



UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Petra POVŠE

**PRIMERJAVA BIOKEMIČNE SESTAVE PLODOV  
BRUSNICE (*Vaccinium vitis-idaea* L.) IN VELEPLODNE  
MAHOVNICE (*Vaccinium macrocarpon* Aiton)**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2019

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Petra POVŠE

**PRIMERJAVA BIOKEMIČNE SESTAVE PLODOV BRUSNICE  
(*Vaccinium vitis-idaea* L.) IN VELEPLODNE MAHOVNICE (*Vaccinium  
macrocarpon* Aiton)**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**COMPARISON OF BIOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF  
CRANBERRY (*Vaccinium vitis-idaea* L.) AND AMERICAN CRANBERRY  
(*Vaccinium macrocarpon* Aiton)**

B. SC. THESIS  
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2019

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študijskega programa prve stopnje Kmetijstvo – agronomija. Delo je bilo opravljeno na Katedri za agronomijo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorico diplomskega dela imenovala izr. prof. dr. Majo Mikulič Petkovšek.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Metka HUDINA  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Helena ŠIRCELJ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: izr. prof. dr. Maja MIKULIČ PETKOVŠEK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora: 13. 9. 2019

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du1
- DK UDK 634.738:582.688.31:543.61(043.2)
- KG brusnica, veleplodna mahovnica, *Vaccinium macrocarpon*, *Vaccinium vitis-idaea*, biokemična sestava, fenolne spojine, organske kisline, ogljikovi hidrati, terpenoidi
- AV POVŠE, Petra
- SA MIKULIČ PETKOVŠEK, Maja (mentorica)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, univerzitetni študijski program prve stopnje Kmetijstvo – agronomija
- LI 2019
- IN PRIMERJAVA BIOKEMIČNE SESTAVE PLODOV BRUSNICE (*Vaccinium vitis-idaea* L.) IN VELEPLODNE MAHOVNICE (*Vaccinium macrocarpon* Aiton)
- TD Diplomsko delo (univerzitetni študij – 1. stopnja)
- OP VI, 18 str., 7 pregl., 5 sl., 44 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V diplomskem delu sem predstavila razlike v vsebnostih biokemičnih spojin v plodovih brusnice (*Vaccinium vitis-idaea* L.) in veleplodne mahovnice (*Vaccinium macrocarpon* Aiton). Iz znanstvenih člankov sem pridobila rezultate analiz za brusnico in veleplodno mahovnico ter njune vsebnosti primerjala med seboj. Tako sem ugotovila, da imata obe vrsti od sladkorjev največ fruktoze in glukoze, precej manj je saharoze. Skupnih sladkorjev ima več veleplodna mahovnica. Izmed organskih kislin imata vrsti največ citronske kisline, ki ji sledita jabolčna in vinska kislina. Askorbinske kisline ima več veleplodna mahovnica, in sicer sorti 'Stevens' in 'Ben Lear'. Ugotovila sem, da plodovi obeh vrst vsebujejo velike vsebnosti fenolnih spojin, ki imajo antioksidativno delovanje. Poleg tega imajo tudi protibakterijsko delovanje, preprečujejo vnetne okužbe, zdravilno učinkujejo na zdravje srca in ožilja ter pomagajo zmanjševati prekomerno težo. Med fenolnimi spojinami so po vsebnosti v plodovih najpomembnejši flavonoidi. Rdeča barva plodov je posledica vsebnosti antocianinov. Glavni antocianini so cianidin galaktozid, -glukozid in -arabinozid. Plodovi veleplodne mahovnice vsebujejo več antocianinov. Antioksidativnost pripisujejo tudi taninom in terpenoidom. Brusnica ima večjo vsebnost skupnih taninov, medtem ko plodovi veleplodne mahovnice vsebujejo nekoliko več terpenoidov. Zanje so ugotovili, da rastlinam pomagajo privabljati opraševalce, pomembni pa so tudi v prehranski industriji.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du1
- DC UDC 634.738:582.688.31:543.61(043.2)
- CX lingonberry, cranberry, *Vaccinium macrocarpon*, *Vaccinium vitis-idaea*, biochemical characteristics, phenolic compounds, organic acids, carbohydrates, terpenoids
- AU POVŠE, Petra
- AA MIKULIČ PETKOVŠEK, Maja (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy, Academic Study Programme in Agriculture - Agronomy
- PY 2019
- TI COMPARISON OF BIOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF CRANBERRY (*Vaccinium vitis-idaea* L.) AND AMERICAN CRANBERRY (*Vaccinium macrocarpon* Aiton)
- DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
- NO VI, 18 str., 7 pregl., 5 sl., 44 vir.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The aim of this bachelor's degree is to describe differences in the contents of biochemical compounds in lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and in cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Aiton). The results of analysis for lingonberry and for cranberry were taken from scientific research and they were compared between themselves. I have found out that both species have among the sugars the highest content of fructose and glucose, but significantly lower content of sucrose. Generally cranberry fruits have higher content of total sugars as lingonberry. Among the organic acid, both fruits have the highest content of citric acid followed by malic and tartaric acid. Cranberry cultivars 'Stevens' and 'Ben Lear' have the highest content of ascorbic acid. I have found out that fruits contain high contents of phenolic compounds giving the fruits antioxidant activity. Furthermore they have antibacterial and anti-inflammatory characteristic, they positively effect against cardiovascular diseases and can help with weight loss. Among all phenolic compounds present in the fruits, the flavonoids are the most important. The identifying red colour of cranberries is caused by content of anthocyanins amongst which the cyanidin galactoside, -glucoside and -arabinoside are the main ones. Overall the higher content of antocyanins has cranberry fruits. Tannins and terpenoides also contribute to antioxidant activity. Lingonberry fruist have higher contents of total tannins while cranberry has higher content of terpenoids. They have found out that the main role of terpenoids is to attract pollinating animals but they are also important in food industry.

## KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VI
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 NAMEN IN POVOD DELA	1
<b>2 BRUSNICE</b>	<b>2</b>
2.1 ZGODOVINA IN UPORABA BRUSNIC	2
2.2 UPORABA IN PREDELAVA BRUSNIC	2
2.3 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI	2
<b>2.3.1 Brusnica (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.)</b>	<b>3</b>
<b>2.3.2 Veleplodna mahovnica (<i>Vaccinium macrocarpon</i> Aiton)</b>	<b>4</b>
<b>3 KEMIČNA SESTAVA PLODOV</b>	<b>5</b>
3.1 OGLJIKOVI HIDRATI	5
3.2 ORGANSKE KISLINE	7
<b>3.2.1 Askorbinska kislina</b>	<b>6</b>
3.3 FENOLNE SPOJINE	7
<b>3.3.1 Flavonoidi</b>	<b>7</b>
3.3.1.1 Proantocianidini	8
3.3.1.2 Antocianini	8
3.3.1.3 Flavonoli	11
<b>3.3.2 Fenolne kisline</b>	<b>11</b>
<b>3.3.3 Tanini</b>	<b>12</b>
<b>3.3.4 Vsebnost skupnih fenolov in fenolnih spojin</b>	<b>12</b>
3.4 TERPENOIDI	13
<b>4 ZAKLJUČEK</b>	<b>14</b>
<b>5 VIRI</b>	<b>15</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Vsebnost posameznih sladkorjev (g/kg sveže teže) in skupnih sladkorjev (mmol/kg sveže teže) v plodovih brusnice ( <i>V. vitis-idaea</i> ) in veleplodne mahovnice ( <i>V. macrocarpon</i> )	5
Preglednica 2: Vsebnost posameznih organskih kislin (g/kg sveže teže), fumarne in šikimske kisline (mg/kg sveže teže) ter skupnih organskih kislin (mmol/kg sveže teže) v plodovih brusnice ( <i>V. vitis-idaea</i> ) in veleplodne mahovnice ( <i>V. macrocarpon</i> )	6
Preglednica 3: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g sveže teže) v brusnici ( <i>V. vitis-idaea</i> ) in veleplodni mahovnici ( <i>V. macrocarpon</i> )	7
Preglednica 4: Kemijska struktura šestih pogostih antocianidinov s pripadajočo barvo	9
Preglednica 5: Vsebnost posameznih in skupnih antocianinov (mg/100 g sveže teže) v brusnici ( <i>V. vitis-idaea</i> ) in veleplodni mahovnici ( <i>V. macrocarpon</i> )	10
Preglednica 6: Vsebnost antocianinov (mg/100 g sveže teže) v brusnici ( <i>V. vitis-idaea</i> ) in veleplodni mahovnici ( <i>V. macrocarpon</i> )	10
Preglednica 7: Vsebnost skupnih fenolov in posameznih fenolnih skupin po metodi Folin-Ciocalteu (v ekvivalentih galne kisline) v veleplodni mahovnici ( <i>V. macrocarpon</i> ) in brusnici ( <i>V. vitis-idaea</i> )	12

## KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Zrel plod brusnice ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.)	3
Slika 2: Zrel plod veleplodne mahovnice ( <i>Vaccinium macrocarpon</i> Aiton)	4
Slika 3: Struktura tetramera proantocianidina veleplodne mahovnice, sestavljena iz epikatehinske enote z A-tipom vezave	8
Slika 4: Strukturna formula antocianidinov	9
Slika 5: Strukturna formula terpena in ursolne kisline	13

## 1 UVOD

Rastline iz rodu *Vaccinium* so razširjene po vsem svetu. Uspevajo na kislih in zračnih tleh, ki imajo dobro sposobnost zadrževanja vode. V diplomskem delu sta opisani dve vrsti iz rodu *Vaccinium*, in sicer brusnica (*Vaccinium vitis-idaea* L.) in veleplodna mahovnica (*Vaccinium macrocarpon* Aiton). V Sloveniji veleplodno mahovnico poznamo tudi pod imenom ameriška brusnica. Brusnica in veleplodna mahovnica imata grmičast habitus nizke rasti. Njuni plodovi so škrlatno rdeče barve. Omenjeni vrsti se deloma razlikujeta po rastiščih, dolžini rasti, obliki listov in odtenku barve plodov. Med plodovi obeh vrst so velike razlike v kemični sestavi.

Rastline sintetizirajo primarne in sekundarne metabolite. Za osnovne življenjske procese potrebujejo primarne metabolite, med katere uvrščamo beljakovine, proteine, lipide, sladkorje, nukleinske kisline in organske kisline. Plodovi brusnice in veleplodne mahovnice vsebujejo dva monosaharida, in sicer fruktozo in glukozo, ter disaharid saharozo. V obeh vrstah se nahajajo jabolčna, citronska, vinska in askorbinska kislina. Primarni metaboliti so prekurzorji za sekundarne metabolite, ki so pomembni predvsem v obrambnih mehanizmih rastline in za privabljanje opravevalcev. Poleg tega so zdravilne snovi v vsakdanji prehrani človeka. Flavonoidi, fenolne kisline, tanini, terpenoidi in alkaloidi so glavni sekundarni metaboliti. V plodovih obeh vrst so najbolj zastopani predvsem flavonoidi, med katerimi je največja vsebnost flavonolov, antocianinov in proantocianidinov.

Brusnica in veleplodna mahovnica imata zdravilne učinke na zdravje ljudi. Zdravilno delujeta na srce in ožilje. Imata protivnetno in protitumorsko učinkovanje. Pomagata tudi proti prekomerni telesni teži. Naštete koristne učinke imajo flavonoidi, flavonoli, antocianini, proantocianidini, fenolne kisline, askorbinska kislina, tanini in terpenoidi. Omenjene spojine so tudi učinkoviti antioksidanti, zaradi česar sta obe vrsti pomemben vir, ki zavira oksidativni stres v celicah.

### 1.1 NAMEN IN POVOD DELA

V diplomski nalogi bom predstavila razlike v kemični sestavi plodov, ki jih imata vrsti *Vaccinium*. Za to temo sem se odločila, ker me je zanimalo, katere kemične snovi imata brusnica in veleplodna mahovnica ter kolikšne so razlike v vsebnosti snovi med njima.



## 2 BRUSNICE

Brusnice so dvokaličnice (Magnoliopsida), ki jih uvrščamo v deblo Tracheophyta (Traheofiti), red vresovk (Ericales) in družino vresovke (Ericales) (ITIS ..., 2019). Spadajo v rod *Vaccinium*. Uspevajo po vsej Evropi, v Severni in Srednji Ameriki, Srednji in Jugovzhodni Afriki, na Madagaskarju, Japonskem in v Aziji. Rastejo na tleh z nizkim pH v hladnejših predelih sveta. Gojene pridelujejo v velikih nasadih s kislimi tlemi, ki jih med obiranjem poplavijo. Največ brusnic pridelajo v Združenih državah Amerike, in sicer v Oregonu in Washingtonu (Palakeel, 2010; Dorofejeva in sod., 2011; Brown in sod., 2012; Lee in sod., 2012).

### 2.1 ZGODOVINA IN UPORABA BRUSNIC

Zgodovinski zapisi opisujejo različno uporabo brusnic. Imenovali so jih zemeljske jagode. Uporabljali so jih v prehrani za različne proizvode in jih shranjevali za ozimnico. Poleg tega so z njimi barvali in izdelovali nakit. Viri še navajajo, da so liste uporabljali za kajenje kot nadomestilo tobaka. Brusnice so imele pomembno vlogo v ljudskem zdravilstvu in kulturi avtohtonih prebivalcev po vsej Severni Ameriki. Navsezadnje se še danes pogosto uporabljajo v zdravilne namene (Jurikova in sod., 2019).

### 2.2 UPORABA IN PREDELAVA BRUSNIC

Plodovi brusnic zorijo poleti in jeseni. Z različnimi postopki predelave so na voljo tudi izven sezone. Zaradi trpkega okusa je uporaba svežih plodov omejena. S tehnološkimi postopki brusnice predelujemo v sok, vino, marmelado, čaj, kompot ter jih uporabljamo za izdelavo prehranskih barvil in prehranskih dopolnil (Veberič in sod., 2015; Michalska in sod., 2018; Hurkova in sod., 2019).

V sodobnem času je zlasti veleplodna mahovnica ena od pomembnih zgodb o uspehu živilske industrije. Pomembno vlogo ima pri zdravljenju okužb sečil, saj imajo plodovi protivnetno delovanje. Raziskave kažejo, da bioaktivne snovi v brusnicah zavirajo rast in razvoj bakterije *Escherichia coli*, ki se lahko namnoži v urinalnem traktu (Jurikova in sod., 2019).

### 2.3 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI

V nalogi bom pisala o dveh vrstah iz rodu *Vaccinium*, in sicer o brusnici (*Vaccinium vitis-idaea* L.) in veleplodni mahovnici (*Vaccinium macrocarpon* Aiton).

### 2.3.1 Brusnica (*Vaccinium vitis-idaea* L.)

Vrsto *Vaccinium vitis-idaea* L. imenujemo brusnica. Je diploid ( $2n = 24$ ). Ima grmičast habitus, ki zraste od 10 do 30 cm. Liste ima majhne in podolgovate, dolge od 0,5 do 2 cm, ki se jeseni obarvajo v rdeče in vijolične odtenke, v zimskem času pa jih ne odvrže. Cvetovi so delno samooplodni, bele do rdečkaste barve in v obliki zvonca. Brusnica cveti dvakrat letno, in sicer spomladi in poleti. Zori konec julija in drugič v začetku septembra. Plodovi so jagode velikosti do 1 cm, bleščeče škrlatno rdeče barve (slika 1). So kiselkastega in trpklega okusa. Združeni so v posamezne grozde na koncu enoletnega poganjka. Brusnice uspevajo na humoznih, a kislih tleh. Ugoden pH tal za njihovo rast je med 3,5 in 5,5. Tla morajo biti zračna z dobro sposobnostjo zadrževanja vode. V naravi uspevajo avtohtono predvsem v visokogorju. Rastejo v mešanih in iglastih gozdovih ter na območjih z grmičevjem, v močvirjih in pod skalnimi grebeni. Gojijo se tudi v nasadih (Pirc, 2008; Koron, 2011; Brown in sod., 2012; Jurikova in sod., 2019).

