

Uticaj različite temperature sušenja na antioksidativna svojstva jabuke sorte Idared i Golden Delicious

Dragana Paunović, Mile Veljović, Tanja Petrović, Dušica Mirković, Ivan Pokeržnik, Jasmina Rajić, Branislav Zlatković

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Zemun, Republika Srbija
E-mail: draganap@agrif.bg.ac.rs

Primljeno: 01. juna 2015; prihvaćeno: 13. novembra 2015.

Rezime: Plodovi jabuke (*Malus × domestica* Borkh.) se najviše koriste kao stono voće, a značajna su sirovina i u prehrambenoj industriji za proizvodnju sokova, nektara, dečije hrane, osvežavajućih bezalkoholnih pića, namaza (marmelada, džemova), kompota, jabukovog sirćeta, rakija i sušenih plodova. U ovom radu, plodovi jabuke sorte Idared i Golden Delicious sušeni su u laboratorijskom dehidrotoru na različitim temperaturama (temperatura vazduha od 60 °C u trajanju od 4 h i temperatura vazduha od 70 °C u trajanju od 3 h) radi utvrđivanja uticaja primenjenih temperatura sušenja na antioksidativna svojstva osušenog proizvoda.

Sadržaj ukupnih fenola, kao i antioksidativna aktivnost određeni su trima kompatibilnim UV-VIS spektrofotometrijskim metodama. Rezultati su pokazali da su u osušenim uzorcima jabuke sadržaj ukupnih fenola i antioksidativna aktivnost bili značajno veći u odnosu na sveže uzorke kod obe ispitivane sorte. Ovakvi rezultati ukazuju na pretpostavku da je do povećanja ispitivanih svojstava moglo doći kako zbog neselektivnosti metode za određivanje ukupnih fenola, tako i zbog potencijalnog stvaranja produkata Maillard – ovih reakcija, za koje je potvrđeno da povećavaju antioksidativnu aktivnost različitih prehrambenih proizvoda.

Ključne reči: jabuka, sušenje, antioksidativna aktivnost, fenolna jedinjenja

Uvod

Plodovi jabuke (*Malus × domestica* Borkh.) se najviše koriste kao stono voće tokom cele godine zbog svoje visoke nutritivne vrednosti. U zavisnosti od sorte, plodovi jabuke sadrže 9–16% ukupnih šećera gde dominiraju glukoza i fruktoza, 0,20–1,80% organskih kiselina, 0,80–1,50% celuloze, 0,025–0,27% taninskih materija, znatne količine vitamina C (5,00–80,00 mg%), oko 0,40% mineralnih materije gde je naročito visok

sadržaj kalijuma (Mratinić, 2013). Plodovi jabuke takođe sadrže pektin, karotenoide, antocijane, aminokiseline i druge nutritivno vredne komponente (Veličković, 2006).

Sorta Idared vodi poreklo iz SAD, dobijena je ukrštanjem Jonatana i Vagenera, a u Srbiji se širi kao vodeća sorta (Šoškić, 2011; Mratinić, 2013). Plod je svetlocrvene boje, a meso je beličasto, sočno, čvrsto, nakiselilo, ukusno (Šoškić, 2011; Mratinić, 2013). Plod sadrži 13,2% rastvorljive suve materije, 1,3% glukoze,

5,9% fruktoze, 2,1% saharoze i 0,37% ukupnih kiselina, a pH–vrednost iznosi 3,57 (Mišić, 1994).

Sorta Golden Delicious takođe vodi poreklo iz SAD, nastala je kao spontani sejanac od nepoznatih roditelja, a sada je jedna od najrasprostranjenijih sorti u svim zemljama gde se jabuka gaji (Šoškić, 2011; Mratinić, 2013). Pokožica je tipične žute boje sa nešto malo rumenila na sunčanoj strani, a meso ploda je žućkasto, čvrsto, srednje zrnaste strukture, izrazito slatkog ukusa sa vrlo prijatnom, specifičnom aromom (Šoškić, 2011; Mratinić, 2013). Plod sadrži 14,0% rastvorljive suve materije, 1,5% glukoze, 6,8% fruktoze, 2,2% saharoze i 0,26% ukupnih kiselina, a pH–vrednost iznosi 4,06 (Mišić, 1994).

