

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

mr Žaklina M. Karaklajić-Stajić

UTICAJ POLUTUNELSKOG SISTEMA
GAJENJA NA BIOLOŠKO-PROIZVODNE
OSOBINE I PROMENE U KVALITETU
PLODA SORTE KUPINE ČAČANSKA
BESTRNA (*Rubus* subg. *Rubus* Watson)

doktorska disertacija

Beograd, 2015

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Žaklina M. Karaklajić-Stajić, MSc

EFFECT OF RAIN-SHIELD CULTIVATION
SYSTEM ON BIOLOGICAL AND
PRODUCTION CHARACTERISTICS AND
FRUIT QUALITY OF BLACKBERRY CV.
'ČAČANSKA BESTRNA'
(*Rubus* subg. *Rubus* Watson)

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015

MENTOR: _____
dr Mihailo Nikolić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

ČLANOVI KOMISIJE: _____
dr Jasminka Milivojević, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Brankica Tanović, naučni-saradnik
Institut za pesticide i zaštitu životne sredine,
Beograd

dr Milovan Veličković, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Rade Miletić, naučni savetnik
Institut za voćarstvo, Čačak

DATUM ODBRANE: _____

Izjava zahvalnosti

Posebno mesto u ovom radu pripada mom mentoru redovnom profesoru dr Mihailu Nikoliću, zahvaljujući čijem sam strpljenju, podršci i nesebičnom zalaganju realizovala doktorsku disertaciju.

Veliku zahvalnost dugujem vanrednom profesoru dr Jasminki Milivojević na dragocenoj pomoći prilikom planiranja i izrade eksperimentalnog dela rada, kao i tokom pisanja doktorske disertacije.

Zahvaljujem se dr Brankici Tanović, naučnom saradniku Instituta za pesticide i zaštitu životne sredine na stručnoj pomoći i vrednim savetima tokom postavke ogleda i pisanja disertacije iz oblasti zaštite voćaka.

Posebnu zahvalnost dugujem naučnom savetniku dr Radu Miletiću na nesebičnoj podršci, savetima i pomoći tokom izvođenja eksperimentalnog rada.

Zahvaljujem redovnom profesoru dr Milovanu Veličkoviću na korisnim savetima koji su doprineli poboljšanju kvaliteta ove doktorske disertacije.

Iskreno se zahvaljujem svojim kolegama iz Instituta za voćarstvo u Čačku na nesebičnoj pomoći, savetima i podršci tokom izvođenja i realizacije ogleda.

Srdačno se zahvaljujem porodici Glišić iz Gornje Gorevnice, koja je ustupila svoje proizvodne površine za realizaciju ovih istraživanja, kao i kolegama sa Agronomskog fakulteta u Čačku koji su mi omogućili da deo eksperimenta realizujem u njihovim laboratorijama.

Beskrajnu zahvalnost dugujem svojoj porodici koja je nepresušan izvor ljubavi i iskrene podrške koja život znači.

Napomena: Doktorska disertacija predstavlja deo rezultata projekta TR 31093, pod nazivom „Uticaj sorte i uslova gajenja na sadržaj bioaktivnih komponenti jagodastog i koštičavog voća i dobijanje biološki vrednih proizvoda poboljšanim i novim tehnologijama“ koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

**UTICAJ POLUTUNELSKOG SISTEMA GAJENJA NA BIOLOŠKO-
PROIZVODNE OSOBINE I PROMENE U KVALITETU PLODA SORTE
KUPINE ČAČANSKA BESTRNA (*Rubus* subg. *Rubus* Watson)**

Rezime

Istraživanjima u okviru ove doktorske disertacije ispitan je uticaj polutunelskog sistema gajenja na najznačajnije fenološke osobine (vreme cvetanja i zrenja), parametre vegetativnog (broj izdanaka po žbunu, visina i prečnik izdanka) i generativnog (broj rodni grančica, cvasti i plodova po izdanku, prinos) potencijala, pomološke osobine (morfometrija ploda, hemijski sastav i organoleptička ocena ploda), kao i na pojavu sive truleži ploda sorte kupine 'Čačanska bestrna'. Analizirana je i korelacija između količine šećera u plodu i stepena depigmentacije tokom čuvanja zamrznutih plodova, uporednim proučavanjima sa sortama kupine 'Loch Ness' i 'Chester Thornless'. Istraživanja su obavljena u proizvodnom zasadu kupine od 2011. do 2013. godine u ekološkim uslovima Čačka po standardnoj metodologiji.

Rezultati istraživanja su pokazali da je najveći broj analiziranih parametara bio uslovljen sistemom gajenja i ekološkim uslovima u periodu ispitivanja, kao i njihovom interakcijom. Ispitivani sistem gajenja nije uticao na odstupanja u početku fenofaza cvetanja i zrenja dvogodišnjih izdanaka u odnosu na standardni sistem. U pogledu parametara vegetativnog potencijala, veći broj i dužina izdanaka utvrđeni su kod kupine gajene u polutunelskom, a veći prečnik izdanka u standardnom sistemu gajenja. Poređenjem dobijenih rezultata svih ispitivanih parametara generativnog potencijala kupine, veće vrednosti su dobijene kod polutunelskog sistema gajenja. Morfometrijske osobine ploda kupine, izuzev mase ploda, bile su uslovljene značajnim uticajem sistema gajenja i veće vrednosti svih pomenutih osobina utvrđene su u uslovima polutunelskog sistema gajenja kupine. U uslovima polutunelskog sistema gajenja kupine dobijene su veće vrednosti za sve parametre biohemijskog sastava ploda, izuzev za sadržaj ukupnih kiselina i sadržaj vanilinske kiseline. Dobijeni rezultati su potvrdili prisustvo flavonola kvercetina i dominantno prisustvo antocijana cijanidin-3-glukozida u plodu kupine. Među detektovanim fenolnim jedinjenjima, u plodu ispitivane sorte, utvrđena je visoka koncentracija galne i elaginske kiseline. Primena polutunelskog sistema gajenja je

usloвила značajno veći sadržaj ukupnih fenola, a saglasno tome utvrđena je i značajno veća vrednost ukupnog antioksidativnog kapaciteta ploda kupine. Pozitivan efekat gajenja kupine u polutunelima ispoljen je i nižim intenzitetom pojave sive truleži. Vrednosti intenziteta depigmentacije plodova kupine bile su uslovljene genotipom, etapom zrelosti ploda i periodom zamrzavanja. Najniža vrednost pomenutog parametra registrovana je kod sorte 'Loch Ness', a najviša kod sorte 'Čačanska bestrna'. Značajno veći sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u plodu kupine 'Čačanska bestrna' utvrđen je kod plodova u fazi prezrelosti, kao i posle 7 dana zamrzavanja. Dobijeni rezultati su potvrdili i negativnu korelaciju između sadržaja šećera i razgradnje antocijana kod sorti kupine 'Loch Ness', 'Chester Thornless' i 'Čačanska bestrna'.

Gajenje kupine u polutunelima pozitivno je uticalo na parametre vegetativnog i generativnog potencijala, ispoljavanje boljeg hemijskog i nutritivnog kvaliteta ploda, kao i nižeg intenziteta pojave sive truleži ploda ispitivane sorte. Sa druge strane, na osnovu potvrđene korelacije između količine šećera u plodu i intenziteta depigmentacije tokom čuvanja zamrznutih plodova, proizvođačima se mogu dati smernice u tehnologiji gajenja i na taj način ublažiti problem koji direktno utiče na širenje ispitivane sorte kupine.

Ključne reči: kupina, polutuneli, hemijska zaštita, generativni potencijal, kvalitet ploda, depigmentacija plodova.

Naučna oblast: Biotehničke nauke

Uža naučna oblast: Pomologija

UDK: 634.713-152.632:631.544 (043.3)

EFFECT OF RAIN-SHIELD CULTIVATION SYSTEM ON BIOLOGICAL AND PRODUCTION CHARACTERISTICS AND FRUIT QUALITY OF BLACKBERRY CV. 'ČAČANSKA BESTRNA' (*Rubus* subg. *Rubus* Watson)

Summary

This doctoral dissertation research examined the effect of rain-shield cultivation system on major phenological traits (flowering and ripening time), vegetative potential parameters (number of canes per bush, cane height, cane diameter), generative potential parameters (number of fruiting laterals, inflorescences and berries per cane, yield), pomological properties (fruit morphometry, chemical composition and organoleptic scores of the fruit) and the incidence of gray mold in blackberry cv. 'Čačanska Bestrna'. Moreover, the correlation between the sugar content of the fruit and the rate of pigment degradation during frozen storage was analyzed and compared with the blackberry cvs. 'Loch Ness' and 'Chester Thornless'. The research was conducted in a commercial blackberry planting during 2011-2013 under the environmental conditions of Čačak using the standard methodology.

The results showed that most of the tested parameters were affected by production system and environmental conditions during the research, as well as by their interaction. The rain-shield system did not cause any deviation in the onset of flowering and ripening in floricanes compared to open-field cultivation. In terms of the vegetative potential parameters, number of canes and cane length were greater in blackberries under rain shields, whereas cane diameter was higher under open-field cultivation. When comparing the results obtained for the generative potential parameters, higher values were found under rain-shield cultivation. Pomological properties of blackberry, except fruit weight, were significantly affected by production system, with higher values for all pomological traits obtained under rain shields. The rain-shield system resulted in higher values for all parameters of the biochemical composition of the blackberry fruit, except the contents of total acids and vanillic acid. The results confirmed the presence of the flavonol quercetin and the dominant presence of the anthocyanin cyanidin-3-glucoside. Among the phenolic compounds detected in the fruit of the tested cultivar, gallic acid and ellagic acid were found in high concentrations. The

rain-shield cultivation system induced a significantly higher content of total phenols and, accordingly, significantly higher total antioxidant capacity of the fruit. The positive effect of blackberry production under rain shields was also expressed through a lower incidence of gray mold. The rate of pigment degradation in blackberry fruits was affected by genotype, ripening time and frozen storage period, the lowest being in 'Loch Ness' and the highest in 'Čačanska Bestrna'. Significantly higher contents of soluble solids and total anthocyanins in 'Čačanska Bestrna' were found in overripe fruits and after 7 days of frozen storage. The results also confirmed the negative correlation between the sugar content and anthocyanin decomposition in 'Loch Ness', 'Chester Thornless' and 'Čačanska Bestrna'.

Blackberry cultivation under rain shields had a positive effect on the parameters of both vegetative and generative potential, enhanced the chemical and nutritional quality of the fruit and reduced the incidence of gray mold in the tested cultivar. Furthermore, based on the confirmed correlation between the sugar content and the rate of pigment degradation of the fruit during frozen storage, guidelines on the blackberry production technology can be provided for growers to alleviate the problem that has a direct adverse effect on the expansion of the blackberry cultivar analyzed.

Key words: blackberry, rain shields, chemical protection, generative potential, fruit quality, pigment degradation.

Scientific field: Biotechnical sciences

Field of research: Pomology

UDC: 634.713-152.632:631.544 (043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	4
3. PREGLED LITERATURE.....	5
3.1. Vegetativni i generativni potencijal kupine.....	5
3.2. Morfometrijske osobine ploda kupine.....	7
3.3. Hemijska svojstva ploda kupine.....	8
3.4. Organoleptička svojstva kupine.....	18
3.5. Sistem gajenja i siva trulež ploda kupine.....	19
4. RADNA HIPOTEZA.....	22
5. OBJEKAT, MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA.....	23
5.1. Objekat.....	23
5.2. Materijal.....	24
5.2.1 Osnovne karakteristike ispitivanih sorti kupine.....	24
5.2.2 Osnovne karakteristike korišćenog fungicida.....	26
5.3. Metode rada.....	27
5.3.1 Eksperimentalni dizajn.....	27
5.3.2 Fenološke osobine kupine.....	29
5.3.3 Vegetativni potencijal kupine.....	30
5.3.4 Generativni potencijal kupine.....	30
5.3.5 Morfometrijske osobine ploda kupine.....	31
5.3.6 Hemijske osobine ploda kupine.....	31
5.3.6.1 <i>Određivanje sadržaja rastvorljive suve materije u plodu kupine.....</i>	<i>32</i>
5.3.6.2 <i>Određivanje sadržaja ukupnih, invertnih šećera i saharoze u plodu kupine.....</i>	<i>32</i>
5.3.6.2.1 <i>Određivanje sadržaja invertnih šećera.....</i>	<i>32</i>
5.3.6.2.2 <i>Određivanje sadržaja ukupnih šećera.....</i>	<i>33</i>
5.3.6.2.3 <i>Određivanje sadržaja saharoze.....</i>	<i>33</i>
5.3.6.3 <i>Određivanje sadržaja ukupnih kiselina u plodu kupine.....</i>	<i>33</i>
5.3.6.4 <i>Određivanje sadržaja vitamina C u plodu kupine.....</i>	<i>34</i>

5.3.6.5.	<i>Određivanje pH vrednosti, odnosa sadržaja rastvorljivih suvih materija i ukupnih kiselina i odnosa ukupnih šećera i ukupnih kiselina u plodu kupine.....</i>	34
5.3.6.6.	<i>Određivanje sadržaja individualnih fenolnih jedinjenja u plodu kupine.....</i>	35
5.3.6.7.	<i>Određivanje sadržaja ukupnih antocijana u plodu kupine.....</i>	36
5.3.6.8.	<i>Određivanje sadržaja ukupnih fenola u plodu kupine.....</i>	37
5.3.6.9.	<i>Antioksidativni kapacitet ploda kupine.....</i>	37
5.3.7.	Organoleptička ocena kvaliteta ploda kupine.....	38
5.3.8.	Ocena pojave sive truleži ploda kupine i efikasnost hemijske zaštite.....	38
5.3.9.	Depigmentacija plodova kupine pri zamrzavanju.....	39
5.4.	Statistička obrada podataka.....	41
6.	AGROEKOLOŠKI USLOVI.....	42
6.1.	Klimatski uslovi na području Čačka.....	42
6.1.2.	Klimatski uslovi u periodu istraživanja.....	44
6.1.2.1.	<i>Temperaturne prilike na području Čačka u periodu istraživanja.....</i>	44
6.1.2.2.	<i>Količina padavina na području Čačka u periodu istraživanja.....</i>	46
6.1.2.3.	<i>Pregled meteoroloških podataka za period od početka cvetanja do kraja berbe.....</i>	47
6.2.	Zemljišni uslovi	49
7.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	51
7.1.	Vegetativni potencijal sorte kupine ‘Čačanska bestna’.....	51
7.2.	Fenološke osobine sorte kupine ‘Čačanska bestna’.....	52
7.3.	Generativni potencijal kupine	54
7.3.1.	Broj rodnih grančica, cvasti i plodova po izdanku sorte kupine ‘Čačanska bestna’.....	54
7.3.2.	Prinos po izdanku, žbunu i jedinici površine upotrebljivih plodova sorte kupine ‘Čačanska bestna’.....	56
7.4.	Morfometrijske osobine ploda kupine.....	58
7.5.	Hemijske osobine ploda kupine.....	60
7.5.1.	Sadržaj rastvorljive suve materije i šećera u plodu sorte kupine	

	‘Čačanska bestrna’	60
7.5.2.	Sadržaj ukupnih kiselina i vitamina C, pH vrednost, odnos sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih kiselina i odnos ukupnih šećera i ukupnih kiselina u plodu sorte kupine ‘Čačanska bestrna’	62
7.5.3.	Sadržaj individualnih fenolnih komponenti u plodu kupine sorte ‘Čačanska bestrna’	65
7.5.3.1.	<i>Hidroksibenzoeve kiseline</i>	65
7.5.3.2.	<i>Hidroksicinamične kiseline</i>	68
7.5.3.3.	<i>Flavonoidi</i>	69
7.5.4.	Sadržaj ukupnih antocijana u plodu kupine ‘Čačanska bestrna’	71
7.5.5.	Sadržaj ukupnih fenola u plodu kupine ‘Čačanska bestrna’	72
7.5.6.	Antioksidativni kapacitet ploda kupine ‘Čačanska bestrna’	74
7.5.7.	Korelaciona zavisnost između sadržaja ukupnih antocijana, ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda sorte kupine ‘Čačanska bestrna’	76
7.6.	Organoleptička ocena kvaliteta ploda kupine.....	78
7.7.	Ocena pojave sive truleži ploda kupine i efikasnost hemijske zaštite..	79
7.8.	Depigmentacija plodova kupine.....	84
7.8.1.	Depigmentacija plodova kupine sorte ‘Čačanska bestrna’.....	84
7.8.2.	Depigmentacija plodova kupine tokom perioda zamrzavanja.....	86
7.8.3.	Sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima kupine.....	88
7.8.4.	Sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u nedepigmentiranim plodovima kupine	94
8.	DISKUSIJA	97
8.1.	Vegetativni i generativni potencijal kupine.....	97
8.2.	Pomološke osobine kupine.....	101
8.2.1.	Morfometrijske osobine ploda kupine.....	101
8.2.2.	Hemijske osobine ploda kupine.....	103
8.2.3.	Organoleptičke osobine ploda kupine.....	112
8.3.	Siva trulež ploda kupine i efikasnost hemijske zaštite.....	112
8.4.	Depigmentacija kupine.....	113

9. ZAKLJUČAK.....	117
10. LITERATURA.....	121
11. BIOGRAFIJA.....	142
12. PRILOZI.....	144

1. UVOD

Kupina se u svetu gaji na oko 20.000 *ha*, od toga je 7.692 *ha* u Evropi, 7.159 *ha* u Severnoj Americi, 1.640 *ha* u Centralnoj Americi, 1.597 *ha* u Južnoj Americi, 297 *ha* u Okeaniji i 100 *ha* u Africi (Strik *et al.*, 2007).

U grupi jagodastih vrsta voćaka, kupina se po privrednom značaju za Srbiju, nalazi iza maline i jagode (Nikolić i Milivojević, 2010). Robna proizvodnja kupine kod nas počinje posle Drugog svetskog rata, ali se obim proizvodnje nije značajnije povećavao, kao kod maline. Milutinović *et al.* (1999) navode da je u Srbiji 1997. godine proizvedeno oko 12.000 *t* kupine. Nakon toga, do 2005. godine, proizvodnja je utrostručena i dostigla nivo od 28.000 *t* na ukupnoj površini od oko 5.000 *ha* (Nikolić *et al.*, 2012), što čini 69% evropske i 17,82% svetske proizvodnje i svrstava Srbiju među četiri vodeće zemlje u svetu (Strik *et al.*, 2007). Prema popisu poljoprivrede iz 2012. godine, površine pod kupinom u Srbiji zauzimaju 2.977 *ha* (Republički zavod za statistiku, 2013), a proizvodnja je zbog hiperprodukcije i neizvesnog plasmana smanjena na 10–15.000 *t* (Tanović *et al.*, 2012).

Kupina se u najvećem obimu gaji na području centralne, istočne i zapadne Srbije, ali i u regionima sa toplijim klimatom (Nikolić i Milivojević, 2010). Proizvodnja kupine koncentrisana je na gazdinstvima individualnih poljoprivrednih proizvođača, a površina zasada u proseku iznosi oko 0,3 *ha* (Nikolić i Tanović, 2012). Pored tradicionalnih područja centralne Srbije, Pomoravlja, Podrinja, Mačve i Knjaževca, proizvodnja kupine je znatno proširena i u severozapadnoj Srbiji (Valjevo, Osečina, Krupanj, Pecka), zatim u Župi, kao i u delovima Dragačeva (Nikolić *et al.*, 2012). U proizvodnim zasadima kupine u Srbiji dominiraju sorte ‘Čačanska bestrna’ i ‘Thornfree’ sa preko 95% učešća, zatim slede ‘Black Satin’, ‘Dirksen Thornless’, kao i novije sorte ‘Loch Ness’, ‘Chester Thornless’ i ‘Triple Crown’ (Nikolić i Milivojević, 2010; Nikolić *et al.*, 2012).

Plodovi kupine su ukusno voće, velike hranljive, dijeteske, profilaktične, lekovite i zaštitne vrednosti (Veličković, 2000). Biohemijski sastav ploda može značajno varirati u zavisnosti od sorte, sistema gajenja i brojnih abiotičkih faktora, kao što su ekološki uslovi i agrohemijske osobine zemljišta (Prange i De Ell, 1997).

Eksperimentalno je dokazano da plodovi jagodastih vrsta voćaka imaju izuzetan nutritivni potencijal zasnovan na visokom sadržaju prirodnih antioksidativnih jedinjenja (Ding *et al.*, 2006; Tulipani *et al.*, 2008) koja se odlikuju antiinflamatornim, antivirusnim, antimikrobnim i antioksidativnim delovanjem (Reyes-Carmona *et al.*, 2005). U grupi komercijalno značajnih jagodastih vrsta voćaka, kupina se odlikuje najvećim antioksidativnim kapacitetom ploda (Pellegrini *et al.*, 2003), zbog čega bi je trebalo više koristiti u ljudskoj ishrani (Sellappan *et al.*, 2002; Zheng i Wang, 2003).

Za unapređenje proizvodnje kupine u Srbiji, kojom bi se izbeglo variranje u pogledu visine prinosa, kvaliteta ploda, otkupne cene i potražnje na tržištu, neophodna je primena novijih tehnologija gajenja i tehnoloških postupaka prerade, kao i delimična izmena sortimenta.

Visoka trenutna zastupljenost sorte kupine 'Čačanska bestrna' u proizvodnim zasadima, od oko 60%, predstavlja jedan od razloga zastoja u plasmanu kupine iz Srbije (Nikolić *et al.*, 2012). Naime, tržišna vrednost plodova pomenute sorte kupine, može biti znatno umanjena zbog slabe postojanosti crne boje pri čuvanju u zamrznutom stanju, kao i sklonosti plodova ka otpušanju soka (Nikolić i Milivojević, 2010). Zbog toga je neophodno intenzivnijom tehnologijom gajenja, usmerenom ka poboljšanju i očuvanju kvaliteta ploda, doprineti povećanju ekonomskih efekata proizvodnje. Polazeći od činjenice da Srbija godišnje izgubi preko 20% ukupnog roda kupine usled dejstva abiotičkih činilaca, intenziviranje tehnologije gajenja treba usmeriti i u pravcu smanjenja tih štetnih uticaja, pre svega kiše, i na taj način doprineti poboljšanju kvaliteta ploda i obezbeđenju kontinuirane berbe i isporuke plodova.

Poslednjih godina u svetu su aktuelni noviji sistemi gajenja kupine, i to u zaštićenom i poluzaštićenom prostoru, prevashodno zbog zaštite plodova od nepovoljnih vremenskih uslova (Thompson *et al.*, 2009), ali i indirektnog uticaja na smanjenje infekcija izdanaka i ploda različitim patogenima (Goulart, 1991), čime se postiže značajna prednost u poređenju sa proizvodnjom na otvorenom polju. U zavisnosti od tipa konstrukcije, gajenje kupine u zaštićenom i poluzaštićenom prostoru može biti realizovano na različite načine. Jednoredne i dvoredne nadstrešice predstavljaju jednostavnije i izuzetno rentabilne sisteme gajenja u poluzaštićenom prostoru (polutuneli).

Veliki problem u proizvodnji kupine predstavlja trulež plodova tokom fenofaze zrenja, a koju prouzrokuje fitopatogena gljiva *Botrytis cinerea* Pers., koja svake godine u Srbiji umanjuje prinos kupine za oko 30% (Tanović *et al.* 2009). Optimalni uslovi za razvoj oboljenja su relativno hladno i vlažno vreme (Yohalem *et al.*, 2003). Pretpostavlja se da će proizvodnja kupine u polutunelskom sistemu gajenja doprineti smanjenju intenziteta oboljenja i troškova hemijske zaštite, a samim tim i profitabilnijoj proizvodnji i zdravstveno bezbednijem plodu.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Kvalitet ploda kupine kao vrste voćaka dolazi do punog izražaja samo ukoliko je proizvodnja realizovana u uslovima pravilno izabranog lokaliteta, ekspozicije, nadmorske visine, adekvatnog tipa zemljišta, sistema gajenja i pravilnog, odnosno pravovremenog izvođenja svih agrotehničkih mera usklađenih sa biološkim zahtevima gajene sorte.

Uvođenjem intenzivnijeg sistema gajenja kupine, u poluzaštićenom prostoru, tj. u polutunelima, sprečava se štetno dejstvo abiotičkih faktora i obezbeđuje kontinuirana berba, bez obzira na spoljašnje uslove. Stoga je osnovni cilj ove disertacije bio proučavanje uticaja polutunela na najznačajnije biološko-proizvodne osobine kupine sorte 'Čačanska bestrna'.

U cilju povećanja rentabilnosti gajenja kupine sorte 'Čačanska bestrna', čiji su plodovi namenjeni svežoj potrošnji, zamrzavanju i preradi, sprovedena su detaljna proučavanja vegetativnog i generativnog potencijala, morfometrijskih i hemijskih osobina ploda.

Jedan od ciljeva istraživanja bio je utvrđivanje odnosa količine šećera u plodovima kupine i intenziteta depigmentacije prilikom zamrzavanja i čuvanja zamrznutih plodova. Ukoliko rezultati istraživanja potvrde da postoji negativna korelacija između pomenutih faktora, proizvođačima se mogu dati smernice u tehnologiji gajenja, kako bi se ublažio ovaj problem koji direktno utiče na dalje širenje ove sorte kupine.

Imajući u vidu da trulež ploda predstavlja jedno od ekonomski najznačajnijih oboljenja kupine i da se javlja neposredno pred berbu i kod ubranih plodova, proučavan je uticaj polutunelskog sistema gajenja na pojavu sive truleži i efikasnost hemijske zaštite, sa ciljem povećanja rentabilnosti i poboljšanja kvaliteta ploda kupine.

3. PREGLED LITERATURE

Poslednjih godina potrošnja kupine u svetu je u stalnom porastu, kako u svežem stanju, tako i zamrznuta ili prerađena u različite prehrambene proizvode (Eyduran *et al.*, 2008). Nikolić i Tanović (2012) navode da se proizvodnja kupine u Srbiji odlikuje kontinuiranim smanjenjem, a pre svega zbog niske otkupne cene plodova.

Strik *et al.* (2007) ističu da su u svetu, u komercijalnim zasadima kupine, iz grupe sorti poluuspravnog rasta, najzastupljenije ‘Thornfree’, ‘Loch Ness’ i ‘Chester Thornless’, sa oko 58%, zatim slede ‘Dirksen Thornless’, ‘Hull Thornless’ i ‘Smoothstem’ sa oko 28%, i ‘Čačanska bestrna’ sa zastupljenošću od oko 5%. Sortna struktura u proizvodnim zasadima kupine u Srbiji predstavlja jedan od razloga zastoja u plasmanu kupine, s obzirom da dominiraju sorte ‘Čačanska bestrna’ i ‘Thornfree’ sa preko 95% učešća, a zatim slede sorte ‘Black Satin’ i ‘Dirksen Thornless’ (Nikolić i Milivojević, 2010).

Da bi se proizvodnja kupine u Srbiji zadržala na optimalnom nivou (20.000–25.000 t), neophodna je intenzivnija obnova zasada i izmena sortimenta, imajući u vidu i nedostatke najzastupljenijih sorti (Nikolić i Milivojević, 2010). Zbog nepravilne agrotehnike i prevelikog opterećenja rodnom, plodovi sorte ‘Čačanska bestrna’ odlikuju se slabijim kvalitetom, a zbog krupnoće, nešto slabijom transportabilnošću, dok plodovi sorte ‘Thornfree’ ne dozrevaju u uslovima hladnih i kišnih leta i u područjima sa nadmorskom visinom iznad 600 m (Nikolić *et al.*, 2012).

3.1. Vegetativni i generativni potencijal kupine

U cilju povećanja rentabilnosti, odnosno postizanja visokih i kvalitetnih prinosa u voćarskoj proizvodnji, neophodno je što ranije uspostaviti ravnotežu između vegetativnog i generativnog potencijala voćaka (Williamson i Coston, 1990).

Kupina je biljka sa snažnim i relativno plitkim korenovim sistemom, izraženim vegetativnim potencijalom i visokim prinosima (Nikolić i Milivojević, 2010). Tokom perioda vegetacije, uticaj genotipa (sorta) i agroekoloških uslova različito se manifestuje na parametre vegetativnog potencijala i pomološke osobine kupine (Atila *et al.*, 2006a; Atila *et al.*, 2006b; Eyduran *et al.*, 2007). Kupina se odlikuje jasno definisanim ciklusom rasta,

odnosno dvogodišnjim periodom rasta nadzemnih delova izdanaka (Moore i Skirvin, 1999; Carew *et al.*, 2000). Proučavajući vegetativne karakteristike osam sorti kupine tokom petogodišnjeg perioda u agroekološkim uslovima Turske, Eyduran *et al.* (2008) su utvrdili da je broj izdanaka po žbunu varirao u intervalu od 8,61 do 12,09, dužina izdanka od 220,74 do 232,28 *cm* i prečnik izdanka od 14,90 do 19,78 *mm*. Šoškić (1998) navodi da izdanci kupine do kraja vegetacije dostižu dužinu od oko 1,6 *m* i više, a prema Mišić i Nikolić (2003), zavisno od bujnosti sorte, agroekoloških uslova i starosti žbuna, dužina izdanka dostiže od 2 do 4 *m*. Najintenzivniji rast izdanaka kupine je tokom juna, paralelno sa fenofazom cvetanja, zbog optimalnih temperaturnih uslova i vlažnosti (Glišić, 2004). Na osnovu rezultata proučavanja pomološko-tehnoloških osobina nekih sorti kupine u uslovima istočne Srbije, Miletić *et al.* (2006) navode da je broj izdanaka po žbunu kod sorte 'Čačanska bestrna' iznosio 4,7, dužina izdanka 2,3 *m* i debljina izdanka pri osnovi 17,6 *mm*.

Savremenu proizvodnju kupine odlikuje visoka rentabilnost, dug eksploatacioni period, visoki prinosi i dobar kvalitet plodova (Mišić i Nikolić, 2003). Broj rodni grančica, cvasti, plodova i prinos po izdanku predstavljaju parametre generativnog potencijala kupine, odnosno pokazatelje rodnosti sorte. Diferenciranje generativnih pupoljaka kod jagode, maline, kupine i borovnice, uslovljeno je u velikoj meri svetlosnim režimom, temperaturnim uslovima i primenjenim sistemom gajenja (Strik, 2012). Sorta kupine 'Čačanska bestrna' prema Stanisavljeviću (1999), formira 4–5 jakih bestrnih i od sredine povijenih izdanaka sa kratkim internodijama na kojima se celom dužinom obrazuju rodne grančice. Cvetovi su sakupljeni u cvasti na vrhovima rodni grančica (Nikolić i Milivojević, 2010).

Glišić (2004) navodi da prinos predstavlja najvažniju komponentu voćarske proizvodnje i rezultat je delovanja brojnih činilaca (sorta, primenjene agrotehničke mere, starost zasada, agroekološki uslovi, zdravstveno i fiziološko stanje biljke). Takođe, Ho (1992) navodi da je visina prinosa kod voćaka određena interakcijskim delovanjem uslova gajenja, fizioloških i morfoloških osobina. Ispitivanjem sorti kupine u uslovima Turske, Eyduran *et al.* (2008) su utvrdili da se prinos po izdanku kretao od 55,20 *g* kod sorte 'Jumbo' do 210,50 *g* kod sorte 'Chester Thornless'. Stanisavljević (1999) je proučavanjem

bioloških osobina četiri sorte kupine ('Thornfree', 'Dirksen Thornless', 'Čačanska bestna' i 'Black Satin') u agroekološkim uslovima Čačka utvrdio najveći broj cvetova u cvasti (159), prinos po žbunu (6,05 kg po žbunu) i jedinici površine (20,16 t po ha) kod sorte 'Čačanska bestna'. Ispitivanjem sorti kupine u uslovima istočne Srbije, Miletić *et al.* (2006) su utvrdili niži prinos (15,3 t po ha) kod sorte 'Čačanska bestna' u poređenju sa rezultatima Stanisavljevića (1999) u uslovima jugozapadne Srbije za istu sortu.

3.2. Morfometrijske osobine ploda kupine

Morfometrijske osobine ploda kupine predstavljaju sortna obeležja, a u praksi važne pokazatelje kvaliteta ploda koji značajno doprinose visini prinosa.

Stanisavljević (1998b) navodi da prosečna masa plodova sorte kupine 'Čačanska bestna' iznosi 9,3 g, a da pojedinačni plodovi dostižu masu od 15,4 g i da sadrže prosečno 89 pojedinačnih koštunica. Strik i Mann (1996) su ispitujući dvadeset različitih genotipova kupine utvrdili korelacionu vezu između mase ploda i broja koštunica. Prema Glišiću (2004) krupniji plod sa manjim brojem koštunica je manje postojan nakon berbe, a time i manje pogodan za upotrebu u svežem stanju i preradu. Milivojević (2008) je ispitivanjem pomoloških osobina kupine 'Čačanska bestna' tokom trogodišnjeg perioda, u uslovima centralne Srbije, ustanovila nešto niže prosečne vrednosti mase ploda i broja koštunica (8,3 g i 81,4, po redosledu). U uslovima istočne Srbije, Miletić *et al.* (2006) su takođe, utvrdili niže vrednosti mase ploda (7,9 g), što objašnjavaju nepovoljnim klimatskim uslovima regiona (sušni periodi), s obzirom da je za stabilnu i kvalitetnu proizvodnju neophodna suma godišnjih padavina od preko 800 mm, sa pravilnim rasporedom tokom vegetacije. Prosečna vrednost indeksa oblika ploda za sortu kupine 'Čačanska bestna' iznosi 1,37 (Stanisavljević, 1999), što prema Gercekcioglu i Esmek (2005) i Milenković *et al.* (2006) odgovara grupi plodova izdužene forme, odnosno izduženo-konusnog do cilindričnog oblika.

3.3. Hemijska svojstva ploda kupine

Plodovi kupine su ukusno voće, velike hranljive, dijeteske, profilaktične, lekovite i zaštitne vrednosti (Veličković, 2000). Biohemijski sastav ploda kupine može značajno varirati u zavisnosti sorte, sistema gajenja, ekoloških uslova i agrohemijskih osobina zemljišta (Prange i De Ell, 1997). Takođe, Chun *et al.* (2005) navode da sadržaj ukupnih suvih materija, šećera, ukupnih kiselina, organskih kiselina, fenolnih jedinjenja i čvrstoća ploda zavise od sorte, ali i od agroekoloških uslova područja, uslova gajenja, primenjenih agrotehničkih mera, kao i uslova skladištenja. Prema Mišiću i Nikoliću (2003), sastav jestivog dela ploda kupine, koji se kreće nešto iznad 90% čine voda, ugljeni hidrati, masti, belančevine, organske kiseline, bojene i mirisne materije, pektinske materije, vitamini, enzimi i mineralne supstance.

Milatović (2011) ističe da je jedan od najvažnijih pokazatelja kvaliteta ploda voćaka sadržaj rastvorljive suve materije. Stanisavljević (1999) je, proučavajući četiri sorte kupine ('Black Satin', 'Dirksen Thornless', 'Čačanska bestrna' i 'Thornfree'), utvrdio da su se plodovi sorte 'Čačanska bestrna' odlikovali najvišim sadržajem rastvorljive suve materije u plodu (10,8%). Nešto niže vrednosti (7,1% i 7,9%) za isti parametar kod sorte 'Čačanska bestrna' ustanovili su Miletić *et al.* (2006) i Milošević *et al.* (2012). Na osnovu proučavanja četiri sorte ('Black Satin', 'Dirksen Thornless', 'Smoothstem', 'Thornfree') i jedne selekcije (škotska selekcija 74126-RA8) kupine bez bodlji, Stanisavljević (1996) je utvrdio da sorte sa krupnijim plodovima imaju niži sadržaj rastvorljivih suvih materija u plodu. Prema Gurrieri *et al.* (2001) veći sadržaj rastvorljive suve materije u plodu je u korelaciji sa većim sadržajem šećera i boljim ukusom.

Ugljeni hidrati zajedno sa kiselinama predstavljaju osnovnu komponentu u formiranju ukusa (Niketić-Aleksić, 1988), ali i energetske i gradivne sastojke ploda kupine. Individualni šećeri, naročito glukoza u plodu kupine (Kopjar *et al.*, 2012) i saharoza u plodu jagode (Wrolstad *et al.*, 1990), imaju pozitivan uticaj na sadržaj antocijana, jer sprečavaju njihovu degradaciju tokom čuvanja (zamrzavanje). Prema Kaume *et al.* (2012) prisustvo individualnih šećera, u sastavu ukupnih prostih šećera, varira između sorti kupine, ali je uslovljeno i uticajem različitih klimatskih uslova. Veberic *et al.* (2014) navode da je

sadržaj ukupnih šećera u plodu kupine sorte 'Čačanska bestrna' iznosio 5,8%, a što je potvrđeno i istraživanjima Miletić *et al.* (2006).

U postizanju usaglašenog ukusa plodova voća veoma je važna ravnoteža između sadržaja šećera i organskih kiselina (Hudina i Stampar, 2000). Sadržaj kiselina se odražava na ukus ploda, koji zavisi od izbalansiranog odnosa šećera i kiselina (Nikolić i Milivojević, 2010). Organske kiseline su korisne i za stabilizaciju askorbinske kiseline i antocijana, zbog čega imaju ključnu ulogu u formiranju boje ploda i produžetku skladišne sposobnosti svežih i prerađenih plodova (Talcott, 2007). Prema Reyes-Carmona *et al.* (2005) procentualna zastupljenost ukupnih kiselina u plodu kupine varira u intervalu od 1,02 do 4,22%. Najzastupljenije organske kiseline u plodu kupine su limunska, jabučna i sirćetna (Veberic *et al.*, 2014), pri čemu je sadržaj limunske i jabučne kiseline dominantan, što je direktno uslovljeno genotipom (Kafkas *et al.*, 2006). Prema istraživanjima Veberic *et al.* (2014), sorta 'Čačanska bestrna' odlikovala se najvećim prosečnim sadržajem ukupnih kiselina (17,17 g kg⁻¹ sveže mase ploda) u poređenju sa pet sorti kupine ('Black Satin', 'Chester Thornless', 'Thornless Evergreen', 'Loch Ness' i 'Thornfree').

Eksperimentalno je dokazano da plodovi jagodastih vrsta voćaka predstavljaju izuzetan nutritivni potencijal zasnovan na visokom sadržaju antioksidativnih komponenata (Ding *et al.*, 2006; Tulipani *et al.*, 2008). U antioksidanse se ubrajaju karotenoidi, vitamini, fenoli, glutation i endogeni metaboliti (Larson, 1988). U literaturi se mogu pronaći brojni navodi koji ističu antioksidativnu aktivnost vitamina C (Omaye i Zhang, 1998; Szajdek i Borowska, 2008), koja se uglavnom ispoljava u sinergizmu sa prisutnim flavonoidima (Isler *et al.*, 1988; Kähkönen *et al.*, 2001). Njegov uticaj se ogleda u sprečavanju tamnjenja i obezbojavanja plodova, kao i povećanju njihove trajnosti (Voća *et al.*, 2006) tako što inhibitorno deluje na fiziološke procese koji umanjuju kvalitet plodova tokom čuvanja (Lattanzio *et al.*, 2001). Sa druge strane, vitamin C utiče na smanjenje tzv. oksidativnog stresa u ljudskom organizmu, čime se smanjuje rizik od pojave hroničnih i kancerogenih oboljenja (Liu, 2003). Prema Wang *et al.* (1997) učešće vitamina C u antioksidativnom kapacitetu ploda voćaka iznosi približno 15%. Sadržaj vitamina C u plodovima jagodastih vrsta voćaka uslovljen je brojnim faktorima kao što su: vrsta, sorta, tehnologija gajenja, stepen zrelosti, uslovi i dužina čuvanja plodova (Hägg *et al.*, 1995; Pantelidis *et al.*, 2007).

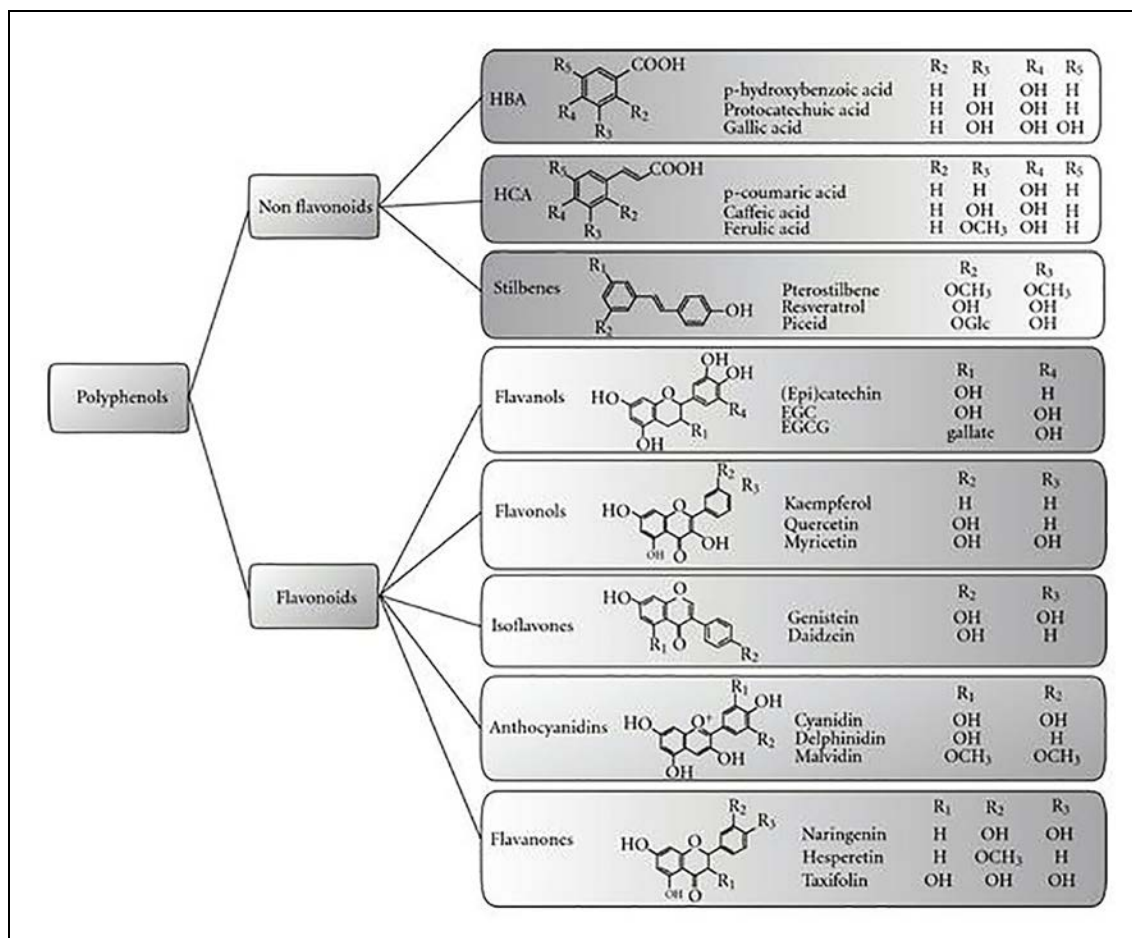
Pantelidis *et al.* (2007) navode da se prosečan sadržaj vitamina C u plodu kupine kreće u intervalu od 14,0 do 18,4 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda, dok Benvenuti *et al.* (2004) i Romero-Rodriguez *et al.* (1992) beleže variranje u rasponu od 6,0 do 13,1 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda. Prema rezultatima istraživanja Stanisavljevića (1999), sadržaj vitamina C u plodu sorte 'Čačanska bestrna' iznosio je 17,2 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda, dok su Veberic *et al.* (2014) ustanovili niže vrednosti (8,63 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda) za isti parametar.

Fenolna jedinjenja su sekundarni metaboliti biljaka prisutni u velikom broju biljnih vrsta, a s obzirom da ih je poznato oko 8.000, čine jednu od najbrojnijih grupa jedinjenja u prirodi (Spanos i Wrolstad, 1992; Harborne i Baxter, 1999; Haminiuk *et al.*, 2012). Njihovu osnovnu strukturu čini benzenov prsten na koji može biti vezana jedna ili više hidroksilnih grupa (Bravo, 1998). Zavisno od broja aromatskih jezgara prisutnih u molekulu, razlikujemo monofenole koji sadrže jedan benzenov prsten na koji je vezana jedna ili više hidroksilnih grupa (prosti fenoli, fenolne kiseline i njihovi derivati) i polifenole koji sadrže veći broj benzenovih prstenova unutar jednog molekula (flavonoidi) (Macheix *et al.*, 1990; Shahidi i Naczki, 2004; Maestri *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2009; Katalinić *et al.*, 2010). Zahvaljujući specifičnoj strukturi molekula, fenolna jedinjenja ispoljavaju snažan potencijal interakcije sa proteinima usled čega mogu inhibirati neke enzime (lipooksigenaza, ciklooksigenaza, ksantin oksidaza i dr.) i delovati kao antioksidansi (Cos *et al.*, 1988; Parr i Bolwell, 2002).

