

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jasmina HORVAT

**VSEBNOST ANTOCIANOV IN DRUGIH FENOLNIH
SNOVI V POGANJKIH ŠPARGLJEV (*Asparagus
officinalis* L.) RAZLIČNIH SORT**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jasmina HORVAT

**VSEBNOST ANTOCIANOV IN DRUGIH FENOLNIH SNOVI V
POGANJKIH ŠPARGLJEV (*Asparagus officinalis* L.) RAZLIČNIH SORT**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja

**THE CONTENT OF ANTHOCYANS AND OTHER PHENOLIC
SUBSTANCES IN ASPARAGUS (*Asparagus officinalis* L.) SPEARS OF
DIFFERENT VARIETIES**

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 vrtnarstvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorico magistrskega dela imenovala prof. dr. Marijano JAKŠE, za somentorja pa prof. dr. Roberta VEBERIČA.

Komisija za oceno in zagovor:

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

Članica: prof. dr. Marijana JAKŠE
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

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

Član: prof. dr. Dominik VODNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Magistrsko delo je rezultat lastnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega magistrskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Jasmina Horvat

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 635.31:631.526.32:547.6:547.9(043.2)
KG	špargelj/beluš/ <i>Asparagus</i> /sorte/fenoli/antociani/flavonoli/flavoni/hidroksicimetne kisline/organske kisline/sladkorji/h°/L*
AV	HORVAT, Jasmina
SA	JAKŠE, Marijana (mentorica)/VEBERIČ, Robert (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2014
IN	VSEBNOST ANTOCIANOV IN DRUGIH FENOLNIH SNOVI V POGANJKIH ŠPARGLJEV (<i>Asparagus officinalis</i> L.) RAZLIČNIH SORT
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)
OP	XI, 50, [5] str., 13 pregl., 9 sl., 3 pril., 69 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Špargelj (<i>Asparagus officinalis</i> L.) je vrtnina, ki postaja vse bolj priljubljena med potrošniki zaradi vsebnosti številnih naravnih snovi, ki imajo zdravilni učinek na ljudi, šparglju pa dajejo specifičen vonj in okus. V našem poskusu smo želeli preveriti, kako se vsebnosti nekaterih snovi razlikujejo med hibridnimi sortami 'Dariana', 'Ariane', 'Viridas', 'Primaverde', 'Mondeo', 'Darsiane', 'Burgundine' in 'Pacific Purple'. Vsebnosti smo primerjali še glede na del poganjkov (vrh, sredina, baza). S HPLC analizo smo določili vsebnosti sladkorjev, organskih kislin, antocianov, flavonolov, flavonov in hidroksicimetnih kislin. V vzorcih smo identificirali 3 antociane (cianidin 3-glukozid-ramnozid-5-glukozid, cianidin 3-rutinozid, peonidin 3-rutinozid). Vsebnost skupnih fenolov smo določili po metodi Folin-Ciocalteu reagenta. Vsebnost skupnih fenolov je pri različnih sortah med 445,3 in 685,8 mg GAE/kg SM. Primerjali smo še kolorimetrične parametre a*, b*, h° in L*. Ugotovili smo, da med sortami ni statistično značilnih razlik v vsebnosti organskih kislin, sladkorjev in hidroksicimetnih kislin. Vsebnost antocianov je največja v vijoličnih sortah. Vsebnost flavonolov, flavonov, hidroksicimetnih kislin in skupnih fenolov ni barvno pogojena. V vseh sortah je prevladovala vsebnost flavonolov (154,5-252,5 mg/kg SM). Vsebnost organskih kislin in fenolnih snovi se povečuje od baze proti vrhu poganjkov. Izjema so antociani, katerih vsebnost je bila statistično značilno večja v bazalnem delu. Vsebnost sladkorjev narašča od vrha proti bazi poganjkov. Poganjke sorte 'Dariana' smo primerjali na 2 lokacijah: »Boščeča« in »Združena«. Ugotovili smo, da se vsebnosti vseh snovi in parametri v poganjkih sorte 'Dariana' med obema lokacijama ne razlikujejo, z izjemo flavonov, katerih vsebnost je na lokaciji »Združena« statistično značilno večja kot na lokaciji »Boščeča«.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du2
DC UDC 635.31:631.526.32:547.6:547.9(043.2)
CX *Asparagus*/varieties/phenols/anthocyanins/flavonols/flavones/hydroxycinnamic acids/organic acids/sugars/h°/L*
AU HORVAT, Jasmina
AA JAKŠE, Marijana (supervisor)/VEBERIČ, Robert (co-advisor)
PP SI-1000, Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2014
TI THE CONTENT OF ANTHOCYANS AND OTHER PHENOLIC SUBSTANCES IN ASPARAGUS (*Asparagus officinalis* L.) SPEARS OF DIFFERENT VARIETIES
DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
NO XI, 50, [5] p., 13 tab., 9 fig., 3 ann., 69 ref.
LA sl
Al sl/en
AB *Asparagus* (*Asparagus officinalis* L.) is a vegetable which popularity is growing among consumers because it contains numerous natural substances which have a beneficial effect on human health and give a distinctive aroma and taste to asparagus. The purpose of our experiment was to examine how the content of certain substances varies between hybrid varieties 'Dariana', 'Ariane', 'Viridas', 'Primaverde', 'Mondeo', 'Darsiane', 'Burgundine' and 'Pacific Purple'. We also compared the content in relation to different parts of spears (the tip, the middle and the base). We determined the content of sugars, organic acids, anthocyanins, flavonols, flavones and hydroxycinnamic acids by means of HPLC analysis. We identified 3 anthocyanins in the samples (cyanidin-3-glucoside-rhamnosyl-5-glucoside, cyanidin-3-rutinoside and peonidin-3-rutinoside). We determined the content of total phenols following the Folin-Ciocalteu reagent method. The content of total phenols ranged between 445.3 and 685.8 GAE/kg FW among cultivars. We also compared the colorimetric parameters a*, b*, h° and L*. We found out that there are no statistically significant differences in the content of organic acids, sugars and hydroxycinnamic acids between cultivars. The highest anthocyanin content is found in purple cultivars. The content of flavonols, flavones, hydroxycinnamic acids and total phenols does not depend on colour. The flavonol content was prevalent in all cultivars (154.5-252.5 mg/kg FW). The content of organic acids and phenolic substances increases from the base to the tip of spears, with the exception of anthocyanins, whose content was statistically significantly higher in the basal part. The content of sugars increases from the tip to the base of spears. We compared the spears of the 'Dariana' cultivar in 2 locations: "Boščeča" and "Združena". We found out that the content of all substances and the parameters in the spears of the 'Dariana' cultivar do not differ between the two locations, with the exception of flavones, whose content in the location "Združena" is statistically significantly higher than the one in the location "Boščeča".

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PRILOG	X
SEZNAM OKRAJŠAV	XI
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 NAMEN RAZISKAVE	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 NAVADNI ŠPARGELJ (<i>Asparagus officinalis</i> L.) ALI NAVADNI BELUŠ	3
2.1.1 Morfološke značilnosti šparglja	4
2.1.2 Rastne zahteve navadnega šparglja	5
2.1.3 Pridelava šparglja v svetu	6
2.1.4 Pridelava v Sloveniji	6
2.2 KEMIČNA SESTAVA ŠPARGLJA	7
2.3 FENOLI	9
2.3.1 Flavonoidi	10
2.3.2 Fenolne kisline	12
3 MATERIAL IN METODE DELA	13
3.1 RASTLINSKI MATERIAL	13
3.2 ANALIZA TAL	15
3.3 VREMENSKE RAZMERE V RASTNI DOBI 2012–2013	15
3.4 METODA DELA	16
3.4.1 Zasnova poskusa	16
3.4.2 Merjenje barve poganjkov	17
3.4.3 Ekstrakcija sladkorjev in organskih kislin	18
3.4.4 Ekstrakcija fenolnih snovi	18
3.4.5 Analiza in identifikacija posameznih komponent v vzorcih	18
3.4.5.1 HPLC analiza sladkorjev in organskih kislin	19
3.4.5.2 HPLC analiza fenolnih snovi	19
3.4.6 Analiza skupnih fenolov z uporabo Folin–Ciocalteu reagenta	20
3.4.7 Statistična analiza	20

4	REZULTATI	21
4.1	PRIMERJAVA CELIH POGANJKOV SORTE 'DARIANA' NA DVEH RAZLIČNIH LOKACIJAH	21
4.2	PRIMERJAVA GLEDE NA RAZLIČNE SORTE IN GLEDE NA RAZLIČNE DELE POGANJKOV ŠPARGLJA	22
4.2.1	Kolorimetrični parametri	22
4.2.1.1	Povezanost kolorimetričnih parametrov z vsebnostjo skupnih antocianov	24
4.2.2	Skupne organske kisline, skupni sladkorji in razmerje med sladkorji in kislinami	25
4.2.3	Skupni fenoli	26
4.2.4	Skupni antociani, flavonoli, flavoni in hidroksicimetne kisline	27
4.2.5	Posamezni antociani	30
5	RAZPRAVA	33
5.1	KOLORIMETRIČNI PARAMETRI	33
5.1.1	Povezanost kolorimetričnih parametrov z vsebnostjo skupnih antocianov	34
5.2	ORGANSKE KISLINE	35
5.3	SLADKORJI	35
5.4	RAZMERJE SLADKORJI/KISLINE	36
5.5	SKUPNI FENOLI	36
5.6	FLAVONOLI IN FLAVONI	38
5.7	ANTOCIANI	39
5.9	FENOLNE KISLINE	41
6	SKLEPI	42
7	POVZETEK	44
8	VIRI	45
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Kemična sestava šparglja (mg/100 g SM) (Černe in Kacjan Maršič, 2002; USDA, 2014)	7
Preglednica 2: Klasifikacija fenolnih snovi glede na število C-atomov (Abram in Simčič, 1997)	9
Preglednica 3: Rezultati talne analize na izbranih lokacijah "Bošteča" in "Združena" (MI-meljasta ilovica, I-ilovica)	15
Preglednica 4: Povprečne mesečne temperature (°C) in povprečne mesečne padavine (mm) za obdobje junij 2012-maj 2013 iz meteorološke postaje Ljubljana-Bežigrad (ARSO, 2012, 2013).	16
Preglednica 5: Vrednosti kolorimetričnih parametrov h° in L^{*} , skupnih sladkorjev (g/kg SM), skupnih kislin (g/kg SM), razmerja sladkorji/kislina ter skupnih fenolov (mg GAE/kg) v celih poganjkih sorte 'Dariana' na 2 lokacijah. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Enake črke v stolpcih pomenijo, da med obema lokacijama ni statistično značilnih razlik ($p \leq 0,05$).	21
Preglednica 6: Vsebnosti posameznih skupin fenolnih snovi (mg/kg SM) v celih poganjkih sorte 'Dariana' na 2 lokacijah. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike med lokacijama ($p \leq 0,05$).	21
Preglednica 7: Vrednosti kolorimetričnih parametrov h° (barvni ton) in L^{*} (svetlost barve) v celih poganjkih različnih sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).	23
Preglednica 8 : Vrednosti kolorimetričnih parametrov (a^{*} , b^{*} , h° in L^{*}) in vsebnost skupnih antocianov (mg/kg) glede na del pogankov (vrh, sredina, baza) v 8 sortah šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike po sortah ($p \leq 0,05$) (V-vrh, Sr-sredina, B-baza).	24
Preglednica 9: Vsebnosti skupnih kislin (g/kg), skupnih sladkorjev (g/kg) in razmerje sladkorjev in kislin v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).	25
Preglednica 10: Vsebnosti skupnih fenolov (mg GAE/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).	26

Preglednica 11: Vsebnosti skupnih antocianov (mg/kg), skupnih flavonolov (mg/kg) in skupnih hidroksicimetnih kislin (mg/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$). 27

Preglednica 12: Vsebnosti skupnih flavonov (mg/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Rezultati za sorto 'Dariana' so prikazani ločeno za obe lokaciji (B=»Boščeča«, Z=»Združena«). Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$). 29

Preglednica 13: Vsebnost antociana cianidin 3-glukozid-ramnozid-5-glukozid in antociana cianidin 3-rutinozid v mg cianidin 3-galaktozida/kg ter antociana peonidin 3-rutinozid v mg peonidin glukozida/kg v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$). 30

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Osnovna struktura flavonoidov (Vasco, 2009)	10
Slika 2: Osnovna struktura flavonolov, flavonov in antocianidinov (Robards, 2003)	10
Slika 3: Osnovna struktura hidroksibenzojskih in hidroksicimetnih kislin (Robards, 2003)	12
Slika 4: Prikaz razrezanega poganjka sorte 'Dariana' (foto: Jasmina Horvat, 2013)	17
Slika 5: CIE LAB barvni prostor (Globalspec ..., 2014)	17
Slika 6: Povprečne vsebnosti skupnih kislin (g/kg), skupnih sladkorjev (g/kg) in razmerje sladkorjev in kislin v vrhu, sredini in bazi poganjkov šparglja ne glede na sorto. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).	26
Slika 7: Povprečne vsebnosti skupnih antocianov (mg/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).	28
Slika 8: Povprečne vsebnosti skupnih flavonolov (mg/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).	28
Slika 9: Povprečna vsebnost antociana peonidin 3-rutinozid v mg peonidin glukozida/kg v celih poganjkih 8 sort šparglja. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).	32

KAZALO PRILOG

- Priloga A1: Skupne površine (ha), skupni pridelek (t) in hektarski pridelek (t/ha) šparglja v večjih svetovnih pridelovalkah šparglja v letu 2012 (FAOSTAT, 2014).
- Priloga A2: Skupna površina, površina rodnih, nerodnih, beljenih in zelenih špargljev (ha), hektarski pridelek (t/ha), skupni pridelek (t) ter število pridelovalcev špargljev v Sloveniji v letih 2000, 2003, 2011, 2012 in 2013 (SURSTAT, 2014).
- Priloga B: Slikovni prikaz lokacije »Boščeča« in lokacije »Združena« v Savljah ob Nemški cesti v Ljubljani (foto: Jasmina Horvat)
- Priloga C1: Razsevni grafikon, ki prikazuje povezanost med vsebnostjo skupnih antocianov (mg/kg) in kolorimetričnega parametra h° v poganjkih špargljev.
- Priloga C2: Razsevni grafikon, ki prikazuje povezanost med vsebnostjo skupnih antocianov (mg/kg) in kolorimetričnega parametra L^* v poganjkih špargljev.
- Priloga C3: Razsevni grafikon, ki prikazuje povezanost med vsebnostjo skupnih antocianov (mg/kg) in kolorimetričnega parametra a^* v poganjkih špargljev.
- Priloga C4: Razsevni grafikon, ki prikazuje povezanost med vsebnostjo skupnih antocianov (mg/kg) in kolorimetričnega parametra b^* v poganjkih špargljev.

SEZNAM OKRAJŠAV

Okrajšava	Pomen
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti
GAE	galna kislina
F1	hibrid
SM	sveža masa
USDA	United States Department of Agriculture
FAO	Food and Agricultural Organization of United Nations

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Na pomen zelenjave v človeški prehrani vpliva veliko dejavnikov. Poleg okusa, teksture in izgleda zelenjave postaja vedno bolj pomemben tudi njen zdravilni učinek.

Navadni špargelj (*Asparagus officinalis* L.) je vse bolj priljubljena vrtnina z veliko vsebnostjo bioaktivnih snovi, ki imajo zaradi svojega antioksidativnega delovanja pozitiven učinek na zdravje ljudi. Špargelj je bogat s flavonoidi (rutin in antociani), drugimi polifenolnimi spojinami in saponini (Maeda in sod., 2008).

Pri zelenih sortah šparglja se velikokrat pojavi rdečkasto oz. vijoličasto obarvanje poganjkov, kar je posledica nakopičenja antocianov v vodnih vakuolah. Tako obarvanje poganjkov je bilo do nedavnega nezaželeno, saj so bili taki poganjki tržno manj zanimivi. Glede na vse večje poudarjanje pomena človeku koristnih snovi v sadju in zelenjavi je možno, da bodo vijolične sorte šparglja, ki vsebujejo večje količine antocianov, v prihodnosti tržno bolj zanimive.

O vsebnosti fenolnih snovi v poganjkih šparglja je bilo objavljenih kar nekaj raziskav, vendar si nekateri rezultati teh raziskav nasprotujejo. Poleg tega pa je malo raziskav o razlikah v vsebnosti različnih antocianov glede na različne sorte in dele poganjkov šparglja.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

V nalogi želimo s pomočjo kemične analize določiti vsebnosti antocianov in drugih fenolnih snovi (flavonolov, flavonov in hidroksicimetnih kislin) v poganjkih različnih sort šparglja, ki so zastopane pri slovenskih pridelovalcih. Razlike v vsebnosti nas zanimajo predvsem med mladimi poganjki zelenih in vijoličnih sort šparglja.

Prav tako želimo ugotoviti, ali obstajajo razlike v vsebnosti fenolnih snovi v različnih delih poganjkov. Zanima nas, ali je zastopanost in količina posameznih skupin fenolnih snovi v vrhu, sredini in bazi poganjkov enaka.

Obenem nas zanima ali se vsebnost fenolnih snovi, organskih kislin in sladkorjev pri hibridni sorti 'Dariana' razlikuje na dveh izbranih lokacijah »Boščeča« in »Združena«.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

V nalogi smo predvidevali, da se različne sorte šparglja med seboj razlikujejo v vsebnosti antocianov, flavonolov, flavonov in hidroksicimetnih kislin. Prav tako predpostavljamo, da je v poganjkih različnih sort različna vsebnost sladkorjev in organskih kislin.

Predvidevamo, da je vsebnost fenolnih snovi (antocianov, flavonolov, flavonov, hidroksicimetnih kislin), sladkorjev in organskih kislin, v različnih delih poganjkov šparglja (vrh, sredina, baza), različna.

Predvidevamo, da lokacija ne vpliva na vsebnost antocianov, flavonolov, hidroksicimetnih kislin, flavonov, sladkorjev in organskih kislin v poganjkih špargljev sorte 'Dariana'.

2 PREGLED OBJAV

2.1 NAVADNI ŠPARGELJ (*Asparagus officinalis* L.) ALI NAVADNI BELUŠ

Botanično špargelj uvrščamo v kraljestvo rastlin (Plantae), deblo semenk (Magnoliophyta), razred enokaličnic (Liliopsida), red beluševcev (Asparagales), družino beluševk (Asparagaceae) in rod belušev (*Asparagus*). Družina Asparagaceae zajema okrog 370 vrst zelnatih trajnic, lesnatih grmovnic in ovijalk (Watson in Dallwitz, 1992). V družino Asparagaceae uvrščamo dva rodova: *Asparagus* in *Hemiphyllacus* (Kanno in Yokoyama, 2011).

Carl Linnaeus je v knjigi »*Species Plantarum*« leta 1753 omenil rod *Asparagus*, v katerega je takrat vključil 12 vrst. Vse do danes so opisali okrog 400 taksonov, ki bi naj pripadali rodu *Asparagus*. Od teh jih je okrog 210 uradno priznanih kot vrsta (Kanno in Yokoyama, 2011).

Clifford in Conran (1987) delita rod *Asparagus* v tri podrodove: *Asparagus*, *Protoasparagus* in *Myrsiphyllum* (cit. po Lopez Anido in Cointy, 2008). Podrod *Asparagus* zajema vse vrste, ki so dvodomne, imajo enospolne cvetove. Ostala podrodova *Myrsiphyllum* in *Protoasparagus* zajemata hermafroditne vrste, ki izvirajo iz območja Južne Afrike, kjer se nahaja več kot polovica vseh vrst. Med posameznimi vrstami obstaja velika različnost. Relativno bogata flora iz rodu *Asparagus* se nahaja tudi na območju Evroazije (Evropa in Kitajska) (Kanno in Yokoyama, 2011).

Mnoge vrste iz rodu *Asparagus* imajo ekonomsko vrednost zaradi okrasnega ali zdravilnega učinka. Prav tako imajo velik pomen kot okusna zelenjadnica v prehrani ljudi, ki so že v preteklosti nabirali mlade poganjke divjih špargljev (*Asparagus acutifolius* L., *Asparagus maritimus* (L.) Miller). Edina kultivirana vrsta šparglja, ki se v svetovnem merilu uporablja za pridelavo mladih obeljenih ali zelenih poganjkov, je navadni špargelj (*Asparagus officinalis* L.), ki izvira iz območja Črnega morja in Kavkaza (Lopez Anido in Cointy, 2008). V nalogi namesto botaničnega imena »navadni beluš« uporabljamo izraz »špargelj«, ki je pri agronomih uveljavljen izraz.

2.1.1 Morfološke značilnosti šparglja

Špargelj uvrščamo med trajnice. Trajni podzemni del rastline predstavlja podzemno steblo oz. rizom, ki ima simpodialno razrast in zelo kratke internodije. Na njem so razporejeni brsti, iz katerih rastejo poganjki (Černe, 2002).

Primarne korenine so odebeljene in imajo založno funkcijo. Iz njih izraščajo sekundarne absorpcijske korenine, ki iz tal črpajo hranilne snovi in vodo (Lopez Anido in Cointry, 2008). Koreninski sistem se lahko razvije tudi do globine 5 metrov. Vsako leto poženejo nove korenine nad že obstoječimi, kar pomeni, da se celotna rastlina počasi dviguje (Černe, 2002).

Iz brstov na zgornji strani rizoma se razvijajo poganjki, ki predstavljajo užiten del rastline. Pobiramo 18–25 cm dolge poganjke, na katerih so spiralno nameščeni pravi listi. Ko je sezona pobiranja zaključena, poganjki, ki smo jih pustili na rastlini, nadaljujejo rast in se razrastejo v grmičasto obliko (Lopez Anido in Cointry, 2008). Na stranskih poganjkih iz pazduh pravih listov poženejo stranski poganjki, ki jih imenujemo filokladiji. To so spremenjeni stranski poganjki z omejeno rastjo v katerih poteka asimilacija. Filokladiji so igličaste oblike s premerom 0,5 mm in dolžino 2 cm. Prilagojeni so sušnim razmeram. Na njih so listne reže s celicami zapiralkami, ki vsebujejo kloroplaste (Černe, 2002). Nadzemni del rastline asimilira in zagotavlja rastlini dovolj ogljikovih hidratov in rezervnih snovi za prezimitev in rast v naslednji sezoni. Na eni rastlini se lahko razvije od nekaj do več 50 razraslih poganjkov, kar je odvisno od starosti, spola in kultivarja posamezne rastline. Stebla imajo dolge internodije in dosežejo v višino od 30 do 200 cm (Lopez Anido in Cointry, 2008).