U biljnom materijalu nalaze se brojne biološki aktivne komponente koje čine antioksidativni kapacitet, kao što su vitamin C i fenolna jedinjenja (Ramamoorthy & Bono, 2007; Rajić *et al.*, 2012; Rekha *et al.*, 2012; Paunović *et al.*, 2014). U plodovima jabuke od najvećeg značaja su polifenolna jedinjenja koja imaju više funkcija i u zavisnosti od podgrupe ispoljavaju svoje karakteristike kao bojene materije, kao prekursori za bojene materije i kao antioksidanti (Milić *et al.*, 2000). Pored antioksidativnog, pojedina polifenolna jedinjenja ispoljavaju antialergijska, antiinflamatorna i antikancerogena svojstva (Đorđević *et al.*, 2000). Jabuka je veoma značajna sirovina u prehrambenoj industriji za proizvodnju sokova, nektara, dečije hrane, osvežavajućih bezalkoholnih pića, namaza (marmelada, džemova), kompota, jabukovog sirćeta, rakija i sušenih plodova, a tokom tehnoloških postupaka proizvodnje usled povišene temperature može doći do gubitka biološki aktivnih supstanci i samim tim do smanjenja antioksidativne aktivnosti i nutritivne vrednosti proizvoda.

Cilj ovog rada je bio da se utvrdi uticaj povišene temperature na antioksidativna svojstva jabuke sorte Idared i Golden Delicious pri tehnološkom postupku proizvodnje sušene jabuke u odnosu na antioksidativni kapacitet svežeg, neprerađenog uzorka.

Materijal i metode

U eksperimentu su korišćene jabuke sorte Idared i Golden Delicious sa lokaliteta opštine Grocka, nabavljene preko Instituta za voćarstvo i vinogradarstvo Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Za

tehnološki postupak sušenja plod jabuke je sečen zajedno sa pokožicom i semenom ložom na kolutove debljine 3 mm, dok su semenke mehanički odstranjene. Kolutovi su ređani na 3 lese laboratorijskog dehidratora (Stöckli, Švajcarska) kao što je prethodno opisano u radovima autora Paunović *et al.* (2010; 2011). Dehidrator raspolaže sopstvenim termostatom koji kontroliše rad grejača od 600 W i održava zadatu temperaturu vazduha.

Kolutovi jabuke (sorta Idared – uzorak A; sorta Golden Delicious – uzorak B) ređani su na 3 lese laboratorijskog dehidratora, po 500 g na svaku lesu i sušeni su pod sledećim uslovima:

- sorta Idared na temperaturi vazduha od 60 °C u trajanju od 4 h (uzorak C);
- sorta Golden Delicious na temperaturi vazduha od 60 °C u trajanju od 4 h (uzorak D);
- sorta Idared na temperaturi vazduha od 70 °C u trajanju od 3 h (uzorak E);
- sorta Golden Delicious na temperaturi vazduha od 70 °C u trajanju od 3 h (uzorak F).

U svim uzorcima određen je sadržaj vlage standardnom gravimetrijskom metodom za određivanje ukupne suve materije (Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i vršenja hemijskih i fizičkih analiza radi kontrole kvaliteta proizvoda od voća i povrća, Sl. list SFRJ, br. 29/83).

U svim uzorcima određen je sadržaj ukupnih fenola, kao i antioksidativna aktivnost sledećim metodama:

Određivanje ukupnih fenola. Sadržaj ukupnih fenola (TPC) u uzorcima određen je po Folin-Ciocalteu metodi koju su opisali Singleton & Rossi (1965). Ukratko, 0,5 ml razblaženog uzorka pomešano je sa 2,5 ml 10 puta razblaženog Folin-Ciocalteu fenolnog reagensa i ostavljeno je 5 minuta da reaguje. Dodato je 2 ml rastvora Na₂CO₃ (75 g/l) i promućkano je. Nakon 2 h stajanja na sobnoj temperaturi, spektrofotometrijskom metodom merena je apsorbanca na talasnoj dužini od 760 nm. Kalibraciona kriva je pripremljena pomoću rastvora galne kiseline, a rezultati su izraženi kao miligram ekvivalenti galne kiseline po 100 g suve materije (mg GAE/100 g suve materije). Izvedena su tri ponavljanja.

