Tradicionalne sorte jabuka kao potencijal u razvoju funkcionalnih proizvoda

Brdar, Dora

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:159:507999

Rights / Prava: Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-27**

prehrambeno biotehnološki fakultet

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija

Dora Brdar

7511/PT

TRADICIONALNE SORTE JABUKA KAO POTENCIJAL U RAZVOJU FUNKCIONALNIH PROIZVODA

ZAVRŠNI RAD

Naziv znanstveno istraživačkog projekta: Tehnologija preprekama i 3D printanje za okolišno prihvatljivu proizvodnju funkcionalnih voćnih sokova (IP-2019-04-2105)

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Danijela Bursać Kovačević

Zagreb, 2020.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambene tehnologije

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo

Laboratorij za procese konzerviranja i preradu voća i povrća

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Tradicionalne sorte jabuka kao potencijal u razvoju funkcionalnih proizvoda

Dora Brdar, 005821489

Sažetak: Cilj ovog rada je bio literaturnim pretraživanjem utvrditi bioaktivni potencijal tradicionalnih sorti jabuka u Republici Hrvatskoj (RH) te procijeniti njihov potencijal za proizvodnju funkcionalnih proizvoda. Iako u literaturi nema puno navoda o tradicionalnim jabukama uzgojenim u RH, rezultati dostupnih istraživanja navode viši udio polifenolnih spojeva u uzorcima tradicionalnih sorti u usporedbi s konvencionalnim sortama. Također, polifenoli su najzastupljeniji u kori jabuke, stoga je i nusproizvod jabuke, zaostao nakon prerade, vrijedan izvor bioaktivnih spojeva. Pregledom literaturnih navoda o dokazanim zdravstvenim benefitima jabuke, svakako se može poticati konzumacija tradicionalnih sorti, kao i njihova prerada u funkcionalne proizvode. Analizom vanjskih i unutarnjih parametra kvalitete, rezultati istraživanja upućuju da tradicionalne sorte posjeduju kvalitetu potrebnu za prihvaćanje na tržištu. Uz preferenciju potrošača za organskim i ekološkim uzgojem voća, koje se održivo prerađuje, očekuje se daljnji porast potražnje tradicionalnih sorti jabuka, kao i njihovih proizvoda na tržištu RH.

Ključne riječi: tradicionalne sorte jabuka, funkcionalni proizvodi, polifenoli, antioksidacijski kapacitet, zdravstvene beneficije

Rad sadrži: 35 stranica, 1 sliku, 5 tablica, 149 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Danijela Bursać Kovačević

Datum obrane: 10. srpnja 2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

University undergraduate study Food Technology

Department of Food Engineering

Laboratory for Technology of Fruits and Vegetables Preservation and Processing

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

Traditional apple varieties as potential in the development of functional products

Dora Brdar, 005821489

Abstract: This study aimed to investigate the bioactives of the traditional apple varieties grown in the Republic of Croatia (RC). Their potential for functional foods development is also assesed. Although there is not much data that address traditional apples, the available results state that traditional varieties are characterized by higher quality parameters as compared to conventional ones. As polyphenols are the most abundant in apple peel, apple pommace represents a valuable source of bioactives with positive impact on health. Beneficial effects of apples consumation has been already proven, thus the consumption of traditional varieties, and their processing into functional products, is strongly recommended. Moreover, traditional varieties possess the external and internal quality parameters required for market acceptance. With consumer's preference for sustainable and organic fruit growing, which is sustainable processed, a further increase in demand for traditional apple varieties is expected, as well as their functional products on the market.

Keywords traditional apple varieties, functional products, polyphenols, antioxidant capacity, health benefits

Thesis contains: 35 pages, 1 figure, 5 tables, 149 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 Danijela Bursać Kovačević, Associate professor

Defence date: July 10th 2020.

SADRŽAJ

1. SADRŽAJ 1
1. UVOD 1
2. TEORIJSKI DIO 2
2.1. Perspektiva i razvoj funkcionalnih proizvoda 2
2.2. Jabuka kao izvor funkcionalnih sastojaka 5
2.3. Utjecaj jabuke na zdravlje 13
3. Uzgoj jabuke u Republici Hrvatskoj 15
3.1. Tradicionalne sorte jabuka u Republici Hrvatskoj 18
3.2. Bioaktivni potencijal tradicionalnih sorti jabuka 21
4. ZAKLJUČAK 26
5. LITERATURA 27

1. UVOD

Jabuka (lat. *Malus domestica* Borkh) je voćna vrsta koja pripada porodici *Rosaceae*, te je najčešće uzgajana i konzumirana u Republici Hrvatskoj (RH). Zahvaljujući pogodnoj klimi, u RH postoji duga tradicija uzgoja jabuka. Godišnji prosjek potrošnje jabuke, po članu kućanstva u 2017. godini je iznosio 11,5 kg (Državni zavod za statistiku, 2020.). Naše tradicionalne voćne vrste, poput jabuka, dragocjeno su bogatstvo i prirodna baština, kojoj se s aspekta popularizacije i prerade ne pridonosi dovoljno pažnje (Jemrić, 2016). Na žalost, u zadnje vrijeme dolazi do propadanja starih voćnjaka čime se sve više gube tradicionalne sorte jabuka. Posljedično dolazi do velikih gubitaka vrijednih izvora genetskih materijala poželjnih morfološko–pomoloških karakteristika plodova, za koje je prema nekim istraživanjima pokazana bolja senzorska prihvatljivost u usporedbi s komercijalnim sortama (Vujević i sur., 2018). Kakvoća ploda jabuke definirana je fizikalnim, biokemijskim i organoleptičkim karakteristikama. Plod jabuke ima gotovo sve što je potrebno ljudskom organizmu: voćne šećere, kiseline, vitamine, minerale, pektine i sasvim čistu vodu (Krpina i sur., 2004). Jabuke su važne zbog svoje hranjive vrijednosti te sadrže značajnu količinu bioaktivnih spojeva kao što su polifenoli. Novija znanstvena istraživanja ukazuju na veći stupanj kvalitete tj. količine ukupnih polifenola kod tradicionalnih hrvatskih sorti jabuke u usporedbi s konvencionalnim sortama (Jakobek i sur., 2020). Tradicionalne sorte jabuka su iz tog razloga potencijal za proizvodnju funkcionalnih proizvoda s većim iskorištenjem bioaktivnih spojeva. Prirodno se pojavljuju u voću jer nastaju kao sekundarni metaboliti koje biljke produciraju kao odgovor na stresne uvjete. Polifenoli su fenolni spojevi s dvije ili više hidroksilne skupine direktno vezane na benzenski ili aromatski prsten. Sadržaj polifenola u plodovima ovisi o sorti, uzgoju, stupanju zrelosti, okolišu, uvjetima prerade i skladištenja (Putnik i sur., 2017). Polifenoli čine hranu funkcionalnom zbog antioksidacijskog učinka kojim neutraliziraju slobodne radikale, onemogućuju stvaranje novih slobodnih radikala u organizmu te popravljaju oštećenja u stanici nastala djelovanjem slobodnih radikala. Povećana količina slobodnih radikala dovodi do oksidacijskog stresa uslijed čega nastaju oksidacijska oštećenja, smrt stanica, oštećenja tkiva i različite bolesti (Sharma i Padwad, 2020; Mustafa i sur., 2020). Dijetalna vlakna su također biljne tvari s mnogim beneficijama za ljudsko zdravlje kao što je smanjenje apsorpcije masti i kolesterola, normaliziranje probave, održavanje zdravlja crijeva i sudjelovanje u kontroli dijabetesa (Anderson i sur., 2009; Skinner i sur., 2018). Vlakna jabuke su iz tog razloga potencijalan sastojak funkcionalne hrane. Funkcionalna hrana pokazuje povoljno djelovanje na jednu ili više funkcija organizma te zahvaljujući hranjivim svojstvima utječe na poboljšanje općeg stanja i smanjenje rizika od nastanka bolesti (Granato i sur., 2020). Konzumacija funkcionalne hrane može povoljno utjecati na prevenciju bolesti srca, smanjenje visokog krvnog tlaka, inhibiciju rasta stanica raka te može blagotvorno djelovati na crijevnu mikrobiotu (Granato i sur., 2020.). Stoga je cilj ovog rada, obzirom na sve zdravstvene benefite jabuka, dati osvrt na potencijal tradicionalnih sorti jabuka u RH u razvoju funkcionalnih proizvoda.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Perspektiva i razvoj funkcionalnih proizvoda

Znanstvenici su definirali funkcionalnu hranu kao hranu prerađenu industrijskim postupcima ili neprerađenu prirodnu hranu koja ima pozitine učinke na zdravlje, izvan svoje osnovne prehrambene vrijednosti, ako se redovito konzumira uz raznovrsnu prehranu (Granato i sur., 2020). Iz tog razloga je funkcionalna hrana sve popularniji pojam u društvenim i znanstvenim krugovima te proizvođači prehrambenih industrija ulažu u razvoj industrijske prerade namirnica koje mogu pružiti dodatnu dobrobit za zdravlje potrošača. Vrlo je važno, prije donošenja zaključaka o zdravstvenim beneficijama funkcionalne hrane, provesti klinička (rendomizirana, dvostruko slijepa i sa placebo kontrolnom skupinom) ispitivanja (Assmann i sur., 2014). Klinička spitivanja i eksperimentalni dokazi pružit će odgovor u kolikoj je mjeri i koji sastojak namirnice funkcionalno učinkovit za ljudski organizam. Također, kako bi hrana mogla nositi naziv funkcionalne mora biti potvrđena u interventnim ispitivanjima da je u skladu s propisima unutar svake zemlje. Neki od propisa s kojima funkcionalna hrana mora biti u skladu su Brazilska zdravstvena regulatorna agencija (ANVISA) u Brazilu, Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) u Europskoj uniji te Uprava za hranu i ljekove (FDA) u Sjedinjenim Američkim državama (Brown i sur., 2018; Cassidy i sur., 2018; Mak i sur., 2018.). Još je jedan vrlo važan zahtjev za sastojak i hranu s nazivom funkcionalne, ona mora biti sigurna i imati slobodan pristup potrošačima bez potrebe za liječničkim receptom (Lenssen i sur., 2018). Nužno je naglasiti kako funkcionalna hrana nije lijek, ona neće spriječiti, kao ni izliječiti niti jednu od bolesti jer razni unutarnji i vanjski faktori igraju odlučujuću ulogu u pojavi oboljenja (Chibisov i sur., 2019; Rao i sur., 2019). Potrošači na svojevrstan način reguliraju trendove u prehrambenoj industriji te njihovom sve većom preferencijom za sigurnom, svježom i prirodnom hranom koja sadrži zdravstvene beneficije možemo objasniti važnost prilagodljivosti pregrambene industrije te ulaganja u proizodnju funkcionalnih proizvoda. Očekuje se porast proizvodnje funkcionalnih proizvoda širom svijeta. Danas najčešće na tržištu nalazimo slijedeće funkcionalne proizvode: jogurti (utječu na zdravlje probave), žitarice (utječu na zdravlje srca) te margarin i maslac (utječu na metabolizam kolesterola) (Bogue i sur., 2016). Ubrajamo i energetske te proteinske pločice kao i pića kojima popularnost sve više raste. Među bioaktivne sastojke koji se najčešće dodavaju funkcionalnoj hrani ubrajamo probiotike i prebiotike (sinbiotike), antioksidanse, polinezasićene masne kiseline i fitosterole.

Probiotici su žive bakterijske stanice koje se dodavaju hrani u odgovarajućoj količini, a obilježava ih korisno djelovanje na domaćina (Hill i sur., 2014). Bakterijske stanice (*Lactobacillus* i *Bifidobacterium* rodova) poboljšavaju intestinalnu mikrobnu ravnotežu te ih se naziva promotorima zdravlja i dobre kondicije. Kako bi se smatrali probioticima, mikroorganizmi moraju preživjeti kiselo okruženje i prisutnost žučnih soli na koje nailaze u probavnom traktu unutar ljudskog organizma. Također, simultano moraju imati dobru sposobnost apsorpcije u crijevima i jasan dokaz pozitivnog utjecaja na

zdravlje u klinčkim ispitivanjima (Gibson i sur., 2017). **Prebiotici** su neprobavljivi sastojci hrane koji doprinose boljem preživljavanju, rastu, metabolizmu i blagotvornim zdravstvenim aktivnostima probiotika u probavnom sustavu. Primjeri prebiotika koje nalazimo u prehrambenim namirnicama su laktuloza, galaktooligosaharidi, fruktooligosaharidi, ksilooligosaharidi, dijetalno vlakno inulin te njihovi hidrolizati. Prebiotici nepromijenjeni dolaze do debelog crijeva gdje podliježu fermentaciji. Kada kombiniramo probiotike i prebiotike dobivamo **sinbiotike**. Sinbiotici osiguravaju olakšano preživljavanje zaštitne mikrobne flore probavnog sustava u usporedbi sa samostalnim učinkom probiotika ili prebiotika (Mohanty i sur., 2018). Najbolji utjecaj simbiotika dobivamo uz blagotvorni učinak probiotika i prebiotika. Konzumacija probiotika, prebiotika i sinbiotika doprinosi jačanju zdravlja te se puno pozornosti posvećuje razvitku tehnoloških metoda koje će osigurati njihovu kemijsku stabilnost tijekom roka trajanja u uvjetima skladištenja (Sanders i Marco, 2010).

Antioksidansi su tvari koje, kad su prisutne u maloj koncentraciji u usporedbi s tvari supstrata koja se može oksidirati, inhibiraju oksidaciju supstrata (Halliwell i Gutteridge, 2015). Antioksidansima se smatraju fenolni spojevi (flavonoidi, fenolne kiseline, stilbenoidi, kumarini i lignoidi), karotenoidi (karoten i ksantofil), terpenoidi (monoterpeni, triterpeni i seskviterpeni) i određeni lipidi (tokoferoli i tokotrienoli). Poznajemo tri različita mehanizma zaštite stanica i organa: prijenos elektrona, prijenos atoma vodika i kelacija prijelaznih metala. Povećana konzumacija voća i povrća bogatog antioksidansima naročito pozitivno djeluje u prevenciji kardiovaskularnih bolesti (Parohan i sur., 2019). Znanstvenici su ustanovili da redoviti konzumenti voća (koji ga jedu više od četiri puta tjedno), u usporedbi s neučestalim potrošačima, imaju 27% manju smrtnost od svih uzroka, 34% manju smrtnost od kardiovaskularnih uzroka, 17% manju smrtnost od raka probavnog trakta i 42% manju smrtnost od kronične opstruktivne plućne bolesti (Du i sur., 2017). Još važnije, dokazan je log-linearan odnos (ima oblik funkcije čiji je logaritam jednak linearnoj kombinaciji parametara modela, što omogućava primjenu linearne regresije) između doze konzumiranog voća i odgovora organizma, tj. nižeg indeksa smrtnosti. Među spomenutim trendovima i zahtjevima koje potrošači nameću prehrambenoj inudstriji ubraja se i smanjenje i prekid korištenja sintetičkih aditiva u proizvodnji (Bursać Kovačević i sur., 2019). Kao rezultat razvijaju se tehnološke primjene bioaktivnih spojeva. Ekstrakcija bioaktivnih spojeva iz začinskog bilja, voća i povrća te njihovih nusproizvoda u industrijskoj proizvodnji omogućava upotrebu ekstrakata kao antioksidansa u procesima proizvodnje hrane (Gómez i sur., 2018; Vinceković i sur., 2017).