Brusnice so razširjene po vsem svetu. V Alpah uspevajo tudi na višini 2500 m. Rastejo na Balkanu in posameznih območjih v Franciji in Italiji. Dobro prenašajo nizke temperature do  $-22$  °C. Evropa sodi med manjše pridelovalce brusnice, kljub temu pa se zanimanje za pridelavo znatno povečuje. Poznamo več sort brusnice, in sicer 'Ida', 'Linnea', 'Sanna' in 'Sussi'. Poleg omenjenih švedskih sort poznamo še nemške 'Erntekrone', 'Erntedank' in 'Erntesegen' ter nizozemski 'Koralle' in 'Red Pearl'. Gojene sorte imajo v povprečju pridelok med 250 do 500 g na grm (Pirc, 2008; Lee in sod., 2012).

Plodovi se le redko uporabljajo za sveže uživanje. V prehrambni industriji se predelajo v različne proizvode, kot so marmelade, kompoti, čaji, sokovi ter vino in žganje. Njihova uporaba je skokovito narasla in pridobila pomen zaradi njihovega zdravilnega učinka na zdravje ljudi. Uporabljajo se za zdravljenje uroloških težav. Potencialne koristi za zdravje pripisujejo predvsem strukturno raznolikim fenolom, vitaminom in omega-3 maščobnim kislinam v plodovih brusnic (Koron, 2011; Lee in Finn, 2012).



Slika 1: Zrel plod brusnice (*Vaccinium vitis-idaea* L.) (Latti in sod., 2011)

### 2.3.2 Veleplodna mahovnica (*Vaccinium macrocarpon* Aiton)

Veleplodna mahovnica (*Vaccinium macrocarpon* Aiton) je med slovenskimi pridelovalci poznana tudi kot ameriška brusnica oziroma velika brusnica. V bazi ITIS (2019) navajajo njen sinonim *Oxycoccus macrocarpus*. Uvrščamo jo v podrod mahovnic. Rastlina je diploid ( $2n = 24$ ). Avtohtono raste na severovzhodnem območju ZDA in v Kanadi. Selekcija je omogočila pridelavo tudi drugod, predvsem na območjih z nizkimi temperaturami (Jurikova in sod., 2019; Krishnaeswari in sod., 2019).

Veleplodna mahovnica spada v družino vresovk (Ericaceae). Uspešno raste na kislih tleh z vrednostjo pH od 3,2 do 4,5. Enako kot brusnica je zimzelena rastlina, ki ima grmičast habitus. Visoka je od 10 do 30 cm. Njeni horizontalni poganjki so dolgi do 180 cm. Krishnaeswari in sod. (2019) navajajo, da so lahko dolžine tudi do 4 m. Listi so tanki, elipsaste oblike. V rastni dobi so zelene barve, med zimskim mirovanjem se obarvajo v rdeče rjave odtenke. Ima zvončaste cvetove temno rožnate barve. Cveti spomladi in poleti. Plodovi so rožnate do rdeče ali temno rdeče barve in so precej večji od ostalih vrst tega rodu (slika 2). Veliki so od 1,5 do 2 cm. Lahko so hruškaste, jajčaste, ovalne ali okrogle oblike (Koron, 2011; Pirc, 2008; Krishnaeswari in sod., 2019; Jurikova in sod., 2019).

Rastline gojijo v nasadih s kislimi tlemi, ki jih med obiranjem poplavijo. Nasadi so namenjeni tudi za namakanje in v hladnejših predelih za varovanje pred zimskimi pozebami. Veleplodna mahovnica se obira od avgusta do konca jeseni. Če plodovi med obiranjem še niso dovolj zreli, dozoriijo v skladišču (Koron, 2011; Jurikova in sod., 2019).

Plodovi so trpkoga in kislega okusa ter so bogat vir bioaktivnih snovi. Vsebujejo predvsem veliko flavonoidov, antocianinov, proantocianidinov, fenolnih kislin in askorbinske kisline. Raziskave kažejo, da imajo našteje snovi protibakterijsko, protivirusno, protitumorsko, protivnetno in antioksidativno delovanje. Bolj kot brusnice so znane, da preprečujejo in zdravijo okužbe sečil, saj vsebujejo dragocen vir proantocianidinov. Plodovi veleplodne mahovnice niso za svežo uporabo, temveč le za predelavo v marmelade, sokove in druge prehranske izdelke. Poznamo več sort, med katerimi so najbolj znane 'Howes', 'Early Black', 'McFarlin', 'Pilgrim' in 'Searles' (Pirc, 2008; Koron, 2011; Krishnaeswari in sod., 2019).



Slika 2: Zrel plod veleplodne mahovnice (*Vaccinium macrocarpon* Aiton) (Cranberry ..., 2019)

### 3 KEMIČNA SESTAVA PLODOV

V raziskavah so preučevali kemično sestavo plodov rodu *Vaccinium*. Analizirali so hranilne in bioaktivne snovi, ki jih imata brusnica in veleplodna mahovnica. Rastline sintetizirajo primarne in sekundarne metabolite. Primarni metaboliti so potrebni za osnovne življenjske procese rasti in razvoja. Delimo jih na beljakovine, lipide, sladkorje, nukleinske kisline in organske kisline. So prekursorji za sekundarne metabolite. Ti za razliko od primarnih niso neposredno vključeni v osnovne življenjske procese rastlin. Kljub temu so najpomembnejše snovi za ekološke in obrambne funkcije rastlin. Sekundarne metabolite delimo na flavonoide, terpenoide, alkaloide, fenole, cianogene glikozide, tanine in saponine. Uporabljamo jih kot aromatične snovi, naravne insekticide, barvila itd. (Veberič, 2010; Gupta in sod., 2017).

#### 3.1 OGLIKOVI HIDRATI

Ogljikove hidrate delimo na monosaharide, oligosaharide in polisaharide (Cummings in Stephen, 2007; Cigić in sod., 2017).

Monosaharidi so sestavljeni iz različnega števila ogljikovih atomov in glede na to jih delimo na trioze, tetraoze, pentoze in heksoze. Trije glavni monosaharidi so glukoza, fruktoza in galaktoza. Monosaharidi so gradniki di-, oligo- in polisaharidov. V brusnici in veleplodni mahovnici se nahajajo večje koncentracije glukoze in fruktoze. Oligosaharidi so sestavljeni iz 2 do 10 monosaharidnih enot. Povezuje jih glikozidna vez. Saharoza in monosaharidi so ključnega pomena za razvoj in kakovost plodov, saj so vir energije. Polisaharidi so opredeljeni kot molekule iz 10 ali več monomernih enot. To so škrob, celuloza, hemiceluloza, pektin idr. Monosaharidi in disaharidi se porabljajo kot sladilo za izboljšanje okusa živil in njihovo konzerviranje. Vplivajo na viskoznost in teksturo. Izmed vseh sladkorjev je najslajša fruktoza (Cummings in Stephen, 2007; Galant in sod., 2015; Cigić in sod., 2017; Conde in sod., 2018).

Za okus in aromo sadja je odgovorno razmerje med topnimi sladkorji in kislinami. Ni nujno, da plodovi sladkega okusa vsebujejo veliko sladkorjev, lahko imajo le nizke vsebnosti organskih kislin, zlasti jabolčne (Mikulič-Petkovšek in sod., 2007).

V preglednici 1 so navedena povprečja sladkorjev in skupnih sladkorjev (Mikulič-Petkovšek in sod., 2012a). Razvidno je, da plodovi veleplodne mahovnice vsebujejo več posameznih sladkorjev (glukoza, fruktoza, saharoza) kot plodovi brusnice. Veleplodna mahovnica ima največ glukoze, 55 g/kg sveže teže, medtem ko jo ima brusnica le 37,9 g/kg sveže teže. Obe vrsti imata najmanj saharoze, veleplodna mahovnica 6,49 g/kg sveže teže in brusnica 4,1 g/kg sveže teže. Mikulič-Petkovšek in sod. (2012a) navajajo, da se vsebnosti skupnih sladkorjev razlikujejo med vrstami. Veleplodna mahovnica jih ima 622,6 mmol/kg sveže teže, brusnica pa 382,9 mmol/kg sveže teže.

