

Bioaktivni spojevi i antioksidacijski potencijal plodova grejpfruta

Bioactive compounds and antioxidant potential of grapefruit fruits

**Jana Šic Žlabur, Martina Skendrović Babojelić, A. Galić, Jasmina Družić,
T. Jurković, Sandra Voća**

SAŽETAK

Plodovi grejpfruta značajno se ističu bogatim nutritivnim sastavom, posebice sadržajem vitamina C, polifenolnih spojeva i snažnom antioksidacijskom aktivnosti. Sastav i sadržaj fitokemikalija uvelike ovisi o genetskim svojstvima vrste odnosno sorte. Stoga je i cilj ovog istraživanja bio utvrditi fizikalno-kemijska svojstva, sadržaj bioaktivnih spojeva i antioksidacijski potencijal plodova grejpfruta dviju različitih sorti: 'Marsh Seedless' i 'Natzumikan'. Obje sorte grejpfruta ubrane su u nasadu agruma na području Opuzena. Istraživane sorte ne razlikuju se značajno u sadržaju ukupne suhe tvari (prosječna utvrđena vrijednost 11,55%), topljive suhe tvari (prosječna utvrđena vrijednost 9,89%) kao ni u sadržaju vitamina C (prosječna utvrđena vrijednost 42,92 mg/100 g svježe tvari). No, značajnije razlike utvrđene su u sadržaju polifenolnih spojeva prilikom čega su kod sorte 'Natzumikan' utvrđene čak 66% više vrijednosti ukupnih fenola, 76% više ukupnih flavonoida i 54% više ukupnih neflavonoida u usporedbi sa sortom 'Marsh Seedless'. Također, sorta 'Natzumikan' imala je i značajnije veći antikodacijski kapacitet (1,68 mmol TE/L). Temeljem svega može se zaključiti kako su plodovi grejpfruta značajan izvor vrijednih fitokemikalija, značajnih za ljudsko zdravlje.

Ključne riječi: 'Marsh Seedless', 'Natzumikan', grejpfrut, ukupni fenoli, vitamin C

ABSTRACT

The fruits of grapefruit are characterised by a rich nutritional composition, especially the vitamin C content, polyphenolic compounds and a strong antioxidant activity. The composition and phytochemicals largely content depend on the genetic characteristics of the species or cultivar. Therefore, the aim of this study was to determine the physicochemical properties, bioactive compound content and antioxidant potential of grapefruit fruits of two different cultivars: 'Marsh Seedless' and 'Natzumikan'. Both grapefruit cultivars were harvested from a citrus orchard in the Opuzen region. The studied varieties did not differ significantly in the total dry matter content (average determined value 11.55%), total soluble solids (average determined

value 9.89%), as well as in the of vitamin C content (average determined value 42.92 mg/100 g fresh matter). However, significant differences were found in the polyphenolic compounds content, with the variety 'Natzumikan' having as much as 66% more total phenols, 76% more total flavonoids and 54% more total non flavonoids compared to the variety 'Marsh Seedless'. Moreover, the cultivar 'Natzumikan' had significantly higher antioxidant capacity (1.68 mmol TE /L). From all this, it can be concluded that grapefruit fruit is a significant source of valuable phytochemicals important for human health.

UVOD

Vrsta grejpfрут (*Citrus × paradisi* Macfad.) jedna je od značajnijih pripadnika roda *Citrus*. Proizvodnja plodova grejpfruta zastupljena je u svijetu, no u Hrvatskoj uzgoj ove vrste nije značajnije raširen, a prvenstveno zbog specifičnih pedoklimatskih uvjeta koje zahtijeva. Naime, kao i ostale vrste roda *Citrus*, grejpfрут je osjetljiv na hladnoću i niske temperature te je njegov uzgoj ograničen na područja blage, mediteranske klime. U usporedbi s mandarinama i narančama uzgoj grejpruta u Hrvatskoj ograničen je na područje Opuzena, odnosno cijelu neretvansku dolinu, prvenstveno zbog povoljnih edafskih uvjeta (Tabain, 1975.; Čmelik, 2009.; Marić i Paladin, 2017.).