Polinezasićene masne kiseline su masne kiseline s dvije li više dvostrukih veza u ugljikovodičnom kosturu molekule. Posebnu biološku funkciju i važnost u ljudskom metabolizmu predstavljaju polinezasićene masne kiseline s dvostrukim vezama na trećem i šestom ugljiku (n-3 i n-6). Znanstvenici aktivno istražuju važnosti, funkciju i izvore esencijalnih polinezasićenih masnih kiselina kao što su:

linolenska (LA), alfa-linolenska (ALA), eikozapentaenska (EPA) i dokozaheksaenska kiselina (DHA) te dugolančne polinezasićene masne kiseline (LCPUFA). Naglasak istraživanja je na prehrambenim izvorima polinezasićenih masnih kiselina (sjemenke uljarica, žitarice, riba i riblje ulje) čijom konzumacijom dolazi do veće zdravstvene iskoristivosti (Kaur i sur., 2012). Među biološke funkcije ubrajamo smanjenje rizika od kardiovaskularnih bolesti te pozitivan utjecaj protiv upale. Sekikawa i sur. (2015) su uočili kardiovaskularni zaštitini učinak polinezasićenih masnih kiselina na temelju kliničkih ispitivanja u Japanu. Williams i sur. (2017) uvidjeli su da je unos malih količina n-3 polinezasićenih masnih kiselina (1,8 g EPA i 1,3 g DHA dnevno) tijekom 21 dan povezan sa smanjenjem mogućnosti upale dišnih puteva kod odraslih osoba s astmom i bronhokonstrikcijom uzrokovanom hiperventlacijom. Izazov prehrambene industrije je proizvodnja funkcionalne hrane, s dodatkom polinezasićenih masnih kiselina, osjetljive na oksidacijske reakcije i bez promjena u teksturi i organoleptičkim svojstvima.

Fitosteroli i stanoli (hidrogenizirani oblik sterola) se prirodno nalaze u biljkama, slobodni su ili kovalentno vezani esterskom ili glikozidnom vezom. Nalaze se u staničnim membranama biljaka te uzrokuju njihovu fluidnost i propusnost. Svojom strukturom i ulogom u organizmu bliski su kolesterolu iz životinjskih stanica. Među fitosterole uključujemo stanol, kampesterol, sitosterol, stigmasterol, sitostanol i kampestanol (Alkhalf i sur., 2018; Putnik i sur., 2019; Vu i sur., 2019; Wang i sur., 2019). Nalazimo ih u biljnim uljima, orašastim plodovima, sjemenkama, žitaricama te voću i povrću. Danesi i sur. (2016) su kliničkim ispitivanjima dokazali utjecaj fitosterola i stanola na inhibiciju apsorpcije kolesterola u crijevnom traktu. Shahzad i sur. (2017) otkrivaju utjecaj fitosterola i stanola na hormonalno ovisan rast endokrinih tumora i time pospješuju imunološki odgovor na prepoznavanje stanica raka. Fitosteroli i stanoli potvrđeno ometaju rast i dijeljenje tumorskih stanica (NIH 3T3, HeLa i MCF-7) (Ayaz i sur., 2019) te djeluju kao kemijski antioksidansi (Alkhalf i sur., 2018). Uslijed dokaza korisnih učinka na zdravlje ljudi, zakonodavci dopuštaju upotrebu fitosterola i stanola u prehrambenim proizvodima uz navođenje njihovih beneficija na ambalaži proizvoda (Kalliny i Zawistowski, 2019) kao što su voćni sokovi (Abd-Razek i sur., 2019).

U zaključku, nužno je da se procjena funkcionanosti i dokazivanje zdravstvenih tvrdnji temelji na *in vivo* eksperimentima koji otkrivaju uzročno-posljedične učinke kod ljudi, za razliku od *in vitro* ispitivanja. Iz tog razloga pretpostavka da je sok od jabuke funkcionalna hrana jer sadrži (+)-katehine i neke antocijane, čuvare kardiovaskularnog sustava, još nije dokazana. Potrebna su rendomizirana kontrolna testiranja za potvrdu da jabuka ima povolno djelovanje na funkcije organizma te se na osnovu njih funkcionalna svojstva mogu navoditi na deklaraciji ambalaže (Kamioka i sur., 2019).

2.2. Jabuka kao izvor funkcionalnih sastojaka

Potrošači u današnje vrijeme zahtijevaju i visoko vrednuju hranu koja se održivo proizvodi i prerađuje, smatra se sigurnom, svježom i prirodnom te ima hranjivu vrijednost (Putnik i sur. 2018), iz tog razloga u nastavku rada evidentirani su dokazi o potencijalu jabuke za proizvodnju funkcionalnih proizvoda. Kemijski sastav ploda jabuke iznimno je složen, te upravo bogatstvo kemijskog sastava svježih plodova daje veliku prehrambenu i zdravstvenu vrijednost jabuci. Jabuka je bogata brojnim hranjivim tvarima te se smatra glavnim izvorom fitokemikalija u ljudskoj prehrani (Janjić, 2016). Scalbert i sur. (2000) su otkrili različite fenolne spojeve u jabuci. Detektirali su ih korištenjem tekućinske kromatografije uz masenu smektrometriju (LC-MS) ili plinske kromatografije uz masenu spektrometriju (GC-MS). Korištenjem ovih metoda identificirani su (+)-katehin i (-)-epikatehin (flavan-3-oli ili flavanoli), floridzini (dihidrokalkonski glikozidi), kvercetini (flavonoli), cijanidin-3-*O*-galaktozidi (antocijani), hidroksicimetne fenolne kiseline i hidroksicinamati (klorogenska kiselina i *p*-kumaroil-kininska kiselina) (Cuthbertson i sur., 2012; Vrhovsek i sur., 2004).

Antioksidacijski kapacitet je mjera sposobnosti antioksidansa da smanji udio slobodnih radikala (Brand-Willams i sur., 1995). Postoji veliki broj metoda za određivanje antioksidacijskog kapaciteta koje se temelje na različitim mehanizmima djelovanja, a uglavnom se određuje spektrofotometrijski. Najšire korištena je DPPH metoda koja se temelji na mjerenju sposobnosti redukcije stabilnog 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikala pomoću antioksidansa. Rezultati se izražavaju neizravno, mjereći potrebnu količinu antioksidansa (mg antioksidansa, na osnovi mase uzorka svježe jabuke) da se smanji početna koncentracija DPPH radikala za 50%. Ta je vrijednost definirana kao EC_{50}, te će biti nižom, što je veća antioksidacijska aktivnost.

Kako se može vidjeti prema pregledu literature u Tablici 1., fenolni spojevi nisu ravnomjerno raspoređeni u plodu jabuke tj. odeđene sastavnice fenolnih spojeva zastupljenije su u točno određenim dijelovima ploda, dok ih u preostalim dijelovima ima veoma malo ili nimalo. Mnogi znanstvenici iz tog razloga predlažu iskorištavanje kore jabuke, nusproizvoda proizvodnje tj. otpada, za ekstrakciju fenolnih spojeva.

Tsao i sur. (2005) su odredili u kori jabuke peterostruko više polifenola u odnosu na mezokarp jabuke. Autori takvu razliku pripisuju obrambenoj ulozi kore u zaštiti ploda od štetnog UV svjetla i patogena iz okoliša (Solovchenko i Schmitz-Eiberger, 2003). McGhie i sur. (2005) su utvrdili da se u prosjeku 46% polifenola iz jabuke nalazi u kori tj. svi flavonoli (derivati kvercetina) su određeni samo u kori. U tablici 1. je također vidljivo da je kvercetin pronađen samo u kori jabuke te da uzorci kore posljedično pokazuju i najveći antioksidacijski kapacitet. Chinnici i sur. (2004) su zaključili da su flavonoli, flavanoli i procijanidini dali najveći doprinos antioksidacijskoj aktivnosti kore jabuke, oko 90% ukupne izračunate aktivnosti.

Među prerađenim proizvodima od jabuka najpopularniji je sok od jabuke. Zbog fenomena različite lokalizacije polifenola, sok od jabuke i svježa jabuka razlikuju se po svom sastavu. Tijekom proizvodnje soka ekstrahira se samo dio fenolnih spojeva, dok dio zaostaje u čvrstom ostatku nakon prešanja soka (Van der Sluis i sur., 2005). Kruti ostatak sastoji se od kore i sjemene lože te se zato fenolni spojevi poput kvercetin-glikozida i dihidrokalkona nalaze u soku od jabuke u malim količinama (Markowski i Płocharski, 2006). Nusproizvod zaostao nakon proizvodnje soka od jabuka, bogat vlaknima i polifenolima, privukao je pozornost znanstvenika i industrije zbog rastućeg trenda iskorištavanja (Sudha i sur., 2007). Potrošači preferiraju bistre sokove od jabuke, ne znajući da se tijekom njihovog procesa proizvodnje gube mnoge vrijedne komponente s visokim antioksidacijskim potencijalom (Markowski i Płocharski, 2006). Tijekom procesa bistrenja uklanjanju se (-)-epikatehin i procijanidini. Lee i sur. (2003) zapažaju značajan doprinos flavonoida poput kvercetina, epikatehina i procijanidina B2 ukupnoj antioksidacijskoj aktivnosti jabuka, za razliku od antioksidacijskog doprinosa vitamina C.

Antioksidacijska aktivnost sokova dobivenih samo prešanjem bila je 10% aktivnosti svježih *Janagold* jabuka, dok je aktivnost bistrih sokova pokazivala svega 3% antioksidacijske aktivnosti svježih jabuka uz smanjenje udjela klorogenske kiseline za 50% te katehina do 3% (Van der Sluis i sur., 2002). Nakon obrade, skladištenje soka od jabuke na sobnoj temperaturi (25 °C) u trajanju od devet mjeseci rezultiralo je gubitkom prisutnog kvercetina (do 60%) i potpunim gubitkom procijanidina, unatoč činjenici da su polifenoli stabilniji u voćnim sokovima od vitamina C (Spanos i sur, 1990; Miller i sur, 1995). Van der Sluis i sur. (2005) pokazali su da povišena temperatura tijekom skladištenja soka negativno utječe na stabilnost polifenolnih antioksidansa, pri čemu su toplinski najosjetljiviji bili kvercetin glikozidi i epikatehini, a najstabilniji floridzin i klorogenska kiselina.

Pigmentacija plodova jabuke kontrolirana je relativnom količinom antocijana, klorofila i karotenoida. Antocijani i karotenoidi dokazano imaju snažna antioksidacijska i antikancerogena svojstva. Budući da imaju potencijalno pozitivne učinke na zdravlje ljudi, razvijaju se nove sorte s poboljšanom pigmentacijom, poput jabuka crvenog mesa s povišenom koncentracijom antocijana (Velasco i sur., 2010).

U 100 g ploda jabuke nalazi se približno 2,21 g vlakana. Udio netopljivih vlakna (celuloza i hemiceluloza) iznosi 70%, dok udio topljivih vlakna (pektina) iznosi 30% (Li i sur., 2002). Sun-Waterhouse i sur. (2008) su ekstrahirali dijetalna vlakna u nativnom obliku stjenki stanica sa sadržajem 0,282 g uronske kiseline po g vlakna iz sorte Granny Smith. Zaključili su da bi dijetalna vlakna koja sadrže antioksidacijske fitokemikalije mogla biti nova vrsta funkcionalnog sastojka. Fenolni spojevi se mogu vezati na celulozu i pektin kovalentnim vezama preko estera ili ugljika iz stanične stijenke, tvoreći netopive vezane fenole (Shahidi i Yeo, 2016).

Tablica 1. Pregled istraživanja funkcionalnih sastojaka u jabuci, proizvodima i nusproizvodima od jabuke

Sorta	Uzorak	Fenolni spojevi	Udio (mg 100 g^{-1})	Antioksidacijska aktivnost (AA)	Zaključci rada	Referenca
Fuji cl. Kiku8	kora	klorogenska kiselina	8,96 ± 1,22	EC_{50}= 17,34	-U kori sorte *Fuji* i mezokarpu sorte *Golden cl. B* određena najveća antioksidacijska aktivnost. -Veću AA (veći udio fenolnih spojeva) određen je u kori, u usporedbi s mezokarpom ploda. -Kvercetin-glukozid je određen samo u kori jabuke. - *Golden cl. B* je najbolji izvor fenola u kore te u mezokarpu. -Najveće vrijednosti (+)-katehina pronađene su u kori sortama *Fuji cl. Kiku8* i *Golden cl. B* -Najveća količina (-)-epikatehina detektirana je u uzorku kore sorte *Fuji cl. Kiku8.*	Carbone i sur., 2011
		(+)-katehin	12,91 ± 0,5			
		(-)-epikatehin	9,94 ± 0,76			
		floretin glukozid	1,04 ± 0,25			
		kvercetin glikozid	14,92 ± 2,32			
Braeburn, Hillwell		klorogenska kiselina	2,82 ± 0,38	EC_{50}=22,67		
		(+)-katehin	9,81 ± 0,73			
		(-)-epikatehin	5,12 ± 0,65			
		floretin glukozid	0,77 ± 0,4			
		kvercetin glikozid	11,54 ± 5,27			
Golden cl. B		klorogenska kiselina	8,64 ± 2,12	EC_{50}= 18,667		
		(+)-katehin	12,18 ± 1,11			
		(-)-epikatehin	6,03 ± 1,11			
		floretin glukozid	1,05 ± 0,72			
		kvercetin glikozid	23,51 ± 2 78			
Fuji cl. Kiku8	mezokarp ploda	klorogenska kiselina	5,76 ± 1,22	EC_{50}= 39,236		
		(+)-katehin	0,98 ± 0,31			
		(-)-epikatehin	1,75 ± 0,64			
		floretin glukozid	1,09 ± 0,06			
Braeburn, Hillwell		klorogenska kiselina	5,32 ± 1,33	EC_{50}= 58,48		
		(+)-katehin	0,91 ± 0,18			
		(-)-epikatehin	1,91 ± 0,33			
		floretin glukozid	0,75 ± 0,09			
Golden cl. B		klorogenska kiselina	7,52 ± 0,9	EC_{50}= 26,596		
		(+)-katehin	2,20 ± 1,34			
		(-)-epikatehin	1,46 ± 0,17			
		floretin glukozid	1,00 ± 0,11			
Idared	kora	procijanidin B2	23,47 ± 0,01	6,02 ± 0,104		

		floridzin	4,32 ± 0,13		-Jedino je u uzorku kore određen kvercetin i to u formi glikozida, galaktozida, ksilozida, arabinozida, ramnozida i rutinozida, pri čemu su oblici rutinozida bili najzastupljeniji. -Najveća AA određena je u kori, zatim u uzorku kore i mezokarpa, dok je u mezokarpu određena najniža vrijednost AA. -antioksidacijska aktivnost (ABTS, FRAP) je pozitivno korelirala s ukupnim fenolima u kori, kori i mezokarpu te ukupnim fenolima u samom mezokarpu.	Lončarić i sur., 2014
		(-)-epikatehin	3,33 ± 0,04			
		klorogenska kiselina	2,54 ± 0,06			
		kvercetin glikozid	0,56 ± 0,05			
		rutin	3,26 ± 0,06			
		kvercetin	0,08 ± 0,001			
Fuji		procijanidin B2	31,41 ± 0,13	5,13 ± 0,23		
		floridzin	ND			
		(-)-epikatehin	6,39 ± 0,09			
		klorogenska kiselina	ND			
		kvercetin glikozid	3,88 ± 0,004			
		rutin	8,33 ± 0,14			
		kvercetin	ND			
Idared	kora i mezokarp	procijanidin B2	12,41 ± 0,43	2,46 ± 0,06		
		floridzin	1,54 ± 0,09			
		(-)-epikatehin	1,12 ± 0,02			
		klorogenska kiselina	9,16 ± 0,13			
		kvercetin glikozid	0,3 ± 0,02			
		rutin	2,93 ± 0,05			
Fuji		procijanidin B2	9,48 ± 0,35	2,69 ± 0,08		
		floridzin	0,87 ± 0,03			
		(-)-epikatehin	1,70 ± 0,05			
		klorogenska kiselina	4,69 ± 0,03			
		kvercetin glikozid	0,13 ± 0,01			
		rutin	0,95 ± 0,02			
Idared	mezokarp	procijanidin B2	3,13 ± 0,027	1,67 ± 0,04		
		floridzin	0,72 ± 0,02			
		(-)-epikatehin	0,45 ± 0,01			
		klorogenska kiselina	8,05 ± 0,08			
Fuji		procijanidin B2	ND	2,09 ± 0,04		
		floridzin	0,57 ± 0,01			
		(-)-epikatehin	1,16 ± 0,08			