Navadni špargelj je dvodomna rastlina (Kanno in Yokoyama, 2011). Morfološka analiza razvoja cvetov pri vrsti *Asparagus officinalis* L. je pokazala, da je na začetku razvoja cvet hermafroditen. Kasneje pride pri ženskih cvetovih do zakrnitve prašnikov, pri moškem cvetu pa se ustavi razvoj plodnice (Caporali in sod., 1994). Tako imajo ženski cvetovi tropredalasto nadraslo plodnico z največ šestimi semenskimi zasnovami in šestimi sterilnimi prašniki, moški cvetovi pa imajo šest prašnic in zakrnel pestič (Černe, 2002).

Plod je rdeča jagoda velikosti graha, ki ima šest do osem okroglih črnih semen premera 3–4 mm (Černe, 2002). Na triletni ali starejši ženski rastlini lahko zacveti več 2.000 cvetov, ki imajo potencial, da se iz njih razvije več 10.000 semen (Machon in sod., 1995).

Spol pri šparglju je določen z genom M, ki je dominanten za moški spol. Iz semena hermafroditnih (Mm) cvetov s pomočjo samooplodnje vzgajajo linije, ki imajo 25 % ženskih (mm) in 75 % moških rastlin (Mm in MM). Od teh je 25 % čistih moških rastlin

oz. tako imenovanih supermoških (MM), ki imajo samo moško potomstvo. S križanjem čistih linij moških rastlin in čistih linij ženskih rastlin dobimo 100 % moške hibride (Mm) (Asparagus Breeding Program ..., 2014). Postopek pridobivanja čistih linij je dolgotrajen, zato se poslužujejo gojenja preko anter in tkivnih kultur. Hibridne sorte so enojni, dvojni in klonski hibridi (Černe, 2002).

V novejših nasadih s hibridnimi sortami najdemo samo 100 % moške hibride, ki so iz tržnega stališča bolj zaželeni kot ženske rastline, saj dajejo večje in bolj izenačene pridelke. Ženske rastline razvijejo sicer debelejšje in sočnejše poganjke v primerjavi z moškimi rastlinami, slednje pa imajo več poganjkov in daljšo življenjsko dobo, kar je za trajni nasad zelo pomembno. Poganjki moških rastlin odganjajo hitreje kar pomeni, da jih lahko pobiramo hitreje spomladi. V nasadu moških rastlin je lahko pridelek za 25 % večji kot pridelek v nasadu z ženskimi rastlinami (Peng in Wolyn, 1999).

Glede na tehnologijo gojenja poznamo beljene in zelene šparglje. Obeljenost mladih poganjkov dosežemo z zagrinjanjem (grebeni), s čimer preprečimo dostop svetlobe. Tako za gojenje beljenih oz. zelenih poganjkov ni specifičnih kultivarjev. Kljub temu pa je priporočeno, da se za gojenje zelenih špargljev uporabljajo kultivarji, ki imajo dobro sklenjene vršičke in kultivarje, ki odganjajo nekoliko pozneje spomladi, saj so tako manj izpostavljeni spomladanskim pozebam (Kos Zidar, 2013).

2.1.2 Rastne zahteve navadnega šparglja

Za špargelj je značilno, da lahko v času rasti prenese visoke, pozimi pa zelo nizke temperature (Černe, 2002). Optimalna temperatura za kalitev je 25 °C, pri čemer je končni vznik 95 % (Adam in Stengel, 1999). Prvi poganjki poženejo, ko se temperatura dvigne nad 10 do 12 °C. Optimalna temperatura za razvoj korenin in stebel je od 18 do 29 °C (Aegerter in sod., 2011). Visoke temperature vplivajo na hitrost rasti mladih poganjkov. Pri višjih temperaturah se razvijejo poganjki, ki so tanjši in daljši. Pri nizkih temperaturah je rast poganjkov upočasnjena, kar vpliva na povečano vsebnost lignina (Shou in sod., 2007) in rutina (Stoffyn in sod., 2012).

Velik vpliv na količino in kakovost pridelka ima količina padavin v mesecih od junija pa do avgusta. Ob preveliki vlagi se pojavlja več bolezni. V zelo težkih in mokrih tleh so podzemna stebila oz. rizomi izpostavljeni hitrejšemu propadanju (Černe, 2002).

Za gojenje šparglja so primerne južne osončene lege in kakovostna tla. Pomembno je, da so tla strukturna, prepustna, odcedna in zračna. Najboljša so peščena do peščeno-illovnata tla (Černe, 2002). Optimalna reakcija tal je pH od 6,5 do 7,5 (Aegerter in sod., 2011). Tla morajo vsebovati od 1 do 5 % humusa (Černe, 2002).

2.1.3 Pridelava šparglja v svetu

Po podatkih Organizacije za prehrano in kmetijstvo (FAOSTAT, 2014) je bilo v letu 2012 na svetu 1.496.685 ha površin na katerih so pridelali 7.353.200 ton šparglja. Največ površin najdemo na Kitajskem (90 %) in v Peruju (2,2 %). Svetovna pridelava se povečuje predvsem na račun držav južne hemisfere in Kitajske, saj so stroški pridelave na teh območjih manjši, razmere pa omogočajo pobiranje poganjkov tudi v mesecih, ko smo na drugih severnejših območjih izven sezone in so cene na trgu zato višje (Benson, 2008).

Tretje pomembno območje za pridelavo je Evropa, kjer za razliko od ostalih kontinentov prevladuje pridelava beljenega šparglja. V Evropi sta največji pridelovalki Nemčija in Španija. Evropske države imajo dolgo tradicijo pridelave šparglja, vendar pa se površine v večini evropskih držav v zadnjih letih zmanjšujejo. Trend naraščanja površin s šparglji je opazen v Nemčiji in na Nizozemskem. Podrobnejši podatki o površinah in pridelku šparglja nekaterih pomembnih držav so v prilogi A1.

2.1.4 Pridelava v Sloveniji

V Sloveniji smo špargelj gojili že v času pred prvo svetovno vojno in med obema vojnoma. Pridelovali so ga predvsem v okolici večjih mest. Po drugi svetovni vojni je špargelj izginil s slovenskih njiv. Od večjih nasadov je ostal le nasad v Biljah na Goriškem. V 80-tih se je pridelava domačih špargljev ponovno obudila. Začetki segajo na območje Slovenske Istre in Goriškega. Kasneje se je pridelovanje počasi razširilo še na območje Savinjske doline, Prekmurja, Gorenjske in Dolenjske (Vidic, 2002).

Širitev pridelave na več slovenskih območjih so vzpodbudila predvidevanja, da obstaja pri nas na tem področju tržna niša in da je mogoče uspešno tržiti sveži domači špargelj s površine vsaj 100 ha. Marca 1998 so tako ustanovili Združenje pridelovalcev špargljev Slovenije. Gre za prostovoljno, samostojno, nepridobitno združenje fizičnih in pravnih oseb, ki je nastalo z namenom pospeševanja pridelave, predelave in porabe ter zaščite porekla slovenskega šparglja (Vidic, 2002).

Iz popisa Statističnega urada Republike Slovenije lahko povzamemo, da smo v letu 2000 v Sloveniji gojili špargelj na površini 18,4 ha. Površine špargljišč so se do danes sicer povečale, vendar pa še nismo dosegli cilja, da bi špargelj pridelovali na 100 ha površin. Leta 2012 smo tako špargelj pridelovali le na 30 ha površin, na katerih smo skupno pridelali 95 ton šparglja. Površina špargljišč je v letu 2013 dosegla približno 66 ha. Prevladuje pridelava zelenega šparglja, ki je zaradi manjših stroškov bolj ekonomična. Zbrani podatki o pridelavi špargljev v Sloveniji so v prilogi A2.

2.2 KEMIČNA SESTAVA ŠPARGLJA

Špargelj je bogat s številnimi naravnimi snovmi, kot so flavonoidi (rutin in antociani), fenolne kisline, karotenoidi, tioli, saponini (protodioscin), oligosaharidi, in z žveplo vsebujočimi snovmi (Čakir, 2007).

Špargelj je energetsko siromašen, saj je v 100 g 14–17 kcal ali 57–71 kJ energije, zato je primeren za shujševalne kure in vzdrževanje primerne telesne teže. V 100 g svežega šparglja je od 92 do 94,5 % vode, od 0,9 do 2,2 % surovih beljakovin, od 0,11 do 0,2 % surovih maščob in od 1,74 do 3,9 % ogljikovih hidratov. Od tega je 0,35 % sladkorjev in od 0,81 do 1,04 % vlaknin (celuloza, hemiceluloza, lignin) (Černe, 1990, cit. po Kos Zidar, 2013).

Preglednica 1: Kemična sestava šparglja (mg/100 g SM) (Černe in Kacjan Maršič, 2002; USDA, 2014)

Minerali	mg/100 g sveže mase	Vitamini	mg/100 g sveže mase
Dušik	280-350	vitamin C (askorbinska kislina)	23-100
Fosfor	35-62	vitamin B2 (riboflavin)	0,2
Kalij	187-280	vitamin B1 (tiamin)	0,3
Klor	53	vitamin B3 (niacin)	0,6-1,4
Žveplo	44	vitamin B5 (pantotenska kislina)	0,6
Kalcij	20-22	vitamin B6 (piridoksin)	0,091
Magnezij	19-22	vitamin B9 (folat)	0,052
Natrij	2-5	holin	16
Železo	0,9-2,35	provitamin A	0,038
Cink	0,2-0,8	vitamin E	1,1
Mangan	0,25-0,3	vitamin K	0,042

V primerjavi z beljenim špargljem ima zeleni izrazitejši okus, močnejšo aromo, več grenkih snovi in ostalih učinkovin (Škerbot in sod., 2011). Tako je na primer vsebnost vitamina C pri zelenem šparglju izrazito večja, poleg tega pa poganjki beljenega šparglja ne vsebujejo provitamina A (Zidar Kos, 2013).

Sveži špargelj je relativno dober vir vitamina C oz. askorbinske kisline. Rodkiewicz (2008) je v vršičku poganjkov dolžine 6 cm določil vsebnosti od 79 do 94 mg/100 g SM. Pri tem še navaja, da je vsebnost v nižjem 6 cm dolgem delu poganjka za 50 % manjša kot v vršičku poganjka. Vsebnost askorbinske kisline se po pobiranju poganjkov hitro izgubi.

Za sladko-grenki okus zelenih špargljev so odgovorni sladkorji in saponini (Vazquez-Castilla in sod., 2013), prijetno aromo pa mu dajejo žveplo vsebujoče snovi, kot so: S–metilmethionin, metilni estri asparagusinske oz. 1,2-ditiolan-4-karboksilne kisline in dimetilsulfid (Černe in Kacjan Maršič, 2002).

Kakovost poganjkov je v glavnem pogojena z vsebnostjo ogljikovih hidratov, ki predstavljajo eno glavnih biokemičnih komponent v užitnem delu špargljev (Bhowmik in sod., 2001). V poganjkih špargljev je od 90 do 250 mg ogljikovih hidratov/g suhe snovi. Količina ogljikovih hidratov se do jeseni bistveno zmanjša. V nadzemnih delih šparglja so glavni ogljikovi hidrati glukoza, saharoza in fruktoza, ki predstavljajo 80 do 95 % vseh ogljikovih hidratov (Černe in Kacjan Maršić, 2002). V 100 g surovega šparglja je 230 mg saharoze, 650 mg glukoze in 1000 mg fruktoze (USDA, 2014). Šele jeseni je v poganjkih prisoten fruktan (Černe in Kacjan Maršić, 2002). Ferrara in sod. (2011) so v 100 g SM poganjkov zabeležili 1,21 g glukoze, 0,49 g manoze, 0,39 g arabinoze, 0,19 g galaktoze, 0,17 g fruktoze, 0,15 g riboze in 0,14 g ksiloze.

Organske kisline dajejo šparglju osvežujoč okus. V 100 g svežega šparglja je 90–150 mg citronske kisline, 40–85 mg jabolčne, 1–11 mg jantarne, 1–4 mg fumarne, 2–4 mg kininske kisline in 1–2 mg izocitranske kisline. Poganjki zelenega šparglja vsebujejo, v primerjavi s poganjki beljenega šparglja, 10 % več organskih kislin. V vršičku je več organskih kislin kot v bazalnem delu poganjka (Černe in Kacjan Maršić, 2002).

Vsebnost skupnih aminokislin je 1494 mg/100 g SM, od tega je 369,6 mg/100 g prostih aminokislin. Med prostimi aminokislinami je največ asparagina (235 mg/100g SM), ki predstavlja kar 63 % vseh prostih aminokislin v poganjkih šparglja. Skupne aminokisline, ki so v večji koncentraciji prisotne v poganjkih špargljev, so glutaminska kislina (260 mg/100 g SM), asparaginska kislina, lizin, levcin, alanin, argini, prolin in treonin (70,6 mg/100 g SM) (Ferrara in sod., 2011).

Špargelj je bogat z biološkimi tioli, ki so znani kot zelo dobri antioksidanti. Analiza vsebnosti glutationa in N-acetilcisteina pri več zelenjadnicah je pokazala največje vsebnosti obeh prav v šparglju. Glutation varuje celice pred oksidativnim stresom, regulira druge antioksidante, kot sta vitamin A in E, in zavira nastanek nekaterih snovi, ki povzročajo nastanek rakavih obolenj (Demirkol in sod., 2004).

V poganjkih špargljev sta najbolj zastopani esencialni maščobni kislini linolna in linolenska maščobna kislina. Poleg njiju je prisotna še palmitinska kislina, v manjših koncentracijah pa najdemo še lignocerinsko, behenojsko in oleinsko kislino (Ferrara in sod., 2011).

2.3 FENOLI

Fenole, poleg terpenov in dušik vsebujočih snovi, uvrščamo med sekundarne metabolite, ki nastanejo iz primarnih metabolitov. Fenoli so obsežna in zelo raznovrstna skupina sekundarnih metabolitov, ki se v celici nahajajo v vakuoli ali pa se vežejo na strukturne elemente celične stene. Do sedaj so opisali več kot 8.000 različnih struktur, ki so enostavne ali bolj kompleksne. Fenoli so spojine z aromatskim obročem in vsaj eno hidroksilno skupino, ki je neposredno vezana na aromatski obroč. V naravi je običajno na obroč vezanih več hidroksilnih skupin, zato jih imenujemo tudi polifenoli. Polifenoli so prisotni v vseh rastlinskih vrstah, vendar se redko pojavljajo prosti. Pogosto so vezani na sladkorje, amino skupine, lipide in terpenoide (Crozier in sod., 2006).

Biosinteza fenolnih snovi se začne po poti šikimske kisline. Šikimska kislina se pretvori v korizmično kislino, ki služi kot predhodnik aromatskih aminokislin (triptofan, fenilalanin in tirozin). Iz fenilalanina se sintetizira cimetna kislina, pri čemer reakcijo katalizira fenilalanin amoniak liaza (PAL), ki je glavni encim pri sintezi vseh fenolnih komponent. Cimetna kislina se pretvori do *p*-kumarinske kisline. Z vezavo koencima A (CoA) se tvori *p*-kumaril CoA, ki je eden glavnih prokurzorjev za sintezo vseh flavonoidov (Vasco, 2009).

Preglednica 2: Klasifikacija fenolnih snovi glede na število C-atomov (Abram in Simčič, 1997)

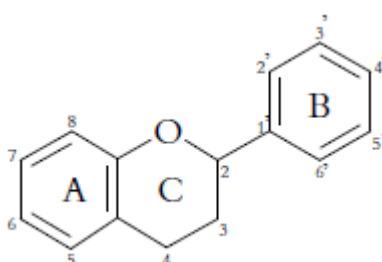
Število C-atomov	Osnovni skelet	Skupina
6	C ₆	enostavni fenoli
7	C ₆ C ₁	hidroksibenzojske kisline
8	C ₆ C ₂	fenilacetne kisline
9	C ₆ C ₃	hidroksicimetne kisline, fenilpropeni, kumarini, izokumarini, kromoni
10	C ₆ C ₄	naftokinoni
13	C ₆ C ₁ C ₆	ksantoni
14	C ₆ C ₂ C ₆	stilbeni, antrakini
15	C ₆ C ₃ C ₆	flavonoidi
18	(C ₆ C ₃) ₂	lignani, neolignani
30	(C ₆ C ₃ C ₆) ₂	biflavonoidi
n	(C ₆ C ₃) _n (C ₆) _n (C ₆ C ₃ C ₆) _n	lignini, melanini, kondenzirani tanini

Pomembni so za rast in reprodukcijo rastlin, delujejo kot zaščita pred zunanjimi stresnimi dejavniki, kot so UV žarki, mikrobi in insekti, ter učinkujejo kot vizualni markerji v cvetovih in plodovih rastlin. Pomembno vplivajo na barvo, teksturo, vonj in okus rastlin. Tako imajo velik vpliv na prehrambeno vrednost sadja in zelenjave. Prav tako jim pripisujejo različne farmakološke učinke. Delujejo protivnetno, protimikrobno, protivirusno in protitumorno (Abram in Simčič, 1997).

Vsebnost fenolov se med različnimi rastlinskimi vrstami razlikuje. Vsebnost je odvisna tudi od sorte, rastišča, podnebnih razmer (temperature, količine padavin in svetlobe), agrotehničnih dejavnikov in od načina pridelave (Veberič, 2010). Prehransko so najpomembnejše fenolne kisline, flavonoidi in tanini (Abramovič in sod., 2011).

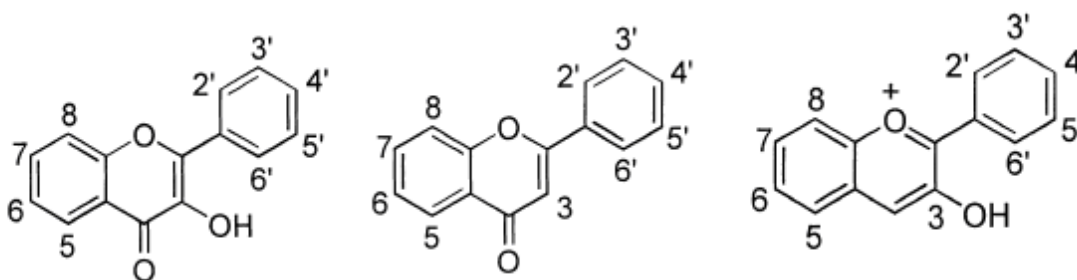
2.3.1 Flavonoidi

Flavonoidi so najobsežnejša skupina fenolnih snovi. Molekula flavonoidov je sestavljena iz petnajstih ogljikovih atomov z dvema aromatskima obročema A in B, ki ju povezuje heterociklični obroč C (Abram in Simčič, 1997).



Slika 1: Osnovna struktura flavonoidov (Vasco, 2009)

Glavni podrazredi flavonoidov so flavoni, flavonoli, flavan-3-oli, izoflavoni, flavanoni in antocianidini. Poleg omenjenih poznamo še nekaj drugih podskupin flavonoidov, ki se pojavljajo v manjših količinah (Crozier in sod., 2006). Ta raznolikost znotraj flavonoidov je posledica razlik v oksidacijski stopnji heterocikličnega obroča C in substituentov, ki so vezani na obročih A, B in C (Abram in Simčič, 1997).



Slika 2: Osnovna struktura flavonolov, flavonov in antocianidinov (Robards, 2003)

Flavonoli so eden izmed najbolj razširjenih podrazredov flavonoidov. Med C2 in C3 atomom imajo dvojno vez. Na poziciji C4 imajo vezano keto-skupino. Med flavonole uvrščamo miricetin, kvercetin, izoramnetin in kamferol, ki se najpogosteje pojavljajo kot O-glikozidi (Crozier in sod., 2006). Najpogosteje se na njih vežejo sladkorji na mesto C3. Pogosto pride v njihovi strukturi še do drugih modifikacij. Vezave potečejo na eni ali na

več hidroksilnih skupinah ali na njihovih substituentih. Poleg že omenjene glikozilacije so značilne še hidroksilacija, metilacija in acilacija z organskimi in fenolnimi kislinami.

Flavoni so strukturno zelo podobni flavonolom. Razlikujejo se po tem, da na mestu C3 nimajo vezane hidroksilne skupine. Značilni flavoni so: luteolin, apigenin, diosmetin, tricetin, sinensetin, tangeretin, nobiletin in izoviteksin. Večinoma se pojavljajo kot 7-O-glikozidi. Za razliko od flavonolov flavoni niso široko razširjeni v različnih rastlinskih vrstah, najpogosteje jih najdemo v citrusih (Crozier in sod., 2006).

Antocianidini predstavljajo nesladkorni del molekule antocianov, so aglikoni. Poznanih je 23 vrst antocianidinov (Anderson in Jordheim, 2006, cit. po Castaneda-Ovando in sod., 2009). Najpomembnejši so delfinidin, pelargodin, cianidin, penonidin, malvidin in petunidin. Različni antocianidini se ločijo po številu –OH skupin, ki so vezane na obroču B (Vasco, 2009).

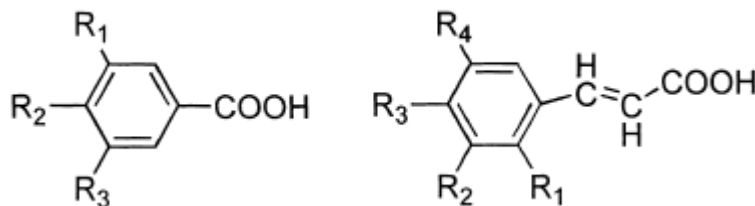
V naravi so skoraj vsi antocianidini glikolizirani, so glikozidi. Antocianidini imajo na tretjem ogljikovem atomu običajno vezano hidroksilno skupino, na katero se preko O-glikozidne vezi vežejo molekule različnih sladkorjev. Vežejo se monosaharidi (glukoza, galaktoza, arabinoza, ramnoza, ksiloza), ki se lahko povežejo v različne kombinacije di- ali trisaharidov. Tako glikozirane antocianidine imenujemo antocianini (Castaneda-Ovando in sod., 2009). Poznanih je že nad 500 različnih antocianinov (Anderson in Jordheim, 2006, cit. po Castaneda-Ovando in sod., 2009).

