar i sur. [50] bila je usmjerena na razvoj novog funkcionalnog fermentiranog napitka proizvedenog od poluobranog ovčjeg mlijeka i pulpe jagode (*Fragaria ananassa* x Duch.) uz dodatak komercijalnih prebiotskih sastojaka. Prvotno je uspoređena učinkovitost jogurta i soja *Lactobacillus plantarum* (CECT\_8328) s potencijalnim probiotičkim svojstvima. Procijenjen je nutritivni profil, bioaktivnost spojeva, održivost bakterija mliječne kiseline tijekom skladištenja i preživljavanje *L. plantarum* nakon *in vitro* simulirane probave tijekom razdoblja skladištenja. Bakterije mliječne kiseline bile su održive tijekom cijelog razdoblja skladištenja, no samo je *L. plantarum* zadržala dobru održivost nakon simulirane probave. Bakterije mliječne kiseline također su mogle poboljšati antioksidacijske, antihipertenzivne i antidijabetičke aktivnosti napitaka, posebno u kombinaciji s dodatkom vlakana jagode. Fermentirani poluobrani napitci od ovčjeg mlijeka i jagoda koje su razvili pokazali su se kao dobar su izvor minerala i proteina.

Nadalje, provedena je senzorska procjena prebiotičkog soka od ovčjeg mlijeka s obzirom na percepciju potrošača. Proizvedena su četiri napitka s različitim koncentracijama obranog ovčjeg mlijeka, pulpe jagode, šećera i inulina (3 g/100 g) te su podvrgnuti hedonističkom testu i testu rangiranja preferencija uz ispitanike koje je činilo ukupno 60 potrošača. Napici sa smanjenom razinom šećera i većim udjelom pulpe jagode bili su najpoželjniji te su dali bolje rezultate na testu prihvatljivosti. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da formulacija treba sadržavati 550/370/50 g/L obranog ovčjeg mlijeka/pulpe jagoda/šećera u napitku [51].

Obogaćivanje sokova od jagoda prebiotičkim vlaknima (inulin i oligofruktoza) i njihov tretman konzerviranja (ultrazvukom i geraniolom) optimizirani su kako bi se istovremeno maksimizirala mikrobiološka, nutritivna i senzorska kvaliteta sokova tijekom 2 tjedna skladištenja na +4 °C. Optimizirani tretman (inulin/oligofruktoza 5:3, 0,225 µL/mL geraniola i ultrazvučna ekstrakcija (frekvencija – 40 kHz, snaga ultrazvučnih valova – 180 W, temperatura –20 ± 1°C) bio je vrlo učinkovit u redukciji broja prirodne mikroflore kao i za inhibiciju inokuliranih patogena u sokovima. Tretman u optimalnim uvjetima nije uzrokovao nikakav negativan učinak, niti na pokazatelje antioksidacijskog kapaciteta, niti na sadržaj askorbinske kiseline u sokovima. Optimalni parametri obrade osigurali su stabilnost inulina i oligofruktoze dodanih sokovima tijekom skladištenja. Stoga bi obogaćivanje i obrada jagoda predložena u ovom radu mogla biti izvediva alternativa toplinskoj pasterizaciji kako bi se osigurala mikrobiološka kvaliteta i sigurnost sokova kao i poboljšala prehrambena i senzorska kvaliteta [52].

U radu L. Guo i sur. [53] fermentirani proizvodi različitih materijala s micelijom gljive *Cordyceps militaris* i pupom svilene bube promijenili su udjele bioaktivnih spojeva i povećali biološku aktivnost. Fermentacija jagode pomiješane s kukuljicom dudovog svilca (*Bombyx mori*) pomoću micelija gljive *Cordyceps militaris* provedena je korištenjem čvrste kulture. Rezultati fermentacije su pokazali različite količine inhibicije adipogeneze, stoga bi se fermentirana jagoda mogla koristiti kao nutritivna i funkcionalna hrana za djelovanje protiv adipogeneze (stvaranja masnih rezervi u tkivima čovjeka ili životinja).

Z. Soliman i sur. [54] preporučuju proizvodnju funkcionalnih pića iz mješavine soka jagode i crvene naranče u omjeru (75:25), odnosno (50:50) i dodatkom pektina (0,2%) kao stabilizatora. Ovi napici mogu se konzumirati kako bi se iskoristile prednosti njihovih nutritivnih komponenti koje bi mogle umjereno poboljšati antioksidacijski obrambeni sustav i kumulativni učinak na promicanje zdravlja čovjeka te prevenciju bolesti.