Seeram *et al.* (2006) i Seeram (2008) navode da se fenolna jedinjenja u plodovima jagodastih vrsta voćaka odlikuju antioksidativnim, antikancerogenim, antiinflamatornim i antineurodegenerativnim svojstvima. Zbog toga je utvrđivanje antioksidativne aktivnosti plodova kupine i maline značajno sa aspekta procene pozitivnog uticaja na ljudsko zdravlje (Sariburun *et al.*, 2010). U grupi komercijalno značajnih jagodastih vrsta voćaka, kupina se odlikuje najvećim antioksidativnim kapacitetom ploda, zbog visokog sadržaja fenola, odnosno fenolnih kiselina, antocijana i drugih jedinjenja iz klase flavonoida (Pellegrini *et al.*, 2003), zbog čega bi je trebalo više koristiti u ljudskoj ishrani (Sellappan *et al.*, 2002; Zheng i Wang, 2003). Benvenuti *et al.* (2004) su proučavajući sadržaj fenolnih jedinjenja u plodovima biljaka iz rodova *Rubus*, *Ribes* i *Aronia*, utvrdili da je sadržaj ukupnih fenola u plodu kupine varirao u rasponu od 192,8 do 351,7 mg GAE 100 g⁻¹ sveže mase ploda, što je

saglasno sa rezultatima do kojih su došli Wang i Lin (2000). Nešto veće vrednosti (361 mg GAE 100 g⁻¹ sveže mase ploda) za isti parametar navode Heinonen *et al.* (1998), dok značajno veće vrednosti (od 2.279,8 do 2.716,4 mg GAE 100 g⁻¹ sveže mase ploda) navode Sariburun *et al.* (2010) i dobijene rezultate objašnjavaju uticajem faktora spoljašnje sredine, vremenom berbe, sorte, stepenom zrelosti ploda kupine, kao i metode za ekstrakciju ukupnih fenola. Prema Strack (1997) sinteza fenolnih jedinjenja je uslovljena kompleksnim delovanjem različitih faktora, spoljašnjih (svetlost, temperatura, vlažnost) i unutrašnjih (genetički faktori, hormonski status). Siriwoharn i Wrolstad (2004) su proučavajući strukturu fenolnih jedinjenja u plodu dve sorte kupine ('Evergreen' i 'Marion'), utvrdili da se sadržaj ukupnih fenola kretao u intervalu od 822 do 844 mg GAE 100 g⁻¹ sveže mase ploda. Na osnovu sadržaja ukupnih fenola u plodovima samonikle i komercijalnih sorti kupine, Milivojević *et al.* (2010) ističu superiornost samonikle kupine, i navode da je sadržaj ukupnih fenola u plodu sorte 'Čačanska bestna' iznosio 1,74 mg GAE g⁻¹ sveže mase ploda. Značajno veće vrednosti (235,09 mg GAE 100 g⁻¹ sveže mase ploda) za isti parametar kod sorte 'Čačanska bestna' navode Stajčić *et al.* (2012), proučavajući antioksidativnu aktivnost plodova nekih jagodastih vrsta voćaka.

Sumbul *et al.* (2011) navode da se fenoli prema hemijskom sastavu dele na ne-flavonoide (hidroksicinamične, hidroksibenzoeve kiseline i njihovi derivati, stibeni) i flavonoide (antocijanidini, flavanoni, flavanoli, flavonoli, flavoni i izoflavoni) (Slika 1).



Slika 1. Strukturna podela fenolnih jedinjenja (Vauzour, 2012)

Fenolne kiseline, antocijani, flavonoli i flavan-3-oli su najzastupljenija fenolna jedinjenja u plodu kupine (Wald *et al.*, 1986; Proteggente *et al.*, 2002; Sellappan *et al.*, 2002; Shahidi i Naczk, 2003; Milivojević *et al.*, 2011). Szajdek i Borowska (2008) navode da je sadržaj pomenutih hemijskih jedinjenja znatno veći u delu pokožice koštunica ploda, u odnosu na središnji deo (meso koštunica). Sa druge strane, sadržaj fenolnih jedinjenja u plodu jagodastih vrsta voćaka varira između sorti (Minoggio *et al.*, 2002; Howard *et al.*, 2003) i uslovljen je u značajnoj meri temperaturnim uslovima tokom vegetacije (Perez-Tello *et al.*, 2001; Wang i Zheng, 2001), vremenom sazrevanja i berbe, kao i delovanjem nepovoljnih abiotičkih činilaca (Reverberi *et al.*, 2001; Kirakosyan *et al.*, 2004). Fenolne kiseline se u prirodi retko nalaze u slobodnom obliku; najčešće su u konjugovanim oblicima kao estri (Macheix *et al.*, 1990). Prema Bravo (1998) fenolne kiseline su

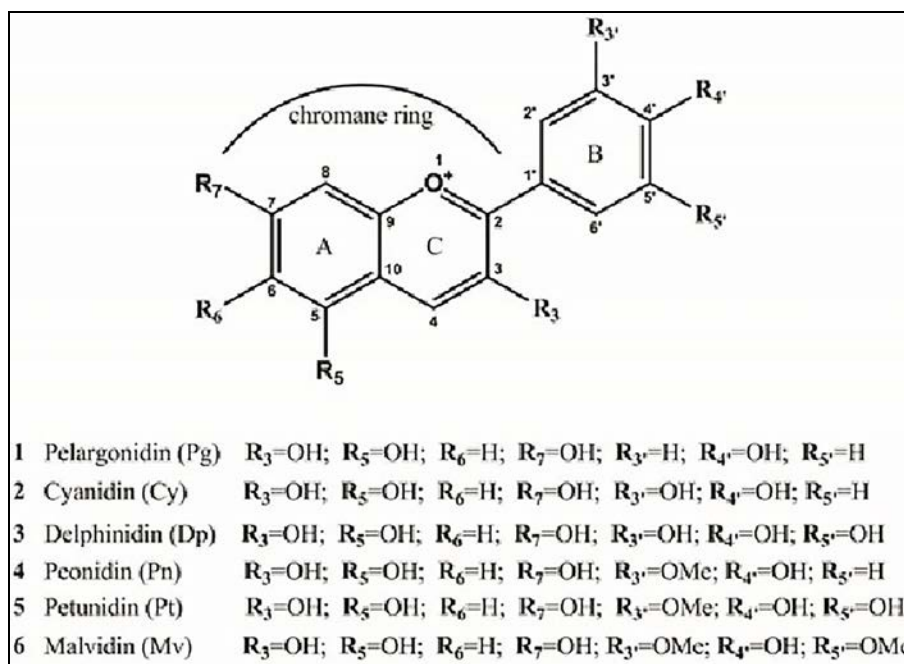
podeljene na dve podgrupe (hidroksibenzoove i hidroksicinamične kiseline) i njihove derivate. Hidroksibenzoove i hidroksicinamične kiseline se razlikuju u stepenu hidroksilacije i metilacije aromatičnog prstena (Macheix *et al.*, 1990; Robbins, 2003). U grupu hidroksibenzoovih kiselina ubrajaju se galna, *p*-hidroksibenzoeva, vanilinska, siringinska, protokatehinska, salicilna, elaginska i gentizinska kiselina (Macheix *et al.*, 1990; Pereira *et al.*, 2009). Hidroksicinamične kiseline se u prirodi retko nalaze u slobodnom obliku, već najčešće u konjugovanim oblicima, kao estri *p*-kumarinske, kafeinske, ferulinske i sinapinske kiseline (Vasco, 2009). U biljnom svetu je najzastupljenija kafeinska kiselina (Han *et al.*, 2007; Pereira *et al.*, 2009; Dai *et al.*, 2010). Milivojević *et al.* (2011) navode da elaginska, galna, protokatehinska, kafeinska, *p*-kumarinska i ferulinska kiselina čine veliki deo fenolnog sadržaja plodova jagode, kupine i maline. Elaginska kiselina deluje izuzetno povoljno na ljudsko zdravlje (Losso *et al.*, 2006; Bakkalbasi *et al.*, 2009), ali je u slobodnom obliku malo zastupljena, i to najčešće posle kiselinske hidrolize, kao produkt razlaganja elagitanina (Beattie *et al.*, 2005). Elagitanini i njihovi derivati su identifikovani u plodovima samo nekih jagodastih (maline, kupine, arktičke maline, jagode) i jezgrastih vrsta voćaka (orah, leska) (Koponen *et al.*, 2007). Elaginska kiselina je hemijski jako vezana za ćelijske zidove u ćelijama ploda kupine (De Ancos *et al.*, 2000; Turkben *et al.*, 2010), dok je najveći sadržaj navedene kiseline utvrđen u semenu koštunica (Siriwoharn i Wrolstad, 2004). Sellappan *et al.* (2002) su proučavajući strukturu fenolnih kiselina u plodu dve sorte kupine ('Choctaw' i 'Kiowa'), identifikovali galnu (6,42 i 4,12 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda, po redosledu sorata), kafeinsku (1,38 i 3,64 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), *p*-kumarinsku (2,08 i 0,40 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), ferulinsku (3,51 i 2,99 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda) i elaginsku kiselinu (33,81 i 30,01 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda). Navedeni rezultati potvrđuju navode Siriwoharn i Wrolstad (2004) da je elaginska kiselina dominantna fenolna kiselina u plodu kupine. Veberic *et al.* (2014) su proučavajući promene u sadržaju fenolnih jedinjenja u plodu šest sorti kupine ('Black Satin', 'Chester Thornless', 'Čačanska bestrna', 'Thornless Evergreen', 'Loch Ness' i 'Thornfree') tokom zamrzavanja, utvrdili da su se plodovi sorte 'Čačanska bestrna' odlikovali značajno nižim sadržajem elaginske kiseline (14,30 mg kg⁻¹ sveže mase ploda) u odnosu na ostale proučavane sorte (izuzev u odnosu na sortu 'Chester Thornless'). Prema

istraživanjima Milivojević *et al.* (2011) utvrđen je niži sadržaj slobodne elaginske kiseline kod sorte 'Čačanska bestna' ($30,9 \mu\text{g g}^{-1}$ sveže mase ploda) u poređenju sa samoniklom kupinom ($61,7 \mu\text{g g}^{-1}$ sveže mase ploda).

Flavonoidi predstavljaju najbrojniju grupu fenolnih jedinjenja (identifikovano oko 6.400) zastupljenu kod različitih biljnih vrsta (Harborne i Baxter, 1999; Procházková *et al.*, 2011). Flavonoli čine jednu od podgrupa flavonoida i prema Veberic (2010) najviše su zastupljeni miricetin, izomiricetin, kvercetin i kempferol, koji su, uglavnom, vezani sa glukozom i ramnozom, a u manjoj meri sa galaktozom, arabinozom i ksilozom. Caridi *et al.* (2007) navode da se flavonoli akumuliraju u površinskim tkivima plodova biljaka, te je stoga njihov sadržaj u značajnoj meri uslovljen svetlosnim režimom i uslovima tokom čuvanja i prerade. Konzumiranje plodova jagodastih vrsta voćaka, pozitivno utiče na ljudsko zdravlje zbog prisutnih flavonola, i to, kvercetina, kempferola, miricetina i njihovih derivata (Hollman i Katan, 1999; Siriwoharn i Wrolstad, 2004). Bilyk i Sapers (1986) su ispitujući sadržaj flavonola u plodovima četiri sorte ('Smoothstem', 'Black Satin', 'Dirksen Thornless' i 'Hull Thornless') i sedam selekcija bestrnih kupina (C-33, C-55, C-60, C-57, C-62, C-58 i C-52), utvrdili da se sadržaj kempferola kretao od $0,6$ do $2,6 \text{ mg kg}^{-1}$ sveže mase ploda, a sadržaj kvercetina od $5,2$ do $35,4 \text{ mg kg}^{-1}$ sveže mase ploda, dok miricetin nije detektovan u uzorcima proučavanih sorti i selekcija kupine. Sa druge strane, Milivojević *et al.* (2011) nisu identifikovali kvercetin u plodovima samonikle i dve komercijalne sorte kupine ('Thornfree', 'Čačanska bestna'), što je u skladu sa navodima Henning (1981), Bilyk i Sapers (1986) i Siriwoharn i Wrolstad (2004) o odsustvu derivata kvercetina u plodu kupine. Na osnovu proučavanja promena u sadržaju antocijana i drugih jedinjenja tokom zamrzavanja kupine, Veberic *et al.* (2014) su ustanovili da je sadržaj flavonola u plodu kupine sorte 'Čačanska bestna' iznosio $12,62 \text{ mg kg}^{-1}$ sveže mase ploda. Milivojević *et al.* (2011) su utvrdili niži sadržaj kempferola ($1,55 \mu\text{g g}^{-1}$ sveže mase ploda) i miricetina ($0,31 \mu\text{g g}^{-1}$ sveže mase ploda) u plodu sorte 'Čačanska bestna', u poređenju sa samoniklom kupinom.

Antocijanidini i njihovi derivati antocijani predstavljaju grupu prirodnih flavonoida i odgovorni su za obojenost ploda kod svih vrsta voćaka, ali su identifikovani i u listu, semenu i izdanku (Wrolstad *et al.*, 1990; Strack i Wray, 1993; Latti *et al.*, 2009; Liu *et al.*,

2013). Crveni, plavi i plodovi ljubičaste boje jagodastih vrsta voćaka, predstavljaju najznačajnije izvore antocijana u odnosu na sve jestive vrste biljaka (Kähkönen *et al.*, 2003). Prema Szajdek i Borowska (2008) i Veberic *et al.* (2015) antocijani se nalaze u vakuolama granularnog oblika uglavnom u spoljašnjim tkivima (pokožica), dok ih u mesu može biti sporadično. Antocijani su u vodi rastvorljivi biljni pigmenti, čiju strukturu čini antocijanidin (Slika 2) i šećer, uglavnom vezan na položaju 3, u C-prstenu ili ređe na položaju 5 ili 7 u A-prstenu (Prior i Wu, 2006; Szajdek i Borowska, 2008). Nikkhah *et al.* (2010) navode da su poznata 22 različita antocijanidina i da se šest najčešće unosi hranom. Najzastupljeniji antocijanidini (Slika 2) su: cijanidin, peonidin, delfinidin, petunidin, malvidin i pelargonidin (Wrolstad, 1976; Nikkhah *et al.*, 2010).



Slika 2. Hemijska struktura najzastupljenijih antocijanidina (Ananga *et al.*, 2013)

Struktura i sadržaj antocijana prisutnih u plodovima svih vrsta voćaka uslovljena je različitim faktorima, počev od genetičke varijabilnosti pa do činilaca spoljašnje sredine, kao što su intenzitet svetlosti, vlažnost, temperatura, ali i primena hraniva i pesticida, kao i infekcije različitim patogenima (Kalt *et al.*, 2001; Kähkönen *et al.*, 2003; Hosseinian *et al.*, 2007). Boyer i Liu (2004) su utvrdili da su se plodovi jabuke izloženi sunčevoj svetlosti

odlikovali većim sadržajem antocijana i kvercetin glikozida u odnosu na plodove koji su gajeni u uslovima zasene. Sinteza antocijana odvija se paralelno sa akumuliranjem šećera, ali direktna veza između navedenih procesa nije utvrđena (Cadot *et al.*, 2011). Različita struktura i visok sadržaj antocijana prisutnih u ćelijama ploda kupine obezbeđuju intenzivnu, skoro crnu boju ploda (Howard *et al.*, 2012). Koca i Karadeniz (2009) su proučavajući strukturu antocijana u plodu samonikle i sedam sorti gajene kupine, utvrdili prisustvo 12 antocijana, od čega je identifikovano 5 pikova, i to za: cijanidin-3-glukozid (cyn-3-glu), cijanidin-3,5-diglukozid (cyn-3,5-di glu), peonidin-3-glukozid (peo-3-glu), pelargonidin-3-glukozid (plg-3-glu) i cijanidin-3-rutinozid (cyn-3-rut). Isti autori ističu da sadržaj cijanidin-3-glukozida u plodu kupine varira u intervalu od 77,47 do 90,42%. Slične vrednosti sadržaja cijanidin-3-glukozida u plodu kupine sorte 'Navaho' dobili su i Cho *et al.* (2004), dok su vrednosti istog parametra kod sorte 'Arapaho' bile nešto niže. Fan-Chiang i Wrolstad (2005) su u plodu kupine identifikovali cijanidin-3-glukozid, cijanidin-3-rutinozid, cijanidin-3-ksilozid, cijanidin-3-glukozid sa jabučnom kiselinom i acilovani derivat cijanidin-3-glukozida. Prema Szajdek i Borowska (2008) sadržaj ukupnih antocijana u plodu kupine kreće se od 134,6 do 152,2 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda. Slične vrednosti sadržaja ukupnih antocijana u plodu dve sorte kupine ('Choctaw', 'Kiowa') dobili su Sellappan *et al.* (2002), dok nešto veće vrednosti kod tri sorte ('Chester Thornless', 'Hull Thornless', 'Triple Crown') navode Wang i Lin (2000). Prema istraživanjima Stajčić *et al.* (2012), sadržaj ukupnih antocijana u plodu kupine sorte 'Čačanska bestrna' iznosio je 50,95 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda, dok su Veberic *et al.* (2014) ustanovili nešto nižu vrednost (48,13 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda) za isti parametar u agroekološkim uslovima centralne Slovenije. Proučavanjem antioksidativne aktivnosti plodova kupine u uslovima različitih tretmana ultrasonične ekstrakcije, Ivanovic *et al.* (2014) su utvrdili da se sadržaj ukupnih antocijana u plodu sorte 'Čačanska bestrna' kretao u intervalu od 1,15 do 1,30 g 100 g⁻¹ suve materije.

Fenolna jedinjenja se odlikuju antiinflamatornim, antivirusnim, antimikrobnim i antioksidativnim delovanjem i time pozitivno utiču na ljudsko zdravlje (Reyes-Carmona *et al.*, 2005). Scalzo *et al.* (2005) naglašavaju da antioksidativni status predstavlja noviji, važan parametar kvaliteta ploda, a Narayana *et al.* (2001) i Liu (2003) definišu

antioksidativnu aktivnost kao sposobnost redukovanja slobodnih radikala i uklanjanje reaktivnih kiseoničnih vrsta (ROS–Reactive Oxygen Species). Antioksidativna aktivnost flavonoida, pored direktne reakcije sa radikalom (hvatanja), uključuje i kopigmentaciju i helatirajuće reakcije sa metalnim jonima (Fernandez *et al.*, 2002; Fiorani *et al.*, 2002). Plodovi jagodastih vrsta voćaka se u poređenju sa ostalim vrstama voćaka i povrćem, odlikuju najvećim antioksidativnim kapacitetom (Lachman *et al.*, 2000a, 2000b), što direktno utiče na uklanjanje reaktivnih kiseoničnih vrsta, inhibiciju oksidacije i razvoj patogenih bakterija (Kähkönen *et al.*, 2001; Puupponen-Pimia *et al.*, 2001). Analizirajući antioksidativni kapacitet i sadržaj fenolnih jedinjenja u plodu kupine, Kaume *et al.* (2012) ukazuju na dominantno prisustvo antocijana i elagitanina u odnosu na ostala fenolna jedinjenja. Takođe, proučavanjem antioksidativnog kapaciteta i sadržaja fenolnih jedinjenja u plodu maline, kupine, crvene ribizle i ogrozda, Pantelidis *et al.* (2007) ističu da se kupina odlikuje najvećim antioksidativnim kapacitetom, odnosno prema Jiao i Wang (2000) najintenzivnijom inhibicijom slobodnih radikala. Rutz *et al.* (2012) su proučavajući uticaj stepena zrelosti plodova kupine sorte ‘Tupi’ na sadržaj bioaktivnih komponenti utvrdili da se antioksidativni kapacitet značajno povećava sazrevanjem plodova, što je posledica povećanja sadržaja fenolnih jedinjenja tokom fenofaze zrenja. Prema Jiao i Wang (2000) vrednost antioksidativnog kapaciteta plodova kupine se kreće u intervalu od 14,8 do 22,6 $\mu\text{mol Trolox g}^{-1}$ sveže mase ploda, što potvrđuju Wang i Lin (2000), rezultatima proučavanja pomenutog parametra, kod tri sorte kupine (‘Chester Thornless’, ‘Hull Thornless’, ‘Triple Crown’). Connor (2002) je ispitivanjem uticaja sorte i faktora spoljašnje sredine na antioksidativnu aktivnost i sadržaj ukupnih fenola u plodu kupine, utvrdila da su vrednosti antioksidativnog kapaciteta varirale od 61,4 do 68,7 $\mu\text{mol FE g}^{-1}$, dok su nešto niže vrednosti (35,05–43,44 $\mu\text{mol FE g}^{-1}$) za isti parametar kod deset sorti kupine dobili Koca i Karadeniz (2009) u agroekološkim uslovima crnomorskog regiona Turske. Primenom ABTS (2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonik-acid) diammonium salt) testa, Milivojević *et al.* (2011) su utvrdili da je antioksidativni potencijal plodova kupine sorte ‘Čačanska bestrna’ iznosio 2,45 mg asc g^{-1} sveže mase ploda, a primenom FRAP metode Ivanovic *et al.* (2014) navode da su se vrednosti navedenog parametra za istu sortu, kretale od 1,15 do 1,38 $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ suve materije.

3.4. Organoleptička svojstva ploda kupine

Komponente hemijskog sastava, količinom kao i međusobnim odnosom, determinišu organoleptička i nutritivna svojstva plodova voćaka. Ukus, aroma, tekstura i izgled ploda smatraju se najznačajnijim organoleptičkim svojstvima (Colaric *et al.*, 2005). Prema Bordonaba i Terry (2010) i Silva *et al.* (2002) struktura i sadržaj šećera i organskih kiselina u zrelih plodovima jagodastih vrsta voćaka u značajnoj meri determinišu organoleptička svojstva ploda. Naime, jedinjenja odgovorna za ukus ploda su uglavnom rastvorljiva u vodi i neisparljiva (ugljeni hidrati, organske kiseline), dok aromu uglavnom determinišu jedinjenja koja se odlikuju nestabilnošću (Shepherd *et al.*, 1993). Prema Hall (1990), idealni ukus plodova kupine za svežu potrošnju je kombinacija visokog sadržaja rastvorljivih suvih materija i suficit sadržaja kiselina. Plod kupine je specifične sjajno crne boje, atraktivnog izgleda, slatkonakiselog ukusa i svojstvene diskretne arome, pogodan za potrošnju u svežem stanju i preradu (Mratinić, 2000; Nikolić i Milivojević, 2010).

Atraktivnost, odnosno vizuelni aspekt kvaliteta ploda je determinisan oblikom, bojom, veličinom i ima ključnu ulogu u prihvatljivosti kod potrošača (Poledica, 2014). Potrošači ocenu kvaliteta baziraju na boji, pa je stoga neophodno zadržati prvobitnu boju i obezbediti uniformnost proizvoda u cilju povećane prihvatljivosti na tržištu (Giusti i Wrolstad, 2003; Wu *et al.*, 2006). Prema De Ancos *et al.* (2000), zamrzavanje predstavlja jedan od najznačajnijih načina očuvanja kvaliteta ploda tokom dugotrajnog skladištenja, ali faktori kao što su sorta, stepen zrelosti ploda, abiotički činioci i njihova variranja tokom vegetacije mogu u značajnoj meri umanjiti pozitivno delovanje navedenog postupka čuvanja. Antocijani su zbog nestabilnosti tokom prerade i čuvanja podložni degradaciji, što direktno utiče na smanjenje intenziteta boje plodova i proizvoda od jagodastih vrsta voćaka (Artes, 2002; Stintzing i Carle, 2004). Perkins-Veazie i Kalt (2002) su dokazali da uslovi skladištenja kupine utiču na promene u hemijskom sastavu ploda, primarno na sadržaj antocijana, kao važnih antioksidativnih komponenata.

3.5. Sistem gajenja i siva trulež ploda kupine

U regionima koji predstavljaju najveće svetske proizvođače kupine (Meksiko, Evropa, Oregon, USA) zastupljeni su različiti sistemi gajenja, što je najvećim delom uslovljeno razlikama između sorti u pogledu tipa rasta izdanaka (Strik i Finn, 2012). U svetskoj proizvodnji kupine, sa 50% su zastupljene sorte poluuspravnog rasta, 25% čine sorte uspravnog i 25% sorte puzećeg rasta (Strik *et al.*, 2007).

Prvi pokušaji gajenja maline u tunelima zabeleženi su u Francuskoj tokom 1971. godine (Lantin i Chavgnat, 1971), a zatim i u Holandiji (Dijkstra, 1978), gde se staklenička proizvodnja prvi put navodi u literaturi 1991. godine (Dijkstra i Scholtens, 1991), da bi se kasnije, oba sistema gajenja maline u zaštićenom prostoru intenzivno komercijalizovala (Dale, 2012).

Poslednjih godina, intenziviranje tehnologije gajenja kupine je najvećim delom usmereno u pravcu smanjenja štetnog uticaja spoljašnjih faktora (niske i visoke temperature, kiša, svetlost). Takeda *et al.* (2013) navode pozitivan efekat sistema gajenja kupine RCA (Rotatable Cross-Arm) za područja Severne Amerike, gde se zime odlikuju temperaturama nižim od -20°C, kao i pozitivan efekat na smanjenje pojave ožegotina na koštunicama usled intenzivne sunčeve svetlosti tokom fenofaze zrenja. Takođe, u cilju smanjenja štetnog uticaja sunčeve svetlosti na plod, kupina se gaji u uslovima zasene ili formiranjem tunela od plastične folije (Strik i Finn, 2012). Intenziviranje tehnologije gajenja maline i kupine, podrazumeva i proizvodnju u zaštićenom prostoru tj. tunelima (Thompson *et al.*, 2009).

Poslednjih godina, sistem gajenja kupine u zaštićenom prostoru (tunelima) je aktuelan, prevashodno zbog zaštite plodova od loših vremenskih uslova, čime se postiže značajna prednost u poređenju sa proizvodnjom na otvorenom polju (Thompson *et al.*, 2009). Dale (2012) navodi da je primarni razlog za gajenje maline u zaštićenom prostoru, variranje faktora spoljašnje sredine, odnosno, zaštita od vetra, prekomerne količine padavina, prevencija delovanju prouzrokovala bolesti, povećanje relativne vlažnosti vazduha i temperature, kao i redukovanje ultraljubičastog zračenja. Gajenjem maline u zaštićenom prostoru obezbeđuje se zaštita od vetra i niskih zimskih temperatura, čime se

ostvaruju veći prinosi za 20–100% (Privé i Allain, 2000; Burkhart i White, 2003). Takođe, gajenjem maline u zaštićenom prostoru, indirektno se utiče na smanjenje infekcija izdanaka i ploda različitim patogenima (Goulart, 1991), što se odražava na povećanje vegetativnog i generativnog potencijala. Prema istraživanjima Bal i Meesters (1995), gajenje sorti kupine poluuspravnog rasta u tunelima i staklenicama produžava fenofazu zrenja, i time utiče na povećanje rentabilnosti proizvodnje. Thompson i Strik (2009) ističu da nije bilo uticaja tunelskog sistema gajenja kupine na početak fenofaze zrenja, u odnosu na gajenje na otvorenom polju, dok je značajan uticaj utvrđen na visinu prinosa, dimenzije ploda i broj koštunica.

Prema Tanović *et al.* (2009) veliki problem u proizvodnji kupine, predstavlja trulež plodova tokom fenofaze zrenja, koju prouzrokuju fitopatogene gljive *Botrytis cinerea* Pers., i koja svake godine umanjuje prinos kupine za oko 30%.

Prouzrokovatelj sive truleži, parazitira preko 200 dikotilednih biljnih vrsta (Williamson *et al.*, 2007), a naročito je štetan u proizvodnji grožđa, povrća i jagodastih vrsta voćaka (Rosslenbroich i Stuebler, 2000). Prema Li *et al.* (2012) sivu trulež ploda kupine mogu da prouzrokuju dve vrste roda *Botrytis*: *B. cinerea* i *B. patula*. Međutim, u Srbiji je do sada dokazano samo prisustvo vrste *B. cinerea* (Tanović, neobjavljeni podaci). Vrste roda *Botrytis* imaju nekrofitni životni ciklus koji je najčešće usko povezan sa fenologijom biljaka-domaćina (Tanović *et al.*, 2011). S tim u vezi, Bielenin (2002) ističe da se zaštita uglavnom zasniva na preventivnoj primeni fungicida tokom perioda cvetanja kada patogen ostvaruje infekciju. Na kupini i malini, patogen izaziva trulež plodova u toku vegetacije, transporta i skladištenja (Tanović *et al.*, 2008). Prvi simptomi na plodovima uočavaju se na početku zrenja na pojedinačnim koštunicama u neposrednoj blizini cvetne lože, a zatim trulež zahvata ceo plod na kome patogen obilno sporuliše (Bristow, 1991; Tanović, 2010). Prema Yohalem *et al.* (2003) optimalni uslovi za ostvarenje infekcije i razvoj oboljenja su relativno hladno i izuzetno vlažno vreme.

Intenzitet pojave gljivičnih oboljenja na plodovima jagodastih vrsta voćaka je u značajnoj meri uslovljen primenom tehnologijom gajenja, transportom i uslovima tokom berbe i čuvanja plodova (Tournas i Katsoudos, 2005). Aprea *et al.* (2010) ističu da se

gajenjem maline u zaštićenom prostoru (tunelima) značajno smanjuju štete od pojave sive truleži.

Literaturni podaci o uticaju zaštićenog prostora na pojavu sive truleži ploda kupine za sada ne postoje.

4. RADNA HIPOTEZA

Intenziviranje tehnologije gajenja predstavlja jedan od osnovnih uslova unapređenja savremene voćarske proizvodnje. Brojna istraživanja u ovoj oblasti pokazuju da gajenje jagodastih vrsta voćaka u zaštićenom ili poluzaštićenom prostoru doprinosi poboljšanju kvaliteta ploda i povećanju visine prinosa.

U disertaciji se polazi od pretpostavke da će gajenje sorte kupine 'Čačanska bestrna' u polutunelu imati pozitivan uticaj na parametre vegetativnog i generativnog potecijala, morfometrijske i hemijske osobine ploda. Razlike u prinosu i kvalitetu plodova dobijenih u različitim sistemima gajenja (polutuneli i otvoreni prostor) koje se očekuju, poslužiće kao osnova za davanje preporuke za izbor pogodnijeg sistema gajenja ove sorte u agroekološkom području Čačka.

Depigmentacija plodova tokom zamrzavanja, koja nastaje kao posledica razgradnje antocijana, najznačajniji je nedostatak sorte kupine 'Čačanska bestrna'. U ogledima *in vitro* je utvrđeno da na stabilnost antocijana, između ostalih činilaca, utiče i količina šećera u plodovima. Utvrđivanje veze između sadržaja šećera i razgradnje antocijana je jedna od radnih hipoteza ove disertacije. Očekuje se da će gajenje kupine u sistemu polutunela uticati na povećanje sadržaja šećera, a time i na smanjenje depigmentacije plodova pri zamrzavanju i čuvanju. Time će najvažniji nedostatak sorte 'Čačanska bestrna' biti delimično prevaziđen.

Polazeći od činjenice da *B. cinerea* Pers. u proizvodnji kupine najveće štete prouzrokuje u godinama sa dugim kišnim periodima tokom cvetanja i berbe, pretpostavlja se da će gajenje u polutunelskom sistemu sprečiti dospevanje slobodne vode na cvetove i plodove, što će rezultirati smanjenjem stepena zaraze u odnosu na standardni sistem gajenja. Takođe, očekuje se da će odsustvo vode koja je neophodna za ostvarenje infekcije imati pozitivan efekat i na efikasnost hemijske zaštite, što će biti značajan doprinos smanjenju troškova zaštite i povećanju isplativosti proizvodnje.

5. OBJEKAT, MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

5.1. Objekat

Trogodišnja ispitivanja (2011–2013. godina) obavljena su u zasadu kupine u selu Gornja Gorevnica nedaleko od Čačka. Zasad se nalazi na blagoj padini jugozapadne ekspozicije, na 43°53' SGŠ, 20°20' IGD i 400 m nadmorske visine.



Slika 3. Zasad kupine sorte ‘Čačanska bestrna’

Zasad je podignut u proleće 2006. godine, po špalirskom sistemu gajenja, odnosno u formi vertikalnog špalira (Nikolić i Milivojević, 2015) sa tri reda jednostruke žice (Slika 3). Primenjeno rastojanje sadnje između redova je 3,0 m i 1,5 m u redu.

U zasadu je primenjen sistem za navodnjavanje ‘kap po kap’ i neophodne agrotehničke i pomotehničke mere u skladu sa zahtevima kupine (pravilna rezidba, vezivanje i proređivanje izdanaka kupine, đubrenje, zaštita od prouzrokovala bolesti i štetočina).

Ispitivanja morfometrijskih, hemijskih i organoleptičkih osobina plodova kupine izvedena su u laboratoriji Odeljenja za tehnologiju prerade voća Instituta za voćarstvo u Čačku i laboratoriji za hemiju i hemijske tehnologije Agronomskog fakulteta u Čačku.

5.2. Materijal

5.2.1. Osnovne karakteristike ispitivanih sorti kupine

Istraživanja su sprovedena na sorti kupine ‘Čačanska bestrna’ (Slika 4) koja je stvorena 1984. godine ukrštanjem sorti ‘Dirksen Thornless’ i ‘Black Satin’ u Institutu za voćarstvo u Čačku, a selekcionisana je 1987. godine (Milenković *et al.*, 2006). U proizvodnji je od 1997. godine sa trenutnom zastupljenošću u zasadima u Srbiji od preko 60% (Nikolić *et al.*, 2012). Vrlo je bujna sorta, stvara 4–5 jakih bestrnih izdanaka od sredine povijenih, sa kratkim internodijama. Rodne grančice se razvijaju od osnove izdanaka, sa cvetovima sakupljenim u cvasti na vrhovima rodnih grančica. Srednje rana je sorta, koja počinje da zri početkom treće dekade jula, a berba se završava krajem avgusta.



Slika 4. Plodovi sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Samooplodna je i izuzetno rodna sorta. Plod je vrlo krupan, izduženo cilindričnog do zarubljeno kupastog oblika, sjajno crne boje, slatko-nakiseo i aromatičan. Mezokarp je umereno čvrst i lako otpušta sok pri transportu. Ispoljava sklonost ka reverzibilnosti crvene boje ploda nakon berbe i u toku skladištenja. Pogodna je za mehanizovanu berbu, a plodovi se mogu koristiti u svežem stanju, kao i za različite vidove prerade (Stanisavljević *et al.*, 2002).

Deo istraživanja koji se odnosi na proučavanje depigmentacije plodova kupine sorte 'Čačanska bestrna' sproveden je u poređenju sa sortama 'Loch Ness' i 'Chester Thornless' koje su služile kao standard sorte za ispitivani parametar.

'Loch Ness' je sorta stvorena u Škotskoj 1990. godine, poluuspravnog tipa rasta (Slika 5). Sazreva rano (u nekim lokalitetima već početkom jula), sa dugim rasponom zrenja plodova. Srednje je bujnosti i visoko prinosna sorta, relativno otporna prema niskim zimskim temperaturama. Plod je krupan, izduženo konusnog oblika, sjajno crne boje, sa visokim sadržajem rastvorljive suve materije i aromatičan.



Slika 5. Plodovi sorte kupine 'Loch Ness'

Odlične je čvrstoće mezokarpa, bez izražene sklonosti ka reverzibilnosti crvene boje nakon berbe ili u toku skladištenja. Plod se može koristiti za upotrebu u svežem stanju, za zamrzavanje i različite vidove prerade (Nikolić i Milivojević, 2010).

'Chester Thornless' je sorta kupine stvorena u SAD (Beltsville, Maryland) ukrštanjem sorti 'Thornfree' i 'Darrow' (Slika 6). Sazreva srednje rano do srednje pozno.

Bujna je sorta, visoke rodnosti i otpornosti prema niskim zimskim temperaturama. Plod je srednje krupan, zarubljeno kupastog oblika, sjajno crne boje. Nema osobinu omekšavanja i gubljenja boje tokom jakog osunčavanja, kao ni posle berbe. Ukus ploda je vrlo prijatan, skladan, sa izbalansiranim sadržajem šećera i kiselina (Scalzo *et al.*, 2003). Plod je pogodan za upotrebu u svežem stanju, zamrzavanje i kao sirovina za različite vidove prerade (Nikolić i Milivojević, 2010).



Slika 6. Plodovi sorte kupine 'Chester Thornless'
(Prof. dr Mihailo Nikolić, original)

5.2.2. Osnovne karakteristike korišćenog fungicida

Switch 62,5 WG je fungicid razvijen u korporaciji Syngenta u Švajcarskoj. Predstavlja kombinaciju dve aktivne materije, fludioksonila (25%) i ciprodinila (37,5%). Fludioksonil je nesistemik, deluje preventivno i ograničeno kurativno, prevashodno inhibira klijanje spora, ali i rast micelije i fosforilaciju glukoze kod gljiva. Ciprodinil pripada grupi anilinopirimidina i sistemični je fungicid. Deluje preventivno i kurativno, zaustavlja rast

micelije i njeno prodiranje u biljno tkivo, inhibira sintezu metionina i lučenje hidrolitičkih enzima gljive (Syngenta, 2015).

5.3. Metode rada

5.3.1. Eksperimentalni dizajn

Ogled je postavljen po split-plot sistemu i zavisno od proučavanih parametara ispitivan je uticaj dva i tri faktora.

Kod ispitivanja parametara vegetativnog i generativnog potencijala i kvaliteta ploda kupine praćen je efekat dva faktora, i to:

- 1) polutunelskog sistema gajenja;
- 2) godine proučavanja.

Eksperimentalna površina je obuhvatala četiri reda u zasadu kupine, pri čemu je na dva reda instaliran polutunel. Navedeni sistem gajenja primenjen je na 24 žbuna (12 žbunova u redu) u četiri ponavljanja, a svaki red je zauzimao 20 dužnih metara.

Kod ispitivanja pojave sive truleži ploda kupine sorte 'Čačanska bestrna', efikasnosti hemijske zaštite i prinosa, ispitivan je uticaj tri faktora:

- 1) polutunelskog sistema gajenja;
- 2) hemijske zaštite, tretiranjem sa fungicidom Switch 62,5 WG;
- 3) godine proučavanja.

Takođe, kod ispitivanja intenziteta depigmentacije plodova kupine ispitivan je uticaj tri faktora:

- 1) sorte;
- 2) etape zrelosti ploda;
- 3) perioda zamrzavanja.

Celokupan program istraživanja je obuhvatio veći broj parametara, koji su u cilju lakšeg proučavanja grupisani u nekoliko celina:

- Fenološke osobine kupine;
- Vegetativni potencijal kupine;
- Generativni potencijal kupine;
- Morfometrijske osobine ploda kupine;
- Hemijske osobine ploda kupine;
- Organoleptička ocena kvaliteta ploda kupine;
- Ocena pojave sive truleži ploda kupine i efikasnost hemijske zaštite;
- Depigmentacija plodova kupine tokom zamrzavanja.

Primena polutunela je podrazumevala postavljanje plastične providne folije debljine 150 μm tako da pravi polutunel na visini od 2,80 m, preko plastičnih lukova pričvršćenih na postojeću konstrukciju naslona (Slika 7).

Tretmani su primenjeni na tri žbuna, naizmenično u četiri ponavljanja (ukupno 12 žbunova po tretmanu) u svakom redu zauzimajući 20 dužnih metara. Za hemijsku zaštitu korišćen je Switch 62,5 WG u količini od 0,8 kg ha⁻¹ (po tretmanu).

Tretiranja fungicidom Switch 62,5 WG primenjena su tri puta tokom fenofaze cvetanja kupine (Tabela 1), odnosno na početku cvetanja (otvoreno 5-10% cvetova), tokom punog cvetanja (7 dana nakon prvog tretiranja) i tokom precvetavanja (7 dana nakon drugog tretiranja) pomoću motorne prskalice SR 420 (STIHL International GmbH Waiblingen, Немачка) uz utrošak 1.000 L ha⁻¹.

Tabela 1. Pregled vremena tretiranja fungicidom u periodu istraživanja (2011–2013.)

Godina	Prvo tretiranje	Drugo tretiranje	Treće tretiranje
2011.	1. jun	8. jun	15. jun
2012.	28. maj	4. jun	11. jun
2013.	27. maj	3. jun	10. jun



Slika 7. Izgled konstrukcije polutunela u zasadu kupine

5.3.2. Fenološke osobine kupine

U okviru fenoloških osobina kupine sorte ‘Čačanska bestrna’ tokom trogodišnjeg perioda ispitivani su:

- Fenofaza cvetanja (početak, kraj i trajanje);
- Fenofaza zrenja (početak, kraj i trajanje).

Fenofaza cvetanja određena je evidentiranjem datuma za početak (kada je na žbunovima otvoreno 10% cvetova) i kraj cvetanja (kada sa 90% cvetova opadnu krunični listići). Trajanje navedene fenofaze je izraženo u danima (od početka do kraja cvetanja).

Fenofaza zrenja određena je evidentiranjem datuma za početak (kada je zrelo 10% plodova) i kraj zrenja (dan poslednje berbe). Trajanje navedene fenofaze je izraženo u danima (od početka do kraja berbe plodova).

5.3.3. Vegetativni potencijal kupine

Na kraju svake vegetacije, tokom trogodišnjeg perioda, evidentirane su vrednosti parametara vegetativnog potencijala, i to:

- Broj izdanaka po žbunu;
- Dužina izdanka (*cm*);
- Prečnik izdanka (*mm*).

Broj izdanaka i dimenzije izdanaka određeni su uobičajenim morfometrijskim metodama (metar i digitalno pomično merilo – Carl Roth, Nemačka).

5.3.4. Generativni potencijal kupine

Ispitivanja parametara generativnog potencijala obavljena su u trogodišnjem periodu, i to:

- Broja rodni grančica po izdanku;
- Broja cvasti po izdanku;
- Broja plodova po izdanku;
- Prinosa po izdanku (*g* po izdanku);
- Prinosa po žbunu (*kg* po žbunu);
- Prinosa po jedinici površine (*t* po *ha*).

Ispitivanja parametara generativnog potencijala vršena su brojanjem i merenjem na dvogodišnjim (rodnim) izdancima.

Prinos po izdanku i žbunu utvrđen je merenjem mase ubranih plodova iz svake pojedinačne berbe na elektronskoj vagi ACS System Electronic Scale (Zhejiang, Kina), a prinos po jedinici površine izračunat kao proizvod prinosa po žbunu i broja žbunova po hektaru.



Slika 8. Rodne grančice kupine sorte 'Čačanska bestrna' u različitim fenofazama

5.3.5. Morfometrijske osobine ploda kupine

U trogodišnjem periodu, utvrđene su sledeće morfometrijske osobine ploda kupine:

- Masa ploda (g);
- Dužina ploda (mm);
- Širina ploda (mm);
- Indeks oblika ploda;
- Broj koštunica u plodu.

Ispitivanja navedenih osobina vršena su uobičajenim morfometrijskim metodama na uzorku od 100 plodova (četiri ponavljanja po 25 plodova). Masa ploda je određena merenjem na tehničkoj vagi (Adventurer Pro AV812M, Švajcarska), a dužina i širina ploda digitalnim pomičnim merilom (Carl Roth, Nemačka). Indeks oblika ploda je određen iz odnosa dužine i širine ploda. Broj koštunica u plodu utvrđen je brojanjem. Uzorci za analizu morfometrijskih svojstava ploda kupine su uzeti sredinom fenofaze zrenja (20 dana posle trećeg tretiranja fungicidom).

5.3.6. Hemijske osobine ploda kupine

Uzorci plodova uzeti u fazi fiziološke zrelosti za analizu morfometrijskih osobina ploda, korišćeni su dalje za ispitivanje hemijskih osobina.

5.3.6.1. Određivanje sadržaja rastvorljive suve materije u plodu kupine

Sadržaj rastvorljive suve materije u plodu kupine određen je pomoću binokularnog refraktometra (Carl Zeiss, Jena) na sobnoj temperaturi (20 °C) i vrednosti su izražene u %.

