

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Katra TRTNIK

**FENOLNI PROFIL PLODOV RAZLIČNIH SORT
AMERIŠKE BOROVNICE (*Vaccinium corymbosum* L.)
MED DOZOREVANJEM**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Katra TRTNIK

**FENOLNI PROFIL PLODOV RAZLIČNIH SORT AMERIŠKE
BOROVNICE (*Vaccinium corymbosum* L.) MED DOZOREVANJEM**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja

**FRUIT PHENOLIC PROFILE OF DIFFERENT Highbush
BLUEBERRY (*Vaccinium corymbosum* L.) CULTIVARS DURING
RIPENING**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2014

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje Hortikultura. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in sadjarstvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja magistrskega dela imenovala izr. prof. dr. Roberta VEBERIČA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: izr. prof. dr. Robert VEBERIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Irena MAČEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Katra Trtnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 634.737:631.526.32:547.97(043.2)
KG	sadjarstvo/ameriška borovnica/antociani/sladkorji/organske kisline/fenolne spojine
AV	TRTNIK, Katra
SA	VEBERIČ, Robert (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2014
IN	FENOLNI PROFIL PLODOV RAZLIČNIH SORT AMERIŠKE BOROVNICE (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) MED DOZOREVANJEM
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij - 2. stopnja)
OP	XI, 37, [6] str., 3 pregl., 28 sl., 5 pril., 29 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	V poskusu smo raziskali kako zorenje plodov ameriške borovnice vpliva na spreminjanje barve, vsebnosti sladkorjev, organskih kislin, fenolov, med njimi zlasti antocianov, ter kakšne so razlike med sortami. Poskus na ameriških borovnicah smo izvedli leta 2013. V nasadu smo nabrali plodove treh sort, 'Bluecrop', 'Coville' in 'Duke', različnih stopenj zrelosti – nezreli plodovi, plodovi pred tehnološko zrelostjo, tehnološko zreli plodovi in prezreli plodovi. Barvo smo izmerili s kolorimetrom. Iz vzorcev smo ekstrahirali sladkorje, organske kisline ter fenolne spojine, nato pa jih analizirali na HPLC. Plodovi z dozorevanjem postajajo temnejši, manj žive modre barve. Vsebnost sladkorjev z dozorevanjem narašča. Obratno je z vsebnostjo organskih kislin, ki se z dozorevanjem plodov zmanjšuje. Največjo vsebnost sladkorjev in kislin imajo plodovi sorte 'Coville'. Večje razmerje med sladkorji in organskimi kislinami pomeni večjo sladkost, zato sklepamo, da so plodovi sort 'Bluecrop' in 'Duke' bolj sladki. Med fenolnimi spojinami prevladujejo flavanoli. Vsebnost hidroksicimetnih kislin, flavanolov in flavonolov se v plodovih z dozorevanjem zmanjšuje. Vsebnost antocianov se z dozorevanjem plodov povečuje do tehnološke zrelosti. Največjo vsebnost skupnih antocianov smo izmerili pri sorti 'Duke'. Glavni antocianin v plodovih ameriške borovnice je delfinidin-3-galaktozid, nekoliko manj je glikozidov petunidina. Naša raziskava kaže, da med različnimi sortami in različnimi stopnjami zrelosti plodov obstajajo razlike v vsebnosti sladkorjev, organskih kislin, fenolnih spojin, antocianov ter v barvi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du2

DC UDC 634.737:631.526.32:547.97(043.2)

CX fruit growing/highbush blueberry/anthocyanins/sugars/organic acids/phenolic compounds

AU TRTNIK, Katra

AA VEBERIČ, Robert (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy

PY 2014

TY FRUIT PHENOLIC PROFILE OF DIFFERENT Highbush BLUEBERRY (*Vaccinium corymbosum* L.) CULTIVARS DURING RIPENING

DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)

NO XI, 37, [6] p., 3 tab., 28 fig., 5 ann., 29 ref.

LA sl

Al sl/en

AB The purpose of this work was to research influence of ripening on amounts of sugars, organic acids, phenolics, anthocyanins and colour in highbush blueberry fruits. Besides ripening stage also cultivar was an important factor. An experiment was done in year 2013. Fruits of three cultivars ('Bluecrop', 'Coville', 'Duke') and four ripening stages (unripe, before technological maturity, technologically mature fruits, over ripe fruits) were picked. Colour was measured with a colorimeter. Sugars, organic acids and phenolics were extracted and determined by the High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Ripening caused darker, bluer and less vivid colour of fruit. Sugar content increased by late ripening stages, on the other hand content of organic acids in fruits decreased. The highest content of sugar and organic acids was detected in 'Coville' fruits. Fruits with high sugar/organic acids ratio were found to be sweeter, therefore we concluded that 'Bluecrop' and 'Duke' fruits were sweeter. Content of total hydroxycinnamic acids, flavanols and flavonols decreased during fruit ripening. Flavanols were dominant phenolic component in blueberry fruits. Anthocyanin content increased during fruit ripening until technological maturity. 'Duke' fruits had the highest total anthocyanin content. Delphinidin-3-galactoside was the dominant anthocyanin in fruits, petunidin glycosides were second. Our work shows that ripening stages and cultivars differ in content of sugars, organic acids, phenolics, anthocyanins and colour.

KAZALO VSEBINE

	Str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	XI
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	1
1.3 NAMEN RAZISKAVE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 MORFOLOŠKE LASTNOSTI	2
2.2 EKOLOŠKI DEJAVNIKI IN NASAD	3
2.3 KAKOVOST SADJA IN KEMIČNA SESTAVA PLODOV	3
2.3.1 Sladkorji in organske kisline	4
2.3.2 Fenolne spojine	5
2.3.3 Antociani	6
2.3.4 Fenolne spojine v plodovih	7
3 MATERIAL IN METODE	9
3.1 MATERIAL	9
3.1.1 Opis sort	9
3.1.1.1 'Bluecrop'	9
3.1.1.2 'Coville'	9
3.1.1.3 'Duke'	10
3.1.2 Meteorološki podatki	10
3.2 METODE DELA	11
3.3 MERITVE	12
3.3.1 Meritve barve kože plodov	12
3.3.2 Meritve vsebnosti organskih kislin, sladkorjev in fenolnih spojin	13
3.3.2.1 Ekstrakcija organskih kislin in sladkorjev	13
3.3.2.2 Ekstrakcija fenolnih spojin	13
3.3.2.3 HPLC analiza - tekočinska kromatografija visoke ločljivosti	13
3.4 OBDELAVA REZULTATOV	13
4 REZULTATI	14
4.1 LASTNOSTI PLODA	15
4.1.1 Barva ploda	15
4.2 PRIMARNI METABOLITI V PLODOVIH	17
4.2.1 Vsebnost sladkorjev	17
4.2.1.1 Skupni sladkorji	17

4.2.1.2	Glukoza	17
4.2.1.3	Fruktoza	18
4.2.2	Vsebnost organskih kislin	19
4.2.2.1	Skupne organske kisline	19
4.2.2.2	Citronska kislina	19
4.2.2.3	Jabolčna kislina	20
4.3	SEKUNDARNI METABOLITI V PLODOVIH	21
4.3.1	Vsebnost fenolnih spojin	21
4.3.1.1	Hidroksibenzojske kisline	21
4.3.1.2	Hidroksicimetne kisline	22
4.3.1.3	Flavanoli	22
4.3.1.4	Flavonoli	23
4.3.1.5	Depsidi	24
4.3.2	Vsebnost antocianov	24
4.3.2.1	Antociani	24
4.3.2.2	Cianidin-3-glukozid	25
4.3.2.3	Delfinidin-3-galaktozid	26
4.3.2.4	Peonidin-3-galaktozid	26
4.3.2.5	Petunidin-3-arabinozid	27
4.3.2.6	Petunidin-3-galaktozid	28
4.3.2.7	Petunidin-3-glukozid	28
4.3.2.8	Petunidin-3-O-6"-acetilglukozid	29
5	RAZPRAVA	30
5.1	BARVA	30
5.2	SLADKORJI IN ORGANSKE KISLINE	30
5.3	FENOLNE SPOJINE IN ANTOCIANI	31
6	SKLEPI	33
7	POVZETEK	34
8	VIRI	35
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Čas nabiranja plodov posameznih sort in stopnje zrelosti	9
Preglednica 2: Okvirni čas zorenja sort ameriške borovnice (Koron, 2011)	10
Preglednica 3: Stopnja statistične značilnosti glede na sorto in stopnjo zrelosti ter njuna interakcija na vsebnost sladkorjev, organskih kislin, fenolnih spojin in antocianov ter na barvo	14

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Strukturne formule od leve proti desni: flavonol, flavanol, antocianidin (Crozier in sod., 2009: 1003)	5
Slika 2: Strukturna formula antocianidinov (Schwinn in sod., 2004: 93)	7
Slika 3: Povprečna temperatura za Ljubljano (ARSO, 2014)	11
Slika 4: Povprečna količina padavin za Ljubljano (ARSO, 2014)	11
Slika 5: Zračni posnetek nasada, obrobjenega z modro črto (Google Zemlja, 2014)	11
Slika 6: Nasad (foto, 2013)	12
Slika 7: Povprečna barvitost oz. barvni ton barve plodov različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v barvitosti med sortami in stopnjami zrelosti	15
Slika 8: Povprečna svetlost barve plodov različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v svetlosti barve med sortami in stopnjami zrelosti	16
Slika 9: Povprečna nasičenost barve kože plodov različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v nasičenosti barve med sortami in stopnjami zrelosti	16
Slika 10: Povprečna vsebnost skupnih sladkorjev v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnih sladkorjev med sortami in stopnjami zrelosti	17
Slika 11: Povprečna vsebnost glukoze v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti glukoze med sortami in stopnjami zrelosti	17
Slika 12: Povprečna vsebnost fruktoze v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti fruktoze med sortami in stopnjami zrelosti	18
Slika 13: Povprečna vsebnost skupnih organskih kislin v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnih organskih kislin med sortami in stopnjami zrelosti	19
Slika 14: Povprečna vsebnost citronske kisline v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti citronske kisline med sortami in stopnjami zrelosti	19

- Slika 15: Povprečna vsebnost jabolčne kisline v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti jabolčne kisline med sortami in stopnjami zrelosti 20
- Slika 16: Povprečna vsebnost hidroksibenzojskih kislin v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti hidroksibenzojskih kislin med sortami in stopnjami zrelosti 21
- Slika 17: Povprečna vsebnost hidroksicimetnih kislin v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti hidroksicimetnih kislin med sortami in stopnjami zrelosti 22
- Slika 18: Povprečna vsebnost flavanolor v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti flavanolor med sortami in stopnjami zrelosti 22
- Slika 19: Povprečna vsebnost flavonolor v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti flavonolor med sortami in stopnjami zrelosti 23
- Slika 20: Povprečna vsebnost depsidor v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti depsidor med sortami in stopnjami zrelosti 24
- Slika 21: Povprečna vsebnost antocianor v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti antocianor med sortami in stopnjami zrelosti 24
- Slika 22: Povprečna vsebnost cianidin-3-glukozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti cianidin-3-glukozida med sortami in stopnjami zrelosti 25
- Slika 23: Povprečna vsebnost delfinidin-3-galaktozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti delfinidin-3-galaktozida med sortami in stopnjami zrelosti 26
- Slika 24: Povprečna vsebnost peonidin-3-galaktozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti peonidin-3-galaktozida med sortami in stopnjami zrelosti 26
- Slika 25: Povprečna vsebnost petunidin-3-arabinozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti petunidin-3-arabinozida med sortami in stopnjami zrelosti 27
- Slika 26: Povprečna vsebnost petunidin-3-galaktozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti petunidin-3-galaktozida med sortami in stopnjami zrelosti 28

Slika 27: Povprečna vsebnost petunidin-3-glukozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti petunidin-3-glukozida med sortami in stopnjami zrelosti 28

Slika 28: Povprečna vsebnost petunidin-3-O-6"-acetilglukozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti petunidin-3-O-6"-acetilglukozida med sortami in stopnjami zrelosti 29

KAZALO PRILOG

Priloga A: Faze obiranja sorte 'Bluecrop'

Priloga B: Faze obiranja sorte 'Coville'

Priloga C: Faze obiranja sorte 'Duke'

Priloga D: Povprečne vsebnosti posameznih snovi v plodovih $\pm$ standardna napaka glede na sorto

Priloga E: Povprečne vsebnosti posameznih snovi v plodovih $\pm$ standardna napaka glede na stopnjo zrelosti

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Ameriška borovnica (*Vaccinium corymbosum* L.) je sorodnica gozdne borovnice (*Vaccinium myrtillus* L.). Zaradi pozitivnih učinkov plodov ameriške borovnice na zdravje ljudi je postala priljubljena vrsta jagodičja tudi v Sloveniji.

Prvotno je rastla na kislih šotnih rastiščih v severovzhodnih delih Severne Amerike. Pred sto leti sta ameriško borovnico v pridelovalne nasade začela uvajati Elizabeth White in Frederick Coville, po katerem se imenuje ena od sort (Koron, 2011).

Ameriška borovnica je danes zelo cenjeno živilo. Flavonoli, ki jih vsebuje, so koristni za človekovo zdravje, ker naj bi imeli številne pozitivne učinke na zdravje in počutje (Crozier in sod., 2009).

V literaturi je le malo podatkov o spremembah v kemični sestavi plodov med zorenjem. Poskusov o vsebnostih fenolnih spojin, sladkorjev in organskih kislin glede na zorenje ameriških borovnic skorajda ni. Nekaj poskusov je narejenih o vsebnosti snovi med različnimi sortami.

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Različne faze zorenja plodov ameriških borovnic (*Vaccinium corymbosum* L.) se razlikujejo v vsebnosti fenolov, zlasti antocianov, sladkorjev, organskih kislin ter v barvi plodov. Med različnimi sortami plodov obstajajo razlike v vsebnosti omenjenih spojin.

1.3 NAMEN RAZISKAVE

Namen raziskave je spremljanje sprememb v vsebnosti primarnih in sekundarnih metabolitov pri različnih sortah ameriške borovnice. Meritve bodo izvedene na različnih sortah, v štirih terminih obiranja - v fazi nezrelih plodov, v fazi pred tehnološko zrelostjo v fazi tehnološke zrelosti in v fazi prezrelih plodov. S tem bomo ugotovili, kako se vsebnost metabolitov z zrelostjo plodov spreminja.

Če bi se izkazalo, da je določena spojina značilna za določeno stopnjo zrelosti oziroma se takrat znatno poveča/zmanjša njena vsebnost, bi te podatke lahko uporabili za napoved stopnje zrelosti plodov.

2 PREGLED OBJAV

2.1 MORFOLOŠKE LASTNOSTI

Ameriška borovnica (*Vaccinium corymbosum* L.) spada v družino vresovk (Ericaceae) ter med visoko grmovnate borovnice. Obstajata dva tipa – severni in južni, ki se razlikujeta po potrebi glede temperatur, v videzu rastline pa ni razlik. Severni tip so sorte za zmerni in severni pas, južni tip sorte za toplejša območja (Kalifornija, mediteranski pas...) (Štampar in sod., 2009).

Rastlina zraste med 1,5 in 3 m višine, odvisno od sorte, ki vpliva tudi na obliko grma, saj veje različno izraščajo iz podzemnega debla. Skorja mladih poganjkov je gladka, rdeče-rjavo do svetlo zelena, skorja starih poganjkov pa je zaradi nastajanja lubja razbrazdana in siva (Koron, 2011).

Večina korenin ameriške borovnice je tanjših od 2 mm in se razrašča do 30 cm pod površjem (Oblak, 1996). V tankih koreninah so prisotne erikoidne mikorizne glive (običajno askomicete vrste *Hymenoscyphus ericae* (D. J. Read) Korf in Kernan), ki tvorijo simbiozo med rastlino in glivami. Korist rastline je večja absorpcija snovi, predvsem dušika, fosforja in železa (Nikolić in sod., 2010), gliva pa od rastline pridobiva ogljikove hidrate.

Listi so ovalni, temno zeleni in z voskasto prevleko, na veji izmenično razvrščeni (Koron, 2011). Rob je raven do ostro nazobčan, odvisno od sorte. Listje se jeseni obarva v živo rdeče.

Beli cvetovi so obrnjeni navzdol, v grozdastem socvetju in so lahko valjasti, zvončasti ali jajčasti. Cvet je botanično kobul, saj so cvetovi na cvetni osi pritrjeni neenakomerno na dolgih pecljih (Oblak, 1996). Cvetovi se postopoma odpirajo, zato rastlina cveti 2 do 4 tedne in v tem času privlači čmrle ter čebele. Sorte 'Rubel', 'June' in 'Rancocas' jih privlačijo najbolj in spadajo tudi med najbolj rodne sorte (Nikolić in sod., 2010). Večina sort je samooplodna, le pri nekaterih ('Coville') so ugotovili delno samoneoplodnost (Oblak, 1996).