V. N. Makarov i sur. [55] su razvili nove tehnologije proizvodnje niskokaloričnog kompota crnog ribiza i želea od jagodastog voća s pulpom jagode, crnim ribizom i malinama. Pripremljene voćne sirovine postavljene su u potrošačku ambalažu, prelivene sirupom, zatvorene i pasterizirane, čime je isključena duga toplinska obrada. U sirup je dodan antioksidans dihidrokvercetin, prirodni zaslađivač te askorbinska i limunska kiselina. Navedene kiseline se ne dodaju ako je kiselost voćnih sirovina veća od 2,5% i sadržaj vitamina C veći od 200 mg/100 g. Istraženi dijetalni proizvodi preporučuju se za prevenciju bolesti kardiovaskularnog sustava za prehranu ljudi s prekomjernom tjelesnom težinom, šećernom bolešću (kompot) te za prevenciju hipertenzije i jačanje imunološkog sustava (žele).

Prema Y. Benchikh i sur. [56] optimizirani su uvjeti (brzina miješanja 400-800 okretaja u minuti, omjer uzorka i ekstrakcijskog otapala (85% destilirane vode i 15% HCl 0,1 M) 0,5-2 g/40 mL i vrijeme ekstrakcije 1-15 min) metodom odzivne površine (RSM) ekstrakcije antocijana iz plodova jagode te su inkorporirani u jogurt kako bi se prirodna boja i proizvod obogatili antioksidansima. Procjenjivao se utjecaj triju čimbenika, brzina miješanja, omjer uzorka i otapala te vrijeme ekstrakcije na ukupni sadržaj antocijana i antioksidacijsko djelovanje jagoda.

Optimalni uvjeti za ekstrakciju antocijana bili su 586 okretaja u minuti za brzinu miješanja, 1,26 g/40 mL za omjer uzorka i ekstrakcijskog otapala, temperatura ekstrakcije +4°C i 9,36 min za vrijeme ekstrakcije. Pod ovim uvjetima ekstrakcije, ukupni sadržaj antocijana iznosio je 38,04 mg/100 g, dok je antioksidacijska aktivnost iznosila 21,38 mg AAE/100 g. Askorbinska kiselina korištena je kao standard. Obogaćeni prirodni jogurt sadrži antocijane s udjelom od 36,50 µg/100 g i antioksidacijskim djelovanjem od 21,22 µg AAE/100 g. Jogurt

obogaćen antocijanima razvijen u ovoj studiji može se smatrati funkcionalnom hranom sa zanimljivim izvorom prirodnih antioksidansa pri čemu antocijani mogu zamijeniti sintetička (industrijska) bojila.

## 4. ZAKLJUČAK

Jagoda (*Fragaria ananassa* x Duch.) je višegodišnja, zeljasta biljka, omiljena sezonska voćna vrsta koja se, osim kao svježe voće, konzumira i u vidu raznih prerađevina. Bogat je izvor bioaktivnih spojeva uključujući vitamin C te polifenole kao što su fenolne kiseline, flavonoidi, među kojima se kvantitativno ističu antocijani. Blagotvorni učinci jagoda na zdravlje najviše se pripisuju visokim udjelima različitih fitokemikalija od kojih polifenoli čine najveći udio i time zadovoljavaju najviše zdravstvenih koristi. Dokazano je njihovo antioksidacijsko, kardioprotektivno, protuupalno, antihiperглиkemijsko i antimikrobno djelovanje po ljudsko zdravlje te njihov neurodegenerativni učinak i korisnost u borbi protiv pretilosti i raka te prevenciji metaboličkog sindroma.

Porast interesa ljudi za uravnoteženom prehranom, esencijalnim nutrijentima i brigom za zdravlje doveo je do razvoja koncepta funkcionalne hrane, prema kojoj prehrambena industrija sve više teži. Funkcionalna hrana definirana je kao industrijski prerađena ili prirodna hrana koja, ukoliko se redovito konzumira unutar raznovrsne prehrane, ima potencijalno pozitivne učinke na zdravlje ljudi. Jagoda se kao sirovina može smatrati funkcionalnom hranom obzirom na svoj kemijski sastav te bioaktivni potencijal, stoga bi se u preradi svakako prednost trebala dati održivim tehnologijama prerade kako bi se u što većoj mjeri očuvala početna kvaliteta sirovine. Uloga jagode kao funkcionalne namirnice podržana je i dokazana rezultatima mnogih istraživanja, no zahtijeva daljnja istraživanja njenih preventivnih i terapijskih zdravstvenih učinaka.