Određivanje antioksidativne aktivnosti (DPPH test). Skevindžer aktivnost na DPPH radikale određena je prema neznatno modifikovanoj metodi koju su opisali Kaneda *et al.* (1995). Razblaženi uzorak (0,2 ml) dodat

je u rastvor DPPH (2,8 ml) (mešavina $1,86 \times 10^{-4}$ mol/l DPPH u etanolu i 0.1 M rastvor acetatnog pufera (pH 4,3) u odnosu 2:1 (v/v)). Uzorci su stajali u mraku 60 minuta nakon čega je spektrofotometrijskom metodom određena apsorbancija na talasnoj dužini od 525 nm. Kalibraciona kriva Trolox je urađena kao funkcija procenta inhibicije DPPH radikala. Rezultati su izraženi kao milimolovi Trolox ekvivalenta po 100 g suve materije (mM TE/100 g suve materije). Izvedena su tri ponavljanja.

Određivanje antioksidativne aktivnosti (FRAP metoda). Antioksidativna aktivnost određena je FRAP metodom koju su opisali autori Benzie & Strain (1996). Ukratko, svi reagensi su inkubirani na 37 °C. FRAP reagens je dobijen mešanjem acetatnog pufera pH 3,60, TPTZ (10 mM rastvor 2,4,6-tripiridil-s-triazina TPTZ u 40 mM rastvoru HCl i 20 mM FeCl₃ x 6 H₂O u zapreminskom odnosu 10:1:1, respektivno). U 0,4 ml uzorka dodato je 3 ml FRAP reagensa, nakon čega su kivete inkubirane na 37 °C. Apsorbancija je očitavana nakon 6 minuta na 593 nm. Za slepu probu korišćena je voda. Kao standard korišćen je rastvor Trolox-a koncentracije od 0,2 do 0,8 mM. Rezultati su izraženi kao milimolovi Trolox ekvivalenta po 100 grama suve materije (mM TE/100 g suve materije). Izvedena su tri ponavljanja.

Statistička obrada rezultata. Obavljena je primenom statističkog programa STATISTICA 12. Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina tri ponavljanja ± standardna devijacija. U cilju utvrđivanja uticaja sorte jabuke i režima sušenja na sadržaj ukupnih fenolnih jedinjenja i antioksidativni kapacitete uzoraka izvršena je analiza varijanse (ANOVA), a razlike između pojedinačnih uzoraka utvrđene su primenom Tuckey-

evog testa. Statistička značajnost razlika između aritmetičkih sredina utvrđena je na nivou statističke značajnosti od $p < 0,05$.

Rezultati i diskusija

Rezultati gravimetrijskog određivanja ukupne suve materije su pokazali da su uzorci sveže jabuke sorte Idared i Golden Delicious imali sadržaj 14,53 i 16,08% suve materije, respektivno. Rezultati sadržaja ukupne suve materije kod osušenih uzoraka kretali su se od 94,06 do 95,52% suve materije. Zbirno, svi rezultati su prikazani u tabeli 1.

Rezultati određivanja sadržaja ukupnih fenola i antioksidativne aktivnosti izraženi su na 100 g suve materije zbog poređenja rezultata u svežim i osušenim uzorcima. Sadržaj ukupnih fenola u uzorcima A i B iznosio je 140,40 i 171,77 mg GAE/100 g suve materije, respektivno, što je u skladu sa rezultatima autora Wolfe et al. (2003), Matthes & Schmitz-Eiberger (2009) i Francini & Sebastiani (2013). Uzorci jabuke sorte Idared su potamnili već u prvim minutima sušenja što je posledica enzimatiskog potamnjenja, a tamnjenje je tokom sušenja bilo sve intenzivnije. Uzorci jabuke sorte Golden Delicious su tokom sušenja dobijali zlatno-žutu boju koja je senzorno bila prihvatljivija. Iako je bilo očekivano da uzorci sorte Golden Delicious intenzivnije tamne zbog većeg sadržaja ukupnih fenola, ovaj eksperiment je potvrdio da enzimatско potamnjenje zavisi od brojnih endogenih faktora (enzimska aktivnost, pH vrednost, sadržaj mineralnih materija i dr.) (Vereš, 2004). Na osnovu dobijenih rezultata može se pretpostaviti da jabuka sorte Idared, bez obzira

