

Martina Peršić<sup>1</sup>, Karin Flego<sup>1</sup>, Marijana Kozarić Ciković<sup>1</sup>,  
Slavica Dudaš<sup>1</sup>, Marin Tomičić<sup>1</sup>

Izvorni znanstveni rad

## Kemijske karakteristike različitih sorti jabuke dostupnih na hrvatskom tržištu

### Sadržaj

Jabuka (*Malus domestica* Borkh.) je jedan od glavnih izvora bioaktivnih tvari u ljudskoj prehrani. Važan je izvor pektina, organskih kiselina, vlakana, vitamina, oligosaharida i polifenola koji imaju izrazito pozitivnu utjecaj na ljudsko zdravlje. Ovaj rad istražuje kemijski sastav 11 sorti jabuka dostupnih na hrvatskom tržištu, fokusirajući se na sadržaj šećera, kiselina i fenolnih tvari. Rezultati istraživanja pokazali su da sorte jabuka 'Fuji' i 'Inored' imaju najviši sadržaj šećera, dok je sorta 'Granny Smith' očekivano najkiselija. Okusna percepcija jabuke ne ovisi samo o sadržaju šećera ili kiselina, već u najvećoj mjeri o njihovom omjeru. S obzirom na izrazito visok sadržaj kiselina, sorta 'Granny Smith' je imala i najniži omjer šećera i kiselina. Sorte s najvišim omjerom šećera i kiselina u ovom istraživanju su 'Inored', 'Fuji' i 'Golden delicious' što ukazuje na njihov izražen sladak okus. Sorta 'Morgana' istaknula se kao najbogatija fenolnim tvarima, dok je sorta 'Braeburn' BIO imala najniži sadržaj fenolnih tvari. Sorte iz konvencionalnog i ekološkog uzgoja pokazale su varijabilne rezultate u sadržaju fenola, što ukazuje na značajan utjecaj genetskog materijala, agroekoloških uzgoja, te primijenjene tehnologije nakon berbe na nutritivni sastav ploda jabuke.

**Ključne riječi:** jabuka, *Malus domestica*, sadržaj kiselina, sadržaj šećera, sadržaj fenolnih tvari

### Uvod

Jabuka (*Malus domestica* Borkh.) je jedna od ekonomski i kulturološki najznačajnijih voćnih vrsta koja se uzgaja širom umjerenog klimatskog pojasa. Većina genetskog materijala današnjih sorti rezultat je križanja azijske vrste *Malus sieversii*, te europske divlje jabuke *Malus sylvestris* (Spengler, 2019). Izuzev sjemenki, jestiv je čitav plod. Osim svježje konzumacije plod jabuke se može preraditi u sok, kompot, čaj, vino, marmeladu ili se može sušiti i koristiti kao zdrava grickalica (Koutsos i sur., 2017). Od davnina je poznato da je jabuka izrazito bogata bioaktivnim komponentama koje značajno utječu na ljudski imunitet i otpornost na stres što je potkrepljeno i znanstvenim istraživanjima (Boyer i Liu, 2004; Serra i sur., 2012). Osim toga, jabuka je jedan od glavnih izvora fenolnih tvari u ljudskoj prehrani zato što je na tržištu dostupna tijekom cijele godine. Važan su izvor pektina, organskih kiselina, vlakana, vitamina, oligosaharida te fenolnih tvari kao što su flavonoli, monomerni i oligomerni flavanoli, antocijani te hidroksicimetne i hidroksibenzije kiseline (Asma i sur., 2023). Polifenoli u jabukama (kvercetin, katehin i antocijani) imaju funkciju antioksidansa koji pomažu neutralizirati štetnu aktivnost slobodnih radikala u ljudskom organizmu. Na taj način se smanjuje oksidativni stres i potencijalno umanjuje rizik od kroničnih bolesti (Mushtaq i sur., 2020). Kožica i sjemenke su glavni izvor polifenola u jabuci i imaju značajno veći sadržaj fenolnih tvari u usporedbi s pulpom (Robards i sur., 1999; Senica i sur., 2017). Procjenju-