Sveučilište  
Sjever

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Dorena Jelak (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Jugena (Fragaria ananassa x Duch) kao funkcionalna krema (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Dorena Jelak  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Dorena Jelak (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Jugena (Fragaria ananassa x Duch) kao funkcionalna krema (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Dorena Jelak  
(vlastoručni potpis)

## 5. LITERATURA

- [1] Granato, D., Nunes, D. S., Barba, F.J. (2017): An integrated strategy between food chemistry, biology, nutrition, pharmacology, and statistics in the development of functional foods: a proposal. *Trends Food Sci. Technol.* 62:13–22.
- [2] Bursać Kovačević, D., Brdar, D., Fabečić, P., Barba, F.J., Lorenzo, J.M., Putnik, P. (2020) Strategies to Achieve a Healthy and Balanced Diet: Fruits and Vegetables as a Natural Source of Bioactive Compounds. U: *Agri-Food Industry Strategies for Healthy Diets and Sustainability*. Edition 1st, Izdavač: Academic Press, Urednici: Barba, F.J., Putnik, P., Bursać Kovačević, D., str. 51-88. DOI: 10.1016/B978-0-12-817226-1.00002-3.
- [3] Krešimir Petranović (2005.): *Voćarstvo*, peto prošireno izdanje, Marjan tisak, Split
- [4] B. Volčević (2005.): *Jagoda, malina, kupina*, Neron d.o.o., Bjelovar.
- [5] Martin Stangl (2001): *Voće iz vlastitog vrta*, Andromeda d.o.o., Rijeka
- [6] Tvrtko Miloš (1997.): *Jagoda*, drugo prigodo izdanje, Hrvatska tiskara Zagreb
- [7] Državni Zavod za Statistiku (<https://podaci.dzs.hr/2021/hr/10118>, pristupljeno 3. kolovoza 2022. godine).
- [8] Giampieri, F., Forbes-Hernandez, T.Y., Gasparrini, M., Alvarez-Suarez, J.M., Afrin, S., Bompadre, S., Quiles, J.L., Mezzetti, B., Battino, M. (2015): Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food Funct.* 6(5):1386-98. doi: 10.1039/c5fo00147a.
- [9] Agricultural Research Service, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2263887/nutrients>, pristupljeno 3. kolovoza 2022. godine).
- [10] Mukailov Mukail Dzhabrailovich, Ulchibekova Nazima Abdulkafarovna, Isrigova Tat'yana Aleksandrovna, Salmanov Musasheikh Mazhitovich, Ashurbekova Tamila Nasirovna, Akhmedov Magomed Eminovich, Selimova Unata Agamovna (2017): Functional foods produced from strawberries, ISB-INMA TEH' 2017, International Symposium.
- [11] Basu, A. Nguyen, N. Betts, T. Lyons (2014): Strawberry As a Functional Food: An Evidence-Based Review. *Critical reviews in food science and nutrition.* 54(6)790-806, DOI: 10.1080/10408398.2011.608174.).
- [12] Branka Levaj, Danijela Bursać Kovačević, Martina Bituh, Verica Dragović-Uzelac (2012): Influence of Jam Processing Upon the Contents of Phenolics and Antioxidant