		klorogenska kiselina	3,82 ± 0,03			
Jonagold	cijeli plod jabuke	katehin	0,70	135	-ukupno su na polifenolni sastav ispitane 104 sorte jabuka. -U sorti *Jonagold* određena je veća AA u usporedbi s *Red Delicious* sortom. -na temelju profila fenolnog sastava istraživane sorte jabuka mogu se podijeliti na one u kojima prevladavaju flavan-3-oli ili fenolne kiseline. -istraživane sorte jabuka obiluju monomernim i dimernim sastavnicama polifenila koji pokazuju dobru biodostupnost. -po jednom serviranju jabuka u kojima dominiraju fenolne kiseline (150 g) osiguran je unos 70–105 mg klorogenske kiseline.	Ceymann i sur., 2012
		epikatehin	3,83			
		procijanidin B1	0,83			
		procijanidin B2	4,85			
		klorogenska kiselina	9,42			
		kvercetin glukozid	2,08			
		rutin	0,36			
		p-kumaroilkininska kiselina	0,87			
		floretin-ksiloglukozid	1,56			
		floridzina	1,02			
		kvercetin ramnozid	2,27			
Red Delicious		katehin	1,46	133		
		epikatehin	7,01			
		procijanidin B1	2,92			
		procijanidin B2	7,59			
		klorogenska kiselina	7,51			
		kvercetin glukozid	2,16			
		rutin	0,31			
		p-kumaroilkininska kiselina	1,29			
		floretin-ksiloglukozid	1,51			
		floridzina	3,50			
		kvercetin ramnozid	1,01			
Rome Beauty	mezokarp ploda	ukupni fenoli	93,0 ± 4,1	ND	-Kora jabuke ima već udio fenolnih spojeva, u usporedbi s ostalim djelovima ploda jabuke. -U sorti Idared je određen najveći udio ukupnih fenola, slijedi ju sorta Rome Beauty, Cortland te sorta Golden Delicious. -Antioksidacijska aktivnost prati trend udjela ukupnih polifenola (najveća je u sorti Idared, potom u sorti Rome Beauty, Cortland te Golden Delicious).	Wolfe i sur., 2003
Idared			75,7 ± 4,0	ND		
Cortland			103,2 ± 12,3	EC_{50}=103,9±16,5		
Golden Delicious			97,7 ± 8,9	EC_{50}=155,3±11,7		
Rome Beauty	kora i mezokarp	ukupni fenoli	159,0 ± 15,1	EC_{50}= 26,5 ± 0,3		
Idared			120,1 ± 15,0	EC_{50}= 125,1 ± 58,8		
Cortland			119,0 ± 14,9	EC_{50}= 74,1 ± 4,0		

Golden Delicious			129,7 ± 9,7	EC_{50}= 107,7 ± 22,7		
Rome Beauty	kora	ukupni fenoli	500,2 ± 13,7	EC_{50}= 12,4 ± 0,4		
Idared			588,9 ± 83,02	EC_{50}= 13,6 ± 0,2		
Cortland			388,5 ± 82,4	EC_{50}= 15,7 ± 0,3		
Golden Delicious			309,1 ± 32,1	EC_{50}= 20,2 ± 0,7		
Renetta	cijeli plod jabuke	ukupni polifenoli	211,9	/	-*Renetta* ima značajno veću količinu ukupnih polifenola od drugih ispitivanih sorti. -Porcija jabuke od 150 g doprinosi organizmu od 100 mg (*Fuji*) do više od 300 mg (*Renetta*) ukupnih polifenola. -Udio flavanola (katehina i proantocijanidina) iznosio je 71 – 90%. -Udio hidroksicinamata bio je 4–18%, flavonola 1–11%, dihidrokalkona 2–6% te antocijana 1-3% u crvenim sortama jabuka.	Vrhovsek i sur., 2004
Red Delicious			131,1	/		
Granny Smith			121,0	/		
Morgendulf			105,8	/		
Golden Delicious			86,3	/		
Royal Gala			83,9	/		
Braeburn			75,4	/		
Fuji			66,2	/		
frakcija I (*Fuji*, *Qinguan*, *Granny Smith*)	-nusproizvod proizvodnje soka od jabuke (proizvođač: Shaanxi Hengxing Fruit Juice Co.,Ltd) Sastavljen od 3 sorte: Fuji, Qinguan, Granny Smith -fenoli su gradijentno eluirani sa otapalima različitih udjela etanola (20%, 40%, 60%, 80%, 100%).	klorogenska kiselina	0,14 ± 0,02	43,45 ± 3,45	-Frakcija III je imala najveći sadržaj ukupnih fenolnih kiselina, procijanidina B2 te kvercetina, u usporedbi s drugim frakcijama. -frakcija III je imala najveću DPPH vrijednost (90,96%±10,23%) (III>IV>II>I>V>VI) -AA fenolnih spojeva određena je kako slijedi: Procijanidin B2 > klorogenska kiselina > hiperin > kvercetin > kafeinska kiselina > sirigin > cimetna kiselina > floridzin.	Bai i sur., 2012
		procijanidin B2	1,70 ± 0,12			
		floridzin	ND			
		kvercetin	ND			
		(-)-epikatehin	ND			
frakcija II (*Fuji*, *Qinguan*, *Granny Smith*)		klorogenska kiselina	0,31 ± 0,03	51,65 ± 9,57		
		procijanidin B2	2,60 ± 0,18			
		floridzin	0,19 ± 0,02			
		kvercetin	5,50 ± 0,21			
		(-)-epikatehin	ND			
frakcija III (*Fuji*, *Qinguan*, *Granny Smith*)		klorogenska kiselina	2,84 ± 0,14	90,96 ± 10,23		
		procijanidin B2	92,62 ± 2,25			
		floridzin	ND			
		kvercetin	46,70 ± 1,31			
		(-)-epikatehin	ND			

mješavina sorti (ekstrakcija metanolom)	-nusproizvod proizvodnje fermentiranog soka od jabuke (proizvođač: El Gaitero)	klorogenska kiselina	170,56	6,66	-Ekstrakcija acetonom pokazala se učinkovitijom u izolaciji fenolnih spojeva u usporedbi s metanolom.	Suárez i sur., 2010
		epikatehin	88,21			
		floridzin	362,28			
		kvercetin	105,58			
mješavina sorti (ekstrakcija acetonom)		klorogenska kiselina	166,12	9,75		
		epikatehin	88,45			
		floridzin	380,05			
		kvercetin	131,78			
Limón Montés	-nusproizvod prešanja ploda jabuke u laboratorijskim uvjetima	klorogenska kiselina	681,5	12, 4	-sorta *De Ia Riega* je imala veću količinu flavanola i klorogenske kiseline u usporedbi s preostalim sortama. -Sadržaj floridzina je bio niži u industrijski prerađenim uzorcima u odnosu na one dobivene laboratorijski. -Najveću AA imala je *De Ia Riega* sorta, slijedi uzorak mješavine sorti prešan 10h, te *Limón Montés* sorta. -Nema dokazanih ovisnosti vremena pritiska preše sa AA. -Nusproizvodi industrijske proizvodnje pokazali su nižu AA u usporedbi s uzorcima pojedinačnih sorti.	Garcia i sur., 2009
		(-)-epikatehin	161,1			
		floridzin	587,2			
		kvercetin	252,0			
De Ia Riega		klorogenska kiselina	1415,5	13,5		
		(-)-epikatehin	314,6			
		floridzin	730,2			
		kvercetin	96,0			
mješavina sorti (uzorak prešan hidrauličnim prešama 48h)	-nusproizvod proizvodnje fermentiranog soka od jabuke (proizvođač: Asturias)	klorogenska kiselina	586,7	7,6		
		(-)-epikatehin	ND			
		floridzin	302,5			
		kvercetin	144,2			
mješavina sorti (uzorak prešan hidrauličnim prešama 10h)		klorogenska kiselina	602,4	12,5		
		(-)-epikatehin	287,1			
		floridzin	594,7			
		kvercetin	109,9			
mješavina sorti (uzorak prešan hidrauličnim prešama 36h)		klorogenska kiselina	375,3	10,3		
		(-)-epikatehin	ND			
		floridzin	292,5			
		kvercetin	87,1			

mješavina sorti (uzorak prešan 1,5h pneumatskim prešama tipa Bucher-Guyer)		klorogenska kiselina	259,8	8,2		
		(-)-epikatehin	167,5			
		floridzin	451,6			
		kvercetin	186,3			
Cripps Pink	minimalno procesirana jabuka -tretirana sredstvom protiv posmeđivanja (Ca-askorbat) -analizirana nakon 7 dana skladištenja	klorogenska kiselina	1,13	12,68 ± 0,26	-Sorta *Cripps Pink* bila je bogatija flavonoidima i imala je veću AA od sorte *Golden Deliciousa*. -Primjena sredstva protiv posmeđivanja nije utjecala na količinu fenolnih spojeva, ali su pokazala poboljšanu AA, u usporedbi s kontrolnim uzorcima. -Fenolni spojevi su bili stabilni, a AA se smanjila tijekom skladištenja.	Putnik i sur., 2016
		epikatehin	0,05			
		floridzin	0,03			
		kvercetin-3-galaktozid	0,03			
Golden Delicious		klorogenska kiselina	0,60	9,50 ± 0,38		
		epikatehin	0,07			
		floridzin	ND			
		kvercetin-3-galaktozid	0,03			
Golden Delicious	mutni sok (0. dan skladištenja)	ukupni fenoli	1,86 ± 0,09	5,93 ± 0,2	-Nakon skladištenja mutnog soka od jabuke sedam dana, udio fenolnih spojeva i njihov antioksidacijski kapacitet značajno se smanjio: ukupni fenoli za 89,21%, flavan-3-oli za 82,80% te DPPH za 79,51%.	Bursać Kovačević i sur., 2018
		ukupni flavan-3-oli	0,53 ± 0,03			
	mutni sok (7. dan skladištenja)	ukupni fenoli	0,40 ± 0,09	1,60 ± 0,2		
		ukupni flavan-3-oli	0,08 ± 0,03			

ND = nije detektirano

2.3. Utjecaj jabuke na zdravlje

Na zdravstvene učinke jabuka utječe raspoloživost bioaktivnih spojeva koje nalazimo u jabuci te njihova apsorpcija i metabolizam u ljudskom organizmu. Bioraspoloživost polifenola ovisi o količini oslobođenih fenolnih spojeva iz čvrste prehrambene namirnice u organizmu, koja može proći kroz crijevnu barijeru (Hedren i sur., 2002). Voće i povrće prirodno se sastoji od hidratiziranih stanica s fenolnim spojevima u staničnim vakuolama koji su slabo povezani sa staničnom stijenkom (Parada i Aguilera, 2007). Mehaničko djelovanje probave rezultira pucanjem navedenih stanica omogućujući oslobađanje fenolnih spojeva (Padayachee i sur., 2012) dok istovremeno kiselo okruženje želuca i alkalno okruženje crijeva olakšavaju oslobađanje polifenola bližih staničnim stijenkama (Del Rio isur., 2010; Tagliazucchi i sur., 2010). Wruss i sur. (2015) pojašnjavaju razlog neujednačenih rezultata kliničkih istraživanja zdravstvenih dobrobiti jabuka i pojedinih flavonoida specifičnom farmakokinetikom do koje dolazi zbog razlika u duljini tankog crijeva, crijevnoj mikrobioti ili genetskim čimbenicima svakog pojedinca. Ove varijacije u svakom individualnom ljudskom organizmu imaju značajne posljedice na metabolizam polifenola. Dokazana je sinergistička interakcija hrane bogate polifenolima i cijevne mikrobiote. Mikroorganizmi u debelom crijevu mogu otpustiti polifenole iz vlaknaste okoline i razgraditi ih na fenolne kiseline dok su polifenoli sposobni potaknuti rast korisnih bakterijskih vrsta i inhibirati rast patogenih vrsta (Hervert-Hernandez i Goni, 2011). Učinak polifenola u ljudskom oraganizmu ovisi i o genetskim karakteristikama pojedinca. Također, sve je više dokaza da na bioraspoloživost i bioefikasnost polifenola utječe okolina u kojoj se polifenoli nalaze, tj. ostale bioaktivne komponente u sastavu jabuke kao i doza unesenih polifenola. Jakobek (2015) je dokazala sinergističku vezu vlakana i flavonoida s pozitivnim učinkom na ljudsko zdravlje te interakciju lipida i polifenola koja umanjuje proces apsorpcije masti i samim time pozitivno djeluje na zdravlje. Prehrambenim vlaknima pripisuje se zaštitna uloga u liječenju i prevenciji određenih bolesti kao što je poremećaj crijeva (Bošnjak, 2019). Znanstvenici su dokazali blagotvorno djelovanje konzumacije jabuke na krvožilne funkcije i prevenciju krvnog tlaka (Bandanna i sur., 2012), smanjenje udjela lipida u krvi (Jensen i sur., 2009), smanjenje upala (Chun i sur., 2008) te prevenciju hiperglikemije (Johnston i sur., 2002).

Zaštitnički učinci jabuka i drugog voća od kardiovaskularnih bolesti pripisuju se visokom udjelu polifenola u njihovom sastavu. Jabuke daju važan doprinos unosu makronutrijenata povezanih s prevencijom kardiovaskularnih bolesti. Poznata je značajna povezanost unosa više flavonoida prehranom sa smanjenom smrtnošću, pogotovo koronarnom smrtnošću kod žena (Knekt i sur., 2002). Knekt i sur. (2002) su uočili povezanost povišenog unosa kvercetina s manjom smrtnošću uzrokovanom koronarnom bolesti arterija. Arts i sur. (2001) su prospektivnim istraživanjem žena u postmenopauzi iz Iowe, pokazali da smanjenu smrtnost uzrokovanu koronarnom bolešću potiče unos flavonoida (+)-katehina i (-)-epikatehina. Istraživanja novijeg datuma ukazuju na sniženi rizik od smrtnosti uzrokovane kardiovaskularnim bolestima kod starijih muškaraca za 46% unosom epikateina,

