

Fizičko-hemijska i antioksidativna svojstva sorti i samoniklih vrsta rodova *Fragaria* i *Rubus*

Jasminka Milivojević¹, Mihailo Nikolić¹, Jelena Bogdanović Pristov²

¹Poljoprivredni fakultet, 11080 Zemun, Nemanjina 6, Srbija
E-mail: jasminka@agrif.bg.ac.rs

²Institut za multidisciplinarna istraživanja, 11000 Beograd, Kneza Višeslava 1a, Srbija

Primljeno: 9. oktobra, 2009; prihvaćeno: 23. oktobra, 2009.

Rezime. Rad prikazuje rezultate trogodišnjih ispitivanja važnijih pomoloških osobina i antioksidativnog kapaciteta ploda, koji su komparativno proučavani kod samoniklih vrsta jagodastih voćaka: šumske jagode (*Fragaria vesca* L.), samonikle maline (*Rubus idaeus* L.) i samonikle kupine (*Rubus fruticosus* L.) uzetih sa prirodnih staništa i kod dve komercijalno značajne sorte svake pomenute vrste: jagode (Marmolada i Madlen), maline (Willamette i Meeker) i kupine (Thornfree i Čačanska bestrna). Ustanovljeno je da su među fizičkim osobinama ploda, značajno niže vrednosti mase i dimenzija ploda ispoljile ispitivane samonikle vrste jagodastih voćaka u poređenju sa komercijalnim sortama, dok su u pogledu hemijskog sastava ploda kod većine analiziranih parametara samonikle vrste pokazale superiornost. Rezultati sadržaja ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda ukazuju da su šumska jagoda ($4,69 \text{ mg g}^{-1}$ i $5,78 \text{ mg g}^{-1}$) i samonikla kupina ($3,20 \text{ mg g}^{-1}$ i $4,95 \text{ mg g}^{-1}$) ispoljile statistički značajno veće vrednosti u poređenju sa komercijalnim sortama. Izuzetak predstavlja samonikla malina kod koje je antioksidativni kapacitet ploda ispoljio nižu prosečnu vrednost ($1,41 \text{ mg g}^{-1}$) u poređenju sa sortom Willamette ($3,13 \text{ mg g}^{-1}$). Pozitivna linearna korelacija registrovana između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda ukazuje na činjenicu da su fenolna jedinjenja imala značajan doprinos u ispoljenoj antioksidativnoj aktivnosti.

Ključne reči: jagoda, malina, kupina, sorta, samonikla vrsta, kvalitet ploda

Uvod

Jagodaste vrste voćaka spadaju među privredno najznačajnije zahvaljujući plodovima visokog kvaliteta, koji se mogu koristiti za potrošnju u svežem stanju, zamrznute ili kao sirovina za različite vidove prerade. Intenzivnim ispitivanjem hemijskih sastojaka ploda jagode, maline i kupine tokom poslednjih godina došlo se do saznanja da pored velikih količina ugljenih hidrata i organskih kiselina, plodovi ovih voćaka sadrže i hemijska jedinjenja sa antioksidativnim svojstvima

(tzv. antioksidanti) među kojima su posebno značajna fenolna jedinjenja i vitamin C (Milivojević et al., 2009; Siriwoharan et al., 2004; Mišić i Nikolić, 2003; Kalt et al., 2001).

Prisustvo antioksidanata predstavlja novi važan parametar kvaliteta ploda, koji ne samo da utiče na očuvanje njegove hranljive vrednosti i senzorskog kvaliteta, već je značajan i sa aspekta zdravstvene korisnosti za ljudski organizam (Vangdal i Slimestad, 2006). Brojne kliničke studije ukazuju na značaj pojedinih grupa fenolnih jedinjenja i vitamina C, koja uz pomoć brojnih mehanizama inhibiraju nastajanje kar-

diovaskularnih i kancerogenih oboljenja kod ljudi (Henriquez *et al.*, 2008; Milić *et al.*, 2000).

Scalzo *et al.* (2005) ukazuju na važnost uloge koju ima genetička pozadina (vrsta i sorta) za determinisanje antioksidativnog potencijala voća. Ovakva proučavanja nedostaju za jagodaste vrste voćaka sa naših prostora iako biodiverzitet šumske flore Srbije predstavlja važan prirodni izvor samoniklih vrsta voćaka. Stoga, cilj ovih istraživanja je bio da se komparativno ispituju fizičko-hemijska i antioksidativna svojstva plodova samoniklih predstavnika jagodastih vrsta voćaka: jagode (*Fragaria vesca* L.), maline (*Rubus idaeus* L.) i kupine (*Rubus fruticosus* L.) uzetih sa prirodnih staništa i plodova po dve komercijalno najvažnije sorte svake pomenute vrste, kako bi se ukazalo na potencijalnu superiornost samoniklih formi. Njihovim uključivanjem u oplemenjivačke programe može se obezbediti znatan potencijal za stvaranje sorti koje će posedovati bolji kvalitet ploda sa većim sadržajem antioksidativnih komponenata. Pojava varijabilnosti u fizičkim i hemijskim pokazateljima kvaliteta ploda, kao i u ispoljenoj antioksidativnoj aktivnosti, dozvolice poređenje po kvalitetu ploda i ispitivanih sorti jagode, maline i kupine sa ciljem preporuke najboljih sorti za gajenje u proizvodnoj praksi.