- Capacity in Strawberry fruit (*Fragaria ananassa* × Duch.), Croatian journal of food technology, biotechnology and nutrition.
- [13] Danijela Bursać Kovačević, Branka Levaj, Verica Dragović-Uzelac (2009): Free Radical Scavenging Activity and Phenolic Content in Strawberry Fruit and Jam, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Vol. 74 (2009) No. 3 (155-159).
- [14] Han, X., Shen, T., Lou, H. (2007): Dietary polyphenols and their biological significance. *International Journal of Molecular Sciences* 8: 950–988.
- [15] Elbe, H., Schwartz, E.J. (1996): Colorants. U: O.R.Fennema (Ed.), *Food Chemistry*, NY: Marcel Dekker, Inc. Str. 651-718.
- [16] Oszmiański, J., Wojdyło, A. (2009): Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *Eur Food Res Technol* 228, 623–631.
- [17] Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., Sochor, J.. (2015): Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. *Int J Mol Sci*. 2015 Oct 16;16(10):24673-706. doi: 10.3390/ijms161024673. PMID: 26501271; PMCID: PMC4632771.
- [18] V. Rastija i M. Medić-Šarić (2009): Kromatografske analize polifenola, *Kem. Ind.* 58 (3) 121–128.
- [19] Urün, I.; Attar, S.H.; Sönmez, D.A.; Gündes,li, M.A.; Ercis,li, S.; Kafkas, N.E.; Bandić, L.M.; Duralija, B. Comparison of Polyphenol, Sugar, Organic Acid, Volatile Compounds, and Antioxidant Capacity of Commercially Grown Strawberry Cultivars in Turkey. *Plants* 2021, 10, 1654.
- [20] Hasim Kelebek, Serkan Selli (2011): Characterization of Phenolic Compounds in Strawberry Fruits by Rp-Hplc-Dad And Investigation of their Antioxidant Capacity, *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 34:20, 2495-2504.
- [21] Danijela Bursać Kovačević, Predrag Putnik, Verica Dragović-Uzelac, Nada Vahčić, Martina Skendrović Babojelić, Branka Levaj (2015): Influences of organically and conventionally grown strawberry cultivars on anthocyanins content and color in purees and low-sugar jams, *Food Chemistry* 181 (2015) 94–100.
- [22] Bravo, L. (1998) Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutrition reviews* 56(11): 317-333.
- [23] Hakkinen, S., Heinonen, M., Karenlampi, S., Mykkanen, H., Ruuskanen, J., Torronen, R. (1999): Screening of selected flavonoids and phenolic acid in 19 berries. *Food Res Inter.* 32,345-353.

- [24] Klopotek, Y., Otto, K., and Böhm, V. (2005): Processing strawberries to different products alters contents of vitamin c, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.* 53:5640–5646.
- [25] Afrin, Sadia, Gasparrini, Massimiliano, Forbes-Hernandez, Tamara, Reboredo-Rodríguez, Patricia, Mezzetti, Bruno, Varela-López, Alfonso, Giampieri, Francesca, Battino, Maurizio (2016). Promising Health Benefits of the Strawberry: A Focus on Clinical Studies. *Journal of agricultural and food chemistry*. 64. 10.1021/acs.jafc.6b00857.
- [26] James, P., Kehrer & Lars-Oliver Klotz (2015): Free radicals and related reactive species as mediators of tissue injury and disease: implications for Health, *Critical Reviews in Toxicology*.
- [27] Henning, S. M.; Seeram, N. P.; Zhang, Y.; Li, L.; Gao, K.; Lee, R.-P.; Wang, D. C.; Zerlin, A.; Karp, H.; Thames, G. (2010): Strawberry consumption is associated with increased antioxidant capacity in serum. *J. Med. Food* 2010, 13, 116–122.
- [28] Romandini, S.; Mazzoni, L.; Giampieri, F.; Tulipani, S.; Gasparrini, M.; Locorotondo, N.; Mezzetti, B.; Bompadre, S. (2013): Effects of an acute strawberry (*Fragaria × ananassa*) consumption on the plasma antioxidant status of healthy subjects. *J. Berry Res.* 2013, 3, 169–179.
- [29] Edirisinghe, I.; Banaszewski, K.; Cappozzo, J.; Sandhya, K.; Ellis, C. L.; Tadapaneni, R.; Kappagoda, C. T.; Burton-Freeman, B. M. (2011): Strawberry anthocyanin and its association with postprandial inflammation and insulin. *Br. J. Nutr.* 2011, 106, 913–922.
- [30] Cassidy, A., O'Reilly, É.J., Kay, C., Sampson, L., Franz, M., Forman, J.P., Curhan, G., Rimm, E.B. (2010): Habitual intake of flavonoid subclasses and incident hypertension in adults. *Am J Clin Nutr.* 2011 Feb;93(2):338-47. doi: 10.3945/ajcn.110.006783. Epub 2010 Nov 24. PMID: 21106916; PMCID: PMC3021426.
- [31] Cassidy, A., Mukamal, K. J., Liu, L., Franz, M., Eliassen, A. H., Rimm, E. B. (2013): High anthocyanin intake is associated with a reduced risk of myocardial infarction in young and middle-aged women. *Circulation* 2013, 127, 188–196.
- [32] Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., Tulipani, S., Casoli, T., Di Stefano, G., Gonzalez-Paramas, A. M., Santos-Buelga, C., Busco, F., Quiles, J. L., Cordero, M. D. (2014): One-month strawberry-rich anthocyanin supplementation ameliorates cardiovascular risk, oxidative stress markers and platelet activation in humans. *J. Nutr. Biochem.* 2014, 25, 289–294.

