

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Anka ZUPAN

**VPLIV NAMAKANJA NA VSEBNOST PRIMARNIH
IN SEKUNDARNIH METABOLITOV V LISTIH IN
PLODOVIH HRUŠKE (*Pyrus communis* L.) SORTE
'VILJAMOVKA'**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Anka ZUPAN

**VPLIV NAMAKANJA NA VSEBNOST PRIMARNIH IN SEKUNDARNIH
METABOLITOV V LISTIH IN PLODOVIH HRUŠKE (*Pyrus communis* L.) SORTE
'VILJAMOVKA'**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij– 2. stopnja

**THE INFLUENCE OF IRRIGATION ON THE CONTENT OF PRIMARY AND
SECONDARY METABOLITES IN LEAVES AND FRUITS OF PEAR (*Pyrus
communis* L.) CULTIVAR 'VILJAMOVKA'**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2013

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 mentorja magistrskega dela imenovala izr. prof. dr. Roberta VEBERIČA in za somentorico doc. dr. Vesno ZUPANC.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Marijana JAKŠE
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

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

Član: doc. dr. Vesna ZUPANC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Marina PINTAR
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.

Anka Zupan

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du2
- DK UDK 634.13:631.432:632.112:631.559:547.9(043.2)
- KG hruška/suša/sušni stres/kakovost plodov/primarni metaboliti/sladkorji/kislina/fenoli/
sekundarni metaboliti
- AV ZUPAN, Anka
- SA VEBERIČ, Robert (mentor)/ZUPANC, Vesna (somentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2013
- IN VPLIV NAMAKANJA NA VSEBNOST PRIMARNIH IN SEKUNDARNIH
METABOLITOV V LISTIH IN PLODOVIH HRUŠKE (*Pyrus communis* L.)
SORTE 'VILJAMOVKA'
- TD Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)
- OP XI, 39 [6] str., 13 pregl., 9 sl., 5 pril., 54 vir.
- IJ sl
- JJ sl/en
- AI Pridelava hrušk ima v Evropi že dolgo tradicijo, ki se, tako kot druge kmetijske panoge, sooča z ekstremnimi vremenskimi razmerami, med katerimi so vse pogostejše tudi suše. Suša v času rasti in zorenja plodov ima pomemben vpliv na razvoj in kakovost plodov. V poskusu smo v letu 2012 primerjali plodove in liste hruške (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka', namakanih in nenamakanih dreves. Spremljali smo rast plodov, dostopnost vode v tleh, vzorčili liste in v laboratoriju ovrednotili kakovost plodov in s pomočjo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti (HPLC) določili vsebnost sladkorjev, kislin in fenolnih spojin v plodovih hrušk ter vsebnost fenolnih snovi v listih obravnavanih dreves. Z uporabo Folin-Ciocalteujevega reagenta smo določili vsebnost skupnih fenolnih spojin. Ugotovili smo, da so plodovi nenamakanih dreves manjši, lažji, trši in z večjo vsebnostjo suhe snovi. Rezultati HPLC analiz kažejo razlike v vsebnosti sladkorjev, kislin in fenolnih spojin v pulpi, medtem ko v kožici plodov ni bilo večjih razlik v fenolni sestavi. V listih nenamakanih dreves so bile pri zadnjem vzorčenju vsebnosti vseh 28 določenih fenolnih spojin večje od fenolnih spojin v listih namakanih dreves. Na podlagi rezultatov sklepamo, da namakanje vpliva na vsebnost primarnih in sekundarnih metabolitov v plodovih in listih hrušk.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du2
- DC 634.13:631.432:632.112:631.559:547.9(043.2)
- CX pear/drought/drought stress/fruit quality/primary metabolites/sugars/organic acids/phenolics/secondary metabolites
- AU ZUPAN, Anka
- AA VEBERIČ, Robert (supervisor)/ZUPANC Vesna (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2013
- TY THE INFLUENCE OF IRRIGATION ON THE CONTENT OF PRIMARY AND SECONDARY METABOLITES IN LEAVES AND FRUITS OF PEAR (*Pyrus communis* L.) CULTIVAR 'VILJAMOVKA'
- DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
- NO XI, 39 [6] p., 13 tab., 9 fig., 5 ann., 54 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB Europe has a long tradition in pear fruit production, which faces extreme weather conditions, including frequent droughts. Drought periods during fruit growth have important impact on fruit development and fruit quality. In the year 2012 we performed an experiment, comparing fruits and leaves from irrigated and non-irrigated pear trees (*Pyrus communis* L.) cultivar 'Williams bon Chrétien'. We measured fruit growth, soil water content, collected leaf samples and evaluated fruit quality also with the use of high performance liquid chromatography (HPLC). We determined the amount of sugars, organic acids and phenolic compounds in pear fruits and phenolic compounds in pear leaves. Total phenolic content was determined with the help of Folin-Ciocalteu reagent. We found out that the fruits from non-irrigated trees were smaller, lighter, harder and with higher levels of dry matter. HPLC results showed differences in sugar, organic acid and phenolics content in pear pulp, while pear skins did not show significant differences. We determined 28 phenols in leaves, which were all significantly higher in the leaves of non-irrigated trees in the last sampling. Based on our results we conclude that irrigation has an effect on primary and secondary metabolite content in pear fruits and leaves.

KAZALO VSEBINE

	Ključna dokumentacijska informacija	Str. III
	Key words documentation	IV
	Kazalo vsebine	V
	Kazalo preglednic	VII
	Kazalo slik	IX
	Kazalo prilog	X
	Seznam okrajšav	XI
1	UVOD	1
1.1	VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2	DELOVNA HIPOTEZA	1
1.3	NAMEN RAZISKAVE	1
2	PREGLED OBJAV	2
2.1	HRUŠKA (<i>Pyrus communis</i> L.)	2
2.1.1	Morfološke značilnosti hruške	2
2.1.2	Ekološke zahteve hruške	3
2.2	PRIMARNI METABOLITI	3
2.2.1	Ogljikovi hidrati	4
2.2.2	Organske kisline	4
2.3	SEKUNDARNI METABOLITI	4
2.3.1	Fenolne spojine	5
2.3.1.1	Flavonoidni fenoli	5
2.3.1.2	Neflavonoidni fenoli	7
2.3.2	Terpeni	7
2.3.3	Spojine, ki vsebujejo dušik	7
2.4	TLA IN VODA	7
2.4.1	Lastnosti tal	8
2.4.2	Podnebni dejavniki	9
2.4.3	Namakanje	9
2.4.3.1	Namakanje z oroševanjem	9
2.4.3.2	Kapljično namakanje	10
2.4.3.3	Količina dodane vode v obroku	10
3	MATERIALI IN METODE DELA	11
3.1	POSKUSNI NASAD	11

3.2	RASTLINSKI MATERIAL	11
3.2.1	Sorta 'Viljamovka'	11
3.3	VREMENSKE RAZMERE V LETU 2012	12
3.4	METODE DELA	12
3.4.1	Ekstrakcija sladkorjev in organskih kislin	15
3.4.2	Ekstrakcija fenolov iz mesa, kože plodov in listov	15
3.4.3	HPLC analiza	15
3.4.3.1	HPLC analiza sladkorjev in organskih kislin	16
3.4.3.2	HPLC analiza fenolnih snovi v mesu, koži in listih	16
3.4.4	Analiza skupnih fenolov z uporabo Folin-Ciocalteujevega reagenta	16
3.4.5	Statistična obdelava podatkov	17
4	REZULTATI	18
4.1	VODA V TLEH	18
4.2	RAST PLODOV	18
4.3	PRIDELEK	18
4.4	MERITVE PLODOV	19
4.5	SLADKORJI V MESU	19
4.6	KISLINE V MESU	20
4.7	FENOLNE SPOJINE	21
4.7.1	Fenolne spojine v mesu	21
4.7.2	Fenolne spojine v koži	22
4.7.3	Fenolne spojine v listih	23
4.8	SKUPNI FENOLI (TPC)	26
5	RAZPRAVA	28
5.1	VODA V TLEH	28
5.2	RAST PLODOV, PRIDELEK IN MERITVE PLODOV	28
5.3	SLADKORJI V MESU	29
5.4	KISLINE V MESU	29
5.5	FENOLNE SPOJINE	30
5.5.1	Fenolne spojine v mesu	30
5.5.2	Fenolne spojine v koži	31
5.5.3	Fenolne spojine v listih	31
6	SKLEPI	33
7	POVZETEK	35
8	VIRI	36
	ZAHVALA	
	PRILOGA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Povprečna mesečna temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$), mesečna količina padavin (mm) in povprečna dnevna referenčna evapotranspiracija (ET, mm) po dekadah. Vrednosti v oklepajih predstavljajo odstopanja od povprečja (1961–1990) (ARSO, 2012)	12
Preglednica 2:	Povprečen volumski odstotek vode (%) v nenamakanih in namakanih tleh \pm standardna napaka ($n = 6$). Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v volumskih odstotkih vode v tleh	18
Preglednica 3:	Povprečen premer plodov hrušk namakanih in nenamakanih dreves \pm standardna napaka. Različne črke v stolpcih označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) pri premeru plodov	18
Preglednica 4:	Povprečna masa plodov na drevo (g), povprečno število hrušk na drevo, obseg hrušk nad 60 mm na drevo in masa hrušk nad 60 mm na drevo (g) \pm standardna napaka ($n = 15$). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) pri merjenih parametrih	19
Preglednica 5:	Povprečna masa plodov (g), povprečna višina plodov brez peclja (mm), presek plodov (mm), trdota plodov (kg), suha snov ($^{\circ}\text{Brix}$) in škrob \pm standardna napaka ($n = 15$). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) pri merjenih parametrih	19
Preglednica 6:	Vsebnost sladkorjev (saharoza, glukoza, fruktoza in sorbitol) v plodovih hrušk namakanih in nenamakanih dreves v sveži masi plodov (SM) (g/kg) ter skupni sladkorji (g/kg) \pm standardna napaka ($n = 8$). Različne črke v stolpcu prikazujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) v vsebnosti sladkorjev med obravnavanji	19
Preglednica 7:	Vsebnost sladkorjev (saharoza, glukoza, fruktoza in sorbitol) v plodovih hrušk namakanih in nenamakanih dreves v suhi snovi (SS) (g/kg) ter skupni sladkorji (g/kg) \pm standardna napaka ($n = 8$). Različne črke v stolpcu prikazujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) v vsebnosti sladkorjev med obravnavanji	20