1 dr. sc. **Martina Peršić**, Karin Flego, dr. sc. **Marijana Kozarić Ciković**, dr. sc. **Slavica Dudaš**, **Marin Tomičić**, mag. ing. hort., Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Hrvatska  
Autor za korespondenciju: [martina.persic@veleri.hr](mailto:martina.persic@veleri.hr)

je se da postoji više od 7.500 sorti jabuka širom svijeta, a hibridizacijom novih sorti ova je brojka svake godine sve veća (Vaughan i Geissler, 2009). Sorte jabuke uzgajaju se u različitim klimatskim uvjetima, a plodovi se razlikuju u veličini, obliku, boji, okusu i otpornosti na bolesti. Neke su sorte stare i tradicionalne, dok su druge modernije, razvijene kroz selektivni uzgoj kako bi se poboljšale određene karakteristike. Nove, klupske sorte imaju poboljšanu teksturu, veći sadržaj šećera i kiselina te izraženiji aromatskih profil u odnosu na standardne sorte kao što su 'Golden delicious' ili 'Jonagold'. Povećanjem izbora sorti koje odgovaraju preferencijama potrošača povećava se i konzumacija voća koja je u mnogim europskim zemljama daleko ispod preporučenog prosjeka (Bonany i sur., 2014).

U svjetskoj proizvodnji jabuka zauzima treće mjesto iza agruma i banana. U Hrvatskoj su jabuke voće koje se proizvodi u najvećim količinama, i najviše je voćarskih površina u Hrvatskoj zasađeno upravo ovom kulturom (Faostat, 2024). Od sorti jabuke najzastupljenije su sorte 'Idared', 'Golden delicious' i 'Jonagold' (Babojelić, 2022) dok novije sorte poput 'Pinove', 'Cripps pink', 'Gala', 'Fuji', 'Braeburn' ubrzano zauzimaju svoje mjesto u nasadima, na tržištu i u preferencijama potrošača. (Babojelić i sur., 2021).

Cilj ovog istraživanja je proučiti sadržaj šećera i kiselina te sadržaj fenolnih tvari kod 11 sorti jabuka prisutnih na hrvatskom tržištu.

## Materijali i metode

Jabuke različitih sorti kupljene su u trgovačkim lancima tijekom lipnja 2024. te su dopremljene u Biotehnički laboratorij Veleučilišta u Rijeci gdje im je analiziran sadržaj primarnih i sekundarnih metabolita. U istraživanje je uključeno 11 sorti jabuka: 'Braburn', 'Crimson snow', 'Fuji', 'Golden delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinc', 'Morgana', 'Pink lady' i 'Pinova'. Sorte 'Golden delicious', 'Braeburn' i 'Inored' su iz certificiranog ekološkog uzgoja te su označene sufiksom BIO. Sorta 'Golden delicious' pribavljena je iz standardnog i certificiranog ekološkog uzgoja.

Za ekstrakciju šećera i kiselina te utvrđivanje pH vrijednosti korištena je pulpa ploda, dok je za ekstrakciju fenolnih tvari korištena kožica. Jabuke su oguljene i sjeckane koristeći keramički pribor i plastične daske za rezanje kako bi se spriječila oksidacija.

Za analizu sadržaja ukupnih fenolnih tvari u različitim sortama jabuke korištena je metoda prethodno opisana u Persic i sur., 2017. s određenim modifikacijama. U epruvetu je izvađeno 3 g kožice jabuke. Fenolne tvari ekstrahirane su u metanolu uz pomoć hladene ultrazvučne kupelji u trajanju od 60 minuta. Nakon ekstrakcije, uzorci su centrifugirani i filtrirani. Supernatant se koristio u Folin-Ciocalteu (FC) metodi kako slijedi; u 10 mL epruvete stavljeno je 7,9 mL destilirane vode, 100  $\mu$ L uzorka, 1,5 mL 20 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  i 500  $\mu$ L FC reagensa. Tako pripremljeni uzorci ostavljeni su u pećnici tijekom 30 minuta na 40 °C kako bi se pospješila reakcija. Uzorci su zatim pušteni da se ohlade na sobnu temperaturu te je njihova apsorbancija izmjerena pomoću GENESYS 50 UV-VIS spektrofotometra (Thermo Fisher Scientific, SAD) pri 765 nm. Sadržaj ukupnih fenolnih tvari u uzorcima je zatim preračunat u odnosu na standardnu krivulju galne kiseline te je izražen u ekvivalentima galne kiseline (GAE mg/kg).