Antociani so topni v vodi in v rastlinah delujejo tudi kot barvila. Obarvajo liste, stebila, korenine, cvetove in plodove različnih rastlinskih vrst. Obarvanje je rdeče, vijoličasto ali modro. Intenziteta in odtenek barve sta odvisna od spreminjanja pH in števila hidroksilnih skupin na B obroču (večje število hidroksilnih skupin pomeni bolj modro barvo) (Li in sod., 2012).

Identifikacija posameznega antociana je zapletena zaradi različnih modifikacij v njihovi strukturi. Prav tako za veliko antocianov ni standardov, ki bi bili komercialno dostopni za LC-MS analizo. Zato analiza antocianov pogosto poteka s pomočjo hidrolize, s katero se molekule antociana razcepijo na več hidroliziranih produktov, ki so identificirani v obliki aglikonov (antocianidinov) (Li in sod., 2012).

2.3.2 Fenolne kisline

Fenolne kisline so enostavne fenolne spojine, ki imajo na aromatski obroč vezano karboksilno skupino. Če je karboksilna skupina vezana na obroč neposredno, gre za hidroksibenzojske kisline (C6-C1), če je vezava posredna preko etilenske skupine, pa govorimo o hidroksicimetnih kislinah (C6-C3) (Abram in Simčič, 1997).



Slika 3: Osnovna struktura hidroksibenzojskih in hidroksicimetnih kislin (Robards, 2003)

Derivati hidroksibenzojskih kislin se nahajajo v prosti obliki, kot estri ali kot glikozidi. Nekateri predstavniki hidroksibenzojskih kislin so: galna kislina, protokatehulna kislina, salicilna kislina in vanilinska kislina. V rastlinah so prisotni v manjših koncentracijah (Vasco, 2009).

Derivati hidroksicimetnih kislin so v rastlinah pogosto zastopani. Najdemo jih v različnih koncentracijah in oblikah. Le redko se pojavljajo v prosti obliki. Pogosto se sintetizirajo v bolj kompleksne snovi, kot so npr. flavonoidi in lignin, ali pa se z drugimi hidroksikislinami povežejo v estre. Glavni predstavniki hidroksicimetnih kislin so: cimetna kislina, *p*-kumarna kislina, kavna kislina, ferulna kislina in sinapinska kislina. Med estri velja omeniti klorogenske kisline, ki so ester kavne kisline in kininske kisline in so pogosto v velikih količinah zastopane v mnogih rastlinskih vrstah (Sova, 2012).

Derivati cimetnih kislin so pogosto prisotni v celičnih stenah rastlin. Najpogosteje so to *trans*- izomere *p*-kumarne kisline in ferulne kisline. Ferulna kislina tvori estre z različnimi polisaharidi, kot so arabinoksilani in pektinski polisaharidi. Hidroksicimetne kisline vplivajo na togost celičnih sten in imajo pomemben vpliv na teksturo sadja in zelenjave (Rodriguez-Arcos in sod., 2002).

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 RASTLINSKI MATERIAL

V poskus smo vključili osem hibridnih sort zelenega in vijoličnega šparglja, ki so zastopane v nasadih slovenskih pridelovalcev. Poganjke smo pobirali v tretjem tednu meseca maja leta 2013. Pobiranje smo opravili na dveh lokacijah v nasadih enake starosti na območju Savelj v Ljubljani, kjer pridelovalec goji zelene šparglje, brez grebenov. Slikovni prikaz obeh lokacij je v prilogi B. Na lokaciji imenovani »Boščeča« smo nabrali naslednje hibridne sorte: 'Dariana', 'Ariane', 'Viridas', 'Primaverde' in 'Mondeo'. Na lokaciji imenovani »Združena« smo nabrali hibridne sorte 'Dariana', 'Darsiane', 'Burgundine' in 'Pacific Purple'. Na izbranih lokacijah smo naključno nabrali 15 poganjkov posamezne sorte. Sorta 'Dariana' je edina, katere poganjke smo pobrali na obeh lokacijah.

◇ Sorta 'Ariane F1'

Je nemška hibridna sorta z mešanimi cvetovi, primerna za gojenje zelenih poganjkov. Je zgodnja sorta z majhno vsebnostjo vlaknin, zato poganjki zelo pozno olesenijo. Poganjki so dobrega okusa in vsebujejo manj antocianov. Vršički poganjkov so zelo lepi in dolgo ostanejo sklenjeni. Ker je habitus rastline višji, je sorta občutljiva na močnejše vetrovne razmere (Aspega ..., 2014; Rosen ..., 2014).

◇ Sorta 'Burgundine F1'

Je 100 % moški hibrid francoskega izvora. Sorta vsebuje veliko antocianov, zato so mladi poganjki obarvani vijolično. Je srednje zgodnja sorta s srednje debelimi poganjki, ki imajo lepe in dolgo časa sklenjene vršičke. Poganjki so dobrega in bolj sladkega okusa z veliko vsebnostjo antioksidantov. Sorta je dobro odporna na rjo in nizke temperature (Degrav'agri ..., 2014; Aspega ..., 2014).

◇ Sorta 'Dariana F1'

Je srednje zgodnji klonski hibrid, primeren za gojenje zelenih in beljenih poganjkov. Pridelek je velik in izenačen. Srednje debeli do debeli poganjki so nežni in odličnega okusa. Vršiček poganjka je dobro sklenjen. Habitus rastline je visok in dobro zračen, zato je sorta dobro odporna na večino bolezni nadzemnih delov. Sorta dobro uspeva v različnih tipih tal in v različnih klimatskih razmerah (Aspega ..., 2014; Planasa ..., 2014).

◇ Sorta 'Darsiane F1'

Srednje pozna sorta francoskega izvora, ki jo lahko uporabljamo za gojenje zelenih ali obeljenih pogankov šparglja. Gre za klonski hibrid z debelimi, ravnimi in sočnimi poganki. Pridelek je velik. Habitus rastline je visok in zračen. Sorta je primerna za vse vrste tal, ki so primerne za gojenje šparglja (Visseris ..., 2014).

◇ Sorta 'Mondeo F1'

Je zgodnja do srednje zgodnja sorta nemškega izvora. Gre za 100 % moški hibrid. Gladki poganki so tanki do srednje debeli in imajo srednje močan okus. Vršički pogankov ostanejo dolgo sklenjeni in zaprti. Sorta je manj občutljiva na bolezni, saj je habitus bolj odprt in zračen. Sorta je zelo dobro odporna na špargljevo rjo (*Puccinia*) (Aspega ..., 2014; Rosen ..., 2014).

◇ Sorta 'Pacific Purple F1'

Je vijolična hibridna sorta, ki izvira iz Nove Zelandije. Sorta je bila zelo dobro sprejeta na evropskih, azijskih in severnoameriških trgih. V primerjavi z zelenimi sortami je slajša, vsebuje manj vlaknin in ima večji antioksidativni učinek. Poganki so temno vijolični in enakomerno obarvani od vršička pa do baze. Poganki so debelejši kot pri večini zelenih sort. Zelo nežni poganki z veliko vsebnostjo sladkorja so primerni tudi za gojenje sladkih obeljenih špargljev (Aspara Pacific ..., 2014).

◇ Sorta 'Primaverde F1'

Je nemška zelena sorta, ki poganja zelo zgodaj. Sorta je brez antocianov. Gre za moške hibridne rastline, ki lahko v optimalnih razmerah prinesejo veliko dobička (Rosen ..., 2014).

◇ Sorta 'Viridas F1'

Je srednje zgodnja sorta nemškega izvora. Primerna za pridelavo zelenega šparglja. Poganki so brez antocianov in imajo dobro sklenjene vršičke. Sorta ima velik pridelek, saj so rastline moški hibridi (Rosen ..., 2014).

3.2 ANALIZA TAL

Naredili smo analizo tal, saj smo želeli ugotoviti, če se le ta bistveno razlikujejo na obeh izbranih lokacijah. Rezultati analize so pokazali, da gre za evtrična srednje težka tla. Tla iz lokacije »Združena« spadajo v teksturni razred meljasta ilovica, medtem ko uvrščamo tla iz lokacije »Boščeča« v razred ilovnatih tal. V obeh primerih gre za tla, ki omogočajo dober vodno-zračni režim ter zadrževanje hranil in vode. Za pridelavo šparglja so primerna lažja tla, ki se spomladi hitro segrejejo. Špargelj najbolje uspeva na peščenih do peščeno-ilovnatih tleh. Zeleni špargelj lahko gojimo tudi na nekoliko težjih tleh, kjer ne prihaja do zastajanja vode (Černe, 2002).

pH reakcija tal na omenjenih parcelah je bila 7,3 oz. 7,1, kar pomeni, da gre za nevtralna do rahlo alkalna tla. Delež organske snovi znaša 3,6 % oz. 5,0 % kar pomeni, da gre za srednje humozna oz. humozna tla. Optimalne vrednosti hranil za gojenje šparglja so: 10–20 mg P₂O₅/100 g tal, 15–25 mg K₂O/100 g tal in 6–8 mg MgO/100 g tal (Černe, 2002). Talna analiza kaže, da je količina fosforja na obeh parcelah v presežku, medtem ko je količina kalija na parceli »Združena« v okviru optimalnih vrednosti, na parceli »Boščeča« je v presežku.

Iz rezultatov talne analize lahko zaključimo, da so med tlemi na lokaciji »Boščeča« in »Združena« manjše razlike v nekaterih lastnostih.

Preglednica 3: Rezultati talne analize na izbranih lokacijah "Boščeča" in "Združena" (MI-meljasta ilovica, I-ilovica)

Lokacija	Pesek (%)	MELJ fini (%)	MELJ grobi (%)	MELJ skupni (%)	Glina (%)	TRZ	pH v CaCl ₂	Org. snov (%)	P ₂ O ₅ [mg/100g]	K ₂ O [mg/100g]
"Združena"	37,0	20,7	30,3	51,0	12,0	MI	7,3	3,6	35,6	24,7
"Boščeča"	33,9	12,4	34,9	47,3	18,8	I	7,1	5,0	46,2	64,3

3.3 VREMENSKE RAZMERE V RASTNI DOBI 2012–2013

Na rast in razvoj poganjkov in posledično na pridelek v sezoni 2013 so vplivale spomladanske vremenske razmere v času rasti mladih poganjkov in vremenske razmere po pobiranju pridelka v pretekli sezoni 2012.

Na območju Ljubljane so bile v poletnih mesecih (junij, julij, avgust) leta 2012 povprečne mesečne temperature nad dolgoletnim povprečjem. Predvsem v juniju in avgustu so temperature močno presegale običajne vrednosti. V juniju je bila povprečna mesečna temperatura 21,3 °C, kar je 3,5 °C nad dolgoletnim povprečjem. V juliju je povprečna mesečna temperatura znašala 22,7 °C, kar je 2,8 °C nad dolgoletnim povprečjem. Še topleje je bilo v mesecu avgustu, ko je povprečna mesečna temperatura dosegla 23,3 °C,

kar je 4,2 °C nad dolgoletnim povprečjem. Povprečna mesečna količina padavin je bila v vseh poletnih mesecih manjša od dolgoletnega povprečja. Izstopa mesec avgust, saj je takrat zapadlo le 66 mm padavin, kar je le 46 % od dolgoletnega povprečja (ARSO, 2012).

Jesenske temperature so bile v mejah normale, izstopa november, ko je bila povprečna mesečna temperatura 8,8 °C, kar je 4,2 °C nad dolgoletnim povprečjem. Padavine so v jesenskih mesecih presegale dolgoletno povprečje padavin na tem območju (Mesečni bilten ARSO, 2012).

V letu 2013 je sledil razmeroma hladen in deževen marec. V mesecu aprilu je bila povprečna temperatura 12,4 °C, kar je 2,5 °C nad dolgoletnim povprečjem. Količina padavin je znašala 91 mm, kar je 83 % dolgoletnega povprečja. V maju se je povprečna mesečna temperatura povzpela na 14,8 °C. Količina padavin je znašala 217 mm, kar je 78 % nad dolgoletnim povprečjem (ARSO, 2013).

Preglednica 4: Povprečne mesečne temperature (°C) in povprečne mesečne padavine (mm) za obdobje junij 2012-maj 2013 iz meteorološke postaje Ljubljana-Bežigrad (ARSO, 2012, 2013).

Leto	2012							2013				
Mesec	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ
Povp. mesečna T (°C)	21,3	22,7	23,3	17,0	11,7	8,8	0,8	2,0	0,9	3,9	12,4	14,8
Povp. mesečne padavine (mm)	130	113	66	227	223	156	98	91	205	189	91	217

Zaradi majhne medsebojne oddaljenosti obeh lokacij, smo domnevali, da se meteorološki dejavniki na obeh lokacijah bistveno ne razlikujejo. Ker je vsebnost fenolnih snovi zelo odzivna na mikroklimatske dejavnike, bi za bolj natančno analizo obeh lokacij kljub temu bile potrebne meritve temperaturnih, svetlobnih in padavinskih vplivov neposredno na obeh lokacijah.

3.4 METODA DELA

3.4.1 Zasnova poskusa

Analize smo opravili v letu 2013 na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Biotehniške fakultete Ljubljana. V poskusu smo analizirali 8 hibridnih sort navadnega šparglja iz dveh lokacij. Pobiranje smo opravili 21. maja. Za vsako sorto na posamezni lokaciji smo nabrali 15 pogankov, ki so merili v dolžino okrog 26 cm. Poganjke smo naključno razporedili v pet ponovitev. Vsaka ponovitev je vključevala tri poganjke, ki smo jih razrezali na tri dele (vrh, sredina, baza). Vrhove pogankov smo odrezali pod zadnjimi sklenjenimi listi na poganku. Dolžina tega dela pogankov je bila od 4 do 7 cm. Srednji in bazalni del poganjka smo odrezali tako, da je vsak v dolžino meril 8 cm.

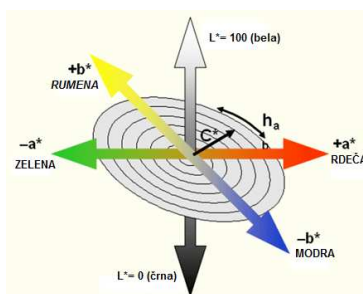


Slika 4: Prikaz razrezanega poganjka sorte 'Dariana' (foto: Jasmina Horvat, 2013)

3.4.2 Merjenje barve poganjkov

Barvo smo izmerili s prenosnim kolorimetrom Konica Minolta CR-10 Chroma Meter, ki izmeri parametre CIE LAB: a^* , b^* , L^* , C^* in h° . Meritve smo opravili v vrhu, v sredini in v bazi poganjkov posamezne sorte. Rezultati kolorimetričnih parametrov posameznega obravnavanja so podani kot povprečja petih ponovitev. Znotraj vsake ponovitve smo izmerili tri poganjke. Vsak del poganjka smo izmerili 3-krat.

Gre za standardno metodo za določanje barvnih komponent. Vsaka barva je definirana s točko v prostoru. Prostor določajo tridimenzionalne koordinate a^* , b^* in L^* .



Slika 5: CIE LAB barvni prostor (Globalspec ..., 2014)

Ravnino prostora določata pravokotni koordinati a^* in b^* . Barvni parametri koordinate a^* in b^* se gibljejo v razponu od -60 do +60. Parametri koordinate a^* prikazujejo barvne odtenke od zelene (negativna os) pa do rdeče barve (pozitivna os). Na koordinati parametra b^* so prikazani barvni odtenki od modre (negativna os) pa do rumene barve (pozitivna os). Pravokotno na ravnino poteka tretja koordinata parametra L^* , ki določa svetlost barve. Vrednosti parametra L^* se gibljejo v razmahu od 0 do 100, pri čemer predstavlja vrednost 0 črno, vrednost 100 pa belo barvo (Pohlen, 2010).

Kolorimeter nam poda še parameter h° , ki ga lahko izračunamo tudi iz parametrov a^* in b^* (Pohlen, 2010). Parameter h° določa barvitost oz barvni ton. Določen je kot ravninski kot med 0° in 360° . Izračunamo ga po enačbi:

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

Rdeča barva zavzema vrednosti okrog 0° in 360°, rumena barva okrog 90°, zelena barva okrog 180° in modra barva okrog 270° (Veberič in sod., 2007).

3.4.3 Ekstrakcija sladkorjev in organskih kislin

Za ekstrakcijo sladkorjev in organskih kislin smo zatehtali 7 g svežega vzorca. Vzorce smo prelili z 25 ml bidestilirane vode. Pri nekaterih vzorcih glav špargljev smo zatehtali manjšo maso, zato smo pri teh vzorcih zmanjšali volumen prelitja na 20 ml. Vzorce smo nato homogenizirali z aparatom Ultra-Turrax T-25 (Ika-Labortechnik, Nemčija). Nato smo vzorce postavili na stresalnik, kjer smo jih pri sobni temperaturi ekstrahirali eno uro. Temu je sledilo 7-minutno centrifugiranje vzorcev pri 10.000 obratih/min (Eppendorf Centrifuge 5810, Hamburg, Nemčija). Supernatant smo skozi 0,45 µm celulozni filter prefiltrirali v vijale. Vzorce v vijalah smo do nadaljnje HPLC analize zamrznili. Opisana ekstrakcija je bila prilagojena po metodi Mikulič-Petkovšek in sod. (2013).

3.4.4 Ekstrakcija fenolnih snovi

Za ekstrakcijo fenolnih snovi smo zatehtali 8 g svežega vzorca, ki smo ga prelili s 13 ml metanola s 3 % mravljično kislino. Pri nekaterih vzorcih glav špargljev smo zatehtali manjšo maso, zato smo pri teh vzorcih zmanjšali volumen prelitja na 10 ml. Vzorce smo homogenizirali z aparatom Ultra-Turrax T-25 (Ika-Labortechnik, Nemčija). Vzorce smo nato eno uro ekstrahirali v ohlajeni (0 °C) ultrazvočni kopeli. Sledilo je 7-minutno centrifugiranje vzorcev pri 10.000 obratih/min pri 4 °C. Supernatant smo nato prefiltrirali skozi 0,45 µm poliamidni filter v vijale. Vzorce smo do nadaljnje HPLC analize zamrznili. Opisana ekstrakcija je bila prilagojena po metodi Mikulič-Petkovšek in sod. (2013).

3.4.5 Analiza in identifikacija posameznih komponent v vzorcih

Za ločevanje posameznih komponent vzorcev smo uporabili tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC–High performance liquid chromatography). Gre za proces, pri katerem se posamezne komponente vzorca med seboj ločijo na podlagi različnih fizikalno–kemijskih interakcij z mobilno in stacionarno fazo v koloni. Mobilna faza potuje vzdolž kolone in prenese komponente vzorca, ki ga injiciramo na kolono. Komponente se vzdolž kolone porazdelijo med stacionarno in mobilno fazo in se ločeno izločijo iz kolone. Snovi zaznajo posebni detektorji. Signali, ki jih detektor zazna, so podani kot kromatografski vrhovi, ki tvorijo kromatogram. Površine pod posameznim kromatografskim vrhom so v sorazmerju s koncentracijo posameznih komponent proučevanega vzorca.

Analizo smo opravili na sistemu HPLC proizvajalca Thermo Finnigan s kvartno črpalko (San Jose, USA). Za identifikacijo fenolnih snovi smo uporabili še masni spektrometer Thermo Scientific, LCQ Deca XP MAX z electrospray ionizatorjem (ESI), ki je deloval v negativnem/pozitivnem načinu.

Masni spektrometer je naprava, ki ločuje nabite atome in molekule na podlagi razmerja med maso in nabojem (m/z) in jih nato zazna z ustreznim detektorjem. Identifikacija posameznih komponent v vzorcih je bila dosežena s primerjavo retencijskih časov, spektrov posameznih komponent in njihove fragmentacije. Koncentracije posameznih komponent v vzorcih so bile izračunane glede na vrhove kromatografa za posamezen vzorec in ustreznih standardov.

3.4.5.1 HPLC analiza sladkorjev in organskih kislin

Za analizo sladkorjev in organskih kislin smo potrebovali 20 μ L posameznega vzorca, ki smo ga analizirali 30 min pri temperaturi 65 °C.

Za ločitev sladkornih komponent vzorcev smo uporabili kolono Rezex RCM–monosaccharide (300 mm x 7,8 mm) in RI detektor. Kot mobilno fazo smo uporabili bidestilirano vodo s pretokom 0,6 mL/min.

Za ločitev posameznih komponent organskih kislin smo uporabili kolono Rezex ROA–organic acid (300 mm x 7,8 mm) in UV detektor z valovno dolžino 210 nm.

Mobilna faza je bila v tem primeru 4 mM žveplova kislina v bidestilirani vodi s pretokom 0,6 mL/min.

Končne koncentracije posameznih sladkorjev in organskih kislin so bile izračunane po metodi eksterne standarda. Koncentracije smo preračunali glede na umeritvene krivulje, ki so bile narejene na podlagi standardnih raztopin. Kromatografske razmere so bile povzete po Mikulič-Petkovšek in sod. (2013).

3.4.5.2 HPLC analiza fenolnih snovi

Za ločitev posameznih fenolov v vzorcih smo uporabili kolono Phenomenex Gemini C18 (150 mm x 4,5 mm, 3 μ m) pri temperaturi 25 °C. Uporabili smo dve mobilni fazi: bidestilirana voda z dodatkom 0,1 % mravljične raztopine in 3 % acetonitrila ter 100 % acetonitril. Za analizo fenolnih snovi smo potrebovali 20 μ L posameznega vzorca, ki smo ga skozi kolono spustili s pretokom 0,6 mL/min. Detektor snovi je deloval pri valovni

dolžini 280, 350 in 530 nm. Kromatografske razmere so bile povzete po Mikulič-Petkovšek in sod. (2013).

Posamezne fenolne snovi v vzorcih smo razporedili v skupine fenolnih snovi (antociani, flavonoli, hidroksicimetne kisline, flavoni) in njihove koncentracije podali v mg/kg SM.