5.3.6.2. Određivanje sadržaja ukupnih, invertnih šećera i saharoze u plodu kupine

Sadržaj ukupnih, invertnih šećera i saharoze određen je volumetrijski prema Luff-Schoorl metodi. Metoda se zasniva na principu da u određenim uslovima redukujući šećeri (prirodni invertni) prevode bakar-sulfat (CuSO_4) iz Luff-ovog rastvora u bakar-oksidi (Cu_2O). Neredukovani joni bakra (Cu^{2+}) sa kalijum jodidom (KJ) u kiselj sredini daju ekvivalentnu količinu elementarnog joda koji se određuje titracijom natrijum-tiosulfatom ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) uz skrob kao indikator.

Ekstrakcija šećera iz usitnjenih i homogenizovanih uzoraka vršena je vodom u vodenom kupatilu na temperaturi 40–50°C. Iz dobijenog osnovnog rastvora, procesom bistrenja uklonjene su materije rastvorljive u vodi (proteini, pektinske materije, tanini, boje, anjoni, katjoni) koje mogu negativno uticati na određivanje šećera. Za bistrenje osnovnog rastvora korišćen je bazni rastvor olovo-acetata ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$). Rastvor baznog olovo-acetata je pogodan za obezbojavanje i uklanjanje optički aktivnih organskih kiselina i pektinskih materija. Nakon bistrenja i filtriranja rastvora dobija se osnovni filtrat koji se dalje koristi za određivanje šećera (Egan *et al.*, 1981).

5.3.6.2.1. Određivanje sadržaja invertnih šećera

Određivanje sadržaja invertnih šećera je izvedeno tako što je u erlenmajer sa brušenim čepom odmereno 25 ml Luff-ovog rastvora i 25 ml osnovnog filtrata. Erlenmajer je zagrevan direktno na Bunzen-ovom plameniku u trajanju od oko 2 minuta, do momenta ključanja. Od momenta ključanja, erlenmajer je spojen sa povratnim hladnjakom i stavljen na azbestnu mrežicu, gde je nastavljeno kuvanje u trajanju od 10 minuta. Uporedo sa analizom (P) postavljena je i Sp (25 ml Luff-ovog rastvora i 25 ml destilovane vode). Posle kuvanja, erlenmajer je ohlađen pod mlazom hladne vode (do taloženja bakar (I)-oksida (Cu_2O)). U ohlađen rastvor dodato je 10 ml 30%-og rastvora kalijum-jodida (KJ) i 25 ml 25%-og rastvora sumporne kiseline (H_2SO_4). Izdvojeni jod je titriran 0,1 mol/L

rastvorom natrijum-tiosulfata ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) do pojave svetlo žute boje, a uz dodatak 1 ml rastvora skroba kao indikatora. Sadržaj invertnih šećera izračunat je po formuli:

$$\frac{250 \times 100 \times A \times 100}{5 \times 10 \times 25 \times 100} = \% \text{ šećera}$$

A – tablična vrednost (očitan na osnovu razlike količine natrijum-tiosulfata ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) utrošenog za slepu probu i probu (Sp-P)).

5.3.6.2.2. **Određivanje sadržaja ukupnih šećera**

Određivanje sadržaja ukupnih šećera izvedeno je tako što je u normalni sud zapremine 100 ml odmereno 10 ml osnovnog filtrata, 30 ml destilovane vode i 0,5 ml koncentrovane hlorovodonične kiseline (HCl). Pripremljeni rastvor je zagrevan 30 minuta na temperaturi od 60°C. Posle hlađenja, izvršena je neutralizacija 1 M rastvorom natrijum hidroksida (NaOH) i dopuna uzorka destilovanom vodom do zapremine od 100 ml. Dalja procedura je identična kao kod određivanja sadržaja invertnih šećera. Izračunavanje sadržaja ukupnih šećera izvršeno je pomoću formule:

$$\frac{250 \times 100 \times A \times 100}{5 \times 10 \times 25 \times 1000} = \% \text{ šećera}$$

A – tablična vrednost (očitan na osnovu razlike količine natrijum-tiosulfata ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) utrošenog za slepu probu i probu (Sp-P)).

5.3.6.2.3. **Određivanje sadržaja saharoze**

Sadržaj saharoze (%) izračunat je množenjem razlike između sadržaja ukupnih i invertnih šećera koeficijentom korekcije 0,95 (Egan *et al.*, 1981).

5.3.6.3. **Određivanje sadržaja ukupnih kiselina u plodu kupine**

Sadržaj ukupnih kiselina određen je metodom koja se zasniva na potenciometrijskoj titraciji rastvorom natrijum-hidroksida (NaOH). Neutralizacija svih kiselina i njihovih soli izvršena je 0,1 M rastvorom natrijum-hidroksida uz fenolftalein kao indikator, do promene

boje ($\text{pH} = 8,1 \pm 0,2$). Sadržaj ukupnih kiselina određen je množenjem faktora za jabučnu kiselinu (0,268) i količine (ml) utrošenog rastvora natrijum-hidroksida. Kiselost je izražena u % ekvivalenta jabučne kiseline (Trajković et al., 1983).

5.3.6.4. Određivanje sadržaja vitamina C u plodu kupine

Sadržaj vitamina C u plodu kupine određen je metodom po Tillmans-u (Rikovski et al., 1989).

Presovanjem svežih plodova dobijen je slabo obojen sok (100 cm^3) koji je homogenizovan ekvivalentnom zapreminom rastvora smeše metafosforne (HPO_3) i glacijalne sirćetne kiseline (CH_3COOH) u odnosu 1:3. Posle filtriranja u Buchner-om levku obloženom filter papirom, odmereno je 10 cm^3 filtrata u erlenmajer i izvršena titracija rastvorom Tillmans-ovog reagensa (2,6-dihlorindofenol) do pojave slabo ružičaste boje postojane oko pet sekundi. Izračunavanje sadržaja vitamina C izvršeno je formulom:

$$\frac{(V-V_1) \times T \times 100}{g} = \text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ sveže mase ploda}$$

V – utrošak (cm^3) rastvora Tillmans-ovog reagensa za titraciju ogledne probe;

V_1 - utrošak (cm^3) rastvora Tillmans-ovog reagensa za titraciju slepe probe (bez uzorka);

T – titar rastvora Tillmans-ovog reagensa;

g - 10 cm^3 (zapremina soka u alikvotnom delu uzorka).

5.3.6.5. Određivanje pH vrednosti, odnosa sadržaja rastvorljivih suvih materija i ukupnih kiselina i odnosa ukupnih šećera i ukupnih kiselina u plodu kupine

Za određivanje pH vrednosti ploda korišćen je pehametar CyberScan 510 (Nijkerk, Holandija). Odnos sadržaja rastvorljivih suvih materija i ukupnih kiselina i odnos ukupnih šećera i ukupnih kiselina ploda određen je izračunavanjem odnosa između pomenutih hemijskih parametara ploda kupine.

5.3.6.6. Određivanje sadržaja individualnih fenolnih jedinjenja u plodu kupine

Ekstrakcija fenolnih jedinjenja iz ploda kupine izvršena je po metodi Hertog *et al.* (1992).

Homogenizacija plodova kupine izvršena je u avanu pomoću tečnog azota, nakon čega su uzorci samleveni u blenderu. Od homogenata su uzeti uzorci mase 15 g i ekstrahovani u 20 ml metanola (62,5%) koji sadrži 2 g/L TBHQ (Terc-butilhidrohinon) na hlađenom ultrasoničnom kupatilu u trajanju od 6 minuta. Zatim je uzorcima dodato po 5 ml 5 M hlorovodonične kiseline (HCl) i vršena je hidroliza na magnetnoj mešalici sa keramičkom pločom u trajanju od 2 sata na 85°C. Posle hidrolize, izvršeno je hlađenje, filtriranje uzorka i dodavanje metanola do zapremine od 50 ml. Pre kvantifikacije uzorci su membranski profiltrirani (0,45 μ m) u bočice za injektiranje u HPLC sistem.

Uzorci su analizirani korišćenjem Agilend HPLC sistema (Agilend Technologies, Santa Clara, USA) i ChemStation softvera sa kolonom Zorbax Eclipse Plus C18 (4,6 \times 150 mm, kuglice prečnika 3,5 μ m) koji su prikazani na slici 9.

Injekciona zapremina uzoraka iznosila je 5 μ l. Termostatski odeljak za kolonu bio je podešen na 30°C. Korišćeni elucioni rastvori sastojali su se od 1% mravlje kiseline (A) i acetonitrila (B). Uzorci su eluirani po gradijentu: 0–10 minuta, 10% B u A; 10–25 minuta, 15–50% B u A; 25–30 minuta, 50–80% B u A; 30–32 minuta, 10% B u A sa protokom od 0,5 ml min⁻¹. Za identifikaciju jedinjenja posle eluiranja korišćen je UV-VIS detektor (Diode Array Detector). Određivanje sadržaja kafeinske kiseline izvršeno je pripremom uzoraka po metodi Escarpa i Gonzales (2000), a dalja analiza korišćenjem HPLC sistema. Fenolna jedinjenja su detektovana na 260 nm (vanilinska i elaginska kiselina), 280 nm (galna i *p*-kumarinska kiselina), 329 nm (kafeinska i ferulinska kiselina), 360 nm (kvercetin) i 520 nm (cijanidin-3-glukozid).

Identifikacija jedinjenja potvrđena je poređenjem retencionih vremena i spektralnih prikaza sa odgovarajućim standardnim rastvorima. Sadržaj fenolnih jedinjenja izračunat je iz odnosa površine pikova komponenti i odgovarajućih standarda i izražen u mg na 100 g sveže mase ploda kupine.



Slika 9. HPLC sistem za identifikaciju i kvantifikaciju individualnih fenolnih jedinjenja u plodu kupine

Za kvantitativno određivanje fenolnih jedinjenja korišćeni su sledeći standardi: protokatehinska, 4-hidroksibenzoeva, vanilinska, elaginska, galna, *p*-kumarinska, kafeinska i ferulinska kiselina, kvercetin i cijanidin-3-glukozid (LGC Standards, Teddington, UK).

5.3.6.7. Određivanje sadržaja ukupnih antocijana u plodu kupine

Sadržaj ukupnih antocijana u plodovima kupine određen je pH diferencijalnom metodom (Torre i Barrit, 1977; Prior *et al.*, 1998; 1993; Liu *et al.*, 2002).

Uzorci svežih plodova (20 g) homogenizovani su uz pomoć blendera, a zatim je homogenatu sukcesivno dodato 40 i 30 ml ekstrakcionog rastvora (95% etanol sa 1,5 mol/L hlorovodoničnom kiselinom, u odnosu 85:15) i izvršena filtracija vakuum filterom. Ostatak homogenata je preliven sa još 70 ml ekstrakcinog rastvora i posle 2 sata filtriranje je ponovljeno. Uzorak dobijen filtracijom, dopunjen je ekstrakcionim rastvorom do zapremine od 200 cm³, a zatim je po 1 ml dobijenog rastvora dopunjeno do 25 cm³ puferima (0,025 M kalijum-hloridni pufer pH vrednosti 1,0 i 0,4 M natrijum-acetatni pufer pH vrednosti 4,5).

Apsorbanca ekstrakata je merena na UV/VIS spektrofotometru (PU 8740 UV/VIS, UK) na talasnim dužinama 510 i 700 nm. Sadržaj ukupnih antocijana izračunat je upotrebom molarnog ekstinkcionog koeficijenta ($26.900 L cm^{-1} mol^{-1}$) i molekulske mase ($449,2 g mol^{-1}$) za cijanidin-3-glukozid i apsorbance $A = [(A_{510} - A_{700}) pH 1,0 - (A_{510} - A_{700}) pH 4,5]$. Rezultati su izraženi kao mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida na 100 g sveže mase ploda.

5.3.6.8. Određivanje sadržaja ukupnih fenola u plodu kupine

Sadržaj ukupnih fenola u plodu kupine određen je modifikovanom kolorimetrijskom metodom po Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999; Liu *et al.*, 2002).

Uzorci svežih plodova su homogenizovani u blenderu uz upotrebu tečnog azota, a zatim je od homogenata uzet uzorak mase 4 g i pomešan sa 40 ml ekstrakcionog rastvora (metanol i destilovana voda, u odnosu 80:20 zapremine). Mešanje uzorka i ekstrakcionog rastvora izvršeno je na magnetnoj mešalici u trajanju od 2 sata, na sobnoj temperaturi u mraku, a zatim je ekstrakt centrifugiran 2 puta po 15 minuta na 3.500 obrtaja po minuti i filtriran ($0,45 \mu m$).

Za dobijanje kalibracione krive korišćeni su standardni rastvori galne kiseline. U 40 μl pripremljenog ekstrakta i standardnog rastvora dodato je po 3,16 ml destilovane vode i 200 μl Folin-Ciocalteu reagensa. Posle 8 minuta, u oba rastvora dodato je po 600 μl 20% rastvora natrijum-karbonata (Na_2CO_3) i izvršeno mešanje na vorteksu. Nakon 2 sata inkubacije na sobnoj temperaturi u mraku, na spektrofotometru (PU 8740 UV/VIS, UK) je izmerena apsorbanca na talasnoj dužini od 765 nm za oba rastvora. Rezultati su izraženi u kao mg ekvivalenta galne kiseline (GAE) na 100 g sveže mase ploda.

5.3.6.9. Antioksidativni kapacitet ploda kupine

Antioksidativni kapacitet ploda kupine određen je ABTS testom prema Re *et al.* (1999).

Uzorci svežih plodova su homogenizovani u blenderu uz upotrebu tečnog azota, a zatim je od homogenata uzet uzorak mase 4 g i pomešan sa 40 ml ekstrakcionog rastvora (metanol i destilovana voda u odnosu 80:20 zapremine). Mešanje uzorka i ekstrakcionog

rastvora izvršeno je na magnetnoj mešalici u trajanju od 2 sata, na sobnoj temperaturi u mraku, a zatim je ekstrakt centrifugiran 15 minuta na 4.000 obrtaja po minuti i filtriran ($0,45 \mu\text{m}$). Za dobijanje reakcione smeše korišćeno je 7 mM ABTS-a (2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonik-acid) diammonium salt) i $2,45 \text{ mM}$ rastvora kalijum-persulfata ($\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$). Pripremljena smeša je posle inkubacije u trajanju od 16 sati u mraku na sobnoj temperaturi, razblažena etanolom (96% $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) tako da apsorbancu na talasnoj dužini 734 nm iznosi $0,70 (\pm 0,02)$ i izvršena su dalja merenja.

Kao standardni rastvor korišćen je rastvor Trolox-a (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametil-hroman-2-karboksilna kiselina) u etanolu, koncentracije $0-15 \mu\text{M}$ sa ciljem konstruisanja kalibracione krive. Analiza uzoraka izvršena je dodavanjem 1 ml reakcione smeše u $10 \mu\text{l}$ ekstrakta ploda, mešanjem na vorteksu i merenjem apsorbance na spektrofotometru (PU 8740 UV/VIS, UK) na talasnoj dužini 734 nm prema osnovnom rastvoru, posle jednog i šest minuta. Apsorbancu slepe probe je prethodno merena prema destilovanoj vodi. Ukupna antioksidaciona aktivnost ispitivanih uzoraka ploda kupine izračunavana je kao količina ekvivalenta Trolox na 100 g sveže mase ploda.

5.3.7. Organoleptička ocena kvaliteta ploda kupine

Organoleptička ocena kvaliteta ploda izvršena je u skladu sa metodama navedenim u uputstvima za ispitivanje upotrebne vrednosti kupine (Pravilnik Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine RS), i to pozitivnim poentiranjem u kome učestvuju pet degustatora. Ocenjivanje atraktivnosti i ukusa ploda vršeno je na osnovu skale od 0 do 6, a arome i konzistencije po skali od 0 do 4. Sabiranjem pojedinačnih poena izračunata je ukupna organoleptička ocena kvaliteta ploda (0–20) kupine u različitim sistemima gajenja.

5.3.8. Ocena pojave sive truleži ploda kupine i efikasnost hemijske zaštite

Kod ispitivanja pojave sive truleži ploda kupine sorte 'Čačanska bestrna', efikasnosti hemijske zaštite i prinosa, ispitivan je uticaj tri faktora:

- 1) polutunelskog sistema gajenja;
- 2) hemijske zaštite, tretiranjem sa fungicidom Switch 62,5 WG;

3) godine proučavanja.

Ispitivanja su obuhvatila četiri tretmana:

- 1) kontrolni tretman bez polutunela i bez hemijske zaštite;
- 2) bez polutunela i sa hemijskom zaštitom;
- 3) sa polutunelima i bez hemijske zaštite;
- 4) sa polutunelima i sa hemijskom zaštitom.

Trogodišnji ogled je postavljen po split-plot sistemu u četiri ponavljanja. Pojava sive truleži ploda ocenjivana je prebrojavanjem zaraženih i zdravih plodova, od početka do kraja fenofaze zrenja kupine (Tabela 2).

Efikasnost primenjenog fungicida je utvrđena na osnovu stepena zaraze koji je izračunat iz odnosa broja zaraženih i ukupnog broja plodova kupine, a vrednosti su izražene u %.

Tabela 2. Pregled vremena ocene intenziteta pojave sive truleži

Sistem gajenja	Godina	Datumi ocene intenziteta pojave sive truleži									
Polutunelski sistem	2011.	21. jul	27. jul	1. avg.	5. avg.	8. avg.	12. avg.	16. avg.	22. avg.	/	
	2012.	16. jul	20. jul	24. jul	27. jul	31. jul	3. avg.	8. avg.	13. avg.	/	
	2013.	26. jul	30. jul	4. avg.	7. avg.	11. avg.	15. avg.	20. avg.	25. avg.	/	
Standardni sistem	2011.	21. jul	27. jul	1. avg.	5. avg.	8. avg.	12. avg.	16. avg.	20. avg.	24. avg.	
	2012.	16. jul	20. jul	24. jul	27. jul	31. jul	3. avg.	8. avg.	14. avg.	/	
	2013.	26. jul	30. jul	4. avg.	7. avg.	11. avg.	15. avg.	20. avg.	26. avg.	/	

5.3.9. Depigmentacija plodova kupine pri zamrzavanju

Uzorci za određivanje nivoa depigmentacije plodova kupine su uzeti u trećoj godini ispitivanja, u dve etape zrelosti ploda, i to u fazi fiziološke zrelosti i fazi prezrelosti. Kao sorte standardi korišćene su sorte kupine ‘Loch Ness’ i ‘Chester Thronless’.

Takođe, kod ispitivanja depigmentacije plodova kupine ispitivan je uticaj tri faktora:

- 1) sorte;
- 2) etape zrelosti;
- 3) perioda zamrzavanja.

Ispitivanja su sprovedena u dvanaest tretmana:

- 1) Sorta kupine 'Loch Ness' u fiziološkoj zrelosti posle 7 dana od momenta zamrzavanja;
- 2) Sorta kupine 'Loch Ness' u fiziološkoj zrelosti posle 30 dana od momenta zamrzavanja;
- 3) Sorta kupine 'Loch Ness' u fazi prezrelosti posle 7 dana od momenta zamrzavanja;
- 4) Sorta kupine 'Loch Ness' u fazi prezrelosti posle 30 dana od momenta zamrzavanja;
- 5) Sorta kupine 'Chester Thornless' u fiziološkoj zrelosti posle 7 dana od momenta zamrzavanja;
- 6) Sorta kupine 'Chester Thornless' u fiziološkoj zrelosti posle 30 dana od momenta zamrzavanja;
- 7) Sorta kupine 'Chester Thornless' u fazi prezrelosti posle 7 dana od momenta zamrzavanja;
- 8) Sorta kupine 'Chester Thornless' u fazi prezrelosti posle 30 dana od momenta zamrzavanja;
- 9) Sorta kupine 'Čačanska bestrna' u fiziološkoj zrelosti posle 7 dana od momenta zamrzavanja;
- 10) Sorta kupine 'Čačanska bestrna' u fiziološkoj zrelosti posle 30 dana od momenta zamrzavanja;
- 11) Sorta kupine 'Čačanska bestrna' u fazi prezrelosti posle 7 dana od momenta zamrzavanja;
- 12) Sorta kupine 'Čačanska bestrna' u fazi prezrelosti posle 30 dana od momenta zamrzavanja.

Ispitivanje intenziteta depigmentacije plodova kupine vršeno je prebrojavanjem depigmentiranih plodova na uzorku od 400 plodova (četiri ponavljanja po 100 plodova), posle dva perioda zamrzavanja, i to:

- posle 7 dana od zamrzavanja;
- posle 30 dana od zamrzavanja.

Na istim uzorcima, vršeno je i određivanje sadržaja rastvorljive suve materije ploda, uključujući i datum uzimanja uzoraka plodova.

5.4. Statistička obrada podataka

Eksperimentalni podaci su analizirani primenom Fišerovog modela analize varijanse (ANOVA; F test za $P \leq 0,05$) dvo i trofaktorijalnog ogleada, korišćenjem SPSS statističkog softverskog paketa (Version 8.0 for Windows, SPSS. Inc., Chicago, IL).

Analize su urađene u 4 ponavljanja, a dobijene vrednosti su izražene kao srednja vrednost \pm SE (standardna greška srednje vrednosti). Testiranje značajnosti razlika između aritmetičkih sredina i njihovog interakcijskog efekta obavljeno je primenom *LSD* testa za prag značajnosti $P \leq 0,01$. Povezanost i karakter veze između sadržaja ukupnih antocijana u plodu i antioksidativnog kapaciteta, kao i sadržaja ukupnih fenola u plodu i antioksidativnog kapaciteta ploda sorte kupine 'Čačanska bestrna' utvrđena je regresiono-korelacionom analizom, a jačina veze Pirsonovim koeficijentom korelacije. Pozitivna ili negativna vrednost koeficijenta korelacije ukazuje na postojanje pozitivne odnosno negativne korelacije, a jačina zavisnosti je određena na osnovu vrednosti pomenutog koeficijenta (0,00–0,50 slaba zavisnost; 0,50–0,75 srednja zavisnost; 0,75–0,90 jaka zavisnost; 0,90–1,00 vrlo jaka zavisnost).

6. AGROEKOLOŠKI USLOVI

Širok areal rasprostranjenosti kupine ukazuje na izraženi kosmopolitizam ove vrste voćaka. Lako se prilagođava različitim klimatskim i zemljišnim uslovima, zbog čega se kao samonikla sreće od morskog nivoa do 1.000 *m* nadmorske visine (Veličković, 2000).

Mišić i Nikolić (2003) navode da uspeh u gajenju kupine u velikoj meri zavisi od prirodnih uslova - podneblja (klime), zemljišta i orografije.

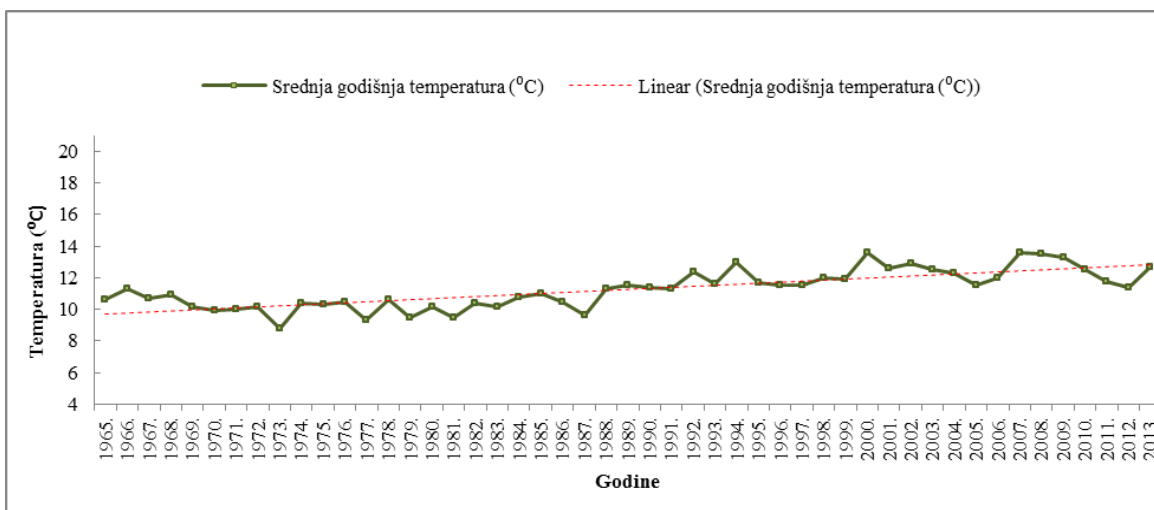
6.1. Klimatski uslovi na području Čačka

Područje Čačka - Gornja Gorevnica (geografska širina - 43°53'; geografska dužina - 20°20'; nadmorska visina 400 *m*), gde su obavljena ispitivanja, pripada umereno-kontinentalnom pojasu sa odlikama umereno-kontinentalne klime.

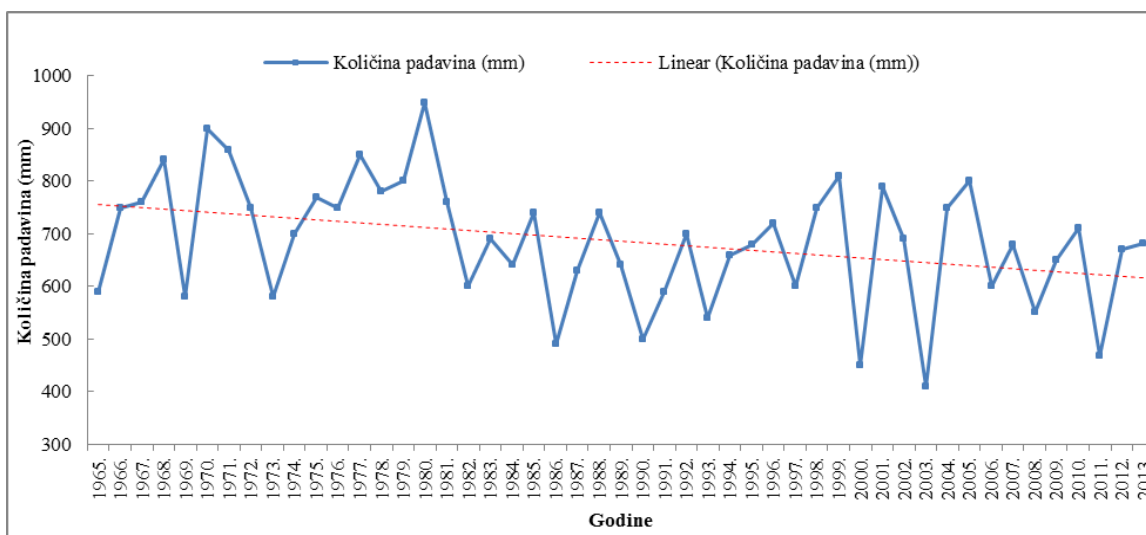
Na grafikonu 1 i 2 su prikazane srednje godišnje temperature i godišnje sume padavina za period 1965–2013. godine.

Srednja godišnja temperatura u Čačku i okolini za posmatrani period je iznosila 11,1°C, a prosečna vrednost sume godišnjih padavina 685,5 *mm*. Trend prosečnih godišnjih temperatura je uzlaznog tipa, odnosno sa godinama dolazi do postepenog porasta, dok je trend sume godišnjih padavina negativnog karaktera, odnosno sa godinama se javlja postepeno smanjenje.

Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda, apsolutni minimumi temperature za područje Srbije se kreću u intervalu od -21,0 do -30,7°C, dok su apsolutni maksimumi temperature u intervalu od 37,1 do 42,3°C. U pogledu prosečne godišnje sume padavina, oko 60% (411,3 *mm*) padne u periodu vegetacije, a oko 40% (274,2 *mm*) u periodu zimskog mirovanja.



Grafikon 1. Dinamika kretanja srednjih godišnjih temperatura vazduha na području Čačka i okoline u periodu 1965–2013. godine



Grafikon 2. Godišnje sume padavina za područje Čačka i okoline u periodu 1965–2013. godine

U skladu sa navedenim, količina padavina na području Čačka i okoline se nalazi ispod granice optimuma za kupinu, što ukazuje na neophodnost primene sistema za navodnjavanje u intenzivnoj proizvodnji kupine.

6.1.2. Klimatski uslovi u periodu istraživanja

Vrednosti osnovnih klimatskih parametara u periodu istraživanja dobijeni su u internoj meteorološkoj stanici Instituta za voćarstvo u Čačku i Republičkom hidrometeorološkom zavodu Srbije u Beogradu.

6.1.2.1. Temperaturne prilike na području Čačka u periodu istraživanja

U pogledu temperaturnih uslova Clark i Finn (2011) ističu da limitirajuće faktore za uspešno gajenje kupine predstavljaju nedovoljna suma niskih temperatura (ispod 7,2°C) tokom perioda mirovanja i niske zimske temperature.

U tabeli 3 prikazane su vrednosti srednjih godišnjih temperatura za Čačak i okolinu tokom trogodišnjeg perioda istraživanja. Analizom prikazanih podataka može se konstatovati da je period istraživanja bio topliji u odnosu na višegodišnji prosek (1965–2013. godina) i da je najtoplija bila 2012. godina sa srednjom godišnjom temperaturom vazduha od 11,9°C.

Srednje mesečne temperature vazduha u 2011. i 2012. godini tokom perioda vegetacije bile su više u odnosu na višegodišnji prosek, tako da je srednja vegetaciona temperatura iznosila 18,1°C, odnosno 18,7°C. U 2013. godini, srednja temperatura za vegetacioni period je iznosila 17,1°C, što je bilo na nivou višegodišnjeg proseka.

U 2011. i 2012. godini, srednje mesečne temperature za period zimskog mirovanja su bile neznatno niže u odnosu na višegodišnji prosek (3,2°C, odnosno 2,4°C), dok se period zimskog mirovanja u 2013. godini odlikovao nešto višom srednjom temperaturom (3,6°C) u odnosu na višegodišnji prosek.

Srednje godišnje maksimalne temperature vazduha u periodu istraživanja su bile više u odnosu na višegodišnji prosek. Najviša srednja godišnja temperatura evidentirana je u 2013. godini (17,8°C), a najniža u 2012. godini (17,5°C).

Srednja godišnja minimalna temperatura je tokom sve tri godine istraživanja bila viša u odnosu na višegodišnji prosek. U 2011. i 2012. godini, srednje minimalne temperature su iznosile 7,1°C, a u 2013. godini 6,5°C. Takođe, vegetacioni periodi u trogodišnjem periodu istraživanja bili su topliji u odnosu na višegodišnji prosek, dok je u

periodu zimskog mirovanja hladnija bila 2011. godina u poređenju sa 2012. i 2013. godinom, kao i višegodišnjim prosekom.

Najhladniji meseci na području Čačka i okoline bili su januar u 2011. godini sa 0,7°C, februar u 2012. godini sa -3,2°C i decembar u 2013. godini sa 0,1°C. U drugoj godini istraživanja, u periodu od 30. januara 2012. godine do 15. februara 2012. godine, zabeležen je period ekstremno niski zimskih temperatura, sa vrednostima minimalnih dnevnih temperatura od -9,2°C do -21,8°C.

Tabela 3. Pregled temperatura vazduha za Čačak i okolinu za period 2011–2013. godine.

Meseci	Srednje mesečne temperature (°C)				Srednje mesečne maksimalne temperature (°C)				Srednje mesečne minimalne temperature (°C)			
	2011.	2012.	2013.	VP	2011.	2012.	2013.	VP	2011.	2012.	2013.	VP
Januar	0,7	0,5	1,9	0,3	4,8	3,1	5,5	4,1	-3,1	2,4	-1,5	-3,4
Februar	1,2	-3,2	3,0	2,3	5,0	0,5	6,4	7,3	-2,7	-7,1	0,32	-1,7
Mart	6,9	6,1	5,6	6,8	11,9	11,3	10,8	12,4	1,8	2,3	1,30	1,6
April	12,2	12,1	13,2	11,5	18,1	16,9	19,6	17,7	6,0	5,8	6,9	5,7
Maj	15,5	15,3	16,9	16,8	21,9	21,0	23,6	22,7	9,7	9,6	13,9	10,3
Jun	20,7	22,0	18,4	20,0	26,7	29,2	24,9	25,7	14,8	14,2	13,1	13,4
Jul	22,3	25,1	21,5	21,5	28,9	31,7	29,3	27,9	15,6	16,9	14,4	14,8
Avgust	23,4	23,9	22,7	21,2	31,1	32,8	29,9	28,0	15,7	15,4	15,6	14,5
Septembar	21,3	19,6	14,1	16,7	29,2	27,7	24,1	23,5	13,3	12,4	9,4	10,9
Oktobar	11,3	12,8	12,7	11,4	16,7	19,7	21,6	18,0	15,5	7,6	5,5	6,3
Novembar	3,8	8,3	7,4	6,0	9,3	13,3	12,6	11,1	-1,7	8,8	3,14	2,0
Decembar	3,3	-0,2	0,1	1,4	7,0	2,7	5,5	5,2	-0,4	-2,9	-4,5	-1,8
SGT	11,8	11,9	11,5	11,3	17,6	17,5	17,8	17,0	7,1	7,1	6,5	6,1
SVT	18,1	18,7	17,1	17,0	24,6	25,6	24,7	23,4	12,9	11,7	11,3	10,8
SMT	3,2	2,4	3,6	3,4	7,6	6,2	8,2	8,0	-1,9	0,7	-0,2	-0,7

VP: Srednje mesečne temperature za višegodišnji period (1965-2013).

SGT: Srednja godišnja temperatura;

SVT: Srednja vegetaciona temperatura;

SMT: Srednja temperatura za period zimskog mirovanja.

Nikolić i Milivojević (2010) ističu da su sorte kupine osetljivije na hladnoću od sorti crvene maline i da u nepovoljnim uslovima kupina počinje da izmrzava na temperaturama vazduha između -10°C i -15°C. Isti autori navode da kupina može da podnese i znatno niže temperature (-20 do -25°C) tokom zimskog mirovanja, ako su zasadi pokriveni snegom, zaštićeni od suvih i hladnih vetrova, a žbunovi nisu suviše bujni i blagovremeno su završili vegetacioni period.

Sa druge strane kupini ne pogoduju ni visoke temperature jer se njihovo šetno delovanje ne odražava direktno na biljku, nego se smanjenjem vlažnosti u zemljištu i vazduhu ubrzava sazrevanje i tako negativno utiče na kvalitet plodova i visinu prinosa (Šoškić, 1998). U trogodišnjem periodu istraživanja, najtopliji mesec u 2011. i 2013 godini bio je avgust sa 23,4°C, odnosno 22,7°C, dok je u julu 2012. godine zabeleženo 25,1°C. U drugoj godini istraživanja evidentirane su nešto veće vrednosti srednjih mesečnih temperatura za jul i avgust kako u poređenju sa godinama istraživanja tako i u odnosu na višegodišnji prosek za navedene mesece.

6.1.2.2. Količina padavina na području Čačka u periodu istraživanja

Kupina dobro uspeva, rađa i donosi kvalitetne plodove u područjima sa više od 800 mm padavina godišnje, pod uslovom da je više od 500 mm pravilno raspoređeno u toku vegetacionog perioda (Šoškić, 1998; Nikolić i Milivojević, 2010). Najviše joj odgovaraju nešto toplija priplaninska područja sa visokom vlažnošću vazduha u toku vegetacionog perioda, a naročito u toku fenofaze zrenja plodova (Nikolić i Milivojević, 2010).

U tabeli 4 prikazane su vrednosti mesečnih količina padavina za Čačak i okolinu tokom trogodišnjeg perioda istraživanja. Višegodišnja prosečna količina padavina za period od 48 godina iznosila je 706,9 mm. U poređenju sa višegodišnjim prosekom, sve tri godine istraživanja odlikovale su se manjom količinom padavina. Najveći nedostatak padavina ispoljen je u 2011. godini i iznosio je 239,3 mm u odnosu na višegodišnji prosek, dok je u 2012. i 2013. godini količina padavina bila manja za 36,3 mm, odnosno za 26,1 mm. Mesec sa najvećom količinom padavina u trogodišnjem periodu bio je maj sa 106,7 mm, što je za 31 mm bilo više od višegodišnjog proseka. Najmanja količina padavina u istom periodu zabeležena je u avgustu i iznosila je 26,8 mm manje u odnosu na višegodišnji prosek.

U poređenju sa višegodišnjim prosekom tokom vegetacionog perioda, 2011. godina se odlikovala najmanjom godišnjom količinom padavina koja je iznosila 285,5 mm. U vegetacionom periodu tokom druge i treće godine istraživanja, takođe je zabeležena manja količina padavina u odnosu na višegodišnji prosek i iznosila je 341,8 mm, odnosno 394,0 mm.

Izuzetno sušan period u drugoj godini istraživanja, kada je tokom jula, avgusta i septembra palo svega 60,8 mm vodenog taloga, nepovoljno se odrazilo na krupnoću i kvalitet plodova kupine.

Tabela 4. Pregled mesečnih količina padavina za Čačak i okolinu za period 2011–2013.
godine

Godina	Meseci												Σ (mm)	Σ_v
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec		
2011.	18,5	50,4	45,9	23,5	83,2	64,8	36,0	14,7	32,4	30,9	1,3	66,0	467,6	285,5
2012.	124,9	70,9	25,1	61,2	125,4	41,2	43,0	2,8	15,0	53,2	20,0	87,6	670,3	341,8
2013.	61,6	79,6	73,0	41,6	111,6	96,8	58,0	35,0	50,0	1,0	60,0	12,6	680,8	394,0
Prosek	68,3	67,0	48,0	42,1	106,7	67,6	45,7	17,5	32,5	28,4	27,1	55,4	606,2	340,4
VP	46,6	42,6	49,5	52,3	75,7	89,4	69,1	44,3	58,8	69,4	49,6	59,6	706,9	459,0

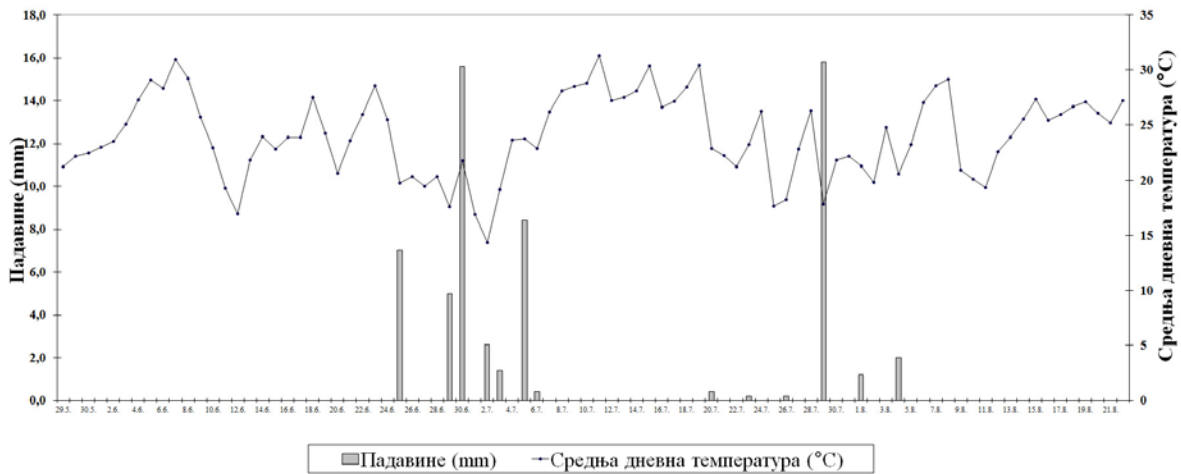
VP – višegodišnji prosek

Σ_v – suma padavina za vegetacioni period

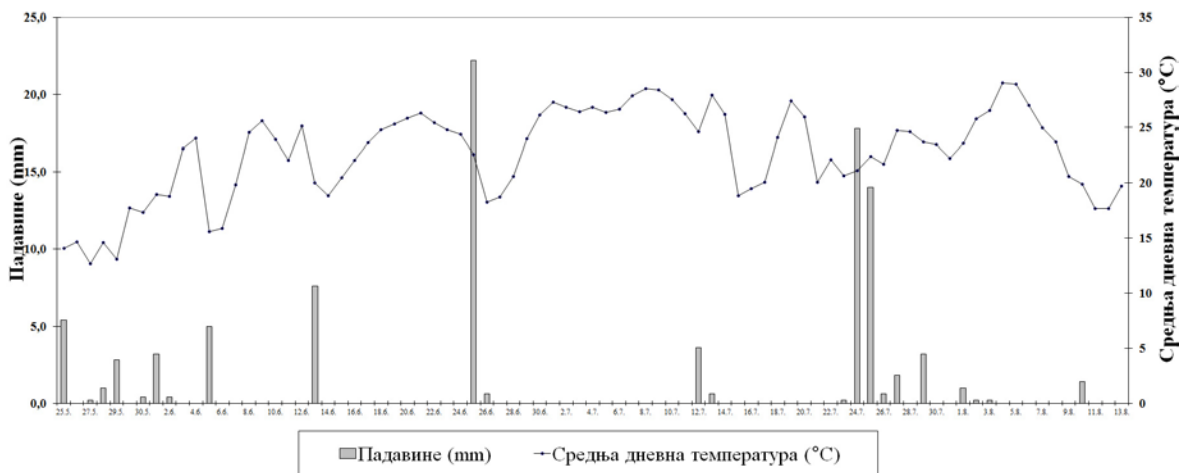
6.1.2.3. Pregled meteoroloških podataka za period od početka cvetanja do kraja berbe

Pregledi srednjih dnevnih temperatura i količine padavina za Čačak i okolinu za period od početka cvetanja do kraja berbe u trogodišnjem periodu ispitivanja su prikazani na grafikonima od 3–5.

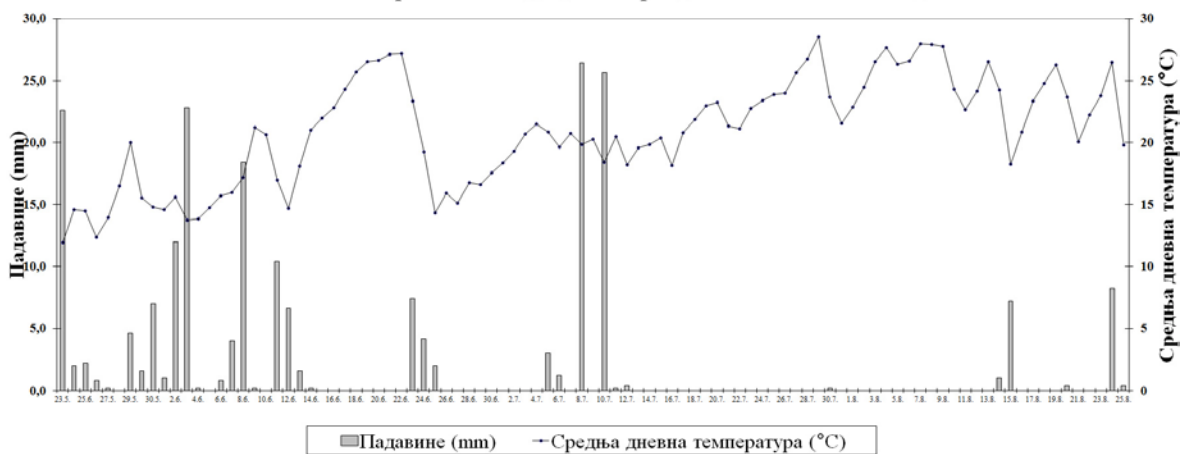
Метеоролошки подаци за период 29.05–22.08.2011. године



Метеоролошки подаци за период 25.05–13.08.2012. године



Метеоролошки подаци за период 23.05–25.08.2013. године



Графикони 3–5. Meteorološki podaci za period istraživanja (2011., 2012., 2013.)

6.2. Zemljišni uslovi

Kupina najbolje uspeva na dubljim (oko 1,5 m dubine), rastresitim, srednje teškim (50–60% gline), propusnim, plodnim (sa 4–5% humusa), umereno vlažnim i slabo kiselim zemljištima (Glišić, 2004). Nikolić i Milivojević (2010) navode da navedene osobine najčešće poseduju gajnjače, duboki aluvijumi i deluvijumi, gajnjače u opodzoljavanju i lakše smonice. Kupina ne podnosi laka, peskovita, karbonatna, izrazito kisela i alkalna, kao ni teška zemljišta sa visokim nivoom podzemne vode.

Zasad kupine na kome su obavljena istraživanja, podignut je na zemljištu koje pripada tipu plitke i erodirane smonice, čije su osnovne hemijske karakteristike prikazane u tabeli 5.