- [33] Basu, A., Fu, D. X., Wilkinson, M., Simmons, B., Wu, M., Betts, N. M., Du, M., Lyons, T. J. (2010): Strawberries decrease atherosclerotic markers in subjects with metabolic syndrome. *Nutr. Res. (N. Y., NY, U. S.)* 2010, 30, 462–469.
- [34] Ibero-Baraibar, I., Cuervo, M., Navas-Carretero, S., Abete, I., Zulet, M. A., Martinez, J. A. (2014): Different postprandial acute response in healthy subjects to three strawberry jams varying in carbohydrate and antioxidant content: a randomized, crossover trial. *Eur. J. Nutr.* 2014, 53, 201–210.
- [35] Zunino, S. J., Parelman, M. A., Freytag, T. L., Stephensen, C. B., Kelley, D. S., Mackey, B. E., Woodhouse, L. R., Bonnel, E. L. (2012): Effects of dietary strawberry powder on blood lipids and inflammatory markers in obese human subjects. *Br. J. Nutr.* 2012, 108, 900–909.
- [36] Zunino, S. J., Storms, D. H., Freytag, T. L., Mackey, B. E., Zhao, L., Gouffon, J. S., Hwang, D. H. (2013): Dietary strawberries increase the proliferative response of CD3/CD28-activated CD8+ T cells and the production of TNF- $\alpha$  in lipopolysaccharide-stimulated monocytes from obese human subjects. *Br. J. Nutr.* 2013, 110, 2011–2019.
- [37] Muraki, I., Imamura, F., Manson, J. E., Hu, F. B., Willett, W. C., van Dam, R. M., Sun, Q. (2013): Fruit consumption and risk of type 2 diabetes: results from three prospective longitudinal cohort studies. *BMJ.* 2013, 347, f5001.
- [38] Devore, E. E., Kang, J. H., Breteler, M., Grodstein, F. (2012): Dietary intakes of berries and flavonoids in relation to cognitive decline. *Ann. Neurol.* 2012, 72, 135–143.
- [39] Freedman, N. D., Park, Y., Subar, A. F., Hollenbeck, A. R., Leitzmann, M. F., Schatzkin, A., Abnet, C. C. (2008): Fruit and vegetable intake and head and neck cancer risk in a large United States prospective cohort study. *Int. J. Cancer* 2008, 122, 2330–2336.
- [40] Chung, M. J., Lee, S. H., Sung, N. J. (2002): Inhibitory effect of whole strawberries, garlic juice or kale juice on endogenous formation of N-nitrosodimethylamine in humans. *Cancer Lett.* 2002, 182, 1–10. Claudine Manach, Augustin Scalbert, Christine Morand, Christian Rémésy, Liliana Jiménez, (2004): Polyphenols: food sources and bioavailability, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 79, Issue 5, May 2004, Pages 727–747.
- [41] Khurana, R.K., Jain, A., Jain, A., Sharma, T., Singh, B., Kesharwani, P. (2018) : Administration of antioxidants in cancer: debate of the decade. *Drug Discov. Today* 23:763–770.