Za identifikacijo posameznih antocianov v naših vzorcih nismo imeli ustreznih standardov, zato smo rezultate podali v mg ekvivalentov cianidin 3-galaktozida/kg vzorca oz. v mg ekvivalentov peonidin glukozida/kg vzorca špargljev.

3.4.6 Analiza skupnih fenolov z uporabo Folin–Ciocalteu reagenta

Vsebnost skupnih fenolov smo določili s pomočjo Folin–Ciocalteu reagenta (Ainsworth in Gillespie, 2007). V 7,9 ml bidestilirane vode smo s pipetiranjem dodali 100 μ l vzorca in 500 μ l Folin–Ciocalteu reagenta. Po približno 2-3 min smo dodali še 1,5 ml natrijevega karbonata. Vzorce smo premešali in jih za 30 min postavili na 40 °C. Nato smo s spektrofotometrom (Perkin–Elmer, UV/visible Lambda Bio 20) pri valovni dolžini 765 nm izmerili absorbanco vzorcev. Kot slepi vzorec smo uporabili mešanico reagentov in bidestilirane vode. Vsebnost skupnih fenolov je podana kot ekvivalent galne kisline v mg/kg svežega vzorca. Metoda je bila povzeta po Mikulič-Petkovšek in sod. (2013).

3.4.7 Statistična analiza

Pridobljene podatke iz analiz smo statistično obdelali v programu IBM SPSS Statistics 20. Statistično značilne razlike smo ugotavljali po metodi enosmerne analize variance (ANOVA). Za ugotavljanje razlik med obravnavanji smo uporabili Duncan test mnogoterih primerjav pri tveganju $p \leq 0,05$. Statistično značilne razlike med obravnavanji smo prikazali s črkami. Enake črke pomenijo, da med rezultati ni statistično značilnih razlik, če so črke različne, pa se rezultati statistično značilno razlikujejo.

Za ugotavljanje povezanosti med posameznimi kolorimetričnimi parametri in skupnimi antociani smo uporabili korelacijsko analizo. Uporabili smo Pearsonov koeficient korelacije (r), ki zavzema vrednosti od -1 do 1. Ugotavljali smo ali obstaja med izbranimi spremenljivkami pozitivna oz. negativna povezanost in kakšna je moč povezanosti med njima.

4 REZULTATI

4.1 PRIMERJAVA CELIH POGANJKOV SORTE 'DARIANA' NA DVEH LOKACIJAH

Primerjavo med lokacijo »Bošteča« in lokacijo »Združena« smo naredili za vse proučevane snovi in izmerjene parametre pri sorti 'Dariana', ki je od vseh izbranih sort edina zastopana na obeh lokacijah. Primerjali smo nekatere kolorimetrične parametre (h° in L^*), vsebnost skupnih organskih kislin (g/kg), skupnih sladkorjev (g/kg) in skupnih fenolov (mg GAE/kg) ter razmerje med sladkorji in kislinami. Ugotovili smo, da se poganjki sorte 'Dariana' na obeh lokacijah statistično značilno ne razlikujejo (preglednica 7).

Preglednica 5: Vrednosti kolorimetričnih parametrov h° in L^* , skupnih sladkorjev (g/kg SM), skupnih kislin (g/kg SM), razmerja sladkorji/kislina ter skupnih fenolov (mg GAE/kg) v celih poganjkih sorte 'Dariana' na 2 lokacijah. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Enake črke v stolpcih pomenijo, da med obema lokacijama ni statistično značilnih razlik ($p \leq 0,05$).

Lokacija	Vrednost posameznih snovi oz. parametrov					
	h°	L^*	Skupni sladkorji (g/kg)	Skupne kisline (g/kg)	Razmerje sladkorji/kislina	Skupni fenoli (mg GAE/kg)
»Bošteča«	$100,08 \pm 1,86$ a	$48,73 \pm 1,80$ a	$16,10 \pm 1,06$ a	$3,00 \pm 0,38$ a	$7,53 \pm 1,30$ a	$511,60 \pm 61,48$ a
»Združena«	$100,11 \pm 2,19$ a	$49,58 \pm 1,55$ a	$16,34 \pm 1,57$ a	$3,31 \pm 0,39$ a	$6,90 \pm 1,23$ a	$469,00 \pm 57,04$ a

Primerjavo med lokacijama pri sorti 'Dariana' smo naredili še glede na vsebnost določenih skupin fenolnih snovi. Primerjali smo vsebnosti antocianov, flavonolov, hidroksicimetnih kislin in flavonov (mg/kg).

Ugotovili smo, da se vsebnosti antocianov, flavonolov in hidroksicimetnih kislin v poganjkih sorte 'Dariana' med lokacijama statistično značilno ne razlikujejo. Statistično značilne razlike med lokacijama »Bošteča« in »Združena« so samo v vsebnosti flavonov (preglednica 5).

Preglednica 6: Vsebnosti posameznih skupin fenolnih snovi (mg/kg SM) v celih poganjkih sorte 'Dariana' na 2 lokacijah. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike med lokacijama ($p \leq 0,05$).

Lokacija	Vrednost posameznih skupin fenolnih snovi			
	Antociani (mg/kg)	Flavonoli (mg/kg)	Hidroksicimetne kisline (mg/kg)	Flavoni (mg/kg)
»Bošteča«	$5,48 \pm 1,51$ a	$181,95 \pm 14,32$ a	$41,32 \pm 6,06$ a	$6,72 \pm 0,33$ a
»Združena«	$7,38 \pm 2,07$ a	$181,93 \pm 12,83$ a	$43,75 \pm 6,57$ a	$10,19 \pm 0,39$ b

Ker smo ugotovili, da med lokacijo »Bošteča« in lokacijo »Združena« ni statistično značilnih razlik (razen v vsebnosti flavonov), smo v nadaljevanju pri obravnavanju

posameznih snovi in parametrov med sortami in posameznimi deli poganjkov podatke za sorto 'Dariana' na obeh lokacijah združili. Ločeno za obe lokaciji smo sorto 'Dariana' obravnavali le v primeru ugotavljanja statistično značilnih razlik v vsebnosti flavonov.

4.2 PRIMERJAVA GLEDE NA RAZLIČNE SORTE IN GLEDE NA RAZLIČNE DELE POGANJKOV ŠPARGLJA

Razlike v vrednosti posameznih kolorimetričnih parametrov (h° in L^*) in razlike v vsebnosti posameznih snovi (sladkorjev, organskih kislin, skupnih fenolov, skupnih antocianov, flavonolov, flavonov in hidroksicimetnih kislin) smo prikazali ločeno po sortah in ločeno po delih poganjkov.

Zanimale so nas razlike med celimi poganjki posameznih sort ne glede na del poganjka. Vrednosti v celih poganjkih posameznih sort so podane kot povprečja vrednosti v 3 delih poganjkov (vrh, sredina, baza) posamezne sorte šparglja.

Zanimale so nas razlike med vrhom, sredino in bazo poganjkov špargljev, pri čemer nismo upoštevali vpliva sorte. Vrednosti v posameznih delih poganjkov so podane kot povprečja vrednosti v 8 sortah posameznega dela poganjkov.

Rezultate za kolorimetrične parametre a^* , b^* , h° in L^* ter za vsebnost skupnih antocianov (mg/kg) smo podali tudi upoštevajoč oba proučevana dejavnika (sorta in del) hkrati.

4.2.1 Kolorimetrični parametri

Glede na različne sorte smo podrobneje analizirali vrednosti parametra h° , ki določa barvitost oz. ton barve ter vrednosti parametra L^* , ki določa svetlost barve.

Iz preglednice 7 je razvidno, da obstajajo med sortami statistično značilne razlike v barvitosti oz. tonu barve poganjkov. Najmanjša vrednost parametra h° je bila zabeležena pri sortah 'Pacific Purple' in 'Burgundine'. Gre za vijoličasti sorti šparglja, pri katerih kaže parameter h° na rdečkasto obarvanje poganjkov. Vrednosti parametra h° so pri ostalih sortah v razponu od $88,90^\circ$ do $103,22^\circ$, kar v barvnem krogu predstavlja rumenkasto oz. zelenkasto obarvanje. Med njimi ni statistično značilnih razlik, razen med sortama 'Ariane' in 'Viridas'.

Prav tako so se statistično značilne razlike med sortami pokazale pri parametru L^* . Najmanjša povprečna vrednost parametra L^* je bila zabeležena pri vijoličasti sorti 'Pacific Purple', ki ima najtemnejšo barvo poganjkov ($L^*=29,84$). Najsvetlejši poganjke ($L^*=54,89$) ima sorta 'Primaverde', ki se statistično značilno ne razlikuje od sort 'Viridas', 'Darsiane' in 'Dariana'.

Preglednica 7: Vrednosti kolorimetričnih parametrov h° (barvni ton) in L^* (svetlost barve) v celih poganjkih različnih sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

Sorta	Kolorimetrični parameter	
	h°	L^*
'Ariane'	$88,90 \pm 3,96$ c	$45,07 \pm 2,46$ bc
'Burgundine'	$44,69 \pm 4,79$ b	$36,20 \pm 0,99$ b
'Dariana'	$100,10 \pm 1,41$ cd	$49,15 \pm 1,17$ cd
'Darsiane'	$102,46 \pm 1,31$ cd	$50,50 \pm 1,44$ cd
'Mondeo'	$97,82 \pm 1,89$ cd	$46,89 \pm 1,78$ c
'Pacific Purple'	$19,02 \pm 2,93$ a	$29,84 \pm 0,76$ a
'Primaverde'	$101,31 \pm 0,96$ cd	$54,89 \pm 1,59$ d
'Viridas'	$103,22 \pm 0,53$ d	$52,58 \pm 1,78$ cd

Kolorimetrične parametre smo nato primerjali glede na različne dele poganjkov (vrh, sredina, baza) ne glede na sorto špargljev. Rezultati so pokazali, da se vrednosti parametra L^* med vrhom, sredino in bazo statistično značilno razlikujejo. Poganjki so najsvetlejši v spodnjem delu ($L^*=52,86$), značilno temnejši so v sredini ($L^*=45,00$), najtemnejši pa so vrhovi poganjkov ($L^*=40,24$). Podoben trend spreminjanja svetlosti barve smo ugotovili tudi, ko smo primerjali vrednosti parametra L^* v posameznih delih glede na posamezno sorto (preglednica 8). Izpostaviti velja rezultate pri sorti 'Pacific Purple', ki kažejo, da je statistično značilno najtemnejši del sredina poganjkov.

Rezultati dodatne statistične analize, kjer smo primerjali vrednosti parametra h° v vrhu, sredini in bazi poganjkov po posameznih sortah so pokazali, da v posameznih sortah šparglja obstajajo med deli poganjkov statistično značilne razlike v obarvanosti oz. barvnem tonu. Rezultati so prikazani v preglednici 8.

Da bi glede na del poganjkov še bolj natančno določili barvne lastnosti posamezne sorte, smo analizirali še barvna parametra a^* in b^* .

Pri vseh zelenih sortah špargljev je bil parameter a^* največji v vrhu poganjkov, najmanjši pa v srednjem delu. Prav tako so bile vrednosti parametra a^* pri zelenih sortah v vseh delih poganjkov negativne, kar kaže na zelenkasto obarvanje, z izjemo vrha pri sorti 'Ariana' pri kateri je parameter a^* pozitiven, kar pomeni, da je obarvanje rdečkasto. Pri vijoličnih sortah 'Burgundine' in 'Pacific Purple' so vrednosti parametra a^* v vseh delih poganjkov pozitivne, kar pomeni, da je obarvanje poganjkov rdečkasto. Za razliko od zelenih sort, je pri vijoličnih sortah parameter a^* največji v bazalnem delu poganjkov. Rezultati so v preglednici 8.

Vrednost parametra b^* je v vseh delih zelenih in vijoličnih sort pozitivna, kar kaže na rumeno obarvanje poganjkov. Pri vijoličnih sortah 'Burgundine' in 'Pacific Purple' so

vrednosti parametra b^* v vseh delih poganjkov manjše kot pri zelenih sortah. Vrednosti parametra b^* so pri zelenih sortah statistično značilno najmanjše v vrhu poganjkov. Pri vijoličnih sortah se parameter b^* glede na del poganjkov statistično značilno ne razlikuje, razen pri sorti 'Pacific Purple', kjer so vrednosti parametra b^* v vrhu poganjkov statistično značilno večje kot v ostalih delih poganjkov te sorte.

Preglednica 8 : Vrednosti kolorimetričnih parametrov (a^* , b^* , h° in L^*) in vsebnost skupnih antocianov (mg/kg) glede na del poganjkov (vrh, sredina, baza) v 8 sortah šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike po sortah ($p \leq 0,05$) (V-vrh, Sr-sredina, B-baza).

Sorta	Del	a^*			b^*			h°			L^*			Skupni antociani (mg/kg)		
'Ariane'	V	2,73 ± 0,64	c	11,82 ± 1,14	a	73,11 ± 3,97	a	33,23 ± 0,86	a	6,45 ± 0,87	a					
'Ariane'	Sr	-7,85 ± 0,30	a	31,43 ± 0,94	c	103,98 ± 0,28	c	46,61 ± 3,52	b	4,93 ± 0,67	a					
'Ariane'	B	-1,31 ± 1,92	b	24,61 ± 2,90	b	94,78 ± 2,25	b	55,39 ± 0,66	c	30,92 ± 7,52	b					
'Burgundine'	V	7,49 ± 0,74	ab	7,01 ± 0,94	a	36,37 ± 2,28	a	33,57 ± 0,55	a	25,52 ± 4,25	a					
'Burgundine'	Sr	5,73 ± 0,58	a	9,75 ± 1,11	a	58,92 ± 5,52	b	34,91 ± 1,38	a	19,90 ± 2,37	a					
'Burgundine'	B	9,75 ± 1,15	b	6,59 ± 1,83	a	33,64 ± 9,85	a	40,13 ± 1,42	b	61,02 ± 4,30	b					
'Dariana'	V	-0,4 ± 0,52	c	21,26 ± 0,69	a	90,01 ± 1,43	a	41,95 ± 0,78	a	2,13 ± 0,34	a					
'Dariana'	Sr	-10,02 ± 0,16	a	35,35 ± 0,59	b	105,84 ± 0,26	b	48,86 ± 0,54	b	0,76 ± 0,19	a					
'Dariana'	B	-8,88 ± 0,19	b	34,15 ± 0,46	b	104,44 ± 0,23	b	56,66 ± 0,57	c	15,35 ± 1,12	b					
'Darsiane'	V	-2,89 ± 0,91	c	24,82 ± 1,71	a	96,52 ± 0,57	a	44,66 ± 1,36	a	2,09 ± 0,50	a					
'Darsiane'	Sr	-10,37 ± 0,29	a	34,89 ± 0,34	b	106,18 ± 0,20	c	49,69 ± 0,42	b	2,18 ± 1,03	a					
'Darsiane'	B	-8,51 ± 0,22	b	32,55 ± 0,51	b	104,61 ± 0,29	b	57,15 ± 0,34	c	10,90 ± 1,29	b					
'Mondeo'	V	-0,31 ± 0,35	c	18,31 ± 0,64	a	90,27 ± 1,17	a	39,24 ± 0,33	a	3,70 ± 0,33	a					
'Mondeo'	Sr	-9,09 ± 0,25	a	32,61 ± 0,28	c	105,59 ± 0,41	c	46,23 ± 0,54	b	3,66 ± 0,64	a					
'Mondeo'	B	-4,65 ± 1,14	b	28,79 ± 1,39	b	100,03 ± 1,23	b	55,21 ± 0,82	c	18,70 ± 0,61	b					
'Pacific Purple'	V	6,82 ± 0,31	a	7,02 ± 0,76	b	45,03 ± 2,95	c	32,37 ± 0,67	b	72,02 ± 5,76	a					
'Pacific Purple'	Sr	9,47 ± 0,68	b	2,26 ± 0,35	a	12,49 ± 1,11	b	26,39 ± 0,66	a	49,30 ± 5,20	a					
'Pacific Purple'	B	13,89 ± 0,94	c	1,22 ± 0,12	a	4,88 ± 0,42	a	30,77 ± 0,64	b	63,46 ± 23,13	a					
'Primaverde'	V	-3,47 ± 0,29	c	29,90 ± 1,03	a	96,45 ± 0,49	a	49,97 ± 0,91	a	0,02 ± 0,00	a					
'Primaverde'	Sr	-10,37 ± 0,23	a	39,85 ± 0,35	c	104,61 ± 0,35	c	51,79 ± 0,94	a	0,02 ± 0,00	a					
'Primaverde'	B	-8,29 ± 0,33	b	36,27 ± 0,60	b	102,87 ± 0,31	b	62,92 ± 0,54	b	4,57 ± 1,16	b					
'Viridas'	V	-5,57 ± 0,25	c	28,78 ± 0,81	a	100,99 ± 0,72	a	45,27 ± 1,29	a	0,48 ± 0,03	a					
'Viridas'	Sr	-10,64 ± 0,25	a	40,19 ± 0,44	b	104,98 ± 0,11	b	51,65 ± 0,46	b	0,01 ± 0,00	a					
'Viridas'	B	-9,24 ± 0,37	b	38,05 ± 1,65	b	103,79 ± 0,60	b	60,83 ± 0,78	c	6,47 ± 0,30	b					

4.2.1.1 Povezanost kolorimetričnih parametrov z vsebnostjo skupnih antocianov

S korelacijsko analizo smo želeli ugotoviti ali obstaja linearna povezanost med posameznimi kolorimetričnimi parametri (h° , L^* , a^* in b^*) in vsebnostjo skupnih antocianov (mg/kg) v poganjkih špargljev.

Rezultati analize so pokazali, da so kolorimetrični parametri h° , L^* , a^* in b^* v linearni povezanosti z vsebnostjo skupnih antocianov v poganjkih špargljev.

Med parametrom h° in vsebnostjo skupnih antocianov obstaja močna negativna povezanost ($r = -0,702$). Med parametrom L^* in vsebnostjo skupnih antocianov obstaja zmerna negativna povezanost ($r = -0,422$). Med parametrom a^* in vsebnostjo skupnih antocianov

obstaja zmerena pozitivna povezanost ($r=0,640$). Med parametrom b^* in vsebnostjo skupnih antocianov obstaja zmerena negativna povezanost ($r=-0,628$).

Povezanost posameznih spremenljivk smo predstavili grafično z razsevnimi grafikoni, ki so v prilogi C.

4.2.2 Skupne organske kisline, skupni sladkorji in razmerje med sladkorji in kislinami

Rezultati iz preglednice 9 kažejo, da med celimi poganjki različnih sort ni statistično značilnih razlik v vsebnosti skupnih organskih kislin ($p=0,860$). Statistično značilnih razlik med sortami nismo zasledili niti v vsebnosti skupnih sladkorjev, čeprav so statistični testi mejni ($p=0,06$). Vsebnost skupnih sladkorjev je bila najmanjša v vijolični sorti 'Burgundine', največja pa v sorti 'Viridas'.

Iz podatkov skupnih organskih kislin in skupnih sladkorjev smo izračunali razmerje med njimi. Razmerje sladkorjev in kislin glede na sorto je prikazano v preglednici 9. Med sortami ni statistično značilnih razlik ($p=0,674$). Razmerje sladkorji/kisline je v razponu od 6,58 pri sorti 'Ariane' do 9,49 pri sorti 'Viridas'.

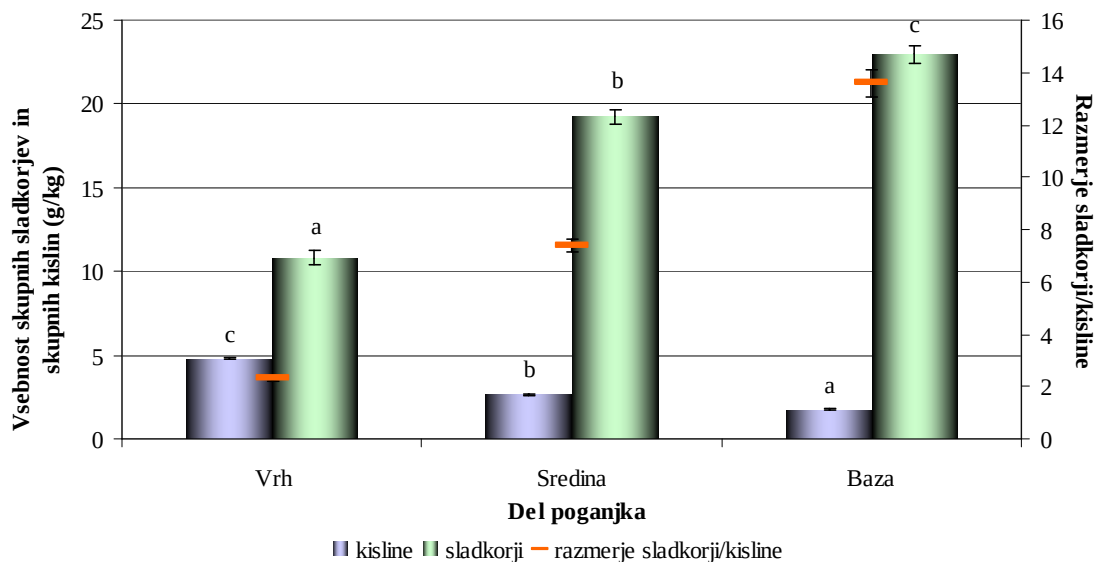
Preglednica 9: Vsebnosti skupnih kislin (g/kg), skupnih sladkorjev (g/kg) in razmerje sladkorjev in kislin v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

Sorta	Skupne kisline (g/kg)	Skupni sladkorji (g/kg)	Razmerje sladkorji/kisline
'Ariane'	$3,52 \pm 0,37$ a	$18,26 \pm 1,46$ ab	$6,58 \pm 0,98$ a
'Burgundine'	$2,86 \pm 0,34$ a	$16,09 \pm 1,65$ a	$7,63 \pm 1,41$ a
'Dariana'	$3,15 \pm 0,27$ a	$16,22 \pm 0,93$ a	$7,21 \pm 0,88$ a
'Darsiane'	$3,07 \pm 0,36$ a	$16,15 \pm 1,20$ a	$7,13 \pm 1,24$ a
'Mondeo'	$3,16 \pm 0,37$ a	$16,57 \pm 1,76$ a	$7,15 \pm 1,22$ a
'Pacific Purple'	$2,73 \pm 0,33$ a	$18,89 \pm 1,78$ ab	$9,48 \pm 1,86$ a
'Primaverde'	$2,99 \pm 0,29$ a	$18,73 \pm 0,96$ ab	$7,95 \pm 1,27$ a
'Viridas'	$2,96 \pm 0,33$ a	$21,92 \pm 1,78$ b	$9,49 \pm 1,42$ a

Na sliki 6 so prikazani rezultati vsebnosti skupnih kislin in skupnih sladkorjev ter rezultati razmerja med njimi glede na vrh, sredino in bazo poganjkov, ne glede na sorto špargljev.