Osim ograničenja u uzgoju, plodovi grejpfruta, u usporedbi s ostalim agrumima, nisu popularni za konzumaciju u svježem stanju (često izražena gorčina pulpe ploda) ili za preradu u proizvode poput osvježavajućih bezalkoholnih pića. Zanimljivo je da se osim ploda za potrebe prerade mogu koristiti svi dijelovi biljke, od pupa, cvijeta pa sve do sjemenki. Kora grejpfruta izrazito je cijenjena jer sadrži visok udio esencijalnog ulja, značajnog sastava hlapljivih aromatičnih komponenata, od monoterpena (najviše limonena), seskviterpena, aldehida do estera, a koje pokazuju i značajna ljekovita svojstva (Ahmed i sur., 2019.). Plodovi grejpfruta značajno se razlikuju, ovisno o sorti, osim u veličini i u drugim vanjskim obilježjima poput boje kore i pulpe ploda. Naime, razlikuju se sortimenti crvene pulpe ploda (npr. 'Star Ruby') do onih blijedonarančaste ('Natzumikan') i blijedožute boje ('Marsh Seedless') (Ladanya, 2008.). Plodovi grejfruta ponajviše se ističu bogatim nutritivnim sastavom i sastavom bioaktivnih spojeva, a time i značajnim funkcionalnim vrijednostima poput antioksidacijskih, antitumorskih i protuupalnih (Benavente-García i Castillo, 2008.). U kemijskom sastavu ploda grejpfruta zastupljeni su brojni vitamini (ponajviše vitamin C, E i A), minerali (kalij, kalcij), ugljikohidrati i organske kiseline (Agudelo i sur., 2017.). Osim spomenutih, najznačajniji bioaktivni spojevi ploda grejpfruta su: flavonoidi (naringin), fenolne kiseline, kumarini, folati, karotenoidi, limonoidi (Uckoo i sur., 2011.;

Zou i sur., 2015.). Posljednih godina, velika važnost se pridaje istraživanju fenolnih spojeva ploda grejpfruta, a prvenstveno zato što brojna istraživanja upućuju kako upravo pojedini spojevi (posebice flavonoidi) iz skupine polifenola imaju važnu ulogu u antioksidacijskom kapacitetu (Gorinstein i sur., 2005.; Xu i sur., 2008.; Castro-Vazquez i sur., 2016.), a time i u prevenciji različitih kroničnih bolesti, uključujući kardiovaskularne, dijabetes, razvoj karcinoma (Díaz-Juárez i sur., 2009.) te pretilost. Pojedine studije ukazale su kako redovita konzumacija grejpfruta poboljšava metabolizam lipida i time pridonosi gubitku kilograma (Gorinstein i sur., 2005.).

S obzirom na sve navedeno, cilj ovog istraživanja bio je utvrditi fizikalno-kemijska svojstva, sadržaj bioaktivnih spojeva i antioksidacijski potencijal plodova grejpfruta dviju različitih sorti: 'Marsh Seedless' i 'Natzumikan' uzgojenih na području Opuzena.

MATERIJAL I METODE

Biljni materijal

Analizirani su svježi plodovi grejpfruta dviju sorti: 'Marsh Seedless' i 'Natzumikan' ubranih u nasadima na području Opuzena u stadiju optimalne zrelosti, krajem prosinca 2018. godine. Obje analizirane vrste grejpfruta odlikuju se blijedožutom bojom kore i pulpe ploda, pritom sorta 'Marsh Seedless' ima nešto tamniju žutonarančastu nijansu i kore i pulpe u odnosu na sortu 'Natzumikan' koja je znatnije svjetlije žutog obojenja. Ukupno je ubrano 20 plodova svake sorte s ukupno četiri stabla iz istog nasada (sa svakog stabla po pet plodova), u ranim jutarnjim satima za suhog vremena. Odmah nakon ubiranja, plodovi su transportirani u laboratorij za analizu kvalitete poljoprivrednih proizvoda pri Zavodu za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Plodovi su probrani, odnosno odvojeni oni s eventualnim mehaničkim oštećenjima, oguljeni, a pulpa je usitnjena laboratorijskim homogenizatorom (Zepter, Švicarska) u kašu koja je korištena za potrebe kemijskih analiza.

Metode određivanja fizikalno - kemijskih svojstava

Od fizikalno-kemijskih svojstava plodova grejpfruta određivan je sadržaj: ukupne suhe tvari (ST, %) sušenjem pri 105 °C do konstantne mase, topljive suhe tvari (TST, %) digitalnim refraktometrom (Mettler Toledo, Refracto 30PX, SevenMulti Company, Švicarska), ukupnih kiselina (UK_KIS, %) potencijometrijskom titracijom i pH vrijednost digitalnim pH metrom (Mettler

Toledo, SevenMulti, Švicarska). Sve navedene analize provedene su standardnim laboratorijskim metodama prema protokolima koje je objavio AOAC (1995.).