Razvoj jagode poteka v treh fazah (Oblak, 1996):

1. Jagoda se debeli mesec dni in ostane temno zelena;
2. jagoda se ne debeli, v notranjosti se razvijajo semenske zasnove (1 - 7 tednov);
3. jagoda se močno odebeli in spremeni barvo (najprej je svetlo zelena, nato rdeča in končno modra). Ko jagoda pri peclju potemni in se pecelj obarva rdeče, je jagoda zrela.

Polno rodnost rastlina doseže peto leto, življenjska doba v intenzivnih nasadih traja približno 30 let. Jeseni se listi obarvajo intenzivno rdeče barve. Zimsko mirovanje nadzemnih organov rastline v našem podnebjju traja od novembra do aprila. Korenine so aktivne, v primeru temperatur višjih od 0 °C (Nikolić in sod., 2010).

2.2 EKOLOŠKI DEJAVNIKI IN NASAD

Izbira rastišča je za pridelovanje ameriške borovnice ključnega pomena. Uspeva na nadmorski višini med 300 in 700 metri. Brstenje se začne pri 8 °C, rast pri 10 °C. Temperatura za cvetenje in oploditev je že pri 16 °C, čeprav je pri višjih temperaturah le-ta boljša. Jagode pri temperaturah nad 30 °C hitreje dozorevajo, zato je obdobje zorenja in obiranja krajše (Oblak, 1996). Zimske temperature v Sloveniji niso problematične. Poškodbe zaradi spomladanske pozebe so redke, saj rastlina cveti sorazmerno pozno.

Zaradi zelo plitvega koreninskega sistema, ameriška borovnica ne more izrabljati globokih vodnih virov. Pomembna je sposobnost tal za zadrževanje vode, s čimer se rastlina obvaruje pred sušnim stresom. Evapotranspiracija v vročem poletnem dnevu je med 5,4 in 6,2 mm na dan, ker je približno 18 do 20 l vode na rastlino na dan (Koron, 2011).

Največji svetovni pridelovalci ameriških borovnic se poslužujejo treh sistemov namakanja, med katerimi je najcenejše in najbolj enostavno oroševanje. Nad rastlinami so nameščeni veliki razpršilni sistemi, nad tlemi pa mikrooroševalniki. Druga sistema sta namakanje prek kapljalnikov in namakanje prek jarkov oz. kanalov. Kapljični sistem je dražji in zahtevnejši, vendar omogoča večji nadzor namakanja, enakomernejšo razporeditev vode, hkratno dodajanje hranil, namakanje med zorenjem, vpliva na manjšo rast plevelov in manj je bolezni (Koron, 2011).

Za pravilno rast in razvoj potrebuje kislota ali kislota peščena tla, s pH med 3,5 do 5,2, najbolje med 4,3 in 4,8. Najprimernejša rastišča so na Ljubljanskem barju, drugod je tla potrebno pripraviti. Mineralna tla potrebujejo 5 % humusa, organska in šotna pa nad 30 % (Štampar in sod., 2009).

Za gojenje rastline so popolnoma neprimerna vlažna, težka in glinasta tla ter območja z visoko podtalnico. V primeru neprimernih tal, se le-ta pripravi iz mešanice šote ter žaganja iglavcev, ki dodatno zakisa tla in preprečuje zapleveljenost. Kisla in humozna tla se vzdržuje tudi z zastiranjem s šoto, skorjo in iglicami iglavcev, pokošeno travo, slamo... Pred sajenjem se tla ustrezno pognoji z mineralnimi gnojili. Nasad je potrebno zavarovati z zaščitno ograjo pred divjadjo in protitočno mrežo, ki varuje tudi pred pticami (Štampar in sod., 2009).

2.3 KAKOVOST SADJA IN KEMIČNA SESTAVA PLODOV

Pojem kakovost sadja je FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) opredelila z različnih zornih kotov. Kakovost sadja (oz. zelenjave) je za potrošnika ključnega pomena, saj se na podlagi teh parametrov odloči ali ga bo kupil ali ne. Na videz sadja vplivajo svežina, zrelost, barva, velikost, oblika in sijaj. Pri okušanju smo pozorni na teksturo, aromo, čvrstost, sočnost, astringentnost ter vonj. Pomembna je vsebnost koristnih snovi, kot so vitamini in minerali (vitamin A, vitamin C, tiamin, riboflavin, kalcij, železo), vlaknine, beljakovine in fenolne spojine. Vsebnost ostankov fitofarmaceutskih sredstev v sadju in zelenjavi določa največja dovoljena količina ostanka v hrani (MRL) (Lopez Camelo, 2004).

2.3.1 Sladkorji in organske kisline

Spreminjanje kakovosti plodov z dozorevanjem znanstveniki preučujejo na različnih sadnih vrstah. Montero in sod. (1996) so vzeli za primer žlahtni jagodnjak (*Fragaria x ananassa* Duch.), v katerem so prisotne citronska, jabolčna in askorbinska kislina. Vsebnost citronske kisline je bila po pričakovanjih velika. V splošnem je vsebnost te kisline z dozorevanjem naraščala. Vsebnost askorbinske kisline je naraščala, dokler se ni pri zadnjem vzorčenju zmanjšala. Plodovi žlahtnega jagodnjaka so imeli najmanj jabolčne in askorbinske kisline 28 dni po oploditvi, nato pa so vsebnosti teh kislin močno porastle. Vsebnost glukoze in fruktoze je enakomerno rastla še 35 dni po oploditvi, nato se je zmanjšala. S tem poskusom so dokazali, da so plodovi žlahtnega jagodnjaka, sorte 'Chandler' najbolj primerni za nabiranje 28 - 35 dni po oploditvi, saj so takrat najtežji, vsebnost skupnih sladkorjev je največja, vsebnost kislin pa manjša kot teden pred in po tem merjenju.

Naraščanje vsebnosti sladkorjev in zmanjševanje vsebnosti kislin z dozorevanjem so merili tudi Usenik in sod. (2008) na slivah (*Prunus domestica* L.). Slive vsebujejo največ glukoze ter manj saharoze in fruktoze. Vsebnost skupnih sladkorjev je naraščala z dozorevanjem plodov, pri nekaterih sortah bolj ('Valor'), pri drugih manj ('Jojo', 'Čačanska najbolja'). V plodovih so izmerili največ jabolčne kisline. Povprečna vsebnost skupnih kislin z dozorevanjem ni enakomerno padala, kar je bila posledica naključnega vzorčenja in neenake zrelosti plodov na drevesih različnih sort.

Usenik in sod. (2012) so nadgradili prejšnji poskus na slivah tako, da so sladkorje in kisline analizirali ločeno iz mesa in kože. Meritve so bile izvedene na sortah 'Jojo' in 'Valor'. Vsebnost skupnih sladkorjev v kožici je z dozorevanjem padala, medtem, ko na vsebnost skupnih sladkorjev v mesu zorenje ni imelo vpliva. Vsebnost skupnih kislin je z dozorevanjem padala v mesu in kožici.

Pri navadni nešplji (*Mespilus germanica* L.) pa je bilo skupnih kislin pri zrelih plodovih več, kot pri nezrelih. Vsebnost citronske in askorbinske kisline se je z dozorevanjem manjšala, medtem, ko je vsebnost jabolčne rastla. Glew in sod. (2003) so obravnavali tudi spremembe sladkorjev - vsebnost fruktoze (ki jo je v nešpljah največ) in glukoze se je z dozorevanjem večala, medtem, ko je se vsebnost saharoze v fazi zrelih plodov precej zmanjšala.

Tudi v plodovih robide (*Rubus* sp. L.) so bile izvedene meritve vsebnosti sladkorjev med dozorevanjem (Tosun in sod., 2008). Vsebnost sladkorjev se je v zrelih plodovih močno povečala.

Vsebnost sladkorjev in kislin v gozdnih borovnicah (*Vaccinium myrtillus* L.) so raziskovali Ayaz in sod. (2001). Vsebnost fruktoze in glukoze, ki sta glavna sladkorja v gozdnih borovnicah, je z dozorevanjem naraščala. Saharoze v nezrelih plodovih niso našli. Plodovi so vsebovali največ kininske kisline, citronsko kislino in zelo malo jabolčne. Vsebnost kininske in citronske kisline je z dozorevanjem upadala, vsebnost jabolčne pa je naraščala.

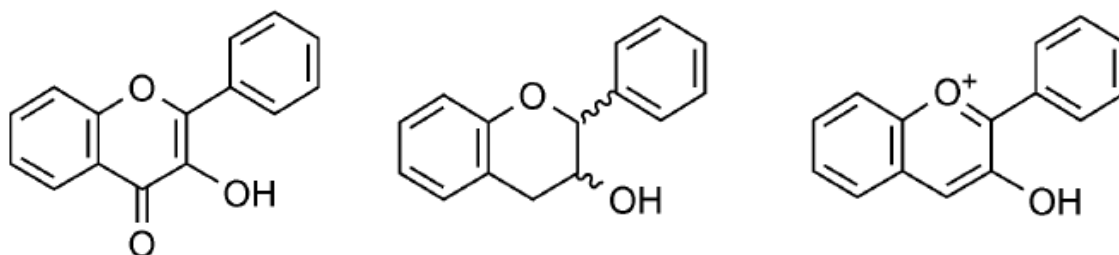
2.3.2 Fenolne spojine

Primarni metaboliti so spojine, katerih glavne naloge so povezane s fotosintezo, dihanjem, rastjo in razvojem (enostavni sladkorji, lipidi, nukleotidi, amino kisline, organske kisline itd.). Sekundarni metaboliti pa nimajo neposredne funkcije v rasti in vzdrževanju celic. V rastlinah delujejo kot barvila, koencimi, odvrčala, protimikrobni agensi, atraktanti ter varujejo pred UV sevanjem. Sekundarni metaboliti se sintetizirajo v vseh rastlinskih organih, v koreninah, listih, pogankih, cvetovih, plodovih in semenih (Gutzeit in sod., 2014).

Fenolne spojine oz. polifenoli so sekundarni metaboliti, ki so prisotni v vseh rastlinah in se sintetizirajo iz aminokisline fenilalanin. So zelo raznovrstne ter zajemajo spojine z aromatskim obročem, na katerega je vezana vsaj ena ali več hidroksilnih skupin. Največkrat so vezane na sladkorje, organske kisline ali druge snovi (Veberič, 2010).

Na vsebnost polifenolov najbolj vplivata rastlinska vrsta in sorta, pa tudi rastišče (vsebnost hranilnih snovi v tleh), vremenske razmere (temperatura, svetloba, količina padavin), agrotehnični dejavniki in način pridelave. Za razvrstitev polifenolov se je uveljavila klasifikacija po številu C-atomov. Fenolne spojine varujejo pred UV sevanjem, vročino, sušo, pomanjkanjem hranil ter delujejo kot antioksidanti in fitoaleksini (Gutzeit in sod., 2014).

Polifenole lahko razdelimo v skupini: flavonoidi in ne-flavonoidi. Flavonoidi imajo vezanih 15 ogljikovih atomov. So najbolj razširjeni in prisotni v rastlinskem svetu. Najdemo jih v epidermu listov in kožici plodov (Crozier in sod., 2009). Na osnovno molekulo imajo vezano glukozo, galaktozo, arabinozo, ramnozo ali daljše oligosaharide. Flavonoidi sodelujejo pri oploditvi, delujejo kot antioksidanti, ščitijo pred UV sevanjem, sušo in težkimi kovinami (Gutzeit in sod., 2014). Glavne skupine flavonoidov so flavoni, flavonoli, flavanoli, izoflavoni, flavanoni in antocianidini. Strukture nekaterih so razvidne iz slike 1.



Slika 1: Strukturne formule od leve proti desni: flavonol, flavanol, antocianidin (Crozier in sod., 2009: 1003)

Flavonoli so najbolj razširjena skupina flavonoidov, saj so prisotni v vseh rastlinah (Crozier in sod., 2009). Flavonoli kot so miricetin, kvercetin, izoramnetin in kempferol so večinoma v obliki glikozidov. Prisotni so v različnih sadnih vrstah kot kopigmenti v cvetovih ali obramba proti UV sevanju v listih (Veberič, 2010).

Flavanoli (znani tudi kot flavan-3-oli) so v sadju in zelenjavi prisotni predvsem v obliki katehina in epikatehina. Astringenten okus je posledica njihove obrambne funkcije (na primer proti jablanovemu škrlupu (*Venturia inaequalis* L.)).

V rastlinah so pogosto prisotne hidroksicimetne kisline (cimetna, kavna kislina...), ki so prekurzorji pri sintezi flavonoidov. Hidroksibenzojske kisline (galna, elagna kislina...) so pomembne zlasti pri sintezi hidrolizirajočih taninov.

Med fenolne spojine spadajo tudi depsidi. Večinoma se prisotni v lišajih, vendar so jih izolirali tudi iz rastlin družin ustnatic, vresovk, makovk in mirtovk. Depsidi se v humani medicini uporabljajo kot antibiotiki, antioksidanti in obramba proti HIV (Reynertson in sod., 2006).

2.3.3 Antociani

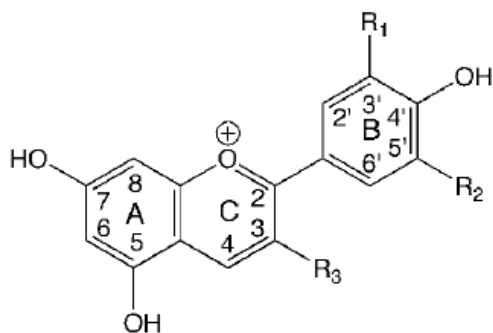
Antociani so skupina flavonoidov, ki se nahaja v vakuolah rastlinskih celic in so osnova za večino oranžnih, roza, rdečih, magenta, vijoličnih, modrih in modro-črnih barv (Schwinn in sod., 2004).

Antociani so prisotni v tkivih plodov in cvetov, katerim doprinesejo rdečo, modro in vijolično barvo. Najdemo jih tudi v listih, koreninah, steblih in semenih. Najpomembnejši viri antocianov v sadju so borovnice, grozdje, črni ribez in črni bezeg. S senčenjem mezofilnih celic ščitijo rastline pred premočno vidno svetlobo, ultravijoličnim valovanjem in prostimi radikali. Varujejo fotosintetski sistem. Pomembne funkcije antocianov so še privabljanje opraševalcev in drugih živalskih vrst za raznašanje semen (zoohorija), varovanje pred abiotiskim stresom (UV žarki, vročina, mraz, suša, težke kovine, pomanjkanje hranil) in delujejo kot fitoaleksini (Gutzeit in sod., 2014).

Antociani so skupno ime za antocianidine, kateri nimajo vezanega sladkorja in antocianine z vezanim sladkorjem. Najpogostejši antocianidini so pelargonidin, cianidin in delfinidin.

Oranžne in roza barve se pojavijo na osnovi derivatov pelargonidina, magenta barve iz derivatov cianidina in vijolične ter modre barve iz derivatov delfinidina (Veberič, 2010). Število hidroksilnih skupin oziroma odsotnost le-teh v ogljikovem obroču ima močan vpliv na barvo pigmenta (Slika 2) (Schwinn in sod., 2004):

- Pelargonidin ($R_1 = H$ in $R_2 = H$);
- cianidin ($R_1 = OH$ in $R_2 = H$);
- delfinidin ($R_1 = OH$ in $R_2 = OH$);
- peonidin ($R_1 = OCH_3$ in $R_2 = H$);
- petunudin ($R_1 = OCH_3$ in $R_2 = OH$);
- malvidin ($R_1 = OCH_3$ in $R_2 = OCH_3$).



Slika 2: Strukturna formula antocianidinov (Schwinn in sod., 2004: 93)

Intenzivnost in odtenek barve sta odvisna od pH okoljske raztopine. Pri kislem pH je barva rdeča, v nevtralnem območju modra, v bazičnem pa vijolična. Pri pH 3 je molekula antociana prisotna v obliki flavinijevega iona, zato je barva rdeča. pH med 4 in 5 sproži hidroksilacijo, ki povzroči razbarvanje. Vrednost pH med 6 in 7 povzroči odcepitev molekule vode, zato je barva modra. Pri pH med 7 in 8 pa se vodikov proton odcepi, zato je barva vijolična. Antociani so občutljivi tudi na svetlobo in temperaturo (Schwinn in sod., 2004).