pri čemu je 28% ukupnih unesenih epikateina bilo su iz jabuke (Dower i sur., 2016). Sve veći broj istraživanja izvještava o nižoj tendenciji pojave koronarnih bolesti srca i kardiovaskularnih oboljenja kod ispitanika koji navode da konzumiraju velike količine vlakana (Threapleton i sur., 2013). Konzumiranjem 120 g mezokarpa jabuke uz 80 g kore, osiguran je veći unos kvercetina, (-)-epikatehina i ostalih flavonoida, u odnosu na kontrolnu skupinu koja je konzumirala samo mezokarp jabuke. Veća konzumacija flavonoida rezultirala je nižim sistoličkim krvnim tlakom i sniženim pulsnim tlakom u randomiziranom i kontroliranom istraživanju kod 30 zdravih muškaraca i žena (Bondonno i sur., 2012). Istraživanje je pokazalo akutno povećanje dušikova(II)-oksida koji uzrokuje opuštanje glatkog mišićja čime dolazi do širenja krvnih žila i pada krvnog tlaka tj. vazodilatacije. U ispitivanju učinka jabuka na razinu kolesterola, unos tri jabuke dnevno rezultirao je smanjenjem ukupnog kolesterola za 5 - 8%, dok konzumacija soka od jabuke (375 - 720 mL) nije utjecala na razinu kolesterola u plazmi te je imala štetan učinak na razinu triglicerida u plazmi zbog visokog sadržaja fruktoze (Jensen i sur., 2009). Znatno niže razine ukupnog kolesterola u serumu pronađene su nakon 6 mjeseci konzumacije sušenih jabuka, u usporedbi s konzumacijom suhih šljiva u trajanju od 6 mjeseci, kod žena u postmenopauzi (Chai i sur., 2012). U istraživanju konzumacije polifenola jabuke (1500 mg dnevno u trajanju od četiri tjedna) došlo je do smanjenja ukupnog kolesterola za 4,5% kod 48 ispitanih muškaraca i žena s visokim kolesterolom (Nagasako-Akazome i sur., 2005). Pokazalo se i da fenolni spojevi jabuke pojačavaju aktivnost lipoprotein lipaze, smanjujući na taj način razinu kolesterola u krvi (Yao i sur., 2014). U ljudskoj probavi, pektin može potencijalno smanjiti razinu lipida u plazmi vezanjem na kolesterol u gastrointestinalnom traktu (Brauns i sur., 2012). Iako se izvještava o učinku pektina na snižavanje kolesterola, relativno nizak sadržaj pektina u jabukama sugerira na postojanje i drugih komponenti jabuke, koje mogu imati učinka. Upalni procesi prisutni su kod velikog broja ljudskih bolesti te postoje dokazi da polifenoli vrše protuupalno djelovanje (Gonzalez i sur., 2011). U istraživanju na 8335 odraslih osoba u SAD-u, unos jabuka bio je obrnuto povezan s razinama C reaktivnog proteina (CRP). CRP služi kao upalni marker te je iz tog razloga važan indikator kod upale (Hrvatsko udruženje za Crohnovu bolest i Ulcerozni Kolitis, 2020). Chai i sur. (2012) uočavaju da je konzumacija suhe jabuke u trajanju od 12 mjeseci smanjila razinu CRP-a za 32%, no to nije doseglo statistički značajnu razliku u odnosu na kontrolni uzorak. U meta-analizi istraživanja o povećanoj potrošnji prehrambenih vlakana kod ljudi, 6 od 7 ispitivanja izvijestilo je o značajnom smanjenju razine CRP-a (North isur., 2009). Prebiotička prehrambena vlakna dokazano utječu na propusnost crijeva te time smanjuju unos lipopolisaharida, endotoksina koji oslobađa gram negativne bakterije koje izazivaju jak imunološki odgovor kod ljudi (Koutsos i sur., 2015). Dijabetes tipa 2 može povećati rizik od kardiovaskularnih bolesti. Zabrinjavajuć je podatak povećanja oboljelih od šećerne bolesti tipa 2 širom svijeta (Shaw i sur., 2010). Prehrana je snažni modifikator rizika obolijevanja, zapadnjačke prehrambene navike smatraju se uzrokom dok je prehrana bogata voćem i povrćem povezana sa smanjenjem rizika (Carter i sur., 2010). Jabuke su

istaknute kao važna dijetalna komponenta s potencijalom za smanjenje sve veće raširenosti dijabetesa tipa 2. Konzumacija više od 1 jabuke dnevno povezana je sa značajnim smanjenjem rizika od dijabetesa tipa 2 (za čak 28%) u usporedbi sa konzumacijom koja nije uključivala jabuke (Song i sur., 2005.). Dokaz da određene vrste polifenola mogu umanjiti rizik od dijabetesa tipa 2 dolazi iz istraživanja na 2915 sudionika koje je utvrdilo kako je svaki porast unosa flavonola za 2,5 puta povezan sa 26% manjom učestalošću obolijevanja (Jacques i sur. , 2013). Veći unos topljivih prehrambenih vlakana ima povoljan učinak na smanjenje razvoja šećerne bolesti tipa 2. Prehrambenim vlaknima pripisuje se povoljan učinak na smanjenje tjelesne težine, a time i na liječenje pretilosti (Bošnjak, 2019). Konzumacija 2 jabuke dnevno tijekom 2 tjedna rezultirala je značajnim porastom *Bifidobacterium*-a u ljudskim crijevima i fekalne octene kiseline, tj. pozitivnim utjecajem na zdravlje crijevne mikrobiote (Shinohara i sur., 2010). Dokazano je djelovanje suplementacije kvercetina na suzbijanje disbioze crijevne mikrobiote, uzrokovane prehranom s visokim udjelom saharoze i masti, kvercetin je smanjio omjer *Firmicutes* i *Bacteroidetes* (marker crijevnog zdravlja) i inhibirao rast bakterija *Erysipelotrichaceae*, *Bacillus* i *Eubacterium cylindroides* (bakterijskih vrsta povezanih s pretilošću uzrokovanom prehranom) (Etxeberria i sur., 2015). Disbioza ili poremećaj crijevne mikroflore je pojam koji označava narušavanje prirodne ravnoteže mikroorganizama u probavnom traktu. Poremećaj nastaje zbog smanjenja udjela povoljnih mikroorganizama, prerastanja potencijalno štetnih mikroogranizama ili zbog smanjenja cjelokupne mikrobiološke raznovrsnosti (Mahmutović, 2015). Floretin, kojeg nalazimo u jabukama, dokazano djeluje kao inhibitor stvaranja patogenog biofilma *Escherichia coli* i kao protuupalno sredstvo kod upalnih bolesti crijeva (Lee i sur., 2011). U zaključku, može se istaknuti da je utjecaj jabuke na zdravlje raznovrstan te dokazano pozitivan, stoga evidentirani dokazi upućuju na potencijal jabuke za proizvodnju funkcionalnih proizvoda.

3. Uzgoj jabuke u Republici Hrvatskoj

U ukupnoj proizvodnji voća u Republici Hrvatskoj u 2018. godini, jabuka se izdvaja kao ekonomski najvažnija voćna vrsta (Državni zavod za statistiku, 2020). Prema FAOSTAT podacima uzgoj jabuke u RH pokazuje porast od 2016. do 2018. godine, iako su se u istom razdoblju smanjuje površina pod nasadom jabuke (FAO, 2020). Prema podacima Državnog zavoda za statistiku ukupna proizvodnja jabuka u 2017. godini iznosila je 56 570 t na 4 838 ha obradive površine, te se povećala za 63,47 % u 2018. godini. Podaci s raspodjelom proizvodnje jabuka u RH za 2017. i 2018. godinu dani su u Tablici 2. Nadalje, podaci Državnog zavoda za statistiku (2020) također ukazuju na ukupno smanjenje površine nasada stabala jabuke u RH u vremenskom periodu od 2010. do 2019. godine, čime istodobno proizvodnja jabuke bilježi pad (Tablica 3.).

Prema starosti stabala jabuke, u RH se mogu razabrati četiri osnovna razreda (Slika 1). U 2012. godini su dominirala mlada stabla jabuka sa manje od 5 godina starosti (75,4 %), potom stabla od

15 do 24 godine starosti (57,4 %), stabla od 5 do 14 godina starosti (53,4 %) te stabla starija od 25 godina u najnižem udjelu (43,8 %).

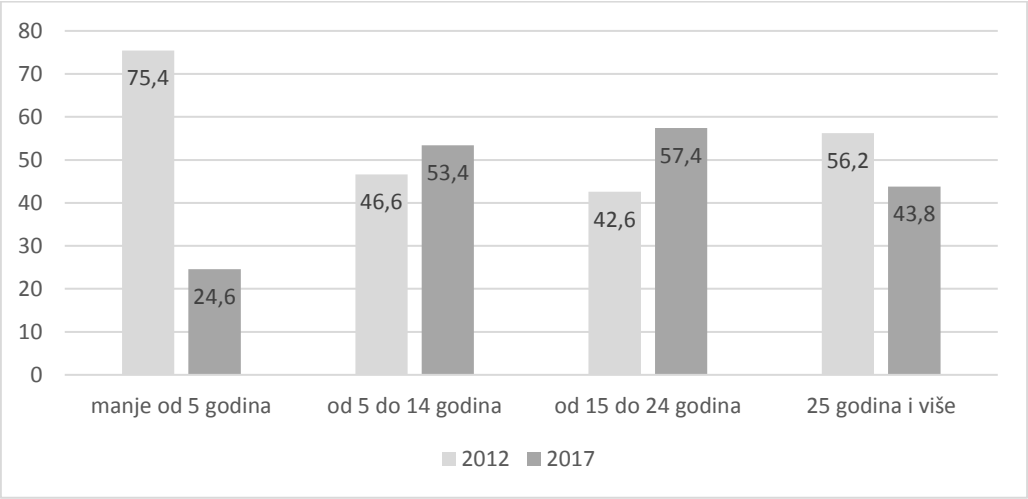
Tablica 2. Raspodjela proizvodnje jabuka u RH za 2017. i 2018. godinu (Državni zavod za statistiku, 2020)

Godina	Vrsta proizvodnje	Količina (t)
2017	Ukupna proizvodnja	56 570
	Intenzivna (za tržište)	55 790
	u ekstenzivnim voćnjacima (pretežno za vlastite potrebe)	780
2018	Ukupna proizvodnja	92 476
	Intenzivna (za tržište)	88 716
	u ekstenzivnim voćnjacima (pretežno za vlastite potrebe)	3 760

Tablica 3. Površina nasada, proizvodnja i prirod jabuka prema glavnim uzgojnim regijama u RH (Državni zavod za statistiku, 2020)

Područje	Godina	površina (ha)	proizvodnja (t)	prirod (t ha^{-1})
RH (ukupno)	2010.	6 599	89 124	13,5
	2011.	6 553	99 676	15,2
	2012.	5 980	37 414	6,3
	2013.	5 377	121 738	22,6
	2014.	5 944	96 703	16,3
	2015.	5 756	96 182	16,7
	2016.	5 890	44 176	7,5
	2017.	4 838	55 790	11,5
	2018.	4 728	90 254	19,1
	2019.	4 946	68 352	13,8
Kontinentalna Hrvatska	2010.	6 072	82 003	13,5
	2011.	6 029	95 586	15,9
	2012.	5 502	36 485	6,6
	2013.	5 109	120 054	23,5
	2014.	5 649	93 421	16,5
	2015.	5 397	92 885	17,2
	2016.	5 537	38 811	7,0
	2017.	4 551	54 428	12,0
	2018.	4 453	85 817	19,3
	2019.	4 616	66 797	14,5
Jadranska Hrvatska	2010.	527	7 121	13,5
	2011.	524	4 090	7,8
	2012.	478	929	1,9
	2013.	268	1 684	6,3
	2014.	295	3 282	11,1
	2015.	359	3 297	9,2
	2016.	353	5 365	15,2
	2017.	287	1 362	4,7
	2018.	275	4 437	16,1
	2019.	330	1 555	4,7

U razdoblju od samo 5 godina kasnije (2017. godina) gotovo trostruko se umanjio udio stabala mlađih od 5 godina te je udio starih stabala (25 godina i više) umanjen za približno 22%. Udio stabala jabuke u starosti od 5 do 14 godina uvećao se za 14,6%, dok je najveći porast od 34,7% evidentiran za stabla jabuke starosti od 15 do 24 godine, tako da se u vremenu značajno mijenja struktura voćnjaka i nasada jabuke, što svakako ima utjecaj i na kvalitetu plodova.



Slika 1. Površina jabuka prema gustoći nasada u hektarima (%) u Republici Hrvatskoj za 2012. i 2017. godinu (Državni zavod za statistiku, 2020)

Državni zavod za statistiku također raspolaže i podacima površine jabuka prema gustoći nasada u hektarima. Gustoća nasada manja od 400 stabla jabuke/ha zauzimala je u 2012. godini površinu od 3,84 ha te je u 2017. godini uslijedilo značajno povećanje nasadne površine na 361,32 ha. Gustoća od 400 do 1599 stabla jabuke/ha u 2012. godini nalazimo na 1207,95 ha nasadne površine dok u 2017. godini dolazi do smanjenja površine na 1148,15 ha. Drastični pad nasadne površine s gustoćom nasada od 1600 do 3199 stabla/ha vidljiv je od 2012. do 2017. godine. U 2012. godini površina zasađena navedenom gustoćom bila je 3541,01 ha te u 2017. godini pada na 1964,04 ha. Gustoća nasada od 3200 i više stabla jabuke/ha bilježi najveći porast površine od 45,84 ha u 2012. godini na 985,58 ha površine u 2017. godini (Državni zavod za statistiku, 2020.).

Različite se sorte jabuka uzgajaju u RH, te se njihove površine nasada također značajno mijenjaju u vremenu. Najzastupljenije sorte jabuka u Europi su *Golden Delicious*, *Gala*, *Jonagold*, *Red Delicious*, *Idared*, *Elstar*, *Granny Smith*, *Braeburn*, *Fuji*, *Jonathan* te *Pink Lady* (Ivković, 2011) te se mnoge od tih sorata uzgajaju i u RH. Prema podacima iza Tablice 4. vidljivo je kako se ukupna površina pod nasadima stabala jabuke smanjila od 2012. do 2017. godine. Najveći skok u povećanju nasadne površine uočavamo kod sorte *Gala* te ju slijedi sorta *Fuji* (Tablica 4.). Navedene sorte su prepoznate kod potrošača, njihova se potražnja povećala te posljedično i nasadna površina. Iako uočavamo drastični

pad nasadne površine *Idared* sorte u 2017. godini, ona je zasađena na najvećoj površini u usporedbi s ostalim sortama na području RH (Državni zavod za statistiku, 2020).

Tablica 4. Ukupna površina nasada prema sortama jabuka u hektarima, Republika Hrvatska Državni zavod za statistiku, 2020)

Sorte jabuka u RH	**Ukupna površina nasada (ha)**	
	2012.	**2017.**
Jabuke (ukupno)	4798,64	4459,09
Boskoop	6,54	4,3
Braeburn	106,74	122,32
Cox Orange	0,19	0,15
Cripps Pink	79,64	90,32
Elstar	91,77	69,17
Florina	108,9	75,7
Fuji	50,33	119,72
Gala	194,64	309,03
Golden Delicious, Golden Spur	665,58	701,4
Granny Smith	275,7	245,02
Idared	1977,24	1612,26
Jonagold	456,86	431,12
Red Delicious	66,37	88,27
Reinette	8,14	8,52
Pinova	/	16,58

Autohtone sorte se sve više populariziraju i sve su traženije na tržištu. Vrlo važna stavka proizvodnje u RH je opskrba vlastitog tržišta plodovima jabuka. Potrošači na razvijenim tržištima zahtijevaju informacije o podrijetlu namirnica te utjecaju proizvodnje na zaštitu okoliša i sigurnost hrane. Uz preferenciju potrošača za autohtonim jabukama koje se održivo proizvode i prerađuju, očekuje se daljnji porast proizvodnje i prerade tradicionalnih sorti jabuka.