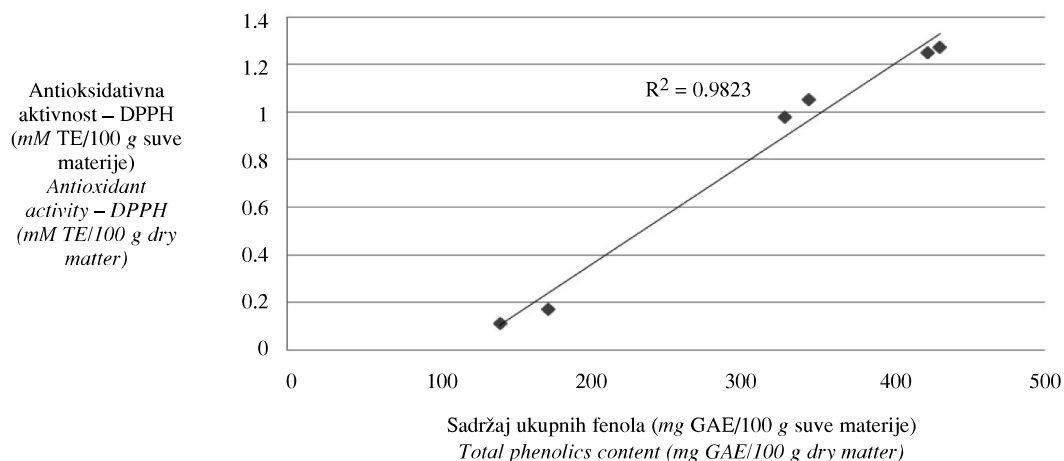
Tab. 1. Sadržaj suve materije, ukupnih fenola (TPC) i antioksidativna aktivnost (AA) u uzorcima sveže i sušene jabuke
Dry matter content, total phenolics content (TPC) and antioxidant activity (AA) in samples of fresh and dried apple

Uzorak <i>Sample</i>	Sadržaj suve materije <i>Dry matter content</i> (%)	TPC (mg GAE/100 g suve materije) (Mg GAE/100 g dry matter)	AA – DPPH (mM TE/100 g suve materije) (mM TE/100 g dry matter)	AA – FRAP (mM TE/100 g suve materije) (mM TE/100 g dry matter)
A	14,53	140,40 ± 0,97 a ¹	0,11 ± 0,01 a	1,15 ± 0,04 a
B	16,08	171,77 ± 1,24 b	0,17 ± 0,03 b	1,41 ± 0,06 b
C	94,54	430,70 ± 3,85 c	1,27 ± 0,05 c	3,18 ± 0,09 c
D	94,53	328,05 ± 6,43 d	0,98 ± 0,02 d	2,15 ± 0,08 d
E	94,06	423,02 ± 3,27 c	1,25 ± 0,04 c	3,15 ± 0,09 c
F	95,52	344,13 ± 5,53 e	1,05 ± 0,03 e	2,65 ± 0,03 e

¹Različita slova u istoj koloni označavaju značajnu razliku prema Tukey testu, $p < 0,05$ /Different letters in the same column denote a significant difference according Tukey's test, $p < 0,05$.