Preglednica 1: Vsebnost posameznih sladkorjev (g/kg sveže teže) in skupnih sladkorjev (mmol/kg sveže teže) v plodovih brusnice (*V. vitis-idaea*) in veleplodne mahovnice (*V. macrocarpon*) (Mikulič-Petkovšek in sod., 2012a)

VRSTA	GLUKOZA	FRUKTOZA	SAHAROZA	SKUPAJ SLADKORJI
Veleplodna mahovnica	55	53,7	6,49	622,6
Brusnica	37,9	29,2	4,1	382,9

## 3.2 ORGANSKE KISLINE

Organske kisline so ključne za organoleptične lastnosti plodov, saj vplivajo na kakovost sadja. Glavna organska kislina v plodovih je citronska kislina. Koncentracija kislin v plodovih se bistveno zmanjša ob daljši izpostavljenosti višjim temperaturam. Organske kisline se lahko uporabljajo za vir energije. Takšen primer je jabolčna kislina (Conde in sod., 2018).

Plodovi brusnice in veleplodne mahovnice vsebujejo citronsko, jabolčno, vinsko, fumarno in šikimsko organsko kislino (preglednica 2). V preglednici 2 so navedene posamezne vsebnosti organskih kislin v plodovih obeh vrst. Mikulič-Petkovšek in sod. (2012a) so ugotovili, da je vsebnost citronske kisline med 30 in 95 % vseh analiziranih organskih kislin. Veleplodna mahovnica jo vsebuje 14,7 g/kg sveže teže, brusnica pa 20,0 g/kg sveže teže. Citronski kislini sledita jabolčna in vinska kislina. V plodovih obeh vrst je od 1,97 do 3,38 g vinske kisline/kg sveže teže plodov. Njen delež je 17 % vseh analiziranih kislin. V obeh plodovih sta bili fumarna in šikimska kislina zastopani v precej majhnih količinah. Mikulič-Petkovšek in sod. (2012a) so ugotovili, da kislini predstavljata manj kot 3 % vseh organskih kislin. Brusnica ima več skupnih kislin kot veleplodna mahovnica. Slednja jih ima 93,9 mmol/kg sveže teže (Mikulič-Petkovšek in sod., 2012a).

Preglednica 2: Vsebnost posameznih organskih kislin (g/kg sveže teže), fumarne in šikimske kisline (mg/kg sveže teže) ter skupnih organskih kislin (mmol/kg sveže teže) v plodovih brusnice (*V. vitis-idaea*) in veleplodne mahovnice (*V. macrocarpon*) (Mikulič-Petkovšek in sod., 2012a)

VRSTA	CITRONSKA KISLINA	JABOLČNA KISLINA	VINSKA KISLINA	FUMARNA KISLINA	ŠIKIMSKA KISLINA	SKUPNE KISLINE
Veleplodna mahovnica	14,7 ± 0,86	0,71 ± 0,15	1,968 ± 0,142	35,8 ± 3,24	17,7 ± 0,70	93,9 ± 7,1
Brusnica	20,0 ± 1,43	2,27 ± 0,11	3,379 ± 0,356	35,6 ± 3,80	40,9 ± 8,06	143,2 ± 11,2

### 3.2.1 Askorbinska kislina

Askorbinska kislina je za ljudi vitamin C. Je topna v vodi, vendar najbolj nestabilna med vsemi vitamini. Razpade ob stiku s kisikom in svetlobo ter ob izpostavljenosti visoki temperaturi. Sodeluje pri presnovi več aminokislin, omogoča boljšo absorpcijo železa in deluje kot celični antioksidant. Antioksidant je spojina, ki ščiti biološke sisteme pred potencialno škodljivimi učinki oksidacije procesov ali reakcij. Zaradi antioksidativnega delovanja je vnos askorbinske kisline iz hrane ključnega pomena za normalno delovanje človeškega telesa. Pri predelavi oziroma skladiščenju brusnic je zato pomembno, da jo maksimalno ohranimo (Arnao in sod., 2001; Dorofejeva in sod., 2011; Jurikova in sod., 2019).

Veleplodna mahovnica ima večjo vsebnost askorbinske kisline kot brusnica (preglednica 3). Največ jo ima sorta 'Ben Lear', in sicer 57,83 mg/100 g sveže teže. Sledijo ji sorte 'Stevens', 'Bergman' in 'Pilgrim'. Najmanj jo ima 'Early Black', 47,48 mg/100 g sveže teže. Kljub temu je vsebnost askorbinske kisline pri 'Early Black' še vedno veliko večja kot pri brusnici, saj ta vsebuje 19 mg askorbinske kisline/100 g sveže teže, kot navajajo Dorofejeva in sod. (2011) ter Diaconeasa in sod. (2015).

Preglednica 3: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g sveže teže) v brusnici (*V. vitis-idaea*) in veleplodni mahovnici (*V. macrocarpon*)

VRSTA	SORTA	ASKORBINSKA KISLINA	VIR
Veleplodna mahovnica	'Stevens'	57,05	Dorofejeva in sod., 2011
	'Ben Lear'	57,83	Dorofejeva in sod., 2011
	'Pilgrim'	51,89	Dorofejeva in sod., 2011
	'Early Black'	47,48	Dorofejeva in sod., 2011
	'Bergman'	56,56	Dorofejeva in sod., 2011
Brusnica		19	Diaconesa in sod., 2015

### 3.3 FENOLNE SPOJINE

Fenolne spojine so za rastline nujne za normalno rast in obrambo pred stresu, okužbami in poškodbami. Zavirajo oksidacijo askorbinske kisline, karotenoidov in nenasičenih maščobnih kislin. Tehnološki proces mletja plodov in depektinizacija negativno vplivata na stabilnost fenolnih spojin. Na njihovo stabilnost vplivajo tudi temperatura, oksidacija in encimska razgradnja (Cote in sod., 2011; Jurikova in sod., 2019).

V nadaljevanju bom opisala flavonoide, fenolne kisline in tanine.

#### 3.3.1 Flavonoidi

Flavonoidi so najbolj razširjena skupina naravnih sestavin v rastlinah. So vodotopni oksidanti in lovci prostih radikalov. Preprečujejo oksidativne poškodbe celic in omogočajo protitumorsko delovanje (Krishnaeswari in sod., 2019). Delimo jih na (Gupta in sod., 2017):

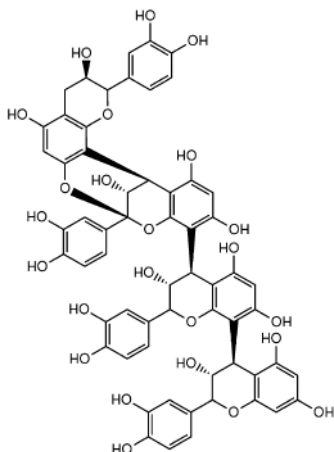
- flavonole,
- flavone,
- izoflavone,
- antocianine,
- proantocianidine in
- flobafene pigmente.

Na vsebnost flavonoidov lahko vplivajo ne samo rastni pogoji, ampak tudi postopki predelave, kot sta sušenje in zamrzovanje. V rodu *Vaccinium* najdemo predvsem tri razrede flavonoidov, in sicer flavonole, antocianine in proantocianidine (Cote in sod., 2011; Jurikova in sod., 2019).

##### 3.3.1.1 Proantocianidini

Proantocianidini so odgovorni za organoleptične, protivnetne, protibakterijske in protivirusne lastnosti plodov. Rezultati študij so pokazali, da proantocianidini v brusnici in veleplodni mahovnici zavirajo oksidacijo LDL. Prav tako vplivajo na srčno-žilne in nevrološke bolezni ter zavirajo nastanek raka. Veliko jih vsebuje predvsem kožica plodov. Brusnica in veleplodna mahovnica vsebujeta katehin, epikatehin, procianidin, galokatehin in epigalokatehin (Neto, 2007; Cote in sod., 2011; Jurikova in sod., 2019).