2.3.4 Fenolne spojine v plodovih

V ameriških borovnicah so od sekundarnih metabolitov prisotni flavonoidi, med njimi antociani, kateri prevladujejo, flavonoli, fenolne kisline (kavna, p-kumarna...) in proantocianidini (Moyer in sod., 2002, cit. po Castrejon in sod. 2008).

Plodovi imajo velik antioksidativni potencial, večinoma na račun antocianov (Može in sod., 2011) in flavonolov (Häkkinen in sod., 2000). Na vsebnost polifenolov in antioksidativni potencial v jagodah ameriške borovnice poleg genotipa in okoljskih dejavnikov vpliva tudi stopnja zrelosti. Vsebnost antocianov v plodovih ameriških borovnic se z dozorevanjem večja, medtem, ko se vsebnosti flavonolov in hidroksicimetnih kislin zmanjšujejo (Castrejon in sod., 2008). Tudi v plodovih robide se je vsebnost antocianov večala, polifenolov pa z dozorevanjem manjšala (Tosun in sod., 2008).

Veliko primerjav je bilo narejenih med plodovi ameriške borovnice (*V. corymbosum* L.) in gozdne borovnice (*V. myrtillus* L.). Plodovi gozdnih borovnic vsebujejo večje koncentracije skupnih fenolov (približno 600 mg/100 g) in antocianov (330 - 340 mg/100 g) (Giovanelli in sod., 2009). Plodovi ameriške borovnice dosežejo koncentracije skupnih fenolov med 233 - 273 mg/100g, antocianov pa med 62 - 157 mg/100 g (Prior in sod., 1998, cit. po Giovanelli in sod., 2009).

V plodovih sliv so vsebnost fenolnih spojin analizirali ločeno – v kožici in pulpi (Usenik in sod., 2012). Kožica plodov je vsebovala več skupnih fenolnih spojin. Zorenje statistično ni vplivalo na vsebnost skupnih fenolov. Vsebnost antocianov v kožici je z dozorevanjem naraščala. Može in sod. (2011) so ugotovili, da antociani niso prisotni v pulpi plodov ameriške borovnice, v pulpi gozdne borovnice pa so prisotni. Antioksidativna aktivnost v

gozdnih borovnicah je dvakrat večja, kot v ameriških borovnicah (Giovanelli in sod., 2009).

V prezrelih plodovih ameriške borovnice se kopičenje antocianov nadaljuje tudi po obiranju in med skladiščenjem. Največji delež med analiziranimi antocianini v plodovih predstavljajo glikozidi malvidina in delfinidina, medtem, ko so glikozidov cianidina in peonidina izmerili zelo malo (Može in sod., 2011).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

Poskus je bil izveden v letu 2013 na treh različnih sortah ameriške borovnice - 'Bluecrop', 'Coville' in 'Duke' in v 4 različnih terminih zrelosti - faza nezrelih plodov, faza pred tehnološko zrelostjo, faza tehnološke zrelosti in faza prezrelih plodov (priloge A, B in C). Jagode smo po nabiranju označili in shranili v hladilni torbi, nato pa zamrznili v zamrzovalniku (na -20 °C). Naredili smo 5 ponovitev za vsako vzorčenje. V preglednici 1 so prikazani datumi vzorčenja.

Preglednica 1: Čas nabiranja plodov posameznih sort in stopnje zrelosti

Sorta	1. nabiranje	2. nabiranje	3. nabiranje	4. nabiranje
'Bluecrop'	3.7.	3.7.	4.7.	28.7.
'Coville'	21.7.	21.7.	22.7.	27.7.
'Duke'	21.6.	24.6.	24.6.	14.7.

3.1.1 Opis sort

3.1.1.1 'Bluecrop'

Sorta 'Bluecrop' je bila vzgojena že leta 1934 s križanjem ('Jersey' x 'Pioneer') x ('Stanley' x 'June'), v pridelovanje pa je bila vpeljana leta 1952 (Nikolić in sod., 2010). Danes je zelo razširjena sorta v Ameriki in Evropi, kjer je glavna pridelovalna sorta in predstavlja 50 % nasadov. Je bujna, široka, visoka sorta (do 2 m), z zelo dolgimi poganjki in zelo velikim pridelkom. Jagode so velike (premer od 14 do 18 mm) in okrogle do rahlo sploščene. Imajo močen poprhlj in so skladnega in dobrega okusa. Kožica je čvrsta, zato jagode po dežju ne pokajo in se tudi ne osipajo. Odporna je proti mrazu in suši, delno pa tudi proti boleznim. Zelo dobro prenese visoke poletne temperature. Potrebna je močne rezi, sicer je jagod preveč in so predrobne. Zori srednje pozno (začetek julija) (Nikolić in sod, 2010; Koron, 2011).

3.1.1.2 'Coville'

Sorto 'Coville' so s križanjem ('Jersey' x 'Pioneer') x 'Stanley' vzgojili in leta 1949 potrdili ter vpeljali v pridelovanje. Rast grma je bujna, pokončna, odprta in visoka (2 m). Jagode so velike (premer od 16 do 20 mm), okroglasto sploščene in rahlo rebraste z močnim poprhlom. Lahko jih nabiramo v daljših presledkih, ker se ne osipajo in ne pokajo. Okus je sladko-kisel. Odporna je proti nizkim zimskim temperaturam. Zori v drugi polovici julija (Oblak, 1996; Koron, 2011).

3.1.1.3 'Duke'

'Duke' je novejša ameriška sorta, križanec ('Ivanhoe' x 'Earlyblue') x ('E-30' x 'E 11'), ki so jo začeli pridelovati leta 1986. Danes je najbolj priljubljena sorta v Italiji in predstavlja 50 % celotne tamkajšnje pridelave ameriških borovnic. Grm je odprt, čokat, pokončen in bujne rasti. Jagode so velike do zelo velike, sploščeno okrogle in čvrste z močnim poprhom. So sladko-kislega okusa. Sorta je zaradi poznega cvetenja odporna proti nizkim spomladanskim temperaturam, zato se jo priporoča za gojenje na območjih s pozebami. 'Duke' je zelo rodna sorta, pridelek na grm znaša 6 kg. Zori konec junija (Štampar in sod., 2009; Nikolić in sod., 2010).

V preglednici 2 so prikazani okvirni časi zorenja opisanih sort.

Preglednica 2: Okvirni čas zorenja sort ameriške borovnice (Koron, 2011)

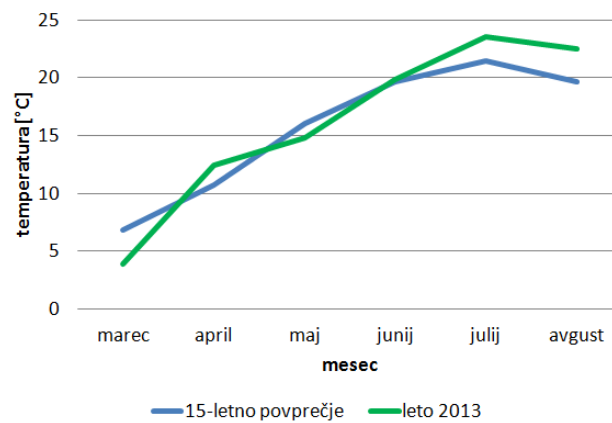
Sorta	Mesec											
	junij				julij				avgust			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
'Duke'												
'Bluecrop'												
'Coville'												

3.1.2 Meteorološki podatki

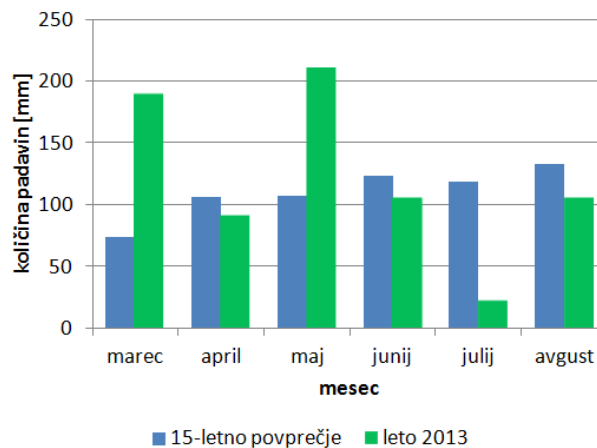
Za predstavitev meteoroloških podatkov lokacije nasada, ki se nahaja na Drenovem Griču, smo uporabili podatke meteorološke postaje v Ljubljani. Podatke iz leta 2013 o temperaturah in padavinah smo primerjali s 15-letnim povprečjem med leti 1991 in 2006.

Temperature so bile na začetku leta 2013 nižje, kakor povprečno, zato se je fenološki razvoj začel kasneje. Temperature marca so bile nižje od povprečnih med 1991 in 2006, saj so bile leta 2013 le 3,9 °C, sicer pa 6,8 °C. Aprila 2013 so temperature nekoliko presegle 15-letno povprečje, za 1,7 °C, nato maja zopet malo padle pod dolgoletno povprečje (16 °C), saj so dosegle 14,8 °C. Junija 2013 so bile temperature skoraj izenačene z dolgoletnim povprečjem (leta 2013 so bile le 0,2 °C višje od povprečja), nato pa so se julija 2013 dvignile na 23,5 °C, kar je dobri 2 °C višje od 15-letnega povprečja. Julija in avgusta leta 2013 so temperature presegle dolgoletno povprečje in sicer, julija za 2 °C, avgusta za 3 °C.

Količina padavin je bila marca 2013 2,5-krat večja kot v 15-letnem povprečju. Aprila in junija 2013 je bilo padavin malo manj kot je značilno za 15-letno povprečje. Tudi maja 2013 je bilo zelo veliko padavin, kar dvakratna količina, kot povprečno med leti 1991 in 2006. Julij 2013 je bil precej sušen mesec, saj je padlo manj kot petina padavin v 15-letnem povprečju. Količina padavin meseca avgusta je bila leta 2013 le malo manjša od dolgoletnega povprečja. Nasad ima urejeno namakanje, tako, da je rastlinam dostopno količino vode uravnaval pridelovalec. Temperature in količina padavin za leto 2013 in dolgoletno povprečje so razvidne iz slik 3 in 4.



Slika 3: Povprečna temperatura za Ljubljano (ARSO, 2014)



Slika 4: Povprečna količina padavin za Ljubljano (ARSO, 2014)

3.2 METODE DELA

Nasad ameriških borovnic Lavrinc se nahaja na Drenovem Griču, na Ljubljanskem barju, v občini Vrhnika (slika 5).



Slika 5: Zračni posnetek nasada, obrobljenega z modro črto (Google Zemlja, 2014)

Leta 1983 so na površini 4500 m² začeli saditi prve grme ameriških borovnic, danes pa nasad obsega skoraj 4 ha. Družina Lavrinc ima nasad v najemu, lastnik nasada je Kmetijski inštitut Slovenije. Imajo 20 komercialnih sort, s katerimi zagotovijo pridelek od junija do konca septembra. V matičnem nasadu imajo še 50 sort. pH vrednosti tal se med parcelami razlikujejo, med pH 3,3 in 5, zvišujejo jih z apnenčevim peskom, znižujejo z amonslufatom. V nasadu integrirane pridelave je potrebno meritve pH tal izvajati na 5 let. Z vrtino na globini 64 m in kapljičnim sistemom namakanja zagotovijo dovolj vode za namakanje. Poskrbljeno je tudi za oprašitev, saj imajo 6 panjev čebel.



Slika 6: Nasad (foto, 2013)

3.3 MERITVE

3.3.1 Meritve barve kože plodov

Barvo kože plodov se izmeri s pomočjo kolorimetra. To je naprava, s katero izmerimo količino svetlobe, absorbirane pri določeni valovni dolžini, ki se nahaja v vidnem spektru elektromagnetnega valovanja.

CIELAB, ki jo je osnovala Commission Internationale de L'Eclairage, je lestvica za meritve barve pri rastlinah. Barve se locirajo kot točke v tridimenzionalnem prostoru. Vrednost L pomeni svetlost barve, pri čemer je 0 črna, 100 pa bela. Vrednosti a in b se gibljeta med -60 in +60. Negativna a pomeni zeleno barvo, pozitivna a rdečo, negativna b modro, pozitivna b pa rumeno. Iz a in b se izračunata kroma in barvni ton. Barvni ton oziroma barvitost (h°) je kot, ki se ga izračuna po formuli št. 1. Vrednost 0° pomeni rdečo barvo, 90° rumeno, 180° zeleno in 270° modro. Kroma (C) (formula 2) prikazuje nasičenost barve, večja je, bolj je barva nasičena (Lancaster in sod. 1997, Veberič in sod. 2007).

$$h^\circ = \tan^{-1}(b/a) \quad \dots(1)$$

$$C = a^2 + b^2 \quad \dots(2)$$

Vzorec vsake sorte in termina obiranja smo v laboratoriju Katedre za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo razporedili na pladenj, iz katerega smo nato naključno vzeli

20 jagod borovnic, jih obrisali s krpo ter tako odstranili poprh, ki bi vplival na meritve, saj ga je v zgodnjih fazah manj, kot v kasnejših. Za meritve smo uporabili kolorimeter Konica Minolta CR-10.

3.3.2 Meritve vsebnosti organskih kislin, sladkorjev in fenolnih spojin

3.3.2.1 Ekstrakcija organskih kislin in sladkorjev

Vsebino vsakega vzorca (približno 200 g) ameriških borovnic smo naključno razvrstili v 5 terilnic in jih zdrobili v homogeno zmes. V čašo smo zatehtali 5 g vzorca, ga prelili s 25 ml bidestilirane vode in vse skupaj dali na stresalnik. Vsebino čaš smo prelili v centrifugirke in jih vstavili v centrifugo Eppendorf Centrifuge 5810R za 7 minut, kjer so se vrtele z 10.000 obrati na minuto. Supernatant iz centrifugirk smo nato prefiltrirali skozi celulozne filtre (velikost por 0,2 μm) v vialo in dali v zamrzovalnik do analize na HPLC. Postopek je bil prilagojen po postopku Mikulič-Petkovšek in sod. (2007).

3.3.2.2 Ekstrakcija fenolnih spojin

Vsebino vsakega vzorca, približno 200 g ameriških borovnic, smo naključno razvrstili v pet terilnic in jih zdrobili v homogeno zmes. V centrifugirko smo zatehtali 5 g vzorca in ga prelili z 20 ml metanola s 3 % mravljične kisline, s katero zakisamo medij, da antociani ne razpadejo. Zatem smo ga pretresli na vorteksu in vstavili v ultrazvočno kopel za 1 uro. Vzorce smo nato centrifugirali 7 minut z 10.000 obrati na minuto. Supernatant smo prefiltrirali skozi poliamidne filtre (velikost por 0,2 μm) v vialo in shranili v zamrzovalniku do analize na HPLC. Postopek ekstrakcije smo prilagodili po postopku Mikulič-Petkovšek in sod. (2007).

3.3.2.3 HPLC analiza - tekočinska kromatografija visoke ločljivosti

S tekočinsko kromatografijo se posamezne komponente vzorca fizično loči, tako se jih lahko identificira in določi njihovo koncentracijo (Horvat, 2014). Tekočinska kromatografija visoke ločljivosti oziroma HPLC je bila izvedena na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani. HPLC analiza se je izvedla na Surveyor HPLC sistem s PDA detektorjem. Uporabljena kolona je bila Gemini C18 (150 x 4,6 mm, 3 μm) pri temperaturi 25 °C. Mobilni fazi sta bili 0,1 % mravljična kislina v bidestilirani vodi in 0,1 % mravljična kislina v acetonitrilu. Detekcija antocianov se je izvedla pri 530 nm, hidroksicimetnih kislin pri 310 nm in flavanolov pri 280 nm. Fenolne spojine se je identificiralo z masnim spektrometrom Thermo Electron LCQ Deca XP MAX z elektrosprej ionizacijo (ESI). Koncentracije so izražene v mg oziroma g na kg vzorca sveže mase. Postopek je bil prilagojen po postopku Mikulič-Petkovšek in sod. (2007).

3.4 OBDELAVA REZULTATOV

Podatki so se obdelali s programom MS Excel. Statistično obdelavo smo izvedli s pomočjo programa R 3.0.2, in sicer najprej analizo variance (ANOVA) in nato test mnogoterih primerjav (Duncan test). Tako smo analizirali vpliv stopnje zrelosti, sorte in njune interakcije na kakovost plodov ameriške borovnice.

4 REZULTATI

V poskusu so bile tri različne sorte ameriških borovnic in štiri termini nabiranja oziroma stopnje zrelosti plodov, kot je razvidno iz preglednice 3.