Rezultati kažejo, da obstajajo statistično značilne razlike med vrhom, sredino in bazo poganjkov v vsebnosti skupnih kislin ($p=0,000$) in skupnih sladkorjev ($p=0,000$). V vrhovih poganjkov je vsebnost kislin največja (4,80 g/kg), vsebnost skupnih sladkorjev pa najmanjša (10,81 g/kg). Obratno je v bazi poganjkov, kjer je vsebnost skupnih kislin najmanjša (1,74 g/kg), vsebnost skupnih sladkorjev pa največja (22,96 g/kg). V skladu s tem so tudi rezultati razmerja med sladkorji in kislinami. Med posameznimi deli poganjkov

so statistično značilne razlike v razmerju sladkorjev in kislin ($p=0,000$). Razmerje je najmanjše v vrhovih poganjkov (2,29), največje pa v bazi poganjkov (13,61).



Slika 6: Povprečne vsebnosti skupnih kislin (g/kg), skupnih sladkorjev (g/kg) in razmerje sladkorjev in kislin v vrhu, sredini in bazi poganjkov šparglja ne glede na sorto. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

4.2.3 Skupni fenoli

Rezultati skupnih fenolov kažejo (preglednica 10), da obstajajo med celimi poganjki različnih sort šparglja statistično značilne razlike ($p=0,011$). Največjo vsebnost skupnih fenolov imata sorti 'Viridas' in 'Ariane'. Ti dve sorti se v vsebnosti skupnih fenolov statistično značilno razlikujeta od sort 'Burgundine', 'Dariana' in 'Darsiane', ki imajo najmanjšo vsebnost skupnih fenolov.

Preglednica 10: Vsebnosti skupnih fenolov (mg GAE/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

Sorta	Skupni fenoli GAE (mg/kg)	
'Ariane'	679,20 ± 68,27	b
'Burgundine'	445,27 ± 43,31	a
'Dariana'	490,30 ± 41,39	a
'Darsiane'	457,53 ± 49,14	a
'Mondeo'	577,07 ± 64,07	ab
'Pacific Purple'	627,13 ± 71,27	ab
'Primaverde'	506,20 ± 47,18	ab
'Viridas'	685,80 ± 77,11	b

Glede na vrh, sredino in bazo poganjkov se vrednosti skupnih fenolov v špargljih statistično značilno razlikujejo ($p=0,000$). Največ skupnih fenolov (835,84 mg GAE/kg) je v vrhovih poganjkov, v sredini poganjkov je vsebnost manjša (505,69 mg GAE/kg), najmanj skupnih fenolov (311,40 mg GAE/kg) pa je v bazi poganjkov.

4.2.4 Skupni antociani, flavonoli, flavoni in hidroksicimetne kisline

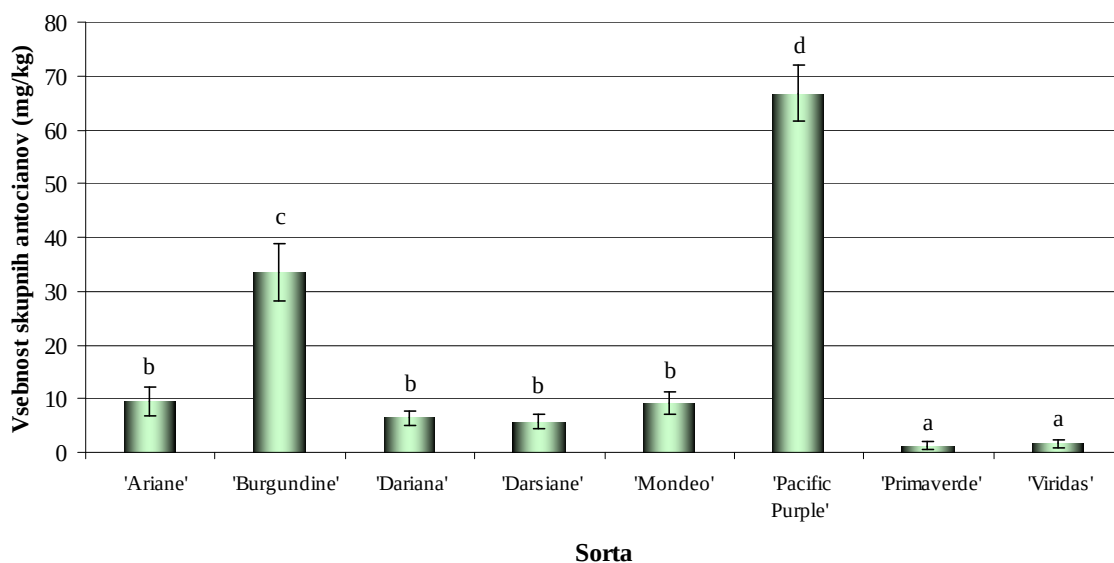
V preglednici 11 so prikazani rezultati vsebnosti skupnih antocianov, flavonolov in hidroksicimetnih kislin v mg/kg SM.

Preglednica 11: Vsebnosti skupnih antocianov (mg/kg), skupnih flavonolov (mg/kg) in skupnih hidroksicimetnih kislin (mg/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

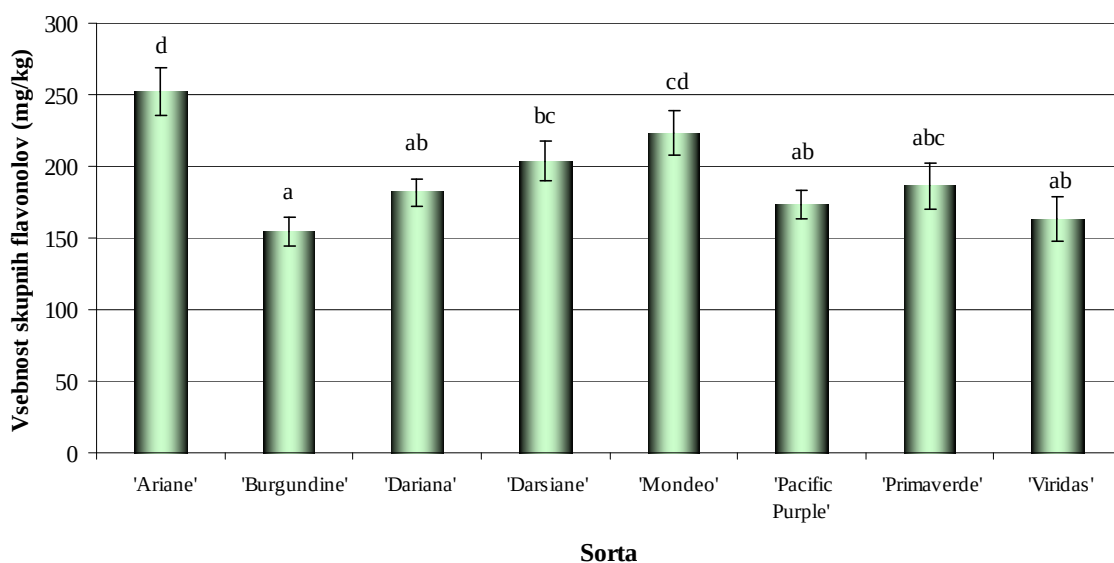
Sorta	Antociani (mg/kg)	Flavonoli (mg/kg)	Hidroksicimetne kisline (mg/kg)
'Ariane'	9,38 ± 2,65 b	252,54 ± 16,77 d	66,03 ± 9,40 ab
'Burgundine'	33,40 ± 5,28 c	154,52 ± 9,55 a	53,49 ± 7,19 ab
'Dariana'	6,43 ± 1,27 b	181,94 ± 9,44 ab	42,54 ± 4,40 a
'Darsiane'	5,76 ± 1,27 b	203,79 ± 13,71 bc	44,35 ± 6,12 ab
'Mondeo'	9,16 ± 1,99 b	223,28 ± 15,69 cd	67,25 ± 10,53 b
'Pacific Purple'	66,70 ± 5,16 d	172,91 ± 9,89 ab	56,88 ± 8,25 ab
'Primaverde'	1,32 ± 0,64 a	186,23 ± 15,69 abc	55,25 ± 8,38 ab
'Viridas'	1,75 ± 0,76 a	163,26 ± 15,64 ab	49,38 ± 6,85 ab

Ugotovili smo, da so med celimi poganjki različnih sort statistično značilne razlike v vsebnosti skupnih antocianov ($p=0,000$) (slika 7). Rezultati kažejo statistično značilno najmanjšo vsebnost skupnih antocianov pri sortah 'Primaverde' in 'Viridas'. Ostale zelene sorte šparglja vsebujejo statistično značilno večjo vsebnost antocianov in se med seboj statistično značilno ne razlikujejo. Vijolični sorti 'Burgundine' in 'Pacific Purple' vsebujeta statistično značilno največ antocianov. Tudi med njima obstaja statistično značilna razlika.

Izmed vseh skupin fenolnih snovi, ki smo jih določili v celih poganjkih obravnavanih sort, so bile vsebnosti največje pri skupini flavonolov. Glede na vsebnost le-teh pa obstajajo med sortami statistično značilne razlike ($p=0,000$) (slika 8). Med sortami 'Burgundine', 'Pacific Purple', 'Dariana', 'Viridas' in 'Primaverde' ni statistično značilnih razlik. Sorta 'Burgundine' ima najmanjšo vsebnost skupnih flavonolov, ki se statistično značilno razlikuje od vsebnosti flavonolov v sortah 'Darsiane', 'Mondeo' in 'Ariane'. Vsebnost flavonolov v sorti 'Ariane' znaša 252,54 mg/kg, kar je največ izmed vseh obravnavanih sort. Omenjena sorta se statistično značilno razlikuje od ostalih sort, razen od sorte 'Mondeo', katere vsebnost skupnih flavonolov znaša 223,28 mg/kg.



Slika 7: Povprečne vsebnosti skupnih antocianov (mg/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).



Slika 8: Povprečne vsebnosti skupnih flavonolov (mg/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

V preglednici 12 so prikazani rezultati vsebnosti skupnih flavonov v mg/kg SM. Vsebnost skupnih flavonov je statistično značilno najmanjša pri vijoličasti sorti 'Pacific Purple'. Ugotovili smo, da med sortami 'Viridas', 'Mondeo', 'Dariana' iz lokacije »Boščeča« in 'Ariane' ter med sortami 'Mondeo', 'Primaverde', 'Dariana' iz lokacije »Boščeča«, 'Ariane' in 'Burgundine' ni statistično značilnih razlik v vsebnosti skupnih flavonov. Statistično značilno največjo vsebnost skupnih flavonov smo zabeležili pri sorti 'Darsiane' in sorti 'Dariana' iz lokacije »Združena«.

Preglednica 12: Vsebnosti skupnih flavonov (mg/kg) v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Rezultati za sorto 'Dariana' so prikazani ločeno za obe lokaciji (B=»Boščeča«, Z=»Združena«). Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

Sorta	Flavoni (mg/kg)
'Ariana'	7,12 ± 0,42 bc
'Burgundine'	7,93 ± 0,87 c
'Dariana'-B	6,72 ± 0,33 bc
'Dariana'-Z	10,19 ± 0,39 d
'Darsiane'	10,43 ± 0,41 d
'Mondeo'	6,83 ± 0,39 bc
'Pacific Purple'	0,98 ± 0,20 a
'Primaverde'	6,39 ± 0,29 bc
'Viridas'	5,92 ± 0,49 b

V vsebnosti skupnih hidroksicimetnih kislin, med celimi poganki različnih sort, ni statistično značilnih razlik ($p=0,131$) (preglednica 11). Manjša razlika je med sorto 'Dariana' (42,54 mg/kg) in sorto 'Mondeo' (67,25 mg/kg).

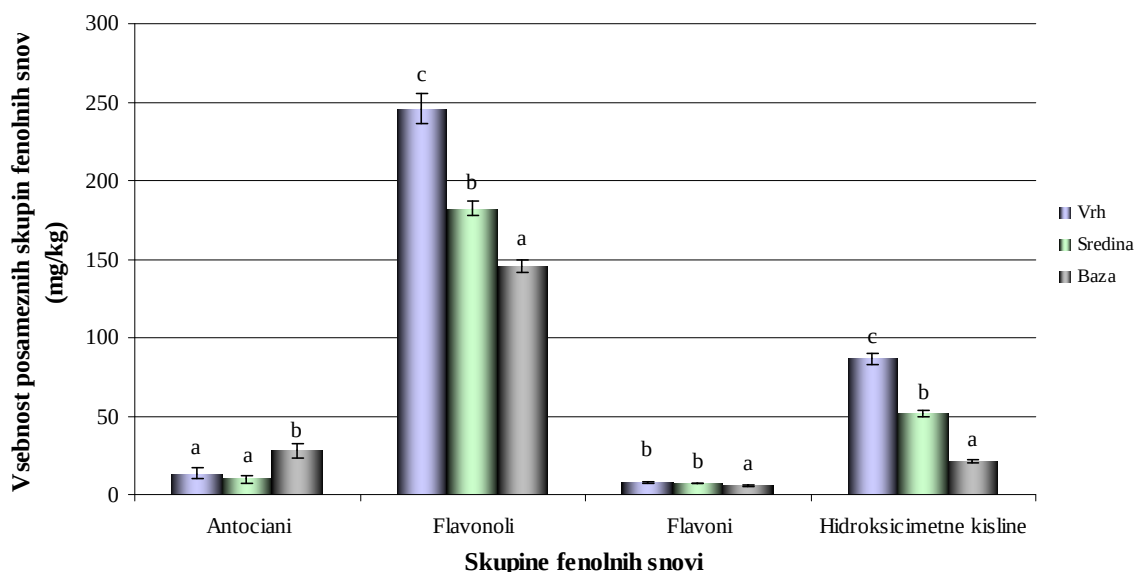
Slika 9 kaže povprečne vsebnosti skupnih antocianov, skupnih flavonolov, skupnih hidroksicimetnih kislin in skupnih flavonov (mg/kg) v vrhu, sredini in bazi pogankov ne glede na sorto šparglja. Med deli pogankov obstajajo statistično značilne razlike v vsebnosti skupnih antocianov ($p=0,001$). Rezultati kažejo, da je vsebnost skupnih antocianov statistično značilno največja v bazi pogankov (27,97 mg/kg). Med vrhom (13,36 mg/kg) in sredino (9,70 mg/kg) ni statistično značilnih razlik v vsebnosti skupnih antocianov. V preglednici 8 so prikazani dodatni rezultati za vsebnost skupnih antocianov v vrhu, sredini in bazi pogankov po posameznih sortah. V vseh obravnavanih sortah je bila vsebnost skupnih antocianov statistično značilno največja v bazalnem delu pogankov, z izjemo vijolične sorte 'Pacific Purple', pri kateri se vsebnosti skupnih antocianov glede na del pogankov niso statistično značilno razlikovale.

V vsebnosti skupnih flavonolov obstajajo statistično značilne razlike med vsemi tremi deli pogankov šparglja ($p=0,000$). Statistično značilno se največ flavonolov nahaja v vrhovih pogankov (245,57 mg/kg). V sredini pogankov (182,07 mg/kg) je vsebnost statistično značilno manjša, medtem ko je v bazi pogankov vsebnost najmanjša (145,83 mg/kg).

Tudi vsebnosti skupnih flavonov se glede na dele pogankov statistično značilno razlikujejo ($p=0,004$). Rezultati kažejo, da med vrhom (7,92 mg/kg) in sredino (7,13 mg/kg) pogankov ni statistično značilnih razlik. Statistično značilno manj flavonov je prisotnih v bazi pogankov (5,79 mg/kg).

Prav tako obstajajo statistično značilne razlike v vsebnosti skupnih hidroksicimetnih kislin ($p=0,000$). V tem primeru so največje vsebnosti hidroksicimernih kislin v vrhovih

poganjkov (86,40 mg/kg), v sredini je vsebnost statistično značilno manjša (51,50 mg/kg). Najmanj hidroksicimetnih kislin je v bazi poganjkov (21,33 mg/kg).



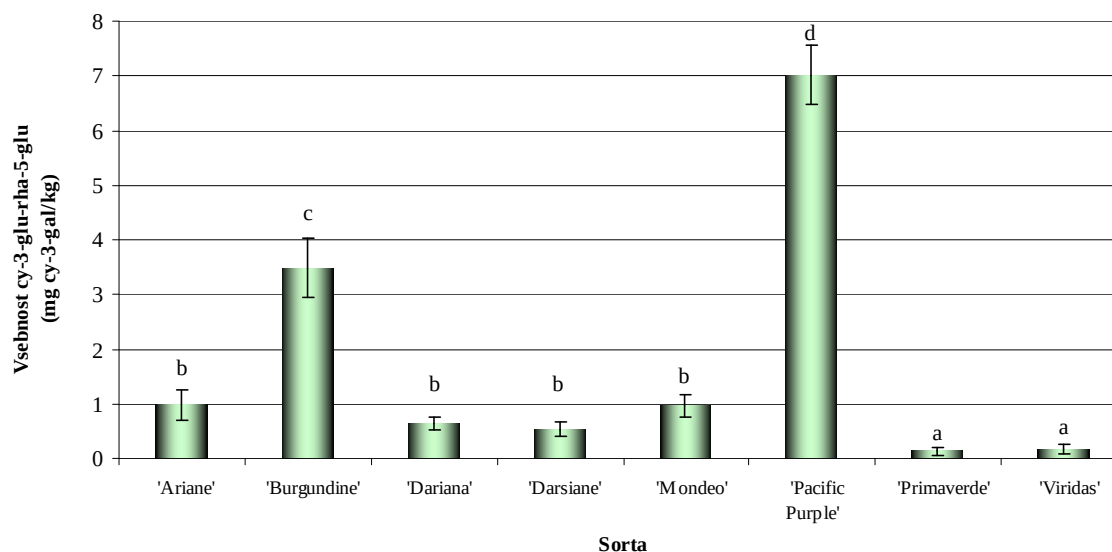
Slika 9: Povprečne vsebnosti skupnih antocianov (mg/kg), skupnih flavonolov (mg/kg), skupnih hidroksicimetnih kislin (mg/kg) in skupnih flavonov (mg/kg) v vrhu, sredini in bazi poganjkov ne glede na sorto šparglja. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

4.2.5 Posamezni antociani

V naših vzorcih so bili identificirani trije antociani, in sicer cianidin 3-glukozid-ramnozid-5-glukozid, cianidin 3-rutinozid in peonidin 3-rutinozid. Vsebnost cianidinov smo izrazili v mg cianidin 3-galaktozida/kg vzorca, vsebnost peonidina pa v mg peonidin glukozida/kg vzorca špargljev. Rezultati so prikazani v preglednici 13.

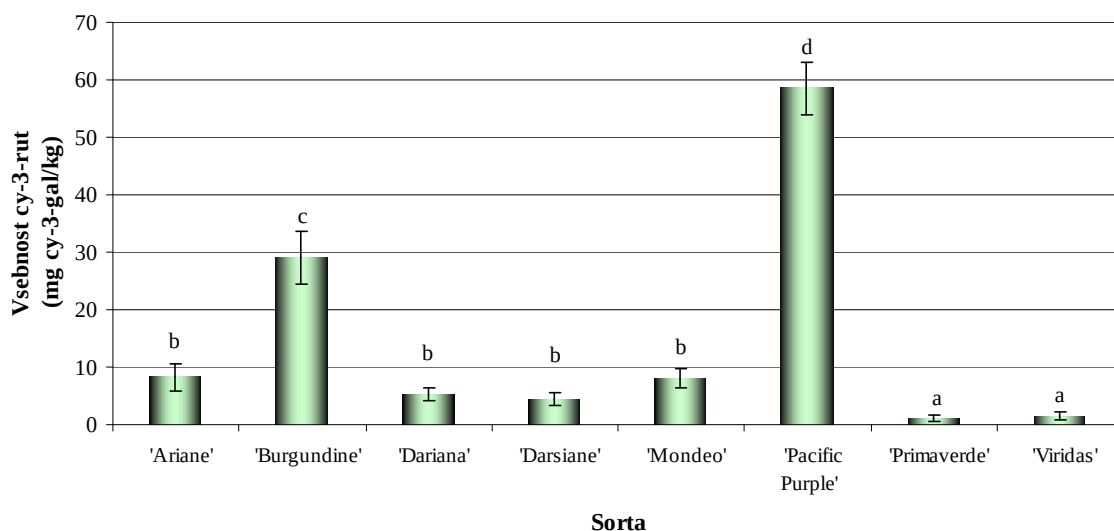
Preglednica 13: Vsebnost antociana cianidin 3-glukozid-ramnozid-5-glukozid in antociana cianidin 3-rutinozid v mg cianidin 3-galaktozida/kg ter antociana peonidin 3-rutinozid v mg peonidin glukozida/kg v celih poganjkih 8 sort šparglja. Rezultati so podani kot povprečja s standardnimi napakami. Različne črke v stolpcih predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

Sorta	Antociani		
	Cy 3-glu-rha-5-glu	Cy 3-rut	Peo 3-rut
'Ariane'	0,99 ± 0,28 b	8,24 ± 2,31 b	0,20 ± 0,07 abc
'Burgundine'	3,49 ± 0,55 c	29,07 ± 4,59 c	0,78 ± 0,18 d
'Dariana'	0,64 ± 0,13 b	5,36 ± 1,09 b	0,27 ± 0,05 bc
'Darsiane'	0,54 ± 0,13 b	4,49 ± 1,12 b	0,38 ± 0,11 c
'Mondeo'	0,96 ± 0,21 b	7,99 ± 1,73 b	0,13 ± 0,04 ab
'Pacific Purple'	7,02 ± 0,55 d	58,50 ± 4,55 d	0,97 ± 0,09 d
'Primaverde'	0,13 ± 0,07 a	1,11 ± 0,54 a	0,05 ± 0,02 a
'Viridas'	0,18 ± 0,08 a	1,48 ± 0,65 a	0,09 ± 0,04 a



Slika 10: Povprečna vsebnost antociana cianidin 3-glukozid-ramnozid-5-glukozid v mg cianidin 3-galaktozida/kg v celih poganjkih 8 sort šparglja. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

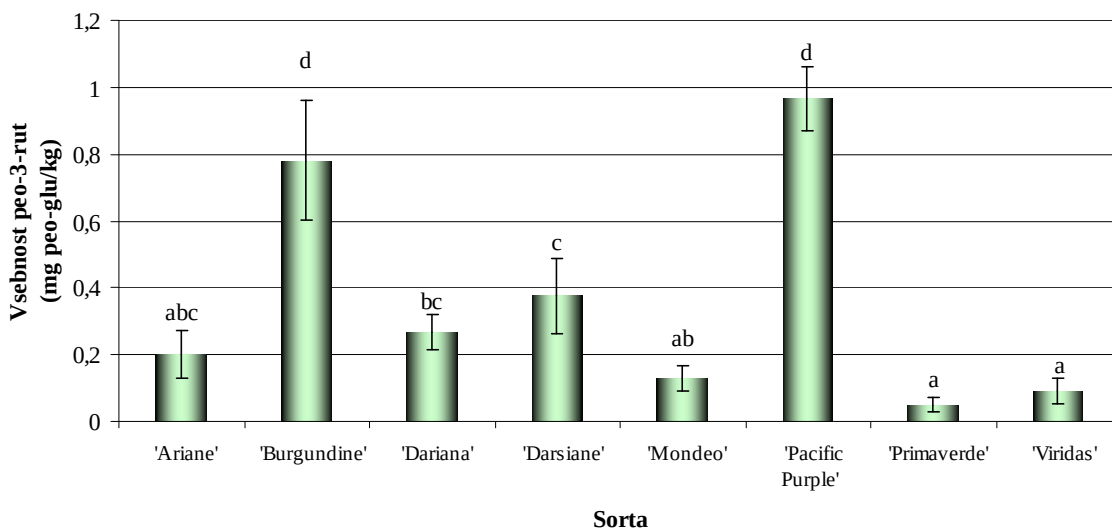
Med sortami 'Dariana', 'Darsiane', 'Mondeo' in 'Ariane' ni statistično značilnih razlik v vsebnosti antociana cianid 3-glukozid-ramnozid-5-glukozid (Cy 3-glu-rha-5-glu) (slika 11). Največjo vsebnost omenjenega antociana imata vijolični sorti 'Burgundine' in 'Pacific Purple', ki se med seboj statistično značilno razlikujeta. Statistično značilno najmanjšo vsebnost smo zabeležili pri sortah 'Primaverde' in 'Viridas'.