Materijal i metode

Istraživanja su realizovana u periodu od 2004. do 2006. godine u laboratorijama Katedre za voćarstvo Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Instituta za multidisciplinarna istraživanja iz Beograda. Ogleđom su obuhvaćene samonikle vrste: šumska jagoda (*Fragaria vesca* L.) (Sl. 1), samonikla malina (*Rubus idaeus* L.) i samonikla kupina (*Rubus fruticosus* L.) čiji plodovi su uzeti sa prirodnih staništa Zapadne Srbije (šumska jagoda i samonikla malina, oblast Dragačevo) i Centralne Srbije (samonikla kupina, oblast Levač). Upoređo sa njima su proučavani plodovi po dve komercijalno najvažnije sorte svake pomenute vrste: jagode (Marmolada i Madlen), maline (Willamette i Mecker) i kupine (Thornfree i Čačanska bestrna), koje su gajene u istim područjima kao i njihove samonikle vrste (Sl. 2).

Referentnim metodama ispitivani su sledeći parametri koji određuju kvalitet ploda: fizičke osobine ploda (masa, dimenzije ploda, index oblika, dužina peteljke – samo kod jagode i broj koštunica u plodu – kod



Sl. 1. Šumska jagoda
Wild strawberry



Sl. 2. Sorta Willamette
Cultivar Willamette

maline i kupine); hemijske osobine ploda (sadržaj vitamina C – određen je metodom jodometrijske titracije (Rikovski *et al.*, 1989), sadržaj ukupnih antocijana – određen je po metodi Niketić-Hrazdina (1972) i ukupnih fenola – određen je Folin-Ciocalteu metodom prema Singleton i Rossi (1965) i antioksidativni kapacitet ploda (određen je ABTS testom po metodi Arnao *et*

al., 1999). Eksperimentalni podaci trogodišnjih ispitivanja statistički su obrađeni primenom multivarijacione analize varijanse (MANOVA). Izuzetak predstavlja sadržaj vitamina C, čiji rezultati su statistički obrađeni primenom jednofaktorijske analize varijanse (ANOVA). Značajnost razlika između tretmana testirana je LSD testom na nivou značajnosti 0,05 i 0,01.

Korelaciona zavisnost između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda ispitivanih vrsta i sorti jagodastih voćaka izračunata je primenom Pearsonov-og koeficijenta korelacije.

Rezultati i diskusija

Fizičke osobine ploda. Rezultati fizičkih osobina ploda šumske jagode (*Fragaria vesca* L.) i komercijalnih sorti jagode (Marmolada i Madlen) dobijeni po godi-

nama istraživanja, kao i prosečne vrednosti, prikazani su u tabeli 1. Analizom podataka uočava se da je prosečna masa ploda bila najniža kod šumske jagode – *Fragaria vesca* L. (0,57 g) i da su obe ispitivane sorte ispoljile statistički veoma značajno veće vrednosti u poređenju sa šumskom jagodom. Najvišu prosečnu vrednost za dati parametar imala je sorta Madlen (26,43 g), koja je istovremeno bila i statistički značajno veća u odnosu na vrednost mase ploda sorte Marmolada (25,58 g). Dobijena vrednost kod sorte Madlen odstupa znatno od rezultata Janković (2007), koji je u uslovima Pančevačkog rita registrovao nižu prosečnu vrednost (16,6 g). Milivojević (2006) je takođe dobila znatno nižu prosečnu vrednost mase ploda kod sorte Marmolada (13,2 g) u uslovima beogradskog Podunavlja, što se može objasniti osetljivijim reagovanjem sorti na različite ekološke uslove gajenja.

Tab. 1. Fizičke osobine ploda šumske jagode (*Fragaria vesca* L.) i komercijalnih sorti jagode
Physical fruit properties of wild strawberry (Fragaria vesca L.) and commercial cultivars