Sadržaj šećera, pH i sadržaj kiselina mjereno je u filtriranom soku pulpe jabuke. Sadržaj šećera mjereno je refraktometrom (MA871, Milwaukee Instruments, Rumunjska) i izražen u °Brixa. Vrijednosti pH mjerene su pH-metrom (80+ DHS, XS Instruments, Italija), dok je ukupni sadržaj kiselina dobiven neutralizacijom 0,1 M NaOH do neutralne vrijednosti pH i izražen u g/l ekvivalenta jabučne kiseline. Dobiveni numerički rezultati obrađeni su u programu Statgraphics. Za utvrđivanje statistički značajnih razlika među analiziranim uzorcima korištena je jednosmjerna ANOVA. Različita slova označena u grafikonima ukazuju na statistički

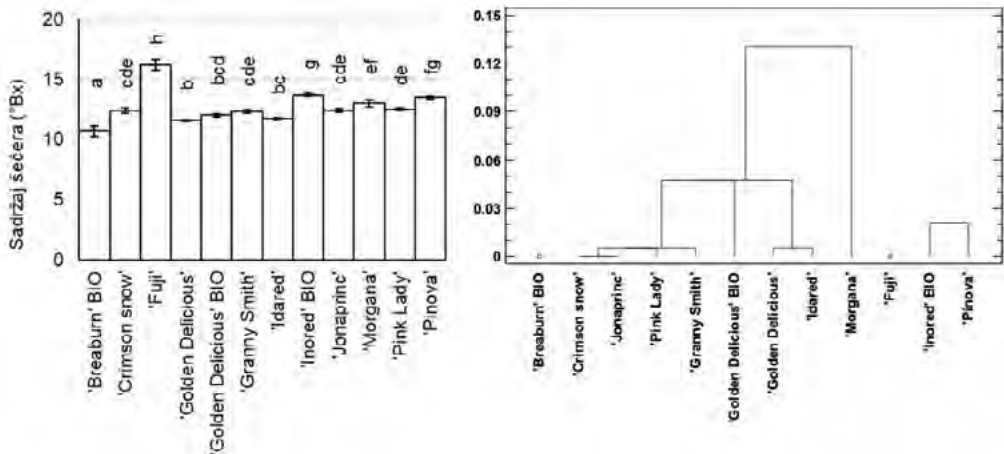
značajne razlike među vrijednostima. Na grafikonima je srednja vrijednost pet ponavljanja s naznačenom standardnom greškom. Za svaku analizu prikazano je i kvadrirano Euklidsko dendrogramsko grupiranje uzoraka prema standardiziranim vrijednostima.

## Rezultati i rasprava

Sorte jabuka razlikuju se u sadržaju šećera, kiselina i fenolnih tvari (Cvetković i sur., 2024). Najzastupljenije organske kiseline u jabukama su jabučna, limunska i vinska kiselina. Od navedenih jabučna je kiselina u najvećoj mjeri odgovorna je za kiselkast okus jabuka (Murešan i sur., 2014). U ljudskom organizmu kiseline mogu pomoći u probavi potičući proizvodnju probavnih enzima i podržavajući zdravu crijevnu floru. Kiselost je osnovna komponenta okusa jabuke i ključan faktor privlačnosti za potrošače. Razina kiselosti može značajno varirati među različitim sortama jabuka. Obično se jabuke s nižom kiselosti smatraju slađima i ugodnijima za konzumaciju, što ih čini popularnijima među potrošačima.

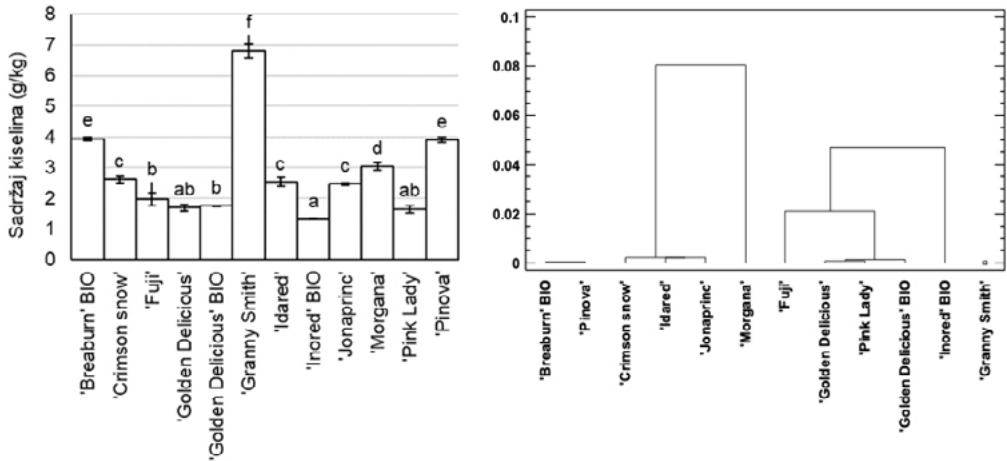
Šećerni profil jabuke sastoji se od fruktoze, glukoze i saharoze. Neke sorte poput 'Gale' i 'Golden delicious' su tradicionalno poznate kao 'slatke' sorte (Murešan i sur., 2014), ali sadržaj šećera značajno ovisi i o stupnju zrelosti u vrijeme berbe. Rezultati sadržaja šećera, kiselina, pH i ukupnih fenola u odabranim sortama u ovom istraživanju u skladu je sa rezultatima u dostupnoj literaturi (Persic i sur., 2017; Angeli i sur., 2024; Mignard i sur. 2022).