3.1. Tradicionalne sorte jabuka u Republici Hrvatskoj

Tradicionalne sorte jabuka prirodno su i kulturno nasljeđe RH kao i izvor genetske raznolikosti. Sorte koje su se prilagodile lokalnim agroekološkim uvjetima, svojim dugogodišnjim rastom u RH, prepoznaju se kao temelj, tržištu poželjnog, ekološkog uzgoja jabuka (Janjić, 2016). Glavni je zahtjev trgovaca i potrošača dobra kakvoća plodova (Kouassi i sur., 2009). Kakvoća označava razinu izvrsnosti proizvoda ili njegovu optimalnost za određenu namjenu. Senzorska svojstva (izgled, tekstura, okus i aroma), nutritivna vrijednost, kemijski sastav, mehanička svojstva i funkcionalna svojstva definiraju kakvoću ploda (Abbott, 1999). Rok berbe, način čuvanja, rukovanja i transporta na tržište te postupanje s plodovima u maloprodaji također uvjetuju razinu kakvoće jabuke (Janjić, 2016). Primarni parametri koji se odnose na kakvoću prema Westwood (1993) su sadržaj šećera i kiselina, boja, čvrstoća, tekstura, sočnost, okus, nutritivna vrijednost, odsutnost bolesti ili insekata te opći izgled. Tradicionalne

sorte pokazuju otpornost na biotske i abiotske stresove (Ognjanov, 2012) te ih karakteriziraju različita morfološka i pomološka svojstva u odnosu na komercijalne sorte jabuke. Skendrović Babojelić i sur. (2014) navode kako plodovi ne izgledaju uvijek prvoklasno, ali ih ističe međusobno različita punoća okusa te posebno izražena aroma. Janjić (2016) opisuje morfološke i fizikalne (masa, visina i širina ploda jabuke) karakteristike sljedećih tradicionalnih sorti: *Bijeli zimski kalvil*, *Bobovec*, *Božićnica*, *Crveni delišes*, *Jonathan*, *London pepping*, *Lijepocvjetka*, *Šampanjka* i *Zeleni štetinec*. *Bijeli zimski kalvil* karakteriziraju srednje debeli do debeli plodovi nepravilnog asimetričnog oblika, nježna blijedo zelena do žuta kora te zelenkast do bijel mezokarp blago kiselkastog okusa. Navedena sorta ima najveću masu te najveću prosječnu širinu, u usporedbi s ostalim analiziranim sortama, ali je osjetljiva na bolesti i štetnike te zahtjevnija za uzgoj. Sorta *Bobovec* pokazuje obilnu rodnost sa srednje krupnim do krupnim plodovima glatke zelene kore s crvenim pramenovima. Sorta je prikladna za preradu, iako bilježi plodove najmanje mase uz najmanju širinu plodova, sadrži sočan mezokarp koji je otporniji na posmeđivanje (Jeseničnik i sur., 2013). Plod *Božićnice* je srednje krupan, plosnatog oblika te je otporan na udarce (Adamič i sur., 1963). Tanku zelenu koru karakteriziraju zatvoreno crvene pruge, a bijeli mezokarp slabo izražena aroma i izrazita sočnost. *Crveni delišes* karakteriziraju duguljasti plodovi ujednačena oblika i mase ako su nasadi pravilno njegovani i optimalno prorijeđeni (Adamič i sur., 1963). Mezokarp je žućkast te sočan i pomalo hrskav. Sorta je dobre izdrživosti u transportu te skladištenju (Admič i sur., 1963). Plod *Jonathan* sorte je srednje krupan te okruglasto-koničnog oblika, kora je tanka zelenkasto-zlatne boje pokatkad s crvenim dijelovima. Mezokarp je bjelkast, sočan i skladnog slatko kiselkastog okusa. *London pepping* definiraju teški plodovi srednje veličine sa najvećom visinom, u usporedbi s ostalim analiziranim sortama (Janjić, 2016), uz srednje debelu koru slamnatožute boje. Mezokarp je također žut te poželjne teksture. Plodovi navedene sorte osjetljivi su na transport te se bilježi dosta gubitaka uslijed truleži usplođa ploda tijekom skladištenja (Adamič i sur., 1963). *Lijepocvjetka* je tradicionalna sorta srednje krupnog do krupnog ploda kupastog oblika sa slamnatožutom korom rumenom na osunčanoj strani. Plod je čvrst u vrijeme berbe, kasnije postaje nježan i osjetljiv te se pojavljuju smeđe pjege na inače bijelo-žućkastom mezokarpu. *Šampanjku* odlikuju srednje veliki plodovi spljoštenog oblika s najmanjom visinom uz vrlo osjetljivu koru zelenožućkaste do bijeložućkaste boje. Mezokarp ploda je bijele boje i vrlo fine teksture koja se ne degradira skladištenjem. *Zeleni štetinec* također ima krupne i spljoštene plodove, tanku koru zelene boje te svijetložućkasti mezokarp slatko-kiselkastog okusa bez posebne arome. Mezokarp ima izraženu regenerativnu sposobnost, iz tog se razloga plodovi mogu skladištiti do kasnog proljeća. Zaključno, poželjnu kakvoću ploda pokazuje sorta *Bobovec* s najvećim udjelom zdravih plodova (92%) nakon čuvanja 160 dana u hladnjači u uvjetima normalne atmosfere (Janjić, 2016). Slijedi ju sorta *Jonathan* s 90% zdravih plodova, *Crveni delišes* (83%), *Lijepocvjetka* (77%), *Zeleni štetinec* (71%), *Šampanjka* (63%), *London pepping* (60%) te *Bijeli zimski kalvil* (43%). *Božićnica* nakon 160 dana čuvanja u

normalnoj atmosferi broji svega 40% zdravih plodova, samim time je ona sorta s najvećim udjelom trulih plodova. Za sorte s većim postotkom trulih plodova preporuka je kraće čuvanje u hladnjači kako bi se spriječilo kvarenje i degradacija bioaktivnih spojeva (Janjić, 2016).

Vujević (2016) je opisao morfološke karakteristike još dvije tradicionalne Hrvatske sorte s područja Bjelovarsko–bilogorske županije: *Kanada* i *Zlatna zimska parmenka*. Plodove sorte *Kanada* karakterizira umjereno spljošteni oblik crvenkaste kore s osnovnom zelenom bojom. Plodovi su osjetljivi na čuvanje u skladištu, ali dobro podnose transport. Čvrst mezokarp ploda je žućkasto bijele boje i slatko kiselog okusa. *Zlatna zimska parmenka* tradicionalna je sorta s također umjereno spljoštenim oblikom ploda čvrste konzistencije. Prosječna masa, kao i visina i širina ploda ove sorte veća je od *Kanada* sorte. Kora je tamno crvene boje, dok je mezokarp žućkasto bijeli i slatkog okusa. Skenderović Babojelić i sur. (2014) su provodili fizikalno-kemijsku analizu plodova tradicionalnih sorti jabuka (*Bobovec*, *Božićnica*, *Lijepocvjetka* i *Zlatna zimska parmenka*) uzgojenih na području općine Topusko. Analizirali su boju ploda kolorimetrom, tvrdoću plodova ručnim penetrometrom, udio topljive suhe tvari refraktometrom te udio ukupnih kiselina postupkom titracije. Analizirani su se plodovi u velikoj mjeri razlikovali prema parametrima boje. Kovač i sur. (2010.) ističu da boja plodova ovisi signifikantno o roku berbe te o drugim čimbenicima u uzgoju. Nadalje, najveću tvrdoću ploda pokazala je sorta *Bobovec*, potom sorta *Zlatna zimska parmenka*, a značajno najmanju tvrdoću pokazale su sorte *Božićnica* i *Lijepocvjetka*. Indeks razgradnje škroba je bio najveći kod sorte *Zlatna zimska parmenka*, a značajno najmanji kod sorte *Bobovec*. Škrob se, u procesu dozrijevanja ploda, intenzivno razgrađuje u jednostavne šećere (Pašalić, 2006). Najveći udio topljive suhe tvari utvrđen je u plodovima sorte *Zlatna zimska parmenka*, ostale su sorte pokazale manji udio topljive suhe tvari, a znatno najmanji imala je sorta *Božićnica*. Pod topljivu suhu tvar ubrajamo šećer i nešećerne komponente kao što su kristali šećera, soli organskih kiselina, aminokiselina, pektina i fenolni spojevi. Udio topljive suhe tvari povećava se tijekom zrenja i čuvanja plodova te je dobar indikator udjela šećera u plodu jabuka (Hoehn i sur., 2003.). Najviše ukupnih kiselina je određeno u sortama *Lijepocvjetka* i *Zlatna zimska parmenka*, potom kod sorte *Božićnica* te najmanje kod sorte *Bobovec*. Kiseline imaju važnu ulogu u plodovima, jer mogu usporiti štetno djelovanje bakterija, degradaciju sastojaka te kvarenje. U procesu dozrijevanja nakuplja se šećer te dolazi do razgradnje ukupnih kiselina, posljedica toga su plodovi koji postaju sve više harmoničnog ukusa. Hoehn i sur. (2003) uviđaju da se potrošači u trenutku odabira jabuke prvenstveno oslanjaju na veličinu i boju njenih plodova te da su im druga svojstva manje važna. Tradicionalne sorte otpornije su na bolesti i štetnike, ne zahtijevaju velik broj prskanja pesticidima, kao ni intenzivnu njegu, pa su lako prilagodljive organskom uzgoju, iako ih se rijetko može kupiti u trgovinama (Skenderović Babojelić i sur., 2014). Sve je popularniji organski i ekološki uzgoj voća te time i stare Hrvatske tradicionalne sorte bez obzira na ponekad različita pomološka svojstva u odnosu na komercijalne sorte jabuka. Svijest potrošača raste te se tradicionalne sorte baš po svojim specifičnim morfološkim svojstvama prepoznaju

kao bogat izvor bioaktivnih spojeva, vitamina i minerala za konzumaciju bez opasnosti za negativan utjecaj na zdravlje djelovanjem pesticida.

3.2. Bioaktivni potencijal tradicionalnih sorti jabuka

Nakon opsežne analize plodova jabuke, njihova utjecaja na organizam te potencijala za proizvodnju funkcionalnih proizvoda, važno je istaknuti bioaktivni profil tradicionalnih sorti iz RH. Provedene analize ističu da tradicionalne sorte pokazuju povoljnije senzorske i nutritivne karakteristike u usporedbi s komercijalnom sortom *Golden Delicious* (Donno i sur., 2012). Dokazano je da tradicionalne jabuke iz Portugala imaju veći bioaktivni potencijal, sadrže više vlakana, proteina, šećera, β-karotena, vitamina E, magnezija i polifenolnih spojeva u usporedbi s komercijalnim sortama kao što su *Fuji*, *Gala Galaxy*, *Golden*, *Reineta Parda* i *Starking* (Feliciano i sur., 2010). Poznato je da tradicionalne sorte jabuka imaju kvalitativno identificirane jednake skupine polifenola kao i komercijalne sorte (Giomaro i sur., 2014; Jakobek i sur., 2013; Jakobek i Barron, 2016). Rezultati pak nekih istraživanja navode da su udjeli fenolnih spojeva bili podjednaki u starim i novim sortama jabuka (Wojdylo i sur., 2008). Iacopini i sur. (2010) su proveli istraživanje koje je dodatno naglasilo važnost konzumacije tradicionalnih sorti jabuka. Plodovi analiziranih tradicionalnih sorti pokazali su veći udio fenolnih spojeva te veću antioksidacijsku aktivnost u usporedbi s komercijalnim sortama. Iako su tradicionalne sorte pokazale veći sadržaj polifenola, važno je napomenuti da okolišni uvjeti mogu imati utjecaj na količinu polifenola (Jakobek i sur., 2020). Profil polifenola uvjetuje i razlika između konvencionalnog i organskog načina uzgoja, tj. poljoprivredna praksa (Santarelli i sur., 2020). Na boju jabuka, samim time i udio pigmenata, može utjecati zemljopisni položaj voćnjaka (Yuri i sur., 2019). Volz i McGhie (2011) zaključuju da su razlike u sadržaju polifenola među sortama rezultat genetske varijabilnosti. Carbone i sur. (2011) navode da bi upravo genotip tradicionalnih sorti mogao imati pozitivan utjecaj na sadržaj bioaktivnih spojeva plodova te iz tog razloga tradicionalne sorte predstavljaju kao važan izvor gena za buduće programe uzgoja. Uslijed povoljnih razlika u karakteristikama tradicionalnih sorti, koje su se razvile njihovim dugogodišnjim rastom na tlu RH, trebalo bi sačuvati navedene sorte za budućnost i dodatno ih popularizirati među uzgajivačima, proizvođačima i potrošačima (Jakobek i Barron, 2016).

Jakobek i Barron (2016) su analizirali koru i mezokarp tradicionalnih sorti jabuka s područja Slavonije s ciljem isticanja i očuvanja biološke raznolikosti sorti jabuka s većim bioaktivnim potencijalom. Primjenom HPLC-DAD metode odredili su udio i sastav polifenolnih spojeva te rezultati navode sa su sorte najbogatije polifenolima: *Zimnjara*, *Lještarka* i *Adamova zvijezda*. Autori uočavaju da se sorte razlikuju prema svom udjelu pojedninih polifenolnih skupina, jedne su bogatije fenolnim kiselinama, a druge flavan-3-olima tj. sorte u kojima fenolne kiseline zauzimaju veći udio, sadrže manji udio flavan-3-ola, i obrnuto. Na opisani način moguće je sorte svrstati među one s većim udjelom flavan-3-ola ili većim udjelom fenolne kiseline u tijelu (Ceymann i sur., 2012).

Kako navode rezultati za istraživane komercijalne sorte jabuka, udio i sastav polifenola i u tradicionalnim sortama jabuka značajno varira ovisno o dijelovima ploda. Jakobek i sur. (2013) dokazuju da je koncentracija fenolnih kiselina bila znatno viša u kori nego u mezokarpu za sve sorte, što je u skladu s već provedenim istraživanjima (Karaman i sur., 2013; Lamperi i sur., 2008; McGhie i sur., 2005; Veberic i sur., 2005). Proantocijanidini su dokazano najzastupljeniji analizirani spojevi jabuka, te čine između 70-90% ukupnih polifenolnih spojeva (Khanizadeh i sur., 2008; Lamperi i sur., 2008; Tsao i sur., 2003; Vrhovsek i sur., 2004; Wojdylo i sur., 2008).

Jakobek i sur. (2013) su u tradicionalnim sortama jabuka po prvi put analizirali oligomerne pronatocijanidine nakon kiselinske hidrolize u prisutsvu organskog spoja fluoroglucinola ($C_6H_6O_3$). Na ovaj način su autori primjenom HPLC–UV/Vis–IT te UPLC–QTOF metoda uspjeli dobiti informacije o sastavnim jedinicama proantocijadinina, kao i njihovim lokacijama unutar kompleksne molekulske građe. U većini prethodno provedenih istraživanja, udio oligomernih proantocijanidina često se zanemaruje jer nema pretvorbe u podjedinice, uzimaju se u obzir samo monomeri, dimeri i trimeri (Chinnici i sur., 2004; Escarpa i Gonza´lez, 1998. ; Napolitano i sur., 2004; Tsao i sur., 2003; Valavanidis i sur., 2009). Iz tog razloga Jakobek i sur. (2013) nisu mogli ispravno usporediti dobivene rezultate s rezultatima pronađenim u prethodnim istraživanjima. Dokazali su da je ovakva metoda efikasna za karakterizaciju i kvantifikaciju proantocijanidina u plodovima jabuka. Fenolne kiseline su bile druga najbrojnija skupina u jabukama, s udjelima od 6-25 % u mezokarpu i 1-10% u kori. Najveće vrijednosti detektirane su u uzorcima sorte *Slavonska srčika*, slijede ju *Kardinal*, *Astrahan*, *Kraljevina* (crvene jabuke) te *Bjelićnik* od zelenih ili žutih jabuka. Flavonoli su nađeni uglavnom u svim uzorcima kore, u udjelu od 1–13% ukupnog sadržaja fenolnih spojeva u kori. Mnogo manje količine pronađene su u mezokarpu, što je u skladu s rezultatima istraživanja provedenih za druge sorte jabuka (Khanizadeh i sur., 2008; Lamperi i sur., 2008; Tsao i sur., 2003). *Astrahan* i *Slavonska srčika* pokazale su najveće udjele flavonola u svom sastavu, dok su najniže vrijednosti pronađene kod sorte *Štegerova* (Jakobek i sur., 2013). Dihidrokalikoni su zapaženi u uzorcima kore, od 1-10% ukupnog sadržaja polifenola u kori jabuke, te manjim udjelom u mezokarpu ploda. Sorte s najvećom koncentracijom dihidrokalkona u kori su *Petrovka* i *Slavonska srčika*, a najmanja količina detektirana je u sorti *Štegerova*. Antocijani su pronađeni samo u uzorcima kore jabuka crvene boje, u udjelu 1–7% od ukupnog sadržaja polifenola. Najniža vrijednost detektirana je u uzorcima sorte *Slavonske srčike*, koja je najbogatija preostalim fenolnim spojevima. Najveća količina antocijana određena je u uzorku sorte *Ljubeničarka*. Zaključno, *Slavonska Srčika* je sorta koja se izdvojila najvećim udjelom svih fenolnih spojeva izuzev antocijana. Sorta *Ljubeničarka* je imala crvenkasto obojen mezokarp, što je neobično za jabuke, jer je sorta sadržavala antocijane u mezokarpu, kao i u kori. Znanstvenici predviđaju da bi *Ljubeničarka* mogla biti važna u budućim programima uzgoja jabuka zbog svoje atraktivne crvene boje i visokog bioaktivnog potencijala (Jakobek i sur., 2013). Jakobek i sur. (2020) su dokazali da većina analiziranih tradicionalnih

sorti iz gradova Donji Miholjac i Gornji Tkalec te sela Rude sadrži veće količine polifenola u mezokarpu i kori u usporedbi s komercijalnim sortama. Upravo je to karakteristika kvalitete s bioaktivnim potencijalom koju bi trebalo naglasiti za tradicionalne sorte. Neke se sorte mogu istaknuti većim udjelom polifenola u kori, kao što je slučaj kod *Pisanike*, *Adamove zvijezde*, *Zelenike* i *Kanade*. Sorte koje se mogu istaknuti većom količinom polifenola identificiranih u mezokarpu su *Božićnica 2*, *Boskop*, *Zimnjara* i *Crveni boskop*. Svi identificirani polifenoli, pet različitih podskupina, već su zabilježeni u literaturi (Li i sur., 2019; Lo Piccolo i sur., 2019; Kschonsek i sur., 2019). Uspređujući ukupne količine identificiranih podskupina polifenola u uzorcima mezokarpa, uočavamo kako su fenolne kiseline najzastupljenije. Glavni doprinos ukupnoj količini polifenola u uzorcima kore jabuke imaju flavonoli. Jabuke su temeljni izvor dihidrokalikona (Gosch i sur., 2009; Gosch isur., 2010). Dihidrokalikoni su specifična podskupina polifenola, koji se nalaze uglavnom u jabukama s potencijalom da smanje razinu glukoze u krvi (Kobori i sur., 2012; Mei i sur., 2016) što je korisno u prevenciji dijabetesa. Gotovo su sve tradicionalne sorte imale veći udio dihidrohalkona u odnosu na komercijalne sorte što je također jedan od važnih razloga za razmatranje ekstenzivnijeg rasta (Jakobek i sur., 2020).