Zemljište u oglednom zasadu kupine se odlikovalo blagom kiselošću, sa tendencijom povećanja po dubini profila, što je i odlika smonica u Srbiji (Protic et al., 2003). Prikazane pH vrednosti su neznatno niže, u odnosu na optimalne vrednosti za gajenje jagodastih vrsta voćaka, koje se prema Ubavić et al. (1990) kreću u intervalu od 5,1 do 6,5. U gornjem sloju, zemljište je prema klasifikaciji na osnovu sadržaja humusa (Ubavić, 1996), srednje obezbeđeno (2,92%), dok se sa povećanjem dubine profila taj sadržaj smanjivao i iznosio 1,98%. Gornji sloj zemljišta bio je na donjoj granici srednje obezbeđenosti (0,01%) u sadržaju ukupnog azota (N_{TOT}), donjoj granici niske obezbeđenosti pristupačnim fosforom (4,64 mg P_2O_5 u 100 g vazdušno suve zemlje) i gornjoj granici optimalne obezbeđenosti pristupačnim kalijumom (29,23 mg K_2O u 100 g vazdušno suve zemlje). Sadržaj navedenih elemenata u zemljištu smanjivao se po dubini zemljišnog profila, tako da se sloj 30–60 cm odlikovao nedovoljnom obezbeđenošću ukupnim azotom (0,05%) i pristupačnim fosforom (2,95 mg P_2O_5 u 100 g vazdušno suve zemlje), dok je sadržaj pristupačnog kalijuma od 16,00 mg K_2O u 100 g vazdušno suve zemlje bio na donjoj granici srednje obezbeđenosti.

Tabela 5. Hemijske osobine zemljišta u oglednom zasadu kupine

Ispitivane materije	Dubina profila (cm)	
	00 - 30	30 - 60
pH _{KCl}	4,98	4,86
Humus (%)	2,92	1,98
N _{TOT} (%)	0,10	0,05
P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	4,64	2,95
K ₂ O (mg 100 g ⁻¹)	29,23	16,00
CaO (%)	0,00	0,00

Podaci o sadržaju osnovnih hranljivih materija u zemljištu pokazuju da je, izuzev pristupačnog fosfora, u toku obavljenih istraživanja postojalo dovoljno hraniva za normalan rast, razvoj i plodonošenje kupine.

7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

7.1. Vegetativni potencijal sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

U okviru vegetativnog potencijala ispitivane sorte kupine, prikazani su rezultati ispitivanja broja izdanaka po žbunu, dužine i prečnika izdanaka u funkciji različitih sistema gajenja tokom perioda proučavanja.

Analiza varijanse ukazuje da su, na broj izdanaka po žbunu i dužinu izdanka statistički značajno uticala oba faktora varijabilnosti (sistem gajenja i godina), kao i njihova međusobna interakcija, dok je na prečnik izdanka, utvrđen jedino značajan uticaj godine proučavanja (Tabela 6).

Prosečne vrednosti broja izdanaka po žbunu kupine bile su u intervalu od 3,41 do 5,19. Značajno veći broj izdanaka po žbunu, utvrđen je kod polutunelskog (4,48) u odnosu na standardni sistem gajenja. Posmatrano po godinama ispitivanja, prosečno najveći broj izdanaka po žbunu evidentiran je u 2013. godini (5,05), što je bilo značajno više u odnosu na 2011. i 2012. godinu, dok je najmanji broj izdanaka registrovan u 2011. godini (3,69). Najveći prosečan broj izdanaka po žbunu kupine registrovan kod polutunelskog sistema gajenja u 2013. godini (5,19), a najmanji kod standardnog sistema u 2012. godini (3,41).

Prosečne vrednosti dužine i prečnika izdanka kupine bile su u intervalu od 353,60 do 530,22 *cm*, odnosno od 13,89 do 18,05 *mm*. Razlike u prosečnoj dužini izdanka, u različitim sistemima gajenja bile su značajne, a veća dužina izdanka utvrđena je kod polutunelskog sistema (467,91 *cm*). Razlike u prečniku izdanka, između primenjenih sistema, međutim, nisu bile značajne. Najveće prosečne vrednosti dužine i prečnika izdanka kupine evidentirane su u 2012. godini (520,96 *cm*; 17,55 *mm*), što je bilo značajno veće u odnosu na 2011. i 2013. godinu. Najniže prosečne vrednosti pomenutih parametara vegetativnog potencijala utvrđene su u 2011. godini (384,18 *cm*; 14,27 *mm*). U interakcijskom efektu sistema gajenja i godine, najveća prosečna dužina izdanka utvrđena je kod polutunelskog sistema gajenja u 2012. godini (530,22 *cm*), a najmanja kod standardnog sistema u 2011. godini (353,60 *cm*).

Tabela 6. Uticaj sistema gajenja na parametre vegetativnog potencijala sorte kupine
 ‘Čačanska bestrna’

Tretman	Broj izdanaka po žbunu	Dimenzije izdanka		
		Dužina (cm)	Prečnik (mm)	
Sistem gajenja (A)				
Polutunelski	4,48 ± 0,21 a	467,91 ± 16,26 a	15,68 ± 0,45 a	
Standardni	3,92 ± 0,19 b	420,01 ± 16,28 b	16,30 ± 0,43 a	
Godina (B)				
2011.	3,69 ± 0,15 a	384,18 ± 12,96 c	14,27 ± 0,38 c	
2012.	3,89 ± 0,16 a	520,96 ± 10,62 a	17,55 ± 0,38 a	
2013.	5,05 ± 0,28 b	426,74 ± 20,39 b	16,15 ± 0,52 b	
Sistem gajenja × Godina (A × B)				
Polutunelski	2011.	3,95 ± 0,27 c	414,77 ± 19,08 b	13,89 ± 0,60 a
	2012.	4,29 ± 0,20 b	530,22 ± 18,24 a	17,05 ± 0,26 a
	2013.	5,19 ± 0,45 a	458,74 ± 30,48 c	16,10 ± 0,93 a
Standardni	2011.	3,43 ± 0,08 d	353,60 ± 10,40 d	14,64 ± 0,48 a
	2012.	3,41 ± 0,12 d	511,71 ± 10,31 a	18,05 ± 0,70 a
	2013.	4,92 ± 0,35 a	394,73 ± 23,68 b	16,20 ± 0,54 a
ANOVA				
A	*	*	nz	
B	*	*	*	
A × B	*	*	nz	

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

7.2. Fenološke osobine sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

U tabelama 7 i 8, prikazani su rezultati ispitivanja fenofaze cvetanja i fenofaze zrenja kupine sorte ‘Čačanska bestrna’ u funkciji različitih sistema gajenja tokom trogodišnjeg perioda.

Evidentirani su datumi početka fenofaza cvetanja i zrenja i izračunata dužina trajanja fenofaza.

Tabela 7. Fenofaza cvetanja sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Sistem gajenja	Godina	Vreme cvetanja		Trajanje cvetanja (dani)
		Početak	Kraj	
Polutunelski	2011.	29.05.	20.06.	23
	2012.	25.05.	15.06.	22
	2013.	24.05.	12.06.	20
	Prosek	26.05.	16.06.	22
Standardni	2011.	30.05.	22.06.	24
	2012.	26.05.	17.06.	23
	2013.	26.05.	17.06.	23
	Prosek	27.05.	19.06.	23

Zavisno od primenjenog sistema gajenja kupine i klimatskih uslova tokom godina istraživanja, prosečan početak cvetanja za ispitivanu sortu evidentiran je u periodu od 26. do 27. maja. Najraniji početak cvetanja zabeležen je kod polutunelskog sistema gajenja u 2013. godini (24. maj), a najkasniji kod standardnog sistema u 2011. godini (30. maj). Cvetanje je najkraće trajalo u polutunelskom sistemu u 2013. godini (20 dana), a najduže u standardnom sistemu gajenja u 2011. godini (24 dana), dok je prosečno trajanje cvetanja u polutunelskom sistemu iznosilo 22 dana, a u standardnom 23 dana. Primena ispitivanog sistema gajenja kupine u trogodišnjem periodu nije uticala na trajanje fenofaze cvetanja, ali je u pogledu početka cvetanja bilo razlika između godina proučavanja.

Analizom podataka koji se odnose na fenofazu zrenja plodova ispitivane sorte, najraniji početak zrenja evidentiran je 2012. godine u polutunelskom sistemu (10. jul), a najkasniji 2013. godine u standardnom sistemu gajenja (21. jul). Prosečan početak zrenja plodova kupine u uslovima različitih sistema gajenja tokom trogodišnjeg perioda zabeležen je u periodu od 15. do 17. jula. Fenofaza zrenja plodova je najkraće trajala kod standardnog sistema u 2012. godini (34 dana), a najduže u polutunelskom u 2011. godini (39 dana), dok je prosečno trajanje pomenute fenofaze u oba sistema gajenja iznosilo 37 dana.

Tabela 8. Fenofaza zrenja sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Sistem gajenja	Godina	Vreme zrenja		Trajanje zrenja (dani)
		Početak	Kraj	
Polutunelski	2011.	15.07.	22.08.	39
	2012.	10.07.	13.08.	35
	2013.	20.07.	25.08.	37
	Prosek	15.07.	20.08.	37
Standardni	2011.	17.07.	24.08.	39
	2012.	12.07.	14.08.	34
	2013.	21.07.	27.08.	38
	Prosek	17.07.	22.08.	37

Primena polutunelskog gajenja kupine nije uticala na trajanje fenofaze zrenja plodova.

7.3. Generativni potencijal kupine

7.3.1. Broj rodnih grančica, cvasti i plodova po izdanku sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Rezultati trogodišnjeg ispitivanja uticaja sistema gajenja kupine na parametre generativnog potencijala, odnosno na broj rodnih grančica, cvasti i plodova po izdanku kod sorte kupine ‘Čačanska bestrna’ prikazani su u tabeli 9.

Analizom varijanse utvrđeno je da su sistem gajenja i godina proučavanja, kao i njihov interakcijski efekat statistički značajno uticali na broj cvasti i plodova po izdanku, dok je na broj grančica po izdanku kupine utvrđen značajan uticaj godine i interakcije sistem gajenja/godina.

Tabela 9. Uticaj sistema gajenja na parametre generativnog potencijala sorte kupine
 'Čačanska bestrna'

Tretman		Broj rodnih grančica po izdanku	Broj cvasti po izdanku	Broj plodova po izdanku
Sistem gajenja (A)				
Polutunelski		14,60 ± 0,51 a	123,59 ± 2,90 a	323,72 ± 10,34 a
Standardni		14,05 ± 0,38 a	112,61 ± 4,50 b	285,90 ± 13,34 b
Godina (B)				
2011.		16,28 ± 0,26 a	99,65 ± 2,49 c	362,99 ± 13,67 a
2012.		13,89 ± 0,38 b	131,31 ± 3,29 a	281,74 ± 8,88 b
2013.		12,81 ± 0,57 c	123,35 ± 4,32 b	269,70 ± 10,86 b
Sistem gajenja × Godina (A × B)				
Polutunelski	2011.	16,24 ± 0,46 a	98,25 ± 3,91 c	364,32 ± 21,33 a
	2012.	12,91 ± 0,49 c	143,16 ± 4,92 b	304,33 ± 13,27 b
	2013.	14,67 ± 0,46 b	129,37 ± 2,94 a	302,50 ± 8,39 b
Standardni	2011.	16,33 ± 0,26 a	101,04 ± 3,26 c	361,66 ± 18,58 a
	2012.	14,87 ± 0,33 b	119,46 ± 3,42 b	259,15 ± 4,02 c
	2013.	10,95 ± 0,44 d	117,32 ± 5,57 b	246,90 ± 11,32 d
ANOVA				
A		nz	*	*
B		*	*	*
A × B		*	*	*

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Prosečne vrednosti broja rodnih grančica po izdanku kupine kretale su se u intervalu od 12,81 do 16,33. Između različitih sistema gajenja, nije utvrđena značajnost razlika u prosečnom broju rodnih grančica po izdanku, ali je nešto veći broj evidentiran kod polutunelskog sistema (14,60). Analizirajući vrednosti po godinama proučavanja, najveći prosečan broj rodnih grančica po izdanku utvrđen je u 2011. godini (16,28), što je bilo značajno više u odnosu na 2012. i 2013. godinu. Najmanji broj rodnih grančica po izdanku evidentiran je u 2013. godini i iznosio je 12,81. Analizom vrednosti prosečnog broja rodnih grančica u interakcijskom efektu sistem gajenja/godina, najveća vrednost pomenutog parametra registrovana je u 2011. godini (16,33), a najmanja u 2013. godini (10,95) kod standardnog sistema.

Prosečne vrednosti broja cvasti po izdanku kupine su varirale u intervalu od 98,25 do 143,16. Značajno veći prosečan broj cvasti po izdanku utvrđen je kod polutunelskog

sistema gajenja (123,59), dok je posmatrano po godinama, najveća vrednost navedenog parametra evidentirana u 2012. godini (131,31) i bila je značajno veća u odnosu na 2011. i 2013. godinu. Najmanji broj cvasti po izdanku kupine utvrđen je u 2011 godini (99,65). U interakcijskom efektu faktora varijabilnosti (sistem gajenja i godina), najveći prosečan broj cvasti po izdanku registrovan je u 2012. godini (143,16), a najmanji u 2011. godini (98,25) kod polutunelskog sistema gajenja kupine.

U pogledu broja plodova po izdanku, prosečne vrednosti su se kretale u intervalu od 246,90 do 364,32. U uslovima različitih sistema gajenja kupine, značajno veća prosečna vrednost utvrđena je kod polutunelskog sistema i iznosila je 323,72 ploda po izdanku. Analizom rezultata po godinama ispitivanja, najveći prosečan broj plodova po izdanku je registrovan u 2011. godini (362,99), što je bilo značajno više u odnosu na vrednosti pomenutog parametra tokom 2012. i 2013. godine. U interakciji sistema gajenja i godine, najveći prosečan broj plodova po izdanku evidentiran je kod polutunelskog sistema gajenja u 2011. godini (364,32), a najmanji kod standardnog u 2013. godini (246,90).

7.3.2. Prinos po izdanku, žbunu i jedinici površine upotrebljivih plodova sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Rezultati ispitivanja prinosa po izdanku, žbunu i jedinici površine upotrebljivih plodova sorte kupine ‘Čačanska bestrna’, u funkciji sistema gajenja i hemijske zaštite u trogodišnjem periodu prikazani su u tabeli 10.

Analizom varijanse utvrđeno je da su na prinos po izdanku, žbunu i jedinici površine ispitivane sorte kupine statistički značajno uticali faktori varijabilnosti, sistem gajenja i hemijska zaštita, kao i njihova međusobna interakcija.

Prosečne vrednosti prinosa po izdanku, žbunu i jedinici površine upotrebljivih plodova kupine varirale su u intervalu od 2.070,25 do 2.943,37 g po izdanku, 6,21 do 8,83 kg po žbunu i od 13,80 do 19,62 t po ha.

Na osnovu analize rezultata po primenjenim tretmanima i međusobnim interakcijskim efektima možemo konstatovati da su vrednosti ispitivanih parametara ispoljile identičnu tendenciju.

Tabela 10. Uticaj sistema gajenja i hemijske zaštite na prinose po izdanku, žbunu i jedinici površine upotrebljivih plodova sorte kupine 'Čačanska bestrna'

Tretman	Prinos			
	g po izdanku	kg po žbunu	t po ha	
Sistem gajenja (A)				
Polutunelski	2.795,81 ± 50,84 a	8,38 ± 0,15 a	18,63 ± 0,34 a	
Standardni	2.243,45 ± 56,35 b	6,74 ± 0,17 b	14,96 ± 0,37 b	
Hemijska zaštita (B)				
Switch	2.675,54 ± 68,29 a	8,03 ± 0,20 a	17,83 ± 0,45 a	
Bez tretiranja	2.381,72 ± 76,64 b	7,15 ± 0,23 b	15,88 ± 0,51 b	
Godina (C)				
2011.	2.599,06 ± 124,33 a	7,81 ± 0,37 a	17,33 ± 0,83 a	
2012.	2.509,20 ± 84,89 a	7,52 ± 0,25 a	16,72 ± 0,56 a	
2013.	2.472,85 ± 79,35 a	7,42 ± 0,24 a	16,49 ± 0,53 a	
Sistem gajenja × Hemijska zaštita (A × B)				
Polutunelski	Switch	2.898,42 ± 71,75 a	8,69 ± 0,22 a	19,31 ± 0,48 a
	Bez tretiranja	2.693,20 ± 61,20 b	8,08 ± 0,18 b	17,96 ± 0,41 b
Standardni	Switch	2.432,41 ± 62,81 c	7,32 ± 0,19 c	16,22 ± 0,42 c
	Bez tretiranja	2.070,25 ± 56,40 d	6,21 ± 0,17 d	13,80 ± 0,37 d
Hemijska zaštita × Godina (B × C)				
Switch	2011.	2.791,31 ± 150,48 a	8,40 ± 0,45 a	18,61 ± 1,00 a
	2012.	2.700,36 ± 84,49 a	8,09 ± 0,25 a	17,98 ± 0,55 a
	2013.	2.549,43 ± 118,25 a	7,65 ± 0,36 a	16,99 ± 0,77 a
Bez tretiranja	2011.	2.430,84 ± 179,79 a	7,29 ± 0,54 a	16,21 ± 0,22 a
	2012.	2.318,04 ± 115,34 a	6,96 ± 0,35 a	15,45 ± 0,77 a
	2013.	2.396,28 ± 106,41 a	7,19 ± 0,32 a	15,98 ± 0,71 a
Sistem gajenja × Godina (A × C)				
Polutunelski	2011.	2.943,37 ± 88,42 a	8,83 ± 0,26 a	19,62 ± 0,58 a
	2012.	2.751,11 ± 80,45 a	8,24 ± 0,24 a	18,32 ± 0,53 a
	2013.	2.692,93 ± 79,21 a	8,08 ± 0,24 a	17,96 ± 0,53 a
Standardni	2011.	2.205,56 ± 135,94 a	6,64 ± 0,42 a	14,70 ± 0,81 a
	2012.	2.267,29 ± 87,68 a	6,80 ± 0,26 a	15,12 ± 0,55 a
	2013.	2.252,78 ± 82,88 a	6,76 ± 0,25 a	15,02 ± 0,54 a
ANOVA				
A	*	*	*	
B	*	*	*	
C	nz	nz	nz	
A × B	*	*	*	
B × C	nz	nz	nz	
A × C	nz	nz	nz	
A × B × C	nz	nz	nz	

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa;

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa; nz: nije značajno.

Naime, u uslovima primene različitih sistema gajenja kupine, značajno veće prosečne vrednosti prinosa po izdanku, žbunu i jedinici površine evidentirane su kod polutunelskog sistema (2.795,81 g po izdanku, 8,38 kg po žbunu i 18,63 t po ha, po redosledu). Posmatrano po tretmanima hemijske zaštite, značajno veće prosečne vrednosti prinosa po izdanku, žbunu i jedinici površine registrovane su u tretmanu sa hemijskom zaštitom (2.675,54 g po izdanku, 8,03 kg po žbunu i 17,83 t po ha, po redosledu).

Kod interakcijskog efekta sistema gajenja i hemijske zaštite, prosečne vrednosti prinosa upotrebljivih plodova kupine značajno su varirale, pri čemu je najveći prinos plodova kupine po izdanku, žbunu i jedinici površine ostvaren kod polutunelskog sistema sa primenjenom hemijskom zaštitom (2.898,42 g po izdanku, 8,69 kg po žbunu i 19,31 t po ha, po redosledu), a najmanji kod standardnog sistema bez tretiranja fungicidom (2.070,25 g po izdanku, 6,21 kg po žbunu i 13,80 t po ha, po redosledu).

7.4. Morfometrijske osobine ploda kupine

U okviru morfometrijskih osobina ploda ispitivane sorte kupine prikazani su rezultati ispitivanja mase i dimenzija (dužina i širina) ploda (Tabela 11), a zatim broj koštunica u plodu i indeks oblika ploda (Tabela 12) u funkciji sistema gajenja tokom trogodišnjeg perioda.

Analiza varijanse je pokazala da su sistem gajenja i godina statistički značajno uticali na dužinu i širinu ploda kupine, dok je njihova interakcija značajno uticala jedino na dužinu. Na masu ploda kupine značajno je uticala samo godina ispitivanja.

Primenom različitih sistema gajenja kupine, veće prosečne vrednosti mase, dužine i širine ploda evidentirane su kod polutunelskog sistema gajenja (7,36 g, 25,55 mm i 18,85 mm, po redosledu), s tim što razlika u masi ploda nije bila statistički značajna. Najveće prosečne vrednosti mase i dužine ploda su utvrđene u 2012. godini (6,98 g i 25,66 mm), a širine ploda u 2013. godini (19,14 mm), dok su najniže vrednosti pomenutih morfometrijskih osobina ploda registrovane u 2011. godini. Značajnost razlika u interakciji sistema gajenja i godine utvrđena je jedino kod prosečne dužine ploda kupine i najveće vrednosti registrovane su kod polutunelskog sistema u 2012. godini (27,68 mm), a najmanje kod standardnog u 2011. godini (22,16 mm).

Tabela 11. Uticaj sistema gajenja na krupnoću ploda kupine sorte 'Čačanska bestrna'

Tretman	Masa ploda (g)	Dimenzije ploda		
		Dužina (mm)	Širina (mm)	
Sistem gajenja (A)				
Polutunelski	7,36 ± 0,17 a	25,55 ± 0,51 a	18,85 ± 0,32 a	
Standardni	5,94 ± 0,13 a	22,80 ± 0,27 b	17,84 ± 0,25 b	
Godina (B)				
2011.	6,48 ± 0,21 b	23,09 ± 0,61 b	16,96 ± 0,39 b	
2012.	6,98 ± 0,29 a	25,66 ± 0,63 a	18,94 ± 0,24 b	
2013.	6,51 ± 0,25 ab	23,76 ± 0,38 b	19,14 ± 0,19 a	
Sistem gajenja × Godina (A × B)				
Polutunelski	2011.	6,88 ± 0,33 a	24,04 ± 1,13 b	17,46 ± 0,71 a
	2012.	7,92 ± 0,11 a	27,68 ± 0,32 a	19,60 ± 0,18 a
	2013.	7,29 ± 0,28 a	24,93 ± 0,42 b	19,50 ± 0,28 a
Standardni	2011.	6,09 ± 0,20 a	22,16 ± 0,28 b	16,45 ± 0,25 a
	2012.	6,04 ± 0,33 a	23,64 ± 0,64 b	18,29 ± 0,29 a
	2013.	5,70 ± 0,05 a	22,59 ± 0,21 b	18,77 ± 0,18 a
ANOVA				
A	nz	*	*	
B	*	*	*	
A × B	nz	*	nz	

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa;

nz: nije značajno.

Prema analizi varijanse, statistički značajan uticaj na indeks oblika ploda imala su oba faktora varijabilnosti, kao i njihova međusobna interakcija, dok je na broj koštunica u plodu utvrđen jedino značajan uticaj sistema gajenja kupine.

Prosečne vrednosti indeksa oblika ploda, koji je izračunat na osnovu dimenzija ploda, varirale su u intervalu od 1,21 do 1,42, što odgovara izduženo konusnom obliku. Primenom različitih sistema gajenja kupine, značajno veća prosečna vrednost indeksa oblika ploda utvrđena je kod polutunelskog sistema i iznosila je 1,36. Posmatrano po godinama, najveća vrednost pomenutog parametra registrovana je u 2011. godini (1,37) i značajno se razlikovala samo u odnosu na 2013. godinu u kojoj je evidentirana najmanja vrednost indeksa oblika ploda kupine (1,25). U interakcijskom efektu sistema gajenja i godine ispitivanja, najveća prosečna vrednost indeksa oblika ploda kupine utvrđena je kod

polutunelskog sistema u 2012. godini (1,42), a najmanja kod standardnog u 2013. godini (1,21).

Tabela 12. Uticaj sistema gajenja na indeks oblika ploda i broj koštunica u plodu sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Tretman		Indeks oblika ploda	Broj koštunica u plodu
Sistem gajenja (A)			
Polutunelski		1,36 ± 0,01 a	99,28 ± 1,71 a
Standardni		1,28 ± 0,02 b	95,67 ± 1,32 b
Godina (B)			
2011.		1,37 ± 0,03 a	101,04 ± 2,30 a
2012.		1,35 ± 0,02 a	97,66 ± 1,87 a
2013.		1,25 ± 0,01 b	93,73 ± 0,89 a
Sistem gajenja × Godina (A × B)			
Polutunelski	2011.	1,38 ± 0,02 ab	105,64 ± 2,74 a
	2012.	1,42 ± 0,01 a	98,89 ± 3,02 a
	2013.	1,28 ± 0,01 c	93,33 ± 1,19 a
Standardni	2011.	1,35 ± 0,02 b	96,44 ± 3,02 a
	2012.	1,29 ± 0,02 c	96,43 ± 2,35 a
	2013.	1,21 ± 0,01 d	94,14 ± 1,40 a
ANOVA			
A		*	*
B		*	nz
A × B		*	nz

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

7.5. Hemijske osobine ploda kupine

7.5.1. Sadržaj rastvorljive suve materije i šećera u plodu sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Rezultati sadržaja rastvorljive suve materije i šećera u plodu ispitivane sorte kupine u funkciji sistema gajenja tokom trogodišnjeg perioda prikazani su u tabeli 13.

Prema analizi varijanse statistički značajan uticaj sistema gajenja utvrđen je na sadržaj rastvorljive suve materije, sadržaj ukupnih i invertnih šećera, dok je značajan uticaj godine ispitivanja ispoljen na sadržaj ukupnih i invertnih šećera i sadržaj saharoze u plodu

kupine. U pogledu sadržaja ukupnih i invertnih šećera utvrđen je statistički značajan uticao međusobne interakcije faktora varijabilnosti (sistem gajenja i godina).

Tabela 13. Uticao sistema gajenja na sadržaj rastvorljive suve materije i šećera u plodu sorte kupine 'Čačanska bestrna'

Tretman	RSM (%)	Sadržaj šećera (%)			
		Ukupni	Invertni	Saharozu	
Sistem gajenja (A)					
Polutunelski	10,26 ± 0,08 a	6,77 ± 0,11 a	6,06 ± 0,13 a	0,68 ± 0,04 a	
Standardni	9,66 ± 0,04 b	6,29 ± 0,11 b	5,61 ± 0,10 b	0,65 ± 0,05 a	
Godina (B)					
2011.	9,99 ± 0,13 a	6,92 ± 0,13 a	6,17 ± 0,13 a	0,71 ± 0,05 b	
2012.	9,95 ± 0,10 a	6,49 ± 0,14 b	5,97 ± 0,11 b	0,49 ± 0,03 c	
2013.	9,94 ± 0,13 a	6,18 ± 0,09 c	5,36 ± 0,10 c	0,78 ± 0,04 a	
Sistem gajenja × Godina (A × B)					
Polutunelski	2011.	10,25 ± 0,20 a	7,04 ± 0,21 a	6,35 ± 0,19 a	0,65 ± 0,05 bc
	2012.	10,18 ± 0,14 a	6,83 ± 0,19 a	6,26 ± 0,17 a	0,54 ± 0,04 d
	2013.	10,35 ± 0,07 a	6,44 ± 0,10 a	5,56 ± 0,16 a	0,84 ± 0,06 a
Standardni	2011.	9,73 ± 0,05 b	6,80 ± 0,15 a	5,99 ± 0,12 a	0,77 ± 0,09 a
	2012.	9,73 ± 0,08 b	6,16 ± 0,09 a	5,69 ± 0,12 a	0,45 ± 0,04 d
	2013.	9,53 ± 0,04 b	5,92 ± 0,06 a	5,16 ± 0,03 a	0,73 ± 0,03 ab
ANOVA					
A	*	*	*	nz	
B	nz	*	*	*	
A × B	*	nz	nz	*	

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

U uslovima različitih sistema gajenja kupine, značajno veći prosečan sadržaj rastvorljivih suvih materija, ukupnih i invertnih šećera i saharoze utvrđen je kod polutunelskog sistema (10,26%, 6,77%, 6,06% i 0,68%, po redosledu). Posmatrano po godinama, najveće prosečne vrednosti rastvorljivih suvih materija, ukupnih i invertnih šećera registrovane su u 2011. godini (9,99%, 6,92% i 6,17%, po redosledu) i značajno su se razlikovale u odnosu na vrednosti u 2012. i 2013. godini, izuzev u pogledu sadržaja rastvorljivih suvih materija gde nije utvrđena značajnost razlika. Najviši sadržaj saharoze utvrđen je 2013. godini i značajno se razlikovao u odnosu na vrednosti u 2011. i 2012.

godini. U interakcijskom efektu faktora varijabilnosti (sistem gajenja i godina), najveće prosečne vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije u plodu kupine utvrđene su kod polutunelskog sistema gajenja u 2013. godini (10,35%), a najniže kod standardnog iste godine (9,53%). Takođe, u interakciji sistema gajenja i godine, najveći prosečan sadržaj saharoze u plodu kupine je registrovan kod polutunelskog sistema u 2013. godini (0,84%), a najmanji kod standardnog u 2012. godini (0,45%).

7.5.2. Sadržaj ukupnih kiselina i vitamina C, pH vrednost, odnos sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih kiselina i odnos ukupnih šećera i ukupnih kiselina u plodu sorte kupine ‘Čačanska bestrna

U tabeli 14 prikazani su rezultati ispitivanja sadržaja ukupnih kiselina i vitamina C, pH, odnos sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih kiselina i odnos ukupnih šećera i ukupnih kiselina u plodu ispitivane sorte kupine u zavisnosti od primenjenog sistema gajenja u trogodišnjem periodu.

Analizom varijanse je utvrđeno da je sistem gajenja kupine statistički značajno uticao na sadržaj vitamina C u plodu, pH vrednost ploda i pomenute odnose hemijskih parametara ploda, godina ispitivanja na sadržaj ukupnih kiselina i pH vrednost ploda, a međusobna interakcija faktora varijabilnosti na sve pomenute parametre biohemijskog sastava ploda. Značajno veći prosečan sadržaj vitamina C u plodu kupine, pH vrednost ploda, odnos sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih kiselina i odnos ukupnih šećera i ukupnih kiselina u plodu evidentirani su kod polutunelskog sistema gajenja (14,37 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda, 3,22, 8,75, 5,72, po redosledu), dok u pogledu sadržaja ukupnih kiselina, veća vrednost je utvrđena kod standardnog sistema, bez statističke značajnosti razlika. U pogledu sadržaja ukupnih kiselina, najveća prosečna vrednost utvrđena je u 2011. godini (1,29%) i značajno se razlikovala u odnosu na vrednosti u 2012. i 2013. godini, dok je najmanja vrednost registrovana u 2013. godini (1,17%). Interakcijski efekat sistema gajenja i godine ukazuje da su najveće prosečne vrednosti sadržaja ukupnih kiselina utvrđene kod polutunelskog sistema u 2011. godini (1,31%), a najmanje u 2013. godini kod istog sistema gajenja kupine (1,12%). Najveća prosečna vrednost sadržaja vitamina C u plodu kupine utvrđena je 2012. godine (13,90 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), a najniža 2011. godine (13,16

mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), bez statističke značajnosti u pogledu razlika između godina ispitivanja. U interakciji faktora varijabilnosti najveća prosečna vrednost sadržaja vitamina C u plodu kupine registrovana je kod polutunelskog sistema gajenja u 2012. godini, a najniža kod standardnog u 2013. godini (15,05 i 12,01 *mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda*).

Tabela 14. Uticaj sistema gajenja na sadržaj ukupnih kiselina i vitamina C, pH vrednost, odnos sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih kiselina i odnos ukupnih šećera i ukupnih kiselina u plodu sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Tretman		Ukupne kiseline (%)	Vitamin C (mg 100 g ⁻¹ sv.m.plo.)	pH	RSM/ ukupne kiseline	Ukupni šećeri/ ukupne kiseline
Sistem gajenja (A)						
Polutunelski		1,20 ± 0,03 a	14,37 ± 0,24 a	3,22 ± 0,05 a	8,75 ± 0,27 a	5,72 ± 0,18 a
Standardni		1,24 ± 0,02 a	12,55 ± 0,41 b	3,10 ± 0,04 b	7,85 ± 0,13 b	5,11 ± 0,11 b
Godina (B)						
	2011.	1,29 ± 0,04 a	13,16 ± 0,25 a	3,07 ± 0,04 b	7,80 ± 0,28 a	5,42 ± 0,23 a
	2012.	1,18 ± 0,03 b	13,90 ± 0,69 a	3,00 ± 0,03 b	8,54 ± 0,29 a	5,52 ± 0,21 a
	2013.	1,17 ± 0,02 b	13,33 ± 0,42 a	3,41 ± 0,02 a	8,56 ± 0,25 a	5,31 ± 0,16 a
Sistem gajenja × Godina (A × B)						
Polutunelski	2011.	1,31 ± 0,07 a	13,42 ± 0,31 ab	3,16 ± 0,04 c	7,96 ± 0,52 c	5,47 ± 0,40 abc
	2012.	1,16 ± 0,05 bc	15,05 ± 0,42 a	3,03 ± 0,04 d	8,99 ± 0,47 ab	5,93 ± 0,35 a
	2013.	1,12 ± 0,03 c	14,65 ± 0,14 a	3,47 ± 0,02 b	9,31 ± 0,20 a	5,76 ± 0,08 ab
Standardni	2011.	1,28 ± 0,04 ab	12,90 ± 0,39 b	2,97 ± 0,03 d	7,65 ± 0,26 c	5,36 ± 0,26 abc
	2012.	1,22 ± 0,04 abc	12,75 ± 1,19 b	2,99 ± 0,03 d	8,08 ± 0,23 bc	5,12 ± 0,10 bc
	2013.	1,21 ± 0,03 abc	12,01 ± 0,26 b	3,35 ± 0,02 a	7,82 ± 0,15 c	4,87 ± 0,15 c
ANOVA						
A		nz	*	*	*	*
B		*	nz	*	nz	nz
A × B		*	*	*	*	*

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Posmatrano po godinama, prosečno najveća pH vrednost ploda kupine od 3,41 utvrđena je u 2013. godini, a najniža vrednost u 2012. godini, sa registrovanom značajnošću razlika između godina.

U pogledu prosečnih vrednosti odnosa sadržaja rastvorljivih suvih materija i ukupnih kiselina, kao i odnosa ukupnih šećera i ukupnih kiselina, značajno veće vrednosti evidentirane su kod polutunelskog sistema gajenja (8,75 i 5,72, po redosledu), u odnosu na standardni, dok po godinama ispitivanja nisu utvrđene statistički značajne razlike. Najveća prosečna vrednost odnosa sadržaja rastvorljivih suvih materija i ukupnih kiselina, utvrđena je u 2013. godini i iznosila je 8,56, dok je najniža vrednost pomenutog parametra bila u 2011. godini (7,80). Najveća vrednost odnosa ukupnih šećera i ukupnih kiselina registrovana je 2012. godine (5,52), a najniža vrednost je iznosila 5,31 u 2013. godini.

7.5.3. Sadržaj individualnih fenolnih komponenti u plodu kupine sorte ‘Čačanska bestrna’

7.5.3.1. Hidroksibenzoeve kiseline

U tabeli 15 prikazani su rezultati ispitivanja sadržaja hidroksibenzoevih kiselina u plodu kupine u uslovima primene različitih sistema gajenja u trogodišnjem periodu. Od pomenutih kiselina detektovane su protokatehinska, 4-hidroksibenzoeva, vanilinska, elaginska i galna kiselina.

Analizom varijanse ustanovljen je statistički značajan uticaj sistema gajenja kupine na sadržaj elaginske i galne kiseline, dok je godina ispitivanja značajno uticala na sadržaj protokatehinske, vanilinske, elaginske i galne kiseline u plodu kupine. Kod interakcijskog efekta faktora varijabilnosti utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju 4-hidroksibenzoeve, vanilinske, elaginske i galne kiseline.

Vrednosti sadržaja protokatehinske kiseline u plodu kupine nisu se značajno razlikovale između ispitivanih sistema gajenja. Veći prosečan sadržaj protokatehinske kiseline u plodu kupine utvrđen je kod polutunelskog sistema gajenja i iznosio je 2,38 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda.

Tabela 15. Uticaj sistema gajenja na sadržaj hidroksibenzoevih kiselina u plodu sorte kupine 'Čačanska bestrna'

Tretman	Hidroksibenzoewe kiseline (mg 100 g ⁻¹ sveže mase ploda)					
	Protokatehinska kiselina	4-hidroksibenzoeva kiselina	Vanilinska kiselina	Elaginska kiselina	Galna kiselina	
Sistem gajenja (A)						
Polutunelski	2,38 ± 0,09 a	0,60 ± 0,05 a	0,76 ± 0,08 a	11,36 ± 0,88 a	5,87 ± 0,42 a	
Standardni	2,14 ± 0,13 a	0,55 ± 0,04 a	0,89 ± 0,13 a	8,51 ± 0,46 b	4,25 ± 0,22 b	
Godina (B)						
2011.	1,91 ± 0,09 c	0,57 ± 0,07 a	1,35 ± 0,13 a	8,93 ± 0,37 b	4,11 ± 0,32 b	
2012.	2,66 ± 0,16 a	0,56 ± 0,02 a	0,64 ± 0,04 b	7,31 ± 0,37 c	4,46 ± 0,14 b	
2013.	2,21 ± 0,03 b	0,59 ± 0,06 a	0,50 ± 0,01 b	13,52 ± 0,82 a	6,60 ± 0,49 a	
Sistem gajenja × Godina (A × B)						
Polutunelski	2011.	2,09 ± 0,09 a	0,71 ± 0,11 a	1,08 ± 0,17 a	9,97 ± 0,39 c	4,79 ± 0,50 ab
	2012.	2,77 ± 0,15 a	0,55 ± 0,04 ab	0,70 ± 0,06 b	7,93 ± 0,49 d	4,81 ± 0,09 ab
	2013.	2,29 ± 0,02 a	0,54 ± 0,08 ab	0,52 ± 0,01 b	16,17 ± 0,29 a	8,00 ± 0,42 a
Standardni	2011.	1,73 ± 0,13 a	0,44 ± 0,04 b	1,62 ± 0,11 a	7,89 ± 0,17 d	3,44 ± 0,16 b
	2012.	2,56 ± 0,28 a	0,57 ± 0,03 ab	0,59 ± 0,04 b	6,77 ± 0,49 e	4,12 ± 0,16 b
	2013.	2,14 ± 0,03 a	0,65 ± 0,09 ab	0,49 ± 0,22 b	10,87 ± 0,22 b	5,20 ± 0,33 ab
ANOVA						
A	nz	nz	nz	*	*	
B	*	nz	*	*	*	
A × B	nz	*	*	*	*	

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Posmatrano po godinama ispitivanja, prosečno najveći sadržaj protokatehinske kiseline u plodu kupine utvrđen je u 2012. godini ($2,66 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda), što je bilo značajno više u odnosu na 2011. i 2013. godinu. Najniži sadržaj pomenute hidroksibenzoeve kiseline evidentiran je u 2011. godini i iznosio je $1,91 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda kupine.

U pogledu sadržaja 4-hidroksibenzoeve kiseline u plodu ispitivane sorte kupine, nije utvrđena statistička značajnost razlika između različitih sistema gajenja, ali je prosečno veća vrednost evidentirana kod polutunelskog sistema gajenja ($0,60 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda). U interakciji sistema gajenja kupine i godine ispitivanja, prosečne vrednosti sadržaja 4-hidroksibenzoeve kiseline u plodu su značajno varirale, pri čemu je najveći sadržaj registrovan kod polutunelskog sistema gajenja u 2011. godini ($0,71 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda), a najniži kod standardnog iste godine ($0,44 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda).

Kod sadržaja vanilinske kiseline u plodu kupine, utvrđena je suprotna tendencija, odnosno veći sadržaj u uslovima primene standardnog sistema gajenja ($0,89 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda), ali bez statističke značajnosti razlika. U prvoj godini ispitivanja registrovan je prosečno najveći sadržaj vanilinske kiseline u plodu kupine ($1,35 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda) i značajno se razlikovao u odnosu na vrednosti dobijene u drugoj i trećoj eksperimentalnoj godini. Najniži sadržaj vanilinske kiseline utvrđen je u 2013. godini i iznosio je $0,50 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda kupine. U interakciji faktora varijabilnosti, najveća vrednost pomenute kiseline je zabeležena kod polutunelskog sistema gajenja kupine u 2011. godini ($1,08 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda), a najmanja kod standardnog u 2013. godini ($0,49 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda).

Statistički značajno veće vrednosti sadržaja elaginske i galne kiseline u plodu kupine utvrđene su kod polutunelskog sistema gajenja i iznosile su $11,36$, odnosno $5,87 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda. Posmatrano po godinama, najveća prosečna vrednost elaginske i galne kiseline u plodu dobijena je u 2013. godini ($13,52$ i $6,60 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda, po redosledu) i statistički se značajno razlikovala u odnosu na 2011. i 2012. godinu. Najniže vrednosti elaginske i galne kiseline ploda ispitivane sorte kupine registrovane su u 2012. ($7,31 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda), odnosno 2011. godini ($4,11 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže

mase ploda). Analizom prosečnih vrednosti sadržaja elaginske i galne kiseline u plodu kupine, u interakcijskom efektu sistem gajenja/godina, najveći sadržaj pomenutih kiselina utvrđen je kod polutunelskog sistema gajenja u 2013. godini, i iznosio je 16,17, odnosno 8,00 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda. Najniži sadržaj elaginske kiseline u plodu registrovan je kod standardnog sistema u 2012. godini (6,77 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), a galne kiseline u 2011. godini kod istog sistema (3,44 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda).

7.5.3.2. Hidroksicinamične kiseline

Rezultati ispitivanja uticaja sistema gajenja kupine u trogodišnjem periodu na sadržaj hidroksinamičnih kiselina u plodu, od kojih su detektovane *p*-kumarinska, kafeinska i ferulinska, prikazani su u tabeli 16.

Analizom varijanse je utvrđeno da je sistem gajenja kupine statistički značajno uticao, samo na sadržaj *p*-kumarinske kiseline u plodu, dok je godina ispitivanja značajno uticala na sadržaj svih identifikovanih hidroksicinamičnih kiselina. Statistički značajan uticaj interakcije faktora varijabilnosti utvrđen je na sadržaj *p*-kumarinske i kafeinske kiseline u plodu kupine.

Primenom različitih sistema gajenja kupine, statistički značajno veći prosečan sadržaj *p*-kumarinske kiseline u plodu, evidentiran je kod polutunelskog sistema gajenja i iznosio je 2,28 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda. Posmatrano po godinama ispitivanja, prosečno najveći sadržaj pomenute kiseline utvrđen je u 2013. godini (4,77 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), a najniži u 2012. godini (0,64 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), sa utvrđenom značajnošću razlika između godina. U interakcijskom efektu sistema gajenja i godine, prosečno najveći sadržaj *p*-kumarinske kiseline dobijen je kod polutunelskog sistema u 2013. godini i iznosio je 5,05 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda, dok je najniži sadržaj od 0,37 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda, utvrđen kod standardnog sistema iste godine.

Tabela 16. Uticaj sistema gajenja na sadržaj hidroksicinamičnih kiselina u plodu sorte kupine 'Čačanska bestrna'

Tretman	Hidroksicinamične kiseline (mg 100 g ⁻¹ sveže mase ploda)			
	<i>p</i> -kumarinska kiselina	Kafeinska kiselina	Ferulinska kiselina	
Sistem gajenja (A)				
Polutunelski	2,28 ± 0,48 a	0,49 ± 0,02 a	0,42 ± 0,02 a	
Standardni	1,92 ± 0,45 b	0,47 ± 0,02 a	0,39 ± 0,01 a	
Godina (B)				
2011.	0,90 ± 0,04 b	0,41 ± 0,01 c	0,36 ± 0,02 b	
2012.	0,64 ± 0,09 c	0,50 ± 0,02 b	0,47 ± 0,03 a	
2013.	4,77 ± 0,12 a	0,55 ± 0,02 a	0,38 ± 0,01 b	
Sistem gajenja × Godina (A × B)				
Polutunelski	2011.	0,90 ± 0,06 b	0,42 ± 0,02 c	0,37 ± 0,04 a
	2012.	0,91 ± 0,07 b	0,48 ± 0,02 b	0,49 ± 0,05 a
	2013.	5,05 ± 0,08 a	0,58 ± 0,01 a	0,39 ± 0,01 a
Standardni	2011.	0,89 ± 0,06 b	0,39 ± 0,01 c	0,34 ± 0,01 a
	2012.	0,37 ± 0,03 c	0,51 ± 0,02 ab	0,45 ± 0,03 a
	2013.	4,49 ± 0,15 a	0,52 ± 0,03 ab	0,37 ± 0,01 a
ANOVA				
A	*	nz	nz	
B	*	*	*	
A × B	*	*	nz	

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

7.5.3.3. Flavonoidi

U tabeli 17 su prikazani rezultati ispitivanja sadržaja flavonoida u plodu kupine u uslovima različitih sistema gajenja u trogodišnjem periodu. U plodu ispitivane sorte kupine identifikovani su kvercetin i cijanidin-3-glukozid koji pripadaju flavanolima odnosno antocijanima.