Izmed procianidinov so v plodovih identificirali predvsem procianidin dimere in trimere. Njihove vsebnosti se med različnimi postopki predelave in skladiščenja zmanjšajo. Omenjene razlike vplivajo na različne zdravilne učinke na sečilih. Posebno strukturo proantocianidinov vidimo na sliki 3, kjer je tetramer proantocianidina sestavljen iz epikatehinske enote z A-tipom vezave (Neto, 2007; Jurikova in sod., 2019).



Slika 3: Struktura tetramera proantocianidina veleplodne mahovnice, sestavljena iz epikatehinske enote z A-tipom vezave (Neto, 2007)

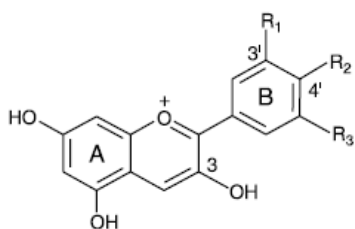
Blumberg in sod. (2013) so ugotovili, da imajo veleplodne mahovnice več proantocianidinov, in sicer navajajo vsebnost od 133 do 367 mg proantocianidinov/100 g sveže teže. Rezultati raziskave Tian in sod. (2018) kažejo, da ima brusnica  $4 \pm 0,3$  mg proantocianidinov/100 g sveže teže.

### 3.3.1.2 Antocianini

Antocianini so podskupina flavonoidov. So vodotopni rastlinski pigmenti, odgovorni za modre, vijolične in rdeče barve mnogih rastlinskih tkiv. Glukoza, galaktoza, arabinoza, ramnoza in ksiloza so najpogostejši sladkorji, vezani nanje. V naravi najdemo približno 17 antocianidinov, najpogostejši so cianidin, delphinidin, petunidin, peonidin, pelargonidin in malvidin (slika 4 in preglednica 4). Plodovi brusnice in veleplodne mahovnice vsebujejo predvsem derivate cianidina in peonidina (preglednica 5) (Prior in Wu, 2006; Neto, 2007; Veberič in sod., 2015; Jurikova in sod., 2019).

Antocianini rastlino zaščitijo pred oksidativnim stresom, ki ga povzroča svetloba. V človeškem organizmu zmanjšajo tveganje za vnetne bolezni, srčno-žilne bolezni, nekatere vrste raka, sladkorno bolezen, Alzheimerjevo bolezen, starostno funkcionalno upadanje, zavirajo oksidacijo LDL in pomagajo pri izgubi prekomerne telesne teže. Na količino in sestavo antocianinov v brusnici in veleplodni mahovnici vplivajo variabilnost rastline, jakost svetlobe, vlažnost, temperatura, uporaba gnojil in pesticidov, namakanje, poškodbe in okužbe rastlin ali drugi stresni dejavniki (Wrolstad in sod., 2005; Cote in sod., 2011; Veberič in sod., 2015; Gupta in sod., 2017). Pappas in Schaich (2009) sta ugotovila, da visoka temperatura privede do razpada antocianinov v brusnici in veleplodni mahovnici.

V plodovih se antocianini začnejo sintetizirati ob začetku zorenja zaradi večje aktivnosti določenih encimov. Pri procesu zorenja se njihova vsebnost močno povečuje. Znano je, da so različne oblike in razmerja med posameznimi antocianini odvisni od vrednosti pH. Pri pH 3 ali manj je njihova barva oranžna ali rdeča. Ob povečanem pH poteče reakcija v brezbarvni produkt. Pri pH od 6 do 7 nastane vijolična barva. Obarvanost igra zelo pomembno vlogo pri sprejemljivosti živil pri potrošnikih. Prehrabna industrija s tem namenom uporablja barvila, da bi izboljšala ali obnovila prvoten videz živil oziroma zagotovila izenačenost med proizvodi (Cote in sod., 2011; Lee in Finn, 2012; Veberič in sod., 2015).



Slika 4: Strukturna formula antocianidinov (Prior in Wu, 2006)

Preglednica 4: Kemijska struktura šestih pogostih antocianidinov s pripadajočo barvo (Prior in Wu, 2006; Veberič in sod., 2015)

ANTOCIANIDIN	R1	R2	R3	BARVA
Pelargonidin	H	OH	H	oranžna
Cianidin	OH	OH	H	oranžno-rdeča
Delfinidin	OH	OH	OH	rdeča
Peonidin	OCH3	OH	H	oranžno-rdeča
Petunidin	OCH3	OH	OH	rdeča
Malvidin	OCH3	OH	OCH3	svetlo rdeča

Vsebnost posameznih in skupnih antocianinov je prikazana v preglednici 5. Oszmianski in sod. (2016) poročajo, da veleplodna mahovnica vsebuje veliko antocianinov. Plodovi sorte 'Stevens' vsebujejo 2620,6 mg cianidin-3-galaktozida/100 g sveže teže in 1694,8 mg cianidin-3-arabinozida/100 g sveže teže. Najmanj je cianidin-3-glukozida. V raziskavi Lee in Finn (2012) je razvidno, da so v brusnici zelo majhne vsebnosti antocianinov. Sorta 'Linnea' vsebuje 1,9 mg cianidin-3-glukozida/100 g sveže teže in sorta 'Ida' 39,3 mg cianidin-3-galaktozida/100 g sveže teže. Veleplodna mahovnica sorte 'Stevens' ima največ skupnih antocianinov. Pri brusnici jih ima največ sorta 'Ida', in sicer 33 mg/100 g sveže teže (Lee in Finn, 2012; Oszmianski in sod., 2016).



Preglednica 5: Vsebnost posameznih in skupnih antocianinov (mg/100g sveže teže) v brusnici (*V. vitis-idaea*) in veleplodni mahovnici (*V. macrocarpon*)

VRSTA	SORTA	CIANIDIN-3- GALAKTOZID	CIANIDIN-3- GLUKOZID	CIANIDIN-3- ARABINOZID	SKUPNI ANTOCIANINI	VIR
Veleplodna mahovnica	'Stevens'	2620,6 ± 26,2	88,7 ± 0,9	1694,8 ± 17,0	9818,2	Oszmianski in sod., 2016
	'Ben Lear'	2447,1 ± 24,5	91,5 ± 0,9	1548,9 ± 15,5	8335,2	Oszmianski in sod., 2016
	'Pilgrim'	1537,4 ± 15,4	48,3 ± 0,5	982,1 ± 9,8	6175,9	Oszmianski in sod., 2016
Brusnica	'Ida'	39,3	5,1	7,2	33	Lee in Finn, 2012
	'Koralle'	18,7	5,2	3,8	19	Lee in Finn, 2012
	'Linnea'	22,8	1,9	2,8	17	Lee in Finn, 2012
	'Sanna'	35,5	3,8	3,9	27	Lee in Finn, 2012
	'Sussi'	34,8	3	3,2	26	Lee in Finn, 2012

Preglednica 6 prikazuje vsebnosti antocianinov. Te so pri veleplodni mahovnici od 13 do 299,3 mg/100 g sveže teže. Brusnica jih vsebuje manjše količine, od 4,8 do 257 mg/100 g sveže teže. Oszmianski in sod. (2016) navajajo 8109,8 mg skupnih antocianinov/100 g sveže teže. Kylli in sod. (2011) pa 299,3 ± 2,8 mg antocianinov/100 g sveže teže. V raziskavi Jurikova in sod. (2019) je imela veleplodna mahovnica 105 mg/L antocianinov. Kylli in sod. (2011) so dobili podobne rezultate. Veleplodna mahovnica jih je vsebovala 299,3 ± 2,8 mg/100 g sveže teže in brusnica 257 ± 0,01 mg/100 g sveže teže.