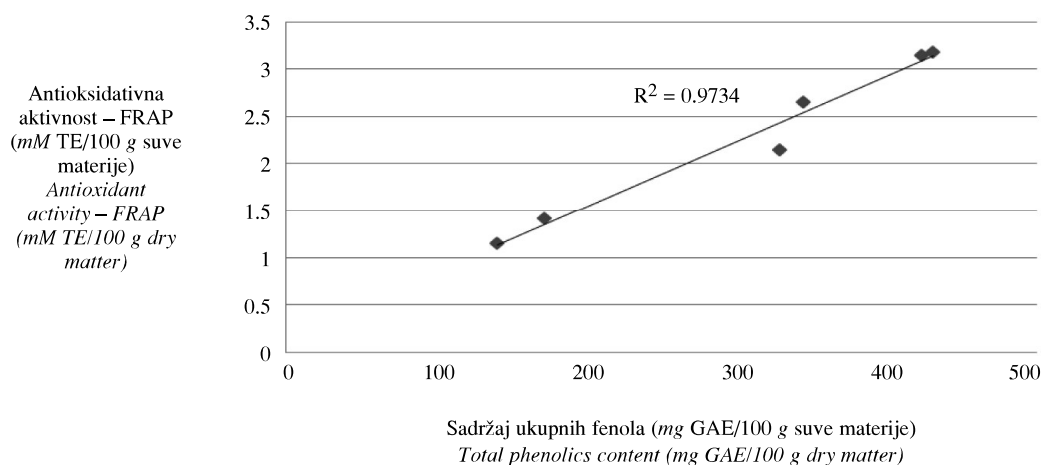
na nižu vrednost ukupnih fenola u odnosu na sortu Golden Delicious, ima intenzivniju aktivnost enzima polifenol oksidaze koji je katalizator reakcije oksidacije polifenola, što je verovatno doprinelo bržem i intenzivnijem potamnjivanju. Sadržaj ukupnih fenola u uzorcima sušene jabuke kretao se od 328,05 do 430,70 mg GAE/100 g suve materije, što je značajno više u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u uzorcima sveže jabuke. Razlog tome je što je tokom sušenja usled dehidracije uzoraka došlo do koncentrisanja komponenata koje čine suhu materiju, a rezultati su u oba slučaja izraženi na 100 g suve materije. Drugi razlog je taj što sama metoda za određivanje ukupnih fenola nije selektivna. U krajnji rezultat mogao je ući i sadržaj komponenata poput redukujućih šećera (glukoza i fruktoza) što je moglo imati uticaja na dobijene rezultate. Najveći sadržaj ukupnih fenola imao je uzorak jabuke sorte Idared sušene na 60 °C, potom uzorak jabuke sorte Idared sušene na 70 °C, dok je sadržaj ukupnih fenola u sušenim uzorcima jabuke sorte Golden Delicious bio značajno manji ($p > 0,05$) u odnosu na sortu Idared iako je u svežem uzorku sorte Golden Delicious sadržaj ukupnih fenola bio veći. Interesantno je istaći da je sadržaj ukupnih fenola bio veći u uzorku jabuke sorte Golden Delicious sušene na 70 °C u odnosu na uzorak iste sorte sušen na 60 °C. Pretpostavka je da je razlog tome veći sadržaj ukupne suve materije u uzorku sušenom na 70 °C.

Rezultati određivanja antioksidativne aktivnosti DPPH testom u uzorcima A i B iznosili su 0,11 i 0,17 mM TE/100 g suve materije, a FRAP metodom 1,15 i 1,41 mM TE/100 g suve materije, respektivno, što je u skladu sa rezultatima autora Duda-Chodak *et al.* (2011). Rezultati određivanja antioksidativne aktivnosti DPPH testom u sušenim uzorcima kretali su se od 0,98 do 1,27 mM TE/100 g suve materije, a FRAP metodom od 2,15 do 3,18 mM TE/100 g suve materije što je u skladu sa rezultatima autora Wojdylo *et al.* (2007). Najvišu antioksidativnu aktivnost imao je uzorak jabuke sorte Idared sušen na 60 °C, potom uzorak iste sorte sušen na 70 °C, dok su sušeni uzorci sorte Golden Delicious imali nešto niže vrednosti antioksidativne aktivnosti. Uzorak sorte Golden Delicious sušen na 70 °C imao je višu antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorak iste sorte koji je sušen na 60 °C. Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da je antioksidativna aktivnost obe ispitivane sorte, na obe temperature sušenja, bila značajno viša u odnosu na sveže uzorke. U publikovanim radovima se takođe navodi da je tokom tehnološkog postupka sušenja različitog voća došlo do porasta vrednosti antioksidativne aktivnosti, što potvrđuju rezultati dobijeni u ovom eksperimentu. Porast antioksidativne aktivnosti objašnjen je nastajanjem novih jedinjenja usled dejstva povišene temperature. Novonastala jedinjenja sa izrazito visokim antioksidativnim potencijalom su rezultat Maillard-ovih reakcija



Sl. 1. Korelacija između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativne aktivnosti – DPPH

Fig. 1. The correlation between the total phenolics content and antioxidant activity – DPPH



Sl. 2. Korelacija između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativne aktivnosti – FRAP
Fig. 2. The correlation between the total phenolics content and antioxidant activity – FRAP

(Nicoli *et al.*, 1999; Piga *et al.*, 2003; Yilmaz & Toledo, 2005).

Na slikama 1 i 2 prikazana je korelacija između sadržaja ukupnih fenola i vrednosti antioksidativne aktivnosti dobijene DPPH testom i FRAP metodom.