Rezultati analize sadržaja šećera u analiziranim sortama pokazuju značajne razlike između odabranih sorti (Grafikon 1.). Najizraženije su razlike između sorti 'Braeburn' i sorte 'Fuji', koje imaju najmanji odnosno najveći sadržaj šećera u pulpi. Zanimljivo je da je razlika u sadržaju šećera između ove dvije sorte viša od 50 %. Na dendrogramskom prikazu vidljivo je izdvajanje nekoliko skupina sorti. Osim prije spomenutih 'Braeburn' i 'Fuji', po sadržaju šećera izdvajaju se i sorte 'Inored' i 'Pinova', koje imaju sličan, nešto viši, prosječan sadržaj šećera u odnosu na ostale sorte.



**Grafikon 1.** Sadržaj šećera (lijevo) i pripadajući dendrogram (desno) u 11 analiziranih sorti jabuke ('Braeburn', 'Crimson snow', 'Fuji', 'Golden delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinc', 'Morgana', 'Pink lady', 'Pinova'). Sorte iz certificiranog ekološkog uzgoja označene su s BIO. / **Graph 1.** The sugar content (left) and corresponding dendrogram (right) in 11 analyzed apple varieties ('Braeburn', 'Crimson Snow', 'Fuji', 'Golden Delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinc', 'Morgana', 'Pink Lady', 'Pinova'). Varieties from certified organic farming are labeled as BIO. *Izvor/Source: Autori/ Authors*

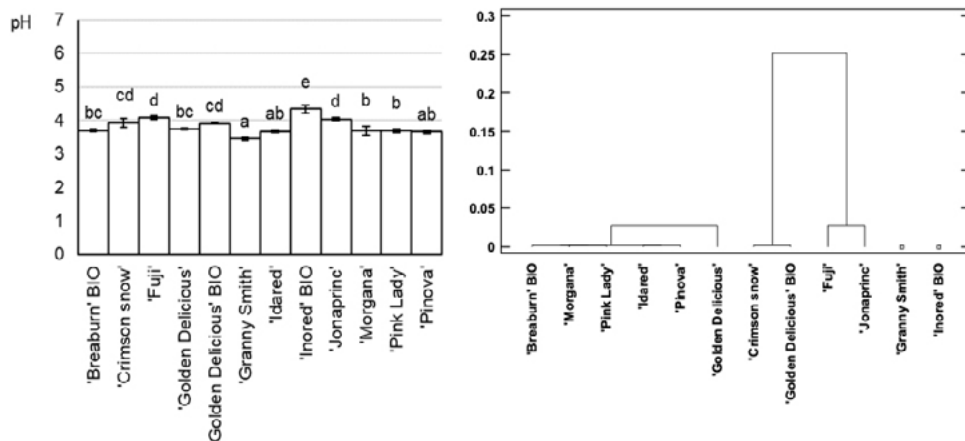
Sadržaj kiselina u analiziranim sortama prikazan je na Grafikonu 2. Izrazito visokim sadržajem kiselina ističe se sorta 'Granny Smith', koja je poznata po svom izraženom kiselom okusu. Sorta s najmanjim sadržajem kiselina je sorta 'Inored' i to iz certificiranog ekološkog uzgoja. Grupacija sorata na dendrogramu prikazuje formiranje četiri različite grupe. Grupi s nižim sadržajem kiselina pripadaju sorte 'Inored', 'Golden delicious' BIO, 'Golden delicious', 'Pink lady' i 'Fuji'. Grupi nižeg srednjeg sadržaja ukupnih kiselina u pripadaju sorte 'Crimson snow', 'Idared', 'Jonaprinč' i 'Morgana'. S nešto višim sadržajem kiselina izdvajaju se sorte 'Braeburn' i 'Pinova'. Kako je ranije spomenuto, sorta 'Granny Smith' ima najviši sadržaj kiselina te je izdvojena od ostalih sorti.