Preglednica 3: Stopnja statistične značilnosti glede na sorto in stopnjo zrelosti ter njuna interakcija na vsebnost sladkorjev, organskih kislin, fenolnih spojin in antocianov ter na barvo

Vsebnost snovi	Sorta	Zrelost	Interakcija sorta x zrelost
Barva			
L (svetlost barve)	***	***	NS
C (nasičenost barve)	**	***	***
h° (barvni ton)	NS	***	**
Sladkorji			
Skupni sladkorji	***	***	***
Glukoza	**	***	**
Fruktoza	***	***	***
Organske kisline			
Skupne organske kisline	***	***	***
Citronska kislina	***	***	***
Jabolčna kislina	***	***	***
Fenolne spojine			
Hidroksibenzojske kisline	***	*	***
Flavanoli	NS	***	**
Depsidi	**	***	**
Hidroksicimetne kisline	NS	***	**
Flavonoli	***	**	**
<u>Antociani (skupaj)</u>	***	***	***
Cianidin-3-glukozid	*	**	NS
Delfinidin-3-galaktozid	***	***	***
Peonidin-3-galaktozid	***	***	***
Petunidin-3-arabinozid	NS	***	*
Petunidin-3-galaktozid	*	***	NS
Petunidin-3-glukozid	***	***	***
Petunidin-3-O-6"-acetilglukozid	**	***	NS

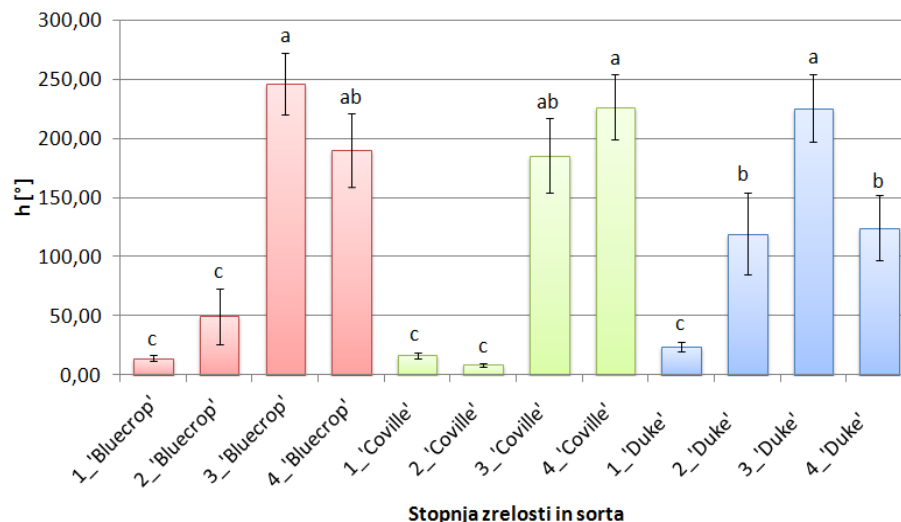
NS – ni značilno; * - značilno pri $p \leq 0,05$; ** - značilno pri $p \leq 0,01$; *** značilno pri $p \leq 0,001$

Vsem sortam, stopnjam zrelosti ter kombinacijam le-teh smo analizirali barvo (L, C, h), vsebnost sladkorjev (skupni sladkorji, glukoza, fruktoza), vsebnost organskih kislin (skupne kisline, citronska in jabolčna kislina), vsebnost fenolnih spojin (hidroksibenzojske kisline, hidroksicimetne kisline, flavanoli, flavonoli in depsidi) in vsebnost antocianov

(cianidin, delfinidin, peonidin, petunidin). Rezultati statistične obdelave podatkov so prikazani v preglednici 3.

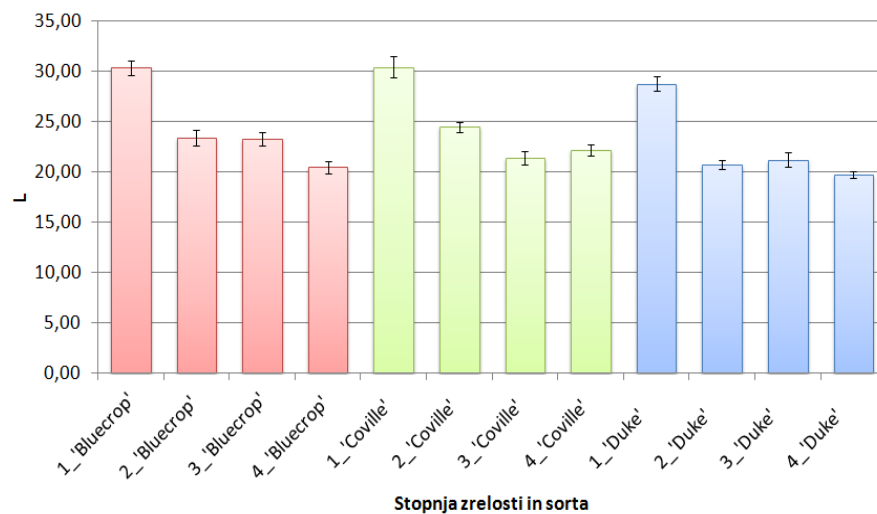
4.1 LASTNOSTI PLODA

4.1.1 Barva ploda



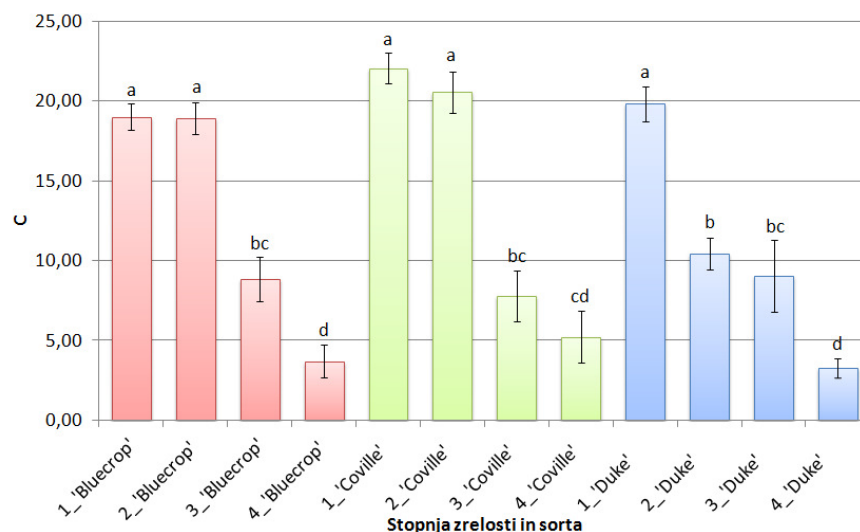
Slika 7: Povprečna barvitost oz. barvni ton barve plodov različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v barvitosti med sortami in stopnjami zrelosti

Na barvni ton oz. barvitost (h°) kože plodov vpliva zrelost. Interakcija med sorto in stopnjo zrelosti je statistično značilna. Med plodovi sort v prvi stopnji zrelosti (fazi nezrelih plodov) ni statistične razlike. Barvitost ima najmanjšo vrednost v fazi nezrelih plodov - povprečje je $18,37^\circ$ (priloga E), kar pomeni bolj rdečo barvo. Pri sorti 'Duke' barvitost barve enakomerno narašča do tehnološke zrelosti in nato pade na približno enako stopnjo, kot v fazi nezrelih plodov. Edino sorta 'Coville' ima v fazi prezrelih plodov največjo vrednost (povprečno $226,3^\circ$) kar pomeni modro barvo. 'Duke' in 'Bluecrop' v fazi tehnološke zrelosti plodov dosežeta največje vrednosti - prva povprečno 225° in druga $246,2^\circ$, kar je oboje modra barva.



Slika 8: Povprečna svetlost barve plodov različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v svetlosti barve med sortami in stopnjami zrelosti

Na svetlost barve (L) sta vplivali sorta in stopnja zrelosti plodov. Interakcija med njima ni statistično značilna. Iz priloge E je razvidno, da je barva v začetnih razvojnih fazah svetlejša (večje vrednosti), kot v kasnejših (manjše vrednosti). V povprečju ima najbolj svetle plodove sorta 'Coville', temne pa 'Duke' (priloga D).



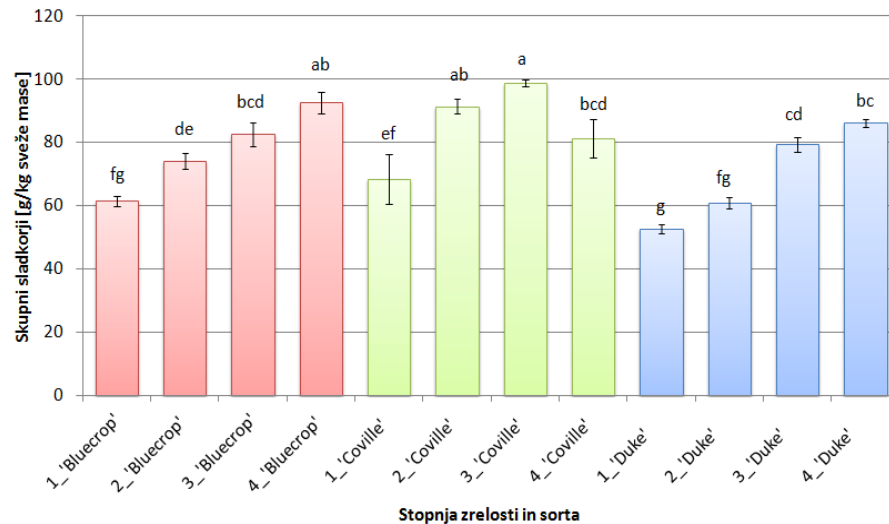
Slika 9: Povprečna nasičenost barve kože plodov različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v nasičenosti barve med sortami in stopnjami zrelosti

Nasičenost barve kože plodov (C) je odvisna od sorte in stopnje zrelosti. Interakcija med sorto in zrelostjo je statistično značilna. Kožica je bolj žive barve pri bolj zgodnjih fazah zorenja (priloga E). Pri sortah 'Bluecrop' in 'Coville' med fazo nezrelih plodov in fazo pred tehnološko zrelostjo ni statističnih razlik, pri sorti 'Duke' pa je opazna velika razlika, saj je barva v drugi fazi obiranja manj živa. Nasičenost barve kože pri vseh sortah pada in je v fazi prezrelih plodov najmanjša. Plodovi sorte 'Duke' so najmanj žive barve (priloga D).

4.2 PRIMARNI METABOLITI V PLODOVIH

4.2.1 Vsebnost sladkorjev

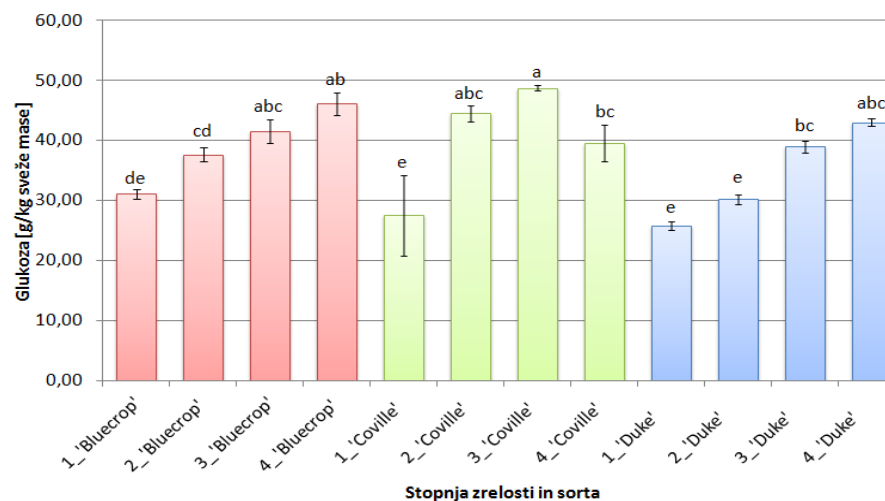
4.2.1.1 Skupni sladkorji



Slika 10: Povprečna vsebnost skupnih sladkorjev v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnih sladkorjev med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost skupnih sladkorjev v jagodah ameriške borovnice sta vplivali sorta in zrelost jagod. Interakcija med njima je statistično značilna. Pri 95 % zaupanju trdimo, da se vsebnost skupnih sladkorjev z zrelostjo plodov povečuje do tehnološke zrelosti, nato rahlo pade (priloga E), kar je opaziti pri sorti 'Coville'. Pri sortah 'Bluecrop' in 'Coville' med drugo in tretjo stopnjo zrelosti ni statističnih razlik v vsebnosti skupnih sladkorjev.

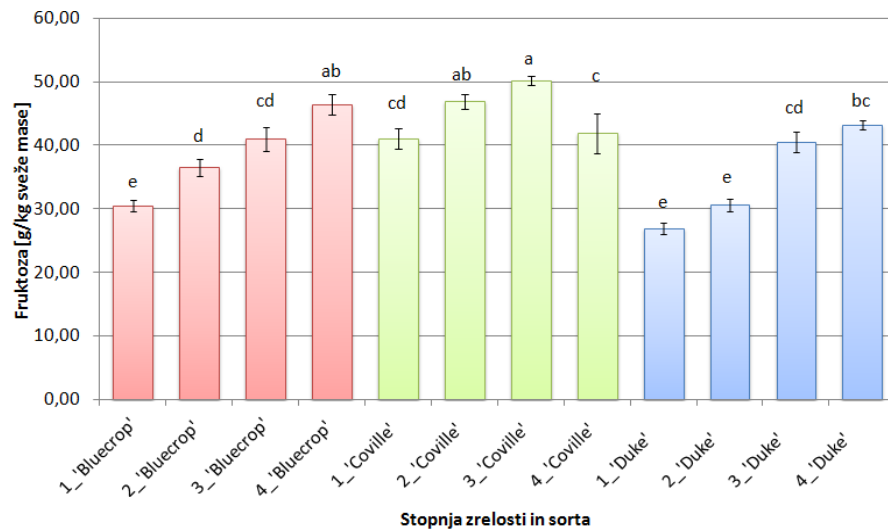
4.2.1.2 Glukoza



Slika 11: Povprečna vsebnost glukoze v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti glukoze med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost glukoze v jagodah ameriške borovnice sta statistično vplivali sorta in zrelost le-teh, interakcija med njima je statistično značilna. Največje vsebnosti glukoze so pri zrelejših plodovih, razen pri sorti 'Coville', katera ima največjo vsebnost glukoze med sortami (priloga D), vendar v fazi prezrelih plodov le-ta močno pade. Najmanj glukoze vsebujejo plodovi v fazi nezrelih plodov (priloga E) in plodovi sorte 'Duke' (priloga D).

4.2.1.3 Fruktaza

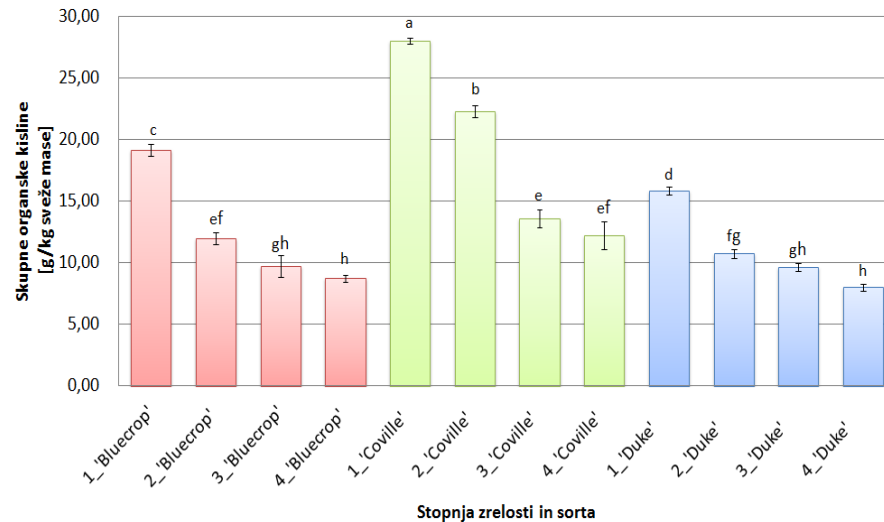


Slika 12: Povprečna vsebnost fruktoze v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti fruktoze med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost fruktoze v jagodah ameriške borovnice statistično vplivata sorta in zrelost plodov, interakcija je močno statistično značilna. Vsebnost fruktoze v plodovih se z dozorevanjem povečuje in nato v prezrelih plodovih sorte 'Coville' pade, medtem, ko pri ostalih dveh sortah ne. Omenjena sorta ima največjo vsebnost fruktoze (priloga D). Najmanj fruktoze vsebujejo plodovi sorte 'Duke'.