Analiza varijanse je pokazala da na sadržaj kvercetina i cijanidin-3-glukozida nije bilo statistički značajnog uticaja faktora varijabilnosti, kao ni njihove međusobne interakcije, izuzev uticaja godine na sadržaj cijanidin-3-glukozida u plodu kupine.

Tabela 17. Uticaj sistema gajenja na sadržaj flavonoida u plodu sorte kupine 'Čačanska bestrna'

Tretman	Flavonoidi (mg 100 g ⁻¹ sveže mase ploda)		
	Flavonoli	Antocijan	
	Kvercetin	Cijanidin-3-glukozid	
Sistem gajenja (A)			
Polutunel	0,31 ± 0,01 a	12,47 ± 1,25 a	
Standardni	0,29 ± 0,03 a	11,96 ± 1,12 a	
Godina (B)			
2011.	0,33 ± 0,02 a	6,28 ± 0,16 c	
2012.	0,25 ± 0,01 a	12,51 ± 0,57 b	
2013.	0,32 ± 0,04 a	17,86 ± 0,36 a	
Sistem gajenja × Godina (A × B)			
Polutunel	2011.	0,35 ± 0,01 a	6,51 ± 0,31 a
	2012.	0,28 ± 0,01 a	12,14 ± 0,92 a
	2013.	0,30 ± 0,01 a	18,78 ± 0,16 a
Standardni	2011.	0,30 ± 0,03 a	6,06 ± 0,04 a
	2012.	0,22 ± 0,02 a	12,88 ± 0,73 a
	2013.	0,35 ± 0,09 a	16,94 ± 0,44 a
A	nz	nz	
B	nz	*	
A × B	nz	nz	

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Prosečno veće vrednosti sadržaja kvercetina i cijanidin 3-glukozida u plodu kupine utvrđene su kod polutunelskog sistema gajenja i iznosile su 0,31, odnosno 12,47 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda. Značajnost razlika u sadržaju kvercetina nije utvrđena između godina ispitivanja, ali kod sadržaja cijanidin-3-glukozida su postojale značajne razlike između godina. Najveći prosečan sadržaj kvercetina u plodu kupine utvrđen je u 2011. (0,33 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), a najniži u 2012. godini (0,25 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda). U pogledu prosečnog sadržaja cijanidin-3-glukozida, najveća vrednost evidentirana je u 2013. (17,86 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), a najmanja u 2011. godini (6,28 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda).

7.5.4. Sadržaj ukupnih antocijana u plodu kupine 'Čačanska bestrna'

Rezultati ispitivanja uticaja sistema gajenja kupine na sadržaj ukupnih antocijana u plodu kupine u trogodišnjem periodu prikazani su u tabeli 18.

Tabela 18. Uticaj sistema gajenja na sadržaj ukupnih antocijana u plodu sorte kupine 'Čačanska bestrna'

Tretman	Ukupni antocijani (mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g ⁻¹ sveže mase ploda)
Sistem gajenja (A)	
Polutunelski	70,98 ± 1,84 a
Standardni	70,40 ± 2,64 a
Godina (B)	
2011.	63,87 ± 1,80 b
2012.	69,78 ± 2,36 b
2013.	78,41 ± 2,37 a
ANOVA	
A	nz
B	*
A × B	*

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

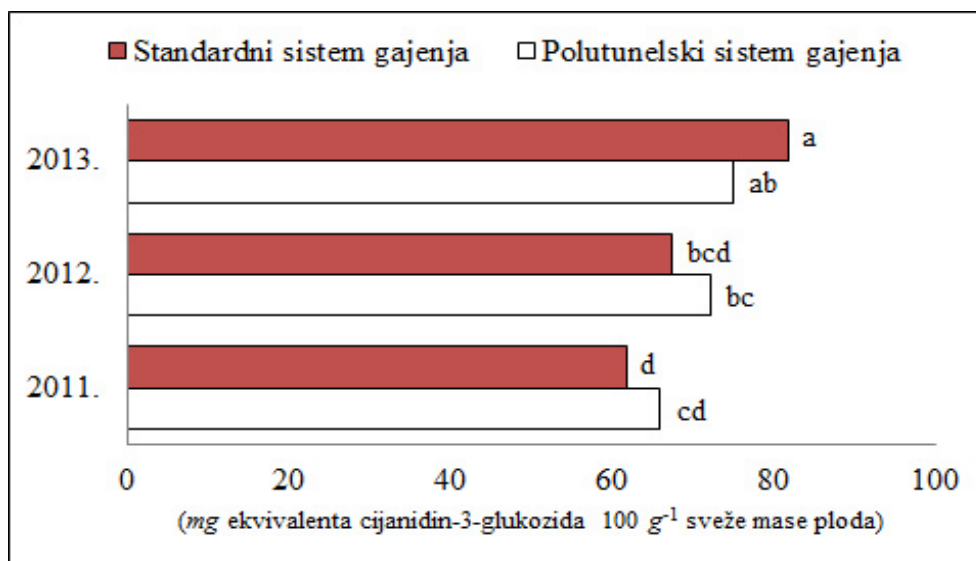
Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Prema analizi varijanse na sadržaj ukupnih antocijana u plodu ispitivane sorte kupine statistički značajno je uticala godina ispitivanja i interakcija faktora varijabilnosti (sistem gajenja i godina).

Primenom različitih sistema gajenja kupine, prosečno veći sadržaj ukupnih antocijana u plodu utvrđen je kod polutunelskog sistema i iznosio je 70,98 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda. Posmatrano po godinama ispitivanja, prosečno najveće vrednosti sadržaja ukupnih antocijana u plodu kupine registrovane su u 2013. godini (78,41 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda) i značajno su bile veće u odnosu na 2011. i 2012. godinu. Statistički značajan uticaj interakcije sistema gajenja i godine na sadržaj ukupnih antocijana u plodu prikazan je na grafikonu 6. Kod standardnog sistema gajenja kupine u 2013. godini (81,89 mg ekvivalenta

cijanidin-3-glukozida 100 g^{-1} sveže mase ploda) evidentiran je najveći sadržaj ukupnih antocijana u plodu, dok je najniži sadržaj utvrđen kod istog sistema u 2011. godini ($61,86\text{ mg}$ ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g^{-1} sveže mase ploda).



Sredine za interakcijske sredine $A \times B$ obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

Grafikon 6. Sadržaj ukupnih antocijana u plodu sorte kupine 'Čačanska bestrna' ($A \times B$)

7.5.5. Sadržaj ukupnih fenola u plodu kupine 'Čačanska bestrna'

Rezultati ispitivanja uticaja sistema gajenja na sadržaj ukupnih fenola u plodu ispitivane sorte kupine u trogodišnjem periodu prikazani su u tabeli 19.

U pogledu sadržaja ukupnih fenola u plodu kupine, analiza varijanse ukazuje na statistički značajan uticaj faktora varijabilnosti (sistem gajenja i godina), kao i njihove međusobne interakcije.

Posmatrano po sistemima gajenja, značajno veći prosečan sadržaj ukupnih fenola u plodu kupine utvrđen je kod polutunelskog sistema i iznosio je $438,71\text{ mg}$ ekvivalenta GA 100 g^{-1} sveže mase ploda.

Tabela 19. Uticaj sistema gajenja na sadržaj ukupnih fenola u plodu sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Tretman	Ukupni fenoli (mg ekvivalenta GA 100 g ⁻¹ sveže mase ploda)
Sistem gajenja (A)	
Polutunelski	438,71 ± 15,02 a
Standardni	407,94 ± 11,49 b
Godina (B)	
2011.	451,24 ± 10,19 a
2012.	362,65 ± 15,57 b
2013.	456,09 ± 6,65 a
ANOVA	
A	*
B	*
A × B	*

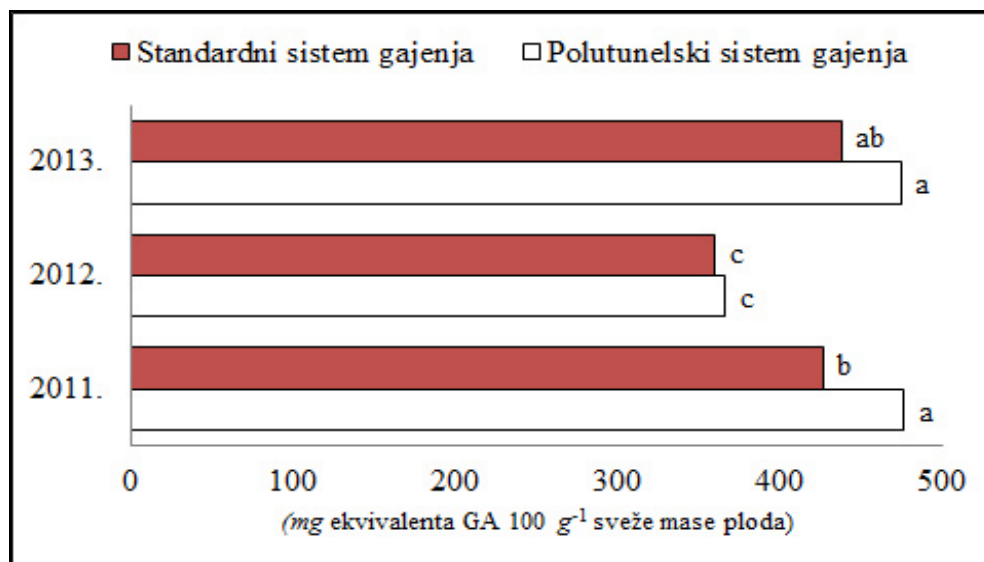
Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Vrednosti sadržaja pomenutih jedinjenja u plodu, dobijenih u 2011. i 2013. godini bile su ujednačene, tako da razlike nisu bile statistički značajne, dok je u 2012. godini utvrđen značajno manji prosečan sadržaj ukupnih fenola u plodu kupine i iznosio je 362,65 mg ekvivalenta GA 100 g⁻¹ sveže mase ploda.

Interakcijski efekat sistema gajenja i godine ispitivanja na sadržaj ukupnih fenola u plodu ispitivane sorte kupine prikazan je na grafikonu 7. Najveća prosečna vrednost sadržaja ukupnih fenola u plodu, utvrđena je kod polutunelskog sistema gajenja kupine u 2011. godini i iznosila je 476,06 mg ekvivalenta GA 100 g⁻¹ sveže mase ploda, dok je najniža vrednost sadržaja od 359,53 mg ekvivalenta GA 100 g⁻¹ sveže mase ploda registrovana kod standardnog sistema u 2012. godini.



• Sredine za interakcijske sredine A × B obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

Grafikon 7. Sadržaj ukupnih fenola u plodu sorte kupine 'Čačanska bestrna' (A × B)

7.5.6. Antioksidativni kapacitet ploda kupine sorte 'Čačanska bestrna'

Prosečne vrednosti antioksidativnog kapaciteta ploda ispitivane sorte kupine u funkciji sistema gajenja tokom trogodišnjeg perioda su prikazani u tabeli 20.

Analizom varijanse je utvrđeno da su na antioksidativni kapacitet ploda kupine statistički značajno uticali faktori varijabilnosti (sistem gajenja i godina), kao i njihova međusobna interakcija.

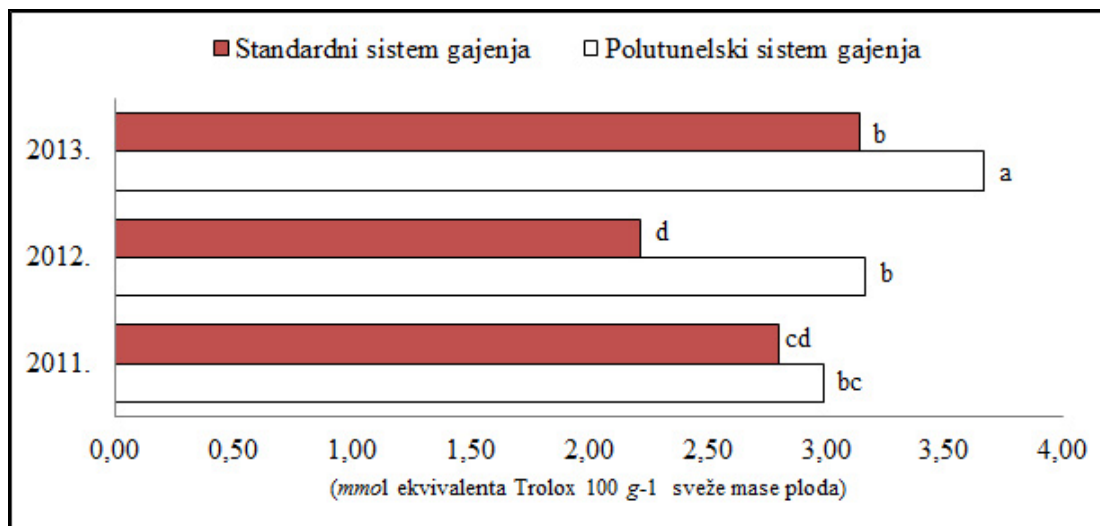
Kod polutunelskog sistema gajenja kupine evidentirana je statistički značajno veća prosečna vrednost antioksidativnog kapaciteta ploda ($3,28 \text{ mmol}$ ekvivalenta Trolox 100 g^{-1} sveže mase ploda) u odnosu na standardni sistem. Posmatrano po godinama ispitivanja, prosečno najveća vrednost antioksidativnog kapaciteta ploda kupine utvrđena je u 2013. godini ($3,40 \text{ mmol}$ ekvivalenta Trolox 100 g^{-1} sveže mase ploda), što je bilo statistički značajno više u odnosu na 2011. i 2012. godinu. Najniža prosečna vrednost antioksidativnog kapaciteta ploda kupine registrovana je u 2012. godini i iznosila je $2,69 \text{ mmol}$ ekvivalenta Trolox 100 g^{-1} sveže mase ploda.

Tabela 20. Uticaj sistema gajenja na antioksidativni kapacitet ploda sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Tretman	Antioksidativni kapacitet
	(mmol ekvivalenta Trolox 100 g ⁻¹ sveže mase ploda)
Sistem gajenja (A)	
Polutunelski	3,28 ± 0,08 a
Standardni	2,72 ± 0,11 b
Godina (B)	
2011.	2,90 ± 0,07 b
2012.	2,69 ± 0,15 c
2013.	3,40 ± 0,11 a
ANOVA	
A	*
B	*
A × B	*

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa. Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa. nz: nije značajno.

Statistički značajan uticaj interakcije sistema gajenja i godine ispitivanja na vrednost antioksidativnog kapaciteta ploda kupine prikazan je na grafikonu 8.



• Sredine za interakcijske sredine A × B obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

Grafikon 8. Antioksidativni kapacitet ploda sorte kupine ‘Čačanska bestrna’ (A × B)

Kod polutunelskog sistema gajenja kupine u 2013. godini utvrđena je najveća prosečna vrednost antioksidativnog kapaciteta ploda koja je iznosila 3,67 mmol ekvivalenta Trolox 100 g⁻¹ sveže mase ploda, dok je najniža vrednost 2,22 mmol ekvivalenta Trolox 100 g⁻¹ sveže mase ploda bila kod standardnog sistema u 2012. godini.

7.5.7. Korelaciona zavisnost između sadržaja ukupnih antocijana, ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Primenom regresiono-korelacione analize ispitan je uticaj sadržaja ukupnih antocijana i ukupnih fenola na vrednost antioksidativnog kapaciteta ploda kupine u polutunelskom i standardnom sistemu gajenja (Tabela 21).

Tabela 21. Vrednosti Pirsonovog koeficijenta linearne korelacije između sadržaja ukupnih antocijana, ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda sorte kupine ‘Čačanska bestrna’

Polutunelski sistem gajenja					
Parametar	AK*	SUA	Parametar	AK	SUF
AK	/		AK	/	
SUA	0,43	/	SUF	0,34	/
Standardni sistem gajenja					
Parametar	AK	SUA	Parametar	AK	SUF
AK	/		AK	/	
SUA	0,55*	/	SUF	0,51*	/

AK* - antioksidativni kapacitet ploda kupine;

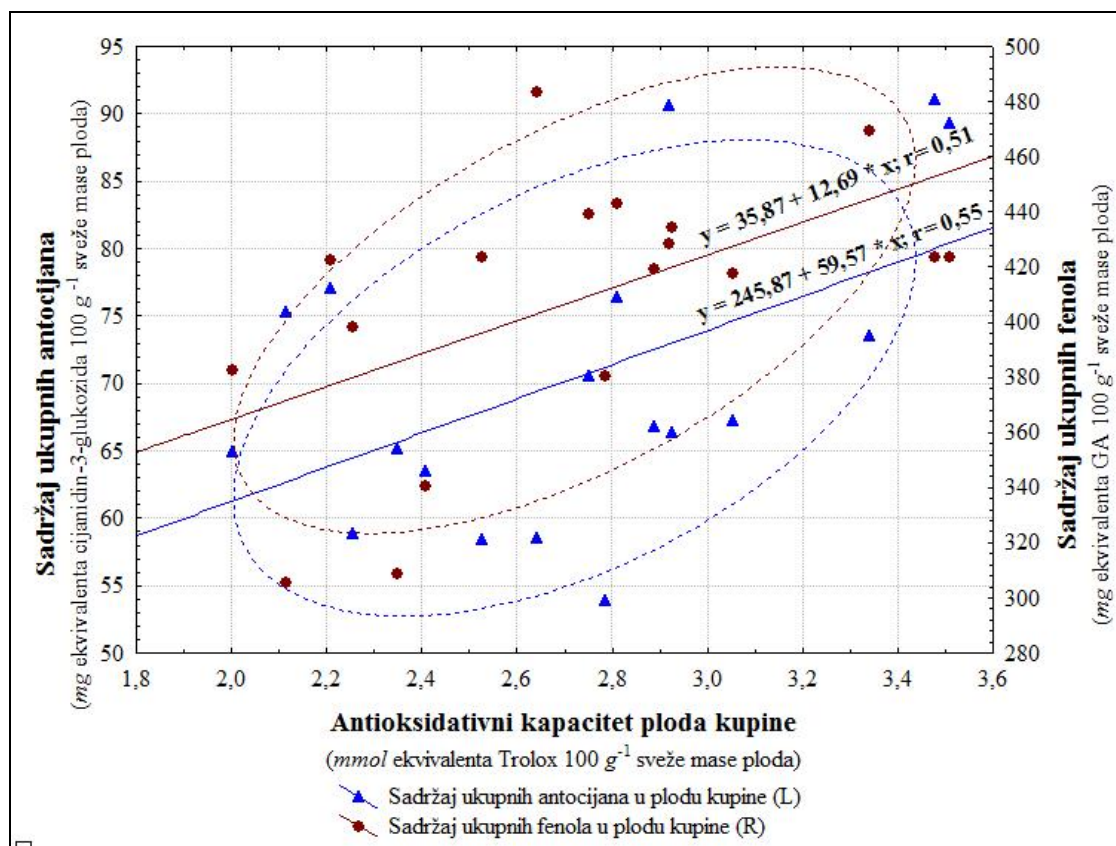
SUA – sadržaj ukupnih antocijana u plodu kupine;

SUF – sadržaj ukupnih fenola u plodu kupine.

Označene vrednosti koeficijenta korelacije su statistički značajne za $P \leq 0,01$.

Analizom prikazanih rezultata može se uočiti da kod polutunelskog sistema gajenja kupine nije utvrđena korelacija između sadržaja ukupnih antocijana i fenola i vrednosti antioksidativnog kapaciteta ploda, dok je kod standardnog sistema, između sadržaja

ukupnih antocijana i fenola i vrednosti antioksidativnog kapaciteta ploda kupine utvrđena statistički značajna korelacija.



Grafikon 9. Linearna zavisnost antioksidativnog kapaciteta ploda kupine i sadržaja ukupnih antocijana i fenola kod standardnog sistema gajenja

Karakter ovih veza u uslovima standardnog gajenja kupine prikazan je na grafikonu 9 i izražen linijama i jednačinama linearne regresije, a njihova snaga koeficijentima korelacije. Kod standardnog sistema gajenja kupine, vrednost koeficijenta korelacije ukazuje na postojanje srednje pozitivne korelacije, kako između sadržaja ukupnih antocijana u plodu i antioksidativnog kapaciteta ploda ($r=0,51$), tako i između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda ($r=0,55$).

7.6. Organoleptička ocena kvaliteta ploda kupine

Rezultati ispitivanja uticaja sistema gajenja kupine na organoleptičke osobine ploda kupine sorte 'Čačanska bestrna' prikazani su u tabeli 22.

Analizom varijanse je utvrđeno da su faktori varijabilnosti (sistem gajenja i godina) statistički značajno uticali, jedino na konzistenciju ploda, a njihova međusobna interakcija na aromu i konzistenciju ploda.

Tabela 22. Uticao sistema gajenja na organoleptičke osobine ploda sorte kupine 'Čačanska bestrna'

Tretman	Atraktivnost (0–6)	Ukus (0–6)	Aroma (0–4)	Konzistencija (0–4)	Ukupna ocena	
Sistem gajenja (A)						
Polutunelski	5,03 ± 0,06 a	3,98 ± 0,03 a	2,97 ± 0,03 a	2,89 ± 0,04 a	14,87	
Standardni	4,99 ± 0,05 a	3,94 ± 0,02 a	2,89 ± 0,04 a	2,82 ± 0,04 b	14,64	
Godina (B)						
2011.	5,02 ± 0,05 a	3,95 ± 0,02 a	2,93 ± 0,03 a	2,77 ± 0,03 b	14,67	
2012.	4,93 ± 0,05 a	3,97 ± 0,03 a	2,95 ± 0,04 a	2,70 ± 0,04 b	14,55	
2013.	5,08 ± 0,09 a	3,96 ± 0,04 a	3,00 ± 0,04 a	2,88 ± 0,05 a	14,92	
Sistem gajenja × Godina (A × B)						
Polutunelski	2011.	5,03 ± 0,09 a	3,97 ± 0,03 a	2,90 ± 0,06 bc	2,73 ± 0,03 bc	14,63
	2012.	5,00 ± 0,06 a	4,00 ± 0,06 a	2,93 ± 0,03 bc	2,77 ± 0,03 b	14,70
	2013.	5,07 ± 0,18 a	3,97 ± 0,09 a	3,07 ± 0,03 a	2,97 ± 0,03 a	15,07
Standardni	2011.	5,00 ± 0,06 a	3,93 ± 0,03 a	2,97 ± 0,03 ab	2,80 ± 0,06 b	14,70
	2012.	4,87 ± 0,07 a	3,93 ± 0,03 a	2,77 ± 0,03 d	2,63 ± 0,03 c	14,20
	2013.	5,10 ± 0,10 a	3,97 ± 0,03 a	2,93 ± 0,03 bc	2,80 ± 0,06 b	14,80
ANOVA						
A	nz	nz	nz	*		
B	nz	nz	nz	*		
A × B	nz	nz	*	*		

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno

Prosečne vrednosti za ocenu atraktivnosti, ukusa i arome ploda ispitivane sorte kupine varirale su u intervalu od 4,87 do 5,10, od 3,93 do 4,00 i od 2,77 do 3,07. Poređenjem prosečnih vrednosti pomenutih organoleptičkih osobina ploda, bez utvrđene značajnosti razlika, veće vrednosti su evidentirane kod polutunelskog sistema gajenja.

Posmatrano po godinama ispitivanja, vrednosti za ocenu atraktivnosti, ukusa i arome ploda kupine varirale su u veoma uskom intervalu, takođe bez utvrđene značajnosti u razlikama.

U interakciji sistema gajenja i godine, najveća prosečna vrednost ocene za aromu ploda kupine evidentirana je kod polutunelskog sistema gajenja u 2013. godini (3,07), a najmanja kod standardnog u 2012. godini (2,77).

Značajno veća prosečna vrednost ocene za konzistenciju ploda, u uslovima primene različitih sistema gajenja kupine, utvrđena je kod polutunelskog sistema gajenja i iznosila je 2,89. Po godinama ispitivanja, prosečno najveća vrednost za ocenu konzistencije ploda evidentirana je u 2013. godini ploda, što je bilo značajno više u odnosu na prosečnu vrednost u 2011. i 2012. godini.

Najveća vrednost ocene za konzistenciju ploda kupine u interakcijskom efektu faktora varijabilnosti utvrđena je kod polutunelskog sistema gajenja u 2013. godini (2,97), a najniža kod standardnog u 2012. godini (2,63).

Analizom vrednosti za ukupnu organoleptičku ocenu ploda kupine između ispitivanih tretmana, najveća vrednost od 15,07 dobijena je kod polutunelskog sistema u 2013. godini, dok je najniža evidentirana kod standardnog sistema gajenja u 2012. godini i iznosila je 14,20.

7.7. Ocena pojave sive truleži ploda kupine i efikasnost hemijske zaštite

Rezultati ispitivanja uticaja sistema gajenja kupine i primenjene hemijske zaštite na broj zdravih i zaraženih plodova, kao i na efikasnost hemijske zaštite prikazane kroz stepen zaraze, dati su u tabeli 24.

Na osnovu analize varijanse utvrđen je statistički značajan uticaj sistema gajenja kupine na broj zaraženih plodova i stepen zaraze, hemijske zaštite na broj zdravih, broj zaraženih plodova i stepen zaraze, dok je godina značajno uticala na sve ispitivane parametre. Interakcijski efekat sistem gajenja/hemijska zaštita je statistički značajno uticao na broj zaraženih plodova i stepen zaraze, a sistem gajenja/godina na ukupan broj plodova kupine i broj zaraženih plodova.

Tabela 23. Uticaj sistema gajenja i hemijske zaštite na pojavu sive truleži na plodovima sorte kupine 'Čačanska bestrna'

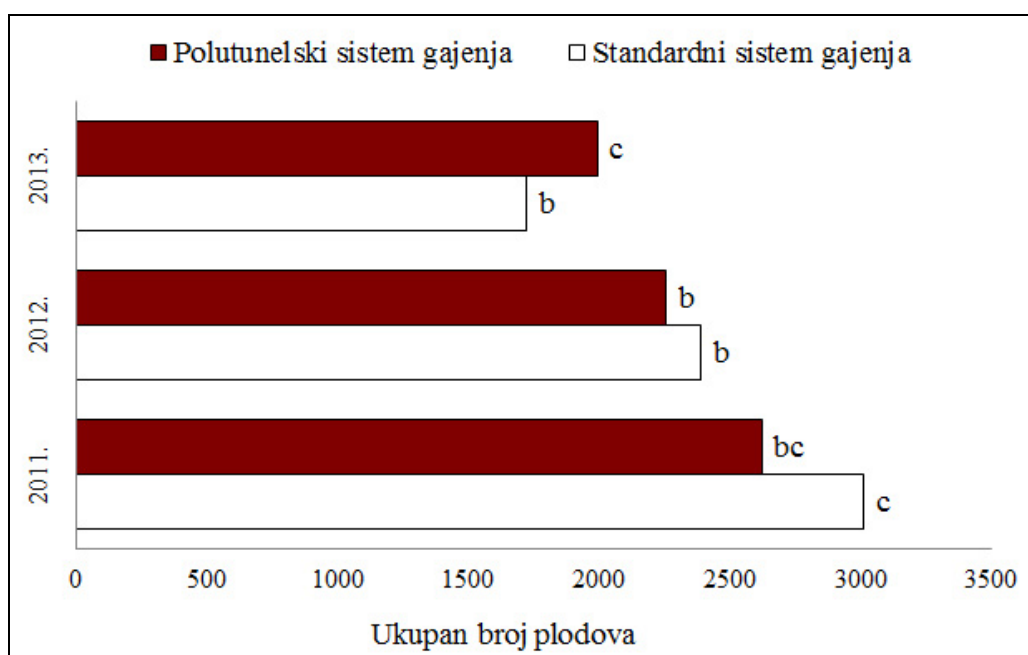
Tretman	Ukupan broj plodova	Broj zdravih plodova	Broj zaraženih plodova	Stepen zaraze (%)
Sistem gajenja (A)				
Polutunelski	2.291,00 ± 88,75 a	2.129,96 ± 75,65 a	163,13 ± 19,58 b	6,82 ± 0,69 b
Standardni	2.347,83 ± 122,87 a	2.100,96 ± 102,70 a	288,44 ± 42,14 a	11,67 ± 1,47 a
Hemijska zaštita (B)				
Switch	2.387,87 ± 119,52 a	2.226,00 ± 98,04 a	180,09 ± 26,18 b	6,96 ± 0,74 b
Bez tretiranja	2.252,63 ± 99,62 a	2.010,13 ± 74,88 b	266,96 ± 39,45 a	11,35 ± 1,43 a
Godina (C)				
2011.	2.805,67 ± 123,46 a	2.432,67 ± 123,21 a	382,67 ± 44,71 a	13,73 ± 1,67 a
2012.	2.321,81 ± 75,08 b	2.101,25 ± 70,55 b	220,56 ± 24,86 b	9,79 ± 1,10 b
2013.	1.859,38 ± 77,30 c	1.833,19 ± 74,61 c	80,00 ± 8,39 c	4,35 ± 0,52 c
ANOVA				
A	nz	nz	*	*
B	nz	*	*	*
C	*	*	*	*
A × B	nz	nz	*	*
B × C	nz	nz	nz	nz
A × C	*	nz	*	nz
A × B × C	nz	nz	nz	nz

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Prosečne vrednosti ukupnog broja plodova ispitivane sorte kupine kretale su se u intervalu od 1.859,38 do 2.805,67. Statistička značajnost razlika u ukupnom broju plodova kupine utvrđena je po godinama ispitivanja i kod uticaja interakcije između sistema gajenja i godine (Grafikon 10). Najveći ukupan broj plodova evidentiran je u 2011. godini (2.805,67), što je bilo značajno više u odnosu na 2012. i 2013. godinu, dok je najniži ukupan broj utvrđen u 2013. godini (1.859,38). Najveća prosečna vrednost ukupnog broja plodova kupine tokom fenofaze zrenja utvrđena je kod standardnog sistema gajenja u 2011. godini (3.015,00), a najniža kod istog sistema u 2013. godini (1.724,00).



• Sredine za interakcijske sredine A × C obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom LSD testa

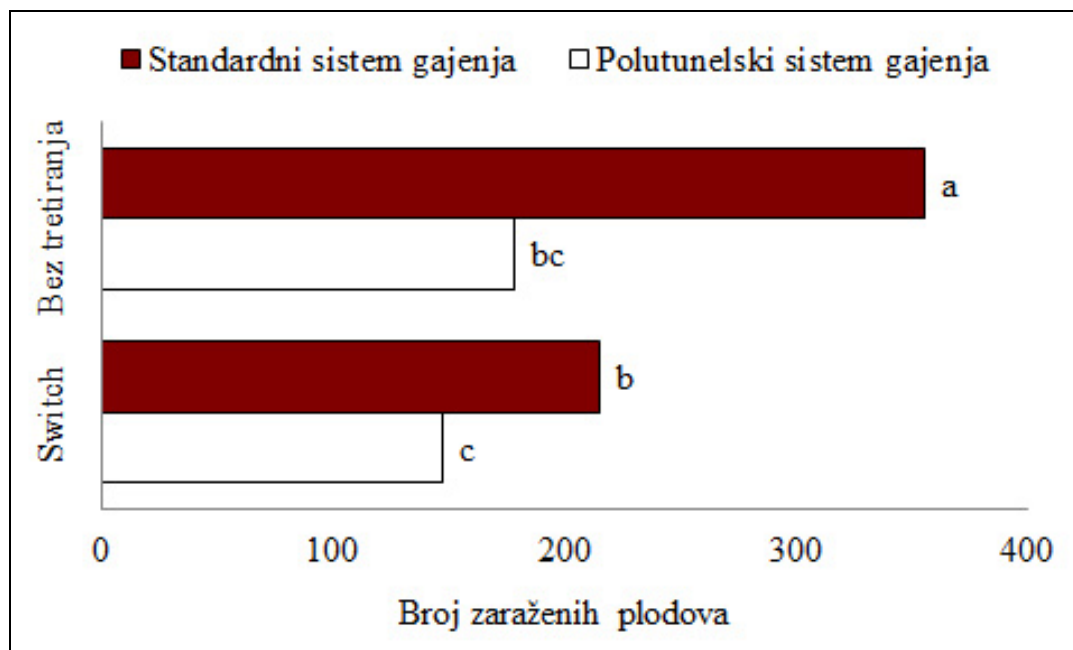
Grafikon 10. Ukupan broj plodova kupine sorte 'Čačanska bestrna' (A × C)

Kod primenjenih sistema gajenja kupine dobijene su relativno ujednačene vrednosti u pogledu broja zdravih plodova tokom fenofaze zrenja, bez značajnosti razlika. Značajno veći prosečan broj zdravih plodova utvrđen je u tretmanu primene fungicida Switch (2.226,00), u odnosu na tretman bez primene hemijske zaštite. Posmatrano po godinama ispitivanja, najveći prosečan broj zdravih plodova kupine utvrđen u 2011. godini

(2.432,67), a najniži u 2013. godini (1.833,19), sa utvrđenom značajnošću razlika između godina.

U uslovima primene različitih sistema gajenja kupine, statistički značajno veći broj zaraženih plodova utvrđen je kod standardnog sistema gajenja (288,44). Po tretmanima hemijske zaštite, značajno veći prosečan broj zaraženih plodova kupine evidentiran je u tretmanu bez hemijske zaštite (266,96). Analiza rezultata po godinama ispitivanja ukazuje da je najveći broj zaraženih plodova kupine dobijen u 2011. godini (382,67), što je bilo značajno više u odnosu na 2012. i 2013. godinu, dok je najniži broj pomenutih plodova utvrđen u 2013. godini (80,00).

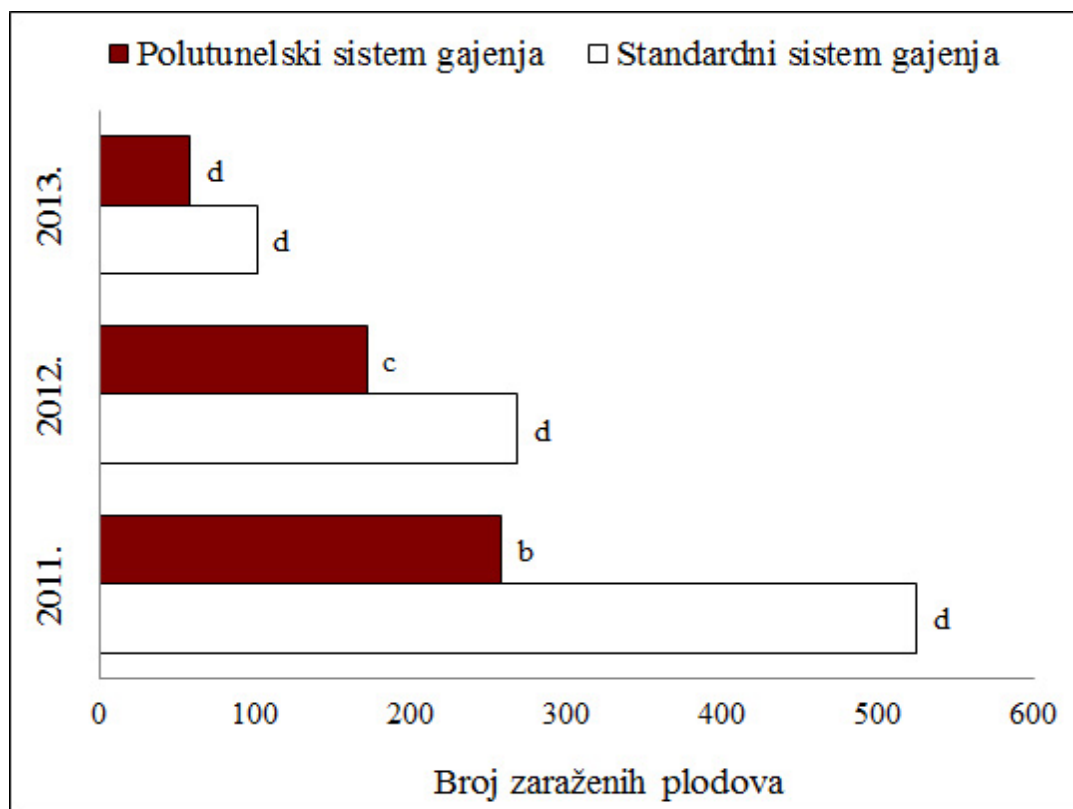
Statistički značajan uticaj interakcije sistema gajenja i hemijske zaštite na broj zaraženih plodova kupine tokom fenofaze zrenja prikazan je na grafikonu 11. Najveći broj zaraženih plodova kupine utvrđen je kod standardnog sistema bez hemijske zaštite (355,58), dok je najniži evidentiran kod polutunelskog sistema gajenja sa primenom fungicida (147,92).



• Sredine za interakcijske sredine A × B obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

Grafikon 11. Broj zaraženih plodova kupine sorte 'Čačanska bestrna' (A × B)

U statistički značajnom interakcijskom efektu sistema gajenja sa jedne i godine ispitivanja sa druge strane (grafikon 12), najveći broj zaraženih plodova evidentiran je kod standardnog sistema u 2011. godini (524,71), a najmanji kod polutunelskog sistema u 2013. godini (58,63).



• Sredine za interakcijske sredine $A \times C$ obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

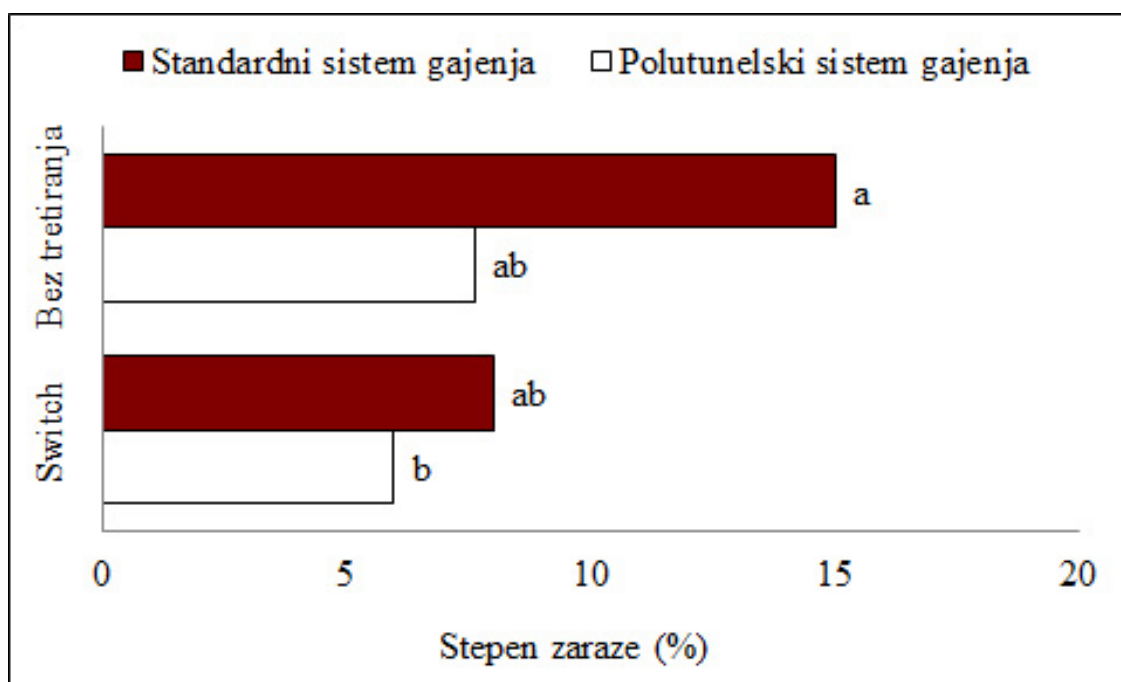
Grafikon 12. Broj zaraženih plodova kupine sorte 'Čačanska bestrna' ($A \times C$)

Značajno veća prosečna vrednost stepena zaraze plodova od 11,67% evidentirana je kod standardnog sistema gajenja kupine, dok je kod polutunelskog sistema vrednost stepena zaraze iznosila 6,82%.

Analizom prosečnih vrednosti stepena zaraze plodova kupine po tretmanima hemijske zaštite, značajno veća vrednost utvrđena je u tretmanu bez hemijske zaštite (11,35%).

Posmatrano po godinama, najveći stepen zaraze je bio prisutan u 2011. godini (13,73%), a najniži u 2013. godini (4,35%), sa utvrđenom značajnošću između razlika.

Na grafikonu 13 prikazan je statistički značajan uticaj interakcije sistema gajenja i hemijske zaštite na stepen zaraze plodova ispitivane sorte kupine. Najveći stepen zaraze od 15,03% evidentiran je kod standardnog sistema bez hemijske zaštite (15,03%), a najniži kod polutunelskog sistema gajenja sa primenom fungicida Switch (5,98%).



• Sredine za interakcijske sredine A × B obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom LSD testa

Grafikon 13. Stepen zaraze plodova kupine sorte 'Čačanska bestrna' (A × B)

7.8. Depigmentacija plodova kupine

7.8.1. Depigmentacija plodova kupine sorte 'Čačanska bestrna'

Rezultati ispitivanja uticaja sistema gajenja kupine i hemijske zaštite primenom fungicida Switch na intenzitet depigmentacije plodova i sadržaj rastvorljive suve materije ploda, posle 30 dana zamrzavanja, u 2013. godini prikazani su u tabeli 24.

Tabela 24. Uticao sistema gajenja i hemijske zaštite na intenzitet depigmentacije plodova
 sorte kupine ‘Čačanska bestrna’ u 2013. godini

Tretman	Intenzitet depigmentacije plodova (%)	RSM (%)
Sistem gajenja (A)		
Polutunelski	25,85 ± 3,67 b	10,33 ± 0,07 a
Standardni	40,39 ± 2,97 a	9,50 ± 0,05 b
Hemijska zaštita (B)		
Switch	26,78 ± 4,16 a	10,02 ± 0,21 a
Bez tretiranja	29,46 ± 3,17 a	9,93 ± 0,17 a
ANOVA		
A	*	*
B	nz	nz
A × B	*	*

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

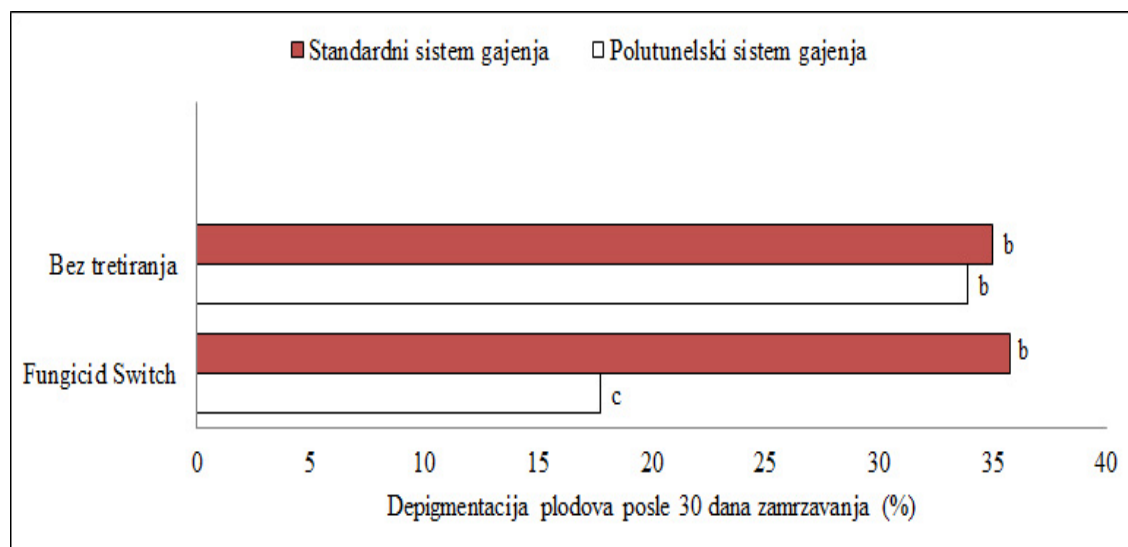
nz: nije značajno.