- Preglednica 8: Vsebnost posameznih kislin (citronske, jabolčne, šikimske in fumarne kisline) ter skupne kisline v sveži masi plodov (g/kg; mg/kg) hrušk namakanih in nenamakanih dreves \pm standardna napaka (n = 8). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti kislin med obravnavanji 20
- Preglednica 9: Vsebnost posameznih kislin (citronske, jabolčne, šikimske in fumarne kisline) ter skupne kisline v suhi snovi plodov (g/kg; mg/kg) hrušk namakanih in nenamakanih dreves \pm standardna napaka (n = 8). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti kislin med obravnavanji 20
- Preglednica 10: Vsebnosti fenolnih snovi v mesu plodov hrušk (mg/kg SM); skupni in posamezni flavanoli, hidroksicimetne kisline ter flavonoli \pm standardna napaka (n = 8). Različne črke v vrstici prikazujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti fenolnih spojin med obravnavanji 21
- Preglednica 11: Vsebnost fenolnih spojin v kožici plodov hrušk (mg/kg SM); skupni in posamezni flavanoli, hidroksicimetne kisline in flavonoli \pm standardna napaka (n = 8). Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji 22
- Preglednica 12: Povprečna vsebnost skupnih fenolov v kožici in mesu plodov (mg GAE/kg SM in SS) namakanih in nenamakanih dreves \pm standardna napaka (n = 8). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji 26
- Preglednica 13: Povprečna vsebnost skupnih fenolov (TPC) v listih (g GAE/kg SS) namakanih in nenamakanih dreves \pm standardna napaka (n = 50). Različne črke v stolpcih označujejo statistične razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji 27

KAZALO SLIK

Slika 1:	Plod sorte 'Viljamovka'	12
Slika 2:	Postavitev poskusa (4. 7. 2012), prekritje tal nenamakane vrste	13
Slika 3:	Plodovi sorte 'Viljamovka', zgoraj iz nenamakanih dreves, spodaj iz namakanih dreves	14
Slika 4:	Izkop tal za vzorčenje na globini 20 do 25 cm	15
Slika 5:	Povprečna vsebnost arbutina (mg/100 g SS) v listih nenamakanih in namakanih dreves v štirih terminih vzorčenja \pm standardna napaka ($n = 50$). Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji	23
Slika 6:	Povprečna vsebnost hidroksicimetnih kislin (mg/100 g SS) v listih namakanih in nenamakanih dreves v štirih terminih vzorčenja \pm standardna napaka ($n = 50$). Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji	24
Slika 7:	Povprečna vsebnost flavanolov (mg/100 g SS) v listih namakanih in nenamakanih dreves v štirih terminih vzorčenja \pm standardna napaka ($n = 50$). Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji	24
Slika 8:	Povprečna vsebnost flavonolov (mg/100 g SS) v listih namakanih in nenamakanih dreves v štirih terminih vzorčenja \pm standardna napaka ($n = 50$). Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji	25
Slika 9:	Povprečna vsebnost skupnih fenolov (TPC) v listih (g GAE/kg SM) namakanih in nenamakanih dreves \pm standardna napaka ($n = 50$). Zvezdice označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnih fenolnih snovi med obravnavanji	26

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Priloga A: Minimalna in maksimalna temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$), padavine (mm), potencialna evapotranspiracija za hruške (ETc) (mm), namakanje in oroševanje (mm) po dnevih v času poskusa
- Priloga B1: Povprečna vsebnost flavanolov, hidroksicimetnih kislin in flavonolov (mg/kg SS) v mesu nenamakanih in namakanih hrušk \pm standardna napaka (n = 8). Različne črke v vrstici označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) med obravnavanji
- Priloga B2: Povprečna vsebnost flavanolov, hidroksicimetnih kislin in flavonolov (mg/kg SS) v kožici nenamakanih in namakanih hrušk \pm standardna napaka (n = 8). Različne črke v vrstici označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) med obravnavanji
- Priloga B3: Povprečna vsebnost hidrokinona (arbutin), flavanolov, hidroksicimetnih kislin in flavonolov (mg/100 g SS) v listih nenamakanih in namakanih dreves hrušk v prvih dveh terminih vzorčenja \pm standardna napaka (n = 50). Različne črke v vrstici znotraj enega termina označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) med obravnavanji
- Priloga B4: Povprečna vsebnost hidrokinona (arbutin), flavanolov, hidroksicimetnih kislin in flavonolov (mg/100 g SS) v listih nenamakanih in namakanih dreves hrušk v zadnjih dveh terminih vzorčenja \pm standardna napaka (n = 50). Različne črke v vrstici znotraj enega termina označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) med obravnavanji

SEZNAM OKRAJŠAV

Okrajšava	Pomen
GAE	ekvivalent galne kisline
TPC	skupni fenoli
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti
SM	sveža masa
SS	suha snov
ET	evapotranspiracija
KT	kritična točka
DZV	dovoljeno znižanje vode v tleh

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Naše okolje je vse bolj podvrženo stresnim vremenskim razmeram, med katerimi je suša eden večjih problemov v kmetijstvu. Sušna obdobja se pojavljajo ravno v obdobju rasti in zorenja mnogih plodov sadnih vrst, med njimi tudi hruške. Pomanjkanje vode v času rasti in zorenja plodov hrušk ima pomemben vpliv na razvoj in s tem na kakovost plodov. Sušni stres se odraža tudi na ostalih delih rastline, med katerimi so posledice najopaznejše na listih. Sušnemu stresu se lahko preprosto izognemo z rednim namakanjem.

Fenolne spojine imajo močno antioksidativno delovanje, saj zavirajo encime, ki proizvajajo reaktivne kisikove spojine in reducirajo visoko oksidirane reaktivne kisikove spojine. Mnoge študije so pokazale, da vnos sadja in zelenjave zmanjšuje tveganje za nastanek bolezni povezanih z oksidativnim stresom, kot so rakava obolenja ter bolezni srca in ožilja. Prav zaradi antioksidativnega delovanja je določanje vsebnosti fenolnih snovi pomemben del vrednotenja kakovosti sadja in zelenjave (Fu in sod., 2011). Povečana vsebnost fenolnih snovi v rastlini je lahko pokazatelj, da je rastlina v stresu, saj se s temperaturnim stresom in zaradi okužb poveča aktivnost encimov, ki sodelujejo pri sintezi fenolnih snovi, in posledično se poveča tudi vsebnost fenolov (Pereyra in sod., 2005).

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Fenolne snovi v listih se pri namakanih drevesih razlikujejo od fenolnih snovi v listih nenamakanih dreves. Prirast plodov se pri namakanih drevesih razlikuje od prirasta plodov pri nenamakanih drevesih. Vsebnost izbranih metabolitov v plodovih namakanih dreves se razlikuje od vsebnosti metabolitov v plodovih nenamakanih dreves.

1.3 NAMEN RAZISKAVE

Namen raziskave je bil ugotoviti, ali obstajajo razlike v prirastu plodov in v vsebnosti metabolitov v plodih namakanih in nenamakanih dreves. Prirast plodov in vsebnost primarnih in sekundarnih metabolitov sta pomembna pokazatelja kakovosti plodov. Prav tako smo ugotavljali, ali obstajajo razlike v vsebnosti fenolnih spojin v listih namakanih in nenamakanih dreves, saj je povečana vsebnost fenolov v listih eden izmed pokazateljev stresa rastlin.

2 PREGLED OBJAV

2.1 HRUŠKA (*Pyrus communis* L.)

Hruška (*Pyrus communis* L.) spada v družino rožnic (Rosaceae) in izhaja iz gorskih predelov zahodne in jugozahodne Kitajske (Bassil in Postman, 2010). V Evropi so hruško pridelovali že 1000 let pred našim štetjem, našli so celo paleontološke dokaze o obstoju hrušk v terciarju (Bell, 1991). *P. communis*, velikokrat imenovana evropska hruška, je najpogosteje pridelovana vrsta hruške v Evropi, Severni in Južni Ameriki, Afriki in Avstraliji, medtem ko v Aziji pridelujejo tudi druge vrste hrušk. Glavne sorte v pridelavi ostajajo sorte iz konca 18. in začetka 19. stoletja, med njimi tudi 'Williams bon Chrétien' (v nadaljevanju 'Viljamovka'), ki je še vedno najpomembnejša sorta v pridelavi, ki ji tesno sledita 'Packham's Triumph' in 'Conference' (Bassil in Postman, 2010). Hruška je bila v letu 2010 osma najbolj pridelovana vrsta sadja na svetu s 22.731.087 t na 1.570.304 ha (FAOSTAT, 2012).