Metode određivanja bioaktivnih spojeva i antioksidacijskog kapaciteta

Od bioaktivnih spojeva određen je sadržaj sljedećih nutrijenata: vitamina C (mg/100 g svježe tvari) titracijom s 2,6-diklorindofenolom prema AOAC (2002.), sadržaj ukupnih fenolnih spojeva (uključujući flavonoide i neflavonoide, mgGAE/100 g svježe tvari) spektrofotometrijski (Shimadzu, UV 1650 PC) i to prema metodi opisanoj od Ough-a i Amerine-a (1988.), a koja se temelji na kolorimetrijskoj reakciji koju fenoli razvijaju s Folin-Ciocalteovim reagensom, nastanak plavog obojenja. Intenzitet nastalog plavog obojenja mjereno je spektrofotometrijski pri 750 nm uz destiliranu vodu kao slijepu probu, a koncentracije pojedinih skupina fenolnih spojeva izračunate su temeljem prethodno izrađenih odgovarajućih baždarnih pravaca. Za izradu baždarnog pravca za ukupne fenolne spojeve korištena je galna kiselina, a za ukupne flavonoide katehin.. Antioksidacijski kapacitet određen je spektrofotometrijski (Shimadzu, UV 1650 PC) uz upotrebu ABTS radikala kationa (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonska kiselina) prema metodi autora Re i sur. (1999.). Za izradu baždarnog pravca korišten je Trolox (6-hidroksi-2,5,6,7,8-tetrametilokroman-2-karbonska kiselina) Metoda se temelji na gašenju stabilnog plavo-zelenog radikal-kationa 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonska kiselina), a pri čemu se intenzitet obojenja otopine mjeri pri valnoj duljini od 734 nm uz apsolutni etanol kao slijepu probu nakon 5 min reakcije.

Statistička analiza

Ukupno je uzorkovano 20 plodova grejfruta po sorti ubranih s ukupno četiri stabla prema slučajnom odabiru. Sve laboratorijske analize kemijskih parametara provedene su u tri ponavljanja. Za potrebe usporedbe analiziranih svojstava plodova dviju sorti grejfruta korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA), a srednje vrijednosti su uspoređene Fisherovim LSD testom pri čemu je $P = 5\%$ smatrana statističkim pragom značajnosti. Uz rezultate u tablicama prikazana su različita slova koja označavaju značajne statističke razlike između različitih sortimenata kod $p \leq 0,0001$. Prikazano je i prosječno odstupanje rezultata od srednje vrijednosti za svaki istraživani kemijski parametar vrijednostima standardne devijacije.