Vrsta/Sorta <i>Species/Cv</i>	Godina <i>Year</i>	Masa ploda <i>Fruit weight</i> (g)	Dužina ploda <i>Fruit length</i> (mm)	Širina ploda <i>Fruit width</i> (mm)	Indeks oblika ploda <i>Index of fruit</i> <i>shape</i>	Dužina peteljke ploda <i>Stalk length</i> (cm)		
Šumska jagoda <i>Wild strawberry</i> <i>Fragaria vesca</i> L.	2004.	0,57	12,36	10,22	1,21	–		
	2005.	0,50	12,03	9,45	1,28	–		
	2006.	0,64	12,79	10,68	1,21	–		
	Prosek/ <i>Average</i>	0,57	12,39	10,12	1,23	–		
Marmolada	2004.	28,07	43,55	39,36	1,11	4,05		
	2005.	19,43	38,42	34,50	1,21	4,16		
	2006.	29,23	39,30	37,26	1,05	4,05		
	Prosek/ <i>Average</i>	25,58	40,42	37,04	1,12	4,09		
Madlen	2004.	27,33	42,30	38,22	1,11	3,83		
	2005.	20,80	38,25	35,02	1,10	3,17		
	2006.	31,17	40,92	38,61	1,06	3,81		
	Prosek/ <i>Average</i>	26,43	40,49	37,28	1,09	3,60		
Tretman <i>Treatment</i>	Masa ploda <i>Fruit weight</i>	Dužina ploda <i>Fruit length</i>	Širina ploda <i>Fruit width</i>	Indeks oblika ploda <i>Index of fruit shape</i>				
	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}
Sorta/ <i>Cv</i>	0,709	0,971	0,672	0,921	0,669	0,917	0,030	0,041
Godina/ <i>Year</i>	0,709	0,971	0,672	0,921	0,669	0,917	0,030	0,041
Sorta x god. <i>Cv x year</i>	1,228	1,682	1,165	1,596	1,159	1,588	0,052	0,071

Na osnovu dimenzija ploda (dužine i širine) izračunat je indeks oblika ploda, čije prosečne vrednosti su se kretale od 1,09 kod sorte Madlen do 1,23 kod šumske jagode, što ukazuje na njihov pretežno izdužen oblik ploda. Intreressantno je zapaziti da se sa povećanjem krupnoće ploda indeks oblika ploda smanjuje, odnosno plodovi menjaju oblik od izduženo-konusnog ka zatupasto-konusnom ili široko-konusnom obliku.

U radu je analizirana i dužina peteljke ploda, koja se kod ispitivanih sorti prosečno kretala u rasponu od 3,60 cm (cv Madlen) do 4,09 cm (cv Marmolada).

Rezultati fizičkih osobina ploda samonikle maline (*Rubus idaeus* L.) i komercijalnih sorti maline (Willamette i Meeker) prikazani u tabeli 2. ukazuju na činjenicu da su najniže vrednosti mase ploda (1,97 g) i dimenzija ploda registrovane kod samonikle maline, kao i najmanji broj koštunica u plodu (42,6). Najbolje

fizičke pokazatelje kvaliteta ploda ispoljila je sorta Meeker, uključujući masu ploda (3,93 g), dimenzije (20,92 mm i 20,06 mm), kao i najveći broj koštunica u plodu (87,9). Nešto niže vrednosti za masu i dimenzije ploda kod sorte Meeker dobili su Fotirić et al. (2009) u uslovima beogradskog Podunavlja.

Indeks oblika ploda izračunat iz odnosa dimenzija ploda (dužine i širine) kretao se u rasponu od 0,94 kod samonikle maline (*Rubus idaeus* L.) do 1,05 kod sorte Meeker. Zapaža se da je samo samonikla malina imala indeks oblika ploda manji od 1, što odgovara pretežno zarubljeno-kupastim do okruglastim formama, dok su kod sorti Willamette i Meeker vrednosti ovog parametra veće od 1, što odgovara izrazito konusnim do izduženo-konusnim oblicima.

Rezultati broja koštunica u plodu, kao bitnog činioca krupnoće i konzistencije ploda maline, ukazuju

Tab. 2. Fizičke osobine ploda samonikle maline (*Rubus idaeus* L.) i komercijalnih sorti maline
Physical fruit properties of wild raspberry (Rubus idaeus L.) and commercial cultivars

Vrsta/Sorta <i>Species/Cv</i>	Godina <i>Year</i>	Masa ploda <i>Fruit weight</i> (g)	Dužina ploda <i>Fruit length</i> (mm)	Širina ploda <i>Fruit width</i> (mm)	Indeks oblika ploda <i>Index of fruit shape</i>	Broj koštunica u plodu <i>No of drupelets per fruit</i>
Samonikla malina <i>Wild raspberry</i> <i>Rubus idaeus</i> L.	2004.	2,10	14,57	15,53	0,94	46,1
	2005.	1,86	13,97	14,98	0,93	40,3
	2006.	1,96	14,42	15,52	0,93	41,5
	Prosek/ <i>Average</i>	1,97	14,32	15,34	0,94	42,6
Willamette	2004.	3,51	19,71	20,06	1,00	80,3
	2005.	3,21	20,03	18,80	1,07	86,6.
	2006.	3,52	20,21	19,76	1,02	90,1
	Prosek/ <i>Average</i>	3,41	19,98	19,54	1,03	85,7
Meeker	2004.	4,43	22,44	21,18	1,06	93,8
	2005.	3,42	19,74	18,95	1,04	79,3
	2006.	3,94	20,59	20,05	1,03	90,7
	Prosek/ <i>Average</i>	3,93	20,92	20,06	1,05	87,9
Tretman <i>Treatment</i>		Masa ploda <i>Fruit weight</i>		Indeks oblika ploda <i>Index of fruit shape</i>		Broj koštunica <i>No of drupelets per fruit</i>
	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}
Sorta/ <i>Cv</i>	0,088	0,121	0,021	0,029	1,492	2,044
Godina/ <i>Year</i>	0,088	0,121	0,021	0,029	1,492	2,044
Sorta x god./ <i>Cv x year</i>	0,153	0,209	0,037	0,051	2,585	3,541