Kad se analiziraju jabuke kao izvor polifenola, važno je istaknuti da mezokarp više doprinosi unosu polifenola u organizam osobe koja konzumira jabuku. Kora predstavlja samo oko 10% cijelog voća i ne konzumira se uvijek. Iz tog bi razloga sorte koje sadrže više polifenola u mezokarpu mogle biti bolji izvor polifenola. Iako kora ne doprinosi unosu polifenola u jednakoj mjeri kao mezokarp, ona sadrži važne polifenolne skupine kao što su derivati kvercetina te visoku koncentraciju ostalih polifenola (Jakobek i sur., 2013). Razlike među genotipovima činile su 46-97% ukupne razlike u koncentraciji ukupnih polifenola i polifenolnih skupina u mezokarpu i kori (Volz i McGhie, 2011). Flavonoli u kori štite plodove od UV zračenja iako su osjetljiviji su na promjene u okolini zbog svoje osjetljivosti na promjene svjetla i temperature (Volz i McGhie, 2011). Predpostavlja se da je visoka količina flavonola (kercetinskih derivata) u kori analiziranih tradicionalnih sorti jabuka rezultat uvjeta okoliša te je vrlo vjerojatno da se može mijenjati u ovisnosti o klimatskim prilikama (Jakobek i sur., 2013). Sadržaj ostalih identificiranih polifenola, posebno u mezokarpu, mogao bi biti rezultat genetske varijabilnosti (Jakobek i sur., 2013). U Tablici 5. dan je detaljan pregled rezultata istraživanja glavnih polifenolnih podskupina tradicionalnih sorti jabuka.

Lanzerstorfer i sur. (2014) su proučavali sadržaj minerala, fosfata i elemenata u tragovima te sadržaj polifenola u sokovima od jabuka napravljenih od tradicionalnih sorti jabuka. Uočili su velike varijacije među sortama prema sadržaju navedenih elemenata. Znanstvenici su zaključili da tradicionalne sorte jabuka mogu poslužiti za funkcionalne proizvode od jabuka s naglaskom na poželjne učinke na zdravlje (Lanzerstorfer i sur., 2014). Jabuke dokazano imaju mogućnost izazivanja alergijskih reakcija (Paris i sur., 2017). Također je ustanovljeno da se tradicionalne sorte, zbog svog visokog udjela polifenola,

Tablica 5. Pregled istraživanja glavnih polifenolnih podskupina tradicionalnih sorti jabuka (mg kg^{-1} svježe mase uzorka)

Sorte	Uzorak	Ukupni **flavan-3-oli**	Ukupni **dihidrokalkoni**	Ukupne **fenolne kiseline**	Ukupni **flavonoli**	Ukupni **antocijani**	**Ukupni polifenoli**	Referenca
Crvenka	kora	1179	212	319	964	200	2874	Jakobek i sur., 2020
Crveni boskop		316	168	178	644	41	1347	
Pisanika		653	195	396	2513	44	3801	
Lještarka		542	169	42	1994	64	2811	
Božićnica 1		400	222	176	639	42	1479	
Božićnica 2		493	267	224	1342	93	2319	
Coxs orange		332	32	83	583	46	1076	
Ivanlija		287	47	517	1532	17	2400	
Boskop		268	287	138	240	12	945	
Bobovac		484	80	260	1104	12	1940	
Slavonska srčika		102	53	18	359	4	536	
Kolerova srčika		1077	133	519	1038	8	2775	
Batulenka		305	28	42	552	3	930	
Gravenstein		287	20	23	266	9	605	
Mašanka		280	45	105	1006	5	1441	
Kanada		364	231	161	2316	3	3075	
Kandil Sinap		438	79	27	119	/	663	
Citronka		99	51	221	458	/	829	
Zimnjara		256	232	308	312	/	1108	
Zlatica		242	19	51	388	/	700	
Gloria Mundi		231	26	51	1376	/	1584	
Zelenika		550	54	68	2451	/	3123	
Krastavka		225	103	35	209	/	573	
Adamova zvijezda		1358	151	547	1486	5	3547	
Crvenka	mezokarp	33	9	145	8	/	195	
Crveni boskop		56	30	598	20	/	704	
Pisanika		56	13	134	18	/	221	
Lještarka		23	10	141	17	/	191	
Božićnica 1		42	42	423	20	/	527	
Božićnica 2		112	48	1058	26	/	1294	
Coxs orange		47	18	457	20	/	542	
Ivanlija		42	18	400	22	/	482	
Boskop		152	68	840	27	/	1087	
Bobovac		48	7	134	16	/	205	
Slavonska srčika		24	2	56	13	/	95	

Kolerova srčika		93	17	325	19	/	454	
Batulenka		10	2	55	12	/	79	
Gravenstein		48	11	258	14	/	331	
Kandil Sinap		140	14	118	13	/	285	
Citronka		31	18	226	11	/	286	
Zimnjara		75	47	603	16	/	741	
Zlatica		9	5	64	13	/	91	
Mašanka		9	7	155	17	/	188	
Kanada		17	12	128	18	/	175	
Gloria Mundi		23	4	107	20	/	154	
Zelenika		15	6	72	16	/	109	
Krastavka		66	12	137	18	/	233	
Adamova zvijezda		48	7	205	16	/	276	
Ljubeničarka	mezokarp crvenih i svjetlo crvenih jabuka	3892,0	53,1	534,4	/	318,8	4798,3	Jakobek i sur., 2013
Astrahan		3342,0	67,0	663,6	3,8	/	4076,4	
Crvenika		3804,0	138,1	259,0	/	/	4201,1	
Kardinal		5482,0	113,3	1011,1	/	/	6606,4	
Kraljevina		2978,0	82,0	750,9	2,4	/	3813,3	
Ružica		4412,0	60,8	381,1	/	/	4853,9	
Pisanica		3228,0	95,8	606,1	2,8	/	3932,7	
Slavonska Srčika		5326,0	149,5	1381,3	3,4	/	6860,2	
Ljubeničarka	kora crvenih i svjetlo crvenih jabuka	9984,0	124,0	212,3	199,4	761,0	11280,7	
Astrahan		8386,0	269,4	64,2	1455,8	556,8	11318,2	
Crvenika		7538,0	486,8	34,9	399,4	437,2	8896,3	
Kardinal		9694,0	290,2	739,2	427,0	251,8	11402,2	
Kraljevina		11788,0	207,7	393,1	294,4	410,4	13093,6	
Ružica		8948,0	472,0	98,2	279,6	402,2	10200,0	
Pisanica		7122,0	424,2	479,6	397,4	403,0	8826,2	
Slavonska srčika		11062,0	707,2	1190,0	963,6	79,4	14002,2	
Petrovka	mezokarp zelenih ili žutih jabuka	1844,0	168,2	639,4	/	/	2651,6	
Bjeličnik		2450,0	102,1	842,8	/	/	3394,9	
Ledenara		3884,0	105,4	376,9	4,4	/	4370,7	
Štegerova		3300,0	45,1	508,0	/	/	3853,1	
Jaje		3448,0	1,6	579,9	3,0	/	4142,5	
Petrovka	kora zelenih ili žutih jabuka	6124,0	769,3	248,2	251,4	/	7392,9	
Bjeličnik		4532,0	418,9	611,7	322,8	/	5885,4	
Ledenara		8862,0	388,2	116,0	419,4	/	9785,6	
Štegerova		5922,0	74,5	386,2	85,2	/	6467,9	
Jaje		5474,0	338,6	199,0	471,4	/	6483,0	

mogu bolje podnijeti od novih sorti od strane pojedinaca sa netolerancijom na jabuke (Kschonsek i sur., 2019). Vegro i sur. (2016) su dokazali da je genetski materijal tradicionalnih sorti manje alergen. Barreira i sur. (2019.) su svojim istraživanjem implicirali da se fenolni spojevi iz tradicionalnih sorti jabuka, kojih je više u odnosu na fenolne spojeve iz komercijalnih sorti, mogu koristiti u dermalnim formulacijama uslijed mnogih korisnih karakteristika kao što su antioksidacijsko ili antimikrobno djelovanje. Ikumi i sur. (2008) predlažu i oralne antidijabetičke lijekove na bazi konjugata floridzina.

Tradicionalne sorte su prema rezultatima istraživanja pokazale bogatstvo svojih kvaliteta koje mogu biti važne za prihvaćanje potrošača (Jakobek i sur., 2020). Većina analiziranih tradicionalnih sorti su veličine plodova koju prihvaćaju potrošači. Predstavljaju raznolikost oblika, količine šećera i kiselina, boje, te su odgovarajuće teksture. Uvidom u vanjske i unutarnje parametre kvalitete, može se zaključiti da tradicionalne sorte posjeduju kvalitetu potrebnu za prihvaćanje na tržištu. Značaj u očuvanju tradicionalnih sorti može se vidjeti i u njihovoj važnosti za poboljšanje nutritivnog sastava drugih sorti jabuka inovativnim strategijama uzgoja ili za razvoj nove funkcionalne hrane (Farneti i sur., 2015.). Također za, kao što je ranije spomenuto, abiotsku i biotsku otpornost na stres što je važno pri odabiru sorti za uzgoj od strane uzgajivača jabuka (Kumar i sur., 2018). Upravo zbog svega navedenog, tradicionalne sorte jabuka vrlo su vrijedno voće sa izuzetnim bioaktivnim potencijalom te su posebno vrijedne za očuvanje genetskog materijala u budućnosti.

4. ZAKLJUČAK

Pojam funkcionalne hrane sve više dobiva na vrijednosti među znanstvenicima, kao i u društvenim krugovima te se očekuje porast proizvodnje i ulaganja u ovaj vid prehrambenih proizvoda s dodatnom hranjivom vrijednosti. Podrijetlo i sigurnost hrane sve više postaju odlučujući faktori pri odabiru voćnih sorti za izravnu konzumaciju kao i za preradu u proizvode. Jabuke koje se održivo proizvode i prerađuju smatraju se sigurnijima te doprinose zaštiti okoliša. Tradicionalne sorte jabuka su svojim dugogodišnjim rastom na područuju RH dokazano razvile abiotsku i biotsku otpornost na stres, stoga ne zahtijevaju velik broj prskanja pesticidima kao ni intenzivnu njegu. Iz tog su razloga tradicionalne sorte prilagodljive organskom uzgoju te su sve traženije na tržištu. Potencijal jabuka za proizvodnju funkcionalnih proizvoda su dokazi brojnih zdravstvenenih beneficija kao posljedica bioraspoloživosti spojeva poput polifenola, antocijana i dijetalnih vlakana.

Tradicionalne sorte jabuka uzgojene u RH pokazuju veliki potencijal za razvoj funkcionalnih proizvoda jer rezultati istraživanja navode da sadrže veći udio polifenolnih spojeva te antioksidacijski kapacitet, u usporedbi s komercijalnim sortama. Tradicionalne sorte također pokazuju poželjne morfološko–pomološke karakteristike plodova. Pregledom vanjskih i unutarnjih parametra kvalitete plodova tradicionalnih sorti jabuka uz očuvanje vrijednog izvora genetskih materijala, može se zaključiti da su tradicionalne sorte vrlo vrijedne za očuvanje, ali i korištenje u razvoju funkcionalnih proizvoda.

5. LITERATURA

- Abbott J.A. (1999) Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* **15(3)**: 207-225.
- Abd-Razak N.H., Chew Y.M.J., Bird M.R. (2019) Membrane fouling during the fractionation of phytosterols isolated from orange juice. *Food and Bioproducts Processing* **113**: 10–21.
- Adamič F., Bohutinski O., Dimitrovski T., Gavrilović M., Jovančević R., Stanković D., Vitolović V. (1963) Jugoslavenska pomologija – jabuka. Zadružna knjiga, Beograd, Štamparija Proleter- Bečej.
- Alkhalf M.I., Alansari W.S., Ibrahim E.A., Elhalwagy M.E.A. (2018) Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. *Journal f King Saud University Science* **31(4)**: 1358-1362.
- Anderson J.W., Baird P., Davis R.H., Ferreri S., Knudtson M., Koraym A., Waters V., Williams C.L. (2009) Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews* **67(4)**: 188-205.
- Antonija Mahmutović (2015) Crijevna mikrobiota u pacijenata s poremećajima probavnog trakta. Diplomski rad: Medicinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Arts I.C., Jacobs D.R., Harnack L.J., Gross M., Folsom A. R. (2001) Dietary catechins in relation to coronary heart disease death among postmenopausal women. *Epidemiology* **12(6)**: 668-675.
- Assmann G., Buono P., Daniele A., Della Valle E., Farinaro E. (2014) Functional foods and cardiometabolic diseases International task force for prevention of cardiometabolic diseases. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases* **24(12)**: 1272–1300.
- Ayaz M., Sadiq A., Wadood A., Junaid M., Ullah F., Zaman Khan N. (2019) Cytotoxicity and molecular docking studies on phytosterols isolated from *Polygonum hydropiper* L. *Steroids* **141**: 30–35.
- Bai X.L., Zhang H.W., Ren S. (2013) Antioxidant activity and HPLC analysis of polyphenol-enriched extracts from industrial apple pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **93(10)**: 2502-2506.
- Barreira J.C.M., Arraibi A.A., Ferreira I.C.F.R. (2019) Bioactive and functional compounds in apple pomace from juice and manufacturing: Potential use in dermal formulations. *Trends in Food Science & Technology* **90**: 76–87.
- Bogue J., Collins O., Troy A.J. (2016) Market analysis and concept development of functional foods. U: Developing New Functional Food and Nutraceutical Products. Bagchi, D., Nair, S., ur., Academic Press, str. 29–45.
- Bondonno C.P., Yang X., Croft K.D., Considine M.J., Ward N.C., Rich L., Puddey I.B., Swinny E., Mubarak A., Hodgson J. M. (2012) Flavonoid-rich apples and nitrate-rich spinach augment nitric oxide status and improve endothelial function in healthy men and women: a randomized controlled trial. *Free Radical Biology and Medicine* **52(1)**: 95-102.
- Brand-Willams W., Cuvelier M. E., Berset C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* **28(1)**: 25–30.
- Brauns F., Theuwissen E., Adam A., Bell M., Berger A., Mensink R.P. (2012) Cholesterol-lowering properties of different pectin types in mildly hyper-cholesterolemic men and women. *European Journal of Clinical Nutrition* **66(5)**: 591-599.
- Brown L., Caligiuri S.P.B., Brown D., Pierce G.N. (2018) Clinical trials using functional foods provide unique challenges. *Journal of Functional Foods* **45**: 233–238.
- Bursać Kovačević D., Barba F.J., Lorenzo J.M., Rocchetti G., Lucini L., Putnik P. (2019) Innovative technologies for fruit extracts: Value-added opportunities in the meat industry. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* **333(2019)**: 012017.
- Bursać Kovačević D., Bilobrk J., Buntic B., Bosiljkov T., Karlovic S., Rocchetti G., Lucini L., Barba F.J., Lorenzo J.M., Putnik P. (2019) High-power ultrasound altered the polyphenolic content and antioxidant capacity in cloudy apple juice during storage. *Journal of Food Processing and Preservation* **43(8)**: Article Number: e14023