Slika 11: Povprečna vsebnost antociana cianidin 3-rutinozid v mg cianidin 3-galaktozida/kg v celih poganjkih 8 sort šparglja. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

Vsebnost antociana cianidin 3-rutinozid je od vseh identificiranih antocianov v naših vzorcih največja. Pri ugotavljanju statistično značilnih razlik v vsebnosti antociana cianidin 3-rutinozid smo ugotovili, da so razlike med sortami enake kot pri vsebnosti

antociana cianidin 3-glukozid-ramnozik-5-glukozid. Vijolični sorti 'Burgundine' in 'Pacific Purple', ki se med seboj statistično značilno razlikujeta, imata največjo vsebnost antociana cianidin 3-rutinozik. Med sortami 'Dariana', 'Darsiane', 'Mondeo' in 'Ariane' ni statistično značilnih razlik. Najmanjšo statistično značilno vsebnost omenjenega antociana smo zabeležili v vzorcih sort 'Primaverde' in 'Viridas'.



Slika 9: Povprečna vsebnost antociana peonidin 3-rutinozik v mg peonidin glukozida/kg v celih poganjkih 8 sort šparglja. Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$).

Statistično značilne razlike med sortami so tudi v vsebnosti antociana peonidin 3-rutinozik, ki je od vseh identificiranih antocianov prisoten v najmanjših vsebnostih. Sorta 'Pacific Purple', ki vsebuje največ omenjenega antociana, se statistično značilno razlikuje od sort 'Ariane', 'Dariana', 'Mondeo', 'Primaverde', 'Viridas' in 'Darsiane'. Med sortama 'Pacific Purple' in 'Burgundine' ni statistično značilnih razlik. Najmanj peonidin 3-rutinozida je v sortah 'Primaverde' in 'Viridas'.

Tudi med vrhom, sredino in bazo poganjkov ne glede na sorto špargljev, se vsebnosti antocianov cianidin 3-glukozid-ramnozik-5-glukozid in cianidin 3-rutinozik v mg cianidin 3-galaktozida/kg ter antociana peonidin 3-rutinozik v mg peonidin glukozida/kg, razlikujejo.

Rezultati kažejo, da so vsebnosti vseh identificiranih antocianov v bazi poganjkov statistično značilno večje od vsebnosti v vrhu in sredini poganjkov. Med vrhom in sredino poganjkov ni statistično značilnih razlik.

5 RAZPRAVA

5.1 KOLORIMETRIČNI PARAMETRI

V poskus smo vključili osem različnih sort šparglja, katerih barva poganjkov se med nekaterimi že na prvi pogled razlikuje. Sorte 'Ariane', 'Mondeo', 'Dariana', 'Darsiane', 'Viridas' in 'Primaverde' imajo zeleno barvo poganjkov. Pri sortah 'Viridas' in 'Primaverde' je zelena barva svetlejša. Ti dve sorti opisujejo kot sorti brez antocianov (Rosen..., 2014). V poskus smo vključili še dve vijolični sorti šparglja. Sorta 'Pacific Purple' je imela temno vijolične poganjke, pri sorti 'Burgundine' pa se je barva povrhnjice prelivala iz vijolične v zeleno. Da bi ugotovili natančnejše lastnosti barve poganjkov pri različnih sortah, smo izmerili njihove kolorimetrične parametre. Meritve smo opravili v zgornjem, srednjem in bazalnem delu poganjkov.

V barvnem tonu (parameter h°) celih poganjkov so se med sortami pokazale razlike. Pri vijoličnih sortah 'Pacific Purple' in 'Burgundine', ki imata povečano vsebnost antocianov, je bila vrednost parametra h° najmanjša. Rezultati sorte 'Pacific Purple' kažejo na bolj rdeče obarvanje poganjkov, medtem ko je pri sorti 'Burgundine' vrednost parametra h° okrog 45° , kar kaže na rdeče oz. rumeno obarvanje poganjkov. Li in sod. (2012) so analizirali kolorimetrične parametre v vijoličastem šparglju sorte 'Albenga'. Vrednost parametra h° je bila $286,23^\circ$, kar kaže na bolj modro obarvanje poganjkov. Razlika v barvnem tonu med različnimi sortami vijoličnega šparglja je lahko posledica razlik v pH oz. v številu hidroksilnih skupin, ki so vezane na molekule antocianov. Vrednosti parametra h° so pri ostalih zelenih sortah v razponu od $88,90^\circ$ do $103,22^\circ$, kar v barvnem krogu predstavlja rumenkasto oz. zelenkasto obarvanje. Barvitost oz. barvni ton smo primerjali še v vrhu, sredini in v bazi poganjkov po posameznih sortah. Med različnimi deli poganjkov so se pri posameznih sortah pokazale statistično značilne razlike v parametru h° . Pri vseh zelenih sortah šparglja je bila vrednost parametra h° statistično značilno najmanjša v vrhu poganjkov. Vrednosti parametra h° pri vijoličnih sortah kažejo v vseh delih poganjkov rdečkasto obarvanje. Vrednosti so v tem primeru najmanjše v bazalnem delu poganjkov. Na barvni ton poganjkov imajo, poleg rdečih barvil (antociani), vpliv tudi zelena (klorofil) in rumena (karotenoidi) barvila.

V celih poganjkih različnih sort so se pokazale razlike tudi v vrednosti parametra L^* , ki določa svetlost barve. Manjšo vrednost parametra L^* in s tem temnejšo barvo poganjkov smo zabeležili pri vijoličnih sortah. Vrednost L^* pri zelenih je bila v razponu od 45,07 do 54,89. Najsvetlejši so bili poganjki sorte 'Primaverde'. Podobne rezultate navajajo Kohmura in sod. (2008), ki ugotavljajo, da so vijoličasti poganjki v sredini temnejši ($L^* \sim 30$) od poganjkov zelenih sort ($L^* \sim 50$). Vrednosti parametra L^* so se v naši raziskavi razlikovale tudi glede na vrh, sredino in bazo poganjkov. Svetlost poganjkov narašča od

zgornjega dela proti bazalnemu delu. Kohmura in sod. (2008) v svoji raziskavi navajajo, da imajo poganjki z manjšo vrednostjo parametra L^* večjo vsebnost polifenolov in rutina ter posledično večjo antioksidativno vrednost. Naši rezultati so v tem primeru v skladu s to ugotovitvijo, saj je vsebnost fenolnih snovi največja prav v najtemnejših delih poganjkov in obratno.

5.1.1 Povezanost kolorimetričnih parametrov z vsebnostjo skupnih antocianov

Kohmura in sod. (2008) so proučevali vsebnost fenolnih snovi in kolorimetričnih parametrov v srednjem delu poganjkov špargljev. Ugotovili so, da obstaja med parametrom L^* in vsebnostjo fenolnih snovi močna negativna povezanost ($r=-0,767$). Ugotovili so, da je vijolična sorta 'Purple Passion' imela temnejše poganjke v boljših svetlobnih razmerah. Domnevali so, da je temnejša barva vijoličnih poganjkov pri močnejših svetlobnih razmerah posledica povečane vsebnosti antocianov. Poganjki so temnejši tudi zaradi povečane vsebnosti rutina, katerega sinteza se prav tako močno poveča v primeru radiacijskega stresa v rastlinah. Ko rastline zaznajo premočno jakost svetlobe ali UV-žarkov se poveča aktivnost fenilalanin amonij liaze in sintetizirajo se fenolne komponente, ki služijo kot absorpcijski material UV žarkov in s tem varujejo fotosintetske organe in DNA pred povečanim sevanjem (Dixon in Pavia, 1995, cit. po Kohmura in sod., 2008).

Rezultati naše analize kažejo, da so kolorimetrični parametri a^* , b^* , h° in L^* v povezanosti z vsebnostjo skupnih antocianov. Med parametrom h° in vsebnostjo skupnih antocianov obstaja močna negativna povezanost. Če se vrednost parametra h° zmanjša, se vsebnost skupnih antocianov poveča. Kolorimetrični parametri a^* , b^* in L^* so zmerno povezani z vsebnostjo skupnih antocianov. Parametra b^* in L^* sta v negativni povezavi s skupnimi antociani. Če se njune vrednosti zmanjšajo (barva bolj proti modri oz. temnejši), se vsebnost skupnih antocianov poveča. Za razliko od njiju je parameter a^* v pozitivni povezanosti s skupnimi antociani, kar pomeni, da se ob povečanju vrednosti parametra a^* (barva bolj proti rdeči), poveča tudi vsebnost skupnih antocianov.

5.2 ORGANSKE KISLINE

Poganjki zelenega šparglja vsebujejo največ citronske in jabolčne kisline. V manjši koncentraciji je prisotna tudi oksalna kislina (pod 0,25 mg/g SM) (Bhowmik in sod., 2000, 2002).

V naši analizi smo v poganjkih špargljev zasledili citronsko, jabolčno, šikimsko in fumarno kislino. Vsebnosti posameznih organskih kislin nismo prikazali. Prikazali smo samo vsebnost skupnih organskih kislin. Ugotovili smo, da se vsebnosti skupnih organskih kislin med sortami ne razlikujejo. Zabeležili smo vrednosti od 2,73 g/kg pri sorti 'Pacific Purple' do 3,52 g/kg pri sorti 'Ariane'.

Vsebnost skupnih organskih kislin v poganjkih špargljev narašča od baze proti vrhu. Vsebnost jabolčne kisline je večja v spodnjem delu poganjkov, medtem ko je vsebnost citronske in oksalne kisline največja v zgornjem delu poganjkov (Bhowmik in sod., 2000, 2002). Tudi rezultati naše analize kažejo, da je vsebnost skupnih organskih kislin glede na vrh, sredino in bazo poganjkov različna. Največ organskih kislin je v zgornjem (4,80 g/kg), najmanj pa v bazalnem delu poganjkov (1,74 g/kg).

5.3 SLADKORJI

Glavni sladkorji v nadzemih delih šparglja so fruktoza, glukoza in saharoza. V poganjkih zelenega šparglja najdemo v največji koncentraciji fruktozo in glukozo. Saharoza je prisotna le v manjših koncentracijah (okrog 5 mg/g SM) (Bhowmik in sod., 2000). Krzesinski in sod. (2007) so v špargljih, gojenih v rastlinjaku, izmerili od 7,1 do 10,3 mg skupnih sladkorjev/g SM. Od tega je bilo 1,7-4,2 mg/g SM glukoze, 3,9-5,7 mg/g SM fruktoze in 1,4-2,7 mg/g SM saharoze.

V naših vzorcih smo zasledili le fruktozo in glukozo. Saharoze nismo zaznali, saj se je verjetno hidrolizirala v heksoze (glukoza in fruktoza), ki so pomembne za rast in razvoj mladih poganjkov. Poleg tega po pobiranju nastopijo v poganjkih fiziološke in biokemične spremembe, ki povzročijo zmanjšanje vsebnosti ogljikovih hidratov (Lipton, 1990, cit. po Hurst in sod. 1993), še posebej saharoze (King in sod., 1993, cit. po Hurst in sod., 1993). Vsebnost skupnih sladkorjev je v obravnavanih sortah zavzela vrednosti od 16,09 g/kg pri vijolični sorti 'Burgundine' do 21,92 g/kg pri zeleni sorti 'Viridas'. Med sortami ni statistično značilnih razlik.

Vsebnost sladkorjev se v šparglju povečuje od vrha proti bazi poganjkov (Bhowmik in sod., 2000, 2002). Tako je bilo tudi v naši analizi. V vrhovih poganjkov je bila vsebnost

10,81 g/kg, v sredini je bilo nekaj več skupnih sladkorjev (16,25 g/kg), v bazi poganjkov pa smo zabeležili 22,96 g skupnih sladkorjev/kg vzorca.

5.4 RAZMERJE SLADKORJI/KISLINE

Razmerje sladkorjev in kislin je pokazatelj okusa in arome pri sadju in zelenjavi. Z njim ugotavljamo, ali je neko sadje oz. zelenjava bolj sladkega oz. kislega okusa, odločilno vlogo pa ima tudi pri določanju zrelosti. Poleg razmerja med sladkorji in kislinami imajo pomemben vpliv na organoleptične lastnosti šparglja tudi saponini, katerih vsebnost je povečana predvsem v bazalnem delu poganjkov (Vazquez-Castilla in sod., 2013).

Razmerje sladkorjev in kislin se v obravnavanih sortah ni statistično značilno razlikovalo. Kljub temu lahko povzamemo, da sta sorti 'Viridas' in 'Pacific Purple' nekoliko bolj sladkega okusa. To sta sorti, ki sta v primerjavi z drugimi vsebovali najmanjšo vsebnost skupnih kislin in največjo vsebnost skupnih sladkorjev. Razmerje med sladkorji in kislinami je tako pri sorti 'Viridas' 9,49, pri sorti 'Pacific Purple' pa 9,48. Razmerje je najmanjše pri sorti 'Ariane', in sicer 6,58. Manjše razmerje med sladkorji in kislinami pri tej sorti je posledica večje vsebnosti kislin v poganjkih.

V naši analizi smo ugotovili, da imajo poganjki najbolj sladek okus v najnižjih delih, saj je bilo razmerje med sladkorji in kislinami v bazi poganjkov največje (13,61), najmanjše pa v vrhovih poganjkov (2,29).

5.5 SKUPNI FENOLI

O skupnih fenolih v poganjkih špargljev je v literaturi veliko podatkov. Številni avtorji pišejo o razlikah med različnimi sortami in deli poganjkov šparglja. Papadopoulou in sod. (2003) poročajo, da je vsebnosti skupnih fenolov v zelenih špargljih okrog 750 mg GAE/kg SM. Kohmura in sod. (2008) poročajo o manjši vsebnosti skupnih fenolov (okrog 600 mg/kg SM), medtem ko Gebczynski (2007) v svoji raziskavi navaja, da je vsebnost skupnih fenolov nekoliko večja, in sicer približno 950 mg/kg SM.

Maeda in sod. (2008) so primerjali vsebnost skupnih fenolov v 20 različnih sortah zelenega in vijoličnega šparglja. Med večino sort ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti skupnih fenolov (v mg kvarcetina/kg SM). V raziskavo so vključili tudi vijoličasto sorto 'Pacific Purple', ki je imela statistično značilno najmanjšo vsebnost skupnih fenolov. Podobno poroča tudi Cakir (2007), ki ugotavlja, da je vsebnost skupnih fenolov pri vijolični sorti šparglja manjša v primerjavi z vsebnostjo pri zelenih sortah šparglja. Guillen in sod. (2008) v svoji raziskavi navajajo obratno. S pomočjo HPLC analize so določili

skupno vsebnost fenolov v poganjkih zelene in zeleno-vijolične sorte. V slednji je bila vsebnost fenolov večja (1200 µg/g SM) v primerjavi z zeleno sorto (1040 µg/g SM). Maeda in sod. (2005) ugotavljajo, da vsebujejo nekatere zelene sorte šparglja v primerjavi z vijoličnimi več skupnih fenolov, spet druge pa manj.

Podobno kažejo tudi rezultati naše analize, v kateri je vsebnost skupnih fenolov med 445,27 in 685,80 mg GAE/kg SM. Rezultati kažejo, da obstajajo med sortami razlike v vsebnosti skupnih fenolov. Najmanj skupnih fenolov smo določili v vijoličasti sorti 'Burgundine', največ skupnih fenolov pa v zelenih sortah 'Viridas' in 'Ariane'. Vijolična sorta 'Pacific Purple' se v vsebnosti skupnih fenolov statistično značilno ni razlikovala od ostalih sort v naši analizi. Iz tega lahko povzamemo, da so razlike v vsebnosti skupnih fenolov sortno pogojene, ne glede na barvo poganjkov.

Razlike v vsebnosti skupnih fenolov obstajajo tudi glede na del poganjkov. V zgornjih delih poganjkov je vsebnost skupnih fenolov v primerjavi z bazo večja (Papadopoulou in sod., 2003). V vrhu poganjkov je vsebnost skupnih fenolov 21,6 mg rutina/g suhe mase, v sredini je vsebnost manjša, okrog 17,8 mg rutina/g suhe mase, v bazi pa doseže najmanjšo vrednost 13,5 mg rutina/g suhe mase (Wang, 2002, cit. po Cakir, 2007).

Rezultati naše analize so v skladu s podatki iz literature. Največ skupnih fenolov je prav tako v vrhu poganjkov (835,84 mg GAE/kg), v sredini je vsebnost manjša (505,69 mg GAE/kg), najmanj skupnih fenolov pa se nahaja v bazalnem delu poganjkov (311,40 mg GAE/kg). Znano je, da je v tkivih, ki so izpostavljena svetlobi, sinteza fenolnih snovi večja. Zeleni špargelj, ki ga gojimo pri svetlobi vsebuje do 3-krat več skupnih fenolov v primerjavi z beljenim, ki ga gojimo v temi (Papadopoulou in sod., 2003). Iz tega sklepamo, da je večja vsebnost skupnih fenolov v vrhu poganjkov, v primerjavi z bazo, posledica daljše izpostavljenosti teh tkiv svetlobnemu sevanju. Podobno pišejo Stoffyn in sod. (2012), ki so odkrili negativno povezanost med vsebnostjo rutina in povprečno dnevno temperaturo zraka. Pri nižjih temperaturah zraka je rast poganjkov upočasnjena, kar pomeni, da so poganjki dlje časa na njivi, kjer so izpostavljeni svetlobnemu sevanju. Pri daljši izpostavljenosti svetlobnemu sevanju se tako v poganjkih sintetizira več rutina in drugih fenolnih snovi.

5.6 FLAVONOLI IN FLAVONI

Rutin (kvarcetin-3-O-rutinozid), ki ga uvrščamo med flavonole, je eden glavnih fenolov, ki se pojavljajo v poganjkih šparglja. Rutin predstavlja približno 45 % vseh skupnih fenolov v špargljih (Cakir, 2007) oz. kar 70 % in več vseh flavonoidov v izbranih hibridih zelenega šparglja (Fuentes-Alventosa in sod., 2008). Chin in sod. (2008) navajajo, da je vsebnost rutina med različnimi hibridi zelenega šparglja od 0,015 % do 0,45 % SM.

Nekateri viri navajajo poleg rutina tudi nekatere druge flavonole, ki so prisotni v manjših koncentracijah. Makris in Rossiter (2001) sta na kromatogramu vzorcev šparglja poleg dominantnega pika rutina zaznala še vsaj pet manjših pikov, ki bi lahko predstavljali glukozide kvarcetina in kampferola. Kvarcetin, ki je aglikon rutina, v vzorcih špargljev ni bil določen. Fuentes-Alventosa in sod. (2008) so v 32 tržnih hibridih zelenega šparglja zabeležili vsebnosti skupnih flavonoidov od 259 do 763 mg/kg SM. Poleg rutina so identificirali še 3-O-glukozil-rutinozid, katerega vsebnost se je med različnimi hibridi gibala med 2 in 30 %. Zasledili so tudi nikotiflorin (kampferol-3-O-rutinozid) in narcisin (izoramnetin-3-O-rutinozid), vendar sta ta dva flavonoidna diglikozida v večini hibridov predstavljala le od 1 do 3 % celotne vsebnosti flavonoidov. V analizo so vključili tudi hibride z vijoličnimi poganjki, ki v vsebnosti skupnih flavonoidov niso odstopali od zelenih poganjkov. Pri vijolični sorti 'Pacific Purple' in 'Purple Passion' so zabeležili 288 oz. 477 mg skupnih flavonoidov/kg SM.