REZULTATI I RASPRAVA

Fizikalno - kemijska svojstva plodova grejpfruta

Rezultati analiziranih fizikalno-kemijskih svojstava plodova grejpfruta različitih sorti prikazani su u Tablici 1. Fizikalno-kemijska svojstva plodova, a koja uključuju sadržaj suhe tvari (ST), topljive suhe tvari (TST) i kiselost važni su čimbenici koji ukazuju na kvalitetu i zrelost plodova. Prema provedenoj statističkoj analizi može se utvrditi kako se istraživane sorte grejpfruta značajno ne razlikuju po sadržaju ST-a i TST-a, pri čemu prosječna utvrđena vrijednost ST-a za obje sorte iznosi 11,55%, dok je za TST prosječna vrijednost 9,89%. Objе analizirane sorte grejpfruta pritom se nešto više razlikuju u sadržaju TST-a u usporedbi sa ST-a čije su vrijednosti značajnije bliže. Prema dostupnim literaturnim podacima (USDA, 2016.), plod grejpfruta prosječno sadrži čak 90% vode, a što je u usporedbi s podacima dobivenim u ovom istraživanju (prosječno vode oko 88%) približno slična vrijednost. Sadržaj topljive suhe tvari, koji se u plodovima voća često definira kao prosječni sadržaj šećera, u plodu grejpfruta iznosi u prosjeku od 9 do 12% (USDA, 2016.; Ahmed i sur., 2019.). Važno je napomenuti kako studije navode da upravo sortiment, odnosno genetska svojstva su jedan od najznačajnijih čimbenika koji utječu na sadržaj ST-a i TST-a u plodu grejpfruta. Tako su autori Ahmed i sur. (2019.) u svojem istraživanju na 8 različitih sorti grejpfruta, a koji se primarno razlikuju po boji pulpe, utvrdili visoko signifikantnu statističku razliku u vrijednostima TST između analiziranih sorti prilikom čega su najniže TST vrijednosti (10,32 °Brix) utvrđene za sortu blijedožute boje pulpe ploda ('Marsh'), dok su kod sorata crvene boje pulpe ploda utvrđene više vrijednosti, prosječno 11,39 °Brix. Nešto više vrijednosti TST sorti žute boje pulpe utvrđene su u istraživanju Goulas-a i Manganaris-a (2012.), i iznosile su prosječno oko 12 °Brix-a. Iz navedenih podataka može se zaključiti kako sortiment ima značajan utjecaj na istraživana svojstva, te kako sorte blijedožutog obojenja pulpe ploda pokazuju niže vrijednosti, a što se i poklapa s rezultatima dobivenim u ovom istraživanju. Sadržaj ukupnih kiselina i pH vrijednosti plodova grejpfruta ukazuje na njihovu kiselost, prilikom čega se oba analizirana svojstva značajno statistički razlikuju ovisno o istraživanoj sorti. Značajno viši sadržaj UK_KIS, a time i niža pH vrijednost utvrđeni su za plod sorte 'Marsh Seedless', dok su suprotno, niži sadržaj kiselina i viša pH vrijednost utvrđeni za plod sorte 'Natzumikan'. Dobivene vrijednosti UK_KIS i pH u sklopu ovog istraživanja poklapaju se s rezultatima drugih literaturnih navoda (Goulas i Manganaris 2012.; Uckoo i sur., 2012.; Ahmed i sur., 2019.), a koja također ukazuju kako su genetske karakteristike jedan od važnijih čimbenika koji utječu na kiselost plodova.

Tablica 1. Fizikalno-kemijska svojstva plodova grejpfruta

Table 1 Physicochemical properties of grapefruit fruits

Sorta	ST (%)	TST (%)	UK_KIS (%)	pH
'Marsh Seedless'	11,52±0,09	9,55±0,15	2,12a±0,43	2,76b±0,03
'Natzumikan'	11,57±0,25	10,22±0,45	1,25b±0,19	2,97a±0,02
ANOVA	NS	NS	p≤0,0334	p≤0,0005

ST - ukupna suha tvar; TST - topljiva suha tvar; UK_KIS - ukupne kiseline. Za svako svojstvo su prikazane srednje vrijednosti ± standardna devijacija. Različita slova unutar kolone pridružena prosječnim vrijednostima označavaju statistički značajnu razliku između sorti ($p \leq 0,0001$)

Sadržaj bioaktivnih spojeva i antioksidacijski kapacitet plodova grejpfruta

Bioaktivni spojevi ili fitokemikalije, svoju važnost i popularnost mogu ponajviše pripisati snažnoj antioksidacijskoj aktivnosti, odnosno mogućnosti supresije i inhibicije slobodnih radikala, a zbog čega ispoljavaju i brojna fitoterapijska svojstva, funkcionalne vrijednosti i u konačnici važnost za ljudsko zdravlje. Brojna istraživanja ističu kako su plodovi grejpfruta izrazito bogatog sadržaja različitih bioaktivnih spojeva, posebice vitamina i polifenola (García-Castello i sur., 2015; Zou i sur., 2015; Agudelo i sur., 2017.). Sadržaj bioaktivnih spojeva plodova grejpfruta različitih sorti prikazani su u Tablici 2. Prema podacima USDA (2016.) svježi plod grejpfruta prosječno sadrži oko 38 mg/100 g svježe tvari vitamina C. Svježi plodovi sorti grejpfruta analiziranih u ovom istraživanju sadrže prosječno 42,92 mg/100 g svježe tvari vitamina C, što je u skladu s podacima istraživanja Martí-ja i sur., (2009.) koji navode vrijednosti od 22 do 78 mg/100 g svježe tvari ovisno o sortimentu. Iako u ovom istraživanju nije utvrđena značajna statistička razlika u sadržaju vitamina C između analiziranih sorti grejpfruta, sorta 'Marsh Seedless' (blijedožuta boja pulpe ploda) sadrži nešto veću vrijednost vitamina C u usporedbi sa sortom 'Natzumikan' (blijedonarančastog obojenja). Također, istraživanja ukazuju kako sadržaj vitamina u plodovima grejpfruta ponajviše ovisi o sortimentu, no prema rezultatima ovog istraživanja, značajna statistička razlika u sadržaju vitamina C između analiziranih sorti nije utvrđena. Isto tako, zanimljivo je spomenuti da istraživanja različitih sorti grejpfruta sugeriraju kako u prosjeku plodovi sorti blijedožute, žute i narančaste boje pulpe (npr. 'Marsh', 'Duncan', 'Huyou') sadrže i više vrijednosti vitamina C (Martí i sur., 2009.; Goulas i Manganaris, 2012.).