2.1.1 Morfološke značilnosti hruške

Hruške so, tako kot večina ostalih pridelovanih sadnih vrst, cepljene na podlago. Pri podlagi imamo tako imenovane nadomestne korenine, ki rastejo bolj horizontalno in dosega globino do 40 cm, glavna masa korenin je na globini 20 do 30 cm (Štampar in sod., 2009).

Necepljene hruške imajo obliko naravne piramidalne krošnje in zrastejo do 15 m visoko. V intenzivnih nasadih je zaželena šibkejša rast, ki jo lahko dosežemo s cepljenjem na šibkejšo podlago, rezjo, načrtovanim gnojenjem, ki uravnava ravnovesje med rastjo poganjkov, cvetenjem in rodnostjo ter z obročkanjem. Hruške na šibkejši podlagi, navadno na kutini, zrastejo od 2 do 3 m visoko, ki jih z rezjo najpogosteje oblikujemo v ozko vreteno (Smit in sod., 2005).

List pri hruški je lahko suličast, elipsast, okroglast ali jajčast. Lahko je gladek ali dlakav in različno intenzivno zeleno obarvan. Listi se razvijejo iz vegetativnih in mešanih brstov. Iz mešanih, generativnih brstov se poleg listov razvijejo tudi cvetovi. Cvetovi tvorijo socvetje, ki se odpira od osnove proti vrhu. V socvetju je od šest do osem cvetov, pri nekaterih sortah do 14 cvetov (Jazbec in sod., 1995). Hruška cveti od 10 do 14 dni pred jablano, odvisno od sorte hruške.

Hruške so avtosterilne, kar pomeni, da se določena sorta ne more oploditi z lastnim cvetnim prahom, ampak potrebuje za uspešno oploditev cvetni prah drugih sort. Pri nekaterih sortah hruške se pojavlja tudi intersterilnost, kjer se med seboj ne moreta oploditi niti dve različni sorti hrušk. Prav tako je pri nekaterih sortah hrušk pogosta partenokarpija, razvoj ploda brez oploditve (Štampar in sod. 2009).

Rast plodov je odvisna od okoljskih dejavnikov, agrotehničnih ukrepov in sorte. Preveliko število plodov negativno vpliva na velikost in kakovost plodov (Jazbec in sod., 1995). Plod se razvija po enojni sigmoidni krivulji, kjer se celice po oploditvi najprej intenzivno delijo, nato se celice začno povečevati (Štampar in sod., 2009). Oblika plodov je odvisna od sorte,

najbolj pogoste so hruškasta oblika, podolgovata hruškasta oblika, zbita hruškasta, jabolčno okrogla oblika in druge. Hruške zorijo od junija, najzgodnejše sorte, in vse do oktobra, najbolj pozne sorte (Godec in sod., 2003).

2.1.2 Ekološke zahteve hruške

Hruške so cepljene na podlago, zato je od podlage odvisno, kako se odziva na različna tla. Pri hruški sta najpogostejši podlagi sejanec hruške (*Pyrus communis* L.) in kutina (*Cydonia oblonga* Mill.) (Črnko in sod., 1990).

Hruške najbolje uspevajo na rahlih, zračnih in rodovitnih tleh z dovolj vode in organske snovi. V peščenih tleh hruška slabše uspeva, saj so zanjo presuha in običajno slabo preskrbljena s hranili, prav tako ne mara pretežkih tal, saj so ta premalo zračna in prevlažna (Črnko in sod., 1990). Najbolj ji ustreza rahlo kislja reakcija tal, od 5,6 do 6,5. Primerna vsebnost apna (CaO) v tleh je do 3 % (Jazbec in sod., 1995).

Kutina se uporablja kot podlaga v intenzivnejših nasadih, saj so drevesa manj bujna, prej rodijo ter imajo večje in lepše plodove. Najpogosteje je uporabljena v Angliji vzgojena kutina MA in v današnjem času še njen šibkejši klon kutina MC. Kutina ima z nekaterimi sortami težave s skladnostjo, kar premostimo z uporabo posredovalk, sort, ki težav s skladnostjo nimajo, najpogosteje 'Hardijeva' ali 'Pastorjevka'. Kutina najbolje uspeva v globokih, zmerno vlažnih, rodovitnih in prepustnih tleh, ki imajo nevtralno ali rahlo kisljo reakcijo. Drevesa, cepljena na kutino, potrebujejo oporo (Črnko in sod., 1990).

V zimskem mirovanju hruške, cepljene na sejanec, prenesejo vse do -25°C , hruške, cepljene na kutino, nekje do -15°C . V fenofazi rdečih brstov temperature od $-3,5$ do $-2,8^{\circ}\text{C}$ še ne povzročajo poškodb, med polnim cvetenjem cvetovi prenesejo od $-2,3$ do $-1,7^{\circ}\text{C}$, zasnovani plodiči od $-1,7$ do $-1,0^{\circ}\text{C}$ (Štampar in sod., 2009).

Hruška veliko lepše uspeva v območjih s toplejšimi poletji in lažje prenese vročino kot jabolana. Nekatere sorte so občutljivejše na ožige listov pri visokih temperaturah kot na primer sorta 'Konferans' in 'Viljamovka'. Sušo hruške dobro prenašajo, vendar sta količina in kakovost pridelka boljša ob zadostni količini vode (Štampar in sod., 2009).

2.2 PRIMARNI METABOLITI

Primarni metaboliti imajo ključno vlogo v procesih fotosinteze, dihanja, rasti in razvoja. Med primarne metabolite uvrščamo ogljikove hidrate (sladkorji), organske kisline, maščobe, aminokisline in klorofil (Taiz in Zeiger, 2006). Vsebnost metabolitov se razlikuje glede na sadno vrsto, pomemben vpliv imajo tudi klimatske razmere, agrotehnični ukrepi, stopnja dozorelosti in način ter čas skladiščenja (Štampar in sod., 2009). Za pridelovalce so najpomembnejši ogljikovi hidrati in organske kisline, saj imajo najpomembnejši vpliv na okus plodov.

2.2.1 Ogljikovi hidrati

Glavni delež ogljikovih hidratov v zrelem sadju predstavljajo sladkorji. Prevladujejo glukoza in fruktoza (heksozi) ter saharoza (disaharid sestavljen iz ene molekule fruktoze in ene molekule glukoze). Pri pečkatem sadju, med katere spada hruška, prevladuje vsebnost fruktoze nad glukozo. V plodovih najdemo tudi sladkorne alkohole, med katerimi je najbolj znan sorbitol (Hudina in Štampar, 2000). Predvsem v nezrelih plodovih poleg sladkorjev najdemo tudi škrob. Škrob je polisaharid, ki v rastlini predstavlja rezervno snov, ki se v času dozorevanja razgradi v enostavne sladkorje (Tester in sod., 2003).

Poleg sladkorjev in škroba se v rastlinah nahajajo neprebavljivi ogljikovi hidrati, kot so celuloza, hemiceluloza in pektinske snovi. Te snovi prehajajo skozi črevesni trakt in izboljšujejo njegovo peristaltiko (Gvozdenović, 1989).

V poskusu treh sort hrušk je Pavlin (2004) ugotovila, da so plodovi vsebovali največ fruktoze in sorbitola, najmanj saharoze. Danski inštitut za prehrano (DTU, 2009) navaja razpon vsebnosti ogljikovih hidratov v hruškah od 10,9 do 17,2 g v 100 g sveže hruške, od tega predstavljajo dostopni ogljikovi hidrati 10,9 g, ostalo predstavljajo prehranska vlakna. Vsebnost skupnih sladkorjev je 9,53 g/100 g sveže mase. Hudina in Štampar (2000) navajata vsebnosti suhe snovi 22 sort evropskih in azijskih hrušk med 8,6 in 13,7 %. Analizirane sorte hrušk so vsebovale največ fruktoze (23,7–66,1 g/kg sveže mase), vsebovale so še glukozo (4,8–21,8 g/kg sveže mase), saharozo (2,2–21,1 g/kg sveže mase) in sorbitol (5,0–25,8 g/kg sveže mase).

2.2.2 Organske kisline

Organske kisline so spojine, ki imajo močan vpliv na organoleptične lastnosti sadja. Velik vpliv imajo na aromo, okus in barvo plodov. Organske kisline imajo posreden vpliv tudi na metabolizem fenolov, saj regulirajo pH v celici (Flores in sod., 2012). V sadju sta najbolj zastopani jabolčna in citronska kislina, medtem ko so v manjših količinah prisotne še kininska, izocitronska, jantarna, fumarna, oksalna in šikimska kislina. Ostale kisline, ki jih najdemo v sadju v manjših količinah, prištevamo k aromatičnim snovem (Štampar in sod., 2009).

Štampar in sod. (2009) navajajo v hruškah 3,5 g skupnih kislin/kg sveže mase, od tega 2,7 g jabolčne in 0,7 g citronske kisline na kg sveže mase. Pavlin (2004) je v poskusu ugotovila največje vsebnosti jabolčne in citronske kisline, najmanj šikimske. Fumarna kislina je bila zaznana le v najbolj zgodaj obranih vzorcih, kasneje skoraj ne več. Sorta z manjšo vsebnostjo sladkorjev je imela veliko vsebnost organskih kislin.