- [42] Granato, D., Barba, F.J., Bursac Kovačević, D., Lorenzo, J.M., Cruz, A.G., Putnik, P. (2020): Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. *Annual Review of Food Science and Technology*. 11(3), 1-26. DOI: 10.1146/annurev-food-032519-051708.
- [43] Ye, Q., Georges, N., Selomulya, C. (2018): Microencapsulation of active ingredients in functional foods: from research stage to commercial food products. *Trends Food Sci. Technol.* 78:167–79.
- [44] Putnik, P., Lorenzo, J., Barba, F., Roohinejad, S., Režek Jambrak A., Granato, D., Montesano, D., Bursac Kovačević, D. (2018): Novel food processing and extraction technologies of high-added value compounds from plant materials. *Foods* 7(7):E106.
- [45] Tuğba Özbek, Neşe Şahin-Yeşilçubuk, Birsen Demirel, "Quality and Nutritional Value of Functional Strawberry Marmalade Enriched with Chia Seed (*Salvia hispanica* L.)", *Journal of Food Quality*, vol. 2019, Article ID 2391931, 8 pages, 2019.
- [46] Codex Alimentarius Commission, Codex Standard for Jams, Jellies, Marmalades 296—2009, Codex Alimentarius Commission, Rome, Italy, 2009.
- [47] Jussara Kowaleski, Leda Battestin Quast, Juliana Steffens, Frederico Lovato, Leonildo Rodrigues dos Santos, Sabrine Zambiasi da Silva, Diane Maschio de Souza, Marcos Alceu Felicetti (2020): Functional yogurt with strawberries and chia seeds, *Food Bioscience*, mVolume 37, 100726, ISSN 2212-4292.
- [48] Jarosław Korus, Lesław Juszczak, Rafał Ziobro, Mariusz Witczak, Katarzyna Grzelak, Michał Sójka (2011): Defatted Strawberry And Blackcurrant Seeds As Functional Ingredients Of Gluten-Free Bread, *Journal of Texture Studies*, Volume 43, Issue 1, 29-39.
- [49] Ali, M.R., Mohamed. R.M., Abedelmaksoud, T.G. (2021): Functional strawberry and red beetroot jelly candies rich in fibers and phenolic compounds. *Food systems*. 2021;4(2):82-88.
- [50] C.F. Balthazar, A. Santillo, J.T. Guimarães, V. Capozzi, P. Russo, M. Caroprese, R. Marino, E.A. Esmerino, Renata S.L. Raices, M.C. Silva, H.L.A. Silva, M.Q. Freitas, D. Granato, A.G. Cruz, M. Albenzio (2019): Novel milk–juice beverage with fermented sheep milk and strawberry (*Fragaria* × *ananassa*): Nutritional and functional characterization, *Journal of Dairy Science*, Volume 102, Issue 12, (10724-10736), ISSN 0022-0302.
- [51] Celso F. Balthazar, Antonella Santillo, Lucia Figliola, Hugo L.A. Silva, Erick A. Esmerino, Mônica Q. Freitas, Adriano G. Cruz, Marzia Albenzio (2018): Sensory

- evaluation of a novel prebiotic sheep milk strawberry beverage, *LWT*, Volume 98, (94-98), ISSN 0023-6438.
- [52] Cassani, L., Tomadoni, B., Moreira, M.R., M. V. Agüero (2018): Improving Quality Parameters of Functional Strawberry Juices: Optimization of Prebiotic Fiber Enrichment and Geraniol Treatment. *Food Bioprocess Technol* 11, 2110–2124 (2018).
- [53] Lu Guo, Ke Li, Jum Soon Kang, Nam Jun Kang, Beung Gu Son, Young Whan Choi (2020): Strawberry fermentation with *Cordyceps militaris* has anti-adipogenesis activity, *Food Bioscience*, Volume 35, 100576, ISSN 2212-4292.
- [54] Soliman, Z., T.M. Mekky, M.H. Zeid (2015): Production Of Functional Drinks From Blood Orange And Strawberry, *Journal of Home Economics*, Volume 25, Number (4), ISSN 1110-2578.
- [55] Makarov, V.N., Savel'ev, N.I., Vlazneva, L.N. (2009): Functional food production of berry raw materials (compots, jelly of blackcurrant, strawberry and raspberry), *ASTIHPB*, Vol. 22, Issue: 2, 123-130, ISSN : 2073-4948.
- [56] Benchikh, Y., Aissaoui, A., Allouch, R., Mohellebi, N. (2021): Optimising anthocyanin extraction from strawberry fruits using response surface methodology and application in yoghurt as natural colorants and antioxidants. *J Food Sci Technol* 58, 1987–1995.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Grm jagode; 1. korijen, 2. stablo, 3. list s lisnom drškom, 4. vriježa (stolon), izvor: T. Miloš [6].....	3
Slika 2. Kemijska struktura flavonoida (A), hidroksibenzojevih kiselina (B) i hidroksicimetnih kiselina (C) [15].....	8
Slika 3. Kemijska struktura antocijana [15].....	9
Slika 4. Najzastupljeniji antocijanidini u prirodi [15].....	9
Slika 5. Zdravstvene dobrobiti jagode [25].....	11

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Sistematika jagode, izvor: B. Volčević (2005.): Jagoda, malina, kupina, Neron d.o.o., Bjelovar [4].....	2
Tablica 2. Prikaz proizvodnje jagoda ( <i>t</i> ) u RH 2020.-2021. godine, izvor: DZS ( <a href="https://podaci.dzs.hr/2021/hr/10118">https://podaci.dzs.hr/2021/hr/10118</a> , pristupljeno 3. kolovoza 2022. godine) [7].....	4
Tablica 3. Kemijski sastav plodova jagode izražen na 100 g svježeg ploda, izvor: Agricultural Research Service, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE ( <a href="https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2263887/nutrients">https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2263887/nutrients</a> , pristupljeno 3. kolovoza 2022. godine) [9].....	6