Grejpfрут osim vitamina C sadrži i brojne polifenolne spojeve značajne antioksidacijske aktivnosti. Kao što je već spomenuto, konzumacija plodova grejpfruta postaje sve popularnija, a prvenstveno zato što novija istraživanja dovode u pozitivnu korelaciju bogat sastav bioaktivnih spojeva (posebice flavonoida i ostalih spojeva iz skupine polifenola) i promicanje zdravlja ljudi (Iguar i sur., 2011.; Goulas i Manganaris, 2012.; Xi i sur., 2015.). Sadržaj analiziranih polifenolnih spojeva istraživanih sorti grejpfruta prikazan je u Tablici 2, a prema provedenoj statističkoj analizi istraživane sorte grejpfruta statistički se visoko signifikantno razlikuju u sadržaju ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida. Kod sorte 'Natzumikan' utvrđene su značajno više vrijednosti ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida u usporedbi sa sortom 'Marsh Seedless' i to čak 66% veće vrijednosti ukupnih fenola, 76% više ukupnih flavonoida i 54% više ukupnih neflavonoida. Pregledom drugih literaturnih navoda, sadržaj ukupnih, kao i pojedinačnih identificiranih fenolnih spojeva, značajno ovisi o sortimentu, te mnoga istraživanja ističu značajnu razliku u sastavu prvenstveno između sorti plodova žute i crvene boje pulpe (Gorinstein i sur., 2004.; Xi i sur., 2015.; Ahmed i sur., 2019.). Također, značajne razlike u sastavu polifenolnih spojeva utvrđene su i između pojedinih različitih dijelova ploda: flavedo, albedo, pulpa, sok, a prilikom čega su najviše vrijednosti utvrđene u flavedu, zatim u pulpi (koja sadrži i membrane) te u soku (Gorinstein i sur., 2004.; Goulas i Manganaris, 2012.; Xi i sur., 2015.). Stoga su i visoke vrijednosti polifenolnih spojeva dobivene u ovom istraživanju, kod obje analizirane sorte, očekivane i u suglasju s drugim literaturnim navodima (Ahmed i sur., 2019.), s obzirom da je pulpa ploda uključivala segmente membrana i stanični sok.

Najveća važnost spojeva klasificiranih kao biološki aktivnih je u tome što posjeduju snažnu antioksidacijsku aktivnost, odnosno mogućnost inhibicije i supresije brojnih slobodnih radikala koji ubrzavaju neželjene procese oksidacije u stanicama, time omogućujući brži razvoj kroničnih bolesti, karcinoma i starenja (Xi i sur., 2015; Ahmed i sur., 2019). U skladu s tim, u ovom istraživanju rezultati određivanja antioksidacijskog kapaciteta slijede rezultate sadržaja polifenolnih spojeva pa tako su za sortu 'Natzumikan' utvrđene čak 30% više vrijednosti u usporedbi sa sortom 'Marsh Seedless' (Tablica 2). Naime, kod sorte 'Natzumikan' značajno više vrijednosti ukupnih polifenolnih spojeva pridonijele su i snažnijem antioksidacijskom kapacitetu. Polifenolni spojevi su zbog karakteristične molekularne građe s mnoštvo slobodnih protona koje lako doniraju, komponente koje ispoljavaju i najveća antioksidativna svojstva te su dobivene visoke vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta u sklopu ovog istraživanja u skladu i s drugim literaturnim navodima (Fejzić i Čavar, 2014.; Xi i sur., 2015.; Ahmed i sur., 2019.).