Analizom varijanse je utvrđeno da su sistem gajenja kupine i interakcija faktora varijabilnosti (sistem gajenja i hemijska zaštita) u 2013. godini statistički značajno uticali na intenzitet depigmentacije i sadržaj rastvorljive suve materije u plodu ispitivane sorte kupine.

Kod polutunelskog sistema gajenja kupine evidentirane su značajno manje prosečne vrednosti intenziteta depigmentacije (25,85%) i veće vrednosti prosečnog sadržaja rastvorljive suve materije u plodu (10,33%), dok je kod standardnog sistema registrovana veća vrednost intenziteta depigmentacije (40,39%) i manji sadržaj rastvorljive suve materije u plodu kupine (9,50%).

Hemijska zaštita nije statistički značajno uticala na intenzitet depigmentacije plodova posle 30 dana zamrzavanja, ali su veće prosečne vrednosti depigmentacije plodova kupine (29,46%) i manje vrednosti sadržaja rastvorljivih suvih materija u plodu (9,93%) utvrđene u tretmanu bez hemijske zaštite.

Statistički značajan uticao interakcijskog efekta sistema gajenja i hemijske zaštite na intenzitet depigmentacije plodova kupine prikazan je na grafikonu 14.



- Sredine za interakcijske sredine $A \times B$ obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

Grafikon 14. Depigmentacija plodova kupine sorte 'Čačanska bestrna' ($A \times B$)

Najveća prosečna vrednost intenziteta depigmentacije plodova kupine utvrđena je kod standardnog sistema gajenja sa hemijskom zaštitom i iznosila je 35,78%, dok je najniža vrednost intenziteta depigmentacije od 17,78% registrovana kod polutunelskog sistema sa hemijskom zaštitom fungicidom.

7.8.2. Depigmentacija plodova kupine tokom perioda zamrzavanja

Rezultati ispitivanja uticaja sorte, etape zrelosti ploda i zamrzavanja na intenzitet depigmentacije plodova kupine u 2014. godini prikazani su u tabeli 25.

Prema analizi varijanse statistički značajan uticaj na broj nedepigmentiranih plodova i intenzitet depigmentacije plodova kupine imali su svi faktori varijabilnosti (sorta, etapa zrelosti i period zamrzavanja), kao i njihove međusobne interakcije.

Tabela 25. Uticaj sorte, etape zrelosti ploda i perioda zamrzavanja na intenzitet depigmentacije plodova kupine

Tretman			Broj nedepigmentiranih plodova	Intenzitet depigmentacije plodova (%)
Sorta (A)				
'Loch Ness'			85,17 ± 1,36 a	4,90 ± 1,63 c
'Chester Thornless'			81,92 ± 4,09 b	13,26 ± 3,29 b
'Čačanska bestrna'			60,83 ± 7,90 c	35,24 ± 7,51 a
Etapa zrelosti (B)				
Fiziološka zrelost			69,00 ± 6,06 b	26,18 ± 5,98 a
Faza prezrelosti			82,94 ± 2,48 a	9,42 ± 2,31 b
Period zamrzavanja (C)				
7 dana			84,39 ± 1,63 a	13,93 ± 1,71 b
30 dana			67,56 ± 6,14 b	21,67 ± 6,69 a
Sorta × Etapa zrelosti × Period zamrzavanja (A × B × C)				
'Loch Ness'	Fiziološka zrelost	7 dana	89,00 ± 0,58 ab	11,00 ± 0,58 de
		30 dana	89,00 ± 0,58 ab	0,00 ± 0,00 e
	Faza prezrelosti	7 dana	81,33 ± 2,33 bc	8,59 ± 2,91 de
		30 dana	81,33 ± 2,33 bc	0,00 ± 0,00 e
'Chester Thornless'	Fiziološka zrelost	7 dana	83,67 ± 0,88 ab	16,33 ± 0,88 cd
		30 dana	59,33 ± 0,88 e	29,04 ± 1,81 b
	Faza prezrelosti	7 dana	92,33 ± 0,88 a	7,67 ± 0,88 de
		30 dana	92,33 ± 0,88 a	0,00 ± 0,00 e
'Čačanska bestrna'	Fiziološka zrelost	7 dana	73,00 ± 3,21 cd	27,00 ± 3,21 bc
		30 dana	20,00 ± 10,01 f	73,69 ± 13,16 a
	Faza prezrelosti	7 dana	87,00 ± 1,53 ab	13,00 ± 1,53 d
		30 dana	63,33 ± 2,85 de	27,27 ± 1,97 bc
ANOVA				
A			*	*
B			*	*
C			*	*
A × B			*	*
B × C			*	*
A × C			*	*
A × B × C			*	*

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Prosečno najveći broj nedepigmentiranih plodova kupine utvrđen je kod sorte 'Loch Ness' (85,17), a najmanji kod sorte 'Čačanska bestrna' (60,83). U pogledu intenziteta

depigmentacije, najveća prosečna vrednost od 35,24% registrovana je kod sorte 'Čačanska bestna', a najmanja od 4,90% kod sorte 'Loch Ness'. Razlike u broju nedepigmentiranih plodova i intenziteta depigmentacije bile su statistički značajne između ispitivanih sorti kupine.

U fazi zrelosti plodova kupine, utvrđen je statistički značajno veći broj nedepigmentiranih plodova (82,94) i značajno manji intenzitet depigmentacije (9,42%) u odnosu na plodove uzorkovane u periodu fiziološke zrelosti ploda.

U uslovima različitih perioda zamrzavanja plodova kupine, prosečno veći broj nedepigmentiranih plodova utvrđen je posle 7 dana zamrzavanja (84,39), dok je veća vrednost intenziteta depigmentacije evidentirana posle 30 dana zamrzavanja (21,67%).

U interakciji svih faktora varijabilnosti (sorta, etapa zrelosti i period zamrzavanja), prosečno najveći broj nedepigmentiranih plodova utvrđen je kod sorte 'Chester Thornless' u fazi zrelosti, posle oba perioda zamrzavanja (92,33), dok je prosečno najmanji broj nedepigmentiranih plodova evidentiran kod sorte 'Čačanska bestna' u fiziološkoj zrelosti, posle 30 dana zamrzavanja (20,00). Analiza prosečnih vrednosti intenziteta depigmentacije plodova, u interakcijskom efektu faktora varijabilnosti ukazuje da je najveća vrednost od 73,69% utvrđena kod sorte 'Čačanska bestna' posle 30 dana zamrzavanja plodova u fiziološkoj zrelosti. Prosečno najniži intenzitet depigmentacije, odnosno odsustvo depigmentacije (0,00%), evidentirano je kod plodova sorte 'Loch Ness' koji su uzorkovani u obe etape zrelosti i zamrznuti 30 dana, kao i kod plodova sorte 'Chester Thornless' koji uzorkovani u fazi zrelosti i takođe, čuvani u zamrznutom stanju 30 dana.

7.8.3. Sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima kupine

Ispitivanjem uticaja različitih perioda zamrzavanja plodova kupine uzorkovanih u različitim etapama zrelosti ploda na intenzitet depigmentacije utvrđena je pojava depigmentacije posle 7 dana zamrzavanja kod svih ispitivanih sorti, dok posle 30 dana zamrzavanja, depigmentacija je bila prisutna samo kod plodova sorte 'Čačanska bestna'.

Rezultati ispitivanja uticaja sorte i etape zrelosti ploda na sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u plodu kupine posle 7 dana zamrzavanja u 2014. godini prikazani su u tabeli 26.

Tabela 26. Uticao sorte i etape zrelosti ploda na sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima posle 7 dana zamrzavanja u 2014. godini

Tretman	RSM (%)	Ukupni antocijani (mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozi 100 g ⁻¹ sveže mase ploda)
Sorta (A)		
‘Loch Ness’	9,80 ± 1,39 a	91,09 ± 7,86 a
‘Chester Thornless’	8,88 ± 0,64 b	65,27 ± 4,66 b
‘Čačanska bestrna’	7,94 ± 0,93 c	65,71 ± 5,57 b
Etapa zrelosti (B)		
Fiziološka zrelost	7,93 ± 0,26 b	57,57 ± 2,77 b
Faza prezrelosti	9,82 ± 1,35 a	90,47 ± 6,79 a
ANOVA		
A	*	*
B	*	*
A × B	*	*

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

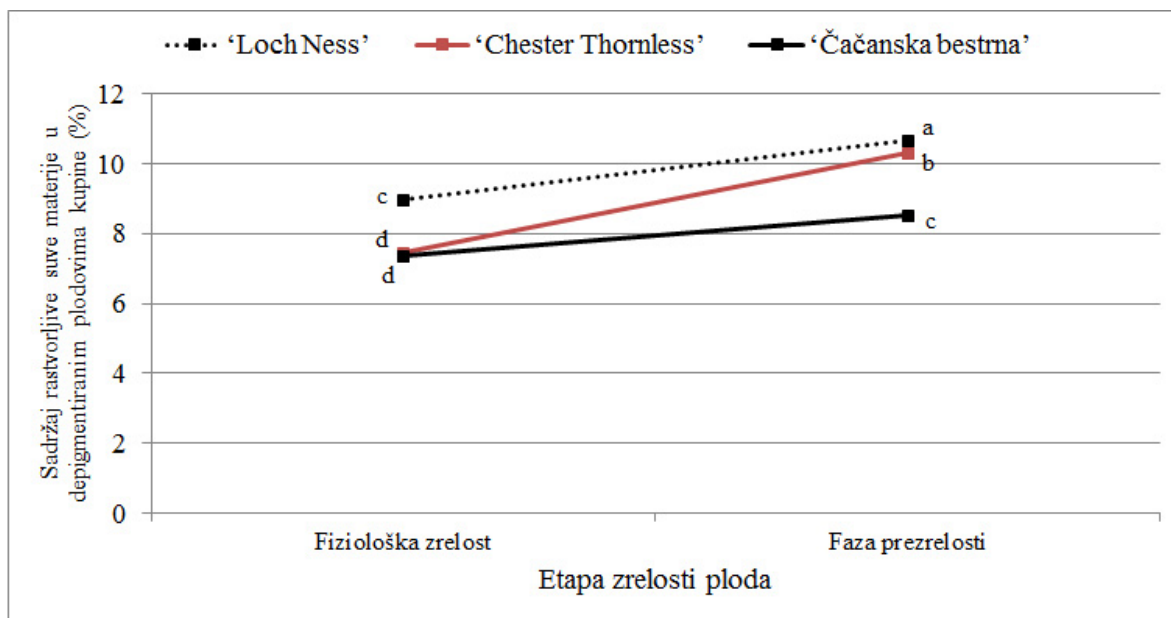
Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Analizom varijanse je utvrđeno da su sorta i etapa zrelosti ploda kupine, kao i njihov interakcijski efekat statistički značajno uticali na sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima kupine.

Posmatrano po sortama, najveća vrednost pomenutog parametra evidentirana je kod sorte ‘Loch Ness’ (9,80%) i bila je značajno veća u odnosu na vrednosti koje su utvrđene kod sorti ‘Chester Thornless’ (8,88%) i ‘Čačanska bestrna’ (7,94%). Najniži sadržaj rastvorljive suve materije u depigmentiranim plodovima registrovan je kod sorte ‘Čačanska bestrna’. Značajno viši prosečan sadržaj rastvorljive suve materije u plodu registrovan je u plodovima koji su uzorkovani u fazi prezrelosti (9,82%) u odnosu na plodove uzorkovane u fiziološkoj zrelosti (7,93%). U interakcijskom efektu faktora varijabilnosti (Grafikon 15), najviši sadržaj rastvorljive suve materije evidentiran je u plodovima sorte ‘Loch Ness’ koji

su uzorkovani u fazi prezrelosti (10,65%), a najniži u plodovima sorte ‘Čačanska bestrna’ koji su uzorkovani u fiziološkoj zrelosti (7,37%).

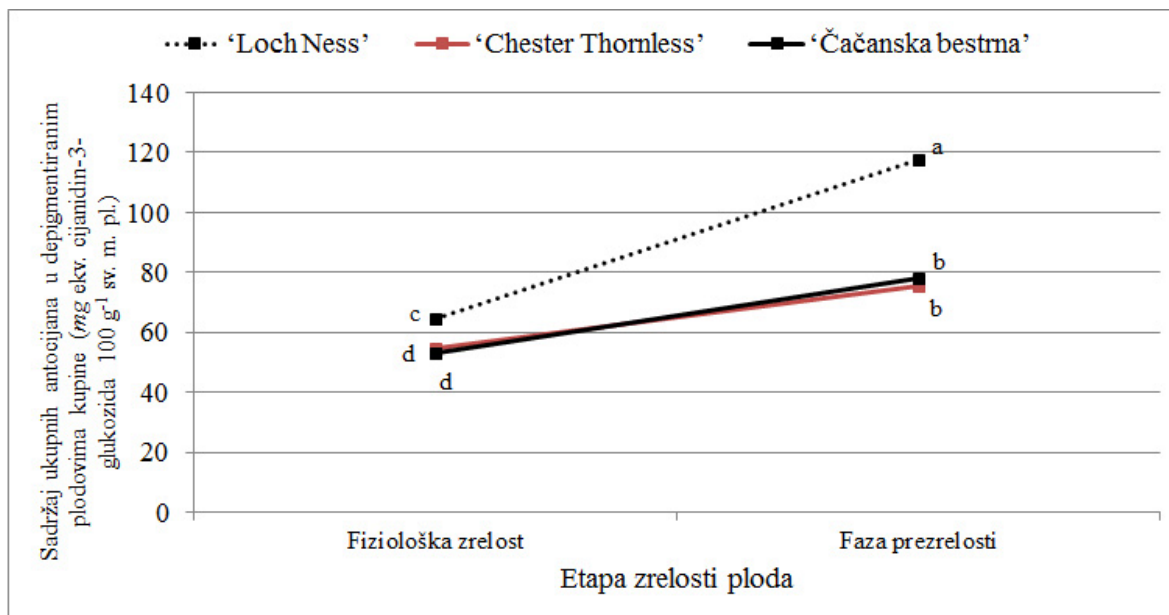


• Sredine za interakcijske sredine A × B obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

Grafikon 15. Sadržaj rastvorljive suve materije u depigmentiranim plodovima kupine (A×B)

U pogledu sadržaja ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima kupine, prosečne vrednosti kretale su se u intervalu od 57,57 do 91,09 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g^{-1} sveže mase ploda (Tabela 26). Analizom rezultata po sortama, najviši prosečan sadržaj ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima registrovan je kod sorte ‘Loch Ness’ (91,09 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g^{-1} sveže mase ploda), što je bilo značajno više u odnosu na vrednosti pomenutog parametra kod sorti ‘Chester Thornless’ i ‘Čačanska bestrna’. Značajno viši sadržaj ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima bio je prisutan u uzorcima koji su ubrani u fazi prezrelosti (90,47 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g^{-1} sveže mase ploda), u odnosu na

uzorke ubrane u fiziološkoj zrelosti ploda kupine (57,57 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda).



• Sredine za interakcijske sredine A × B obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

Grafikon 16. Sadržaj ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima kupine (A×B)

U interakciji sorta/etapa zrelosti (Grafikon 16), najviši prosečan sadržaj ukupnih antocijana evidentiran je u depigmentiranim plodovima sorte 'Loch Ness' koji su uzorkovani u fazi prezrelosti (117,59 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda), a najniži u depigmentiranim plodovima sorte 'Čačanska bestrna' koji su uzorkovani u fiziološkoj zrelosti (53,26 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda).

U tabeli 27 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja etape zrelosti i perioda zamrzavanja plodova kupine sorte 'Čačanska bestrna' na sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima u 2014. godini.

Prema analizi varijanse, statistički značajan uticaj na sadržaj rastvorljive suve materije i sadržaj ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima kupine utvrđen je za etapu zrelosti, period zamrzavanja, kao i njihovu međusobnu interakciju.

Tabela 27. Uticao etape zrelosti i perioda zamrzavanja ploda kupine sorte ‘Čačanska bestrna’ na sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima u 2014. godini

Tretman	RSM (%)	Ukupni antocijani (mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g ⁻¹ sveže mase ploda)
Etapa zrelosti (A)		
Fiziološka zrelost	7,12 ± 0,15 b	52,89 ± 1,86 b
Faza prezrelosti	8,30 ± 1,30 a	71,42 ± 2,90 a
Period zamrzavanja (B)		
7 dana	8,11 ± 0,37 a	65,79 ± 5,39 a
30 dana	7,30 ± 0,41 b	58,51 ± 3,02 b
ANOVA		
A	*	*
B	*	*
A × B	*	*

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

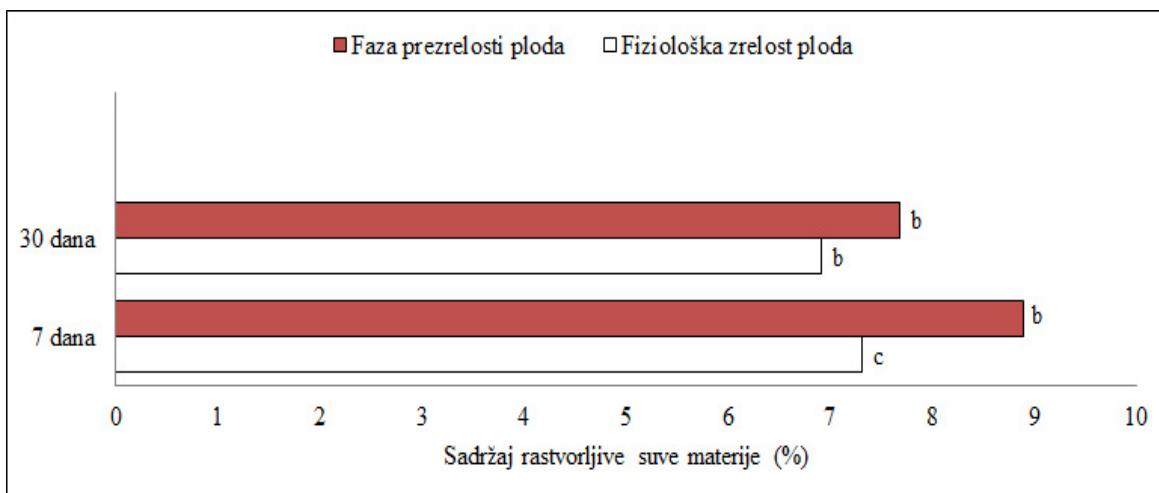
Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Značajno veći prosečni sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana, u odnosu na plodove uzorkovane u fiziološkoj zrelosti, utvrđen je u depigmentiranim plodovima koji su uzorkovani u fazi prezrelosti ploda (8,30% i 71,42 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda).

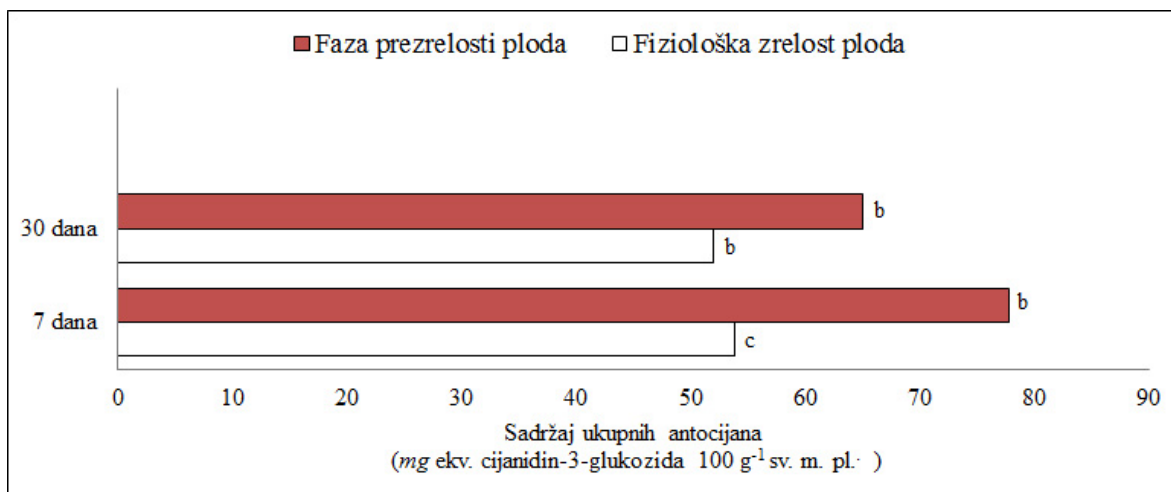
Analizom prikazanih rezultata po periodima zamrzavanja, značajno veći sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana evidentiran je posle 7 dana zamrzavanja i iznosio je 8,11%, odnosno 65,79 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda.

Statistički značajni interakcijski efekti etape zrelosti ploda sa jedne i perioda zamrzavanja sa druge strane, na sadržaj rastvorljivih suvih materija i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima sorte kupine ‘Čačanska bestrna’ prikazani su na grafikonima 17 i 18.



• Sredine za interakcijske sredine $A \times B$ obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

Grafikon 17. Sadržaj rastvorljive suve materije u depigmentiranim plodovima kupine sorte 'Čačanska bestrna' ($A \times B$)



• Sredine za interakcijske sredine $A \times B$ obeležene istim malim slovom znače da nema statistički značajnih razlika za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa

Grafikon 18. Sadržaj ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima kupine sorte 'Čačanska bestrna' ($A \times B$)

Kod plodova ispitivane sorte kupine uzorkovanih u fazi prezrelosti, posle 7 dana zamrzavanja utvrđen je najveći sadržaj rastvorljivih suvih materija i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima (8,90% i 77,76 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda). Najniži sadržaj pomenutih parametara biohemijskog sastava ploda evidentiran je u identičnim tretmanima, tj. u depigmentiranim plodovima koji su uzorkovani u fazi fiziološke zrelosti, posle 30 zamrzavanja (6,92% i 51,94 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda).

7.8.4. Sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u nedepigmentiranim plodovima kupine

Rezultati ispitivanja uticaja sorte, etape zrelosti ploda i zamrzavanja na sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u nedepigmentiranim plodovima kupine u 2014. godini prikazani su na tabeli 28.

Analizom varijanse utvrđeno je da su na sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u nedepigmentiranim plodovima kupine statistički značajno uticali sorta, etapa zrelosti ploda i period zamrzavanja. Interakcijski efekti etapa zrelosti/period zamrzavanja i sorta/etapa zrelosti/period zamrzavanja su statistički značajno uticali na sadržaj rastvorljivih suvih materija u plodu kupine, dok su na sadržaj ukupnih antocijana u plodu, značajan uticaj imali svi interakcijski efekti faktora varijabilnosti.

Prosečne vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u plodu kupine varirale su u intervalu od 8,63 do 12,36%, odnosno od 69,75 do 203,48 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda.

Tabela 28. Uticaoj sorte, etape zrelosti ploda i perioda zamrzavanja na sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u nedepigmentiranim plodovima kupine u 2014. godini

Tretman	RSM (%)	Ukupni antocijani (mg ekvivalenta cijanidin-3-glukoziida 100 g ⁻¹ sveže mase ploda)		
Sorta (A)				
‘Loch Ness’	10,93 ± 0,23 a	150,07 ± 6,88 a		
‘Chester Thornless’	10,53 ± 0,20 b	102,55 ± 8,83 b		
‘Čačanska bestrna’	9,51 ± 0,21 c	81,20 ± 2,77 c		
Etapa zrelosti (B)				
Fiziološka zrelost	9,71 ± 0,17 b	109,45 ± 6,74 b		
Faza prezrelosti	10,93 ± 0,32 a	113,09 ± 8,72 a		
Period zamrzavanja (C)				
0 dana	10,86 ± 0,24 a	143,88 ± 9,43 a		
7 dana	10,07 ± 0,29 b	101,40 ± 7,52 b		
30 dana	10,04 ± 0,22 b	88,54 ± 5,93 c		
Sorta × Etapa zrelosti × Period zamrzavanja (A × B × C)				
‘Loch Ness’	Fiziološka zrelost	0 dana	10,94 ± 0,63 bc	162,81 ± 2,17 b
		7 dana	10,18 ± 0,06 c	143,52 ± 2,09 c
		30 dana	9,90 ± 0,23 f	127,38 ± 3,90 e
	Faza prezrelosti	0 dana	12,36 ± 0,43 a	203,48 ± 7,08 a
		7 dana	11,38 ± 0,36 b	145,54 ± 3,19 c
		30 dana	10,80 ± 0,15 bc	117,67 ± 2,66 f
‘Chester Thornless’	Fiziološka zrelost	0 dana	10,59 ± 0,02 bc	146,24 ± 2,41 c
		7 dana	8,91 ± 0,11d	89,08 ± 0,75 de
		30 dana	10,08 ± 0,09 c	70,57 ± 1,42 e
	Faza prezrelosti	0 dana	10,95 ± 0,03bc	159,68 ± 1,19 b
		7 dana	11,32 ± 0,21 b	77,77 ± 0,85 e
		30 dana	11,32 ± 0,11 b	71,93 ± 1,74 e
‘Čačanska bestrna’	Fiziološka zrelost	0 dana	9,35 ± 0,19 d	102,47 ± 2,00 d
		7 dana	8,83 ± 0,18d	73,22 ± 1,35 e
		30 dana	8,63 ± 0,43 d	69,75 ± 1,37 e
	Faza prezrelosti	0 dana	10,95 ± 0,22 bc	88,57 ± 0,46 de
		7 dana	9,70 ± 0,49 dc	79,24 ± 2,24 e
		30 dana	9,60 ± 0,32 dc	73,96 ± 0,92 e
ANOVA				
A	*	*		
B	*	*		
C	*	*		
A × B	nz	*		
B × C	*	*		
A × C	nz	*		
A × B × C	*	*		

Različita mala slova u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,01$ primenom *LSD* testa.

Zvezdice u kolonama pokazuju značajne razlike za $P \leq 0,05$ (*) primenom *F* testa.

nz: nije značajno.

Posmatrano po sortama, najviši sadržaj rastvorljivih suvih materija i ukupnih antocijana u plodu kupine utvrđen je kod sorte 'Loch Ness' (10,93%). Značajno veće vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana utvrđene su u plodovima koji su uzorkovani u fazi zrelosti. Najviši sadržaj rastvorljivih suvih materija i ukupnih antocijana u plodu evidentiran je neposredno posle berbe (10,86% i 143,88 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda), što je bilo značajno više u odnosu na plodove koji su zamrzavani u periodu od 7 i 30 dana, dok je najniži sadržaj pomenutih parametara utvrđen u plodovima posle 30 dana zamrzavanja (10,04% i 88,54 mg ekvivalenta cijanidin-3-glukozida 100 g⁻¹ sveže mase ploda).

S obzirom na utvrđen statistički značaj interakcije svih faktora varijabilnosti, uticaj interakcije između pojedinačnih faktora ne može se nezavisno tumačiti. Kod interakcijskog efekta sorta/etapa zrelosti/period zamrzavanja prosečne vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u plodu kupine su značajno varirale, pri čemu je najviši sadržaj utvrđen u plodovima kupine sorte 'Loch Ness' koji su uzorkovani u fazi zrelosti i zamrzavani u periodu od 30 dana, a najmanji sadržaj u plodovima sorte 'Čačanska bestrna' koji su uzorkovani u fiziološkoj zrelosti i takođe, zamrzavani u periodu od 30 dana.

8. DISKUSIJA

8.1. Vegetativni i generativni potencijal kupine

Da bi se postigao visok prinos i kvalitet ploda kupine neophodno je što ranije uspostaviti ravnotežu između generativnog i vegetativnog potencijala biljke (Williamson i Coston, 1990), odnosno formirati dobro razvijen žbun i održavati ravnotežu između rasta i rodnosti (Šoškić, 1998). Nadzemni delovi izdanaka kupine žive nepune dve godine i u toku vegetacionog perioda u prvoj godini rastu u dužinu, dostižući visinu i do 5 m (Clark i Finn, 2011), a u drugoj godini na bočnim prirastima i samom izdanku formiraju rodne grančice, koje donose rod u periodu jul-oktobar (Nikolić i Milivojević, 2010).

Primenjeni polutunelski sistem gajenja kupine u ovim istraživanjima, u poređenju sa standardnim sistemom gajenja, pozitivno je uticao na neke parametre vegetativnog potencijala, odnosno na broj izdanaka i dužinu izdanka. Slične rezultate o uticaju tunelskog sistema gajenja na dužinu izdanaka maline navodi Dale (2012), koji je utvrdio da su izdanci na otvorenom polju dostizali dužinu od 2 m, a u zaštićenom prostoru, dužina je varirala u rasponu od 7 do 8 m. Sa druge strane, Thompson i Strik (2009) su proučavajući uticaj gajenja kupine u visokim tunelima na biološko-proizvodne osobine dvorodne sorte kupine 'Prime Jan', utvrdili da nije bilo značajnijeg uticaja pomenutog sistema na rast izdanaka, jer je pokrivanje plastičnom folijom izvedeno u periodu od 31. avgusta do 5. septembra, kada je rast izdanaka najslabijeg intenziteta. Glišić (2004) navodi da u optimalnim klimatskim i zemljišnim uslovima, izdanci kupine izbijaju na površinu zemljišta od kraja aprila do početka juna, a u toplijim područjima nešto ranije, dok najintenzivnije rastu tokom juna meseca, paralelno sa fenofazom cvetanja.

Tokom trogodišnjeg perioda proučavanja, broj izdanaka kod sorte kupine 'Čačanska bestrna' sukcesivno se povećavao. Vrednosti dužine i prečnika izdanka povećavale su se 2011. i 2012. godine, a zatim je u 2013. godini došlo do smanjenja vrednosti pomenutih parametara. Period ekstremno niskih zimskih temperatura u 2012. godini, koje su bile u intervalu od -9,2°C do -21,8°C, usporio je rast izdanaka, što je u saglasnosti sa navodima Atila *et al.* (2006b) i Eydurán *et al.* (2007), da parametri vegetativnog potencijala kupine u značajnoj meri variraju, zavisno od sorte i agroekoloških uslova tokom vegetacije. Prosečan

broj izdanaka i prosečna vrednost prečnika izdanka utvrđena kod sorte kupine ‘Čačanska bestrna’ uporedivi su sa rezultatima do kojih su došli Miletić *et al.* (2006) za istu sortu gajenu u uslovima istočne Srbije. Isti autori su ustanovili dva puta manju vrednost prosečne dužine izdanka u poređenju sa rezultatima u ovom radu, što je verovatno posledica povoljnijih ekoloških uslova za gajenje kupine na području Čačka, kao i nivoa primenjenih agro i pomotehničkih mera. Eyduran *et al.* (2008) su proučavanjem nivoa prilagođenosti osam sorti kupine (‘Arapaho’, ‘Black Satin’, ‘Cherokee’, ‘Chester Thornless’, ‘Dirksen Thornless’, ‘Jumbo’, ‘Navaho’ i ‘Loch Ness’) agroekološkim uslovima Turske (Anatolija), utvrdili da je prosečan broj izdanaka iznosio 10,35, a prosečna dužina i prečnik izdanka, 226,51 *cm* i 17,34 *mm*. Rezultati prethodnih proučavanja potvrdili su varijabilnost parametara vegetativnog potencijala kupine u zavisnosti od agroekoloških uslova (Mišić i Nikolić, 2003; Gercekcioglu i Esmek, 2005) i sistema gajenja (Goulart, 1991). Veći stepen variranja broja izdanaka po žbunu tokom perioda ispitivanja uočen je kod polutunelskog sistema gajenja kupine, dok je u pogledu dužine izdanaka, intenzivnije variranje bilo prisutno kod standardnog sistema gajenja kupine. Variranje broja izdanaka po žbunu i dužine izdanaka tokom perioda proučavanja bilo je uslovljeno interakcijskim efektom između sistema gajenja i agroekoloških uslova zastupljenih u posmatranoj godini, tako da se izvedeni zaključci o uticaju osnovnih faktora ne mogu nezavisno tumačiti.

Veličković (2004) navodi da je osnovni cilj visokointenzivnog voćarstva redovna i standardna proizvodnja voća kao finalnog proizvoda velike biološke i privredne vrednosti. Stoga intenziviranje tehnologije gajenja predstavlja jedan od osnovnih uslova unapređenja voćarske proizvodnje. Gajenjem jagodastih vrsta voćaka u zaštićenom, ali i poluzaštićenom prostoru, postiže se značajna prednost, kako u pogledu poboljšanja kvaliteta ploda, tako i povećanja visine prinosa, u poređenju sa proizvodnjom na otvorenom polju (Thompson *et al.*, 2009). Demchak (2009) ističe da su gajenjem jagode, maline, kupine i borovnice u ‘visokim tunelima’, a u poređenju sa proizvodnjom na otvorenom polju, dobijeni veći prinosi, kvalitetniji plodovi, ali i raniji početak fenofaze zrenja.

Broj rodnih grančica, cvasti i plodova po izdanku, kao i prinos, predstavljaju najznačajnije pokazatelje generativnog potencijala kupine, na osnovu kojih možemo analizirati opravdanost uvođenja određenih izmena u dosadašnjoj tehnologiji gajenja.

Primena polutunelskog sistema gajenja tokom trogodišnjeg perioda ispitivanja značajno je uticala na najvažnije parametre generativnog potencijala kupine. Značajno povećanje u odnosu na standardni sistem gajenja, utvrđeno je kod broja cvasti i plodova po izdanku, dok je u pogledu broja rodni grančica, takođe evidentirana veća vrednost, ali bez značajnosti. Značajno veći broj cvasti i plodova po izdanku evidentiran je u polutunelskom sistemu gajenja, što je najverovatnije posledica značajno veće dužine izdanaka utvrđene u pomenutom sistemu gajenja. Glišić (2004) navodi da je broj rodni grančica po izdanku u značajnoj meri uslovljen dužinom izdanaka, brojem i dužinom bočnih grana posle obavljene rezidbe kupine. Značajne razlike u broju rodni grančica i cvasti po izdanku kupine utvrđene su i između godina ispitivanja, dok je u pogledu broja plodova po izdanku, značajnost razlika evidentirana jedino u odnosu na prvu eksperimentalnu godinu. Ispoljene razlike u broju rodni grančica i cvasti po izdanku između godina istraživanja najverovatnije su nastale kao posledica različitih klimatskih uslova u periodu diferenciranja cvetnih pupoljaka kupine, s obzirom da kupina pripada grupi voćaka poznog diferenciranja cvetnih začetak, odnosno cvetni pupoljci se diferenciraju u pazuhu listova jednogodišnjih izdanaka, od druge polovine septembra do početka oktobra, u godini koja prethodi cvetanju (Glišić, 2004; Veličković 2004). Ako posmatramo tendenciju rezultata vezanih za broj rodni grančica za svaki sistem gajenja u svakoj godini ispitivanja, uočićemo da su se žbunovi kupine u standardnom sistemu gajenja odlikovali većim brojem rodni grančica, što ukazuje na činjenicu da je vrednost pomenutog parametra generativnog potencijala bio posledica interakcijskog efekta između sistema gajenja i uslova gajenja u pojedinim godinama.

Diferenciranje cvetnih pupoljaka kod jagode, maline, kupine i borovnice prema Strik (2012) uslovljeno je u značajnoj meri kompleksnim delovanjem abiotičkih činilaca, među kojima treba izdvojiti temperaturne uslove, svetlosni režim, vlažnost zemljišta, ali i primenjenu tehnologiju gajenja. Srednja mesečna temperatura za septembar 2012. godine bila je viša u odnosu na isti period u 2013. godini, kao i u odnosu na višegodišnji proseki, što je stimulatino uticalo na sintezu ugljenih hidrata, a time i na diferencijaciju cvetnih pupoljaka (Tabela 3). Naime, dominacija ugljenih hidrata (produkti fotosinteze) u odnosu na akumulirani azot (produkt aktivnosti korenovog sistema) u tkivima, ima za posledicu

umeren rast i obilnu diferencijaciju cvetnih pupoljaka (Veličković, 2004). Takođe, uzimajući u obzir da je količina padavina tokom septembra u 2012. godini bila niža u odnosu na 2011. i 2013. godinu kao i višegodišnji prosek (Tabela 4), dolazi se do zaključka da je količina padavina značajno uticala na raniji početak formiranja cvetnih pupoljaka kupine. Na osnovu rezultata istraživanja u ovom radu, registrovan je značajno veći broj plodova po izdanku u 2011. godini u poređenju sa brojem plodova u 2012. i 2013. godini. Dobijeni rezultati mogu se objasniti značajno većom produkcijom rodnih grančica kod ispitivane sorte kupine u 2011. u odnosu na 2012. i 2013. godinu. Variranja broja cvasti i broja plodova tokom perioda ispitivanja u različitim sistemima gajenja kupine, potvrđuje identična tendencija variranja po godinama, što je posledica interakcije svakog sistema gajenja i svih uslova zastupljenih tokom pojedinih godina ispitivanja. Zbog toga uticaj pojedinačnih faktora ne može biti nezavisno analiziran.

Prinos kao bitno agronomsko obeležje, ispoljio je značajna variranja između različitih sistema gajenja kupine, što je istaknuto u nekim prethodnim radovima (Bal i Meesters, 1995; Eyduvan *et al.*, 2008; Hanson *et al.*, 2011). U ovom radu, najbolje karakteristike prinosa plodova kupine u trogodišnjem periodu ispitivanja dobijene su u polutunelskom sistemu gajenja. Naime, značajno veće vrednosti prinosa po izdanku, žbunu i jedinici površine upotrebljivih plodova utvrđene su u uslovima polutunelskog sistema gajenja kupine (Tabela 10). Prinos po žbunu u polutunelskom sistemu gajenja kupine dobijen u našim istraživanjima bio je nešto viši u odnosu na rezultate koje navodi Stanisavljević (1999) za sortu kupine 'Čačanska bestrna' u standardnom sistemu gajenja. Takođe, prinos po jedinici površine bio je viši u odnosu na rezultate Miletić *et al.* (2006) za istu sortu gajenu u agroekološkim uslovima istočne Srbije. Istraživanja sprovedena na remotantnim sortama maline (Privé i Allain, 2000; Burkhart i White, 2003), takođe, su potvrdila povećanje prinosa gajenjem u zaštićenom prostoru. Gaskell (2004) navodi da je gajenje maline u zaštićenom prostoru, široko rasprostranjeno u SAD-u i prvenstveno je namenjeno proizvodnji plodova za svežu potrošnju, s obzirom da se, sa jedne strane, modifikovanjem i eliminisanjem štetnog dejstva abiotičkih faktora, pre svega padavina, postiže bolji kvalitet ploda, a sa druge strane produžava period berbe, što sveukupno povećava rentabilnost proizvodnje. Identičan pozitivan efekat, prema Thompson *et al.*

(2009) i Thompson i Strik (2009) postiže se gajenjem remotantnih sorti kupine u zaštićenom prostoru. Takođe, uporednim proučavanjem osam remotantnih sorti maline, u različitim sistemima gajenja, odnosno ‘visokim tunelima’ i na otvorenom polju, Hanson *et al.* (2011) su utvrdili dvostruko veći prosečan prinos po dužnom metru kod sorti ‘Caroline’ i ‘Heritage’ gajenih u zaštićenom prostoru. Primenjena hemijska zaštita je u trogodišnjem periodu uslovala značajno veći prinos po izdanku, žbunu i jedinici površine upotrebljivih plodova kupine. Identična tendencija pomenutih pokazatelja prinosa kupine utvrđena je i po godinama ispitivanja što je saglasno sa navodima Ho (1992). Stoga se dobijeni rezultati mogu tumačiti samo u kontekstu značajnog uticaja interakcijskog efekta između sistema gajenja i hemijske zaštite, obzirom da nije utvrđen statistički značajan uticaja interakcije ostalih faktora varijabilnosti. Suprotno rezultatima dobijenim u ovom radu, Demchak (2009) je proučavajući proizvodnju jagodastih vrsta voćaka u uslovima tunelskog sistema gajenja, utvrdio da je kod sorte kupine ‘Triple Crown’ tokom četvorogodišnjeg perioda (2001–2004. godine) gajenja, bez primene pesticida, došlo do povećanja prinosa plodova namenjenih tržištu, odnosno nezaraženih i kvalitetnih, u proseku za 4,66%. Prema Goulart (1991), gajenje maline u zaštićenom prostoru, posredno utiče i na smanjenje infekcionog pritiska različitih patogena. Takođe, Hanson *et al.* (2011), su proučavajući osam remotantnih sorti maline u tunelskom sistemu gajenja utvrdili niži infekcioni pritisak prouzrokovana truleži ploda u zaštićenom prostoru (1%), u odnosu na otvoreno polje (13%). Variranje vrednosti prinosa po izdanku, žbunu i jedinici površine kupine u različitim sistemima gajenja, tretmanima hemijske zaštite tokom perioda proučavanja bilo je identično, što govori u prilog značajnog uticaja interakcijskog efekta između sistema gajenja, hemijske zaštite i agroekoloških uslova u određenoj godini ispitivanja, tako da se uticaj pojedinačnih faktora ne može izdvojeno analizirati.

8.2. Pomološke osobine kupine

8.2.1. Morfometrijske osobine ploda kupine

Pomološke osobine ploda važni su pokazatelji njihovog kvaliteta, pri čemu u praksi najveći značaj ima masa ploda. Masa ploda je kvantitativna nasledna osobina koja determiniše prinos, izgled ploda i prihvatljivost kod potrošača (Crisosto *et al.*, 2004).

Brojni autori navode da ova osobina zavisi od sorte, ali i od uslova sredine, mera nege zasada i sl. (Mratinić, 2000; Eyduran i Agaoglu, 2006; Eyduran et al., 2007; Eyduran et al., 2008). Nikolić i Milivojević (2010) navode da su za razliku od maline, plodovi većine gajenih sorti kupine krupniji, sa prosečnom masom od 3,5 do 7,5 g i da postoje sorte veće mase, kao što je domaća sorta 'Čačanska bestrna'. Dobijeni rezultati morfometrijskih osobina ispitivane sorte kupine u ovom radu ukazuju da je primena polutunelskog sistema gajenja pozitivno uticala na masu i dimenzije ploda, s tim što su se razlike u pogledu dužine i širine značajno razlikovale. Slično ovim rezultatima, Thompson i Strik (2009) nisu ustanovili značajno variranje mase ploda dvorodne sorte kupine 'Prime Jan' gajene u tunelskom sistemu. Sa druge strane, Miller i Tworkoski (2003) ističu da optimalna distribucija svetlosti u zaštićenom i poluzaštićenom prostoru, pozitivno utiče na iniciranje diferencijacije cvetnih pupoljaka kod jednogodišnjih, ali i na kvalitet ploda dvogodišnjih izdanaka, naročito na krupnoću i boju ploda, kao i sadržaj ratvorljivih suvih materija u plodu maline. Posmatrano po godinama ispitivanja, dobijeni rezultati pokazuju da su vrednosti mase i dimenzije ploda ispitivane sorte kupine u značajnoj meri varirale, što se može tumačiti različitim meteorološkim uslovima između godina ispitivanja. Najveća vrednost mase ploda kupine dobijena je u 2012. godini, kada su tokom perioda rasta i zrenja ploda, zabeležene najviše srednje mesečne temperature, odnosno u julu i avgustu, ali je u istom periodu zabeležena i niža suma padavina u poređenju sa 2011. i 2013. godinom. Zavisno od lokaliteta gajenja, u literaturi se navode različiti podaci vezani za masu ploda kupine sorte 'Čačanska bestrna'. Stanisavljević (1998b) navodi da je u devetogodišnjem uporednom proučavanju sa standardnim sortama ('Black Satin', 'Dirksen Thornless' i 'Thornfree') u agroekološkim uslovima Čačka, prosečna masa ploda sorte 'Čačanska bestrna' bila najveća i iznosila je 9,3 g, što je više od vrednosti dobijenih u ovim istraživanjima za sve analizirane tretmane i ispitivane godine. Takođe, manju masu ploda iste sorte u poređenju sa rezultatima Stanisavljević (1998b) dobili su Milivojević (2008) u uslovima centralne Srbije i Miletić *et al.* (2006) u uslovima istočne Srbije.