2.3 SEKUNDARNI METABOLITI

Sekundarni metaboliti se sintetizirajo iz primarnih metabolitov ali njihovih intermediatov, od njih so kompleksnejši in se velikokrat tvorijo v posebnih celicah oziroma tkivih. Čeprav jim znanstveniki dolgo niso pripisovali pomembne vloge v rastlinah, niso namreč nujno potrebni za delovanje osnovnih procesov rastline, imajo le-ti zelo pomembno vlogo pri

zaščiti rastlin pred UV žarki, pri obrambi pred herbivori in okužbami, delujejo kot alelopatске snovi ter opravljajo pomembno nalogo pri privabljanju oprasevalcev cvetov in raznašalcev semen. Tudi za človeka imajo sekundarni metaboliti pomembno vlogo, saj jih uporabljamo kot barvila, pomembni so pri izdelavi lepil, voskov, olj, vlaken, parfumov, ojačevalcev okusa, zdravil in vse pogosteje naravnih insekticidov in herbicidov (Veberič, 2010).

Sekundarne metabolite delimo v tri večje skupine: fenolne spojine, terpene in spojine, ki vsebujejo dušik (Taiz in Zeiger, 2006).

2.3.1 Fenolne spojine

V skupino fenolnih spojin je razvrščenih že več kot 10.000 naravnih spojin (Taiz in Zeiger, 2006). Fenolne spojine so ena glavnih skupin spojin sekundarnih metabolitov in so funkcionalno in strukturno zelo raznolike (Szajdek in Borowska, 2008). Glede na osnovno kemijsko strukturo jih lahko razvrstimo v dve skupini: flavonoidni fenoli in neflavonoidni fenoli. Glede na število fenolnih podenot v molekuli jih delimo na enostavne fenole, z največ eno podenoto, in polifenole, z najmanj dvema podenotama (Lapornik, 2005).

V kožici plodov in epidermu listov so fenolne spojine prisotne v visokih koncentracijah. Fenoli v listih so vpleteni v mnoge fiziološke mehanizme. Dobro so poznani kot spojine, ki ščitijo pred UV sevanjem, vendar so pogosto tudi vpleteni v odnose rastlina-patogen, kot že prisotne spojine in inducirane spojine. Sestava in prisotnost teh fenolov v listih sta odvisni od okoljskih dejavnikov, kot so UV sevanje, temperatura in prehrana rastline (Andreotti in sod., 2006). Gunen in sod. (2005) so v primerjavi listov občutljivih in odpornih sort hrušk na hrušev ožig ugotovili, da imajo sorte, odporne na hrušev ožig, višjo raven fenolnih spojin v listih. Arbutin je ena izmed fenolnih snovi, ki jo nekatere rastline akumulirajo v močnem temperaturnem stresu (suša in pozeba), pomembno vlogo naj bi imel tudi pri odpornosti hrušk na hrušev ožig (Petkou in sod., 2002).

V plodovih hruške so našli pet skupin fenolov, in sicer fenolne kisline, flavonole, arbutin flavanole in antocianine (Galvis Sánchez in sod., 2003), medtem ko so v listih našli flavanole (katehin in epikatehin ter procianidine), glikolizirani hidrokinon arbutin, fenolne kisline (hidroksicimetne kisline), flavonole in flavanone (Andreotti in sod., 2006).

2.3.1.1 Flavonoidni fenoli

Flavonoidni fenoli (flavonoidi) spadajo v skupni nizkomolekularnih polifenolnih spojin. Osnovo flavonoidov predstavlja flavonoidno jedro. Jedro je sestavljeno iz dveh fenolnih obročev (A in B) in pironskega obroča (C). Benzenski obroč A je kondenziran s pironskim obročem C, ki na mestu 2 nosi fenilni benzenski obroč B. Velika raznolikost flavonoidov ostaja zaradi zamenjav, združevanja, razlik v strukturi, različnih stopenj hidroksilacije in različnih stopenj polimerizacije (Lapornik, 2005).

Flavonoide delimo na več podrazredov: antocianini, flavonoli, flavanoni, flavanoli, flavoni, izoflavoni. V manjših količinah se pojavljajo skupine flavonoidov, kot so flavan-3,4-dioli, dihidroflavonoli, halkoni, kumarini, auronin in dihidrohalkoni (Veberič, 2010).

Antocianidini predstavljajo osnovno zgradbo antocianinov, ki so antocianidini, vezani s sladkorjem. Odkrili so že 23 antocianidinov in nad 500 antocianinov, ki se med seboj razlikujejo po številu hidroksilnih skupin, po vrsti in številu vezanih sladkorjev (Castañeda-Ovando in sod., 2009). V rastlinah najpogosteje najdemo cianidin, pelargonidin, delphinidin, peonidin, malvidin in petunidin (Tanaka in sod., 2009). V študiji Galvis Sánchez in sod. (2003) so antociane odkrili le v kožici rdeče obarvanih kultivarjev hrušk. V kultivarju 'Red D'Anjou' so našli 12,0 mg/100 g kožice, v šibkeje obarvanem kultivarju 'Forelle' le 1,2 mg/100 g kožice. Glavni pigment je bil cianidin 3-O-galaktosid.

Flavonoli so zelo razširjen podrazred flavonoidov, nahajajo se v skoraj vseh sadnih vrstah (Robards in sod., 1999). V skupino flavanolov so uvrščeni kvercetin, kempferol, izoramnetin in miricetin, ki se najpogosteje nahajajo kot 3-glikozidi in redkeje kot 7-glikozidi (Lapornik, 2005). Za hruško naj bi bila značilna vsebnost izoramnetina v glikozidni obliki (Robards in sod., 1999). Galvis Sánchez in sod. (2003) so v hruški našli flavonole le v kožici, v mesu ne. V kožici so se vsebnosti močno razlikovale glede na kultivar, od 9,5 do 55,9 mg/100 g sveže mase. Tudi v listih so Andreotti in sod. (2006) identificirali flavonole, in sicer od 15,8 do 38,5 mg/g suhe mase.

Flavanoli (flavan-3-oli) predstavljajo skupino, kjer so uvrščeni monomeri, kot so katehin in njegova izomera epikatehin ter oligomeri in polimeri proantocianidinov, imenovani tudi kondenzirani tanini (Veberič, 2010). Protoantocianidini se pogosto nahajajo v sadju, na primer v jabolkih, hruškah, grozdju, borovnicah in kiviju. Protoantocianidini imajo visoko antioksidativno moč in delujejo protivnetno (Valls in sod., 2009). V kožici hrušk je od 1,4 do 22,4 mg flavanolov/100 g sveže mase (Galvis Sánchez in sod., 2003), medtem ko so Amiot in sod. (1995) v kožici našli tudi do 76,2 g flavanolov/100 g sveže mase, vendar pri drugih kultivarjih. V mesu so našli 0,2 do 4,4 mg flavanolov/100 g sveže mase. Andreotti in sod. (2006) so v listih določili od 5,3 do 10,8 mg flavanolov/g suhe mase.

Flavanoni se v večini rastlinskih vrst pojavljajo v izredno majhnih količinah, medtem ko so prav flavanoni v citrusih prevladujoči flavonoidi. Prav tako se v citrusih ponavadi pojavljajo v glikozidni obliki, medtem ko v ostalih rastlinskih vrstah ponavadi nimajo te oblike (Robards in sod., 1999).

Flavoni niso pogosto zastopani v sadju in nikoli ne prevladujejo. Prav tako kot pri flavanonih tudi tu izstopajo citrusi, ki vsebujejo veliko različnih flavonov, vendar še vedno v manjših količinah (Robards in sod., 1999).

Izoflavoni se nahajajo skoraj izključno v stročnicah. Pri nekaterih izoflavonih je opažena estrogenska aktivnost, ki lahko pri sesalcih povzroča težave z reprodukcijo (Taiz in Zeiger, 2006).

2.3.1.2 Neflavonoidni fenoli

Med neflavonoidne fenole ali fenolne kisline uvrščamo derivate hidroksicimetne in hidroksibenzojske kisline ter stilbene (Lapornik, 2005). V kožici hrušk so Galvis Sánchez in sod. (2003) določili od 14,2 do 38,2 mg hidroksicimetnih kislin/100 g sveže mase, v mesu od 2,8 do 8,1 mg hidroksicimetnih kislin/100 g sveže mase.

2.3.2 Terpeni

Terpeni se sintetizirajo iz izoprenskih enot, zaradi tega jih imenujemo tudi izoprenoidi. Razdelimo jih lahko glede na število izoprenskih enot oziroma po številu C-atomov: monoterpeni so sestavljeni iz dveh izoprenskih enot (C-10), seskviterpeni iz treh izoprenskih enot (C-15), diterpeni iz štirih izoprenskih enot (C-20), triterpeni iz šestih izoprenskih enot (C-30) in tetraterpeni iz osmih izoprenskih enot (C-40) (Baričević, 1996).

Monoterpene in seskviterpene pogosto najdemo v eteričnih oljih. Monoterpeni so del sestave vonja cvetov in plodov in delujejo toksično na insekte, medtem ko imajo seskviterpeni v rastlini vlogo juvenilnih hormonov in feromonov. Diterpeni se nahajajo v smoli in gumijastih izločkih. V veliko skupino triterpenov spadajo steroidi in steroli (Taiz in Zeiger, 2006). Tetraterpeni ali karotenoidi predstavljajo rdeče do oranžne pigmente v bakterijah, glivah in višjih rastlinah. V rastlinah tetraterpeni opravljajo tri pomembne funkcije: pri fotosintezi pomagajo z dodatno absorpcijo svetlobe, ščitijo fotosintetski aparat pred premočno svetlobo ter privabljajo opaševalce in raznašalce semen. Nekateri karotenoidi so prekurzorji vitamina A, še posebej β -karoten (Veberič, 2010).

Plodovi hruške vsebujejo 65 μ g β -karotena na 100 g sveže mase (DTU Food, 2009).