da je najmanji broj koštunica u plodu imala samonikla malina (42,6), čija vrednost je istovremeno bila statistički veoma značajno manja u poređenju sa vrednostima registrovanim kod sorti Willamette (85,7) i Meeker (87,9). Variranja u broju koštunica su postojala i između ispitivanih godina, s tim da su nešto veće vrednosti zabeležene u prvoj godini kod samonikle maline i sorte Meeker, dok je kod sorte Willamette najveći broj koštunica u plodu registrovan u trećoj godini istraživanja, što u potpunosti odgovara rezultatima dobijenim za masu ploda.

Analizom rezultata fizičkih osobina ploda samonikle kupine (*Rubus fruticosus* L.) i komercijalnih sorti kupine (Thornfree i Čačanska bestrna) prikazanih u tabeli 3. može se uočiti da se prosečna masa ploda kretala od 2,47 g kod samonikle kupine do 8,32 g kod sorte Čačanska bestrna. Statističkom analizom je utvrđe-

no postojanje veoma značajnih razlika u masi ploda između samonikle kupine i ispitivanih sorti Thornfree i Čačanska bestrna, među kojima je takođe ustanovljena veoma značajna razlika. Testiranjem značajnosti razlika između srednjih vrednosti ispitivanog parametra nije ustanovljeno postojanje statistički značajnih razlika među ispitivanim godinama.

Indeks oblika ploda je ispoljio statistički veoma značajno nižu vrednost kod samonikle kupine (1,03) u poređenju sa ispitivanim sortama, dok je najviša vrednost za dati parametar registrovana kod sorte Čačanska bestrna (1,30), što odgovara izduženo-konusnom do cilindričnom obliku ploda ove sorte saglasno opisu Milenković et al. (2006).

Rezultati broja koštunica u plodu kupine kretali su se proporcionalno sa masom ploda u rasponu od 34,1 (*Rubus fruticosus* L.) do 81,4 (Čačanska bestrna).

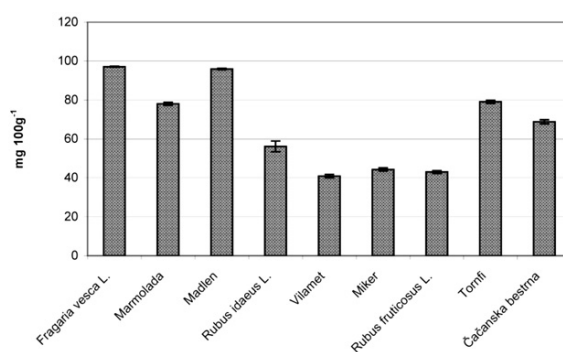
Tab. 3. Fizičke osobine ploda samonikle kupine (*Rubus fruticosus* L.) i komercijalnih sorti kupine
*Physical fruit properties of wild blackberry (*Rubus fruticosus* L.) and commercial cultivars*

Vrsta/Sorta <i>Species/Cv</i>	Godina <i>Year</i>	Masa ploda <i>Fruit weight</i> (g)	Dužina ploda <i>Fruit length</i> (mm)	Širina ploda <i>Fruit width</i> (mm)	Indeks oblika ploda <i>Index of fruit shape</i>	Broj koštunica u plodu <i>No of drupelets per fruit</i>
Samonikla kupina <i>Wild blackberry</i> <i>Rubus fruticosus</i> L.	2004.	2,47	15,43	14,85	1,04	34,5
	2005.	2,48	16,16	15,65	1,03	35,7
	2006.	2,46	15,46	15,11	1,03	32,1
	Prosek/Average	2,47	15,69	15,20	1,03	34,1
Thornfree	2004.	5,44	21,96	19,10	1,15	75,0
	2005.	5,77	25,04	20,88	1,20	77,2
	2006.	5,31	21,96	18,80	1,17	71,1
	Prosek/Average	5,51	22,99	19,59	1,18	74,4
Čačanska bestrna	2004.	8,10	27,41	21,70	1,27	78,1
	2005.	8,07	27,19	20,65	1,32	80,5
	2006.	8,78	30,07	22,94	1,31	85,5
	Prosek/Average	8,32	28,22	21,77	1,30	81,4
Tretman <i>Treatment</i>		Masa ploda <i>Fruit weight</i>		Indeks oblika ploda <i>Index of fruit shape</i>		Broj koštunica <i>No of drupelets per fruit</i>
	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}	LSD _{0,05}	LSD _{0,01}
Sorta/Cv	0,187	0,256	0,016	0,022	1,667	2,284
Godina/Year	0,187	0,256	0,016	0,022	1,667	2,284
Sorta x god./Cv x year	0,324	0,444	0,028	0,039	2,888	3,956

Veoma značajne razlike u vrednostima ovog parametra ustanovljene su kako između samonikle kupine i ispitivanih sorti, tako i između samih sorti (Thornfree i Čačanska bestrna).