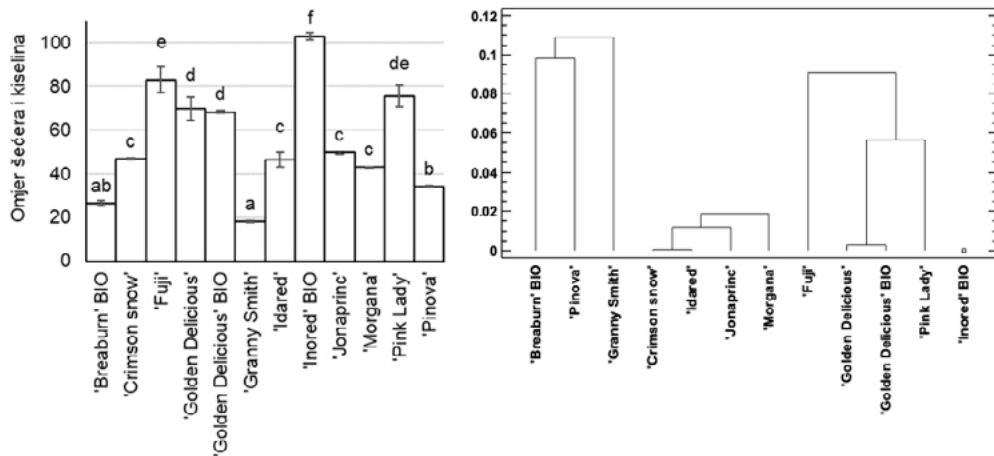
**Grafikon 2.** Sadržaj kiselina (lijevo) i pripadajući dendrogram (desno) 11 analiziranih sorti jabuke ('Braeburn', 'Crimson snow', 'Fuji', 'Golden delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinč', 'Morgana', 'Pink lady', 'Pinova'). Sorte iz certificiranog ekološkog uzgoja označene su s BIO. / **Graph 2** Acid content (left) and corresponding dendrogram (right) of the 11 analyzed apple varieties ('Braeburn', 'Crimson Snow', 'Fuji', 'Golden Delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinč', 'Morgana', 'Pink Lady', 'Pinova'). Varieties from certified organic farming are labeled as BIO. *Izvor/Source: Autori/ Authors*

pH vrijednosti pulpi sorti uključenih u ovo istraživanje prikazane su na Grafikonu 3. pH se kreće između 3,46 kod sorte 'Granny Smith' do 4,33 kod sorte 'Inored' BIO. pH vrijednosti u skladu su sa sadržajem kiselina prikazanim na Grafikonu 2.

Okusna percepcija jabuke ne ovisi samo o sadržaju šećera ili kiselina, već u najvećoj mjeri o njihovom omjeru. Omjer između šećera i kiselina u sortama uključenim u ovo istraživanje prikazan je u Grafikonu 4. S obzirom na visoki sadržaj kiselina, sorta 'Granny Smith' se izdvaja po izrazito niskom omjeru šećera i kiselina u pulpi. S druge strane sorta 'Inored' iz ekološkog uzgoja ima najviši omjer šećera i kiselina u pulpi što ukazuje na izraženo sladak okus ove sorte. Dendrogram prikazuje grupiranje sorti u četiri skupine. Osim prije spomenute sorte 'Inored' koja je samostalna, sorte 'Fuji', 'Golden delicious' BIO, 'Golden delicious' i sorta 'Pink lady' također se izdvajaju višim omjerom i slađim okusom u odnosu na ostatak sorti uključenih u istraživanje. Grupi kod koje je više naglašen kiselkast okus pripadaju sorte 'Granny Smith', 'Braeburn' BIO i 'Pinova'.



**Grafikon 3.** pH vrijednosti (lijevo) i pripadajući dendrogram (desno) 11 analiziranih sorti jabuke ('Braeburn', 'Crimson snow', 'Fuji', 'Golden delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinc', 'Morgana', 'Pink lady', 'Pinova'). Sorte iz certificiranog ekološkog uzgoja označene su s BIO. / **Graph 3.** pH values (left) and corresponding dendrogram (right) of the 11 analyzed apple varieties ('Braeburn', 'Crimson Snow', 'Fuji', 'Golden Delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinc', 'Morgana', 'Pink Lady', 'Pinova'). Varieties from certified organic farming are labeled as BIO.