Preglednica 6: Vsebnost antocianinov (mg/100 g sveže teže) v brusnici (*V. vitis-idaea*) in veleplodni mahovnici (*V. macrocarpon*)

VRSTA	ANTOCIANINI	VIR
Veleplodna mahovnica	13–171	Blumberg in sod., 2013
	8109,8	Oszmianski in sod., 2016
	299,3 ± 2,8	Kylli in sod., 2011
	105 *	Jurikova in sod., 2019
Brusnica	4,8 ± 0,1	Tian in sod., 2018
	257 ± 0,01	Kylli in sod., 2011
	3,44 ± 0,75 **	Bujor in sod., 2018

Enote: \*mg/L, \*\*mg/g

### 3.3.1.3 Flavonoli

Flavonoli so glavna podskupina flavonoidov. Flavonoli so učinkoviti antioksidanti. Kvercetin, miricetin, kempferol in izoramnetin so njihovi glavni predstavniki. Neto (2007) navaja, da sta brusnica in veleplodna mahovnica glavni vir kvercetina. Vsebnost vseh flavonoidnih spojin v brusnicah je od 20 do 30 mg/100 g sveže teže. Od tega je 75 % flavonolov zastopanih kot kvercetin glikozidi. V raziskavi Oszmianski in sod. (2016) navajajo, da je v plodovih brusnice in veleplodne mahovnice 15 različnih derivatov kvercetina in miricetina. V njihovi raziskavi so prevladujoči derivati miricetina. Med razvojem plodov se vsebnost flavonolov zmanjšuje, nato se z zorenjem zopet povečuje. Zmanjšano vsebnost flavonolov med razvojem plodov delno pripisujemo manjšemu razmerju med kožico in mesom ploda. Največ flavonolov je v kožici plodov. Razlike v vsebnostih se pojavijo zaradi variabilnosti brusnice in veleplodne mahovnice (Chen in Zuo, 2007; McKay in sod., 2015; Oszmianski in sod., 2016; Wang in sod., 2017).

Kylli in sod. (2011) so preučevali fenolne spojine v plodovih obeh vrst. Ugotovili so, da ima veleplodna mahovnica več flavonolov kot brusnica, saj jih vsebuje  $259,6 \pm 2$  mg/100 g sveže teže, brusnica pa  $163,4 \pm 1,8$  mg/100 g sveže teže. Blumberg in sod. (2013) navajajo od 20 do 40 mg flavonolov/100 g sveže teže plodov veleplodne mahovnice. Podobni rezultati so tudi v raziskavi Jurikove in sod. (2019), kjer je v veleplodni mahovnici 42,9 mg flavonolov/100 g sveže teže. Veliko večjo vsebnost flavonolov v veleplodni mahovnici navajajo v raziskavi Oszmianski in sod. (2016), in sicer 1178,5 mg flavonolov/100 g sveže teže. Mikulič-Petkovšek in sod. (2012b) navajajo, da je v svežih plodovih veleplodne mahovnice 213 mg flavonolov/kg.

### 3.3.2 Fenolne kisline

Glavni predstavniki fenolnih kislin v brusnici in veleplodni mahovnici so derivati cimetine in benzojske kisline. Derivati hidroksibenzojske kisline so galna kislina, vanilna kislina idr. Hidroksicimetne kisline so *p*-kumarna kislina, kavna kislina, ferulna kislina, klorogenska kislina in sinapinska kislina. Poročajo, da so derivati hidroksicimetnih kislin boljši antioksidanti v primerjavi z derivati hidroksibenzojskih kislin, vendar predstavljajo količinsko manjšo skupino fenolnih kislin v omenjenih rastlinskih vrstah. Za fenolne kisline je značilno, da so tako v plodovih kot tudi v steblih in listih. Vsebnost benzojskih kislin je med razvojem plodov brusnice in veleplodne mahovnice zelo majhna. Naraščati začne šele ob koncu razvoja plodov in pri njihovem zorenju. Hidroksibenzojske kisline plodove brusnice in veleplodne mahovnice ščitijo pred okužbami patogenov, zlasti pred razvojem glivičnih bolezni. Uberos in sod. (2015) dokazujejo, da imata galna in ferulna kislina protibakterijske učinke proti *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* in *Listeria monocitogene* (Česonien in sod., 2011; Cote in sod., 2011; Diaconeasa in sod., 2014; Uberos in sod., 2015; Tian in sod., 2017; Wang in sod., 2017; Bujor in sod., 2018; Jurikova in sod., 2019).

Rezultati raziskav dokazujejo razlike med brusnico in veleplodno mahovnico tudi v vsebnosti fenolnih kislin. Veleplodna mahovnica jih vsebuje od 425,3 do 1173 mg/100 g svežih plodov, brusnica pa  $13,8 \pm 1,1$  mg/g sveže teže (Bujor in sod., 2018). Oszmianski in sod. (2016) navajajo 425,3 mg fenolnih kislin/100 g sveže teže v veleplodni mahovnici, medtem ko jih Jurikova in sod. (2019) pri isti vrsti navajajo 1173,8 mg/100 g sveže teže.

### 3.3.3 Tanini

Cote in sod. (2011) so ugotovili, da so tanini pomembna sestavina brusnice in veleplodne mahovnice. Zajemajo kondenzirane nehidrolizirajoče tanine, znane kot proantocianidini, in hidrolizirajoče tanine, ki so estri galne in elagne kisline. Zanje so značilne antioksidativne lastnosti. Derivati elagne kisline in kondenzirani tanini imajo veliko večjo sposobnost odstranjevanja prostih radikalov kot askorbinska kislina. Skupno vsebnost taninov so preučevali Diaconeasa in sod. (2015). Analize kažejo, da je v veleplodni mahovnici približno 50 mg taninov/100 g sveže teže. V brusnici sta tanine analizirala Lee in Finn (2012). Vsebnosti v njuni raziskavi so znašale od 342 do 598 mg taninov/100 g sveže teže.

### 3.3.4 Vsebnost skupnih fenolov in posameznih fenolnih skupin

Preglednica 7 prikazuje vrednosti skupnih fenolov in fenolnih spojin kot pokazatelj antioksidativnosti v brusnici in veleplodni mahovnici. Rezultati so merjeni po metodi Folin-Ciocalteu in izraženi v ekvivalentih galne kisline. Veleplodna mahovnica vsebuje skupnih fenolov in posameznih fenolnih skupin od 188,69 do 4522 mg/kg sveže teže. Vrednosti pri brusnici pa so od 15,4 do 62,1 mg/100 g sveže teže oziroma 844,51 mg/100 g in 3866 mg/kg sveže teže.

Preglednica 7: Vsebnost skupnih fenolov in posameznih fenolnih skupin po metodi Folin–Ciocalteu (v ekvivalentih galne kisline) v veleplodni mahovnici (*V. macrocarpon*) in brusnici (*V. vitis-idaea*)

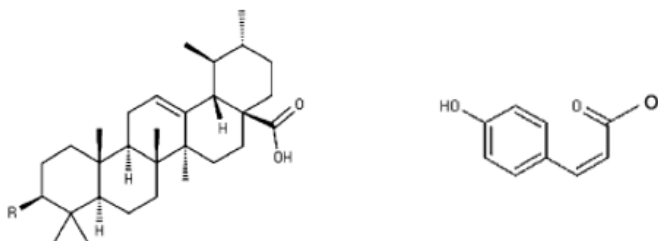
VRSTA	ANTIOKSIDATIVNOST	VIR
Veleplodna mahovnica	188,69 ± 3,66 mg/g	Cote in sod., 2011
	4522 ± 386 mg/kg	Mikulič-Petkovšek in sod., 2012a
Brusnica	62,1 ± 2,7 mg/100g	Tian in sod., 2018
	200 mg/100g	Diaconeasa in sod., 2015
	3866 ± 162 mg/kg	Mikulič-Petkovšek in sod., 2012a
	566 ± 29 mg/g	Lee in sod., 2012
	15,4 ± 0,3 mg/g	Bujor in sod., 2018
	844,51 ± 13,1 mg/100g	Catunescu in sod., 2019

Jurikova in sod. (2019) navajajo vsebnost fenolnih spojin v veleplodni mahovnici od 190,1 do 374,2 mg/100 g sveže teže. Rezultati Oszmianski in sod. (2016) kažejo vsebnost 11692,62 mg fenolnih spojin/100 g sveže teže. Brusnica jih vsebuje manj, in sicer  $44,5 \pm 2,8$  mg/100 g sveže teže (Tian in sod., 2018). Lee in Finn (2012) v brusnici navajata  $566 \pm 29$  mg skupnih fenolnih spojin/100 g sveže teže. V veleplodni mahovnici največ skupnih fenolnih spojin vsebuje sorta 'Stevens' (Oszmianski in sod., 2016). V brusnici pa ima največ skupnih fenolnih spojin sorta 'Linnea' (Lee in Finn, 2012).