Pravilnost u variranju vrednosti dužine ploda ispitivane sorte kupine, po godinama i u uslovima primenjenih sistema gajenja nije potvrđena kod polutunelskog sistema gajenja tokom perioda proučavanja. Uočene razlike bile su uslovljene interakcijskim efektom

između sistema gajenja i agroekoloških uslova zastupljenih u posmatranoj godini, tako da se izdvojeni zaključci o uticaju faktora varijabilnosti ne mogu nezavisno tumačiti. Kod svih ispitivanih tretmana, vrednosti širine ploda su identično varirale kao i vrednosti mase ploda kupine. Prema Stanisavljeviću (1999) plodovi sorte 'Čačanska bestrna' odlikuju se identičnim oblikom ploda kao i roditeljska sorta 'Black Satin' kojoj odgovara izduženo-cilindrični oblik. Vrednosti indeksa oblika ploda izračunate u ovom radu (>1) saglasne su sa rezultatima do kojih su došli Stanisavljević (1999) i Milivojević *et al.* (2010) za istu sortu kupine.

Plod kupine je zbirna koštunica, obrazovana od velikog broja sitnih i sočnih apokarpnih koštunica, koje su pričvršćene za cvetnu ložu i od nje se ne odvajaju pri berbi (Mišić i Nikolić, 2003). Iako nije utvrđena značajnost razlika u pogledu mase ploda između primenjenih sistema gajenja kupine, značajno veći broj koštunica dobijen je kod plodova gajenih u polutunelskom sistemu. Sa druge strane, meteorološki uslovi tokom perioda proučavanja nisu uticali na ispoljavanje značajnijih razlika između vrednosti pomenutog parametra. Proučavanjem pomoloških osobina sorte kupine 'Čačanska bestrna' Stanisavljević (1999) i Milivojević *et al.* (2010) navode da prosečna vrednost broja koštunica u plodu iznosi 81,3, što je niže u odnosu na rezultate koji su dobijeni u ovom radu.

8.2.2. Hemijske osobine ploda kupine

Plod kupine sadrži veliki broj različitih organskih i neorganskih sastojaka, koji mu daju veliku hranljivu, lekovitu i zaštitnu vrednost (Šoškić, 1998).

Značajno veći sadržaj rastvorljive suve materije u plodovima kupine sorte 'Čačanska bestrna' evidentiran je u polutunelskom sistemu gajenja u trogodišnjem periodu istraživanja. Thompson i Strik (2009) navode da nije poznato da li plastična folija kod tunelskog sistema gajenja utiče na sintezu primarnih i sekundarnih metabolita u biljkama. Vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije u plodovima kupine bile su relativno ujednačene po godinama ispitivanja, što može biti posledica i približno jednakih srednjih mesečnih temperatura za avgust 2011., 2012. i 2013. godine. Prosečne vrednosti po svim tretmanima su varirale u intervalu od 9,53 do 10,35% i bile su više od vrednosti za sortu

‘Čačanska bestrna’ koje su dobili Miletić *et al.* (2006) u uslovima istočne Srbije (7,1%), ali i niže u odnosu na vrednosti do kojih je došao Stanisavljević (1999) za uslove Čačka (10,8%).

Ugljeni hidrati predstavljaju energetske i gradivne sastojke ploda kupine, među kojima, prema Šoškiću (1998) preovlađuju glukoza i fruktoza, dok saharoze ima vrlo malo. Upoređivanjem dobijenih vrednosti za sadržaj šećera u plodu ispitivane sorte kupine po primenjenim sistemima gajenja, značajno viši sadržaj evidentiran je u polutunelskom sistemu. Sa druge strane, najveći sadržaj ukupnih šećera registrovan je u plodovima u prvoj eksperimentalnoj godini (6,92%), i to kao rezultat takođe, najvišeg sadržaja invertnih šećera (6,17%) i višeg sadržaja saharoze (0,71%), u odnosu na drugu i treću eksperimentalnu godinu. Tokom druge i treće eksperimentalne godine, sadržaj ukupnih šećera u plodovima je opadao, a razlike između godina bile su značajne. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da u strukturi ukupnih šećera dominiraju invertni šećeri (glukoza i fruktoza) i da su vrednosti varirale identičnom tendencijom kao i ukupni šećeri. Udeo saharoze u plodovima ispitivane sorte kupine je bio niži, a vrednosti su se kretale u intervalu od 0,49 do 0,84% i značajno su varirale po godinama istraživanja, što je u saglasnosti sa navodima Kaume *et al.* (2012). U uslovima primenjenih sistema gajenja, registrovane vrednosti sadržaja saharoze bile su približne, ali nešto više u polutunelskom sistemu gajenja. Posmatrano po godinama ispitivanja, dobijeni rezultati ukazuju da su vrednosti sadržaja saharoze ispitivane sorte kupine, u značajnoj meri varirale različitom tendencijom u odnosu na vrednosti sadržaja ukupnih šećera. Naime, najveći udeo saharoze u plodu kupine evidentiran je u trećoj godini ispitivanja, kada je sadržaj ukupnih šećera bio najniži. Ako posmatramo tendenciju rezultata vezanih za sadržaj saharoze za svaki sistem gajenja i za svaku godinu ispitivanja, uočićemo odstupanja kod standardnog sistema, što ukazuje na činjenicu da je sadržaj saharoze u plodu bio posledica interakcijskog efekta između sistema gajenja i abiotičkih činilaca u pojedinim godinama. Prosečne vrednosti sadržaja ukupnih šećera dobijene u svim tretmanima bile su više od vrednosti do kojih su došli Miletić *et al.* (2006), proučavajući pomološko-tehnološke osobine ploda kupine sorte ‘Čačanska bestrna’ u agroekološkim uslovima istočne Srbije, kao i od vrednosti koje navode Veberic *et al.* (2014) za istu sortu.

Sadržaj ukupnih kiselina u plodu kupine, uz sadržaj ratvorljivih suvih materija, predstavlja ključni parametar u determinaciji ukusa i kvaliteta ploda (Kaume *et al.*, 2012), a prema Talcott (2007) organske kiseline imaju ključnu ulogu u formiranju boje i produžetku skladišne sposobnosti svežih i prerađenih plodova. Reyes-Carmona *et al.* (2005) navode da vrednosti sadržaja ukupnih kiselina u plodovima kupine variraju u intervalu od 1,02 do 4,22%, a prema Nikolić i Milivojević (2010) i Veberic *et al.* (2014) dominantno su zastupljene limunska i jabučna kiselina. Vrednosti sadržaja ukupnih kiselina dobijene u ovom radu, za različite sisteme gajenja kupine su bile prilično ujednačene i nisu se međusobno značajno razlikovale. Sa druge strane, plodovi ispitivane sorte kupine ispoljili su značajan stepen međusobnih razlika u pogledu sadržaja ukupnih kiselina u različitim godinama ispitivanja. Najviši sadržaj ukupnih kiselina u plodu kupine registrovan je 2011. godine, dok je tokom naredne dve godine došlo do smanjenja vrednosti pomenutog parametra. Svaki sistem gajenja kupine odlikovao se identičnim variranjem vrednosti sadržaja ukupnih kiselina u plodu, u svakoj godini ispitivanja, odnosno interakcija između sistema gajenja i godine imala je značajan uticaj na ovaj parametar. Milivojević (2008) je proučavajući sadržaj šećera i organskih kiselina u plodu samonikle i privredno značajnih sorti kupine tokom trogodišnjeg perioda (2004–2006. godine), utvrdila da sadržaj ukupnih kiselina u plodu kupine sorte 'Čačanska bestrna' iznosi $0,20 \text{ mg g}^{-1}$. Slične vrednosti sadržaja ukupnih kiselina za istu sortu ($17,17 \text{ g kg}^{-1}$) navode i Veberic *et al.* (2014), što je niže u odnosu na rezultate dobijene u ovom radu. Sa druge strane, Miletić *et al.* (2006) su u agroekološkim uslovima istočne Srbije, za isti parametar i istu sortu dobili dvostruko više vrednosti (2,79%).

Plod kupine se odlikuje visokim sadržajem prirodnih antioksidacionih jedinjenja (Cho *et al.*, 2004) koji u značajnoj meri doprinose nutritivnoj, dijetetskoj i lekovitoj vrednosti. Vitamin C se ubraja u antioksidanse (Szajdek i Borowska, 2008) i antioksidativnu aktivnost uglavnom ispoljava u sinergizmu sa flavonoidima (Isler *et al.*, 1988; Kähkönen *et al.*, 2001). Vrednosti sadržaja vitamina C u plodu kupine dobijeni u ovom radu, pokazuju da je sistem gajenja uslovio značajne razlike, dok između ispitivanih godina nije ustanovljena značajnost razlika. Naime, viši sadržaj vitamina C u plodu kupine evidentiran u polutunelskom sistemu gajenja u saglasnosti je sa navodima Pantelidis *et al.*

(2007) i Hägg *et al.* (1995), koji ističu da je sadržaj vitamina C u plodu jagodastih vrsta voćaka uslovljen brojnim faktorima, uključujući i primenjenju tehnologiju gajenja. Takođe, uočava se varijabilnost u sadržaju vitamina C u plodu kod standardnog sistema gajenja po eksperimentalnim godinama, što se može tumačiti samo u kontekstu značajnog uticaja interakcijskog efekta između sistema gajenja i uslova godine. Pantelidis *et al.* (2007) su proučavajući antioksidativni kapacitet, sadržaj fenola, antocijana i vitamina C u plodovima maline, kupine, crvene ribizle i ogrozda utvrdili da prosečan sadržaj vitamina C u plodu kupine iznosi $16,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda. Sličnim istraživanjima, koja se odnose na rodove *Rubus*, *Ribes* i *Aronia* bavili su se Benvenuti *et al.* (2004) i navode da prosečan sadržaj pomenutog parametra u plodovima sedam sorti kupine ('Black Diamond', 'Smoothstem', 'Thornless Boy Sembes', 'Darrow', 'Chester', 'Hull Thornless' i 'Black Satin') iznosi $12,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda. Prosečne vrednosti sadržaja vitamina C u ovom radu po svim tretmanima kretale su se u intervalu od 12,01 do 15,05% i bile su više od vrednosti koju navode Veberic *et al.* (2014), za sortu 'Čačanska bestrna' u uslovima centralne Slovenije ($8,63 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda), ali i nešto niže od vrednosti do kojih je došao Stanisavljević (1999) za uslove okoline Čačka ($17,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sveže mase ploda).

Plodovi ispitivane sorte kupine su se odlikovali značajno većom pH vrednošću soka ploda kod polutunelskog sistema gajenja, u poređenju sa standardnim, a po godinama istraživanja, najveća pH vrednost registrovana je u 2013. godini, dok su vrednosti u 2011. i 2012. godini bile približno jednake. Vangdal *et al.* (2007) ističu da padavine prilikom zrenja ploda povećavaju kiselost, odnosno pH vrednost soka ploda. Naime, u avgustu 2013. godine (35 mm) zabeležena je znatno veća količina padavina, u poređenju sa količinom padavina u istom periodu 2011. i 2012. godine (14,7 i 2,8 mm), čime se mogu objasniti variranja pomenutog parametra u našem radu. Ako posmatramo tendenciju rezultata vezanih za pH vrednost soka ploda kupine za svaki sistem gajenja i svaku godinu proučavanja, uočićemo pravilnost da su se plodovi u oba sistema gajenja odlikovali najvećom pH vrednošću soka ploda u 2013. godini, kao i specifičnim variranjem u svakom sistemu gajenja, što je posledica značajnog uticaja interakcijskog efekta faktora varijabilnosti.

Odnos između sadržaja rastvorljivih suvih materija i ukupnih kiselina, kao i odnos između sadržaja ukupnih šećera i ukupnih kiselina predstavljaju značajne pokazatelje kvaliteta i ukusa ploda kod voćaka (Crisosto *et al.*, 2006). Vrednosti pomenutih parametara ploda kupine dobijene u ovom radu, bile su značajno veće kod polutunelskog sistema gajenja, a razlike dobijene po godinama nisu se značajno razlikovale. Međutim, dobijene vrednosti odnosa sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih kiselina i odnosa ukupnih šećera i ukupnih kiselina bile su u najvećoj meri uslovljene interakcijom između sistema gajenja i godine, stoga tendencije osnovnih faktora u svom delovanju nisu saglasne, pa se ne mogu tumačiti izdvojeno. Vrednosti odnosa ukupnih šećera i ukupnih kiselina izračunate u ovom radu dvostruko su veće u odnosu na rezultate do kojih su došli Miletić *et al.* (2006) za istu sortu kupine.

Poslednjih godina evidentno je povećano interesovanje za plodove jagodastih vrsta voćaka, jer prema Ding *et al.* (2006) i Tulipani *et al.* (2008) eksperimentalno je potvrđeno da predstavljaju izuzetan nutritivni potencijal zasnovan na visokom sadržaju fenolnih jedinjenja, za koja Scalbert i Williamson (2000) i Prior (2003) navode da smanjuju rizik od pojave hroničnih oboljenja, kao što su kardiovaskularna, kancerogena oboljenja i dijabetes. Fenolna jedinjenja se prema hemijskom sastavu dele na neflavonoide i flavonoide (Sumbul *et al.*, 2011), među kojima u plodu kupine dominiraju antocijanidini, elaginska kiselina, flavonoli i flavan-3-oli (Mosel i Herrmann, 1974; Schuster i Herrmann, 1985; Wald *et al.*, 1986; Sellappan *et al.*, 2002; Shahidi i Naczk, 2003). U skladu sa ranijim istraživanjima (Dixon i Paiva, 1995; Deighton *et al.*, 2000; Moyer *et al.*, 2002; Määttä-Riihinen *et al.*, 2004; Scalzo *et al.*, 2005; Rutz *et al.*, 2012), rezultati dobijeni u ovom radu potvrdili su uticaj uslova gajenja, odnosno abiotičkih činilaca i tehnologije gajenja na promene u sadržaju fenolnih kiselina i flavonoida u plodovima jagodastih vrsta voćaka. Plodovi kupine kod polutunelskog sistema gajenja imali su veći sadržaj svih identifikovanih hidroksibenzoevih kiselina, izuzev vanilinske, a značajnost razlika registrovana je u sadržaju elaginske i galne kiseline (Tabela 15). Najveći sadržaj 4-hidroksibenzoeve, elaginske i galne kiseline u plodu dobijen je u 2013. godini, bez značajnosti u razlikama za sadržaj 4-hidroksibenzoeve kiseline, po godinama ispitivanja. Sa druge strane, najveći sadržaj protokatehinske kiseline dobijen je u 2012. godini, a vanilinske u 2011. godini, sa

značajnošću razlika između godina ispitivanja u sadržaju pomenutih kiselina. Vrednosti sadržaja identifikovanih hidroksibenzoevih kiselina dobijene u ovom radu bile su u najvećoj meri uslovljene interakcijom između sistema gajenja i godine ispitivanja, pa se uticaj pojedinačnih faktora ne može izolovano analizirati. U svim tretmanima, od identifikovanih pet hidroksibenzoevih kiselina, registrovan je najviši sadržaj elaginske (6,77–16,17 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda), a zatim galne kiseline (3,44–8,00 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda) u plodu, što je saglasno sa navodima Siriwoharn i Wrolstad (2004) da je elaginska kiselina dominantna fenolna kiselina u plodu kupine. Beattie *et al.* (2005) takođe, ističu da je u slobodnom obliku elaginska kiselina najčešće prisutna sa galnom kiselinom, kao produkt razlaganja elagitanina. Prosečne vrednosti sadržaja elaginske kiseline dobijene u svim tretmanima bile su više od vrednosti do kojih su došli Milivojević *et al.* (2011), proučavajući hemijska i antioksidativna svojstva sorti i samoniklih vrsta rodova *Fragaria* i *Rubus*, kao i od vrednosti koje navode Veberic *et al.* (2014) za istu sortu.

Prema Bravo (1998) fenolne kiseline su podeljene na hidroksibenzoeve i hidroksicinamične i njihove derivate. Iz grupe hidroksicinamičnih kiselina u ovom radu identifikovane su *p*-kumarinska, kafeinska i ferulinska kiselina. U plodovima kupine kod polutunelskog sistema gajenja, dobijen je viši sadržaj pomenutih kiselina, s tim što su razlike bile značajne jedino kod sadržaja *p*-kumarinske kiseline. Najviši sadržaj *p*-kumarinske i kafeinske kiseline registrovan je u 2013., a ferulinske kiseline u 2012. godini, a razlike u sadržaju, između godina ispitivanja bile su značajne kod svih pomenutih kiselina. Objašnjenje ove pojave može se potražiti u činjenici da osim genotipa (Minoggio *et al.*, 2002; Howard *et al.*, 2003), sadržaj fenolnih jedinjenja u plodu determinišu i temperaturni uslovi tokom vegetacije (Perez-Tello *et al.*, 2001; Wang i Zheng, 2001), stepen zrelosti ploda i abiotički činioci (Reverberi *et al.*, 2001; Kirakosyan *et al.*, 2004). Variranja u sadržaju *p*-kumarinske i kafeinske kiseline kod svakog sistema gajenja u svakoj ekperimentalnoj godini bila su uslovljena njihovom međusobnom interakcijom i samo u tom kontekstu se mogu tumačiti. U pogledu sadržaja identifikovanih hidroksicinamičnih kiselina u plodu ispitivane sorte kupine, možemo uočiti da dominira *p*-kumarinska kiselina, što je u suprotnosti sa navodima Han *et al.* (2007), Pereira *et al.* (2009) i Dai *et al.* (2010)

da je u biljnim ćelijama, iz grupe hidroksicinamičnih kiselina, najzastupljenija kafeinska kiselina.

Prema Vauzour (2012) u grupu flavonoida ubrajaju se flavanoli, flavonoli, izoflavoni, antocijanidini i flavanoni. U plodovima ispitivane sorte kupine registrovan je kvercetin, koji spada u grupu flavonola i cijanidin-3-glukozid koji se ubraja u antocijane. Dobijena vrednost sadržaja kvercetina bila je viša kod polutunelskog sistema, u odnosu na standardni sistem gajenja, ali bez značajnosti u razlikama. Takođe, sadržaj pomenutog jedinjenja nije značajno varirao ni po eksperimentalnim godinama, a dobijene vrednosti kretale su se u intervalu od 0,25 do 0,33 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda kupine. Vrednosti sadržaja kvercetina u plodu, dobijene u ovom radu bile su niže u odnosu na vrednosti do kojih su došli Bilyk i Sapers (1986), proučavajući sadržaj flavonola u plodu četiri sorte i sedam selekcija bestrne kupine. Sa druge strane, Milivojević *et al.* (2011) ističu da kvercetin nije identifikovan u plodu sorte kupine 'Čačanska bestrna', što je prema ranijim istraživanjima Henning (1981), Bilyk i Sapers (1986), Siriwoharn i Wrolstad (2004) posledica njegovog prisustva u obliku glukozida.

Identifikacija i kvantifikacija cijanidin-3-glukozida u plodu ispitivane sorte kupine potvrdila je navode Fan-Chiang i Wrolstad (2005), Jakobek *et al.* (2007) i Koca i Karadeniz (2009) da u strukturi antocijana kupine dominiraju konjugovane, odnosno glukozidne i acilglukozidne forme cijanidina. Primenjeni sistemi gajenja kupine nisu uslovlili značajne razlike u sadržaju cijanidin-3-glukozida u plodu, tako da su dobijene vrednosti bile približne, ali nešto više kod polutunelskog sistema. Vrednosti sadržaja cijanidin-3-glukozida u plodu, tokom trogodišnjeg perioda kontinuirano su se povećavale, tako da je najveći sadržaj cijanidin-3-glukozida dobijen u trećoj godini, a značajnost razlika bila je evidentirana između svih godina ispitivanja. Ova pojava je najverovatnije posledica povoljnijih uslova za sintezu cijanidin-3-glukozida, s obzirom da je struktura i sadržaj antocijana u plodovima voćaka uslovljena različitim faktorima, kao što su genetička varijabilnost, činioci spoljašnje sredine, primena đubriva i pesticida i infekcije patogenima (Kalt *et al.*, 2001; Kähkönen *et al.*, 2003; Cho, 2004; Hosseinian *et al.*, 2007).

Prema ranijim istraživanjima (Dugo *et al.*, 2001; Fan-Chiang i Wrolstad, 2005; Stintzing *et al.*, 2002, Veberic *et al.*, 2014), u strukturi identifikovanih antocijana u plodu

kupine, dominira cijanidin-3-glukozid, koji je prema Koca i Karadeniz (2009) zastupljen sa oko 83,95%, a prema Elisia *et al.* (2007) sa 90,10%. Wang *et al.* (1997) su proučavajući 14 različitih antocijana, utvrdili da cijanidin-3-glukozid ima najveću antioksidativnu aktivnost. Ostali antocijani kao što su, cijanidin 3-rutinozid, cijanidin 3-ksilozid, malvidin 3-glukozid, acilovani derivat cijanidin 3-glukozida zastupljeni su u plodu kupine u manjim koncentracijama (Dugo *et al.*, 2001). Vrednosti sadržaja ukupnih antocijana dobijene u ovom radu, bile su približno jednake kod oba sistema gajenja kupine, što potvrđuje navode Milivojević (2008) da je svetlost jedan od najšire proučavanih faktora spoljašnje sredine koji utiče na metabolizam fenolnih jedinjenja, odnosno stimuliše sintezu flavonoida, posebno antocijana i u manjem stepenu glikozida flavonola. Sa druge strane, značajna variranja pomenutog parametra, dobijena su tokom perioda istraživanja, i to samo u odnosu na treću eksperimentalnu godinu, u kojoj je i registrovan najviši sadržaj ukupnih antocijana. Međutim, izražena varijabilnost vrednosti sadržaja ukupnih antocijana kod oba sistema gajenja u svakoj eksperimentalnoj godini može se tumačiti, samo u kontekstu značajnog uticaja interakcijskog efekta između sistema gajenja i godine. Vrednosti sadržaja ukupnih antocijana dobijene u ovom radu bile su veće u odnosu na rezultate do kojih su došli Stajčić *et al.* (2012), Ivanovic *et al.* (2014) i Veberic *et al.* (2014) za istu sortu kupine.

Prema Cheynier (2012) fenolna jedinjenja predstavljaju veliku grupu biljnih sekundarnih metabolita, izuzetno raznovrsnih u pogledu hemijske strukture. Fenolna jedinjenja u biljkama učestvuju indirektno u procesima rasta biljaka, svim metaboličkim procesima, zatim utiču na organoleptička i nutritivna svojstva voća, a dokazana je i njihova fiziološka aktivnost u ljudskom organizmu (Robards *et al.*, 1999). Sinteza i distribucija fenolnih jedinjenja uslovljena je kompleksnim delovanjem spoljašnjih (svetlost, temperatura i vlažnost), unutrašnjih (genetički faktori i hormonski status) (Strack, 1997), agroekoloških faktora (Veberič *et al.*, 2012), ali i uslovima gajenja i fazom sazrevanja plodova (Murillo *et al.*, 2012). S tim u vezi, vrednosti sadržaja ukupnih fenola dobijene u ovom radu bile su značajno više kod polutunelskog sistema gajenja. Takođe, po eksperimentalnim godinama, veće vrednosti sadržaja ukupnih fenola registrovane su u 2011. i 2013. godini, sa značajnošću razlika u odnosu na 2012. godinu. Vrednosti sadržaja ukupnih fenola dobijene u ovom radu bile su u najvećoj meri uslovljene interakcijom

između sistema gajenja i godine ispitivanja pa se uticao pojedinačnih faktora ne može nezavisno analizirati. Milivojević *et al.* (2010) su ispitujući hemijska svojstva plodova samonikle i komercijalnih sorti kupine, utvrdili da je sadržaj ukupnih fenola u plodu kupine sorte 'Čačanska bestrna' iznosio 1,74 mg GAE g⁻¹ sveže mase ploda, što je bilo dvostruko niže u odnosu na rezultate dobijene u ovom radu, a uporedivo sa rezultatima do kojih su došli Stajčić *et al.* (2012) za isti parametar kod iste sorte (235,09 mg GAE 100 g⁻¹ sveže mase ploda).

U grupi jagodastih vrsta voćaka, plod kupine se prema Pantelidis *et al.* (2007) odlikuje najvećim antioksidativnim kapacitetom, što je posledica visokog sadržaja fenolnih jedinjenja. Vrednosti antioksidativnog kapaciteta ploda kupine dobijeni u ovom radu, bile su više kod polutunelskog sistema gajenja, što je i očekivano, s obzirom da su vrednosti sadržaja ukupnih fenola i ukupnih antocijana, takođe bile više kod pomenutog sistema gajenja. Tendencije u variranju vrednosti antioksidativnog kapaciteta i sadržaja ukupnih fenola i antocijana, po ostalim tretmanima bile su takođe identične, izuzev u odnosu na sadržaj ukupnih antocijana u prvoj eksperimentalnoj godini. Kähkönen *et al.* (2003) i Hosseinian *et al.* (2007) ističu da su sadržaj i sastav antocijana kod jagodastih vrsta voćaka, pored genotipa (sorte), uslovljeni intenzitetom svetlosti, temperaturnim uslovima, tipom zemljišta, količinom vlage, načinom upotrebe đubriva i pesticida i drugim faktorima stresa. Zavisnost između antioksidativnog kapaciteta i sadržaja ukupnih fenola i antocijana u plodovima kupine potvrđena je brojnim istraživanjima (Wang i Lin, 2000; Sellappan *et al.*, 2002; Reyes-Carmona *et al.*, 2005; Milivojević *et al.*, 2011), što ukazuje na činjenicu da parametar 'ukupni fenoli' može poslužiti kao indikator antioksidativnog kapaciteta (Milivojević *et al.*, 2010). Regresiono-korelacionom analizom u ovom radu utvrđeno je da kod polutunelskog sistema gajenja kupine nije bilo korelacije između sadržaja ukupnih fenola i antocijana i antioksidativnog kapaciteta ploda, dok je kod standardnog sistema uočena pozitivna linearna korelacija pomenutih parametara u trogodišnjem periodu. Naime, pozitivna linearna korelacija bila je srednje jaka, sa približno jednakim vrednostima Pirsonovog koeficijenta korelacije između sadržaja ukupnih fenola i antocijana i antioksidativnog kapaciteta. Boyer i Liu (2004) su utvrdili da su se plodovi jabuke izloženi sunčevoj svetlosti odlikovali višim sadržajem antocijana i kvercetin glikozida u odnosu na

plodove koji su gajeni u uslovima zasene. Veće vrednosti koeficijenta korelacije između pomenutih parametara kod kupine, u odnosu na vrednosti dobijene u ovom radu, dobili su Wang i Lin (2000) kod sorti 'Chester Thornless', 'Hull Thornless' i 'Triple Crown', Sellapan *et al.* (2002) kod sorti 'Choctaw' i 'Kiowa' i Reyes-Carmona *et al.* (2005) kod sorti 'Brazos', 'Tupi', 'Comanche Wild', 'Evergreen', 'Marion' i 'Siskiyou'. Takođe, vrednosti koeficijenta korelacije između sadržaja ukupnih fenola i antioksidacionog kapaciteta ploda, dobijene u ovom radu bile su niže u odnosu na rezultate do kojih su došli Milivojević *et al.* (2010) i Milivojević *et al.* (2011) za istu sortu u uslovima beogradskog Podunavlja.

8.2.3. Organoleptičke osobine ploda kupine

Važnu ulogu u potrošnji voća, pored nutritivne vrednosti, imaju i atributi senzoričkog kvaliteta ploda, koji uključuju spoljašnji izgled, teksturu i ukus plodova (Poledica, 2015). U tom pogledu, Stanisavljević (1999) navodi da se plodovi sorte kupine 'Čačanska bestrna' odlikuju većom slašću, boljim ukusom i aromom u odnosu na plodove sorti 'Black Satin', 'Thornfree', 'Dirksen Thornless'. Zato su plodovi pogodni za upotrebu u svežem stanju, kao i za različite vidove prerade (Nikolić i Milivojević, 2010).

Analizom rezultata pojedinačnih parametara ukupne organoleptičke ocene ploda sorte kupine 'Čačanska bestrna' u funkciji primene polutunelskog sistema gajenja u trogodišnjem periodu, može se uočiti da su tretmani polutunelskog gajenja i meteorološki uslovi tokom svake eksperimentalne godine značajno uticali jedino na konzistenciju ploda, a njihov interakcijski efekat i na aromu. Veće vrednosti svih pojedinačnih parametara dobijene su kod polutunelskog sistema gajenja, a najveće vrednosti, izuzev ukusa ploda u trećoj eksperimentalnoj godini, što je sveukupno rezultiralo i najvećom ukupnom organoleptičkom ocenom kod polutunelskog sistema u 2013. godini (15,07).

8.3. Siva trulež ploda kupine i efikasnost hemijske zaštite

Analizom pojave sive truleži u ovom radu, može se uočiti da je u uslovima primenjenih sistema gajenja, značajno manji broj zaraženih plodova kupine i značajno niži stepen zaraze zabeležen kod polutunelskog sistema, što je u saglasnosti sa navodima

Nikolić i Milivojević (2010) da pravilna orijentacija redova i pokrivanje zasada maline i kupine plastičnim folijama predstavljaju jednu od agrotehničkih mera kojom se može uticati na sprečavanje pojave sive truleži ploda. Takođe, Raposo *et al.* (2001) ističu da razlike u mikroklimatskim uslovima između gajenja u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju u značajnoj meri utiču na biološki ciklus razvoja gljive *B. cinerea*. U pogledu efikasnosti hemijske zaštite, dobijeni su očekivani rezultati, odnosno veći broj zdravih plodova, manji broj zaraženih i niži stepen zaraze u tretmanu sa primenom fungicida. Rosslenbroich i Stuebler (2000) navode da brojna istraživanja ukazuju da anilinopirimidini, kojima pripada ciprodinil, jedna od aktivnih materija fungicida Switch, inhibiraju biosintezu metionina kod patogena, blokiranjem enzima cistation β -liaze. Fludioksonil, kao druga aktivna materija, izaziva morfološke promene pri klijanju spora, kao što su abnormalno grananje i pucanje ćelija hifa (Leroux, 1996). Posmatrano po godinama ispitivanja, dobijeni rezultati pokazuju da su ukupan broj plodova, broj zdravih i zaraženih plodova, kao i stepen zaraze u značajnoj meri varirali, što se može tumačiti različitim meteorološkim uslovima između eksperimentalnih godina. Najveći broj zdravih i zaraženih plodova, kao i najveći stepen zaraze patogenom dobijeni su 2011., a najmanje vrednosti pomenutih pokazatelja u 2013. godini (Tabela 23). Poređenjem dobijenih vrednosti stepena zaraze tokom perioda proučavanja, može se uočiti kontinuirano smanjenje pojave sive truleži na plodovima kupine, kao i smanjenje ukupnog broja i broja zdravih plodova. Rezultati statističke analize pokazuju da su variranja u ukupnom broju i broju zaraženih plodova kupine bila uslovljena interakcijskim efektom sistema gajenja i uslova tokom eksperimentalnih godina. Polutunelski sistem gajenja pozitivno je uticao na smanjenje pojave sive truleži ploda u posmatranom trogodišnjem periodu.

8.4. Depigmentacija plodova

Plodovi kupine, kao i plodovi drugih jagodastih vrsta voćaka, su sezonski i u relativno kratkom vremenskom periodu dostupni u svežem stanju, tako da je od izuzetnog značaja da se zamrzavanjem, sušenjem, konzerviranjem i preradom u različite proizvode obezbedi kontinuirana snabdevenost tržišta ovim voćem (Veberic *et al.*, 2014). Wu *et al.*

(2010) ističu da se, generalno sa aspekta očuvanja fenolnih jedinjenja u plodu, zamrzavanje smatra najmanje destruktivnom tehnologijom čuvanja i da se preporučuje kao predtretman u postupku dobijanja različitih proizvoda od kupine. Takođe, zamrzavanjem se produžava period upotrebe plodova, ali tokom odmrzavanja dolazi do omekšavanja ploda, odnosno promena u njegovoj konzistenciji (Petzold i Aguilera, 2009). S obzirom da potrošači ocenu kvaliteta ploda zasnivaju na boji (Giusti i Wrolstad, 2003), koja je kod kupine uslovljena visokim sadržajem različitih antocijana prisutnih u ćelijama ploda (Howard *et al.*, 2012), neophodno je zadržati uniformnost u pogledu obojenosti plodova, sa ciljem povećanja prihvatljivosti na tržištu. Nikolić i Milivojević (2010) navode da tržišna vrednost plodova sorte kupine 'Čačanska bestrna' može biti znatno umanjena zbog nepostojanosti crne boje plodova pri čuvanju u zamrznutom stanju, kao i sklonosti plodova ka otpuštanju soka, odnosno slabijoj transportabilnosti. Vrednosti intenziteta depigmentacije plodova kupine dobijeni u ovom radu, potvrđuju navode De Ancos *et al.* (2000), da genotip, etapa zrelosti ploda i abiotički činioci mogu uticati na efekat zamrzavanja. Naime, najveći intenzitet depigmentacije plodova registrovan je kod sorte 'Čačanska bestrna', a najmanji kod sorte 'Loch Ness', a značajnost razlika bila je prisutna između svih proučavanih genotipova. Poređenjem vrednosti intenziteta depigmentacije između etapa zrelosti ploda, značajno veća vrednost je registrovana kod plodova uzetih u fiziološkoj zrelosti, što se može objasniti manjim sadržajem antocijana, jer je utvrđeno na osnovu aktivnosti nekih enzima u ciklusu fenilpropanoida, prema Slatnar *et al.* (2012) da sinteza antocijana počinje paralelno sa početkom fenofaze zrenja. Posmatrano po periodima zamrzavanja, značajno veća vrednost pomenutog parametra dobijena je posle 30 dana zamrzavanja, što je u saglasnosti sa navodima Veberic *et al.* (2014) da je stabilnost antocijana uslovljena i periodom zamrzavanja, a što se prema Artes (2002) i Stinzing i Carle (2004) pripisuje njihovoj nestabilnosti, odnosno degradaciji tokom čuvanja, što za posledicu ima smanjenje intenziteta obojenosti plodova i njihovih proizvoda. Pravilnosti u tendenciji variranja intenziteta depigmentacije plodova ispitivanih sorti kupine po svim tretmanima nije bilo. Uočene razlike po pojedinačnim tretmanima bile su uslovljene interakcijskim efektom između sorte, etape zrelosti i perioda zamrzavanja, tako da se izdvojeni zaključci o uticaju osnovnih faktora ne mogu nezavisno tumačiti.

Analizom literaturnih podataka, Veberic *et al.* (2014) su utvrdili da je uticaj prerade i različitih postupaka čuvanja plodova kupine na hemijska svojstva primarnih i sekundarnih metabolita (najviše antocijana) najčešće proučavan u sokovima, pireu i konzerviranim plodovima. Isti autori ističu da su veoma retke studije o proučavanju postupka zamrzavanja i njegovom uticaju na hemijski sastav svežih plodova i da se uglavnom odnose na nekoliko grupa jedinjenja ili sadržaj ukupnih fenola u plodovima kupine. Dobijene vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u depigmentiranim i nedepigmentiranim plodovima u ovom radu, posle određenog perioda zamrzavanja, kod svih ispitivanih sorti kupine ukazuju na korelaciju, koja prema Cadot *et al.* (2011) nije direktno potvrđena, a odnosi se na paralelno odvijanje sinteze antocijana i akumuliranje šećera u plodovima. Značajno veće vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije, kao i sadržaj ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima, dobijen je kod plodova koji su uzorkovani u fazi zrelosti, s tim što je najveći sadržaj pomenutih parametara registrovan u plodovima sorte kupine 'Loch Ness', a najmanji u plodovima sorte 'Čačanska bestrna' (Tabela 26). Kähkönen *et al.* (2003) navode da su sadržaj i struktura antocijana u plodovima jagodastih vrsta voćaka uslovljeni genotipom i različitim faktorima spoljašnje sredine. Kod nedepigmentiranih plodova kupine registrovana je značajnost razlika u sadržaju rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana između ispitivanih sorti, a najveće vrednosti pomenutih parametara utvrđene su u plodu sorte 'Loch Ness'. Veći sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u plodu kupine dobijen je kod svih ispitivanih sorti u plodovima koji su uzorkovani u fazi zrelosti. Sa druge strane, period zamrzavanja je značajno uticao na sadržaj oba proučavana parametra kod nedepigmentiranih plodova kupine, odnosno utvrđeno je kontinuirano smanjenje sadržaja rastvorljive suve materije i sadržaja ukupnih antocijana tokom zamrzavanja, što se može objasniti degradacijom cijanidin-3-glukozida u hemijskim reakcijama tokom zamrzavanja (Kopjar *et al.*, 2012). Vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u nedepigmentiranim plodovima kupine dobijene u ovom radu su u najvećoj meri bile uslovljene interakcijom između sorte, etape zrelosti i perioda zamrzavanja, pa se uticaj pojedinačnih faktora ne može nezavisno analizirati. Katalinić (2006) navodi da do razgradnje antocijana u plodovima voćaka dolazi zbog povećanog sadržaja intermedijera razgradnje šećera (furfural i hidroksi metil furfural-

HMF), koji nastaju kao produkti enzimskog i neenzimskog posmeđivanja, odnosno kao rezultat nepovoljnog delovanja temperature tokom prerade i skladištenja. Isti autor ističe da disaharidi deluju zaštitno na antocijane, sve dok se ne razgrade na monosaharide, a prema intenzitetu delovanja šećeri se mogu navesti sledećim redosledom: 'glukuronska kiselina', fruktoza, saharoza, laktoza, maltoza, glukoza i glukonska kiselina. S tim u vezi, Kopjar *et al.* (2012) navode da individualni šećeri, naročito glukoza u plodu kupine sprečavaju degradaciju antocijana tokom čuvanja (zamrzavanje). Proučavanjem uticaja dugog perioda čuvanja zamrznutih plodova na hemijska svojstva ploda različitih jagodastih vrsta voćaka, Poiana *et al.* (2010) su utvrdili da je ukupan sadržaj antocijana u plodovima borovnice i maline, posle 6 meseci čuvanja smanjen za 3%, a posle 10 meseci za 9%. Takođe, Hager *et al.* (2008) navode da se čuvanjem zamrznutih plodova (brzo zamrzavanje) ne utiče na značajnije smanjenje sadržaja ukupnih antocijana ili njihovu polimerizaciju. Proučavajući promene u sadržaju antocijana i drugim hemijskim jedinjenjima primenom različitih načina zamrzavanja plodova kupine, Veberic *et al.* (2014) su dobili manje vrednosti sadržaja ukupnih antocijana kod sorti 'Čačanska bestrna' i 'Loch Ness', u odnosu na vrednosti dobijene u ovom radu, dok su vrednosti kod sorte 'Chester Thornless' bile približne.

9. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja biološko-proizvodnih osobina kupine ‘Čačanska bestrna’ u uslovima polutunelskog sistema gajenja i rezultata ispitivanja promena u kvalitetu ploda kupine, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Polutunelski sistem gajenja je tokom trogodišnjeg perioda ispitivanja stimulatивно uticao na neke parametre vegetativnog potencijala, odnosno na broj izdanaka po žbunu i dužinu izdanaka, dok u prečniku izdanaka nisu zabeležene značajne razlike, u poređenju sa standardnim sistemom.
- Polutunelski sistem gajenja tokom perioda ispitivanja nije uticao na odstupanja u početku i dužini trajanja fenofaze cvetanja i zrenja plodova u odnosu na standardni sistem gajenja kupine. Na osnovu prosečnih vrednosti dobijenih za trogodišnji period ispitivanja na području Čačka, gde je eksperiment realizovan, može se konstatovati da fenofaza cvetanja sorte ‘Čačanska bestrna’ počinje 26. maja, a fenofaza zrenja 15. jula. Fenofaza cvetanja je trajala 22, odnosno 23 dana kod standardnog sistema gajenja, a fenofaza zrenja 37 dana kod oba sistema gajenja kupine.
- Gajenje kupine u polutunelskom sistemu, sa adekvatno primenjenom hemijskom zaštitom u cilju suzbijanja sive truleži ploda tokom trogodišnjeg perioda, rezultiralo je značajno većim brojem rodnih grančica, cvasti i plodova.
- Polutunelski sistem gajenja pozitivno je uticao na visinu prinosa upotrebljivih plodova kupine.
- U trogodišnjem periodu ispitivanja, polutunelski sistem gajenja kupine pozitivno je uticao na dimenzije ploda kupine, dok je u pogledu mase ploda, dobijena veća vrednost, ali bez značajnih razlika između primenjenih sistema gajenja. Na osnovu vrednosti dobijenih tokom realizacije eksperimenta zapaža se da je vrednost indeksa oblika u svim tretmanima veća od 1, što odgovara pretežno konusnom obliku ploda ispitivane sorte. Gajenje ispitivane sorte kupine u polutunelu rezultiralo je većim brojem koštunica u plodu.

- Polutunelski sistem gajenja kupine je u trogodišnjem periodu, pozitivno uticao na većinu hemijskih osobina plodova ispitivane sorte. Zabeležen je veći sadržaj rastvorljive suve materije i ukupnih šećera u plodovima kupine gajene u polutunelu. U strukturi ukupnih šećera dominirali su invertni (glukoza i fruktoza) šećeri, sa registrovanim većim sadržajem kod polutunelskog sistema, dok je veći sadržaj saharoze dobijen kod istog sistema, ali bez značajnosti razlika, u poređenju sa standardnim sistemom gajenja. Sadržaj ukupnih kiselina nije značajno varirao između primenjenih sistema gajenja, tokom perioda ispitivanja. Veće vrednosti sadržaja vitamina C, pH vrednosti ploda, odnosa između sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih kiselina i odnosa između sadržaja ukupnih šećera i ukupnih kiselina dobijene su kod polutunelskog sistema gajenja ispitivane sorte.
- Sadržaj većine identifikovanih individualnih fenolnih jedinjenja u plodu ispitivane sorte značajno je varirao u zavisnosti od primenjenog sistema gajenja. Od detektovanih hidroksibenzoevih kiselina, veće vrednosti sadržaja protokatehinske, 4-hidroksibenzoeve, elaginske i galne kiseline u plodu dobijene su kod polutunelskog, dok je u pogledu vanilinske kiseline, veći sadržaj utvrđen kod standardnog sistema, bez značajnosti u razlikama. Iz grupe hidroksicinamičnih kiselina, u uslovima polutunelskog sistema gajenja, detektovan je veći sadržaj *p*-kumarinske kiseline u plodu, ali i veći sadržaj kafeinske i ferulinske kiseline, bez uticaja sistema gajenja na njihovo značajno variranje. Rezultati dobijeni u ovom radu ukazuju na prisustvo flavonola kvercetinina u plodu kupine i veći sadržaj pomenutog jedinjenja u uslovima polutunelskog sistema gajenja. Sa druge strane, isti sistem gajenja uslovio je i veći sadržaj cijanidin-3-glukozida u plodu ispitivane sorte.
- Na osnovu dobijenih vrednosti sadržaja ukupnih antocijana u plodu ispitivane sorte kupine može se konstatovati da tokom trogodišnjeg perioda, polutunelski sistem gajenja nije uticao na sadržaj pomenutih jedinjenja, jer su dobijene vrednosti kod oba primenjena sistema gajenja bile približno jednake. U pogledu sadržaja ukupnih fenola u plodu, uočena su značajna variranja između primenjenih sistema gajenja, pri čemu je veći sadržaj zabeležen kod polutunelskog sistema. Dobijeni rezultati koji se odnose na

sadržaj detektovanih fenolnih kiselina, flavonoida, ukupnih antocijana i ukupnih fenola, ukazuju da antocijani najviše doprinose ukupnom fenolnom sadržaju ploda kupine.