2.3.3 Spojine, ki vsebujejo dušik

V sadju je le malo spojin, ki vsebujejo dušik, saj predstavljajo od 0,1 do 1,5 % vseh spojin. Od vseh spojin, ki vsebujejo dušik, od 35 do 75 % predstavljajo beljakovine, ki spadajo med primarne metabolite (Veberič, 2010). V to skupino so vključeni alkaloidi, cianogeni glikozidi, glukozinolati in aminokisline, ki ne tvorijo beljakovin (Taiz in Zeiger, 2006).

2.4 TLA IN VODA

Vodni režim tal v sadovnjaku uravnavamo na podlagi številnih parametrov, kot so lastnosti tal, zahteve sadne vrste in podnebnih dejavnikov. Pri vodi v tleh poznamo dve za rastline neugodni situaciji, pomanjkanje vode v tleh in ko je vode v tleh preveč. Prvo uravnavamo z namakanjem, drugo z osuševalnimi sistemi.

V naših podnebnih razmerah je vode dovolj, vendar moramo zaradi neprimerne razporeditve padavin preko leta uporabljati namakanje kot dopolnilni ukrep, ki omogoča kakovostno in količinsko stabilno rastlinsko pridelavo (Pintar, 2003). Najracionalnejše je kapljično namakanje, vendar lahko uporabljamo tudi mikrorazpršilce kot protislansko

zaščito ali tudi za dvigovanje zračne vlage v nasadu, kar je pri hruški posebej dobrodošlo, saj zmanjšamo možnosti za toplotni udar. Pri namakanju (oroševanju) moramo biti pazljivi, da nanesemo ustrezno količino vode na način, ki ne povzroči odvečnih izgub vode, spiranja hranil ali erozije zaradi površinskega odtoka. Pri nas je namakanje v sadovnjakih potrebno na Goričkem, v Slovenskih goricah, Savinjski dolini, Posavju, Brkinih in na Primorskem. Namakanje je potrebno v poletnem obdobju (julij, avgust) in včasih že spomladi (Štampar, 2006).

2.4.1 Lastnosti tal

Tla so sestavljena iz mineralnih snovi, organskih snovi, talne raztopine in zraka. Razmerje med zrakom in vodo ter talnimi delci imenujemo poroznost tal. Poroznost tal je odvisna od teksture, strukture in deleža organske snovi v tleh. Tekstura tal je pomembna predvsem zaradi količine glinaste frakcije, struktura tal zaradi različne obstojnosti strukturnih agregatov, organska snov zaradi svoje strukture večinoma povečuje poroznost tal. Vodno zračni režim tal, razmerje med vodo in zrakom v porah tal, je odvisen od velikosti, oblike in povezanosti por ter od količine vode, ki je na voljo. Pore so lahko kapilarne ali mikropore ($<10\ \mu\text{m}$) in nekapilarne ali makropore ($>10\ \mu\text{m}$). V makroporah se praviloma zadržuje zrak, saj voda hitro odteče, medtem ko se voda v mikroporah zadržuje zaradi kapilarnih sil, ki vodo na talne delce vežejo močnejše od gravitacijske sile (Grčman in Zupan, 2008).

Voda v tleh se nahaja v različnih agregatnih stanjih in je z različnimi silami vezana na talne delce (kristalna, higroskopična voda, rastlinam dostopna in nedostopna kapilarna voda, gravitacijska voda, poplavna voda). Vodo v tleh, količino in stanje, opišemo z masnim ali volumskim odstotkom vode v tleh in z njenim matričnim potencialom (tenzija vode ali vodni potencial). Masni odstotek vode v tleh je razmerje med maso vode v tleh in maso trdne faze tal. Volumski odstotek vode v tleh je razmerje med volumnom talnih por, ki so zapolnjene z vodo, in celotnim volumnom neporušenih tal. Od različnih sil, s katerimi je voda vezana na talne delce, je odvisen matrični potencial vode v tleh (Grčman in Zupan, 2008), izražen lahko s Pa (enote pritiska), višino vodnega stolpca (m, cm) ali s pF vrednostjo. Vrednost pF je logaritem višine vodnega stolpca, izražene v cm, katerega masa je ekvivalentna pritisku, s katerim je voda vezana na trdno fazo tal (Ruprecht, 1999).

Za namakanje so pomembne vodno zadrževalne lastnosti tal (opišemo jih s pF vrednostjo) ter infiltracijska sposobnost tal (oziroma vpojna sposobnost tal za vodo). Vodno zadrževalne lastnosti tal nam povedo, s kakšno silo je določena količina vode vezana na talne delce. Odvisne so od teksture in strukture tal ter organske snovi v tleh. Najpomembnejši točki sta poljska kapaciteta tal in točka venenja. Točka poljske kapacitete nastopi, ko odteče vsa gravitacijska voda in ostane le kapilarno in higroskopsko vezana voda (privzeta vrednost matričnega potenciala pri poljski kapaciteti je 0,03 MPa). Točka venenja nastopi, ko si rastline po pomanjkanju njim dostopne vode kljub ponovnemu razpolaganju z vodo v nasičenem vlažnem zraku ne opomorejo več (matrični potencial pri točki venenja 1,5 MPa). Do kritične točke vode v tleh, ki je vrstno in sortno različna, rastlina lahko črpa vodo iz tal. Ko je voda pod kritično točko, rastlina del energije porablja

za premagovanje tenzije vode namesto za oblikovanje pridelka. Takrat je rastlina v sušnem stresu (Pintar, 2006).

Proces vpivanja vode v tla imenujemo infiltracija. Infiltracija in koeficient infiltracije nam pove, kako hitro se voda vpija v tla (m/s, cm/dan, cm/h). Koeficient infiltracije je odvisen od trenutne vlažnosti tal ter teksture in strukture tal (Pintar, 2006).

2.4.2 Podnebni dejavniki

Pri namakanju je poleg količine in razporeda padavin pomembna tudi evapotranspiracija (ET). ET je sestavljena iz dveh procesov, in sicer evaporacije (izhlapevanje vode iz površine tal) in transpiracije (izhajanje vode iz rastline). Poznavanje ET nam pomaga za okvirno določitev količine vode, ki jo moramo naši rastlini dodati v določenem času, če ni padavin (Pintar, 2003). ET je odvisna od več vremenskih parametrov, in sicer osončenosti, vetra, temperature zraka in zračne vlage. Referenčna evapotranspiracija ET_0 je količina vode, ki je izhlapela iz referenčne rastline in tal. Privzeta referenčna površina je aktivno rastoča trava, ki popolnoma prekriva tla in je zadostno preskrbljena z vodo, ima višino 0,12 m, površinsko upornost 70 s/m in albedo 0,23. Potencialno evapotranspiracijo za kulturno rastlino (ET_c) izračunamo s pomočjo referenčne evapotranspiracije (ET_0) in faktorja rastline (k_c). Za izračun se najpogosteje uporablja Penman-Monteithova metoda, ki vključuje naslednje parametre: temperaturo zraka, relativno zračno vlago, hitrost vetra in sončno sevanje. Faktor rastline upošteva rastlinsko vrsto, sorto in razvojno stopnjo gojene rastline. Za hruške z negovano ledino je k_c ob začetku vegetacije 0,50, v času glavne vegetacije je k_c 1,20 in ob koncu vegetacije 0,95 (pred defoliacijo) (Allen in sod., 1998).

2.4.3 Namakanje

Namakanje je umetno dodajanje vode, kadar jo v času vegetacije v tleh primanjkuje, z namenom, da zagotovimo optimalno rast in razvoj gojenih rastlin. Namakalni sistem lahko prav tako uporabljamo za zaščito gojenih rastlin pred spomladansko pozebo ter za dodajanje hranil (fertigacija) (Pintar, 2003). Vodni vir namakalnega sistema je lahko vodotok, podtalnica ali akumulacija. V novejših sadovnjakih se uporabljajo kapljični sistemi in mikro razpršilci.

2.4.3.1 Namakanje z oroševanjem

Namakanje z oroševanjem poteka z razpršilci. Razpršilci so lahko nameščeni kot stabilna, prestavljiva ali mobilna oprema. Z oroševanjem želimo čim enakomerneje razporediti vodo po celotni površini. S to vrsto namakanja lahko ohladimo ozračje, ščitimo rastline pred pozebo ali si pomagamo pri zaščiti rastlin proti nekaterim škodljivcem. Slaba stran oroševanja je mokra površina rastlin, kar lahko pospeši okužbe tistih bolezni, katerih razvoj je vezan na vodo, zato je najpriporočljivejše namakanje v dopoldanskem času, da se listje čim prej posuši. V sadovnjaku se namakanje z razpršilci uporablja tam, kjer je možnost spomladanske pozebe. Poleti se razpršilce lahko uporablja za namakanje (Pintar, 2006).

Mikrorazpršilce lahko uporabljamo za lokalizirano namakanje. Delujejo pri manjših tlakih, 1,5 do največ 4,5 barov, imajo manjši pretok, od nekaj deset do nekaj sto litrov, in manjši domet (od 1 do 6 m). Primerni so za namakanje vrtnin in sadovnjakov. V sadovnjaku mikrorazpršilce namestimo pod krošnjo dreves, navadno en razpršilec za eno drevo, pri čemer se dometi razpršilcev ne prekrivajo. Za zaščito pred pozebo lahko mikrorazpršilce spomladi prestavimo nad krošnje (Pintar, 2006).