4.2.2 Vsebnost organskih kislin

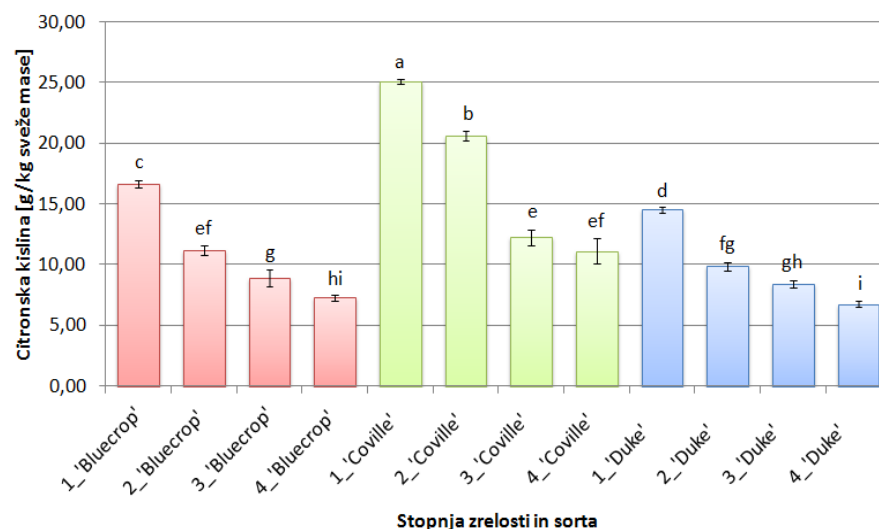
4.2.2.1 Skupne organske kisline



Slika 13: Povprečna vsebnost skupnih organskih kislin v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnih organskih kislin med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost skupnih organskih kislin močno statistično vplivata sorta in zrelost plodov. Interakcija med njima je statistično značilna. Vsebnost skupnih organskih kislin je največja pri nezrelih plodovih in se z dozorevanjem manjša (priloga E). Plodovi sorte 'Coville' imajo v vseh stopnjah zrelosti večjo vsebnost skupnih organskih kislin kot ostali sorti.

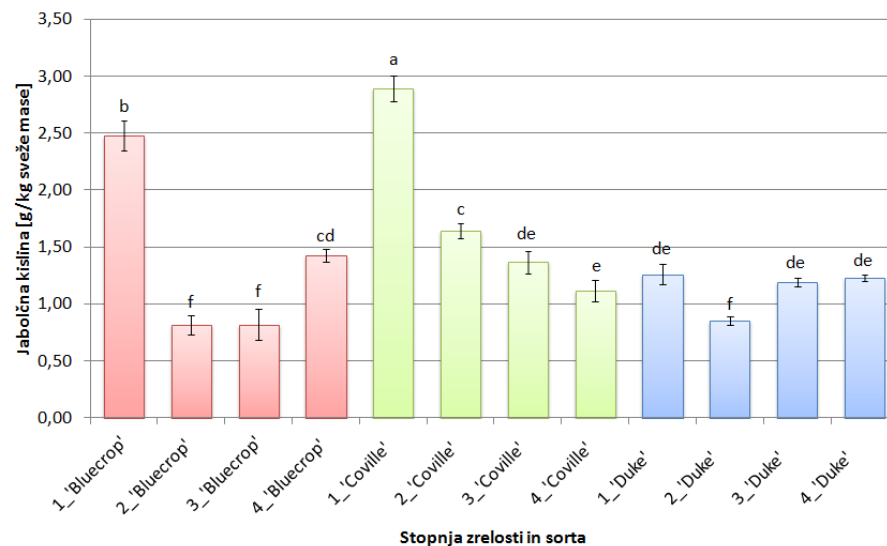
4.2.2.2 Citronska kislina



Slika 14: Povprečna vsebnost citronske kisline v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti citronske kisline med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost citronske kisline v plodovih ameriške borovnice močno statistično vplivata sorta in zrelost plodov. Interakcija med njima je statistično značilna. Vsebnost z dozorevanjem pada, kar je opaziti pri vseh sortah. Največjo vsebnost citronske kisline ima sorta 'Coville'.

4.2.2.3 Jabolčna kislina



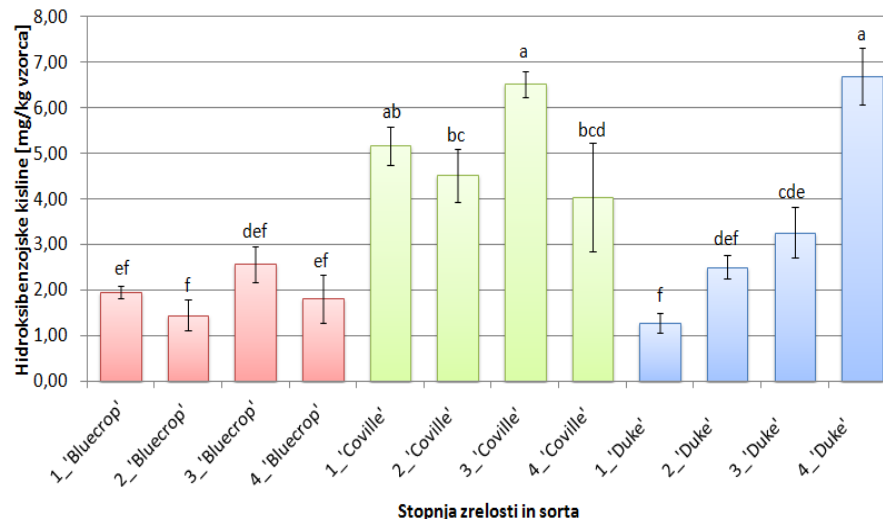
Slika 15: Povprečna vsebnost jabolčne kisline v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti jabolčne kisline med sortami in stopnjami zrelosti

Vsebnost jabolčne kisline v plodovih ameriške borovnice je odvisna od sorte in stopnje zrelosti. Statistično je značilna tudi interakcija med njima. Vsebnost jabolčne kisline je največja v fazi nezrelih plodov sort 'Coville' in 'Bluecrop'. Pri sorti 'Coville' vsebnost z dozorevanjem pada, pri sorti 'Bluecrop' pa močno pade v stopnji pred tehnološko zrelostjo, v fazi prezrelih plodov pa zopet naraste. Plodovi različnih zrelostnih stopenj sorte 'Duke' se statistično ne razlikujejo, le plodovi pred tehnološko zrelostjo imajo manjšo vsebnost jabolčne kisline kot ostale stopnje.

4.3 SEKUNDARNI METABOLITI V PLODOVIH

4.3.1 Vsebnost fenolnih spojin

4.3.1.1 Hidroksibenzojske kisline

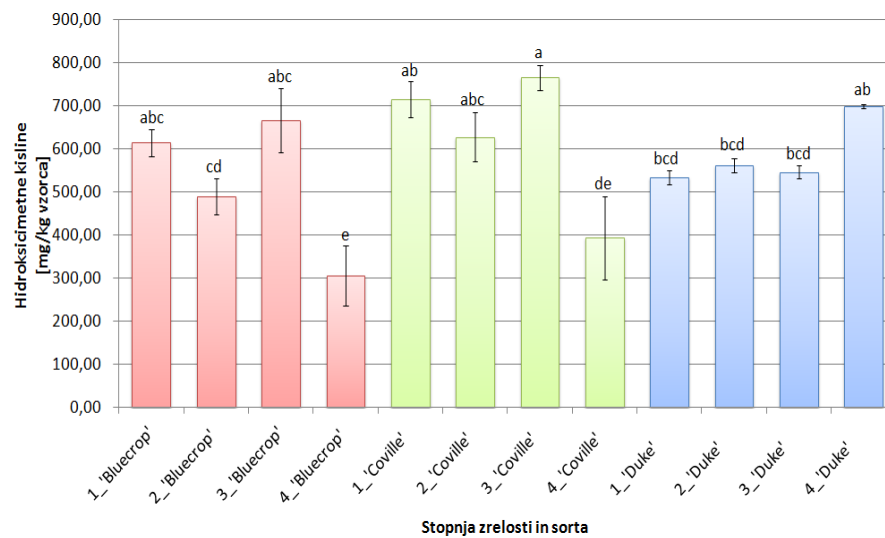


Slika 16: Povprečna vsebnost hidroksibenzojskih kislin v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti hidroksibenzojskih kislin med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost hidroksibenzojskih kislin v plodovih ameriških borovnic najbolj vpliva sorta, malo manj pa stopnja zrelosti. Interakcija med sorto in zrelostjo je statistično značilna.

Pri sorti 'Duke' med prvo in drugo stopnjo ter med drugo in tretjo ni statističnih razlik, prezreli plodovi pa vsebujejo največ hidroksibenzojskih kislin. Plodovi sorte 'Coville' se med prvo in zadnjo stopnjo zrelosti statistično ne razlikujejo. Tehnološko zreli plodovi omenjene sorte imajo več hidroksibenzojskih kislin kot prezreli plodovi ali plodovi pred tehnološko zrelostjo. Pri sorti 'Bluecrop' v vsebnosti hidroksibenzojskih kislin med dozorevanjem ni statističnih razlik.

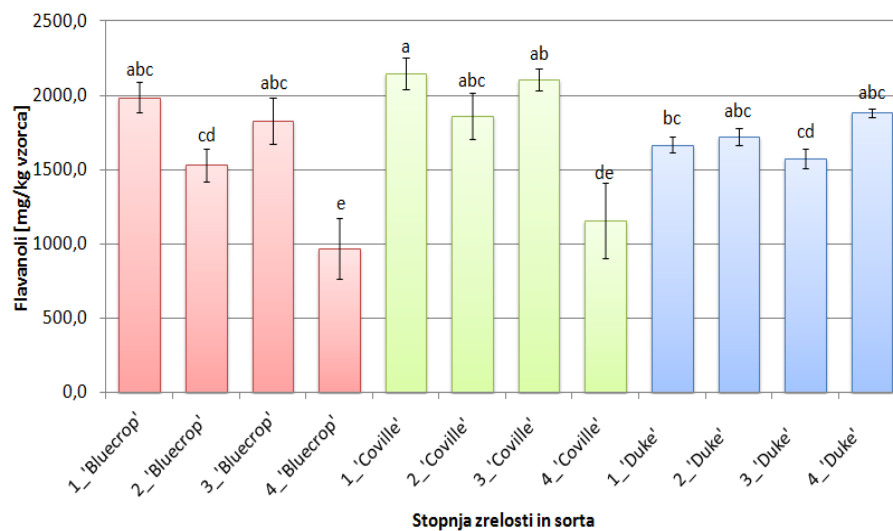
4.3.1.2 Hidroksicimetne kisline



Slika 17: Povprečna vsebnost hidroksicimetnih kislin v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti hidroksicimetnih kislin med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost hidroksicimetnih kislin ima največji vpliv zrelost plodov. Interakcija med njima je statistično značilna. Sorti 'Bluecrop' in 'Coville' sta si podobni - vsebnost hidroksicimetnih kislin v prvih treh stopnjah zrelosti se ne razlikuje, v prezrelih plodovih pa viden velik upad le-te. Plodovi sorte 'Duke' imajo z dozorevanjem večjo vsebnost hidroksicimetnih kislin, vendar se stopnje statistično ne razlikujejo med seboj.

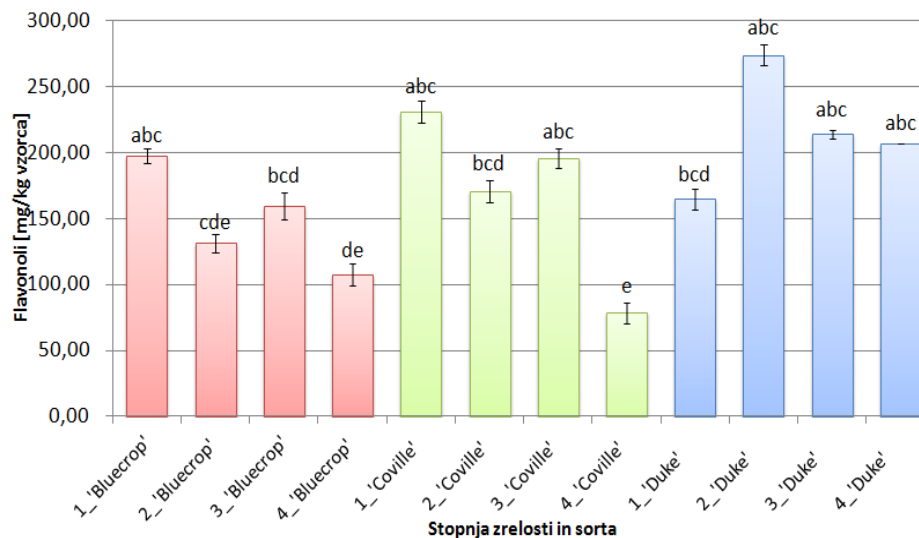
4.3.1.3 Flavanoli



Slika 18: Povprečna vsebnost flavanolov v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti flavanolov med sortami in stopnjami zrelosti

Vsebnost flavanolorov v plodovih je odvisna od stopnje zrelosti. Interakcija med sorto in stopnjo zrelosti je statistično značilna. Vsebnost flavanolorov ima enak trend upadanja v prezrelih plodovih pri sortah 'Bluecrop' in 'Coville'. Prve tri stopnje zrelosti se statistično ne razlikujejo, prezreli plodovi pa vsebujejo manj flavanolorov kot prejšnje stopnje. Različno zreli plodovi sorte 'Duke' se statistično ne razlikujejo v vsebnosti flavanolorov.

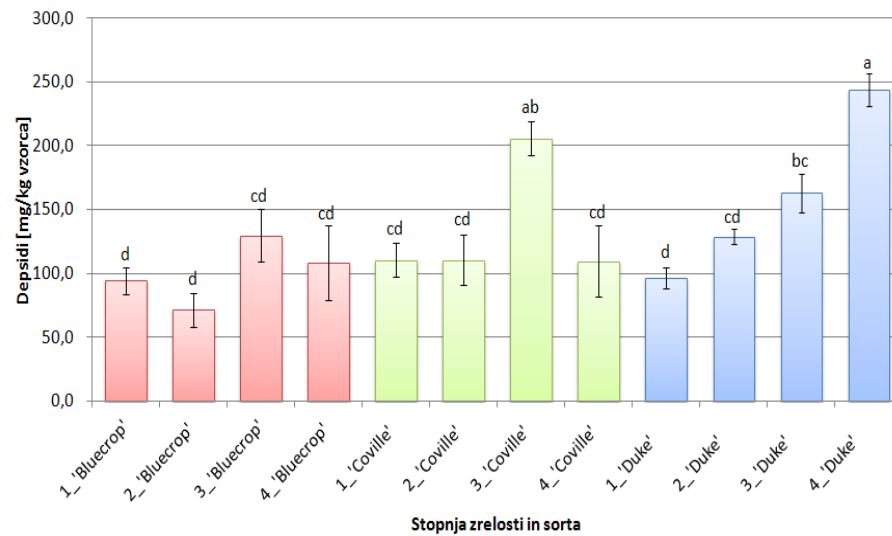
4.3.1.4 Flavonoli



Slika 19: Povprečna vsebnost flavonolorov v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti flavonolorov med sortami in stopnjami zrelosti

Vsebnost flavonolorov je močno statistično značilna od sorte, manj pa od stopnje zrelosti. Interakcija med njima je statistično značilna. Pri sortah 'Bluecrop' in 'Coville' je statistična razlika med prvo in zadnjo stopnjo zrelosti, vmes ni statističnih razlik. Pri sorti 'Duke' med stopnjami zrelosti ni statističnih razlik.