### 3.4 TERPENOIDI

Terpenoidi so hlapne spojine, ki delujejo kot obrambne molekule proti biotičnemu stresu. Poleg tega privabljajo opraševalce in raznašalce semen ter pomagajo pri izboljšanju tolerance rastlin na visoke temperature. V prehrabni industriji se uporabljajo kot aromatične spojine. Terpenoidi so zgrajeni iz petih razvejanih ogljikovih enot (C5) imenovanih izopren (Gupta in sod., 2017; Veberič, 2010).

Triterpenoidi v brusnici in veleplodni mahovnici se nahajajo predvsem v kožici jagod. Kožica vsebuje veliko vsebnost terpenodida ursolne kisline. Analiza Neto (2007) je pokazala, da je vsebnost ursolne kisline v celotnem plodu pri različnih sortah obeh vrst od 60 do 110 mg/100 g sveže teže. Prav tako Blumberg in sod. (2013) navajajo vsebnost terpenov v veleplodni mahovnici od 65 do 125 mg/100 g sveže teže. Izsledki raziskav so pokazali, da ursolna kislina zavira rast več vrst celic tumorjev *in vitro* v debelem črevesju, prostati, pljučih, materničnem vratu in preprečujejo nastanek levkemije (Neto, 2007).



Slika 5: Strukturna formula terpena in ursolne kisline (Blumberg in sod., 2013)

## 4 ZAKLJUČEK

Bioaktivne snovi so produkti primarnega in sekundarnega metabolizma. Brusnice in veleplodne mahovnice od sladkorjev vsebujejo največ fruktoze in glukoze. Plodovi veleplodne mahovnice imajo več tako obeh omenjenih sladkorjev kot tudi skupnih sladkorjev v primerjavi s plodovi brusnice. Saharozna je prisotna le v manjših količinah.

Glavni organski kislini v brusnici sta citronska in jabolčna kislina. Plodovi obeh vrst imajo največ citronske kisline. Prisotna je tudi vinska kislina, medtem ko sta fumarna in šikimska kislina zastopani zgolj v sledovih. Brusnica vsebuje več skupnih kislin kot veleplodna mahovnica. Slednja, zlasti sorti 'Stevens' in 'Ben Lear', vsebuje v povprečju 54 mg askorbinske kisline/100 g sveže teže, medtem ko jo ima brusnica manj.

Glavne fenolne spojine v brusnicah so proantocianidini. Več jih vsebuje veleplodna mahovnica. Antocianini dajejo značilno barvo plodov. Zastopani so predvsem derivati cianidina: cianidin galaktozid, cianidin glukozid in cianidin arabinozid. Veleplodna mahovnica ima v primerjavi z brusnico več skupnih antocianinov in tudi fenolnih kislin. Vsebnost skupnih taninov je v veleplodni mahovnici približno 50 mg/100 g sveže teže, medtem ko je pri brusnici znatno večja, in sicer od 342 do 598 mg/100 g sveže teže.

Terpenoidi so hlapne spojine, ki jih rastline potrebujejo za privabljanje oprasovalcev in raznašalcev semen. V prehranski industriji jih uporabljajo kot aromatične spojine. Vsebnost terpenov v veleplodni mahovnici je od 65 do 125 mg/100 g sveže teže. Terpenoid je ursolna kislina, ki jo obe vrsti vsebujeta od 60 do 100 mg/100 g sveže teže.

Na kemično sestavo plodov brusnice in veleplodne mahovnice vplivajo okoljski dejavniki, kot so jakost svetlobe, visoka temperatura, neprimerna vlažnost in tudi poškodbe ter okužbe rastlin. Omenjeni dejavniki vplivajo na vsebnosti askorbinske kisline in fenolnih spojin, zlasti proantocianidinov. Še posebej je potrebno paziti pri procesu skladiščenja in predelavi plodov obeh vrst. Navadno različni neprimerni postopki predelave privedejo do zmanjšanja vsebnosti bioaktivnih snovi v plodovih omenjenih rastlinskih vrst.

Brusnice in veleplodne mahovnice se pogosto uporabljajo v medicinske namene zaradi zdravilnih učinkov na zdravje ljudi. Delujejo na zdravje srca in ožilja. Predvsem delujejo protivnetno zlasti pri okužbah sečil. Imajo protitumorsko, protivirusno in protibakterijsko delovanje, zavirajo oksidativnost LDL in pomagajo pri zmanjševanju prekomerne teže. Brusnice in veleplodne mahovnice vsebujejo antioksidativne snovi. Flavonoidi, fenolne kisline, antocianini, proantocianidini, askorbinska kislina, tanini in terpenoidi imajo antioksidativno delovanje.

V nadaljnjih raziskavah bi preučila podrobnejše razlike med sortami brusnice in veleplodne mahovnice. Raziskala bi razlike med metodami, ki privedejo do različnih rezultatov. Podrobneje bi raziskala njihove učinke protivnetnega delovanja. Poleg tega bi raziskala kako lahko izboljšamo rastne razmere za pridelavo brusnic z namenom zagotovitve višjih vsebnosti bioaktivnih snovi.

## 5 VIRI

- Arnao M. B., Cano A., Acosta M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity, 73: 239–244
- Blumberg B. J., Camesano T. A., Cassidy A., Kris-Etherton P., Howell A., Manach C., Ostertag L. M., Sies H., Skulas-Ray A., Vita J. A. 2013. Cranberries and Their Bioactive Constituents in Human Health. American Society for Nutrition. Advances in Nutrition, 4: 618–632
- Brown N. P., Turi E. C., Shipley R. P., Murch J. S. 2012. Comparison of Large (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) and small (*Vaccinium oxycoccos* L., *Vaccinium vitis-idaea* L.) Cranberry in British Columbia by Phytochemical Determination, Antioxidant Potential, and Metabolomic Profiling with Chemometric Analysis. *Planta Medica*, 78: 630–640
- Bujor O. C., Giniea C., Popa I. V., Dufour C. 2018. Phenolic compounds and antioxidant activity of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) leaf, stem and fruit at different harvest periods. *Food Chemistry*, 252: 356–365
- Catunescu G. M., Rotar A. M., Rodica Pop C., Diaconeasa Z., Bunghez F., Socaciu M. I., Semeniuc C. A. 2019. Influence of extraction pre-treatments on some phytochemicals and biological activity of Transylvanian cranberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *LWT – Food Science and Technology*, 102: 385–392
- Chen H., Zuo Y. 2007. Identification of flavonol glycosides in American cranberry fruit. *Food Chemistry*, 101: 1357–1364
- Cigić B., Pogačnik L., Šegatin N. 2017. Kemija z biokemijo: učbenik za študente visokošolskega strokovnega študija kmetijstva. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 206 str.
- Conde A., Soares F., Breia R., Geros H. 2018. Postharvest dehydration induces variable changes in the primary metabolism of grape berries. *Food Research International*, 105: 261–270
- Cote J., Caillet S., Doyon G., Dussault D., Salmieri S., Lorenzo G., Sylvain J.-F., Lacroix M. 2011. Effect of juice processing on cranberries antioxidant properties. *Food Research International*, 44: 2907–2914
- Cranberry – *Vaccinium macrocarpon*. Garden Gear.  
<http://www.garden-gear.co.uk/heritage-seeds/fruit-seeds/cranberry-vaccinium-macrocarpon-seeds.htm> (8. 8. 2019)
- Cummings J. H., Stephen A. M. 2007. Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61, 1: 5–18
- Česonienė L., Daubaras R., Jasutiene I., Vencloviene J., Miliauskiene I. 2011. Evaluation of the Biochemical Components and Chromatic Properties of the Juice of *Vaccinium macrocarpon* Aiton and *Vaccinium oxycoccos* L. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66: 238–244