2.4.3.2 Kapljično namakanje

Kapljično namakanje omogoča najintenzivnejšo rastlinsko pridelavo ob najvišji stopnji varovanja okolja. Rastlini vsak dan dodamo toliko vode, kot jo potrebuje. Voda iz namakalnih linij izteka preko kapljačev. Prednosti kapljičnega sistema pred ostalimi vrstami namakanja so, da vodo dodajamo samo tam, kjer jo rastlina potrebuje (manjša poraba vode), medvrstni prostori ostajajo suhi, kar omogoča nemoten prehod mehanizacije, ne močimo listne površine, lahko dodajamo hranila (fertigacija). Kapljično namakanje ima tudi nekaj slabosti, saj se lahko kapljači hitro zamašijo (filtracija vode) ter negativen vpliv na rastline, ki koreninski sistem razvijejo le v namakanem območju in so s tem ob morebitni okvari namakalnega sistema ali prenehanju namakanja občutljivejše na sušo (Pintar, 2006).

2.4.3.3 Količina dodane vode v obroku

Obrok namakanja lahko določimo na dva načina. Pri prvem načinu obrok namakanja predstavlja lahko dostopna voda, pomnožena z globino korenin. Pri drugem načinu obrok namakanja določimo s pomočjo dovoljenega znižanja vode v tleh (DZV). DZV je lahko enaka, manjša ali večja kot kritična točka (KT). DZV je enaka KT, ko namakanje prilagodimo potrebam rastlin po vodi. Manjša je ob manj pogostih obrokih namakanja, ko s krajšim izpostavljanjem vodnemu stresu želimo izboljšati aromo pridelka (breskve). DZV je večja, ko se odločimo za več manjših obrokov namakanja (Pintar, 2006).

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 POSKUSNI NASAD

Poskus je potekal v letu 2012 v učno-raziskovalnem nasadu Hortikulturni center Biotehniške fakultete Orehovlje. Površina nasada je 13,65 ha, od tega 11,26 ha hrušk. V nasadu imajo urejeno namakanje z razpršilci (oroševanje) in kapljično namakanje.

3.2 RASTLINSKI MATERIAL

V poskusu smo uporabili hruško sorte 'Viljamovka'. Drevesa so bila posajena leta 2004, na razdalji 0,6 m x 3,4 m. Podlaga je kutina BA 29 in posredovalka 'Beurre Hardy' ('Hardijeva').

3.2.1 Sorta 'Viljamovka'

Sorta 'Viljamovka' je poznana tudi pod sinonimi 'William's bon Chrétien', 'Bartlett', 'Beurrée William', 'Williams Christbirne' (Črnko in sod., 1990). Okoli leta 1770 jo je odkril učitelj iz Aldermastona, Velika Britanija, njeni starši niso znani (Godec in sod., 2003). Razmnoževati jo je začel vrtnar Williams, po katerem je sorta tudi dobila ime. Ko so jo 1799 prenesli v Ameriko, je dobila ime 'Bartlett' (Godec, 2006).

'Viljamovka' uspeva v toplejših območjih, vendar jo lahko gojimo vse do nadmorske višine 800 m. Glede tal je nezahtevna. Raste srednje bujno (Črnko in sod., 1990). Slabo je kompatibilna s kutino, zato je na podlago praviloma cepljena preko posredovalke, ki je običajno 'Hardijeva' ali 'Pastorjevka' (Godec, 2006).

Sorta je uvrščena med pozne poletne oziroma zgodnje jesenske sorte. Pri nas zori v drugi polovici avgusta. Plodovi so nepravilnih oblik, na srednje dolgem peclju. Veliko plodov se razvije partenokarpno (Godec, 2006). Kožica je gladka, zelenkasto rumena, včasih z rahlo rdečico na sončni strani in je prekrita s številnimi lenticelami, ob peclju je rjasta. Meso je zelo sočno, drobnozrnato, sladko, s primerno kislino in značilno muškato aromo. Meso je bele barve (Črnko in sod., 1990). Plod je prikazan na sliki 1.



Slika 1: Plod sorte 'Viljamovka'

3.3 VREMENSKE RAZMERE V LETU 2012

Vremenski podatki so predstavljeni za agrometeorološko postajo Bilje, ki se nahaja v neposredni bližini nasada Hortikulturni center Biotehniške fakultete Orehovlje. V preglednici 1 so za čas poskusa (junij, julij, avgust 2012) po dekadah prikazane povprečna temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$), količina padavin (mm) in povprečna dnevna referenčna evapotranspiracija (mm) v posameznem mesecu. V poletju 2012 (junij, julij, avgust) je bila vodna bilanca (padavine minus izhlapevanje) -300 mm (ARSO, 2012).

Preglednica 1: Povprečna mesečna temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$), mesečna količina padavin (mm) in povprečna dnevna referenčna evapotranspiracija (ET, mm) po dekadah. Vrednosti v oklepajih predstavljajo odstopanja od dolgoletnega povprečja temperatur zraka ($^{\circ}\text{C}$) in padavin (%) za obdobje 1961–1990 (ARSO, 2012)

	Povprečna temperatura ($^{\circ}\text{C}$)*			Količina padavin (mm)			Povprečna referenčna ET (mm) †		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Junij	19,8 (2,0)	22,1 (2,8)	25,2 (4,4)	41,5 (37)	60,9 (67)	4,1 (12)	3,5	5,6	6,4
Julij	25,7 (4,8)	23,5 (1,7)	24,9 (3,0)	13,1 (29)	31,1 (110)	10,2 (30)	6,1	5,9	5,4
Avgust	25,9 (4,2)	24,6 (3,7)	23,2 (3,9)	0,8 (2)	8,4 (22)	13,7 (26)	6,3	3,7	4,5

* temperaturno odstopanje od povprečja je bilo vedno pozitivno

† referenčna evapotranspiracija, izračunana po Penman-Monteithvi metodi (Allen in sod., 1998) na osnovi meritev, opravljenih na meteorološki postaji Bilje.

3.4 METODE DE LA

V poskusu smo imeli dve obravnavanji, namakana in nenamakana drevesa. Da bi zagotovili, da nenamakana drevesa hrušk ne bi imela dostopa do padavinske vode, smo pri drevesih, ki so bila nenamakana, tla prekrili z belo folijo v času, ko smo opravljali meritve rasti plodov (od 4. 7. 2012 do 16. 8. 2012) (slika 2).

Za namakanje so v nasadu dodali okvirno 117 mm vode preko kapljačev in 120 mm vode preko razpršilcev z oroševanjem. V prilogi A je preglednica dni in obrokov namakanja v času našega poskusa. Pred začetkom našega poskusa je bila vodna bilanca ob upoštevanih parametrih (padavine, ET, namakanje) –38 mm.

V nasadu smo spremljali rast plodov in opravili vzorčenje tal za določanje količine vode v tleh. Meritve plodov po obiranju in analize vsebnosti sladkorjev, organskih kislin in fenolnih snovi so bile narejene na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Pri vsakem obravnavanju smo imeli 15 dreves, na katerih smo naključno izbrali 10 plodov. Na teh 20 plodovih smo opravljali meritve premera plodov v več časovnih obdobjih, in sicer: 4. 7. 2012, 12. 7. 2012, 18. 7. 2012, 25. 7. 2012, 1. 8. 2012, 8. 8. 2012 in 16. 8. 2012. Vse plodove v obeh obravnavanjih smo v tehnološki zrelosti obrali (16. 8. 2012) in jih stehali ter na podlagi sadilnih razdalj preračunali pridelek na hektar. Izmed vseh plodov smo izbrali za vsako obravnavanje vse označene plodove (10 plodov/obravnavanje) in dodatnih pet naključno izbranih plodov, ki smo jim v laboratoriju izmerili maso (g), višino (mm), presek (mm), trdoto (kg; merjeno z batom 8 mm premera) in suho snov ($^{\circ}$ Brix) ter ovrednotili vsebnost škroba po 5 stopenjski lestvici (Werth, 1995). Plodovi so se ob obiranju precej razlikovali med obravnavanji, kar je razvidno na sliki 3, ki prikazuje plodove nenamakanih dreves (na sliki 3 zgoraj) in plodove namakanih dreves (na sliki 3 spodaj).



Slika 2: Postavitev poskusa (4. 7. 2012), prekritje tal nenamakane vrste



Slika 3: Plodovi sorte 'Viljamovka', zgoraj iz nenamakanih dreves, spodaj iz namakanih dreves

Nabiranje vzorcev listov za meritve fenolnih spojin v listih smo izvedli 4. 7. 2012, 18. 7. 2012, 1. 8. 2012 in 16. 8. 2012. Za vsako obravnavanje smo vsakič nabrali 100 listov.

S pomočjo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti smo določili še vsebnost sladkorjev v pulpi (fruktoze, glukoze, saharoze in sorbitola), organskih kislin v pulpi (citronske, jabolčne, šikimske in fumarne kisline), fenolnih spojin v pulpi in kožici (flavanolov, flavonolov in hidroksicimetnih kislin) in fenolnih snovi v listih (flavanolov, flavonolov, enostavnih fenolov in hidroksicimetnih kislin). Z uporabo Folin-Ciocalteujevega reagenta smo ocenili vsebnost skupnih fenolov. Za vsako obravnavanje (namakano in nenamakano) smo imeli osem ponovitev pri plodovih (dva plodova ena ponovitev) in pet ponovitev pri listih (10 listov ena ponovitev).

Tla na območju sadovnjaka so srednje težka do težka, točka venenja je pri 22,7 vol %, poljska kapaciteta je pri 39,8 vol % (Štampar in sod., 1997). V letu 2012 je bila izvedena kemična analiza tal v nasadu. V tleh je 2,4 % organske snovi, pH je 5,5. Založenost s hranili je: 16,1 mg P₂O₅/100 g tal in 33,9 mg K₂O/100 g tal. Po navedbi Miheliča in sodelavcev (2010) je za ta tla količina humusa zadostna, preskrbljenost s fosforjem in kalijem je dobra.