Tablica 2. Sadržaj bioaktivnih spojeva i antioksidacijski kapacitet plodova grejpfruta

Table 2 Bioactive compounds and antioxidant capacity of grapefruit fruits

Sorta	Vit_C (mg/ 100 g sv)	FENOLI (mg GAE/ 100 g sv)	FLAV (mg CAT/ 100 g sv)	NFLV (mg GAE/ 100 g sv)	ANT_KAP (mmol TE/kg)
'Marsh Seedless'	44,84±0,22	100b±1	54,34b±1,22	45,66b±0,54	1,29b±0,54
'Natzumikan'	40,99±0,01	165,99a±1,27	95,62a±1,13	70,38a±0,51	1,68a±0,25
ANOVA	NS	p≤0,0001	p≤0,0002	p≤0,0001	p≤0,0003

Vit_C - vitamin C; NFLV - neflavonoidi; FLAV - flavonoidi; ANT_KAP - antioksidacijski kapacitet; NS – nije signifikantno; sv - svježa tvar. Za svako svojstvo su prikazane srednje vrijednosti ± standardna devijacija. Različita slova unutar kolone pridružena prosječnim vrijednostima označavaju statistički značajnu razliku između sorti (p≤0,0001).

ZAKLJUČAK

Rezultatima ovog istraživanja utvrđene su značajne razlike između dvije istraživane sorte grejpfruta 'Marsh Seedless' i 'Natzumikan' i to ponajviše u kiselosti plodova te sadržaju polifenolnih spojeva. Blijedonarančasta sorta 'Natzumikan' istaknula se višim sadržajem ukupnih fenolnih spojeva, flavonoida i neflavonoida te višim antioksidacijskim kapacitetom u usporedbi s blijedožutom sortom 'Marsh Seedless', dok je pak kod sorte 'Marsh Seedless' utvrđena veća kiselost plodova. Značajnije razlike nisu utvrđene za sadržaj ukupne suhe tvari, topljive suhe tvari i vitamina C. Prema utvrđenoj prosječnoj vrijednosti vitamina C od 42,92 mg/100 g svježe tvari može se zaključiti kako su plodovi grejpfruta obje sorte značajan izvor ovog važnog vitamina. Temeljem svega, može se zaključiti kako su plodovi grejpfruta sorti 'Marsh Seedless' i 'Natzumikan' značajnog sastava bioaktivnih spojeva i antioksidacijskog kapaciteta te bi stoga bilo poželjno popularizirati njihovu konzumaciju.

LITERATURA

AGUDELO, C., BARROS, L., SANTOS-BUELGA, C., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N., FERREIRA I.C.F.R. (2017.): Phytochemical content and antioxidant activity of grapefruit (Star Ruby): A comparison between fresh freeze-dried fruits and different. LWT - Food Science and Technology, 80: 106-112.

- AHMED, S., RATTANPAL, H.S., GUL, K., DAR, R.A., SHARMA, A. (2019.): Chemical composition, antioxidant activity and GC-MS analysis of juice and peel oil of grapefruit varieties cultivated in India. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(7): 1634–1642.
- AOAC (1995.). *Official methods of Analysis* (16th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (2002.): *Official methods of Analysis* (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists
- BENAVENTE-GARCÍA, O., CASTILLO, J. (2008.): Update on uses and properties of citrus flavonoids: New findings in anticancer, cardiovascular, and anti-inflammatory activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 6185–6205.
- CASTRO-VAZQUEZ, L., ALAÑÓN, M.E., RODRÍGUEZ-ROBLEDO, V., PÉREZ-COELLO, M.S., HERMOSÍN-GUTIERREZ, I., DÍAZ-MAROTO, M.C., JORDÁN, J., GALINDO, M.F., ARROYO-JIMÉNEZ M.M. (2016.) : Bioactive Flavonoids, Antioxidant Behaviour, and Cytoprotective Effects of Dried Grapefruit Peels (*Citrus paradisi* Macf.). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016: 8915729.
- ČMELIK, Z. (2009.): Regionalizacija voćarske proizvodnje u Republici Hrvatskoj, završno izvješće. Projekt Ministarstva poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, Vijeće za istraživanja u poljoprivredi i seoskom području. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
- DÍAZ-JUAREZ, J.A., TENORIO-LOPEZ, F.A., ZARCO-OLVERA, G., DEL VALLE-MONDRAGON, L., TORRES-NARVAEZ, J.C., PASTELÍN-HERNANDEZ, G. (2009.): Effect of *Citrus paradisi* extract and juice on arterial pressure both in vitro and in vivo. *Phytoterapy Research*, 23: 948-954.
- FEJZIĆ, A., ČAVAR, S. (2014.): Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Some Citruses. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina*, 42: 1-4.
- GARCÍA-CASTELLO, E.M., RODRÍGUEZ-LOPEZ, A.D., MAYOR, L., BALLESTEROS, R., CONIDI, C., CASSANO, A. (2015.): Optimization of conventional and ultrasound assisted extraction of flavonoids from grapefruit (*Citrus paradisi* L.) solid wastes. *LWT -Food Science and Technology*, 64: 1114-1122.