Ker je rutin najbolj zastopan flavonoid v špargljih, v raziskavah pogosto pišejo o njegovi vsebnosti v poganjkih špargljev. Makris in Rossiter (2001) navajata, da je vsebnost rutina v zelenih špargljih 274,1 oz. 286,5 mg/kg SM. Cakir (2007) navaja, da je v devetih sortah šparglja vsebnost rutina v razponu od 123,2 do 178,2 mg/kg SM, pri čemer ima vijolična sorta 'Purple Passion' najmanjšo vsebnost. Wang in sod. (2003) navajajo vsebnosti rutina v poganjkih šparglja med 0,03 in 0,06 % SM, medtem ko Maeda in sod. (2008) navajajo vrednosti od 350 do 500 mg/kg SM. Maeda in sod. (2005) so primerjali poganjke zelenih in vijoličnih špargljev, vendar pa so v analizi uporabili majhno število vzorcev. Pri zelenih poganjkih navajajo povprečno vsebnost rutina 152,2 mg/kg SM, pri vijoličnih pa je povprečna vsebnost rutina 236 mg/kg SM.

V naši analizi je bila izmed vseh skupin fenolnih snovi v različnih sortah največja vsebnost določena pri flavonolih. V različnih sortah je bila vsebnost flavonolov od 154,52 do 252,54 mg/kg SM. Ker smo šparglje za vzorce naše analize sesekljali, je možno, da se je vsebnost flavonolov nekoliko zmanjšala, saj Makris in Rossiter (2001) navajata, da so vzorci s sesekljanimi poganjki špargljev imeli za 18,5 % manjšo vsebnost rutina v primerjavi s kontrolo. Najmanj flavonolov smo določili pri vijolični sorti 'Burgundine', nekoliko večja vsebnost je bila zabeležena pri sortah 'Viridas', 'Pacific Purple' in 'Dariana'. Še več

flavonolov sta vsebovali sorti 'Primaverde' in 'Darsiane'. Največjo vsebnost skupnih flavonolov smo zabeležili v sorti 'Ariane', ki se je statistično značilno razlikovala od ostalih sort, z izjemo sorte 'Mondeo'.

V obstoječi literaturi nismo našli podatkov, ki bi se nanašali na vsebnost skupnih ali posameznih flavonov v šparglju, verjetno zaradi njihove majhne vsebnosti. Tudi v naši analizi je bila vsebnost flavonov izmed vseh skupin fenolnih snovi najmanjša. Med obravnavanimi sortami so se največje statistično značilne razlike pokazale prav v vsebnosti flavonolov in flavonov. Vsebnost skupnih flavonov med sortami je bila v razponu od 0,98 mg/kg pri sorti 'Pacific Purple' do 10,43 mg/kg pri sorti 'Darsiane'. Pri sorti 'Dariana' smo v vsebnosti flavonov odkrili statistično značilne razlike glede na lokacijo pobiranja poganjkov. V sorti 'Dariana' iz lokacije »Združena« je bila vsebnost skupnih flavonov statistično značilno večja od vsebnosti skupnih flavonov v sorti 'Dariana' iz lokacije »Boščeča«. Glede na to, da pri vsebnosti drugih skupin fenolnih snovi v sorti 'Dariana' ni statistično značilnih razlik med obema lokacijama, predvidevamo, da so razlike v vsebnosti flavonov v tem primeru naključne.

Vsebnost rutina in ostalih flavonoidov se spreminja vzdolž poganjkov šparglja. Največ rutina je v zgornjem delu poganjkov, v sredini se vsebnost zmanjša, najmanj pa ga je v bazalnem delu poganjkov (Wang in sod., 2003). V vrhu poganjkov bi naj bilo 2,2-krat več rutina kot v bazalnem delu poganjka (Wang, 2002, cit. po Cakir, 2007).

Podobne rezultate smo dobili tudi v naši analizi. Statistično značilne razlike med vrhom, sredino in bazo poganjkov smo zabeležili v vsebnosti flavonolov, pri čemer je bila največja vsebnost v vrhu, najmanjša pa v bazi poganjkov. Vsebnost flavonov je bila prav tako večja v zgornjih delih poganjkov, vendar v tem primeru ni bilo statistično značilnih razlik med vsebnostjo flavonov v vrhu in sredini poganjkov.

5.7 ANTOCIANI

Vsebnost skupnih antocianov v poganjkih špargljev je od 19,91 do 96,75 mg/kg SM. V vijoličnih sortah je vsebnost skupnih antocianov največja (Cakir, 2007). Li in sod., (2012) so v vijolični sorti 'Albenga' določili vsebnost skupnih antocianov, ki je dosegla vrednost 23,74 mg cianidin 3-glukozida/100 g suhe mase. Sakaguchi in sod. (2008a) so v navadnem šparglju določili dva antociana, katerih zastopanost se v različnih sortah razlikuje.

V naši analizi skupnih antocianov smo ugotovili statistično značilne razlike v celih poganjkih različnih sort šparglja. Vsebnost skupnih antocianov se je med sortami gibala v razponu od 1,32 mg/kg do 66,70 mg/kg. V skladu z našimi pričakovanji smo najmanj

antocianov zasledili v sortah 'Primaverde' in 'Viridas', ki ju opisujejo kot sorti brez antociana. Ugotovili smo, da se vijolične sorte v vsebnosti antocianov statistično značilno razlikujejo od zelenih sort. V poskusu smo obravnavali dve vijolični sorti, ki sta se statistično značilno razlikovali v vsebnosti antocianov. V sorti 'Burgundine' je bila vsebnost antocianov 33,40 mg/kg. Sorta z največjo vsebnostjo antocianov je bila sorta 'Pacific Purple' (66,70 mg/kg), ki ima temno vijolične poganjke.

O posameznih antocianih v poganjkih zelenega šparglja obstaja nekaj raziskav. Sakaguchi in sod., (2008b) v svoji raziskavi navajajo, da sta Robinson in Robinson že leta 1934 pisala o vsebnosti antociana cianidin diglikozid v šparglju. Potem nadaljujejo, da sta Wann in Thompson (1965) iz poganjkov izolirala dva antociana, ki sta ju identificirala kot cianidin 3-glukozid in cianidin 3,5-diglukozid ter, da je Francis (1967) poročal o štirih antocianih v šparglju, in sicer: cianidin 3-glukozil-ramnozil-glukozid, peonidin 3-glukozil-ramnozil-glukozid, cianidin 3-ramnozil-glukozid in peonidin 3-ramnozil-glukozid. Sakaguchi in sod. (2008b) so v vijolični sorti 'Purple Passion' identificirali cianidin 3-glukozil-ramnozil-glukozid in cianidin 3-rutinozid. Li in sod., (2012) so z masnim spektrometrom v vijoličnem šparglju sorte 'Albenga' identificirali tri antociane, in sicer cianidin 3-rutinozid, cianidin 3-glukozil-ramnozid-5 glukozid in peonidin 3-rutinozid. Slednje tri antociane smo identificirali tudi v naših vzorcih.

Antocian cianidin 3-rutinozid je bil pri vseh obravnavanih sortah zastopan v največji količini. Vsebnosti so se med obravnavanimi sortami gibale od 1,11 do 58,50 mg/kg. Statistično značilne razlike v vsebnosti antociana 3-rutinozida so bile identične statistično značilnim razlikam v vsebnosti skupnih antocianov v obravnavanih sortah. Prav take razlike med sortami so bile tudi v vsebnosti antociana cianidin 3-glukozil-ramnozid-5 glukozid, ki je naslednji antocian, ki smo ga identificirali v naših vzorcih. Vsebnosti omenjenega antociana so bile v različnih sortah med 0,13 in 7,02 mg/kg. Tretji in najmanj zastopan antocian, ki smo ga identificirali, je peonidin 3-rutinozid. Vsebnosti tega antociana so bile med 0,05 in 0,97 mg/kg.

Ko smo primerjali vsebnost antocianov v vrhu, sredini in bazi poganjkov, smo ugotovili, da obstajajo med njimi statistično značilne razlike. Pravzaprav med vrhom in sredino poganjka ni statistično značilnih razlik v vsebnosti antocianov, čeprav je vsebnost vseh identificiranih antocianov nekoliko večja v vrhu poganjkov. Statistično značilno največja vsebnost antocianov je v bazalnem delu poganjkov. Glede na to, da predstavlja bazalni del najsvetlejši del poganjkov šparglja, bi pričakovali, da bo vsebnost antocianov v tem delu najmanjša.

5.9 FENOLNE KISLINE

Pri šparglju predstavlja tekstura enega glavnih parametrov pri določanju kakovosti mladih tržnih poganjkov. Po pobiranju poganjkov pride v celičnih stenah do kemičnih in biokemičnih sprememb, ki vplivajo na mehanske spremembe tkiv mladih poganjkov. Celične stene šparglja vsebujejo znatno količino ferulne kisline in njenih di- hidro- dimer, katerih vsebnost se po spravi poveča tudi do 3-krat, predvsem v nižjih predelih poganjkov. Lignifikacija tkiv mladih poganjkov šparglja po pobiranju je posledica povečanja vsebnosti ferulne kisline, ki se veže s polimeri celičnih sten (Jaramillo in sod., 2007).

V poganjkih špargljev najdemo trans-cimetne kisline v obliki monomer ali dimer, katerih vsebnost se razlikuje med različnimi deli poganjkov (Rodriguez in sod., 2005). Fenolni estri v tkivih poganjkov šparglja se nahajajo v obliki ferulne kisline in njenih derivatov (> 60 %) ter kumarne kisline (30 %). Manjši delež predstavljajo hidroksibenzojske kisline (p-OH-benzojska kislina, valinilna kislina, p-OH-benzaldehid in vanilin (Rodriguez-Arcos in sod., 2002). Sakakibara in sod. (2003) so v poganjkih šparglja določili kavno kislino (2,34-10,27 mg/kg SM), klorogensko kislino (34,37-85,03 mg/kg SM) in cimetno kislino (2,52-23,71 mg/kg SM). Kolesnikov in Gins (2001) navajata, da je vsebnost hidroksicimetnih kislin in njihovih estrov 0,21 % suhe mase šparglja.

V naši analizi smo določili skupne hidroksicimetne kisline. Vsebnost hidroksicimetnih kislin se med sortami ni statistično značilno razlikovala. Najmanjšo vsebnost hidroksicimetnih kislin smo zabeležili pri sorti 'Dariana', in sicer 42,54 mg/kg SM. Največja vsebnost hidroksicimetnih kislin je bila 67,25 mg/kg SM, ki smo jo zabeležili pri sorti 'Mondeo'.

V svežih poganjkih šparglja je vsebnost fenolnih kislin v vrhu poganjka večja kot v srednjem in spodnjem delu. Po pobiranju in pri shranjevanju poganjkov se vsebnost fenolnih kislin v vseh treh delih povečuje, predvsem zaradi povečane sinteze diferulne kisline (Rodriguez-Arcos in sod., 2002).

Tako smo tudi v naši analizi odkrili statistično značilne razlike med vrhom, sredino in bazo poganjkov v vsebnosti skupnih hidroksicimetnih kislin. Tako kot v primeru skupnih fenolov in flavonolov je tudi vsebnost hidroksicimetnih kislin največja v vrhu, najmanjša pa v bazalnem delu poganjkov.

6 SKLEPI

V raziskavi smo proučevali vsebnost skupnih sladkorjev, organskih kislin in fenolnih snovi (skupni fenoli, antociani, flavonoli, hidroksicimetne kisline in flavoni) v mladih poganjkih špargljev. Določili smo tudi nekatere kolorimetrične parametre (h° , L^* , a^* , b^*). Primerjali smo 8 hibridnih sort šparglja. Pri sorti 'Dariana' smo omenjene snovi primerjali tudi med dvema izbranimi lokacijama »Bošteča« in »Združena«, saj smo želeli ugotoviti njun vpliv na vsebnost snovi v poganjkih špargljev. Primerjavo smo naredili še glede na različne dele poganjkov šparglja. Primerjali smo vsebnost snovi v vrhu, sredini in bazi poganjkov. S koleracijsko analizo smo ugotavljali ali so posamezni izmerjeni kolorimetrični parametri v povezanosti z vsebnostjo skupnih antocianov.

Ugotovili smo, da lokaciji »Bošteča« in »Združena« ne vplivata na vsebnost snovi v poganjkih špargljev. Hipotezo o vsebnosti fenolnih snovi v poganjkih špargljev sorte 'Dariana' na lokacijah »Bošteča« in »Združena« smo potrdili, razen v primeru vsebnosti skupnih flavonov. Da bi bolj natančno ugotovili vpliv lokacije na vsebnost različnih fenolnih snovi v šparglju, bi morali primerjati več sort, ki bi bile zastopane na obeh lokacijah. Poleg talnih abiotskih dejavnikov bi bilo potrebno na rastišču spremljati še druge mikrometeorološke abiotske dejavnike, kot so sevanje, temperatura in padavine.

Hipotezo, da se vsebnosti skupnih kislin med sortami šparglja razlikujejo zavrnemo, saj med sortami nismo ugotovili statistično značilnih razlik. Prav tako med sortami ni statistično značilnih razlik v vsebnosti skupnih sladkorjev. Hipotezo, da se vsebnosti skupnih sladkorjev med sortami šparglja razlikujejo smo zavrnili, čeprav so statistični testi mejni. Tako se tudi izračunano razmerje sladkorjev in kislin med sortami ne razlikuje. Torej ne moremo trditi, da je neka sorta bolj sladkega okusa kot druge. Dodatno bi lahko naredili analizo vsebnosti saponinov, ki prav tako vplivajo na sladko-grenki okus špargljev. Zanimiva bi bila tudi primerjava z rezultati senzorične analize.

Hipotezo, da obstajajo med sortami statistično značilne razlike v vsebnosti skupnih fenolov smo potrdili. Sorti 'Viridas' in 'Ariane' vsebujeta statistično značilno več skupnih fenolov kot sorte 'Burgundine', 'Dariana' in 'Darsiane'.

Vijolične in zelene sorte se razlikujejo v vsebnosti skupnih in posameznih antocianov. Pri vijoličnih sortah 'Pacific Purple' in 'Burgundine' je vrednost parametra h° kazala na rdečkasto obarvanje poganjkov, vrednost parametra L^* pa je bila najmanjša, kar pomeni, da so bili poganjki teh sort najtemnejši. V skladu s tem je bila pri obeh sortah, v primerjavi z zelenimi sortami, statistično značilno večja vsebnost antocianov. Sorti 'Primaverde' in 'Viridas' sta imeli, v skladu z našimi pričakovanji, najmanjšo vsebnost skupnih antocianov.

Ugotovili smo, da so posamezni kolorimetrični parametri v povezanosti z vsebnostjo skupnih antocianov v poganjkih špargljev.

Statistično značilne razlike med sortami so tudi v vsebnosti flavonolov in flavonov, vendar pa v teh primerih razlike niso pogojene z barvo poganjkov. Največjo vsebnost skupnih flavonolov smo zabeležili pri sorti 'Ariane', najmanjšo pa pri vijolični sorti 'Burgundine'. Pri vseh sortah so bili flavoni zastopani v najmanjših koncentracijah. Največjo vsebnost flavonov smo zabeležili pri sorti 'Darsiane' in sorti 'Dariana' iz lokacije »Združena«. Najmanjšo vsebnost flavonov smo zabeležili pri vijolični sorti 'Pacific Purple'. Hipotezo, da obstajajo med sortami statistično značilne razlike v vsebnosti, antocianov, flavonolov in flavonov, smo tako potrdili.

Vsebnost fenolnih kislin oz. hidroksicimernih kislin se med obravnavanimi sortami ni statistično značilno razlikovala. Hipotezo, da obstajajo med sortami statistično značilne razlike v vsebnosti hidroksicimernih kislin, smo zavrnil.

Ugotovili smo, da se vsebnost organskih kislin vzdolž poganjkov zmanjšuje, medtem ko se vsebnost sladkorjev povečuje. Tako je razmerje med sladkorji in kislinami največje v bazalnem delu poganjkov. Barvitost oz. barvni ton (h°) in vrednosti kolorimetričnih parametrov a^* in b^* se vzdolž poganjkov posameznih sort spreminjajo. Vzdolž poganjkov se spreminja tudi svetlost barve. Rezultati korelacijske analize kažejo, da so posamezni kolorimetrični parametri v povezanosti z vsebnostjo skupnih antocianov. Vsebnost skupnih fenolov, flavonolov, flavonov in hidroksicimernih kislin se je zmanjševala vzdolž poganjkov.

Hipotezo, da obstajajo med različnimi deli poganjkov razlike v vsebnosti sladkorjev, organskih kislin in fenolnih snovi smo tako potrdili.

Da bi bili rezultati naše raziskave bolj primerljivi, bi bilo treba analizo ponoviti vsaj še v naslednji rastni sezoni. Za ugotavljanje vpliva lokacije na vsebnost snovi v poganjkih špargljev, bi morali v poskus vključiti več sort, ki bi bile zastopane na različnih lokacijah. Poleg tega bi morali neposredno na lokacijah spremljati tudi mikrometeorološke dejavnike, ki pomembno vplivajo na vsebnost fenolnih snovi v rastlinah.

7 POVZETEK

V nalogi smo želeli s pomočjo kemične analize določiti vsebnost antocianov in drugih fenolnih spojin v mladih poganjkih zelenih špargljev. Zanimale so nas razlike med različnimi sortami vijoličnega oz. zelenega šparglja. Prav tako smo želeli ugotoviti ali se vsebnosti snovi razlikujejo v različnih delih poganjkov špargljev.

Raziskavo smo opravili v letu 2013. Material za analizo, ki smo jo opravili na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Biotehniške fakultete, smo pobrali 21. maja iz dveh nasadov enake starosti na območju Savelj v Ljubljani. Primerjali smo 8 različnih hibridnih sort, in sicer: 'Dariana', 'Darsiane', 'Ariane', 'Mondeo', 'Primaverde', 'Viridas', 'Burgundine' in 'Pacific Purple'. Za vsako sorto smo nabrali 15 mladih in tržnih poganjkov, ki smo jih razdelili v 5 ponovitev. Vse poganjke smo razdelili v tri dele: vrh, sredina in baza. Za vsako sorto in del poganjka smo podrobneje analizirali parametre a^* in b^* , barvitost oz. barvni ton (h°) in svetlost (L^*) barve poganjkov. Vsebnost skupnih sladkorjev, kislin in posameznih skupin fenolnih snovi (antocianov, flavonolov, flavonov in hidroksicimetnih kislin) smo določili z HPLC analizo, vsebnost skupnih fenolov pa z metodo Folin-Ciocalteuovega reagenta.

Pri sorti 'Dariana' smo vsebnosti omenjenih snovi in parametrov primerjali tudi med dvema izbranimi lokacijama »Bošteča« in »Združena«. Ugotovili smo, da lokaciji »Bošteča« in »Združena« nista vplivali na vsebnost sladkorjev, organskih kislin, skupnih fenolov, antocianov, flavonolov in hidroksicimetnih kislin v poganjkih špargljev sorte 'Dariana'. Razlike med obema lokacijama pri sorti 'Dariana' so samo v vsebnosti flavonov.

Med sortami ni razlik v vsebnosti skupnih kislin in skupnih sladkorjev. Ugotovili smo, da se razmerje sladkorjev in kislin med sortami ne razlikuje, torej ne moremo trditi, da je neka sorta v primerjavi z drugo bolj sladkega okusa. V tem primeru bi bila zanimiva primerjava naših rezultatov z rezultati senzorične analize, ki bi jo lahko v bodoče naredili in s tem nadgradili rezultate dosedanjih raziskav na tem področju. Sorte se med seboj razlikujejo v vsebnosti skupnih fenolov, flavonolov, flavonov in antocianov. Med sortami ni razlik v vsebnosti hidroksicimetnih kislin. Največ antocianov vsebujejo vijolične sorte šparglja, razlike ostalih skupin fenolnih snovi niso barvno pogojene. Največjo vsebnost skupnih fenolov smo določili v sortah 'Viridas' in 'Ariane'. Vsebnost skupnih fenolov, flavonolov, flavonov in hidroksicimetnih kislin se je zmanjševala vzdolž poganjkov. Vsebnost antocianov je bila največja v bazalnem delu poganjkov. Ugotovili smo, da se vsebnost kislin vzdolž poganjkov statistično značilno zmanjšuje, medtem ko se vsebnost sladkorjev statistično značilno povečuje. Razmerje med sladkorji in kislinami je največje v bazalnem delu poganjkov.