Pri obeh obravnavanjih smo s pomočjo Kopeckijevih cilindrov ob vrsti dreves na globini 20 do 25 cm vzeli vzorce tal, kjer je glavnina korenin (slika 4). Vzorce smo takoj po vzorčenju stehtali, posušili na 105 °C do stalne mase in ponovno stehtali. Izračunali smo volumski odstotek vode. Meritve smo izvedli trikrat (18. 7. 2012, 1. 8. 2012 in 16. 8. 2012).

Na podlagi dobljenih rezultatov smo s pomočjo izpisanih formul izračunali volumski odstotek vode v tleh.

Formula za izračun volumskega odstotka vode v tleh (Grčman in Zupan, 2008):

$$\text{Volumski odstotki vode} = \frac{V_{\text{vode}}}{V_{\text{tal}}} = \frac{m_w}{\rho_w \cdot V_b}$$

m_w – masa vode (g)
 V_b – volumen tal (cm^3)
 ρ_w – gostota vode (g/cm^3)



Slika 4: Izkop tal za vzorčenje na globini 20 do 25 cm

3.4.1 Ekstrakcija sladkorjev in organskih kislin

Za ekstrakcijo sladkorjev in organskih kislin smo zatehtali 5 g drobno nasekljanega mesa plodov hrušk. Vzorce smo prelili s 25 ml bidestilirane vode in jih ob mešanju na sobni temperaturi ekstrahirali 30 minut. Po končani ekstrakciji smo vzorce centrifugirali sedem minut pri 10.000 obratih/min (Eppendorf Centrifuge 5810, Hamburg, Nemčija). Supernatant smo prefiltrirali skozi 0,20 μm celulozni filter. Analize smo naredili s pomočjo HPLC sistema Thermo Finnigan Surveyor s kvarterno črpalko.

3.4.2 Ekstrakcija fenolov iz mesa, kože plodov in listov

Za ekstrakcijo posameznih fenolov iz kože smo natehtali 3 g drobno nasekljane kože, ki smo jo prelili s 5 ml metanola. Vzorce mesa plodov hruške smo za ekstrakcijo pripravili tako, da smo natehtali 5 g drobno nasekljanega mesa, ki smo jo prelili s 7 ml metanola. Vzorce listov smo s pomočjo tekočega dušika v terilnici zmleli v prah in natehtali 0,5 g vzorca, ki smo ga prelili s 3 ml metanola. Vzorce smo dali v ohlajeno (0 °C) ultrazvočno kopel za eno uro. Po eni uri smo jih prenesli v centrifugo in jih centrifugirali sedem minut pri 10.000 obratih/min (Eppendorf Centrifuge 5810, Hamburg, Nemčija). Supernatant smo prefiltrirali skozi 0,20 μm poliamidni filter. Nadaljnje analize smo naredili s pomočjo HPLC sistema Thermo Finnigan Surveyor s kvarterno črpalko.

3.4.3 HPLC analiza

Tekočinska kromatografija visoke ločljivosti (High Performance Liquid Chromatograph, v nadaljevanju HPLC) je uporabljena pri ločevanju posameznih komponent vzorca, ki so zaznane z ustreznimi detektorji (Žorž, 1991).

3.4.3.1 HPLC analiza sladkorjev in organskih kislin

Za analizo sladkorjev smo uporabili 20 μ l vzorca. Ločevanje vzorcev je potekalo s pomočjo kolone Rezex RCM-monosaccharide Ca⁺ (2 %) (300 mm x 7,8 mm) in RI detektorja. Mobilna faza je bila bidestilirana voda, pretok je bil 0,6 ml/min. Vzorec smo analizirali 30 minut pri temperaturi 65 °C.

Za analizo organskih kislin smo uporabili 20 μ l vzorca. Ločevanje vzorcev je potekalo s pomočjo kolone Rezex ROA – organic acid H⁺ (8 %) (300 mm x 7,8 mm), UV detektor je bil nastavljen na 210 nm, kolona ogrevana na 65 °C. Mobilna faza je bila 4 mM žveplena kislina v bidestilirani vodi s pretokom 0,6 ml/min. Analiza je potekala 30 minut.

Koncentracijo posameznih sladkorjev (fruktoze, glukoze, saharoze in sorbitola) in organskih kislin (citronske, jabolčne, šikimske in fumarne kisline) smo določili po metodi eksterne standarda in preračunali glede na umeritveno krivuljo, ki je bila narejena na podlagi standardnih raztopin.

3.4.3.2 HPLC analiza fenolnih snovi v mesu, kožici in listih

Fenolne snovi smo analizirali s HPLC sistemom Thermo Finnigan Surveyor s kvarterno črpalko (San Jose, USA). Zaradi prevelike koncentracije fenolov v vzorcu smo le-te razredčili v razmerju 1 : 3 (200 μ l vzorca in 600 μ l metanola). Volumen injiciranega razredčenega vzorca je bil 20 μ l, hitrost pretoka 0,6 ml/min. Detekcija je potekala pri valovni dolžini 280 in 350 nm. Uporabljena je bila kolona Phenomenex Gemini C18 (150 mm x 4,5 mm, 3 μ m), pri temperaturi 25 °C. Za mobilni fazi smo uporabili 0,1 % mravljinčno kislino v bidestilirani vodi in 0,1 % mravljinčne kisline v acetonitrilu.

Identifikacija posameznih spojin je potekala s primerjavo spektrov in retencijskih časov. Fenolne snovi so bile potrjene tudi z uporabo masnega spektrometra (Thermo Scientific, LCQ Deca XP MAX) z ESI načinom ionizacije. Koncentracije fenolnih spojin so bile izračunane glede na površine posameznih pikov na kromatogramu in ustreznega standarda. Koncentracije so izražene v mg na kg sveže mase.

3.4.4 Analiza skupnih fenolov z uporabo Folin-Ciocalteujevega reagenta

Ekstrakcijo za določitev skupnih fenolov smo delali po enakem postopku kot za posamezne fenole s to razliko, da nismo dodali BHT. Vsebnost skupnih fenolov v pulpi, kožici in listih je bila ocenjena z uporabo Folin-Ciocalteujevega reagenta. V 6 ml bidestilirane vode smo dodali 100 μ l vzorca in 500 μ l Folin-Ciocalteujevega reagenta. Po največ 8 minutah smo dodali 1,5 ml 20 % natrijevega karbonata in 1,9 ml bidestilirane vode. Vzorce smo premešali in jih za 30 minut dali na 40 °C. Po pretečenem času smo izmerili absorbanco vzorcev s pomočjo spektrofotometra (Perkin-Elmer, UV/visible Lambda Bio 20) pri valovni dolžini 765 nm. Kot slepi vzorec je bila uporabljena mešanica reagentov in bidestilirane vode. Vsebnost skupnih fenolov je izražena v mg ekvivalentov galne kisline na kg vzorca.

3.4.5 Statistična obdelava podatkov

Pridobljene podatke meritev in kemičnih analiz smo statistično obdelali s pomočjo statističnega programa R in programa MS Excel 2007. Statistično značilne razlike smo ugotavljali s t-testom za neodvisne vzorce. Statistično značilne razlike so označene s črkami. Tam, kjer so rezultati statistično značilno enaki, so črke enake, kjer se statistično značilno razlikujejo, so črke različne.

4 REZULTATI

4.1 VODA V TLEH

Z merjenjem količine vode v tleh smo želeli dokazati, da je bilo v nenamakanih tleh manj vode kot v namakanih tleh. V preglednici 2 je prikazan volumski odstotek vode v nenamakanih in namakanih tleh na globini 20–25 cm.

V tleh, ki so bila namakana, je bilo od 5,3 % do 6,8 % več vode (preglednica 2) kot v tleh, kjer namakanja ni bilo. Količina vode v nenamakanih tleh je bila ves čas pod točko venenja (22,7 %), medtem ko je bila v namakanih tleh nad njo, razen v času drugega merjenja. Kritična točka, ko drevesa hrušk preidejo v stres, je 50 % rastlinam dostopne vode, kar je v tem primeru pri 31 vol % vode v tleh.

Preglednica 2: Povprečen volumski odstotek vode (%) v nenamakanih in namakanih tleh ± standardna napaka (n = 6). Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v volumskih odstotkih vode v tleh

	Volumski delež vode (%)	
	Nenamakana tla	Namakana tla
21. 7. 2012	20,1 ± 1,2 a	25,4 ± 3,4 b
1. 8. 2012	16,5 ± 1,6 a	21,9 ± 1,7 b
16. 8. 2012	17,2 ± 0,9 a	24,0 ± 0,7 b

4.2 RAST PLODOV

Rast plodov smo spremljali od 4. 7. 2012 do 16. 8. 2012, ko smo plodove obrali. V preglednici 3 so prikazani povprečni premeri plodov. Iz preglednice je razvidna razlika v rasti plodov.