- GORINSTEIN, S., ZACHWIEJA, Z., KATRICH, E., PAWELZIK, E., HARUENKIT, R., TRAKHTENBERG, S., MARTIN-BELLOSO, O. (2004.): Comparison of the contents of the main antioxidant compounds and the antioxidant activity of white grapefruit and his new hybrid. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 37: 337–343.
- GORINSTEIN, S., LEONTOWICZ, H., LEONTOWICZ, M., KRZEMINSKI, R., GRALAK, M., DELGADO LICON, E., AYALA, A.L.M., KATRICH, E., TRAKHTENBERG, S. (2005.): Changes in plasma lipid and antioxidant activity in rats as a result of naringin and red grapefruit supplementation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 3223-3228.
- GOULAS, V., MANGANARIS, G.A. (2012.): Exploring the phytochemical content and the antioxidant potential of Citrus fruits grown in Cyprus. *Food Chemistry*, 131: 39–47.
- IGUAL, M., GARCÍA-MARTÍNEZ, E., CAMACHO, M.M., MARTÍNEZ-NAVARRETE, C.N. (2011.): Changes in flavonoid content of grapefruit juice caused by thermal treatment and storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(2): 153-162.
- LADANYIA, M. (2008.): *Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation*. Elsevier, San Diego, USA.
- MARIĆ, M., PALADIN, I. (2017.): Podizanje kvalitete matičnih nasada agruma u Republici Hrvatskoj. *Pomologia Croatica*, 21(1-2): 71-90.
- MARTÍ, N., MENA, P., CÁNOVAS, J.A., MICOL, V., SAURA, D. (2009.): Vitamin C and the Role of Citrus Juices as Functional Food. *Natural Product Communications*, 4(5): 677-700.
- OUGH C.S., AMERINE M.A. (1988.): *Methods for Analysis of Musts and Wines*. J. Wiley & Sons, Washington.
- RE R., PELLEGRINI N., PROTEGGENTE. A., PANNALA A., YANG M., RICE-EVANS C.A. (1999.): Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*. (26): 1231-1237.
- SAS/STAT (2010.): ver. 9.4., SAS Institute, Cary, NC, USA.
- TABAIN, F. (1975.) : *Uzgoj agruma*, Znanje, Zagreb.

- UCKOO, R.M., JAYAPRAKASHA, G.K., PATIL, B.S. (2011.): Rapid separation method of polymethoxyflavones from citrus using flash chromatography. *Separation and Purification Technology*, 81: 151–158.
- UCKOO, R.M., JAYAPRAKASHA, G.K., BALASUBRAMANIAM, V.M., PATIL, B.S. (2012.): Grapefruit (*Citrus paradisi* Macfad) phytochemicals composition is modulated by household processing techniques. *Journal of Food Science*, 77: 921–926.
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference, (2016.): Dostupno na: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2254?manu=&fgcd=&ds;> (Pristupljeno 03.01.2021.)
- XI, W., ZHANG, G., JIANG, D., ZHOU, Z. (2015.): Phenolic compositions and antioxidant activities of grapefruit (*Citrus paradisi* Macfadyen) varieties cultivated in China. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Early Online: 1–9. DOI: 10.3109/09637486.2015.1095864.
- XU, G., LIU, D., CHEN, J., YE, X., MA, Y., & SHI, J. (2008.): Juice components and capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*, 106: 545-551.
- ZOU, Z., XI, W., HU, Y., NIE, C., & ZHOU, Z. (2015.): Antioxidant activity of citrus fruits. *Food Chemistry*, 196: 885-896.

Adresa autora – Author's address:

Jana Šic Žlabur,

Martina Skendrović Babojelić,

Ante Galić, e-mail: agalic@agr.hr

Sandra Voća

Tomislav Jurković, student Diplomskog studija Hortikultura,

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,

Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

Jasmina Družić,

Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska