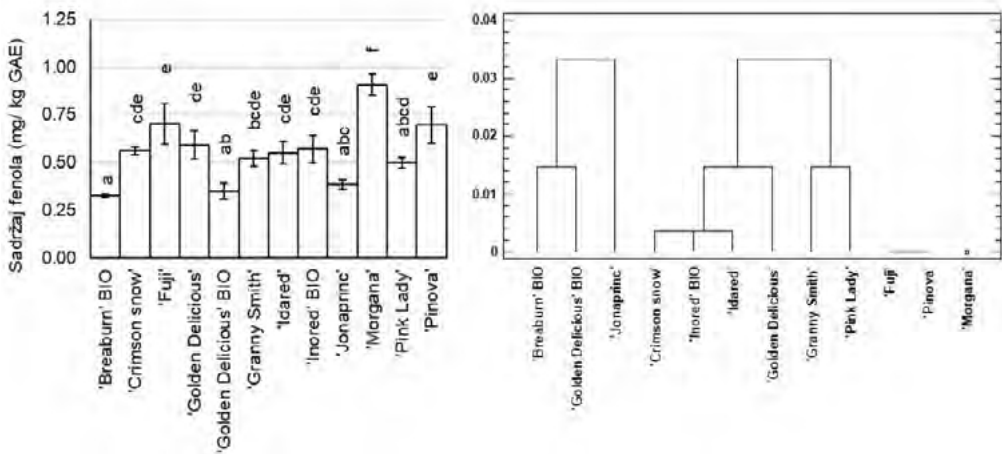


**Grafikon 4.** Omjer između šećera i kiselina (lijevo) i pripadajući dendrogram (desno) 11 analiziranih sorti jabuke ('Braeburn', 'Crimson snow', 'Fuji', 'Golden delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinc', 'Morgana', 'Pink lady', 'Pinova') Sorte iz certificiranog ekološkog uzgoja označene su s BIO. / **Graph 4** The ratio between sugar and acid content (left) and the corresponding dendrogram (right) of the 11 analyzed apple varieties ('Braeburn', 'Crimson Snow', 'Fuji', 'Golden Delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinc', 'Morgana', 'Pink Lady', 'Pinova'). Varieties from certified organic farming are labeled as BIO.

Sadržaj fenolnih tvari u analiziranim sortama prikazan je na Grafikonu 5. Među analiziranim sortama, sorta koja se ističe značajnim sadržajem fenolnih tvari u kožici je sorta 'Morgana', dok je najmanji sadržaj fenolnih tvari izmjeren u kožici sorte 'Braeburn' iz eko-

loškog uzgoja. Sorta 'Mogana' izdvojena je i na dendrogramu u samostalnoj skupini. Prema sadržaju fenolnih tvari u kožici slijede je sorte 'Pinova' i 'Fuji'. Grupa sorti s nižim sadržajem fenola u kožici obuhvaća sortu 'Braeburn' BIO, 'Golden delicious' BIO i 'Jonaprinc'. Zanimljivo je kako su sorte s ekološkim certifikatom one koje imaju ujedno najveći i najmanji sadržaj fenolnih tvari u kožici. Posebno je zanimljiva usporedba 'Golden delicious' i 'Golden delicious' BIO. Bilo je očekivano da će sorte jabuka s ekološkim certifikatom imati više fenolnih tvari (Veberic i sur., 2005). Razlog tome je pretpostavka da ekološki način uzgoja uzrokuje veći stres za biljku što za posljedicu ima veću sintezu zaštitnih bioaktivnih tvari kao što su fenoli (Šamec i sur., 2021). Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da je utjecaj genetskog materijala, agroekoloških uvjeta uzgoja i primijenjene tehnologije nakon berbe (post-harvest) na sadržaj fenolnih tvari izraženiji od same tehnologije uzgoja.

Dotadno, uzrok razlika među mjerenim parametrima u različitim sortama jabuka uključenim u ovo istraživanje može biti i različito vrijeme berbe što isto tako može značajno utjecati na sadržaj primarnih i sekundarnih metabolita u svježem voću (Tijero i sur., 2021; Kevers i sur., 2011).



**Grafikon 5.** Sadržaj fenolnih tvari (lijevo) i pripadajući dendrogram (desno) 11 analiziranih sorti jabuke ('Braeburn', 'Crimson snow', 'Fuji', 'Golden delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinc', 'Morgana', 'Pink lady', 'Pinova') Sorte iz certificiranog ekološkog uzgoja označene su s BIO. / **Graph 5** Phenolic content (left) and corresponding dendrogram (right) of the 11 analyzed apple varieties ('Braeburn', 'Crimson Snow', 'Fuji', 'Golden Delicious', 'Granny Smith', 'Idared', 'Inored', 'Jonaprinc', 'Morgana', 'Pink Lady', 'Pinova'). Varieties from certified organic farming are labeled as BIO.

### Zaključak

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na značajnu varijabilnost u kemijskom sastavu 11 sorti jabuka dostupnih na hrvatskom tržištu, s posebnim naglaskom na sadržaj šećera, kiselina i fenolnih tvari. Sorte 'Fuji' i 'Inored' pokazale su se najsladima, dok je sorta 'Granny Smith' istaknuta kao najkiselija, što potvrđuje njihovu prepoznatljivost na tržištu. Sorta 'Morgana' izdvojila se visokim sadržajem fenolnih tvari, dok je sorta 'Braeburn' BIO imala najniže vrijednosti, što ukazuje na kompleksnu interakciju između genetskog materijala i uvjeta uzgoja. Ovi rezultati pružaju važna saznanja za proizvođače i potrošače u pogledu odabira sorti s

većom nutritivnom vrijednošću i višim udjelom bioaktivnih spojeva. Rezultati sugeriraju da ekološki uzgoj ne garantira uvijek viši sadržaj fenolnih tvari, čime se naglašava potreba za daljnjim istraživanjima utjecaja različitih uzgojnih tehnika na nutritivnu kvalitetu jabuka.

## Literatura

- Angeli, L., Populin, F., Morozova, K., Ding, Y., Asma, U., Bolchini, S., Cebulj, A., Busatto, N., Costa, F., Ferrentino, G., Scampicchio, M. (2024)** Comparative analysis of antioxidant activity and capacity in apple varieties: Insights from stopped flow DPPH• kinetics, mass spectrometry and electrochemistry. *Food Bioscience*, 58, p.103729. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103729>
- Asma, U., Morozova, K., Ferrentino, G., Scampicchio, M. (2023)** Apples and apple by-products: antioxidant properties and food applications. *Antioxidants*, 12(7), 1456. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox12071456>
- Babojelić, M. S., Vahčić, N., Vujević, P., Šubić, M., Cvitan, L., Mudrinić, E. (2021)** Uvođenje sortimenta i analiza plodova jabuka uz evaluaciju za hrvatsko tržište. *Gospodarski list*. URL: <https://gospodarski.hr/vijesti/uvodenje-sortimenta-i-analiza-plodova-jabuka-uz-evaluaciju-za-hrvatsko-trziste-uspjeh/> (10.8.2024.)
- Babojelić, M. S. (2022)** Voćari, mijenjajte loš sortiment jabuke! *Gospodarski list*. URL: <https://gospodarski.hr/rubrike/vocarstvo-rubrike/vocari-mijenjajte-los-sortiment-jabuke/> (10.8.2024.)
- Bonany, J., Brugger, C., Buehler, A., Carbó, J., Codarin, S., Donati, F., Echeverria, G., Egger, S., Guerra, W., Hilaire, C., Höller, I. (2014)** Preference mapping of apple varieties in Europe. *Food Quality and Preference*, 32, 317-329. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.09.010>
- Boyer, J., Liu, R. H. (2004)** Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition journal*, 3, 1-15. DOI: 10.1186/1475-2891-3-5
- Cvetković, B., Bajić, A., Belović, M., Pezo, L., Dragojlović, D., Šimurina, O., Djordjević, M., Korntheuer, K., Philipp, C., Eder, R. (2024)** Assessing Antioxidant Properties, Phenolic Compound Profiles, Organic Acids, and Sugars in Conventional Apple Cultivars (*Malus domestica*): A Chemometric Approach. *Foods*, 13(14). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13142291>
- FAOSTAT (2024). URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (7.8.2024.)
- Kevers, C., Pincemail, J., Tabart, J., Defraigne, J.O., Dommès, J. (2011)** Influence of cultivar, harvest time, storage conditions, and peeling on the antioxidant capacity and phenolic and ascorbic acid contents of apples and pears. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(11), pp.6165-6171. DOI: 10.1021/jf201013k
- Koutsos, A., Lima, M., Conterno, L., Gasperotti, M., Bianchi, M., Fava, F., Vrhovsek, U., Lovegrove, J.A., Tuohy, K.M. (2017)** Effects of commercial apple varieties on human gut microbiota composition and metabolic output using an in vitro colonic model. *Nutrients*, 9(6), 533. DOI: 10.3390/nu9060533
- Mignard, P., Beguería, S., Giménez, R., Font i Forcada, C., Reig, G., Moreno, M.Á. (2022)** Effect of genetics and climate on apple sugars and organic acids profiles. *Agronomy*, 12(4), p.827. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040827>
- Murešan, E. A., Muste, S., Borša, A., Vlaic, R., Murešan, V. (2014)** Evaluation of physical-chemical indexes, sugars, pigments and phenolic compounds of fruits from three apple varieties at the end of storage period. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 71(1), 45-50. DOI: <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:10111>
- Mushtaq, R., Wani, A. W., Nayik, G. A. (2020)** Apple. U: Nayik, G. A., Gull, A., ur. *Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits*. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Persic, M., Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Veberic, R. (2017)** Chemical composition of apple fruit, juice and pomace and the correlation between phenolic content, enzymatic activity and browning. *LWT-Food Science and Technology*, 82, 23-31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.017>
- Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitang, P., Glover, W. (1999)** Phenolic compounds and their role