- Diaconeasa Z., Florica R., Rugina D., Lucian C., Socaciu C. 2014. HPLC/PDA-ESI/MS Identification of Phenolic Acids, Flavonol Glycosides and Antioxidant Potential in Blueberry, Blackberry, Raspberries and Cranberries. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2, 11: 781–785
- Diaconeasa Z., Ranga F., Rugina D., Leopold L., Pop O., Vodnar D., Cuibus L., Socaciu C. 2015. Phenolic Content and Their Antioxidant Activity in Various Berries Cultivated in Romania. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 72, 1: 99–103
- Dorofejeva K., Rakcejeva T., Galoburda R., Dukalska L., Kviesis J. 2011. Vitamin C content in Latvian cranberries dried in convective and microwave vacuum driers. *Procedia Food Science*, 1: 433–440
- Galant A. L., Kaufman R. C., Wilson J. D. 2015. Glucose: Detection and analysis. *Food Chemistry*, 188: 149–160
- Gupta O. P., Karute S. G., Banerjee S., Meena N. L., Dahuja A. 2017. Contemporary Understanding of miRNA-Based Regulation of Secondary Metabolites Biosynthesis in Plants. *Frontiers in Plant Science*, 8: 374, doi: 10.3389/fpls.2017.00374: 10 str.
- Hurkova K., Uttl L., Rubert J., Navratilova K., Kocourek V., Stranska-Zachariasova M., Paprstein F., Hajslova J. 2019. Cranberries versus lingonberries: A challenging authentication of similar *Vaccinium* fruit. *Food Chemistry*, 284: 162–170
- ITIS. 2019. The Integrated Taxonomic Information System.  
[https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=23599#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=23599#null) (5. 1. 2019)
- Jurikova T., Skrovankova S., Mlcek J., Balla S., Snopek L. 2019. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Biological Effect of European Cranberry (*Vaccinium oxycoccos*). *Molecules*, 24, 1: 24, doi: 10.3390/molecules24010024: 21 str.
- Koron D. 2011. Jagodičje: gnojenje in uporaba. Ljubljana, Kmečki glas: 122 str.
- Krishnaeswari V., Manikandan S., Vijayakumar J. 2019. Bioactive components of *Vaccinium macrocarpon* and its antioxidant activity: an in-vitro study. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 10, 1: 438–444
- Kylli P., Nohynek L., Puupponen-Pimia R., Westerlund-Wikstrom B., Leppanen T., Welling J., Moilanen E., Heinonen M. 2011. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) and European Cranberry (*Vaccinium microcarpon*) Proanthocyanidins: Isolation, Identification and Bioactivities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 3373–3384
- Latti A. K., Riihinen K. R., Jaakola L. 2011. Phenolic compounds in berries and flowers of a natural hybrid between bilberry and lingonberry (*Vaccinium* × *intermedium* Ruthe). *Phytochemistry*, 72: 810–815

- Lee J., Finn C. E. 2012. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) grown in the Pacific Northwest of North America: Anthocyanin and free amino acid composition. *Journal of Functional Foods*, 4: 213–218
- McKay D. L., Chen C.-Y. O., Zampariello C. A., Blumberg J. B. 2015. Flavonoids and phenolic acid from cranberry juice are bioavailable in bioactive in healthy older adults. *Food Chemistry*, 168: 233–240
- Michalska A., Wojdylo A., Honke J., Ciska E., Andlauer W. 2018. Drying-induced physico-chemical changes in cranberry products. *Food chemistry*, 240: 448–455
- Mikulič-Petkovšek M., Schmitzer V., Slatnar A., Štampar F., Veberič R. 2012a. Composition of Sugars, Organic Acids, and Total Phenolics in 25 Wild or Cultivated Berry Species. *Journal of Food Science*, 77, 10: C1064–1070
- Mikulič-Petkovšek M., Slatnar A., Štampar F., Veberič R. 2012b. HPLC-MS<sup>n</sup> identification and quantification of flavonol glycosides in 28 wild cultivated berry species. *Food Chemistry*, 135: 2138–2146
- Mikulič-Petkovšek M., Štampar F., Veberič R. 2007. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 114: 37–44
- Neto C. C. 2007. Cranberry and Its Phytochemicals: A Review of In Vitro Anticancer Studies. *The Journal of Nutrition*, 137: 186–193
- Oszmianski J., Wojdylo A., Lachowicz S., Gorzelany J., Matlok N. 2016. Comparison of bioactive potential of cranberry fruit and fruit-based products versus leaves. *Journal of Functional Foods*, 22: 232–242
- Palakeel J. J. 2010. Antimicrobial Effect of Cranberry Powder on *E. coli* ATCC 25922 in Apple Cider and Ground Beef. Graduate Thesis. Wisconsin, University of Wisconsin-Stout: 122 str.
- Pappas E., Schaich K. M. 2009. Phytochemicals of Cranberries and Cranberry Products: Characterization, Potential Health Effects, and Processing Stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49, 9: 741–781
- Pirc H. 2008. Divje sadne vrste na domačem vrtu. Slovenj Gradec, Kmetijska založba: 159 str.
- Prior L. R., Wu X. 2006. Anthocyanins: Structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities. *Free Radical Research*, 40, 10: 1014–1028
- Tian Y., Liimatainen J., Alanne A.-L., Lindstedt A., Liu. P., Sinkkonen J., Kallio H., Yang B. 2017. Phenolic compounds extracted by acidic aqueous ethanol from berries and leaves of different berry plants. *Food Chemistry*, 220: 266–281



- Tian Y., Puganen A., Alakomi H. L., Uusitupa A., Saarela M., Yang B. 2018. Antioxidative and antibacterial activities of aqueous ethanol extracts of berries, leaves, and branches of berry plants. *Food research International*, 106: 291–303
- Uberos J., Rodriguez-Belmonte R., Rodriguez-Perez C., Molina-Oya M., Blanca-Jover E., Narbon-Lopez E., Mufnoz-Hoyos A. 2015. Phenolic acid content and antiadherence activity in the urine of patients treated with cranberry syrup (*Vaccinium macrocarpon*) vs. Trimethoprim for recurrent urinary tract infection. *Journal of Functional Foods*, 18: 608–616
- Veberič R., Jurhar J., Mikulič-Petkovšek M., Štampar F., Schmitzer V. 2010. Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). *Food Chemistry*, 119: 477–483
- Veberič R., Slatnar A., Bizjak J., Štampar F., Mikulič-Petkovšek M. 2015. Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species. *LWT – Food Science and Technology*, 60: 500–510
- Veberič R. 2010. Bioactive compounds in fruit plants. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 65 str.
- Wang Y., Johnson-Cicalese J., Singh A. P., Vorsa N. 2017. Characterization and quantification of flavonoids and organic acids over fruit development in American cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) cultivars using HPLC and APCI-MS/MS. *Plant Science*, 262: 91–102
- Wrolstad R. E., Durst R. W., Lee J. 2005. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science & Technology*, 16: 423–428

## ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svoji mentorici izr. prof. dr. Maji Mikulič Petkovšek za mentorstvo, napotke in popravke pri pisanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se doc. dr. Heleni Šircelj za pomoč in pregled diplomskega dela.

Iz srca se zahvaljujem svoji družini, tebi, mami, oči, sestra in mama, za podporo, vztrajnost, potrpežljivost in spodbude na moji študijski poti.

Zahvaljujem se tudi vsem bližnjim in prijateljem, ki so mi stali ob strani.