Hemijske osobine ploda. Prisustvo vitamina C u plodovima jagodastih voćaka, kao moćnog antioksidanta, koji deluje samostalno ili u kombinaciji sa fenolnim komponentama, doprinosi u značajnoj meri ispoljenoj antioksidativnoj aktivnosti. Njegov uticaj se ogleda i u sprečavanju tamnjenja i obezbojavanja plodova, kao i povećanju njihove trajnosti (Voća et al., 2006). Zapaža se veliko variranje u dobijenim vrednostima sadržaja vitamina C među ispitivanim vrstama / sortama jagodastih voćaka (Graf. 1). Najvišim i približnim vrednostima odlikuju se šumska jagoda ($97,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) i sorta Madlen ($96,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Cordenunsi et al. (2002) ističu uticaj stepena zrelosti ploda na sadržaj askorbinske kiseline, mada po njihovom mišljenju prosečan sadržaj od $60 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ je dovoljno visok da bi jagoda bila razmotrena kao jedan od najbogatijih izvora askorbinske kiseline.

Analizom sadržaja vitamina C kod ispitivanih samoniklih vrsta maline (*Rubus idaeus* L.) i kupine (*Rubus fruticosus* L.) može se uočiti da je samonikla malina manifestovala viši sadržaj vitamina C ($56,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) u poređenju sa ispitivanim sortama Willamette ($40,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) i Mecker ($44,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), dok se



Graf. 1. Sadržaj vitamina C u plodu ispitivanih komercijalnih sorti i samoniklih vrsta jagodastih vrsta voćaka ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$, 2006)
Vitamin C content in the fruit of commercial cultivars and wild berries ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$, 2006)

kod samonikle kupine zapaža obrnuta tendencija. Naime, obe ispitivane sorte kupine su ispoljile veoma značajno veće vrednosti sadržaja vitamina C u odnosu na samoniklu kupinu ($43,0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), čija vrednost je dvostruko veća od vrednosti koje navode Mišić i Nikolić (2003) i Mratinić et al. (2006).

Rezultati sadržaja ukupnih antocijana u plodu ispitivanih samoniklih vrsta i komercijalnih sorti jagodastih voćaka prikazani su u tabeli 4. Najniži sadržaj ukupnih antocijana registrovan je u plodu šumske ja-

Tab. 4. Sadržaj ukupnih antocijana u plodu ispitivanih komercijalnih sorti i samoniklih jagodastih vrsta voćaka ($\text{g } l^{-1}$)
Total anthocyanin content in the fruit of commercial cultivars and wild berries ($\text{g } l^{-1}$)

Vrsta Species	Samonikla vrsta/Sorta Wild species/Cv	Godina/Year			Prosek Average
		2004.	2005.	2006.	
Jagoda Strawberry	<i>Fragaria vesca</i> L.	0,088	0,166	0,078	0,111 b ± 0,02
	Marmolada	0,235	0,271	0,248	0,251 a ± 0,07
	Madlen	0,210	0,235	0,192	0,212 a ± 0,05
Malina Raspberry	<i>Rubus idaeus</i> L.	0,757	1,111	0,863	0,910 b ± 0,10
	Willamette	1,156	1,294	1,073	1,174 a ± 0,02
	Mecker	0,560	0,578	0,619	0,586 c ± 0,07
Kupina Blackberry	<i>Rubus fruticosus</i> L.	1,360	1,421	1,319	1,367 a ± 0,15
	Thornfree	0,550	0,619	0,487	0,552 b ± 0,06
	Čačanska bestrna	0,578	0,608	0,520	0,568 b ± 0,07

$\bar{x} \pm S_x$

**a-b-c: Različite slovne oznake u jednoj koloni ukazuju na statistički značajne razlike između ispitivanih vrsta i sorti na nivou 0,01%.

**a-b-c: Different letters in the same column show significant differences between examined wild species and cultivars at level 0.01%.

gode ($0,111 \text{ g l}^{-1}$) i u odnosu na nju obe ispitivane sorte jagode imale su više vrednosti – Marmolada ($0,251 \text{ g l}^{-1}$) i Madlen ($0,212 \text{ g l}^{-1}$). Zapaža se i postojanje statistički veoma značajnih razlika u dobijenim vrednostima sadržaja ukupnih antocijana kod maline, gde je najviša vrednost registrovana kod sorte Willamette ($1,174 \text{ g l}^{-1}$), a najniža kod sorte Meeker ($0,586 \text{ g l}^{-1}$).