- Primenom različitih sistema gajenja, veće vrednosti ukupnog antioksidativnog kapaciteta ploda ispitivane sorte kupine zabeležene su u uslovima polutunelskog sistema gajenja.
- U trogodišnjem periodu istraživanja utvrđene su srednje, pozitivne, statistički značajne korelacije između sadržaja ukupnih antocijana i antioksidativnog kapaciteta ploda, kao i između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativnog kapaciteta ploda ispitivane sorte kupine gajene u standardnom sistemu.
- Rezultati organoleptičke ocene kvaliteta ploda ispitivane sorte, ukazuju da vrednosti ukupne organoleptičke ocene, kao i najvažnijih organoleptičkih osobina, izuzev konzistencije, nisu značajno varirale u zavisnosti od primenjenog sistema gajenja kupine.
- Polutunelski sistem gajenja kupine je u trogodišnjem periodu pozitivno uticao na smanjenje pojave sive truleži ploda kupine. Kod pomenutog sistema gajenja zabeležen je veći ukupan broj i broj zdravih plodova, dok je broj zaraženih plodova ispitivane sorte i stepen zaraze bio niži. Efikasnost hemijske zaštite potvrđena je većim brojem zdravih, odnosno manjim brojem zaraženih plodova kupine i manjim stepenom zaraze u tretmanu sa primenom fungicida Switch.
- Na osnovu jednogodišnjih rezultata dobijenih za intenzitet depigmentacije plodova kupine zapažen je značajan uticaj sorte, etape zrelosti ploda i perioda zamrzavanja. Najniži intenzitet depigmentacije plodova zabeležen je kod sorte 'Loch Ness', a najviši kod sorte 'Čačanska bestrna'. Niži intenzitet depigmentacije plodova svih ispitivanih sorti kupine dobijen je kod plodova uzorkovanih u fazi prezrelosti, kao i posle perioda od 7 dana zamrzavanja. Na osnovu rezultata sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima uočen je značajan uticaj sorte i etape zrelosti ploda na smanjenje vrednosti pomenutih parametara. Veće vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u depigmentiranim plodovima sorti 'Loch Ness', 'Chester Thornless' i 'Čačanska bestrna' dobijene su kod plodova uzorkovanih u fazi prezrelosti. Značajno smanjenje sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih antocijana u nedepigmentiranim plodovima kupine zapaženo je tokom čuvanja

zamrznutih plodova sorti 'Loch Ness', 'Chester Thornless' i 'Čačanska bestna' uzorkovanih u fiziološkoj zrelosti i fazi prezrelosti.

- Pojava razlika u biološko-proizvodnim karakteristikama sorte kupine 'Čačanska bestna' između analiziranih sistema gajenja ukazuje da polutunelski sistem gajenja, eliminisanjem štetnog dejstva abiotičkih faktora, pre svega padavina, značajno doprinosi povećanju prinosa i poboljšanju kvaliteta ploda. Gajenje kupine u polutunelima pozitivno je uticalo na parametre vegetativnog i generativnog potencijala, ispoljavanje boljeg hemijskog i nutritivnog kvaliteta ploda, kao i nižeg intenziteta pojave sive truleži. Sa druge strane, na osnovu potvrđene korelacije između količine rastvorljive suve materije u plodu i intenziteta depigmentacije tokom čuvanja zamrznutih plodova, proizvođačima se mogu dati smernice u tehnologiji gajenja i određivanju optimalnog momenta berbe, i na taj način ublažiti problem koji direktno utiče na širenje sorte 'Čačanska bestna'.

10. LITERATURA

- Ananga A., Georgiev V., Ochieng J., Phills B., Tsolova V. (2013): Production of Anthocyanins in Grape Cell Cultures: A Potential Source of Raw Material for Pharmaceutical, Food, and Cosmetic Industries. In: 'The Mediterranean Genetic Code - Grapevine and Olive'. InTech, Florida, USA, pp. 247–287.
- Apra E., Carlin S., Giongo L., Grisenti M., Gasperi F. (2010): Characterization of 14 raspberry cultivars by solid-phase microextraction and relationship with gray mold susceptibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 1100–1105.
- Artes F. (2002): Colour in food improving quality. In: 'Colour in food improving quality'. MacDaugall D.B. (ed.), Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 248–275.
- Atila S.P., Agaoglu Y.S., Celik M. (2006a): A research on the adaptation of some raspberry cultivars in Ayaş (Ankara) conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9, 8: 1504–1508.
- Atila S.P., Agaoglu Y.S., Celik M. (2006b): A research on the adaptation of some blackberry cultivars in Ayaş (Ankara) conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9, 9: 1791–1794.
- Bakkalbasi E., Menten Ö., Artik N. (2009): Food ellagitannins – occurrence, effects of processing and storage. *Food Science and Nutrition*, 49, 3: 283–298.
- Bal E., Meesters P. (1995): Year-round production of blackberries. *Proceedings of the North American Bramble Growers Association*, 49–61.
- Beattie J., Crozier A., Duthie G. (2005): Potential health benefits of berries. *Current Nutrition and Food Science*, 1: 71–86.
- Benvenuti S., Pellati F., Melegari M., Bertelli D. (2004): Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. *Journal of Food Science*, 69, 3: 164–169.
- Bielenin A. (2002): Control of raspberry and blackcurrant diseases by Tolyfluanid. *Acta Horticulturae*, 585: 331–333.

- Bilyk A., Sapers G.M. (1986): Varietal differences in the quercetin, kaempferol, and myricetin contents of highbush blueberry, cranberry, and thornless blackberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24, 4: 585–588.
- Bordonaba J.G., Terry L.A. (2010): Manipulating the taste-related composition of strawberry fruits (*Fragaria ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation. *Food Chemistry*, 122, 4: 1020–1026.
- Boyer J., Liu R.H. (2004): Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3: 1–15.
- Bravo L. (1998): Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56, 11: 317–333.
- Bristow P.R. (1991): Fruit and flower diseases caused by fungi – *Botrytis* fruit rot (Grey mould) and Blossom blight. In: *Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Insects*, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA, pp. 21–23.
- Burkhart E.P., White L.D. (2003): The High Tunnel Cropping. In: 'High tunnel production manual for commercial growers'. Nennich T.T., Wold-Burkness S. (eds.), University of Minnesota Extension, Saint Paul, pp. 45–56.
- Cadot Y., Chevalier M., Barbeau G. (2011): Evolution of the localisation and composition of phenolics in grape skin between veraison and maturity in relation to water availability and some climatic conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 11: 1963–1976.
- Carew J.G., Gillespre T., White H., Wainwright J., Brennan R., Battey N.H. (2000): The control of the annual growth cycle in raspberry. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75: 495–503.
- Caridi D., Trenerry V.C., Rochfort S., Duong S., Laughher D., Jones R. (2007): Profiling and quantifying quercetin glucosides in onion (*Allium cepa* L.) varieties using capillary zone electrophoresis nad high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, 105: 691–699.

- Cheng G.W., Breen P.J. (1991): Activity of phenylalanine ammonialyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116: 865–869.
- Cheyrier V. (2012): Phenolic compounds: from plants to foods. *Phytochemistry Reviews*, 11: 153–177.
- Cho M.J., Howard L.R., Prior R.L., Clark J.R. (2004): Flavonoid glycosides and antioxidant capacity of various blackberry, blueberry and red grape genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 1771–1782.
- Chun O.K., Kim D.O., Smith N., Schroeder D., Han J.T., Lee C.Y. (2005): Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85:1715–1724.
- Clark J.R., Finn C.E. (2011): Blackberry breeding and genetics. *Fruit, Vegetable, and Cereal Science and Biotechnology*, 5: 27–43.
- Colaric M., Veberic R., Stampar F., Hudina M. (2005): Evaluation of peach and nectarine fruit quality and correlations between sensory and chemical attributes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 2611–2616.
- Connor A.M., Luby J.J., Hancock J.F., Berkheimer S., Hanson E.J. (2002): Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 893–898.
- Cos P., Ying L., Calomme M., Hu J.P., Cimanga K., Poel B.V., Pieters L., Vlietinck A.J., Berghe D.V. (1988): Structure-activity relationship and classification of flavonoids as inhibitors of xanthine oxidase and superoxide scavengers. *Journal of Natural Products*, 61: 71–76.
- Crisosto C.H., Crisosto G., Neri F. (2006): Understanding Tree Fruit Quality Based on Consumer Acceptance. *Acta Horticulturae* 712: 183–189.
- Crisosto C.H., Garner D., Andris H.L., Day K.R. (2004): Controlled delayed cooling extends peach market life. *HortTechnology*, 14: 99–104.
- Dai J., Mumper R.J. (2010): Plant Phenolics: extraction, analysis and their antioxidant anticancer properties. *Molecules*, 15: 7313–7352.

- Dale A. (2012): Protected cultivation of raspberries. *Acta Horticulture*, 946: 349–354.
- De Ancos B., Gonzales E.M., Cano M.P. (2000): Ellagic acid, vitamin C, and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in raspberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 4565–4570.
- Deighton N., Brennan R., Finn C., Davies H.V. (2000): Antioxidant properties of domesticated and wild *Rubus* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 1307–1313.
- Demchak K. (2009): Small fruit production in high tunnels. *HortTechnology*, 19: 44–49.
- Dijkstra J. (1978): Irrigation of small fruits. *Fruiteelt*, 68: 1532–1535.
- Dijkstra J., Scholtens A. (1991): Extending the harvest period of raspberries is possible in several ways. *Fruiteelt* 81: 18–19.
- Ding M., Feng R., Wang S.Y., Bowma L., Lu Y., Qian Y., Castranova V., Jiang B.H., Shi X. (2006): Cyanidin-3-glucoside, a natural product derived from blackberry, exhibits chemopreventive and chemotherapeutic activity. *Journal of Biological Chemistry*, 281, 25: 17359–17368.
- Dixon R.A., Paiva N.L. (1995): Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*, 7: 1085–1097.
- Dugo P., Mondello L., Errante G., Zappia G., Dugo G. (2001): Identification of anthocyanins in berries by narrow-bore high-performance liquid chromatography with electrospray ionization detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 8: 3987–3992.
- Egan H., Kirk R., Sawyer R. (1981): The Luff Schoorl method. Sugars and preserves. In: 'Pearson's chemical analysis of foods', 8th ed., Churchill Livingstone, Edinburgh, UK, pp. 152–153.
- Elisia I., Hu C., Popovich D.G., Kitts D.D. (2007): Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract. *Food Chemistry*, 101: 1052–1058.
- Escarpa A., Gonzales M.C. (2000): Evaluation of high-performance liquid chromatography for determination of phenolic compounds in pear horticultural cultivars. *Chromatography*, 51: 37–43.

- Eyduran S.P., Agaoglu Y.S. (2006): A preliminary examination regarding ten raspberry cultivars. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 2, 6: 375–379.
- Eyduran S.P., Agaoglu Y.S., Eyduran E., Ozdemir T. (2007): Comparison of some raspberry cultivars herbal features by repeated completed design statistic technique. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10, 8: 1270–1275.
- Eyduran S.P., Eyduran E., Agaoglu Y.S. (2008): Estimation of fruit weight by cane traits for eight American blackberries (*Rubus fruticosus* L.) cultivars. *Journal of Biotechnology*, 7: 3031–3038.
- Eyduran S.P., Eyduran E., Khawar K.M., Agaoglu Y.S. (2008): Adaptation of eight American blackberry (*Rubus fruticosus* L.) cultivars from central Anatolia. *African Journal of Biotechnology*, 7, 15: 2600–2604.
- Fan-Chiang H.J., Wrolstad R.E. (2005): Anthocyanin pigment composition of blackberries. *Journal of Food Science*, 70: 198–202.
- Fernandez M.T., Mira M.L., Florenco M.H., Jenings K.R. (2002): Iron and copper chelation by flavonoids: an electrospray mass spectrometry study. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 92: 105–111.
- Fiorani M., De Sancitis R., De Bellis R., Dacha M. (2002): Intracellular flavonoids as electron donors forextracellular ferricyanide reduction in human erythrocytes. *Free Radical Biology & Medicine*, 32: 64–72.
- Gaskell M. (2004): Field tunnels permit extended season harvest of small fruits in California. *Acta Horticulturae*, 659: 425–430.
- Gercekcioglu R., Esmek I. (2005): Comparison of different blackberry (*Rubus fruticosus* L.) cultivars in Tokat, Turkey. *Journal of Applied Sciences*, 5: 1374–1377.
- Giusti M.M., Wrolstad R.E. (2003): Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14, 3: 217–225.
- Glišić I. (2004): Uticaj organo-mineralnih đubriva i agrozela na vegetativni rast i rodnost kupine. Magistarski rad. Agronomski fakultet, Čačak.
- Goulart B.L. (1991): Compendium of raspberry and blackberry diseases and insects. Ellis M.A. Converse R.H., Williams R.N., Williamson B. (eds.), APS Press, St Paul, Minnesota.

- Gurrieri F., Audergon J.M., Albagnac G., Reich M. (2001): Soluble sugars and carboxylic acids in ripe apricot fruit as parameters for distinguishing different cultivars. *Euphytica*, 117:183–189.
- Hager T.J., Howard L.R., Prior R.L. (2008): Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blackberry products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 689–695.
- Hägg M., Ylikoski S., Kumpulainen J. (1995): Vitamin C content in fruits and berries consumed in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 8: 12–20.
- Hall H.K. (1990): Blackberry breeding. *Plant Breeding Reviews*, 8: 249–312.
- Haminiuk C.W.I., Maciel G.M., Plata-Oviedo M.S.V., Peralta R.M. (2012): Phenolic compounds in fruits. *International Journal of Food and Tehnology*, 47, 10: 2023–2044.
- Han X., Shen T., Luo H. (2007): Dietary Polyphenols and their biological significance. *International Journal of Molecular Sciences*, 8: 950–988.
- Harborne J.B., Baxter H. (1999): *The Handbook of Natural Flavonoids*. John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- Heinonen I.M., Meyer A.S., Frankel E.N. (1998): Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 4107–4112.
- Henning W. (1981): Flavonol glycosides of strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus fruticosus* L.). *Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 173, 3: 180–187.
- Hertog M.G.L., Hollman P.C.H., Venema D.P. (1992): Optimization of quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1591–1598.
- Ho L.C. (1992): Fruit growth and sink strength. In: 'Fruit and seed production'. Marshall C., Grace J. (eds.), Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, UK, pp. 101–125.
- Hollman P.C.H., Katan M.B. (1999): Health effects and bioavailability of dietary flavonols. *Free Radical Research*, 31: 75–80.

- Hosseinian F.S., Wende L., Beta T. (2007): Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. *Food Chemistry*, 109, 4: 916–924.
- Howard L.R., Clark J.R., Brownmiller C. (2003): Antioxidant capacity and phenolic content in blueberries as affected by genotype and growing season. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 1238–1247.
- Howard L.R., Prior R.L., Liyanage R., Lay J.O. (2012): Processing and storage effect on berry polyphenols: Challenges and implications for bioactive properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 6678–6693.
- Hudina M., Stampar F. (2000): Sugars and organic acids contents of European (*Pyrus communis* L.) and Asian (*Pyrus serotina* Rehd.) pear cultivars. *Acta Alimentaria*, 29: 217–230.
- Isler O., Brubacher G., Kiss J. (1988): Skorbut, vitamin C and bioflavonoide. In: 'Vitamine II: Wasserlösliche Vitamine'. Isler O., Brubacher G., Ghisla S., Krautler B. (eds.), Thieme, Stuttgart, pp. 390–395.
- Ivanovic J., Tadic V., Dimitrijevic S., Stamenic M., Petrovic S., Zizovic I. (2014): Antioxidant properties of the anthocyanin-containing ultrasonic extract from blackberry cultivar 'Čačanska Bestrna'. *Industrial Crops and Products*, 53: 274–281.
- Jakobek L., Seruga M., Medvidovic-Kosanovic M., Novak I. (2007): Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juices. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 103, 2: 58–64.
- Jiao H., Wang S.Y. (2000): Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 5672–5676.
- Kafkas E., Kosar M., Turemis N., Baser K.H. (2006): Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. *Food Chemistry*, 97: 732–736.
- Kähkönen M.P., Hopia A.I., Heinonen M. (2001): Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 8: 4076–4082.

- Kähkönen M.P., Heinamaki J., Ollilainen V., Heinonen M. (2003): Berry anthocyanins: isolation, identification and antioxidant activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 14: 1403–1411.
- Kalt W., Ryan D.A.J., Duy J.C., Prior R.L., Ehlenfeldt M.K., Kloet S.P.V. (2001): Interspecific variation in anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity among genotypes of highbush and lowbush blueberries (*Vaccinium* Section *cyanococcus* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4761–4767.
- Katalinić V. (2006): *Kemija mediteranskog voća i tehnologija prerade*. Kemijsko-tehnološki fakultet, Split.
- Katalinić V., Smole Možina S., Skroza D., Generalić I., Abramović H., Miloš M., Ljubenković I., Piskernik S., Pezo I., Terpinč P, Boban M. (2010): Polyphenolic profile, antioxidant properties and antimicrobial activity of grape skin extracts of 14 *Vitis vinifera* varieties grown in Dalmatia (Croatia). *Food Chemistry*, 119: 715–723.
- Kaume L., Howard L.R., Devareddy L. (2012): The blackberry fruit: a review on its composition and chemistry, metabolism and bioavailability, and health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 6926–6935.
- Kirakosyan A., Kauffman P., Warber S., Zick S., Aaronson K., Bolling S., Chanc S.C. (2004): Applied environmental stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. *Physiologia Plantarum*, 121: 182–186.
- Koca I., Karadeniz B. (2009): Antioxidant properties of blackberry and blueberry fruits grown in the Black sea region of Turkey. *Scientia Horticulturae* 121: 447–450.
- Kopjar M., Jaksic K., Pilizota V. (2012): Influence of sugars and chlorogenic acid addition on anthocyanin content, antioxidant activity and color of blackberry juice during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36: 545–552.
- Koponen J.M., Happonen A.M., Mattila P.H., Törrönen A.R. (2007): Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4: 1612–1619.
- Lachman J., Orsak M., Pivec V. (2000a): Antioxidant contents and composition in some fruits and their role in human nutrition. *Horticultural Science*, 27, 3: 103–117.

- Lachman J., Orsak M., Pivec V. (2000b): Antioxidant contents and composition in some vegetables and their role in human nutrition. *Horticultural Science*, 27, 2: 65–78.
- Lantin B., Chavagnat A. (1971): La culture de la framboise sous abris legers est-elle possible? *Pepinieristes, Horticulteurs, Maraichers*, 122: 47–51.
- Larson R.A. (1988): The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry*, 4: 969–978.
- Lattanzio V., Di Venere D., Linsalata V., Bertolini P., Ippolito A., Salerno M. (2001): Low temperature metabolism of apple phenolics and quiescence of *Phlyctaena vagabunda*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 5817–5821.
- Latti A.K., Kainulainen P.S., Hayirlioglu-Ayaz F.A., Riihinen K.R. (2009): Characterization of anthocyanins in caucasian blueberries (*Vaccinium arctostaphylos* L.) native to Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 12: 5244–5249.
- Leroux P. (1996): Recent developments in the mode of action of fungicides. *Journal of Pest Science*, 47: 191–197.
- Li X., Kerrigan J., Chai W., Schnabel G. (2012): *Botrytis caroliniana*, a new species isolated from blackberry in South Carolina. *Mycologia*, 104, 3: 650–658.
- Liu M., Li X.Q., Weber C., Lee C.Y., Brown J., Liu R.H. (2002): Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2926–2930.
- Liu R.H. (2003): Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78: 517–520.
- Liu Y., Che F., Wang L., Meng R., Zhang X., Zhao Z. (2013): Fruit coloration and biosynthesis after bag removal in non-red and red apples (*Malus × domestica* Borkh.). *Molecules*, 18: 1549–1563.
- Losso J.N., Bansode R.R., Trappey A., Bawadi H.A., Truax R. (2004): *In vitro* antiproliferative activities of ellagic acid. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 15, 11: 672–678.

- Määttä-Riihinen K.R., Kamal-Eldin A., Törrönen A.R. (2004): Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (family *Rosaceae*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52: 6178–6187.
- Macheix J.J., Fleureit A., Billot J. (1990): *Fruit Phenolics*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Maestri D.M., Nepote V., Lamarque A.I., Zygadlo J.A. (2006): Natural products as antioxidants. *Phytochemistry: Advances in Research*, 37/661: 105–135.
- Milatović D., Nikolić D. (2011): Oplemenjivanje trešnje i višnje u svetu. Zbornik radova III savetovanja 'Inovacije u voćarstvu', Beograd, Srbija, 21–47.
- Milenković S., Ružić Đ., Cerović R., Ogašanović D., Tešović Ž., Mitrović M., Paunović S., Plazinić R., Marić S., Lukić M., Radičević S., Leposavić A., Milinković V. (2006): Sorte voćaka stvorene u Institutu za voćarstvo – Čačak. Institut za istraživanja u poljoprivredi SRBIJA.
- Miletić R., Žikić M., Mitić N., Nikolić R. (2006): Pomološko-tehnološke osobine plodova nekih sorti kupine u agroekološkim uslovima istočne Srbije. *Voćarstvo*, 40, 156: 331–339.
- Milivojević J. (2008): Pomološka i antioksidativna svojstva plodova jagodastih vrsta voćaka. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Milivojević J., Nikolić M., Bogdanović-Pristov J. (2010): Fizičko-hemijska i antioksidativna svojstva sorti i samoniklih vrsta rodova *Fragaria* i *Rubus*. *Voćarstvo*, 44, 169/170: 55–64.
- Milivojević J., Maksimović V., Nikolić M., Bogdanović J., Maletić R., Milatović D. (2011): Chemical and antioxidant properties of cultivated and wild *Fragaria* and *Rubus* berries. *Journal of Food Quality*, 34: 1–9.
- Miller S.S., Tworkoski T. (2003): Regulating vegetative growth in deciduous fruit trees. *PGRSA* 31, 1: 8–46.
- Milošević T., Milošević N., Glišić I., Mladenović J. (2012): Fruit quality attributes of blackberry grown under limited environmental conditions. *Plant, Soil and Environment*, 58: 322–327.

- Milutinović M., Stanisavljević M., Vujanić-Varga D., Veličković M., Dragojević D. (1999): Kupina. *Jugoslovensko voćarstvo*, 33, 125/126: 51–61.
- Minoggio M., Bramati L., Simonetti P., Gardana C., Lemoli L., Santangelo E., Mauri P.L., Spigno P., Soressi G.P., Pietta P.G. (2002): Polyphenol pattern and antioxidant activity of different tomato lines and cultivars. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 47: 64–69.
- Mišić P.D., Nikolić M.D. (2003): Jagodaste voćke. Institut za istraživanja u poljoprivredi SRBIJA.
- Moore J.N., Skirvin M. (1999): Blackberry management. In: 'Small fruit crop management'. Galleta G.J., Himelrick D.C. (eds.), Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, pp. 214–244.
- Mosel H.D., Herrmann K. (1974): Phenolics in fruits. The phenolics of blackberries and raspberries and their changes during development and ripeness of the fruits. *Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 154: 324–327.
- Moyer R., Hummer K., Wrolstad R.E., Finn C. (2002): Antioxidant compounds in diverse Ribes and Rubus germplasm. *Acta Horticulturae*, 585: 501–505.
- Mratinić E. (2000): Kupina. Draganić, Beograd.
- Murillo E., Britton G.B., Durant A.A. (2012): Antioxidant activity and polyphenol content in cultivated and wild edible fruits grown in Panama. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 4: 313–317.
- Narayana K.R., Reddy M.S., Chaluvadi M.R., Krishna D.R. (2001): Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian Journal of Pharmacology*, 33: 2–16.
- Niketić-Aleksić G. (1988): Tehnologija voća i povrća. Naučna knjiga, Beograd.
- Nikkhah E., Khaiamy M., Heidary R., Azar A.S. (2010): The effect of ascorbic acid and H₂O₂ treatment on the stability of anthocyanin pigments in berries. *Turkish Journal of Biology*, 34: 47–53.
- Nikolić D., Keserović Z., Magazin N., Paunović S., Miletić R., Nikolić M., Milivojević J. (2012): Stanje i perspektive razvoja voćarstva u Srbiji. Zbornik radova i apstrakata

14. kongresa voćara i vinogradara Srbije sa međunarodnim učešćem, Vrnjačka Banja, Srbija, 3–22.
- Nikolić M., Milivojević J. (2010): Jagodaste voćke–tehnologija gajenja. Naučno voćarsko društvo Srbije, Čačak.
- Nikolić M., Tanović B. (2012): *Rubus* and *Ribes* industry in Serbia: Model for developing countries. *Acta Horticulturae*, 946: 405–412.
- Nikolić M., Milivojević J. (2015): Jagodaste voćke–TEHNOLOGIJA GAJENJA. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Omaye S.T., Zhang P. (1998): Phytochemical interactions: β -carotene, tocopherol and ascorbic acid. In: 'Phytochemicals'. Bidlack W.R., Omaye S.T., Meskin M.S., Jahner D. (eds.), Technomic Publishing Co., Lancaster, USA, pp. 53–75.
- Pantelidis G.E., Vasilakakis G., Mangaris G.A., Diamantidis G. (2007): Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, 102: 777–783.
- Parr A.J., Bolwell J.P. (2002): Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 985–1012.
- Pellegrini N., Searfini M., Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M., Brighenti F. (2003): Total antioxidant capacity of plant, foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Journal Nutrition*, 133: 2812–2819.
- Pereira D.M., Valentão P., Andrade P. (2009): Phenolics: From Chemistry to Biology. *Molecules*, 14: 2202–2211.
- Perez-Tello G.O., Silva-Espinoza B.A., Vargas-Arispuro I., Briceño-Torres B.O., Martínez-Tellez M.A. (2001): Effect of temperature on enzymatic and physiological factors related to chilling injury in carambola fruit (*Averrhoa carambola* L.). *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 287: 846–851.
- Perkins-Veazie P., Kalt W. (2002): Postharvest storage of blackberry fruit does not increase antioxidant levels. *Acta Horticulturae*, 585: 521–524.

- Petzold G., Aguilera J.M. (2009): Ice morphology: fundamentals and technological applications in foods. *Food Biophysics*, 4: 378–396.
- Poiana M.A., Moigradean D., Raba D., Alda L.M., Popa M. (2010): The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. *Journal of Food Agriculture and Environment* 8: 54–58.
- Poledica M. (2014): Uticaj *Prohexadione-Ca* i zakidanja prvih serija izdanaka na biološko-proizvodne osobine sorte maline ‘Willamette’ (*Rubus idaeus* L.). Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Prange R.K., De Ell J.R. (1997): Preharvest factors affecting post-harvest quality of berry crops. *HortScience*, 32: 824–829.
- Prior R.L., Cao G.H., Martin A., Sofic E., McEwen J., O’Brien C., Lischner N., Ehlenfeldt M., Kalt W., Krewer G., Mainland C.M. (1998): Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46: 2686–2693.
- Prior R.L. (2003): Absorption and metabolism of anthocyanins and other phenolics in human subjects. In: ‘Phytochemicals: mechanisms of action’. Meskin M. (ed.), CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Prior R.L., Wu X. (2006): Anthocyanins: Structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities. *Free radical research*, 40, 10: 1014–1028.
- Privé J.P., Allain N. (2000): Wind reduces growth and yield but not net leaf photosynthesis of primocane-fruiting red raspberries (*Rubus idaeus* L.) in the establishment years. *Canadian Journal of Plant Science*, 80, 4: 841–847.
- Procházková D., Boušova I., Wilhelmova N. (2011): Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 82: 513–523.
- Proteggente A.R., Pannala A.S., Paganga G., Van Buren L., Wagner E., Wiseman S., Van de Put F., Dacombe C., Rice-Evans C.A. (2002): The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Research*, 36: 217–233.

- Protic N., Martinovic L., Milicic B., Stevanovic D., Mojasevic M. (2003): The status of soil surveys in Serbia and Montenegro. European Soil Bureau - Research Report, 9: 297–315.
- Puupponene-Pimia R., Nohynek L., Meier C., Kähkönen M., Heinonen M., Hopia A. (2001): Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. Journal of Applied Microbiology, 90, 4: 494–507.
- Raposo R., Gomez V., Urrutia T., Melgarejo P. (2001): Survival of Botrytis cinerea in southeastern Spanish greenhouses. European Journal of Plant Pathology, 107: 229–236.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. (1999): Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine, 26: 1231–1237.
- Republički zavod za statistiku (2013): Poljoprivreda u Republici Srbiji, knjiga 1: 118–119.
- Reverberi M., Picardo M., Ricelli A., Camera E., Fanelli C., Fabbri A.A. (2001): Oxidative stress, growth factor production and budding in potato tubers during cold storage, Free Radical Research, 35: 833–841.
- Reyes-Carmona J., Yousef G.G., Martinez-Peniche R.A., Lila M.A. (2005): Antioxidant capacity of fruit extracts of blackberry (*Rubus* sp.) produced in different climatic regions. Journal of Food Science, 70: 497–503.
- Rikovski I., Džamić M., Rajković M. (1989): Praktikum iz analitičke hemije. Građevinska knjiga, Beograd.
- 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: 401–436.
- Robbins R.J. (2003): Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 10: 2866–2887.
- Romero-Rodriguez M.A., Vazquez Oderiz M.L., Lopez Hernandez J., Simal Lozano J.S. (1992): Determination of vitamin C and organic acids in various fruits by HPLC. Journal of Chromatographic Science, 30, 11: 433–437.

- Rosslenbroich H.J., Stuebler D. (2000): *Botrytis cinerea* – history of chemical control and novel fungicides for its management. *Crop Protection*, 19: 557–561.
- Rutz J.K., Voss G.B., Zambiasi R.C. (2012): Influence of the degree of maturation on the bioactive compounds in blackberry (*Rubus* spp.) cv. Tupi. *Food and Nutrition Sciences*, 3, 10: 1453–1460.
- Sariburun E., Sahin S., Demir C., Türkben, Uylaşer V. (2010): Phenolic content and antioxidant activity of raspberry and blackberry cultivars. *Journal of Food Science*, 75, 4: 328–335.
- Scalbert A., Williamson G. (2000): Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Chocolate: modern science investigates an Ancient Medicine. Journal Nutrition*, 130, 8: 2073–2085.
- Scalzo J., Morettini M., Capocasa F., Mezzeti B. (2003): Le innovazioni per la coltivarazione del eovo. *Frutticoltura*, 65, 11: 33–38.
- Scalzo J., Politi A., Pellegrini N., Mezzetti B., Battino M. (2005): Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, 21: 207–213.
- Schuster B., Herrmann K. (1985): Hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid derivatives in soft fruits. *Phytochemistry*, 24: 2761–2764.
- Seeram N.P., Adams L.S., Zhang Y., Lee R., Sand D., Scheuller H.S., Heber D. (2006): Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cell *in vitro*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54: 9329–9339.
- Seeram N.P. (2008): Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 627–629.
- Sellapan S., Akoh C.C., Krewer G. (2002): Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-Grown blueberries and blackberries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50: 2432–2438.
- Shahidi F., Naczk M. (2003): *Phenolics in food and nutraceuticals*. Taylor & Francis Group, Florida, USA.

- Shepherd R., Colwill J.S., Daget N., Thomson D.M.H., McEwan J.A., Lyon D.H., Stone H., Sidel J.L., Redlinger P.A., Bourne M.C., Mottram D.S., Mela D.J. (1993): Sensory evaluation. In: 'Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition'. Macrae R., Robinson R.K., Sadler M.J. (eds.), Academic Press, London, UK, pp. 4023–4075.
- Silva B.M., Andrade P.B., Mendes G.C., Seabra R.M., Ferreira M.A. (2002): Study of the organic acids composition of quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit and jam. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2313–2317.
- Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. (1999): Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152–178.
- Siriwoharn T., Wrolstad R.E. (2004): Polyphenolic composition of Marion and Evergreen blackberries. *Journal of Food Science* 69, 4: 233–240.
- Slatnar A., Mikulic Petkovsek M., Halbwirth H., Stampar F., Stich K., Veberic R. (2012): Polyphenol metabolism of developing apple skin of a scab resistant and susceptible apple cultivar. *Trees*, 26, 1: 109–119.
- Smith R.C., Hargis J.H. (1985): Reaction of urates and other antioxidants with galvinoxyl. *Microchemical Journal*, 31, 1: 18–21.
- Spanos G.A., Wrolstad R.E. (1992): Phenolics of apple, pear, and white grape juices and their changes with processing and storage. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 40: 1478–1487.
- Stajčić S., Tepić A., Djilas S., Šumić Z., Čanadanović-Brunet J., Četković G., Vulić J. (2012): Chemical composition and antioxidant activity of berry. *Acta Periodica Technologica*, 43: 93–105.
- Stanisavljević M. (1996): Biološko-privredne osobine nekih sorti kupine bez bodlji. *Jugoslovensko voćarstvo*, 30, 115/116: 399–405.
- Stanisavljević M. (1998a): New small fruit cultivars from Čačak: 1. A new blackberry (*Rubus* sp.) cultivar 'Čačanska Bestrna'. *Book of Abstracts of VII Rubus-Ribes Symposium*, Melbourne, Australia, 19.

- Stanisavljević M. (1998b): Nova sorta kupine bez bodlji 'Čačanska bestrna'. Zbornik Jugoslovenskog simpozijuma o jagodastom voću, Beograd, 75.
- Stanisavljević M. (1999): New small fruit cultivars from Čačak: 1. The new blackberry (*Rubus* sp.) cultivar 'Čačanska Bestrna'. *Acta Horticulturae*, 505: 291–296.
- Stanisavljević M., Rakićević M., Mitrović O., Gavrilović-Damnjanović J. (2002): Biological-pomological properties of some blackcurrant cultivars and selections. *Acta Horticulturae*, 585: 231–235.
- Stintzing F.C., Stintzing A.S., Carele R., Frei B., Wrolstad R.E. (2002): Color and antioxidant properties of cyanidin-based anthocyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 6172–6181.
- Stintzing F.C., Carle R. (2004): Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 19–38.
- Strack D., Wray V. (1993): The anthocyanins. In: 'The flavonoids: Advances in research since 1986'. Harborne J.B. (ed.), Chapman & Hall, London, UK, pp. 1–22.
- Strack D. (1997): Phenolic metabolism. In: 'Plant biochemistry'. Dey P.M., Harborne J.B. (eds.), Academic Press, London, UK, pp. 387–389.
- Strik B.C., Mann J. (1996): Percent drupelet set varies among blackberry genotypes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121, 3: 371–373.
- Strik B.C. (2012): Flowering and fruiting on command in berry crops. *Acta Horticulturae*, 926: 197–214.
- Strik B.C., Clark J.R., Finn C.E., Banados M.P. (2007): Worldwide blackberry production. *HortTechnology*, 17, 2: 205–213.
- Strik B.C., Finn C.E. (2012): Blackberry production systems – a worldwide perspective. *Acta Horticulture*, 946: 341–347.
- Sumbul S., Ahmad M.A., Asif M., Akhtar M. (2011): Role of phenolic compounds in peptic ulcer: An overview. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 3, 3: 361–367.
- Switch fungicide (2015). <http://www3.syngenta.com/country/au/SiteCollectionDocuments/Labels/Switch%20Label.pdf>. Datum pristupa 29.09.2015. godine.

- Szajdek A., Borowska E.J. (2008): Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63: 147–156.
- Šoškić A., Gaćeša B., Karahasanović U. (1980): Uperedna proučavanja nekih pomološko-tehnoloških osobina u važnijih sorti kupine. *Jugoslovensko voćarstvo*, 53/54: 261–267.
- Šoškić A. (1998): Kupina. Nolit, Beograd.
- Takeda F., Glenn M.D., Tworkoski T. (2013): Rotating cross-arm trellis technology for blackberry production. *Journal of Berry Research*, 3: 25–40.
- Talcott S.T. (2007): Chemical components of berry fruits. In: 'Berry fruit, value-added products for health promotion'. Zhao Y. (ed.), Taylor & Francis Group, pp. 51–73.
- Tanović B., Rekanović E., Potočnik I., Todorović B. (2008): Effectiveness of fungicides and biofungicides in the control of grey mould of raspberry in Serbia. *Proceedings of IX Rubus and Ribes Symposium*, Pucon, Chile, *Acta Horticulture*, 777: 339–343.
- Tanović B., Delibašić G., Milivojević J., Nikolić J. (2009): Characterization of *Botrytis cinerea* isolates from small fruits and grapevine in Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 61: 419–429.
- Tanović B. (2010): Struktura populacije *Botrytis cinerea*, patogena maline, mogućnost suzbijanja i procena rizika razvoja rezistentnosti na fungicide. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Tanović B., Hrustić J., Delibašić G. (2011): Rod *Botrytis* i vrsta *Botrytis cinerea*: patogene, morfološke i epidemiološke karakteristike. *Pesticidi i fitomedicina*, 26, 1: 23–33.
- Tanović B., Karaklajić-Stajić Ž., Nikolić M., Luković J., Miletić R. (2012): Influence of a new growing technology on some production characteristics of blackberry cv. 'Čačanska Bestrna'. Abstracts of 1th International Symposium and XVII Scientific Conference of Agronomists of Republic of Srpska, Trebinje, Republic of Srpska, 174.
- Thompson E., Strik B., Finn C.E., Zhao Y., Clark J.R. (2009): High tunnel versus open field: Management of primo-cane-fruited blackberry using pruning and tipping to increase yield and extend the fruiting season. *HortScience*, 44, 6: 1581–1587.

- Torre C.L., Barrit H.B. (1977): Quantitative evaluation of *Rubus* fruit anthocyanin pigments. *Journal of Food Science*, 42: 488–490.
- Tournas V.H., Katsoudos E. (2005): Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. *International Journal of Food Microbiology*, 105: 11–17.
- Trajković J., Baras J., Mirić M., Šiler S. (1983): Analize životnih namirnica. Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Tulipani S., Mezzetti B., Capocasa F., Bompadre S., Beekwilder J., De Vos C.H.R., Capanoglu E., Bovy A., Battino M. (2008): Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 3: 696–704.
- Turkben C., Sariburun E., Demir C., Uylaser V. (2010): Effects of freezing and frozen storage on phenolic compounds of raspberry and blackberry cultivars. *Food Analytical Methods*, 3: 144–153.
- Ubavić M., Kastori R., Peić A. (1990): Đubrenje voćnjaka i vinograda. Hemijska industrija Zorka, Subotica.
- Vangdal, E., Doving, A., Mage, F. (2007): The fruit quality of plums (*Prunus domestica* L.) as related to yield and climatic conditions. *Acta Horticulturae*, 734: 425–429.
- Vasco C. (2009): Phenolic compounds in Ecuadorian fruits. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsalla.
- Vauzour D. (2012): Dietary polyphenols as modulators of brain functions: biological actions and molecular mechanisms underpinning their beneficial effects. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012: 1–15.
- Veberič R. (2010): Bioactive compounds in fruit plants. El. Knjiga, Ljubljana.
- Veberic R., Stampar F., Schmitzer V., Cunja V., Zupan A., Koron D., Mikulic-Petkovsek M. (2014): Changes in the contents of anthocyanins and other compounds in blackberry fruits due to freezing and long-term frozen storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 6926–6935.
- Veberic R., Slatnar A., Bizjak J., Stampar F., Mikulic-Petkovsek M. (2015): Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry. *Food Science and Technology*, 60: 509–517.

- Veberič R., Slatnar A., Jakopič J., Štampar F., Mikulič Petkovšek M. (2012): Primarnii sekundarni metaboliti u voću. Zbornik radova i apstrakata 14. kongresa voćara i vinogradara Srbije sa međunarodnim učešćem, Vrnjačka Banja, Srbija, 55–62.
- Veličković M. (2000): Jagodasto voće. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Veličković M. (2002): Voćarstvo. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Veličković M. (2004): Opšte voćarstvo I: biologija i ekologija voćaka. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Voća S., Duralija B., Družić J., Skenderović-Babojelić M., Dobričević N., Čmelik Z. (2006): Influence of cultivation systems on physical and chemical composition of strawberry fruits cv. Elsanta. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71:171–174.
- Wald B., Galensa R., Herrmann K., Grotjahn L., Wray V. (1986): Quercetin 3-O-[3-hidroksi-3-methylglutaroyl)- β -galactoside] from blackberries. *Phytochemistry*, 25, 12: 2904–2905.
- Wang H., Cao G., Prior R.L. (1996): Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 701–705.
- Wang H., Cao G., Prior R.L. (1997): Oxygen radicalabsorbing capacity of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 304–309.
- Wang S.Y., Jiao H.J. (2000): Scavenging capacity of berry crops on suproxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 5677–5684.
- Wang S.Y., Lin H.S. (2000): Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 140–146.
- Wang S.Y., Zheng W. (2001): Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4977–4982.
- Williamson B., Tudzynski B., Tudzynski P., Dean R.A. (2007): *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8: 561–580.
- Williamson J.G., Coston D.C. (1990): Planting method and irrigation rate influence vegetative and reproductive growth of peach planted at high density. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115, 2: 207–212.

- Wrolstad R.E. (2000): Anthocyanins. In: 'Natural food colorants'. Lauro G.J., Francis F.J. (eds.), Marcel Dekker, New York, USA, pp. 237–252.
- Wrolstad R.E., Skrede G., Lea P., Enersen G. (1990): Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. *Journal of Food Science*, 55: 1064–1072.
- Wu R.Y., Frei B., Kennedy J.A., Zhao Y.Y. (2010): Effects of refrigerated storage and processing technologies on the bioactive compounds and antioxidant capacities of 'Marion' and 'Evergreen' blackberries. *Food Science and Technology*, 43: 1253–1264.
- Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., Haytowitz D.B., Gebhardt S.E., Prior R.I. (2006): Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4069–4075.
- Yohalem J., Nielsen K., Nicolaisen M. (2003): Taxonomic and nomenclatural clarification of the onion neck rotting *Botrytis* species. *Mycotaxon*, 85: 175–182.
- Zheng W., Wang S.Y. (2003): Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 502–509.

11. BIOGRAFIJA AUTORA

Žaklina Karaklajić-Stajić je rođena 29. maja 1973. godine u Belfortu (Fransuska). Osnovnu školu je završila u Prilikama, a srednju (Gimnazija) u Ivanjici. Agronomski fakultet u Čačku upisala je školske 1992/93. godine, a diplomirala 1999. godine sa prosečnom ocenom 9,08.

Poslediplomske studije na Agronomskom fakultetu u Čačku, smer Pomologija, završila je 15. oktobra 2010. godine, odbranom magistarske teze pod naslovom „Uticaj supstrata i folijarnih đubriva na vegetativni rast i mineralni sastav lista maline (*Rubus idaeus* L.)”. U zvanje istraživač-saradnik izabrana je 14. decembra 2010. godine, a reizabrana 18. oktobra 2013. godine.

U periodu od 1. marta 1999. do 31. decembra 2003. godine bila je angažovana kao stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na Agronomskom fakultetu u Čačku.

Od 1. jula 2003. godine zaposlena je u Institutu za voćarstvo u Čačku, u Odeljenju za tehnologiju gajenja voćaka.

Studijski boravak u Saveznom zavodu za biljne sorte – Stanica za DUS testiranje u Wurzen-u (Nemačka), po temi „Sprovođenje DUS testova za jabučaste i jagodaste vrste voćaka”, obavila je u septembru 2010. godine. Studijski boravak je organizovan od strane Community Plant Variety Office (CPVO) u okviru projekta „Multi-beneficiary program, activity 12.1”. U junu 2013. godine obavila je studijski boravak na Univerzitetu u Wageningen-u (Holandija) po temi „ DUS testovi i zaštita biljnih sorti prema UPOV-u”. Studijski boravak je organizovan od strane Community Plant Variety Office (CPVO) u okviru projekta „Multi-beneficiary program RS-26”.

Doktorsku disertaciju pod naslovom „Uticaj polutunelskog sistema gajenja na biološko-proizvodne osobine i promene u kvalitetu ploda sorte kupine Čačanska bestrna (*Rubus* subg. *Rubus* Watson.)” prijavila je 29. oktobra 2014. godine na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu, pod rukovodstvom prof. dr Mihaila Nikolića.

U poslednjih pet godina učestvovala je u realizaciji projekata: TR–20013A: „Stvaranje i proučavanje novih genotipova voćaka i uvođenje savremenih biotehnologija gajenja i prerade voća” (2008–2010) i TR–31093: „Uticaj sorte i uslova gajenja na sadržaj bioaktivnih komponenti jagodastog i koštičavog voća i dobijanje biološki vrednih proizvoda poboljšanim

i novim tehnologijama” (2011–2015), finansiranih sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Autor je i koautor 68 bibliografskih jedinica.

Govori engleski jezik.

Udata je, majka Isidore.

12. PRILOZI

IZJAVE DOKTORANDA

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписана: Жаклина М. Караклајић-Стајић

Број пријаве докторске дисертације: 61206-5446/2-14

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

„Утицај полутунелског система гајења на биолошко-производне особине и промене у квалитету плода сорте купине Чачанска бестрна (*Rubus* subg. *Rubus* Watson)”

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 6. новембар 2015.

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Жаклина М. Караклајић-Стајић

Број пријаве докторске дисертације: 61206-5446/2-14

Студијски програм: -

Наслов рада: „Утицај полутунелског система гајења на биолошко-производне особине и промене у квалитету плода сорте купине Чачанска бестрна (*Rubus subg. Rubus Watson*)”

Ментор: др Михаило Николић, редовни професор, Пољопривредни факултет Универзитета у Београду

Потписана: Жаклина М. Караклајић-Стајић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 6. новембар 2015.

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом: „Утицај полутунелског система гајења на биолошко-производне особине и промене у квалитету плода сорте купине Чачанска бестрна (*Rubus subg. Rubus Watson*)”, која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 6. новембар 2015.

1. Ауторство – Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде. Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство – делити под истим условима. Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.