4.3.1.5 Depsidi

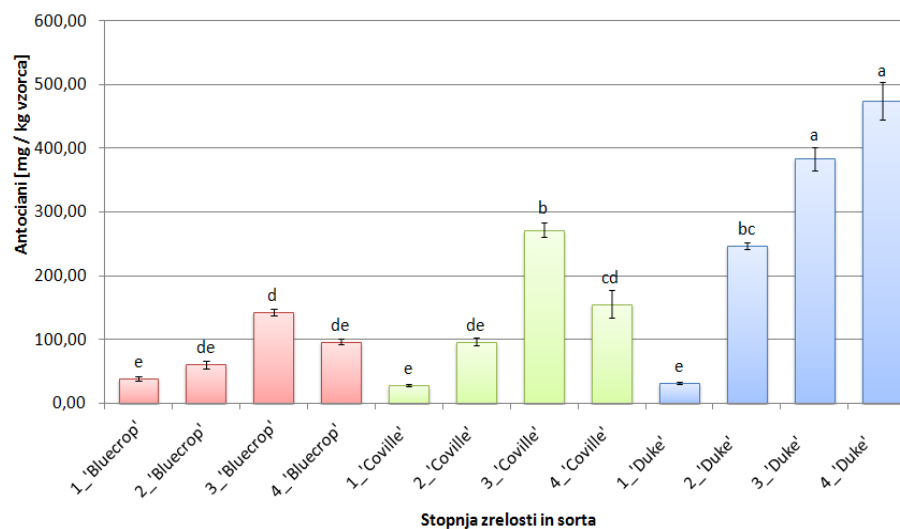


Slika 20: Povprečna vsebnost depsidov v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti depsidov med sortami in stopnjami zrelosti

Vsebnost depsidov v plodovih ameriške borovnice je odvisna od sorte in stopnje zrelosti. Interakcija med njima je statistično značilna. Med različnimi stopnjami zrelosti pri sorti 'Bluecrop' ni statističnih razlik. Prav tako tudi ni statističnih razlik med fazo nezrelih plodov, fazo pred tehnološko zrelostjo in fazo prezrelih plodov pri sorti 'Coville'. Plodovi sorte 'Duke' pa z dozorevanjem pridobivajo na vsebnosti depsidov.

4.3.2 Vsebnost antocianov

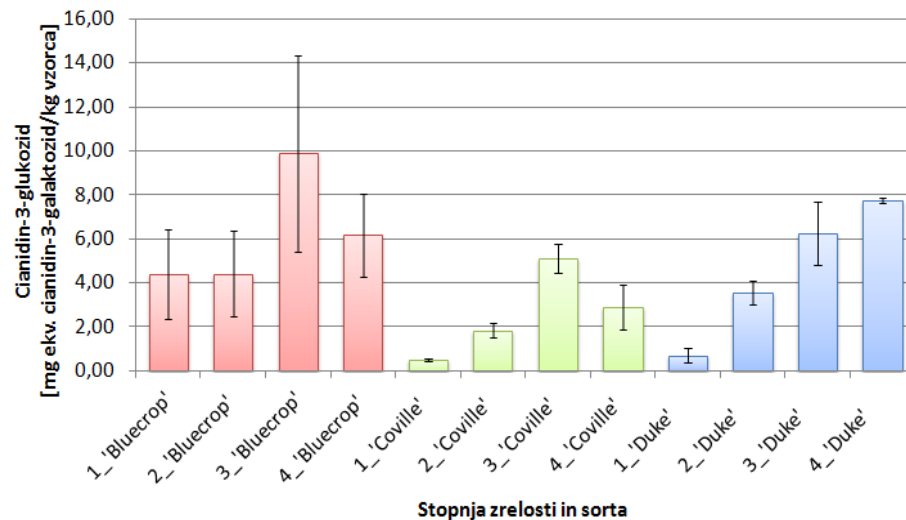
4.3.2.1 Antocijani



Slika 21: Povprečna vsebnost antocianov v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti antocianov med sortami in stopnjami zrelosti

Vsebnost antocianov v plodovih je precej odvisna od stopnje zrelosti in sorte. Interakcija med sorto in stopnjo zrelosti je močno statistično značilna. Znotraj sorte 'Bluecrop' so statistične razlike le med prvo in trejo stopnjo zrelosti. Pri sorti 'Coville' je prav tako opaziti statistično razliko med prvim vzorčenjem in tehnološko zreli plodovi. Pri sorti 'Duke' se vsebnost antocianov statistično ne razlikuje med tehnološko zrelostjo in stopnjo prezrelih plodov.

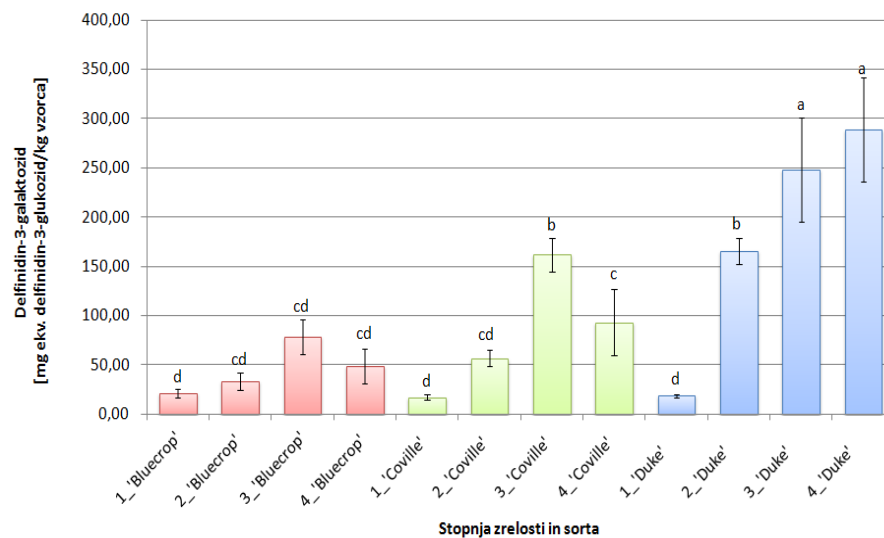
4.3.2.2 Cianidin-3-glukozid



Slika 22: Povprečna vsebnost cianidin-3-glukozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti cianidin-3-glukozida med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost cianidin-3-glukozida vplivata sorta in zrelost. Interakcija med sorto in zrelostjo ni statistično značilna. Vsebnost cianidin-3-glukozida se povečuje do faze tehnološko zrelih plodov (priloga E).

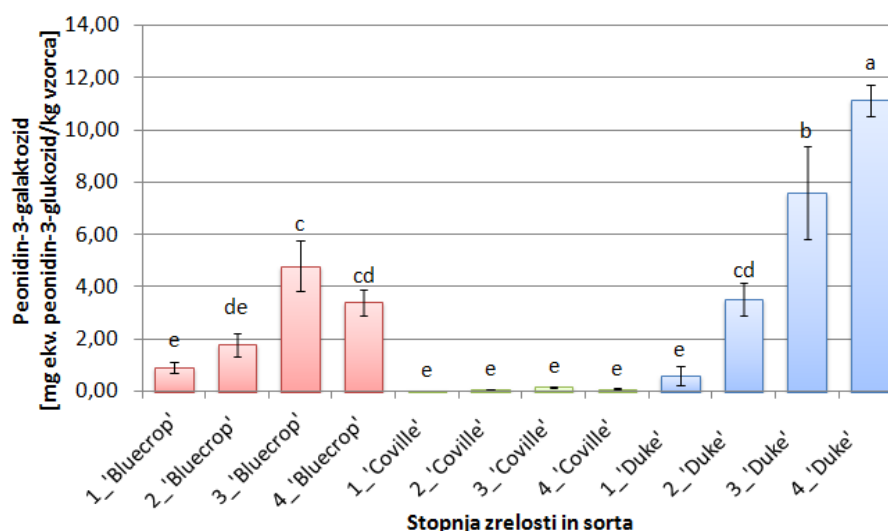
4.3.2.3 Delfinidin-3-galaktozid



Slika 23: Povprečna vsebnost delfinidin-3-galaktozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti delfinidin-3-galaktozida med sortami in stopnjami zrelosti

Vsebnost delfinidin-3-galaktozida je odvisna od sorte in stopnje zrelosti. Interakcija med njima je močno statistično značilna. Največjo vsebnost ima sorta 'Duke', pri kateri je opaziti enakomerno naraščanje. Pri sortah 'Bluecrop' in 'Coville' je vsebnost manjša. V vzorcih znotraj sorte 'Bluecrop' ni statističnih razlik v vsebnosti delfinidin-3-galaktozida, pri ostalih sortah je opazna večja vsebnost z dozorevanjem.

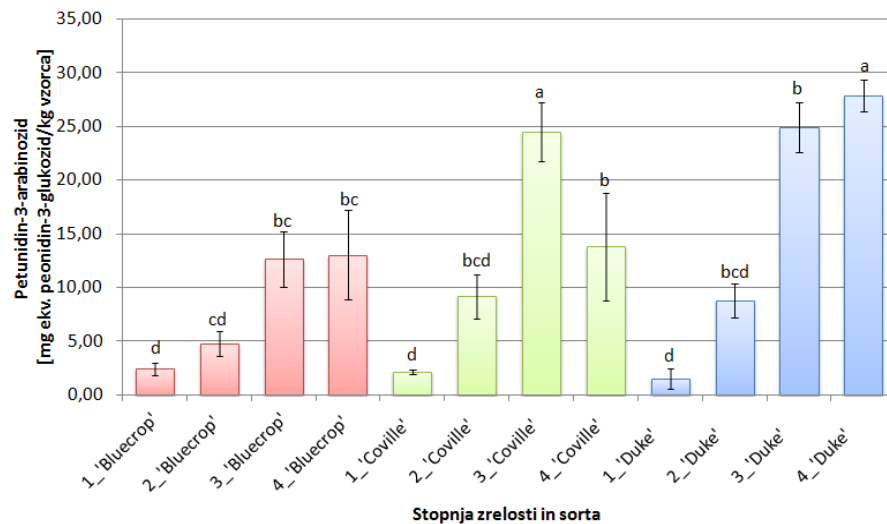
4.3.2.4 Peonidin-3-galaktozid



Slika 24: Povprečna vsebnost peonidin-3-galaktozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti peonidin-3-galaktozida med sortami in stopnjami zrelosti

Vsebnost peonidin-3-galaktozida je odvisna od sorte in stopnje zrelosti. Interakcija med njima je močno statistično značilna. Vsebnost peonidin-3-galaktozida v plodovih sorte 'Duke' med dozorevanjem močno in enakomerno raste. Pri sorti 'Coville' med stopnjami zrelosti ni statističnih razlik, vsebnost peonidin-3-galaktozida je zelo majhna. Vsebnost antocianina v sorti 'Bluecrop' se med prvo in drugo stopnjo ter tretjo in zadnjo stopnjo statistično ne razlikuje.

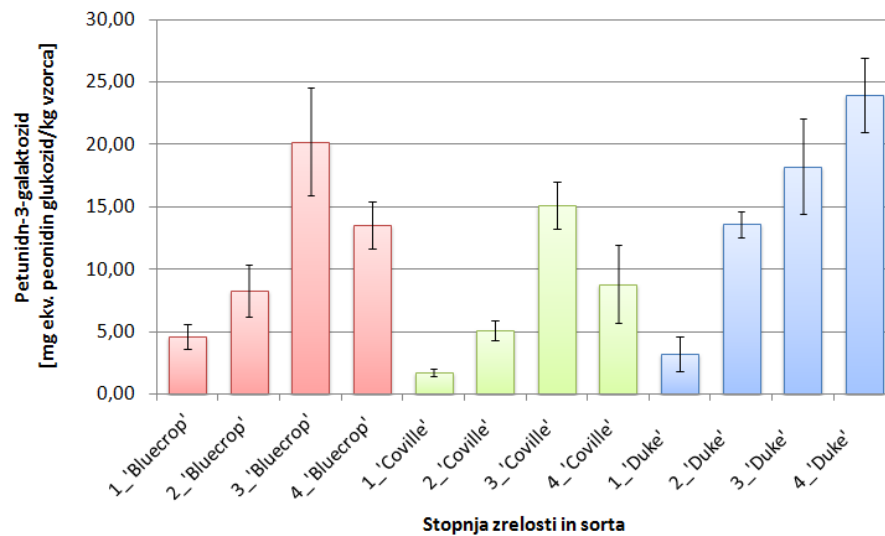
4.3.2.5 Petunidin-3-arabinozid



Slika 25: Povprečna vsebnost petunidin-3-arabinozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti petunidin-3-arabinozida med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost petunidin-3-arabinozida v največji meri vpliva stopnja zrelosti. Vpliv sorte ni statistično značilen. Interakcija med sorto in stopnjo zrelosti je statistično značilna. Vsebnost antocianina se pri sorti 'Duke' z zrelostjo povečuje. Pri sorti 'Coville' je vsebnost največja v tehnološko zrelih plodovih. Vsebnost antocianina v plodovih sorte 'Bluecrop' se statistično razlikuje le med prvo in tretjo ter prvo in četrto fazo vzorčenja.

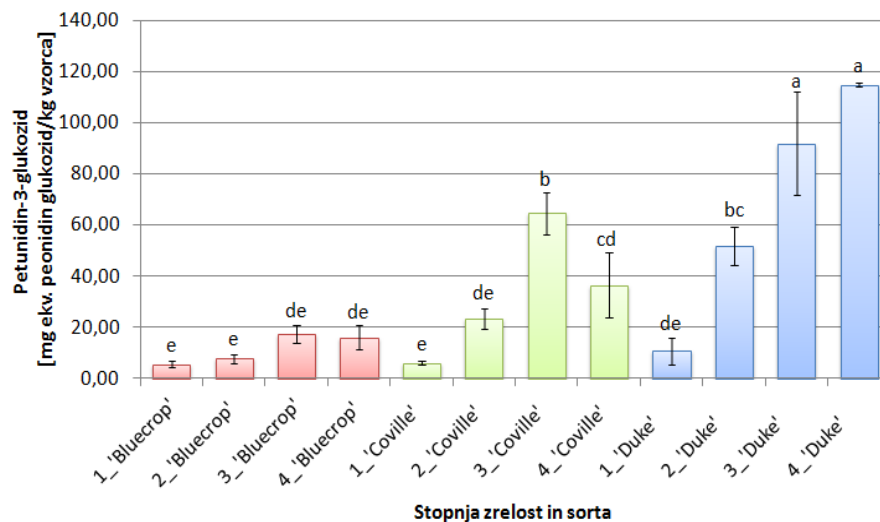
4.3.2.6 Petunidin-3-galaktozid



Slika 26: Povprečna vsebnost petunidin-3-galaktozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti petunidin-3-galaktozida med sortami in stopnjami zrelosti

Vsebnost petunidin-3-galaktozida je odvisna od stopnje zrelosti in v manjši meri od sorte. Interakcija med sorto in stopnjo zrelosti ni statistično značilna. Vsebnost antocianina se z zrelostjo povečuje do tehnološko zrelih plodov, nato pade (priloga E).

4.3.2.7 Petunidin-3-glukozid

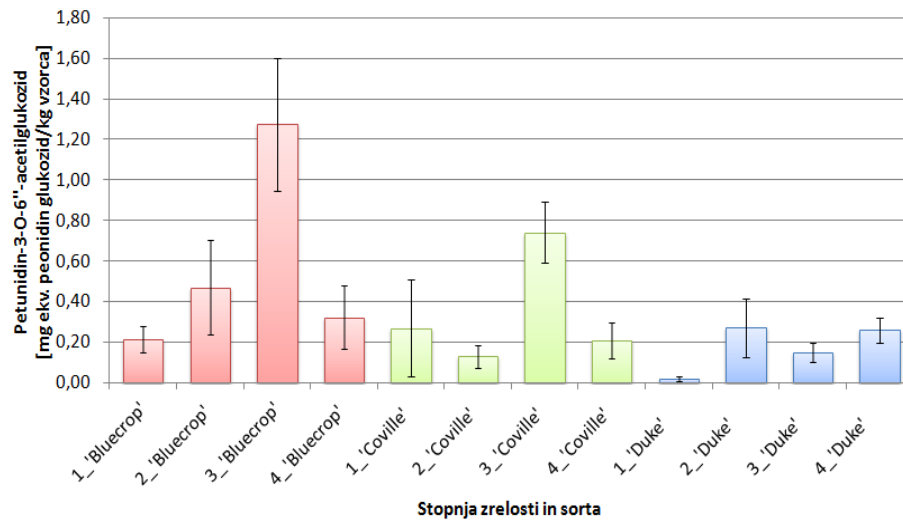


Slika 27: Povprečna vsebnost petunidin-3-glukozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti petunidin-3-glukozida med sortami in stopnjami zrelosti

Vsebnost petunidin-3-glukozida je odvisna od stopnje zrelosti in sorte. Interakcija med njima je statistično značilna. Vsebnost antocianina se v plodovih z zrelostjo povečuje do

tehnološke zrelosti (priloga E), kar je opaziti pri sortah 'Coville' in 'Duke'. Plodovi 'Bluecrop' se v vsebnosti antocianina z dozorevanjem statistično ne razlikujejo.

4.3.2.8 Petunidin-3-O-6"-acetilglukozid



Slika 28: Povprečna vsebnost petunidin-3-O-6"-acetilglukozida v plodovih različnih sort in stopenj zrelosti. Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti petunidin-3-O-6"-acetilglukozida med sortami in stopnjami zrelosti

Na vsebnost petunidin-3-O-6"-acetilglukozida vplivata sorta in stopnja zrelosti. Interakcija med njima ni statistično značilna. Sorta 'Bluecrop' vsebuje več antocianina kot ostali dve (priloga D). Vsebnost je največja v tehnološko zrelih plodovih (priloga E).