Iz oba grafika može se zaključiti da postoji visok stepen korelacije između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativne aktivnosti određene DPPH testom i FRAP metodom ($R_2 = 0,9823$ i $R_2 = 0,9734$), respektivno. Visok stepen korelacije ukazuje na to da sadržaj ukupnih fenola vrlo značajno utiče na antioksidativni potencijal, čime su potvrđeni rezultati prethodnih istraživanja autora Ramamoorthy & Bono (2007), Rajić *et al.* (2012), Rekha *et al.* (2012) i Paunović *et al.* (2014).

Generalno, može se zaključiti da na sadržaj ukupnih fenolnih jedinjenja i antioksidativnu aktivnost statistički značajno utiče kako sorta jabuke, tako i režim sušenja, ali i međusobna interakcija ova dva faktora. Statistički značajna razlika ne postoji jedino između uzoraka jabuke sorte Idared sušenih na 60 i 70 °C.

Zaključak

Plodovi jabuke su vrlo značajan izvor fenolnih jedinjenja koja ispoljavaju brojna funkcionalna svojstva, a njihov sadržaj varira u zavisnosti od sorte. U ovom ra-

du, pri konvektivnom sušenju jabuke sorte Idared i Golden Delicious, senzorno prihvatljivija je bila jabuka sorte Golden Delicious jer je ispoljila manji intenzitet enzimatskog potamnjenja na obe temperature sušenja. Ova sorta je imala veći sadržaj ukupnih fenola u neprerađenom uzorku u odnosu na sortu Idared, a u sušenim uzorcima jabuke sadržaj fenolnih jedinjenja bio je viši kod sorte Idared. Generalno, sadržaj ukupnih fenola je bio viši u sušenim uzorcima u odnosu na sveže uzorke jabuke obe sorte i kretao se u intervalu od 328,05 do 430,70 mg GAE/100 g suve materije. Ovo se može objasniti činjenicom da metoda za određivanje ukupnih fenola nije selektivna i da je na krajnji rezultat mogao uticati i sadržaj redukujućih šećera (glukoze i fruktoze). Antioksidativna aktivnost sušenih uzoraka jabuke obe sorte bila je viša u odnosu na sveže, neprerađene uzorke i vrednosti su se kretale u intervalu od 0,98 do 1,27 mM TE/100 g suve materije određeno DPPH testom i od 2,15 do 3,18 mM TE/100 g suve materije određeno FRAP metodom. Više vrednosti antioksidativne aktivnosti sušenih uzoraka ukazuju na to da se pri tehnološkom postupku sušenja usled povišene temperature stvaraju melanoidna jedinjenja koja povećavaju antioksidativni potencijal proizvoda. Na sadržaj ukupnih fenolnih jedinjenja i antioksidativnu aktivnost statistički značajno utiče i sorta jabuke i režim sušenja, ali i međusobna interakcija ova dva faktora.

Zahvalnica/Acknowledgements

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije, No. 46009 i FP7 Project AREA 316004.