Prema McGhie et al. (2002) sadržaj antocijana u plodovima *Rubus* vrsta znatno varira, što su dokazali i Siriwoharan et al. (2004) navodeći da su i kupine bogat izvor pigmenta antocijana i drugih polifenolnih jedinjenja. U ovom radu je samonikla kupina ispoljila statistički veoma značajno veću vrednost za dati parametar ($1,367 \text{ g l}^{-1}$) u poređenju sa ispitivanim sortama, među kojima značajnost razlika u dobijenim vrednostima nije ispoljena.

Rezultati sadržaja ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda su prikazani u tabeli 5. Analizom sadržaja ukupnih fenola kod ispitivanih samoniklih vrsta jagodastih voćaka uočava se da su šumska jagoda ($4,69 \text{ mg g}^{-1}$) i samonikla kupina ($3,20 \text{ mg g}^{-1}$) ispoljile statistički veoma značajno veće vrednosti u poređenju sa komercijalnim sortama. Izuzetak predstavlja samonikla malina ($1,10 \text{ mg g}^{-1}$) čija je prosečna vrednost sa-

držaja ukupnih fenola statistički značajno niža u odnosu na vrednost dobijenu kod sorte Willamette ($2,22 \text{ mg g}^{-1}$), odnosno približna vrednosti kod sorte Meeker ($1,02 \text{ mg g}^{-1}$). Poredeći dobijene rezultate sa literaturnim, Battino et al. (2004) su ispitujući sadržaj ukupnih fenola u plodu različitih sorti jagode konstatovali višu vrednost kod sorte Madlen ($2,1 \text{ mg g}^{-1}$) u odnosu na vrednost dobijenu u ovom radu ($0,92 \text{ mg g}^{-1}$). To se može objasniti činjenicom da biosinteza i akumulacija fenolnih jedinjenja varira pod uticajem egzogenih faktora u različitim uslovima gajenja.

Prvi korak u determinisanju potencijala zdravstvene korisnosti voća predstavlja merenje antioksidativne aktivnosti, čiji rezultati su se kretali proporcionalno sa sadržajem ukupnih fenola (Tab. 5). Remberg et al. (2007) navode da je antioksidativna aktivnost uslovljena vrstom, sortom i veličinom ploda, pri čemu su jagodaste voćke sa sitnijim plodom ispoljile više vrednosti antioksidativnog kapaciteta. To potvrđuju i rezultati antioksidativnog kapaciteta ploda dobijeni kod ispitivanih samoniklih vrsta jagodastih voćaka. Naime, visokim vrednostima ističu se šumska jagoda – *Fragaria vesca* L. ($5,78 \text{ mg g}^{-1}$) i samonikla kupina – *Rubus fruticosus* L. ($4,95 \text{ mg g}^{-1}$), čiji plodovi su

Tab. 5. Korelaciona zavisnost između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta u plodu ispitivanih komercijalnih sorti i samoniklih vrsta jagodastih voćaka

Pearson's correlation coefficient (r_{xy}) between total phenolics and antioxidant capacity in the fruit of cultivars and wild berries

Vrsta <i>Species</i>	Samonikla vrsta/Sorta <i>Wild species/Cv</i>	Ukupni fenoli <i>Total phenolics</i> (mg GA/g)	Antioksidativni kapacitet <i>Antioxidant capacity</i> (mg ask/g)	Pearson-ov koef. korelacije <i>Pearson's correlation coefficient</i> (r_{xy})
Jagoda <i>Strawberry</i>	<i>Fragaria vesca</i> L.	$4,69 \pm 0,27$	$5,78 \pm 0,42$	0,78*
	Marmolada	$1,09 \pm 0,07$	$1,48 \pm 0,17$	0,62 ^{NZ}
	Madlen	$0,92 \pm 0,06$	$1,50 \pm 0,06$	0,52 ^{NZ}
Malina <i>Raspberry</i>	<i>Rubus idaeus</i> L.	$1,10 \pm 0,06$	$1,41 \pm 0,11$	0,70*
	Willamette	$2,22 \pm 0,44$	$3,13 \pm 0,78$	0,97**
	Meeker	$1,02 \pm 0,02$	$1,32 \pm 0,09$	0,90*
Kupina <i>Blackberry</i>	<i>Rubus fruticosus</i> L.	$3,20 \pm 0,25$	$4,95 \pm 0,45$	0,82**
	Thornfree	$1,97 \pm 0,21$	$2,47 \pm 0,29$	0,76*
	Čačanska bestrna	$1,74 \pm 0,19$	$2,45 \pm 0,33$	0,98**

$\bar{x} \pm S_x$

^{NZ} Statistički nije značajna razlika/*Non-significant difference*

* Statistički značajna razlika na nivou 0,05/*Significantly important difference at level 0.05*

** Statistički značajna razlika na nivou 0,01/*Significantly important difference at level 0.01*

manje krupnoće u odnosu na ispitivane sorte. Izuzetak predstavlja samonikla malina (*Rubus idaeus* L.), kod koje je antioksidativni kapacitet ploda ispoljio nižu prosečnu vrednost ($1,41 \text{ mg g}^{-1}$) u poređenju sa sortom Willamette ($3,13 \text{ mg g}^{-1}$), ali i blisku vrednost sa sortom Meeker ($1,32 \text{ mg g}^{-1}$).