5 RAZPRAVA

Analizirali smo vsebnost sladkorjev, organskih kislin, fenolnih spojin, zlasti antocianov, ter barvo plodov ameriške borovnice različnih sort in stopenj zrelosti. Nabrali smo plodove treh sort, 'Bluecrop', 'Coville' in 'Duke' in v štirih različnih stopnjah zrelosti, in sicer v fazi nezrelih plodov, v fazi pred tehnološko zrelostjo, tehnološko zrele plodove ter v fazi po tehnološki zrelosti. Plodove smo po nabiranju takoj zamrznili. Poskus smo izvedli leta 2013.

5.1 BARVA

Plodovi ameriške borovnice so z dozorevanjem temnejši in manj žive barve (priloga E). Interakcija med stopnjo zrelosti in sorto na svetlost barve statistično ne vpliva. Najbolj svetle plodove imata sorti 'Bluecrop' in 'Coville', temne pa 'Duke', podoben trend opazimo tudi pri živosti barve, saj so plodovi sort 'Bluecrop' in 'Coville' najbolj žive barve. Odtenki barve so najbolj modri v zadnjih dveh stopnjah zrelosti, med sortami pa ni statističnih razlik (priloga D in E).

5.2 SLADKORJI IN ORGANSKE KISLINE

Vsebnost skupnih sladkorjev, glukoze in fruktoze v plodovih se z zrelostjo plodov povečuje (priloga E). Večanje vsebnosti sladkorjev z dozorevanjem so izmerili tudi v gozdnih borovnicah (Ayaz in sod., 2001) ter v slivah (Usenik in sod., 2008). Vsebnost skupnih sladkorjev v plodovih je največja v sorti 'Coville', najmanjša pa v sorti 'Duke'. Največjo vsebnost fruktoze ima sorta 'Coville', med sortama 'Bluecrop' in 'Duke' ni statističnih razlik. Sorte se v vsebnosti glukoze statistično ne razlikujejo.

Rezultate sorte 'Bluecrop' lahko primerjavo z rezultati Wang in sod. (2008), ki so obravnavali omenjeno sorto. Izmerili so nekoliko večjo vsebnost glukoze (45,5 mg/g sveže mase) pri organskem pridelovanju, oziroma manjšo (29,7 mg/g sveže mase pri konvencionalnem) in večjo vsebnost fruktoze (97 mg/g sveže mase pri organski pridelavi oziroma 79,2 mg/g sveže mase pri konvencionalni) (priloga D).

Razmerje med fruktozo in glukozo ni enako pri vseh sortah - sorti 'Coville' in 'Duke' imata večjo vsebnost fruktoze, medtem, ko ima sorta 'Bluecrop' več glukoze (priloga D). Plodovi ameriške borovnice imajo v vseh štirih terminih obiranja večjo vsebnost fruktoze kot glukoze (priloga E), kar so tudi v gozdnih borovnicah izmerili Ayaz in sod. (2001).

Vsebnost citronske kisline in skupnih organskih kislin pri vseh sortah z dozorevanjem pada (priloga E). Vsebnost jabolčne kisline je največja v nezrelih plodovih. Med zadnjimi tremi stopnjami zrelosti v vsebnosti jabolčne kisline ni statističnih razlik v plodovih (priloga E). Ayaz in sod. (2001) so v gozdnih borovnicah izmerili nasproten trend, in sicer večanje vsebnosti jabolčne kisline z dozorevanjem. Sorta 'Coville' ima največjo povprečno vsebnost vseh organskih kislin – skupnih organskih kislin, citronske in jabolčne (priloga D). Vse tri sorte imajo večje vsebnosti citronske kisline kot jabolčne (priloga D), kar poročajo v gozdnih borovnicah tudi Ayaz in sod. (2001). Wang in sod. (2008) so izmerili

manjše vrednosti citronske in jabolčne kisline, in sicer, citronske 3,14 - 3,47 mg/kg sveže mase, jabolčne pa med 0,029 - 0,043 mg/kg sveže mase.

Največjo vsebnost skupnih sladkorjev in skupnih organskih kislin imajo plodovi sorte 'Coville'. Razmerje med skupnimi sladkorji in skupnimi organskimi kislinami je pri sorti 'Coville' najmanjše, 4,46 (85,1 : 19,07 g/kg sveže mase). Sorta 'Duke' ima največje razmerje, 6,29 (69,79 : 11,08 g/kg sveže mase). Razmerje med skupnimi sladkorji in skupnimi organskimi kislinami je podobno tudi pri sorti 'Bluecrop', 6,26 (77,71 : 12,41 g/kg sveže mase) (priloga D). Pri plodovih breskev razmerje med skupnimi sladkorji in skupnimi organskimi kislinami vpliva na občutek sladkosti - večje razmerje pomeni večjo sladkost (Colarič in sod., 2005). V našem primeru sklepamo enako - plodovi sort 'Duke' in 'Bluecrop' so bolj sladki.

Mikulič-Petkovšek in sod. (2012) so izvedli poskus na tehnološko zrelih plodovih ameriške borovnice, pri katerih je bilo razmerje med skupnimi sladkorji in skupnimi organskimi kislinami 9,27. Naši rezultati omenjenega razmerja so nekoliko manjši, saj smo največje razmerje v tehnološko zrelih plodovih izmerili pri sorti 'Bluecrop' (8,46), najmanjše pa pri 'Coville' (7,25).

5.3 FENOLNE SPOJINE IN ANTOCIANI

Največji delež med fenolnimi spojinami v plodovih ameriške borovnice imajo flavanoli. Vsebnost le-teh se z dozorevanjem plodov zmanjšuje, čeprav med prvimi tremi stopnjami zrelosti ni statističnih razlik, pa se prezreli plodovi razlikujejo od prvih treh (priloga E). Med sortami ni statističnih razlik v vsebnosti flavanolov (priloga D).

Povprečna vsebnost hidroksibenzojskih kislin se z dozorevanjem statistično ne razlikuje (priloga E). Med sortami ima največjo vsebnost le-teh 'Coville', 4,98 mg/kg sveže mase. Med sortama 'Bluecrop' in 'Duke' ni statističnih razlik v vsebnosti hidroksibenzojskih kislin (priloga D).

Povprečna vsebnost hidroksicimetnih kislin se med sortami statistično ne razlikuje, saj vpliv sorte ni značilen (priloga D). Z dozorevanjem plodov se vsebnost manjša, saj je v prezrelih plodovih izmerjena vsebnost najmanjša (priloga E). Tudi Castrejon in sod. (2008) so v poskusu s sorto 'Bluecrop' ugotovili, da vsebnost hidroksicimetnih kislin z dozorevanjem pada. Sorti 'Bluecrop' in 'Coville' se v vsebnosti med prvimi tremi stopnjami zrelosti statistično razlikujeta, v fazi prezrelih plodov pa je opazno zmanjšanje vsebnosti hidroksicimetnih kislin. Castrejon in sod. (2008) poročajo tudi, da v plodovih med fenoli prevladujejo hidroksicimetne kisline. Hidroksicimetne kisline v naših plodovih ne prevladujejo, saj je največ flavanolov.

Vsebnost flavanolov je največja v plodovih sorte 'Duke', medtem, ko se plodovi ostalih dveh sort statistično ne razlikujejo (priloga D). Z dozorevanjem se vsebnost flavanolov v plodovih zmanjšuje, saj je vsebnost le-teh v prezrelih plodovih manjša kot v zgodnejših fazah (priloga E).

Vsebnost depsidov je največja v tehnološko zrelih plodovih, najmanjša v prvi in drugi stopnji zrelosti, torej sklepamo, da se z dozorevanjem večja (priloga E). Največjo vsebnost depsidov smo izmerili pri sorti 'Duke', najmanjšo pa pri 'Bluecrop' (priloga D).

Vsebnost vseh analiziranih antocianov z dozorevanjem plodov raste do tehnološke zrelosti. Večanje vsebnosti z dozorevanjem plodov so izmerili tudi Castrejon in sod. (2008). Največjo vsebnost skupnih antocianov ima sorta 'Duke'. Sorti 'Bluecrop' in 'Coville' se v vsebnosti skupnih antocianov statistično ne razlikujeta (priloga D). Največjo vsebnost delfinidin-3-galaktozida, peonidin-3-galaktozida ter petunidin-3-glukozida smo analizirali v sorti 'Duke'. Največjo vsebnost cianidin-3-glukozida in petunidin-3-O-6"-acetilglukozida smo analizirali v plodovih sorte 'Bluecrop'. Vsebnost petunidin-3-galakatozida ter petunidin-3-arabinozida se med sortami statistično ne razlikuje. Vse sorte so vsebovale zelo malo petunidin-3-O-6"-acetilglukozida (priloga D).

Največji delež analiziranih antocianov v plodovih predstavlja delfinidin-3-galaktozid. Nekoliko manj je petunidin-3-glukozida (priloga D). Može in sod. (2011) ter Taruscio in sod. (2004) so ugotovili, da največji delež vsebnosti v plodovih borovnic predstavljajo glikozidi delfinidina in malvidina. V njihovih rezultatih je tudi glikozidov petunidina dokaj veliko.

6 SKLEPI

Namen poskusa je bil ugotoviti, kako zorenje plodov ameriške borovnice vpliva na spreminjanje barve, vsebnosti sladkorjev, organskih kislin, fenolov, zlasti antocianov ter kakšne so razlike med sortami. Hipotezo, da se različne faze zorenja plodov ameriških borovnic razlikujejo v vsebnosti fenolov, zlasti antocianov, sladkorjev, organskih kislin ter v barvi plodov potrdimo. Prav tako potrdimo hipotezo, da med različnimi sortami plodov obstajajo razlike v vsebnosti omenjenih spojin.

Ugotovili smo, da so plodovi z dozorevanjem temnejši in manj žive barve. Najbolj svetle plodove in plodove živih barv imata sorti 'Bluecrop' in 'Coville'. Odtenki barve so najbolj modri v zadnjih dveh stopnjah zrelosti.

Vsebnost skupnih sladkorjev, glukoze in fruktoze v plodovih se z zrelostjo plodov povečuje. Največjo vsebnost fruktoze ter, posledično, skupnih sladkorjev smo analizirali v sorti 'Coville'. Razmerje med fruktozo in glukozo ni enako pri vseh sortah - sorti 'Coville' in 'Duke' imata večjo vsebnost fruktoze, medtem, ko ima sorta 'Bluecrop' več glukoze. Vsebnost citronske kisline in skupnih kislin pri vseh sortah z dozorevanjem pada. Sorta 'Coville' ima največje vsebnosti skupnih ter citronske in jabolčne kisline. Vse tri sorte imajo večje vsebnosti citronske kot jabolčne kisline.

Med fenolnimi spojinami v plodovih imajo največji delež flavanoli, vsebnost katerih se z dozorevanjem plodov zmanjšuje. Prav tako se z dozorevanjem manjša vsebnost flavonolov in hidroksicimetnih kislin. Vsebnost depsidov se z zrelostjo plodov večja. V vsebnosti hidroksibenzojskih kislin v plodovih med stopnjami zrelosti ni statističnih razlik. Med vsebnostmi flavanolov in hidroksicimetnih kislin v plodovih med sortami ni statističnih razlik. Največjo vsebnost hidroksibenzojskih kislin imajo plodovi sorte 'Coville'. Plodovi sorte 'Duke' pa imajo največje vsebnosti flavonolov, depsidov ter skupnih antocianov.

Največjo vsebnost skupnih antocianov ima sorta 'Duke'. Rezultati prikazujejo rast vsebnosti vseh analiziranih antocianov do tehnološke zrelosti, ki se v prezrelih plodovih manjša. Največjo vsebnost delfinidin-3-galaktozida, peonidin-3-galaktozida ter petunidin-3-glukozida smo analizirali v sorti 'Duke'. Največjo vsebnost cianidin-3-glukozida in petunidin-3-O-6"-acetilglukozida pa v plodovih sorte 'Bluecrop'. Glaven antocianin v plodovih je bil delfinidin-3-galaktozid.

Sorti 'Bluecrop' in 'Coville' sta sorodni, kar je mogoče razlog za podobno spreminjanje vsebnosti hidroksicimetnih kislin, flavanolov ter barvitosti plodov z dozorevanjem. Podatke o vsebnosti skupnih sladkorjev, glukoze, fruktoze, skupnih organskih kislin ali antocianinov bi lahko uporabili za napoved tehnološke zrelosti plodov ameriške borovnice, saj se nezreli plodovi, plodovi pred tehnološko zrelostjo in tehnološko zrelostjo statistično razlikujejo med seboj.

Za prihodnje raziskave bi bilo zanimivo primerjati vsebnost vseh omenjenih metabolitov s plodovi gozdnih borovnic ali pa bi izvedli meritve ločeno za kožico in pulpo plodov. Poskus bi lahko ponovili nekaj let zapored, saj se leta med seboj razlikujejo v temperaturah zraka, tal, količini padavin itd., kar naj bi vplivalo na vsebnost snovi v plodovih.

7 POVZETEK

Leta 2013 smo izvedli poskus na ameriških borovnicah. V nasadu na Ljubljanskem barju, natančneje, na Drenovem Griču, smo nabrali plodove ameriških borovnic treh sort, 'Bluecrop', 'Coville' in 'Duke', ki so se razlikovali po stopnjah zrelosti, in sicer, nezrele plodove, plodove pred tehnološko zrelostjo, tehnološko zrele plodove in prezrele plodove. Plodove smo označili ter zamrznili. Analizirali smo vsebnost sladkorjev (skupni sladkorji, glukoza, fruktoza), organskih kislin (skupne organske kisline, citronska in jabolčna kislina), fenolnih spojin (antociani, hidroksicimetne kisline, flavanoli, flavonoli, depsidi, hidroksibenzojske kisline) ter barvo.

V poskusu smo raziskali kako zorenje plodov ameriške borovnice vpliva na spreminjanje barve, vsebnosti sladkorjev, organskih kislin, fenolov in antocianov ter kakšne so razlike med sortami.

Barvo smo izmerili s kolorimetrom. Iz vzorcev smo ekstrahirali sladkorje, organske kisline ter fenolne spojine, nato smo izvedli tekočinska kromatografija visoke ločljivosti - HPLC.

Plodovi z dozorevanjem postajajo temnejše in manj žive barve. Sorti 'Bluecrop' in 'Coville' imata najbolj svetle plodove in plodove živih barv. Vsebnost sladkorjev z dozorevanjem narašča. Obratno je z vsebnostjo organskih kislin, ki se z dozorevanjem plodov zmanjšuje. Največjo vsebnost sladkorjev in kislin imajo plodovi sorte 'Coville'. Večje razmerje med sladkorji in organskimi kislinami pomeni večjo sladkost, torej sklepamo, da so plodovi sort 'Bluecrop' in 'Duke' bolj sladki.

Med fenolnimi spojinami v plodovih imajo največji delež flavanoli. Vsebnost hidroksicimetnih kislin, flavanolov in flavonolov se v plodovih z dozorevanjem zmanjšuje, depsidov pa raste. Vsebnost antocianov se z dozorevanjem plodov povečuje do tehnološke zrelosti. Največjo vsebnost antocianov smo izmerili pri sorti 'Duke'. Glaven antocianin v plodovih je delfinidin-3-galaktozid, nekoliko manj je glikozidov petunidina.

Podatke o vsebnosti sladkorjev, organskih kislin ali antocianinov bi lahko uporabili za napoved tehnološke zrelosti plodov ameriške borovnice. Za nadgradnjo raziskave bi lahko poskus ponovili več let zapored, saj se vremenske razmere med leti razlikujejo. Vsebnost vseh omenjenih metabolitov bi lahko primerjali s plodovi gozdnih borovnic ali pa bi izvedli meritve ločeno za kožico in pulpo plodov.