8 VIRI

- Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. *Farmacevtski vestnik*, 48: 573-589
- Abramovič H., Abram V., Vidrih R. 2011. Antioksidanti in metodologija določanja antioksidativne učinkovitosti. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 112 str.
- Adam D., Stengel B. 1999. *L'asperge*. CTIFL: 304 str.
- Aegerter B., Cahn M., Koike S., Smith R., Hartz T., Suslow T. 2011. *Asparagus* production in California. The Regents of the University of California, Agriculture and Natural Resources. Publication 7234
<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7234.pdf> (oktober, 2014)
- Ainsworth E. A., Gillespie K. M. 2007. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Nature Protocols*, 2: 875-877
- ARSO. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2012. Mesečni bilten.
<http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BErica/mese%C4%8Dni%20bilten/bilten2012.htm> (december, 2013)
- ARSO. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2013. Mesečni bilten.
<http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BErica/mese%C4%8Dni%20bilten/bilten2013.htm> (december, 2013)
- Asparagus breeding program. New Jersey. Rutgers. The State University of New Jersey. Department of Plant Biology and Pathology. School of Biological and Environmental Science.
<http://aesop.rutgers.edu/asparagus/program/> (1.9.2014)
- Aspara Pacific. 2014. Commercial Growers. Pacific Purple.
<http://www.asparapacific.co.nz/commercialgrowers.htm#pacificpurple> (september, 2014)
- Aspega. 2014. Sorte špargljev.
<http://www.aspega.si/sparglji/sorte-spargljev/> (september, 2014)
- Benson B. L. 2008. Update of the World's asparagus production areas, spear utilization, yields and production periods. V: Proceedings of the XI International *Asparagus* Symposium. 16th June 2005. Lavrijzen P. J. M., Mulder J. H. (eds.). Leuren, ISHS. *Acta Horticulturae*, 776: 495-508

- Bhowmik P. K., Matsui T., Kawada K. 2000. Textural and Compositional Changes of asparagus spears during storage at 1 °C and subsequent senescence at 25 °C. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3: 787-790
- Bhowmik P. K., Matsui T., Gimena Enriquez F., Shameem Alam A. K. M., Kawada K. 2001. Changes in carbohydrate content and the activities of acid invertase, sucrose synthase and sucrose phosphate synthase in asparagus spears during storage. *Pakistan Journal of Biological Science*, 4: 94-97
- Bhowmik P. K., Matsui T., Ikeuchi T., Suzuki H. 2002. Changes in storage quality and shelf life of green asparagus over an extended harvest season. *Postharvest Biology and Technology*, 26: 323-328
- Caporali E., Carboni A., Galli M. G., Rossi G., Spada A., Marziani Longo G. P. 1994. Development of male and female flower in *Asparagus officinalis*. Search for point of transition from hermaphroditic to unisexual developmental pathway. *Sexual Plant Reproduction*, 7: 239-249
- Cakir E. 2007. Varietal differences in antioxidant activity and phenolic composition of *Asparagus*. Master of Science in Food Science. Washington, State University, Department of Food Science and Human Nutrition: 124 str.
- Castaneda Ovando A., Pacheco Hernandez M. de L., Paez Hernandez M. E., Rodriguez J. A., Galan Vidal C. A. 2009. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113: 859-871
- Chin C. K., Garrison S. A. 2008. Functional Elements from *Asparagus* for Human Health. V: Proceedings of the XI International Asparagus Symposium. 16th June 2005. Lavrijsen P. J. M., Mulder J. H. (eds.). Leuven, ISHS. *Acta Horticulturae*, 776: 219-226
- Crozier A., Clifford M. N., Ashihara H. 2006. Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet. Oxford, Blackwell Publishing Ltd: 372 str.
- Černe M. 2002. Pridelovanje šparglja. *Sodobno kmetijstvo*, 35, 5: 214-220
- Černe M., Kacjan Maršić N. 2002. Špargelj (*Asparagus*). *Sodobno kmetijstvo*, 35, 5: 207-211
- Degrav'agri. 2014. Fruits rougers services. Burgundine.
http://www.degrav-agri.fr/burgundine-xml-350_357-1050.html (september, 2014)
- Demirkol O., Adams C., Ercal N. 2004. Biologically important thiols in various vegetables and fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 8151-8154
- FAOSTAT. 2014. Agriculture Organization of the United Nations.
<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/E> (april, 2014)

- Ferrara L., Dosi R., Di Maro A., Guida V., Cefarelli G., Pacifico S., Mastellone C., Fiorentino A., Rosati A., Parente A. 2011. Nutritional values, metabolic profile and radical scavenging capacities of wild *Asparagus* (*A. acutifolius* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 326-333
- Fuentes Alventosa J. M., Jaramillo S., Rodriguez Gutierrez G., Carmeno P., Espejo J. A., Jimenez Araujo A., Guillen Bejarano R., Fernandez Bolanos J., Rodriguez Arces R. 2008. Flavonoid profile of green *Asparagus* genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 6977-6984
- Gebczynski P. 2007. Content of selected antioxidative compounds in green asparagus depending on processing before freezing and on the period and conditions of storage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57: 209-214
- Globalspec. 2014. IHS Engineering 360.
http://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/inspection_tools_instruments/color_appearance_instruments (september, 2014)
- Guillen R., Rodriguez R., Jaramillo S., Rodriguez G., Espejo J. A., Fernandez-Bolanos J., Heredia A., Jimenez A. 2008. Antioxidants from *Asparagus* spears: Phenolics. V: *Proceedings of the XI International Asparagus Symposium*. 16th June 2005. Lavrijsen P. J. M., Mulder J. H. (eds.). Leuven, ISHS. *Acta Horticulturae*, 776: 247-253
- Hurst P. L., Hyndman L. M., Hannan P. J. 1993. Sucrose synthase, invertases and, sugars in growing asparagus spears. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 21: 331-336
- Jaramillo S., Rodriguez R., Jimenez A., Guillen R., Fernandez-Bolanos J., Heredia A. 2007. Effects of storage conditions on the accumulation of ferulic acid derivatives in white asparagus cell walls. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 87: 286-296
- Kanno A., Yokoyama J. 2011. *Asparagus*. V: *Wild crop relatives: Genomic and breeding resources, vegetables*. Kole C (ed.). Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag: 23-42
- Kohmura H., Watanabe Y., Muto N. 2008. Polyphenol content, antioxidant activity and surface colour of *Asparagus* spears cultivated under different conditions of sunlight. V: *Proceedings of the XI International Asparagus Symposium*. 16th June 2005. Lavrijsen P. J. M., Mulder J. H. (eds.). Leuven, ISHS. *Acta Horticulturae*, 776: 255-260
- Kolesnikov M. P., Gins V. K. 2001. Phenolic substances in medical plants. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 37: 392-399
- Kos Zidar Š. 2013. Špargelj-vrtnina prihodnosti: zelenjava iz integrirane pridelave. Maribor, Slovensko združenje za integrirano zelenjavo: 37 str.

- Krzesinski W., Stachowiak J., Gasecka M., Knaflewski M. 2007. Sugar content in spears versus *Asparagus* yielding. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 67: 127-136
- Li H., Deng Z., Zhu H., Hu C., Liu R., Young J.C., Tsao R. 2012. Highly pigmented vegetables: Anthocyanin compositions and their role in antioxidant activities. *Food Research International*, 46: 250-259
- Lopez Anido F., Cointry E. 2008. *Asparagus*. V: *Vegetables II. Handbook of Plant Breeding*. Prohens J., Nuez F. (eds.). New York, Springer 2: 87-119
- Machon N., Deletre-Le Boulc'h V., Rameau C. 1995. Quantitative analysis of sexual dimorphism in *Asparagus*. *Canadian Journal of Botany*, 73, 11: 1780-1786
- Maeda T., Kakuta H., Sonoda T., Motoki S., Ueno R., Suzuki T., Oosawa K. 2005. Antioxidation capacities of extracts from green, purple and white *Asparagus* spears related to polyphenol concentration. *HortScience*, 40: 1221-1224
- Maeda T., Kakuta H., Sonoda T., Motoki S., Maekawa K., Suzuki T., Oosawa K. 2008. Differences in antioxidative polyphenols contents of *Asparagus* related to cultivares and seasonal change under various cultural conditions of the mother-fern culture. V: *Proceedings of the XI International Asparagus Symposium*. 16th June 2005. Lavrijsen P. J. M., Mulder J. H. (eds.). Leuven, ISHS. *Acta Horticulturae*, 776: 227-234
- Makris D.P., Rossiter J. T. 2001. Domestic Processing of onion bulbs (*Allium cepa*) and asparagus spears (*Asparagus officinalis*): Effect on flavonol content and antioxidant status. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 3216-3222
- Mikulič-Petkovšek M., Slatnar A., Schmitzer V., Štampar F., Veberič R., Koron D. 2013. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot. *Scientia Horticulturae*, 150: 399-409
- Papadopoulou P. P., Siomos A. S., Dogras C. C. 2003. Comparison of textural and compositional attributes of green and white asparagus produced under commercial conditions. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58: 1-9
- Peng M., Wolyn D. J. 1999. Improved Callus Formation and Plant Regeneration for Shed Microspore Culture in *Asparagus* (*Asparagus officinalis* L.). *Plant Cell Reports*, 18, 11: 954-958
- Planasa. Innovation in plant varieties. 2014. *Plant Breeding. Asparagus*.
<http://www.planasa.com/index.php?m=66&prod=549> (september, 2014)
- Pohlen B. 2010. Poznavanje parametrov barvnega prostora z vidika boljšega kliničnega izbora barve zob. *Zobozdravstveni vestnik*, 65: 19-27
- Robards K. 2003. Strategies for the determination of bioactive phenols in plant, fruit and vegetables. *Journal of Chromatography A*, 1000: 657-691

- Rodkiewicz T., 2008. Vitamin C and total antioxidant activity of fresh and stored green asparagus spears. V: Proceedings of the XI International *Asparagus* Symposium. 16th June 2005. Lavrijsen P. J. M., Mulder J. H. (eds.). Leuven, ISHS. Acta Horticulturae, 776: 235-238
- Rodriguez Arcos R. C., Smith A. C., Waldron K.W. 2002. Effect of storage on wall-bound phenolics in green *Asparagus*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 3197-3203
- Rodriguez R., Jaramillo S., Guillen R., Jimenez A., Fernandez Bolanos J., Heredia A. 2005. Cell wall phenolics of white and green asparagus. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85: 971-978
- Rosen. Deutsche Spargelzucht. 2014. Kurzbeschreibung. Spargelsorten. Bleichspargelanbau.
http://www.spargelzucht.de/assets/kurzbeschreibung_sorten2.pdf (september, 2014)
- Sakaguchi Y., Mine Y., Okubo H., Ozaki Y. 2008a. Anthocyanin variation in *Asparagus* species and its inheritance. V: Proceedings of the XI International *Asparagus* Symposium. 16th June 2005. Lavrijsen P. J. M., Mulder J. H. (eds.). Leuven, ISHS. Acta Horticulturae, 776: 285-290
- Sakaguchi Y., Ozaki Y., Miyajima I., Yamaguchi M., Fukui Y., Iwasa K., Motoki S., Suzuki T., Okubo H. 2008b. Major anthocyanins from purple asparagus (*Asparagus officinalis*). Phytochemistry, 69: 1763-1766
- Sakakibara H., Honda Y., Nakagawa S., Ashida H., Kanazawa K. 2003. Simultaneous determination of all polyphenols in vegetables, fruits and teas. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 3: 571-581
- Shou S., Lu G., Huang X. 2007. Seasonal variations in nutritional components of green asparagus using the mother fern cultivation. Scientia Horticulturae, 112: 251-257
- Sova M. 2012. Biološki učinki derivatov cimetine kisline. Farmacevtski vestnik, 63: 178-184
- Stoffyn O. M., Tsao R., Liu R., Wolyn D. J. 2012. The effects of environment and storage on rutin concentration in two asparagus cultivars grown in southern Ontario. Canadian Journal of Plant Science, 92 901-912
- SURS. 2014. Statistični urad Republike Slovenije.
<http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/Okolje.asp> (april, 2014)
- Škerbot I., Škerbot I., Golc R., Ogorelec A., Pušenjak M., Vičar B., Bolčič J., Pelko N., Majcen B., Jesenko T. Vidic I. 2011. Špargelj (*Asparagus officinalis* L.). Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije: 15 str.

<http://www.kgzs.si/Portals/0/Gradiva/spargelj-TN-240311-pdf.pdf>

- USDA. 2014. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27
<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2861?qlookup=11011&format=Full&max=25&man=&lfacet=&new=1> (september, 2014)
- Vasco C. 2009. Phenolic Compounds in Ecuadorian Fruits. Doctoral Thesis. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences: 61 str.
- Veberič R. 2010. Bioactive Compounds in Fruit Plants. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 65 str.
- 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
- Vidic I. 2002. Združenje pridelovalcev špargljev Slovenije. Sodobno kmetijstvo, 35, 5: 212-213
- Vissers. 2014. Asparagus plants for commercial growers.
www.vissers.com/?/en/asparagusplants (september, 2014)
- Vazquez Castilla S., Jaramillo Carmona S., Fuentes Alventosa J. M., Jimenez Araujo A., Rodriguez Arcos R., Cermeno Sacristan P., Espejo Calvo E., Guillen Bejarano R. 2013. Optimization of a method for the profiling and quantification of saponins in different green *Asparagus* genotypes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61: 6250-6258
- Wang M., Tadmor Y., Wu Q. L., Chin C. K., Garrison S. A., Simon J. E. 2003. Quantification of protodioscin and rutin in *Asparagus* shoots by LC/MS and HPLC methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 6132-6136
- Watson L., Dallwitz M. J. 1992. The families of flowering plants: Descriptions, illustrations, identification and information retrieval.
<http://delta-intkey.com> (14.10.2014)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Marijani JAKŠE in somentorju prof. dr. Robertu VEBERIČU. Hvala vam za trud, nasvete in usmeritve pri pisanju magistrskega dela.

Za pregled in dopolnila v nalogi se zahvaljujem prof. dr. Dominiku VODNIKU in predsedniku komisije prof. dr. Francu BATIČU.

Hvala tudi doc. dr. Maji MIKULIČ PETKOVŠEK za vso pomoč pri analizah in obdelavi podatkov.

Na koncu še zahvala moji družini, ki mi je v vseh letih šolanja stala ob strani in mi nesebično pomagala na poti do zastavljenega cilja.

PRILOGA A

Zbrani podatki o svetovni pridelavi in o pridelavi šparglja v Sloveniji

Priloga A1: Skupne površine (ha), skupni pridelek (t) in hektarski pridelek (t/ha) šparglja v večjih svetovnih pridelovalkah šparglja v letu 2012 (FAOSTAT, 2014).

Območje pridelave	Površina (ha)	Skupni pridelek (t)	Pridelek (t/ha)
Kitajska	1.350.600	7.353.200	5,4
Peru	33.063	376.645	11,4
Nemčija	19.329	102.395	5,3
Mehika	16.233	119.789	7,4
Španija	10.700	45.400	4,2
ZDA	10.240	34.520	3,4
Japonska	6.350	30.000	4,7
Italija	4.881	29.914	6,1
Francija	4.560	19.940	4,4
Nizozemska	2.494	15.700	6,3
Grčija	2.200	9.700	4,4
ostale države	36.035	164.279	
SVET	1.496.685	8.301.482	5,5

Priloga A2: Skupna površina, površina rodni, nerodni, beljeni in zeleni špargljev (ha), hektarski pridelek (t/ha), skupni pridelek (t) ter število pridelovalcev špargljev v Sloveniji v letih 2000, 2003, 2011, 2012 in 2013 (SURS, 2014).

Leto	Skupna površina (ha)	Površina- rodni (ha)	Površina- nerodni (ha)	Površina- beljeni (ha)	Površina- zeleni (ha)	Pridelek (t/ha)	Skupni pridelek (t)	Število pridelovalcev
2000	18,4	11,5	6,9	9,5	2,0	/	62	58
2003	19,3	14,0	5,3	8,0	6,0	/	/	44
2006	25,8	/	/	/	/	/	/	53
2011	30,0	/	/	/	/	3,9	117	/
2012	30,0	/	/	/	/	3,1	95	/
2013	65,8	/	/	3,2	62,6	3,3	218	144

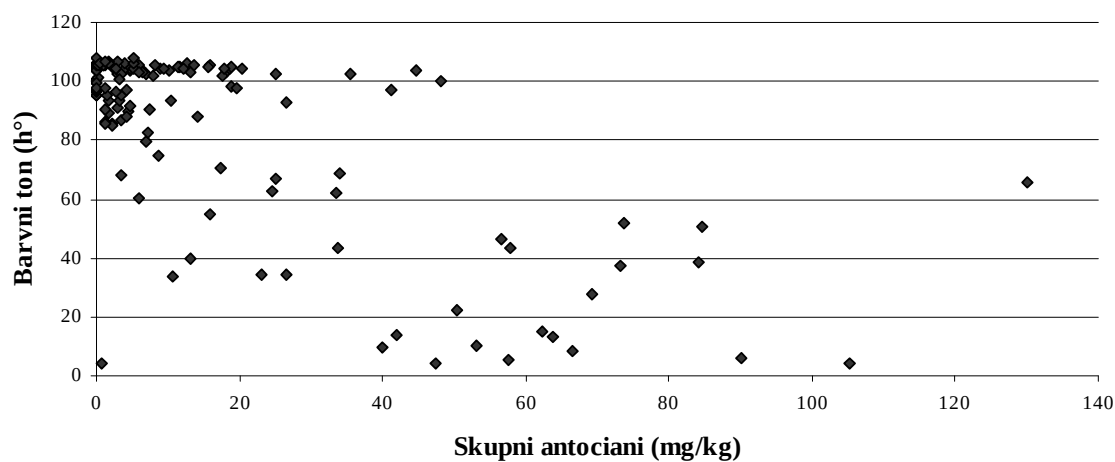
PRILOGA B

Slikovni prikaz lokacije »Boščeča« in lokacije »Združena« v Savljah ob Nemški cesti v Ljubljani (foto: Jasmina Horvat)

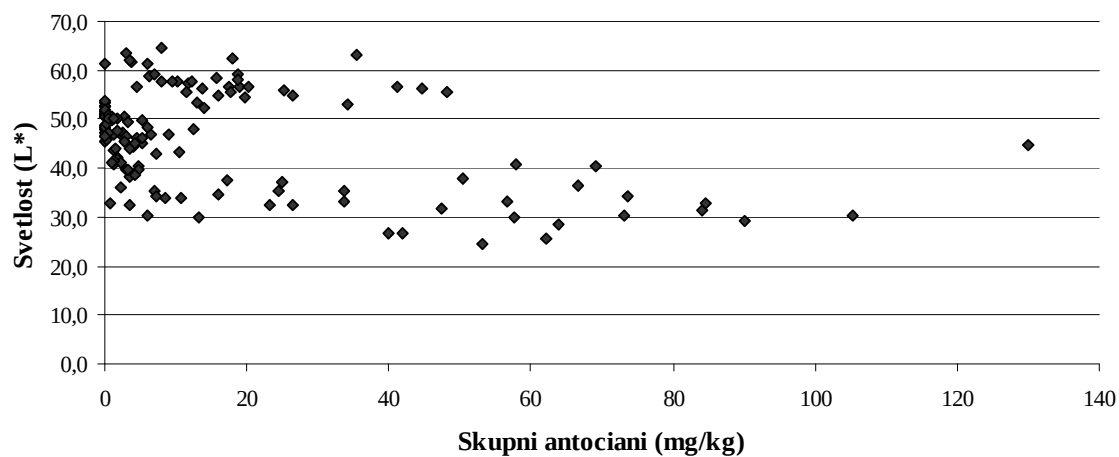


PRILOGA C

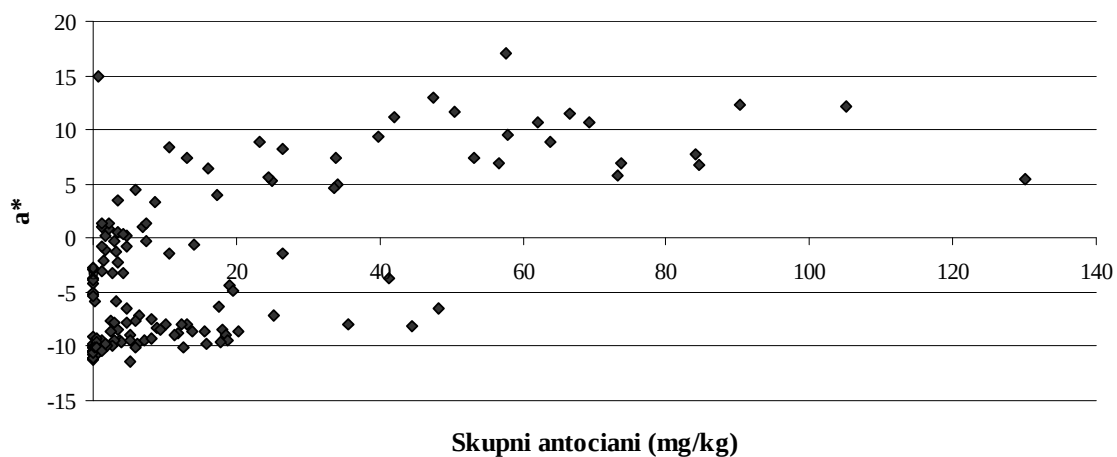
Razsevni grafikoni povezanosti posameznih kolorimetričnih parametrov in skupnih antocianov (mg/kg) v poganjkih špargljev



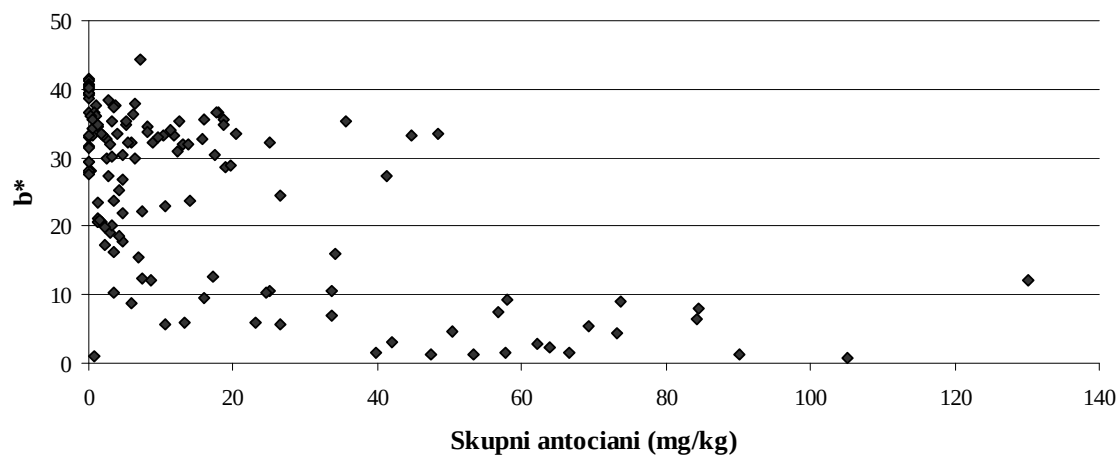
Priloga C1: Razsevni grafikon, ki prikazuje povezanost med vsebnostjo skupnih antocianov (mg/kg) in kolorimetričnega parametra h° v poganjkih špargljev.



Priloga C2: Razsevni grafikon, ki prikazuje povezanost med vsebnostjo skupnih antocianov (mg/kg) in kolorimetričnega parametra L^* v poganjkih špargljev.



Priloga C3: Razsewni grafikon, ki prikazuje povezanost med vsebnostjo skupnih antocianov (mg/kg) in kolorimetričnega parametra a^* v poganjkih špargljev.



Priloga C4: Razsewni grafikon, ki prikazuje povezanost med vsebnostjo skupnih antocianov (mg/kg) in kolorimetričnega parametra b^* v poganjkih špargljev.