Pozitivna linearna korelacija između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda kod svih ispitivanih samoniklih vrsta i komercijalnih sorti jagodastih voćaka ukazuje na činjenicu da su fenolna jedinjenja imala značajan doprinos u ispoljenoj antioksidativnoj aktivnosti. Nešto niže vrednosti koeficijenta korelacije dobijene u ovom radu kod ispitivanih sorti jagode (Marmolada – 0,62 i Madlen – 0,52), ipak ukazuju na mogući doprinos nekih drugih jedinjenja ukupnoj antioksidativnoj aktivnosti ploda. Međutim, Tsao et al. (2003) su zaključili da sadržaj ukupnih antocijana u plodu sorti jagode ima važan doprinos u sadržaju ukupnih fenola, dok su kod samoniklih jagoda i druga fenolna jedinjenja, a ne samo antocijani, ispoljila značajnu antioksidativnu aktivnost. Sadržaj pigmenata je svakako faktor koji utiče na antioksidativnu aktivnost ploda maline i kupine (Weber i Liu, 2002), na osnovu čega se može zaključiti da tamnije obojeni plodovi imaju veću antioksidativnu aktivnost. To potvrđuju i visoke vrednosti koeficijenta korelacije između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda registrovane kod sorte kupine Čačanska bestrna (0,98) i sorte maline Willamette (0,97).

Zaključak

Ispoljena varijabilnost u analiziranim fizičkim i hemijskim pokazateljima kvaliteta ploda između ispitivanih samoniklih vrsta i sorti jagodastih voćaka, potvrdila je važnost uloge koju imaju genetička svojstva (vrsta i sorta). U tom pogledu izdvajanjem najboljih genotipova iz prirodnih populacija vrsti *Fragaria vesca* L., *Rubus idaeus* L. i *Rubus fruticosus* L., može se obezbediti znatan potencijal za proširivanje spektra oplemenjivačkih ciljeva u pravcu stvaranja sorti koje će posedovati bolji kvalitet ploda. Istovremeno, mogućnost prikupljanja i korišćenja plodova samoniklih vrsta jagodastih voćaka u ishrani, značajno bi poboljšala zdravlje ljudske populacije, srazmerno relativno visokom sadržaju prirodnih hemijskih jedinjenja sa izraženom antioksidativnom aktivnošću.

Poboljšanjem strukture sortimenta jagodastih vrsta voćaka u proizvodnim zasadima, odnosno introdukcijom sorti koje pored dobrih fizičkih i senzorskih osobina kvaliteta ploda, poseduju i visoku nutritivnu i antioksidativnu vrednost, omogućila bi se potrošnja plodova sa izraženim lekovitim svojstvima uz nesmanjen komercijalni efekat takve proizvodnje. Rezultati ovih istraživanja ukazuju da su među ispitivanim sortama jagodastih vrsta voćaka najbolje rezultate za većinu analiziranih parametara ispoljile sorte: Madlen (jagoda), Willamette (malina) i Čačanska bestrna (kupina).

Literatura

- Arnao M.B., Cano A., Acosta, M. (1999): Methods to measure the antioxidant activity in plant material. A comparative discussion. *Free Rad. Res.*, 32: 89–96.
- Battino M., Scalzo J., Capocasa F., Palandrani A., Mezzetti B. (2004): Fragole e antiossidanti: un primato nutrizionale. *Frutticoltura*, 4: 54–56.
- Cordenunsi B.R., Nascimento J.R., Genovese M.I., Lajolo F.M. (2002): Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition on strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2581–2586.
- Henriquez C., Carrasco C., Gomez M., Speisky H. (2008): Slow and fast-reacting antioxidants from berries: their evaluation through the FRAP (Ferric reducing antioxidant power) assay. *Acta Horticulturae*, 777: 531–536.
- Fotirić M., Nikolić M., Milivojević J., Nikolić D. (2008): Selection of red raspberry genotypes (*Rubus idaeus* L.). *Journal of Agricultural Sciences*, 54, 1: 12–19.
- Janković Z. (2007): Biološke karakteristike ranih sorti jagode. *Savremena poljoprivreda*, LVI (6): 203–207.
- Kalt W. (2001): Health functional phytochemicals of fruit. *Hort Rev.*, 27: 269–316.
- McGhie T.K., Hall H.K., Ainge G.D., Mowat A.D. (2002): Breeding *Rubus* cultivars for high anthocyanin content and high antioxidant capacity. *Acta Horticulturae*, 585: 495–499.
- Milenković S., Ružić Đ., Cerović R., Ogašanić D., Tešović Ž., Mitrović M., Paunović S., Plazinić R., Marić S., Lukić M., Radičević S., Leposavić A. (2006): Sorte voćaka stvorene u Institutu za voćarstvo – Čačak. Institut za istraživanja u poljoprivredi SRBIJA, Beograd.
- Milić B., Đilas S., Čanadanović-Brunet J., Sakač M. (2000): Biljni polifenoli. Matica srpska, Novi Sad.
- Milivojević J., Nikolić M., Dragišić-Maksimović J. (2009): Pomoć i antioksidativna svojstva sorti jagode gajenih u regionu Mačve. *Zbornik radova 24. Savetovanja o unapređenju proizvodnje voća i grožđa*. Grocka, 15, 5: 83–90.
- Milivojević J. (2006): Uticaj rastojanja sadnje na generativni potencijal sorti jagode. *Voćarstvo*, 40, 154: 113–122.
- Mišić P., Nikolić M. (2003): Jagodaste voćke. Institut za istraživanja u poljoprivredi SRBIJA, Beograd.