8 VIRI

- ARSO. Agencija Republike Slovenije za okolje. Meteo.arso.gov.si.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEb vE9ydlJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNW ahxXY8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf;>
(12.3.2014)
- Ayaz F. A., Kadioglu A., Bertoft E., Acar C., Turna I. 2001. Effect of fruit maturation on sugar and organic acid composition in two blueberries (*Vaccinium arctostaphylos* and *V. myrtillus*) native to Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 29: 137-141
- Castrejon A. D. R., Eichholz I., Rohn S., Kroh L. W., Huyskens-Keil S. 2008. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. Food Chemistry, 109: 564-572
- Colarič M., Veberič R., Štampar 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, 85: 2611-2616
- Crozier A., Jaganath I. B., Clifford M. N. 2009. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. Natural Product Reports, 26: 1001 - 1043
- Giovanelli G., Buratti S. 2009. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. Food Chemistry, 112: 903-908
- Glew R. H., Ayaz F. A., Sanz C., Vander Jagt D. J., Huang H.-S., Chuang L.-T., Strnad M., 2003. Changes in sugars, organic acids and amino acids in medlar (*Mespilus germanica* L.) during fruit development and maturation. Food Chemistry, 83: 363-369
- Google Zemlja.
<https://www.google.si/maps/@45.9938438,14.3428668,658m/data=!3m1!1e3>
(15.4.2014)
- Gutzeit H. O., Ludwig-Mueller J. 2014. Plant Natural Products. 1. Izd. Weinheim, Wiley-Blackwell: 434 str.
- Häkkinen S. H., Törrönen A. R., 2000. Content of flavonols in selected phenolic acids in strawberries in *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. Food Research International, 33: 517-524
- Horvat Ž. [2014]. HPLC Nekaj osnov. <http://www.scribd.com/doc/15501111/HPLC-Nekaj-Osnov-> (9.4.2014)
- Koron D. 2011. Jagodičje: gojenje in uporaba. 1. izd. Ljubljana, Kmečki glas: 122 str.

- Lancaster J. E., Lister C. E., Reay P. F., Triggs C. M. 1997. Influence of Pigment Composition on Skin Color in a Wide Range of Fruit and Vegetables. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122: 594-598
- Lopez Camelo A. F. 2004. Manual for the preparation and sale of fruits and vegetables. From field to market. Rim, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 153 str.
- Mikulič-Petkovšek M., Schmitzer V., Slatnar A., Štampar F., Veberič R. 2012. Composition of Sugars, Organic Acids, and Total Phenolics in 25 Wild or Cultivated Berry Species. *Journal of Food Science*, 77, 10: 1064-107
- Mikulič-Petkovšek M., Štampar F., Veberič R. 2007. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 114: 37-44
- Montero T. M., Molla E. M., Esteban R. M., Lopez-Andreu F. J. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae*, 65: 239-250
- Može Š., Polak T., Gašperlin L., Koron D., Vanzo A., Poklar Ulrih N., Abram V. 2011. Phenolics in Slovenian Bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 13: 6998-7004
- Oblak M. 1996. Ameriške borovnice: razvoj rastline in gojenje. 1. izd. Ljubljana, Kmečki glas: 122 str.
- Reynertson K. A., Wallace A. M., Adachi S., Gil R. R., Yang H., Basile M. J., D'Armiento J., Weinstein I. B., Kennelly E. J., 2006. Bioactive Depsides and Anthocyanins from Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*). *Journal of Natural Products*, 69, 8: 1228-1230
- Schwinn K. E., Davies K. M. 2004. Flavonoids. Plant pigments and their manipulation. *Annual Plant Reviews*, 14: 92-149
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2009. Sadjarstvo. 2. Izd. Ljubljana, Kmečki glas: 416 str.
- Taruscio T. G., Barney D. L., Exon J. 2004. Content and Profile of Flavonoid and Phenolic Acid Compounds in Conjunction with the Antioxidant Capacity for a Variety of Northwest Vaccinium Berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 3169 - 3176
- Tosun I., Sule Ustun N., Tekguler B. 2008. Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits. *Scientia Agricola*, 65, 1: 87-90
- Usenik V., Kastelec D., Veberič R., Štampar F. 2008. Quality changes during ripening of plums (*Prunus domestica* L.), *Food Chemistry*, 111, 4: 830-836

- Usenik V., Štampar F., Kastelec D. 2012. Phytochemicals in fruits of two *Prunus domestica* L. plum cultivars during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 681-692
- Veberič R. 2010. Bioactive compounds in fruit plants. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2712/Bioactive_compounds_in_fruit_plants_-_Veberic.pdf (10.4.2014)
- Veberič R., Zadavec P., Štampar F. 2007. Fruit quality of 'Fuji' apple (*Malus domestica* Borkh.) strains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 593-599
- Wang S. Y., Chen C. T., Sciarappa W., Wang C. Y., Camp M. J. 2008. Fruit Quality, Antioxidant Capacity, and Flavonoid Content of Organically and Conventionally Grown Blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 5788-5794

ZAHVALA

Za spodbudo in strokovno pomoč pri nastajanju magistrskega dela se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Robertu VEBERČU in dr. Maji MIKULIČ-PETKOVŠEK.

Za pregled dela se zahvaljujem predsedniku komisije prof. dr. Francu BATIČU ter članici komisije doc. dr. Ireni MAČEK.

Za pomoč pri statistični analizi se zahvaljujem doc. dr. Damijani KASTELEC.

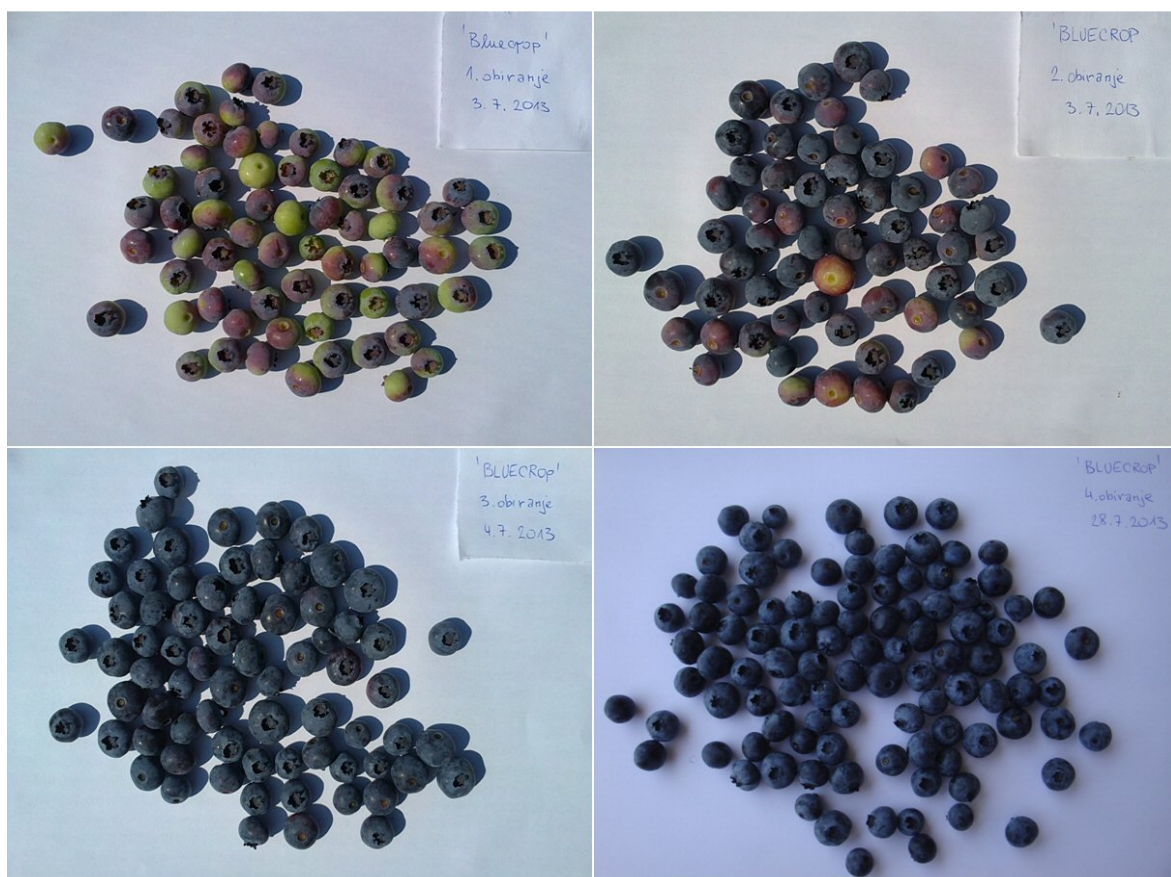
Za nasvete in dovoljenje za opravljanje poskusa v nasadu se zahvaljujem gospodu Ferdinandu LAVRINCU.

Za vso pozitivno energijo se zahvaljujem svojim najbližjim.

PRILOGE

Priloga A

Faze obiranja sorte 'Bluecrop'



Priloga B

Faze obiranja sorte 'Coville'



Priloga C

Faze obiranja sorte 'Duke'



Priloga D

Povprečne vsebnosti posameznih snovi v plodovih $\pm$ standardna napaka glede na sorto

Vsebnost snovi / sorta	'Bluecrop'	'Coville'	'Duke'
Barva			
L (svetlost barve)	24,37 $\pm$ 0,70 a	24,59 $\pm$ 0,71 a	22,6 $\pm$ 0,56 b
C (nasičenost barve)	12,62 $\pm$ 1,05 ab	13,89 $\pm$ 1,36 a	10,64 $\pm$ 1,23 b
h [°] (barvni ton)	124,94 $\pm$ 20,71 a	109,28 $\pm$ 15,53 a	123,21 $\pm$ 23,70 a
Sladkorji [g/kg sveže mase]			
Skupni sladkorji	77,72 $\pm$ 2,85 ab	85,1 $\pm$ 4,34 a	69,79 $\pm$ 1,73 b
Glukoza	39,10 $\pm$ 1,45 a	40,08 $\pm$ 2,90 a	34,49 $\pm$ 0,77 a
Fruktoza	38,63 $\pm$ 1,42 b	45,02 $\pm$ 1,64 a	35,30 $\pm$ 1,04 b
Organske kisline [g/kg sveže mase]			
Skupne kisline	12,41 $\pm$ 0,52 b	19,07 $\pm$ 0,65 a	11,08 $\pm$ 0,31 b
Citronska kislina	11,00 $\pm$ 0,42 b	17,27 $\pm$ 0,58 a	9,89 $\pm$ 0,27 b
Jabolčna kislina	1,38 $\pm$ 0,10 ab	1,75 $\pm$ 0,09 a	1,13 $\pm$ 0,04 b
Fenolne spojine [mg/kg vzorca]			
Hidroksibenzojske kisline	1,95 $\pm$ 0,35 b	4,98 $\pm$ 0,61 a	2,86 $\pm$ 0,41 b
Flavanoli	1580 $\pm$ 142,82 a	1783 $\pm$ 147,35 a	1682 $\pm$ 51,48 a
Depsidi	101,00 $\pm$ 18,19 b	131,4 $\pm$ 18,47 ab	142,8 $\pm$ 10,56 a
Hidroksicimetne kisline	519,19 $\pm$ 54,50 a	612,7 $\pm$ 56,14 a	565,4 $\pm$ 13,00 a
Flavonoli	149,10 $\pm$ 7,57 b	164 $\pm$ 8,00 b	216,4 $\pm$ 4,75 a
<u>Antociani</u>	84,91 $\pm$ 4,66 b	136,8 $\pm$ 10,01 b	242,5 $\pm$ 13,51 a
Cianidin-3-glukozid	6,02 $\pm$ 6,45 a	2,55 $\pm$ 0,50 b	3,86 $\pm$ 0,61 ab
Delfinidin-3-galaktozid	45,56 $\pm$ 12,26 b	81,62 $\pm$ 15,61 b	165 $\pm$ 30,02 a
Peonidin-3-galaktozid	2,7 $\pm$ 0,53 b	0,08 $\pm$ 0,01 b	4,58 $\pm$ 0,84 a
Petunidin-3-arabinozid	8,21 $\pm$ 2,12 a	12,3 $\pm$ 2,49 a	10,13 $\pm$ 1,58 a
Petunidin-3-galaktozid	11,55 $\pm$ 2,32 a	7,60 $\pm$ 1,53 a	12,82 $\pm$ 2,30 a
Petunidin-3-glukozid	11,60 $\pm$ 2,80 c	32,32 $\pm$ 6,44 b	56,91 $\pm$ 8,50 a
Petunidin-3-O-6"-acetilglukozid	0,57 $\pm$ 0,19 a	0,32 $\pm$ 0,13 ab	0,16 $\pm$ 0,66 b

Priloga E

Povprečne vsebnosti posameznih snovi v plodovih $\pm$ standardna napaka glede na stopnjo zrelosti

Vsebnost snovi / zrelost	Faza nezrelih plodov	Faza pred tehnološko zrelostjo	Tehnološko zreli plodovi	Prezreli plodovi
Barva				
L (svetlost barve)	29,84 $\pm$ 0,84 a	22,84 $\pm$ 0,61 b	21,95 $\pm$ 0,68 b	20,78 $\pm$ 0,50 c
C (nasičenost barve)	20,28 $\pm$ 0,95 a	16,63 $\pm$ 1,10 b	8,56 $\pm$ 1,74 c	4,05 $\pm$ 1,08 d
h [°] (barvni ton)	18,37 $\pm$ 2,78 c	59,23 $\pm$ 19,89 b	218,89 $\pm$ 28,54 a	180,09 $\pm$ 28,70 a
Sladkorji [g/kg sveže mase]				
Skupni sladkorji	60,96 $\pm$ 3,65 c	75,47 $\pm$ 2,20 b	86,98 $\pm$ 2,43 a	86,74 $\pm$ 3,60 a
Glukoza	28,13 $\pm$ 2,73 c	37,44 $\pm$ 1,12 b	43,09 $\pm$ 1,15 a	42,90 $\pm$ 1,83 a
Fruktoza	32,83 $\pm$ 1,10 c	38,08 $\pm$ 1,16 b	43,89 $\pm$ 1,39 a	43,84 $\pm$ 1,81 a
Organske kisline [g/kg sveže mase]				
Skupne kisline	21,03 $\pm$ 0,34 a	15,03 $\pm$ 0,44 b	11,01 $\pm$ 0,64 c	9,67 $\pm$ 0,56 c
Citronska kislina	18,76 $\pm$ 0,24 b	13,88 $\pm$ 0,38 b	9,85 $\pm$ 0,55 c	8,39 $\pm$ 0,51 c
Jabolčna kislina	2,21 $\pm$ 0,11 a	1,10 $\pm$ 0,61 b	1,13 $\pm$ 0,09 b	1,26 $\pm$ 0,06 b
Fenolne spojine [mg/kg vzorca]				
Hidroksibenzojske kisline	2,63 $\pm$ 0,26 a	2,83 $\pm$ 0,39 a	3,95 $\pm$ 0,40 a	3,55 $\pm$ 0,77 a
Flavanoli	1919 $\pm$ 87,77 a	1705 $\pm$ 107,16 a	1817 $\pm$ 99,22 a	1200 $\pm$ 161,39 b
Depsidi	99,6 $\pm$ 10,58 b	103,7 $\pm$ 13,02 b	163,4 $\pm$ 16,20 a	131,3 $\pm$ 23,17 ab
Hidroksicimetne kisline	614,6 $\pm$ 29,75 a	559,9 $\pm$ 38,24 a	652 $\pm$ 39,53 a	407,9 $\pm$ 57,35 b
Flavonoli	195,5 $\pm$ 6,98 a	192,04 $\pm$ 7,65 a	189,93 $\pm$ 6,91 a	111,9 $\pm$ 5,56 b
<i>Antociani</i>	33,39 $\pm$ 2,15 c	135 $\pm$ 5,80 b	256,7 $\pm$ 11,57 a	184,3 $\pm$ 18,06 ab
Cianidin-3-glukozid	1,96 $\pm$ 0,81 b	3,27 $\pm$ 0,94 b	7,07 $\pm$ 2,18 a	4,96 $\pm$ 1,01 ab
Delfinidin-3-galaktozid	19,28 $\pm$ 2,96 c	85,38 $\pm$ 10,21 b	156,5 $\pm$ 29,10 a	107,5 $\pm$ 34,92 ab
Peonidin-3-galaktozid	0,55 $\pm$ 0,19 c	1,79 $\pm$ 0,36 bc	4,24 $\pm$ 0,92 a	3,31 $\pm$ 0,37 ab
Petunidin-3-arabinozid	2,01 $\pm$ 0,56 c	7,57 $\pm$ 1,60 b	17,16 $\pm$ 2,54 a	15,84 $\pm$ 3,56 a
Petunidin-3-galaktozid	3,29 $\pm$ 0,89 c	8,98 $\pm$ 1,29 b	18,04 $\pm$ 3,36 a	13,28 $\pm$ 2,66 b
Petunidin-3-glukozid	7,50 $\pm$ 2,43 c	27,67 $\pm$ 4,44 bc	54,81 $\pm$ 10,66 a	40,98 $\pm$ 6,13 ab
Petunidin-3-O-6"-acetilglukozid	0,17 $\pm$ 0,10 b	0,29 $\pm$ 0,14 b	0,76 $\pm$ 0,17 a	0,26 $\pm$ 0,10 b