Literatura

- Benzie I.F.F., Strain J.J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of „antioxidant power“: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70–76.
- Duda-Chodak A., Tarko T., Tuszyński T. (2011): Antioxidant activity of apples – an impact of maturity stage and fruit part. *Acta Scientiarum Polonorum/Technologia Alimentaria*, 10(4): 443–454.
- Đorđević V.B., Pavlović D.D., Kocić G.M. (2000): Biohemija slobodnih radikala. Medicinski fakultet, Niš.
- Francini A., Sebastiani L. (2013): Phenolic compounds in apple (*Malus x domestica* Borkh.): compounds characterization and stability during postharvest and after processing. *Antioxidants*, 2: 181–193.
- Kaneda H., Kobayashi N., Furusho S., Sahara H., Koshino S. (1995): Reducing activity and flavor stability of beer. *Technical Quarterly Master Brewers Association of the Americas*, 32: 90–94.
- Matthes A., Schmitz–Eiberger M. (2009): Polyphenol content and antioxidant capacity of apple fruit: effect of cultivar and storage conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82: 152–157.
- Milić Lj.B., Đilas M.S., Čanadinović–Brunet M.J., Sakač B.M. (2000): Biljni polifenoli. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Mišić P. (1994): Jabuka. Nolit, Beograd.
- Mratinić E. (2013): Jabuka. Partenon, Beograd.
- Nicoli M.C., Anese M., Parpinel M. (1999): Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 94–100.
- Paunović D., Zlatković B., Mirković D. (2010): Kinetics of drying and quality of the apple cultivars Granny Smith, Idared and Jonagold. *Journal of Agricultural Sciences*, 55(3): 261–272.
- Paunović D., Zlatković B., Mirković D. (2011): Kinetika sušenja jabuke sorte Granny Smith u laboratorijskim uslovima. *Voćarstvo*, 45, 173/174: 69–75.
- Paunović D., Veljović M., Mirković D., Petrović T., Rajić J., Stošić N., Zlatković B. (2014): Effect of heat treatment on antioxidant properties of rose hip (*Rosa canina* L.) products. *Proceedings of II International Congress Food Technology, Quality and Safety*, Novi Sad (Serbia), pp. 627–631.
- Piga A., Del Caro A., Corda G. (2003): From plums to prunes: influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3675–3681.
- Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i vršenja hemijskih i fizičkih analiza radi kontrole kvaliteta proizvoda od voća i povrća, Sl. list SFRJ, br. 29/83.
- Rajić J., Petrović T., Veljović M., Paunović D., Bradaš M., Nedović V., Vukosavljević P. (2012): The influence of apple juice added in blackberry and cherry juices on the total phenols content and antioxidative capacity. *Proceedings of 6th Central European Congress on Food*, Novi Sad (Serbia), pp. 133–138.
- Ramamoorthy P.K., Bono A. (2007): Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of morinda citrifolia fruit extracts from various extraction processes. *Journal of Engineering Science and Technology*, 2(1): 70–80.
- Rekha C., Poornima G., Manasa M., Abhipsa V., Pavithra Devi J., Vijay Kumar H.T., Prashith Kekuda T.R. (2012): Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe citrus fruits. *Chemical Science Transactions*, 1(2): 303–310.
- Singelton V., Rossi J. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdi-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144–158.
- STATISTICA (Data Analysis Software System), v.12, Stat-Soft, Inc., USA (2013).
- Šoškić M.M. (2011): Jabuka. Partenon, Beograd.
- Veličković M. (2006): Voćarstvo. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Vereš M. (2004): Principi konzervisanja namirnica. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Wojdylo A., Figiel A., Oszmiański J. (2007): Influence of temperature and time of apple drying on phenolic compounds content and their antioxidant activity. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57(4C): 601–605.
- Wolfe K., Wu X., Liu R.H. (2003): Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 609–614.
- Yilmaz Y., Toledo R. (2005): Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products. *Food Chemistry*, 93: 273–278.

EFFECT OF DIFFERENT DRYING TEMPERATURE ON THE ANTIOXIDANT PROPERTIES OF THE APPLE CULTIVARS ‘IDARED’ AND ‘GOLDEN DELICIOUS’**Dragana Paunović, Mile Veljović, Tanja Petrović, Dušica Mirković, Ivan Pokeržnik, Jasmina Rajić, Branislav Zlatković**

University in Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Zemun, Republic of Serbia
E-mail: draganap@agrif.bg.ac.rs

Abstract

The apple (*Malus × domestica* Borkh.) is the most consumed in the fresh form fruits but can also been used as an important raw materials in the food industry for the production of juices, nectars, baby foods, refreshing soft drinks, spreads (marmalade, jam), compote, apple vinegar, brandy and dried fruits. In this paper, the apple cultivars ‘Idared’ and ‘Golden Delicious’ were dried in the laboratory dehydrator (air temperature of 60 °C for a period of 4 h and air temperature of 70 °C for a period of 3 h) in order to determine whether elevated temperature has an effect on the antioxidant properties of the processed apple.

The total phenolic content as well as antioxidant activity were evaluated by three compatible UV-VIS

spectrophotometric methods. The results showed that the total phenolic content as well as antioxidant activity significantly increased after drying calculated in relation with unprocessed samples, for both apple cultivars. These results indicate the assumption that an increase of the investigated properties could occur due to the non-selective methods for the determination of total phenolics, and also because of the potential formation of Maillard reactions products, which have been confirmed to increase the antioxidant activity of various food products.

Key words: apple, drying, antioxidant activity, phenolic compounds