in oxidative processes in fruits. *Food chemistry*, 66(4), 401-436. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00093-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00093-X)  
**Senica, M., Stampar, F., Veberic, R., Mikulic-Petkovsek, M. (2017)** Fruit seeds of the Rosaceae family: A waste, new life, or a danger to human health? *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(48), 10621-10629. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b03408

**Serra, A.T., Rocha, J., Sepodes, B., Matias, A.A., Feliciano, R.P., de Carvalho, A., Bronze, M.R., Duarte, C.M., Figueira, M.E. (2012)**. Evaluation of cardiovascular protective effect of different apple varieties–correlation of response with composition. *Food chemistry*, 135(4), 2378-2386. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.07.067

**Spengler, R. N. (2019)** Origins of the apple: the role of megafaunal mutualism in the domestication of *Malus* and rosaceous trees. *Frontiers in plant science*, 10, 617. DOI: 10.3389/fpls.2019.00617

**Šamec, D., Karalija, E., Šola, I., Vujčić Bok, V., Salopek-Sondi, B. (2021)** The role of polyphenols in abiotic stress response: The influence of molecular structure. *Plants*, 10(1), 118. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10010118>

**Tijero, V., Girardi, F., Botton, A. (2021)** Fruit development and primary metabolism in apple. *Agronomy*, 11(6), p.1160. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061160>

**Vaughan, J., Geissler, C. (2009)** *The new Oxford book of food plants*. OUP Oxford.

**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. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2113>

Prispjelo/Received: 25.8.2024.

Prihvaćeno/Accepted: 26.9.2024.

Original scientific paper

## Chemical characteristics of different apple varieties available on the Croatian market

### Abstract

Apple (*Malus domestica* Borkh.) is one of the main sources of bioactive compounds in human nutrition. It is an important source of pectin, organic acids, fibre, vitamins, oligosaccharides, and polyphenols, which have a highly positive impact on human health. This study examines the chemical composition of 11 apple varieties available on the Croatian market, focusing on sugar, acid, and phenolic content. The results of the study showed that the apple varieties 'Fuji' and 'Inored' have the highest sugar content, while the 'Granny Smith' variety is predictably the most acidic. The taste perception of an apple depends not only on the sugar or acid content but largely on their ratio. Given its very high acid content, the 'Granny Smith' variety also had the lowest sugar-to-acid ratio. The varieties with the highest sugar-to-acid ratio in this study are 'Inored', 'Fuji', and 'Golden Delicious', indicating their distinctly sweet taste. The 'Morgana' variety stood out as the richest in phenolic compounds, while the 'Braeburn' BIO variety had the lowest phenolic content. Varieties from conventional and organic farming showed variable results in phenolic content, indicating a significant influence of genetic material, agroecological conditions, and post-harvest technology on the nutritional composition of apples.

**Key words:** apple, *Malus domestica*, acid content, sugar content, phenolic content