- Mratinić E., Miranović K., Kojić M. (2006): Samonikle vrste voćaka Crne Gore. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Niketić-Aleksić G., Hrazdina G. (1972): Quantitative analysis of the anthocyanin content in grape juices and wines. *Leberm.-Wiss. Technol.*, 5, 5: 163–165.
- Remberg S.F., Måge F., Haffner K., Blomhoff R. (2007): Highbush blueberries *Vaccinium corymbosum* L., raspberries *Rubus idaeus* L. and black currants *Ribes nigrum* L. – influence of cultivar on antioxidant activity and other quality parameters. *Acta Horticulturae*, 744.
- Rikovski I., Džamić M., Rajković M. (1989): Praktikum iz analitičke hemije. Građevinska knjiga, Beograd.
- Scalzo J., Politi A., Pellegrini N., Mezzeti B., Battino M. (2005): Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, 21: 207–213.
- Singleton V.L., Rossi J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Amer. J. Enol. Viticult.*, 16: 144–158.
- Siriwoharan T., Wrolstad R.E., Finn C.E., Pereira C.B. (2004): Influence of cultivar, maturity, and sampling on blackberry (*Rubus* L. hybrids) anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties. *J. Agric. Food Chem.*, 52: 8021–8030.
- Tsao R., Yang R., Sockovie E., Zhou T., Dale A. (2003): Antioxidant phytochemicals in cultivated and wild Canadian strawberries. *Acta Horticulturae*, 626: 25–35.
- Vangdal E., Slimestad R. (2006): Methods to determine antioxidative capacity in fruit. *J. Fruit Orn. Res.*, 14(2): 123–131.
- Voća S., Duralija B., Družić J., Skendrović-Babojelić M., Dobričević N., Čmelik, Z. (2006): Influence of cultivation systems on physical and chemical composition of strawberry fruits cv. El-santa. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71(4): 171–174.
- Weber C., Liu R.H. (2002): Antioxidant capacity and anticancer properties of red raspberry. *Acta Horticulturae*, 585: 451–457.

PHYSICAL, CHEMICAL AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF CULTIVARS AND WILD SPECIES OF *FRAGARIA* AND *RUBUS* GENERA**Jasminka Milivojević¹, Mihailo Nikolić¹, Jelena Bogdanović Pristov²**¹*Faculty of Agriculture, 11080 Zemun, Nemanjina 6, Serbia**E-mail: jasminka@agrif.bg.ac.rs*²*Institute for Multidisciplinary Researches, Kneza Višeslava 1a, 11000 Belgrade, Serbia***Abstract**

The paper presents three years study results (2004–2006) of more important pomological properties and antioxidant capacity in the fruit of strawberry, raspberry and blackberry. A comparison was made between cultivars and wild relatives of each species (*Fragaria vesca* L., *Rubus idaeus* L., and *Rubus fruticosus* L.). It was found out that studied wild species expressed significantly lower values of physical fruit properties in comparison to those determined by commercial cultivars. With regard to chemical fruit composition, wild species showed better results for most of studied parameters. Total phenolics expressed higher values in the wild strawberry and blackberry in comparison to the studied cultivars, and consequently the

highest levels of antioxidant capacity were recorded in *F. vesca* (5.78 mg g⁻¹ FW), followed by *R. fruticosus* (4.95 mg g⁻¹ FW). Concerning raspberries, the most widely grown cultivar in Serbia, 'Willamette', possessed higher antioxidant capacity than those for *R. idaeus* (1.41 mg ask g⁻¹ FW). A positive correlation observed in this study between total phenolics and antioxidant capacity indicate the fact that phenolic compounds had significant contribution in expressed antioxidant activities.

Key words: strawberry, raspberry, blackberry, cultivar, wild species, fruit quality