- Carbone K., Giannini B., Picchi V., Lo Scalzo R., Cecchini F. (2011) Phenolic composition and free radical scavenging activity of different apple varieties in relation to the cultivar, tissue type and storage. *Food Chemistry* **127(2)**: 493-500.
- Cassidy Y.M., McSorley E.M., Allsopp P.J. (2018) Effect of soluble dietary fibre on postprandial blood glucose response and its potential as a functional food ingredient. *Journal of Functional Foods* **46**: 423–439.
- Carter P., Gray L.J., Troughton J., Khunti K., Davies M.J. (2010) Fruit and vegetable intake and incidence of type 2 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis. *BMJ-British Medical Journal* **341**: Article Number: c4229.
- Ceymann M., Arrigoni E., Scharer H., Nising A.B., Hurrell R.F. (2012) Identification of apples rich in health-promoting flavan-3-ols and phenolic acids by measuring the polyphenol profile. *Journal of Food Composition and Analysis* **26(1-2)**: 128-135.
- Chai S.C., Hooshmand S., Saadat R. L., Payton M.E., Brummei-Smith K., Arjmandi B.H. (2012) Daily apple versus dried plum: impact on cardiovascular disease risk factors in postmenopausal women. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* **112(8)**: 1158-1168.
- Chibisov S., Singh M., Singh R.B., Halabi G., Horiuchi R., Takahashi T. (2019) Functional food security for pre-vention of obesity and metabolic syndrome. U: The role of functional food security in global health, Singh, R.B., Watson, R.R., Takahashi, T., ur., Academic Press, str. 145–156.
- Chinnici F., Bendini A., Gaiani A., Riponi C. (2004) Radical scavenging activities of peels and pulps from cv. Golden Delicious apples as related to their phenolic composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52(15)**: 4684–4689.
- Chinnici F., Gaiani A., Natali N., Riponi C., Galassi S. (2004) Improved HPLC determination of phenolic compounds in Golden delicious apples using a monolithic columns. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52(1)**: 3–7.
- Chun O.K., Chung S.J., Claycombe K.J., Song W.O. (2008) Serum C-reactive protein concentrations are inversely associated with dietary flavonoid intake in US adults. *Journal of nutrition* **138(4)**: 753-760.
- Cuthbertson D., Andrews P.K., Reganold J.P., Davies N.M., Lange B.M. (2012) Utility of metabolomics toward assessing the metabolic basis of quality traits in apple fruit with an emphasis on antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **60(35)**: 8552–8560.
- Danesi F., Gómez-Caravaca A.M., De Biase D., Verardo V., Bordoni A. (2016) New insight into the cholesterol-lowering effect of phytosterols in rat cardiomyocytes. *Food Research International* **89**: 1056–1063.
- Del Rio D., Costa L.G., Lean M.E.J., Crozier A. (2010) Polyphenols and health: what compounds are involved? *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **20(1)**: 1-6.
- Donno D., Beccaro G.L., Mellano M.G., Torello Marinoni D., Cerutti A.K., Canterino S., Bounous G. (2012) Application of sensory, nutraceutical and genetic techniques to create a quality profile of ancient apple cultivars. *Journal of Food Quality* **35(3)**: 169–181.
- Dower J.I., Geleijnse J.M., Hollman P.C.H., Soedamah-Muthu S.S., Kromhout D. (2016) Dietary epicatechin intake and 25-y risk of cardiovascular mortality: the Zutphen Elderly Study. *The American Journal of Clinical Nutrition* **104(1)**: 58-64.
- Državni zavod za statistiku, <https://www.dzs.hr/> Pristupljeno 4. svibnja 2020.
- Du H., Li L., Bennett D., Yang L., Guo Y., Bennett D., Key T.J., Bian Z., Chen Y.P., Walters R.G., Millwood L.Y., Chen J.S., Wang J.Z., Zhou X., Fang L., Li Y.J., Li X.Z., Collins R., Peto R., Chen Z.M. (2017) Fresh fruit consumption and all-cause and cause-specific mortality: findings from the China Kadoorie Biobank. *International Journal of Epidemiology* **46(5)**: 1444–1455.
- Escarpa A., Gonzalez M.C. (1998) High performance liquid chromatography with diode-array detection for the determination of phenolic compounds in peel and pulp from different apple varieties. *Journal of Chromatography A* **823(1-2)**: 331–337.

- Etxeberria U., Arias N., Boque N., Macarulla M.T., Portillo M.P., Martinez J.A., Milagro F.I. (2015) Reshaping faecal gut microbiota composition by the intake of trans-resveratrol and quercetin in high-fat sucrose diet-fed rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry* **26(6)**: 651-660.
- Farneti B., Masuero D., Costa F., Magnago P., Malnoy M., Costa G., Vrhovsek U., Mattivi F. (2015) Is there room for improving the nutraceutical composition of apple? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **63(10)**: 2750–2759.
- Feliciano R.P., Antunes C., Ramos A., Serra A.T., Figueira M.E., Duarte C.M.M., de Carvalho A., Bronze M.R. (2010) Characterization of traditional and exotic apple varieties from Portugal. Part 1—Nutritional, phytochemical and sensory evaluation. *Journal of Functional Foods* **2(1)**: 35–45.
- Food and Agriculture Organization (FAO), <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> Pristupljeno 28. svibnja 2020.
- Garcia Y.D., Valles B.S., Lobo A.P. (2009) Phenolic and antioxidant composition of by-products from the cider industry: Apple pomace. *Food Chemistry* **117(4)**: 731-738.
- Gibson G.R., Hutkins R., Sanders M.E., Prescott S.L., Reimer R.A., Salminen S.J., Scott K., Stanton C., Swanson K.S., Cani P.D., Verbeke K., Reid G. (2017) Expert consensus document: the International Scientific Association for Probiotics And Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology* **14(8)**: 491–502.
- Giomaro G., Karioti A., Bilia A.R., Bucchini A., Giamperi L., Ricci D., Fraternale D. (2014) Polyphenols profile and antioxidant activity of skin and pulp of a rare apple from Marche region (Italy). *Chemistry Central Journal* **8**: Article Number: 45.
- Gómez B., Barba F.J., Domínguez R., Putnik P., Bursać Kovačević D., Pateiro M., Toldrá F., Lorenzo J.M. (2018) Microencapsulation of antioxidant compounds through innovative technologies and its specific application in meat processing. *Trends in Food Science & Technology* **82(2018)**: 135-147.
- Gonzalez R., Ballester I., Lopez-Posadas R., Suarez M.D., Zarzuelo A., Martinez-Augustin O., De Medina F.S. (2011) Effects of flavonoids and other polyphenols on inflammation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **51(4)**: 331-362.
- Gosch C., Halbwirth H., Kuhn J., Miosic S., Stich K. (2009) Biosynthesis of phloridzin in apple (Malus domestica Borkh). *Plant Science* **176(2)**: 223–231.
- Gosch C., Halbwirth H., Stich K. (2010) Phloridzin, biosynthesis, distribution and physiological relevance in plants. *Phytochemistry* **71(8-9)**: 838–843.
- Granato D., Barba F.J., Bursać 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(11)**: 93-118.
- Halliwell B., Gutteridge J.M.C. (2015) Antioxidant defenses synthesized *in vivo*. U: Free Radicals in Biology and Medicine, Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C., ur., Oxford, UK: Oxford Univ. Press. 5. izd., str. 77–152.
- Hedren E., Diaz V., Svanberg U. (2002) Estimation of carotenoid accessibility from carrots determined by an in vitro digestion method. *European Journal of Clinical Nutrition* **56(5)**: 425-430.
- Hervert-Hernandez D., Goni I. (2011) Dietary polyphenols and human gut microbiota: a review. *Food Reviews International* **27(2)**: 154-169.
- Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G.R., Merenstein D.J., Pot B., Morelli L., Canani R.B., Flint H.J., Salminen S., Calder P.C., Sanders M.E. (2014) The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology* **11(8)**: 506–514.
- Hoehn E., Gasser F., Guggenenbuhl B., Kunsch U. (2003) Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of varieties in comparison to consumer expectations. *Postharvest Biology And Technology* **27(1)**: 27-37.
- Hrvatsko udruženje za Crohnovu bolest i Ulcerozni Kolitis; Croatian Crohn's and Ulcerative Colitis Association, <https://hucuk.hr/c-reaktivni-protein-crp/> Pristupljeno 20. svibnja 2020.

- Iacopini P., Camangi F., Stefani A., Sebastiani L. (2010) Antiradical potential of ancient Italian apple varieties of Malus x domestica Borkh in a peroxynitrite- induced oxidative process. *Journal of Food Composition and Analysis* **23(6)**: 518–524.
- Ikumi Y., Kida T., Sakuma S., Yamashita S., Akashi M. (2008) Polymer-phloridzin conjugates as an anti-diabetic drug that inhibits glucose absorption through the Na+/glucose cotransporter (SGLT1). *Journal of Controlled Release* **125(1)**: 42–49.
- Ivković F. (2011) Sortiment jabuka u proizvodnji u EU i Hrvatskoj i koje sorte saditi. Glas zaštite bilja, Zagreb: 17-19.
- Jacques P.F., Cassidy A., Rogers G., Peterson J.J., Meigs J.B., Dwyer J.T. (2013) Higher dietary flavonol intake is associated with lower incidence of type 2 diabetes. *The Journal of Nutrition* **143(9)**: 1474-1480.
- Jakobek L. (2015) Interactions of polyphenols with carbohydrates,lipids and proteins. *Food Chemistry* **175**: 556-567.
- Jakobek L., Barron A.R. (2016) Ancient apple varieties from Croatia as a source of bioactive polyphenolic compounds. *Journal of Food Composition and Analysis* **45**: 9-15.
- Jakobek L., García-Villalba R., Tomás-Barberán F.A. (2013) Polyphenolic characterisation of old apple varieties from Southeastern European region. *Journal of Food Composition and Analysis* **31(2)**: 199–211.
- Jakobek L., Istuk J., Buljeta I., Voća S., Žlabur Šic J., Babojelić Skendrović M. (2020) Traditional, indigenous apple varieties, a fruit with potential for beneficial effects: Their quality traits and bioactive polyphenol contents. *Foods* **9(1)** Article Number: 52.
- Jemrić T. (2016) Autohtone sorte i populacije voćaka kao nacionalno bogatstvo Republike Hrvatske. U: Hrvatska prirodna bogatstva, Neidhardt, V., ur., Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti Zagreb, str. 203-210.
- Jensen E.N., Buch-Andersen T., Ravn-Haren G., Dragsted L.O. (2009) Mini-review: the effects of apples on plasma cholesterol levels and cardiovascular risk - a review of the evidence. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* : 34-41.
- Jeseničnik J., Koprivnikar S., Sekavčnik T., Brunšek K. Gačnik J., Skrivarnik M., Vaukan M. (2013) Travniško sadje: sorte, pridelava in predelava. Kmetijska založba d.o.o., Občina Mislinja, Slovenj Gradec.
- Johnston K.L. Clifford M.N., Morgan L.M. (2002) Possible role for apple juice phenolic compounds in the acute modification of glucose tolerance and gastrointestinal hormone secretion in humans. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **82(15)**: 1800-1805.
- Kalliny S., Zawistowski J. (2019) Phytosterols and phytostanols. U: Encyclopedia of Food Chemistry, Varelis, P., Melton, L.D., Shahidi, F. ur., Amsterdam: Elsevier, str. 289–299
- Kamioka H., Tsutani K., Origasa H., Yoshizaki T., Kitayuguchi J., Shimada M., Wada Y., Takano-Ohmuro H. (2019) Quality of systematic reviews of the foods with function claims in Japan: comparative before-and after-evaluation of verification reports by the consumer affairs agency. *Nutrients* **11(7)**: Article Number: 1583.
- Karaman S., Tutem E., Baskan K.S., Apak R. (2013) Comparison of antioxidant capacity and phenolic composition of peel and flesh of some apple varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **93(4)**: 867–875.
- Kaur N., Chugh V., Gupta A.K. (2012) Essential fatty acids as functional components of foods: a review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore* **51(10):** 2289-2303.
- Khanizadeh S., Tsao R., Rekika D., Yang R., Charles M.T., Rupasinghe H.P.V. (2008) Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing. *Journal of Food Composition and Analysis* **21(5)**: 396–401.
- Knekt P., Kumpulainen J., Jarvinen R., Rissanen H., Heliovaara M., Reunanen A., Hakulinen T., Aromaa A. (2002) Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *American Journal of Clinical Nutrition* **76(3)**: 560-568.

- Kobori M., Masumoto S., Akimoto Y., Oike H. (2012) Phloridzin reduces blood glucose levels and alters hepatic gene expression in normal BALB/c mice. *Food and Chemical Toxicology* **50(7)**: 2547–2553.
- Kouassi A.B., Durel C.E., Costa F., Tartarini S., van de Weg E., Evans K., Fernandez F., Govan C., Boudichevskaja A., Dunemann F., Antofie A., Lateur M., Stankiewicz-Kosyl M., Soska A., Tomala K., Lewandowski M., Rutkovski K., Zurawicz E., Guerra W., Laurens F. (2009) Estimation of genetic parameters and prediction of breeding values for apple fruit-quality traits using pedigreed plant material in Europe. *Tree Genetics & Genomes* **5(4)**: 659-672.
- Koutsos A.,Tuohy K.M., Lovegrove J.A. (2015) Apples and Cardiovascular Health-Is the Gut Microbiota a Core Consideration? *Nutrients* **7(6)**: 3959-3998.
- Kovač A., Skendrović Babojelić M., Voća S., Voća N., Dobričević N., Jagatić A.M., Šindrak Z. (2010) Influence of harvest time and storage duration on "Cripps Pink" apple cultivar (Malus × domestica Borkh) quality parameters. *CyTA – Journal of Food* **8(1)**: 1-6.
- Krpina I., Vrbanek J., Asić A., Ljubičić M., Ivković F., Ćosić T., Štambuk S., Kovačević I., Perica S., Nikolac N., Zeman I., Zrinšćak V., Cvrlje M., Janković-Čoko D. (2004) Voćarstvo. Nakladni zavod Globus. Zagreb.
- Kschonsek J., Wiegand C., Hipler U.C.. Böhm V. (2019) Influence of polyphenolic content on the in vitro allergenicity of old and new apple cultivars: A pilot study. *Nutrition* **58**: 30–35.
- Kumar C., Singh S.K., Pramanick K.K., Verma M.K., Srivastav M., Singh R., Bharadwaj C., Naga K.C. (2018) Morphological and biochemical diversity among the Malus species including indigenous Himalayan wild apples. *Scientia Horticulturae* **233**: 204–219.
- Lamperi L., Chiuminatto U., Cincinelli A., Galvan P., Giordani E., Lepri L., Del Bubba M., (2008) Polyphenol levels and free radical scavenging activities of four apple cultivars from integrated and organic farming in different Italian areas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56(15)**: 6536–6546.
- Lanzerstorfer P., Wruss J., Huemer S., Steininger A., Muller U., Himmelsbach M., Borgmann D., Winkler S., Hoglinger O., Weghuber J. (2014) Bioanalytical characterization of apple juice from 88 grafted and nongrafted apple varieties grown in upper Austria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **62(5)**: 1047–1056.
- Lee K.W., Kim Y.J., Kim D.O., Lee H.J., Lee Ch.Y. (2003) Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51(22)**: 6516–6520.
- Lee J.H., Regmi S.C., Kim J.A., Cho M.H., Yun H., Lee C.S., Lee J. (2011) Apple flavonoid phloretin inhibits Escherichia coli 0157: H7 biofilm formation and ameliorates colon inflammation in rats. *Infection and Immunity* **79(12)**: 4819-4827.
- Lenssen K.G.M., Bast A., De Boer A. (2018) Clarifying the health claim assessment procedure of EFSA will benefit functional food innovation. *Journal of Functional Foods* **47**: 386–396.
- Li B.W., Andrews K.W., Pehrsson P.R. (2002) Individual sugars, soluble, and insoluble dietary fiber contents of 70 high consumption foods. *Journal of Food Composition and Analysis* **15(6)**: 715-723.
- Li D., Sun L., Yang Y., Wang Z., Yang X., Zhao T., Gong T., Zou L. Guo Y. (2019) Young apple polyphenols postpone starch digestion In Vitro and In Vivo. *Journal of Functional Foods* **56**: 127–135.
- Lo Piccolo E., Landi M., Massai R., Remorini D., Conte G., Guidi L. (2019) Ancient apple cultivars from Garfagnana (Tuscany, Italy): A potential source for 'nutrafruit' production. *Food Chemistry* **294**: 518–525.
- Mak K.K., Tan J.J., Marappan P., Balijepalli M.K., Choudhury H., Ramamurthy S., Pichika M.R. (2018) Galangin's potential as a functional food ingredient. *Journal of Functional Foods* **46**: 490–503.
- Markowski J., Płocharski W. (2006) Determination of phenolic compounds in apples and processed apple products. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* **14(2)**: 133–142.

- McGhie T.K., Hunt M., Barnett L.E. (2005) Cultivar and growing region determine the antioxidant polyphenolic concentration and composition of apples grown in New Zealand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53(8)**: 3065–3070.
- Mei X., Zhang X., Wang Z., Gao Z., Liu G., Hu H., Zou L., Li X. (2016) Insulin sensitivity-enhancing activity of phloridzin is associated with lipopolysaccharides decrease and gut microbiota changes in obese and type 2 diabetes (db/db) mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **64(40)**: 7502–7511.
- Miller N.J., Diplock A.T., Rice-Evans C.A. (1995) Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **43**: 1794–1801.
- Mohanty D., Misra S., Mohapatra S., Sahu P.S. (2018) Prebiotics and synbiotics: recent concepts in nutrition. Food Bioscience 26: 152–160.
- Mustafa S.K., Oyouni A.A.W.A., Aljohani M.M.H., Ahmad M.A. (2020) Polyphenols more than an antioxidant: Role and scope. *Journal of Pure and Applied Microbiology* **14(1)**: 47-61.
- Nagasako-Akazome Y., Kanda T., Ikeda M., Shimasaki H. (2005) Serum cholesterol-lowering effect of apple polyphenols in healthy subjects. *Journal of Oleo Science* **54(3)**: 143-151.
- Napolitano A., Cascone A., Graziani G., Ferracane R., Scalfi L., Di Vaio C., Ritieni A., Fogliano V. (2004) Influence of variety and storage on the polyphenol composition of apple flesh. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52(21)**: 6526–6531.
- North C.J., Venter C.S., Jerling J.C. (2009) The effects of dietary fibre on C-reactive protein, an inflammation marker predicting cardiovascular disease. *European Journal of Clinical Nutrition* **63(8)**: 921-933.
- Ognjanov V. (2012) Balkan Pomology, Apples (uvod). *SEEDNet's WG for Fruit and Vitis* **2012**. Exaktaprinting AB
- Padayachee A., Netzel G., Netzel M., Day L., Zabaras D., Mikkelsen D., Gidley M.J. (2012) Binding of polyphenols to plant cell wall analogues-Part 2: Phenolic acids. *Food chemistry* **135(4)**: 2287-2292.
- Parada J., Aguilera J.M. (2007) Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *Journal of Food Science* **72(2)**: R21-R32.
- Paris R., Pagliarani G., Savazzini F., Aloisi I., Iorio R.A., Tartarini S., Ricci G., Del Duca S. (2017) Comparative analysis of allergen genes and pro-inflammatory factors in pollen and fruit of apple varieties. *Plant Science* **264**: 57–68.
- Parohan M., Anjom-Shoae J., Nasiri M., Khodadost M., Khatibi S.R., Sadeghi O. (2019) Dietary total antioxidant capacity and mortality from all causes, cardiovascular disease and cancer: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *European Journal of Nutrition* **58(6)**: 2175–2189.
- Pašalić B. (2006) Berba, pakovanje i skladištenje plodova voćaka. Poljoprivredni fakultet Banja Luka
- Putnik P., Bursać Kovačević D., Herceg K., Pavkov I., Levaj B. (2017) Effects of modified atmosphere, anti-browning treatments and ultrasound on the polyphenolic stability, antioxidant capacity and microbial growth in fresh-cut apples. *Journal of Food Process Engineering* **40(5)**: e12539.
- Putnik P., Gabrić D., Roohinejad S., Barba F.J., Granato D., Mallikarjunan K., Lorenzo J.M., Bursać Kovačević, D. (2019) An overview of organosulfur compounds from Allium spp.: from processing and preservation to evaluation of their bioavailability, antimicrobial, and anti-inflammatory properties. *Food Chemistry* **276**: 680–691.
- Putnik P, Lorenzo J.M., Barba F.J., Roohinejad S., Režek Jambrak A., Granato D.., Montesano D., Bursać Kovačević, D. (2018) Novel food processing and extraction technologies of high-added value compounds from plant materials. *Foods* **7(7)**: Article Number: 106
- Rao S.S., Singh R.B., Takahashi T., Juneja L.R., Fedacko J., Shewale A.R. (2019) Economic burden of noncommu- nicable diseases and economic cost of functional foods for prevention. U: The role of functional food security in global health, Singh, R.B., Watson, R.R., Takahashi, T., ur., Academic Press, str.57–68.

- Sanders M.E., Marco M.L. (2010) Food formats for effective delivery of probiotics. *Annual Review of Food Science and Technology* **1**: 65–85.
- Santarelli V., Nerri L., Sacchetti G., Di Mattia C.D., Mastrocola D., Pittia P. (2020) Response of organic and conventional apples to freezing and freezing pre-treatments: Focus on polyphenols content and antioxidant activity. *Food Chemistry* **308**: Article Number: 125570.
- Scalbert A., Williamson G. (2000) Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition* **130(8)**: 2073–2085.
- Sekikawa A., Doyle M.F., Kuller L.H. (2015) Recent findings of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids (LCn-3 PUFAs) on atherosclerosis and coronary heart disease (CHD) contrasting studies in Western countries to Japan. *Trends in Cardiovascular Medicine* **25(8)**: 717–723.
- Shahidi F., Yeo J. (2016). Insoluble-Bound Phenolics in Food. *Molecules* **21(9)**: Article Number: 1216.
- Shahzad N., Khan W., Shadab M.D., Ali A., Saluja S.S., Sharma S., Al-Allaf F.A., Abduljaleel Z., Ibrahim I.A.A., Abdel-Wahab A.F., Afify M.A., Al-Ghamdi S.S. (2017) Phytosterols as a natural anticancer agent: current status and future perspective. *Biomedicine & Pharmacotherapy* **88**: 786–794.
- Sharma R., Padwad Y. (2020) Perspectives of the potential implications of polyphenols in influencing the interrelationship between oxi-inflammatory stress, cellular senescence and immunosenescence during aging. *Trends in Food Science & Technology* **98**: 41-52.
- Shaw J.E., Sicree R.A., Zimmet P.Z. (2010) Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Research and Clinical Practice* **87(1)**: 4-14.
- Shinohara K., Ohashi Y., Kawasumi K., Terada A., Fujisawa T. (2010) Effect of apple intake on fecal microbiota and metabolites in humans. *Anaerobe* **16(5)**: 510-515.
- Skendrović Babojelić M., Korent P., Šindrak Z., Jemrić T. (2014) Pomološka svojstva i kakvoća ploda tradicionalnih sorata jabuka. *Glasnik zaštite bilja* **3**: 20-27.
- Skinner R.C., Gigliotti J.C., Ku K.M., Tou J.C. (2018) A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace. *Nutrition Reviews* **76(12)**: 893-909.
- Slavica Bošnjak (2019) Uloga prehrambenih vlakana u očuvanju zdravlja probavnog sustava. Diplomski rad: Medicinski fakultet i Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu
- Solovchenko A., Schmitz-Eiberger M. (2003) Significance of skin flavonoids for UV-B-protection in apple fruits. *Journal of experimental botany* **54(389)**: 1977-1984.
- Song Y., Manson J.E., Buring J.E., Sessa H.D., Liu S. (2005) Associations of dietary flavonoids with risk of type 2 diabetes,and markers of insulin resistance and systemic inflammation in women: a prospective study and cross-sectional analysis. *Journal of the American College of Nutrition* **24(5)**: 376-384.
- Spanos G.A., Wrolstad R.E., Heatherbell D.A. (1990) Influence of processing and storage on the phenolic composition of apple juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **38(7)**: 1572–1579.
- Suarez B., Alvarez A.L., Garcia Y.D., del Barrio G., Lobo A.P., Parra F. (2010) Phenolic profiles, antioxidant activity and in vitro antiviral properties of apple pomace. *Food Chemistry* **120(1)**: 339-342.
- Sudha M.L., Baskaran V., Leelavathi K. (2007) Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry* **104(2)**: 686-692.
- Sun-Waterhouse D., Farr J., Wibisono R., Saleh Z. (2008) Fruit-based functional foods I: production of food-grade apple fibre ingredients. *International Journal of Food Science and Technology* **43(12)**: 2113-2122.
- Tagliazucchi D., Verzelloni E., Bertolini D., Conte A. (2010) In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry* **120(2)**: 599-606.
- Threapleton D.E., Greenwood D.C., Evans C.E.L., Cleghorn C.L., Nykjaer C., Woodhead C., Cade J.E., Gale C.P., Burley V.J. (2013) Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ-British Medical Journal* **347**: Article Number: f6879.

- Tsao R., Yang R., Xie S., Sockovie S., Khanizadeh S. (2005) Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53(12)**: 4989–4995.
- Tsao R., Yang R., Young J.C., Zhu H. (2003) Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51(21)**: 6347–6353.
- Vegro M., Eccher G., Populin F., Sorgato C., Savazzini F., Pagliarani G., Tartarini S., Pasini G., Curioni A., Antico A., Botton A. (2016) Old Apple (Malus domestica L. Borkh) varieties with hypoallergenic properties: An integrated approach for studying apple allergenicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **64(48)**: 9224–9236.
- Valavanidis A., Vlachogianni T., Psomas A., Zovoili A., Siatis V. (2009) Polyphenolic profile and antioxidant activity of five apple cultivars grown under organic and conventional agricultural practices. *International Journal of Food Science and Technology* **44(6)**: 1167–1175.
- Van der Sluis A.A., Dekker M., Skrede G., Jongen W.M.F. (2002) Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. 1. Effect of existing production methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50(25)**: 7211–7219.
- Van der Sluis A.A., Dekker M., Van Boekel M.A.J.S. (2005) Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. 3. Stability during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53(4)**: 1073–1080.
- Veberic R., Trobec M., Herbinger K., Hofer M., Grill D., Stampar F. (2005) Phenolic compounds in some apple (Malus domestica Borkh) cultivars of organic and integrated production. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **85(10)**: 1687-1694.
- Velasco R., Zharkikh A., Affourtit J., Dhingra A., Cestaro A., Kalyanaraman A., Fontana P., Bhatnagar S.K., Troggio M., Pruss D. (2010) The genome of the domesticated apple (Malus x domestica Borkh.). *Nature Genetics* **42(10)**: 833–839.
- Vesna Janjić (2016) Mogućnosti očuvanja i revitalizacije nasada starih sorata jabuke u centru za rehabilizaciju „Ozalj". Diplomski rad: Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Vinceković M., Viskić M., Jurić S., Giacometti J., Bursać Kovačević D., Putnik P., Donsì F., Barba F.J., Režek Jambrak A. (2017) Innovative technologies for encapsulation of Mediterranean plants extracts. *Trends in Food Science & Technology* **69 Part A**: 1-12.
- Volz R.K., McGhie T.K. (2011) Genetic variability in apple fruit polyphenol composition in Malus x domestica and Malus sieversii germplasm grown in New Zealand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59(21)**: 11509–11521.
- Vrhovsek U., Rigo A., Tonon D., Mattivi F. (2004) Quantitation of polyphenols in different apple varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52(21)**: 6532–6538.
- Vu D.C., Lei Z., Sumner L.W., Coggeshall M.V., Lin C-H. (2019) Identification and quantification of phytosterols in black walnut kernels. *Journal of Food Composition and Analysis* **75**: 61–69.
- Vujević P., Milinović B., Jelačić T., Halapija Kazija D., Čiček D. (2018) Kvaliteta ploda tradicionalnih sorti jabuka u kolekcijskom nasadu na pokušalištu HCPHS Donja Zelina. U: bornik sažetaka 11 međunarodnog kongresa "Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo", Matotan, Z., ur., Hrvatsko agronomsko društvo Zagreb, str. 74-75.
- Vujević B. (2016) Pomološke značajke plodova starih sorata jabuke s područja Bjelovarsko-bilogorske županije. Diplomski rad: Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Wang M., Zhang L., Wu X., Zhao Y., Wu L., Lu B. (2019) Quantitative determination of free and esterified phytosterol profile in nuts and seeds commonly consumed in China by SPE/GC–MS. *LWT-Food Science and Technology* **100**: 355–361.
- Westwood M. N. (1993) Temperate – Zone Pomology, Physiology and Culture, Third Edition. Timber Press, Portland, Oregon
- Williams N.C., Hunter K.A., Shaw D.E., Jackson K.G., Sharpe G.R., Johnson M.A. (2017) Comparable reductions in hyperpnoea-induced bronchoconstriction and markers of airway inflammation after

supplementation with 6.2 and 3.1 g/d of long-chain n-3 PUFA in adults with asthma. *British Journal of Nutrition* **117(10)**: 1379–1389.

- Wojdylo A., Oszmianski J., Laskowski P. (2008) Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56(15)**: 6520–6530.
- Wolfe K., Wu X.Z., Liu R.H. (2003) Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51(3)**: 609-614.
- Wruss J., Lanzerstorfer P., Huemer S., Himmelsbach M., Mangge H., Hoglinger O., Weghuber D., Weghuber J. (2015) Differences in pharmacokinetics of apple polyphenols after standardized oral consumption of unprocessed apple juice. *Nutrition Journal* **14(1)**: Article Number: 32.
- Yao N., He R.R., Zeng X.H., Huang X.J., Du T.L., Cui J.C. Hiroshi K. (2014) Hypotriglyceridemic effects of apple polyphenols extract via up-regulation of lipoprotein lipase in triton WR-1339-induced mice. *Chinese Journal of Integrative Medicine* **20(1)**: 31-35.
- Yuri J.A., Moggia C., Sepulveda A., Poblete-Echeverría C., Valdés-Gómez H., Torres C.A. (2019) Effect of cultivar, rootstock, and growing conditions on fruit maturity and postharvest quality as part of a six-year apple trial in Chile. *Scientia Horticulturae* **253**: 70–79.

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.

Dora Brdar

ime i prezime studenta