Preglednica 3: Povprečen premer plodov hrušk namakanih in nenamakanih dreves ± standardna napaka (n = 10). Različne črke v stolpcih označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) pri premeru plodov

Obravnavanje	Premer plodov (mm)						
	4. 7. 2012	12. 7. 2012	18. 7. 2012	25. 7. 2012	1. 8. 2012	8. 8. 2012	16. 8. 2012
Nenamakana	46,8 ± 4,6 a	49,9 ± 5,2 a	52,2 ± 5,1 a	54,8 ± 5,5 a	55,5 ± 4,9 a	57,2 ± 4,6 a	58,6 ± 5,1 a
Namakana	46,9 ± 4,3 a	51,2 ± 4,8 a	53,9 ± 4,6 a	57,5 ± 5,0 a	60,3 ± 4,6 b	64,2 ± 4,9 b	66,9 ± 5,6 b

4.3 PRIDELEK

V tehnološki zrelosti smo plodove obrali in v nasadu prešteli in stehali pridelek 30 dreves, iz vsakega obravnavanja 15 dreves. Plodove smo tudi ovrednotili po kakovosti glede na premer plodov, in sicer na plodove nad 60 mm in ostale plodove (preglednica 4). Če maso hrušk na drevo glede na sadilno razdaljo preračunamo v pridelek na hektar, dobimo 12,8 t hrušk pri nenamakanih drevesih oziroma 16,2 t hrušk pri namakanih drevesih.

Preglednica 4: Povprečna masa plodov na drevo (g), povprečno število hrušk na drevo, obseg hrušk nad 60 mm na drevo in masa hrušk nad 60 mm na drevo (g) ± standardna napaka (n = 15). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) pri merjenih parametrih

	Masa hrušk na drevo (g)	Število hrušk na drevo	Število hrušk z obsegom nad 60 mm	Masa hrušk nad 60 mm (g)
Nenamakano	2698 ± 754 a	23 ± 7 a	9 ± 4 a	1256 ± 529 a
Namakano	3323 ± 1836 a	21 ± 13 a	18 ± 12 b	3023 ± 1680 b

4.4 MERITVE PLODOV

V laboratoriju smo stekali posamezne plodove in izmerili višino plodov brez peclja, trdoto, suho snov ter ocenili količino škroba v plodovih. Rezultati meritev so prikazani v preglednici 5. Iz preglednice je razvidno, da se plodovi namakanih in nenamakanih dreves med seboj razlikujejo v masi, višini, premeru, trdoti ter suhi snovi, ne razlikujejo se le v oceni vsebnosti škroba. V namakanih plodovih je bilo 83 % vode, v nenamakanih plodovih 78 %.

Preglednica 5: Povprečna masa plodov (g), povprečna višina plodov brez peclja (mm), presek plodov (mm), trdota plodov (kg), suha snov (°Brix) in škrob ± standardna napaka (n = 15). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) pri merjenih parametrih

	Masa plodov (g)	Višina plodov brez peclja (mm)	Premer plodov (mm)	Trdota plodov (kg/cm ²)	Suha snov (°Brix)	Škrob
Nenamakana	127 ± 24 a	76,0 ± 5,3 a	58,6 ± 5,1 a	9,2 ± 0,9 b	17,4 ± 1,7 b	2,5
Namakana	183 ± 26 b	87,9 ± 4,1 b	66,9 ± 5,6 b	8,4 ± 0,8 a	12,9 ± 1,1 a	2,5

4.5 SLADKORJI V MESU

V mesu smo določili sladkorje saharozo, glukozo, fruktozo in sorbitol. V preglednici 6 je prikazana vsebnost sladkorjev v sveži masi (SM) vzorcev. Opazna je razlika v vsebnosti vseh sladkorjev, razen v vsebnosti saharoze, med plodovi hrušk namakanih in nenamakanih dreves. Statistično značilne razlike so tudi v vsebnosti skupnih sladkorjev, saj je v sveži masi plodov v mesu namakanih dreves manj skupnih sladkorjev.

Preglednica 6: Vsebnost sladkorjev (saharaza, glukosa, fruktoza in sorbitol) v plodovih hrušk namakanih in nenamakanih dreves v sveži masi plodov (SM) (g/kg) ter skupni sladkorji (g/kg) ± standardna napaka (n = 8). Različne črke v stolpcu prikazujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) v vsebnosti sladkorjev med obravnavanji

	Saharaza SM (g/kg)	Glukoza SM (g/kg)	Fruktoza SM (g/kg)	Sorbitol SM (g/kg)	Skupni sladkorji SM (g/kg)
Nenamakana	7,3 ± 2,0 a	12,8 ± 2,7 b	77,5 ± 4,8 b	41,2 ± 4,7 b	138,7 ± 11,0 b
Namakana	6,2 ± 1,3 a	6,5 ± 0,9 a	60,2 ± 2,7 a	27,3 ± 2,4 a	100,2 ± 6,2 a

Vsebnost sladkorjev v sveži masi smo preračunali na vsebnost sladkorjev v suhi snovi (SS). Razlike v vsebnosti sladkorjev na SS so manjše, v vsebnosti skupnih sladkorjev ni statistično značilnih razlik.

Preglednica 7: Vsebnost sladkorjev (saharoza, glukoza, fruktoza in sorbitol) v plodovih hrušk namakanih in nenamakanih dreves v suhi snovi (SS) (g/kg) ter skupni sladkorji (g/kg) ± standardna napaka (n = 8). Različne črke v stolpcu prikazujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) v vsebnosti sladkorjev med obravnavanji

	Saharoza SS (g/kg)	Glukoza SS (g/kg)	Fruktoza SS (g/kg)	Sorbitol SS (g/kg)	Skupni sladkorji SS (g/kg)
Nenamakana	33,2 ± 8,9 a	58,1 ± 12,5 b	353,1 ± 21,8 a	187,3 ± 21,5 b	631,6 ± 50,1 a
Namakana	36,41 ± 7,3 a	38,3 ± 5,1 a	352,0 ± 16,0 a	159,6 ± 13,8 a	586,3 ± 36,4 a

4.6 KISLINE V MESU

V mesu smo določili organske kisline, in sicer citronsko, jabolčno, šikimsko, fumarino ter skupne kisline. V preglednici 8 je prikazana vsebnost kislin v plodovih hrušk. Prevladujeta citronsko in jabolčno kislino, manj je šikimske in fumarne kisline. V vsebnosti kislin v sveži masi (SM) ni bilo statistično značilnih razlik med obravnavanji.

Preglednica 8: Vsebnost posameznih kislin (citronske, jabolčne, šikimske in fumarne kisline) ter skupne kisline v sveži masi plodov (g/kg; mg/kg) hrušk namakanih in nenamakanih dreves ± standardna napaka (n = 8). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti kislin med obravnavanji

	Citronska kislina SM (g/kg)	Jabolčna kislina SM (g/kg)	Šikimska kislina SM (mg/kg)	Fumarna kislina SM (mg/kg)	Skupne kisline SM (g/kg)
Nenamakana	4,1 ± 0,7 a	2,8 ± 0,5 a	29,1 ± 5,5 a	1,9 ± 0,4 a	6,9 ± 1,1 a
Namakana	3,9 ± 0,3 a	2,5 ± 0,2 a	32,5 ± 5,3 a	1,6 ± 0,5 a	6,5 ± 0,5 a

Tudi vsebnost kislin smo preračunali na suho snov (preglednica 9). Tukaj lahko opazimo statistično značilne razlike v vsebnosti citronske, jabolčne in šikimske kisline, kar vpliva tudi na skupne kisline, ki se statistično značilno razlikujejo med obravnavanji. Vsebnost kislin na suho snov je večja v namakanih plodovih.

Preglednica 9: Vsebnost posameznih kislin (citronske, jabolčne, šikimske in fumarne kisline) ter skupne kisline v suhi snovi plodov (g/kg; mg/kg) hrušk namakanih in nenamakanih dreves ± standardna napaka (n = 8). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti kislin med obravnavanji

	Citronska kislina SS (g/kg)	Jabolčna kislina SS (g/kg)	Šikimska kislina SS (mg/kg)	Fumarna kislina SS (mg/kg)	Skupne kisline SS (g/kg)
Nenamakana	18,8 ± 3,1 a	12,7 ± 2,1 a	132,2 ± 25,2 a	8,5 ± 1,7 a	31,5 ± 4,8 a
Namakana	23,0 ± 2,0 b	14,6 ± 0,9 b	190,2 ± 31,1 b	9,3 ± 3,2 a	37,8 ± 2,8 b

4.7 FENOLNE SPOJINE

4.7.1 Fenolne spojine v mesu

V mesu smo določili flavanole (katehin, epikatehin, procianidin dimer B₂ in procianidin trimer), hidroksicimetne kisline (klorogenska kislina, 3-kumaroilkininska kislina in dikafeoilkininska kislina) ter flavanol (izoramnetin-3-glukozid). Rezultati so prikazani v preglednici 10. V mesu so bile statistično značilne razlike med obravnavanji v vsebnosti hidroksicimetnih kislin, predvsem zaradi večje vsebnosti klorogenske kisline v nenamakanih plodovih. V vsebnosti skupnih flavanolov ni bilo statističnih razlik, čeprav sta se obravnavanji razlikovali v vsebnosti katehina.

Preglednica 10: Vsebnosti fenolnih snovi v mesu plodov hrušk (mg/kg SM); skupni in posamezni flavanoli, hidroksicimetne kisline ter flavonoli ± standardna napaka (n = 8). Različne črke v vrstici prikazujejo statistično značilne razlike (p ≤ 0,05) v vsebnosti fenolnih spojin med obravnavanji

	Nenamakana	Namakana
Katehin	7,1 ± 1,3 b	4,3 ± 0,7 a
Epikatehin	6,9 ± 1,2 a	6,5 ± 0,8 a
Procianidin dimer B ₂	14,1 ± 1,8 a	13,1 ± 1,1 a
Procianidin trimer	2,2 ± 0,4 a	1,8 ± 0,1 a
Skupni flavanoli	30,5 ± 5,2 a	25,5 ± 2,2 a
Klorogenska kislina	44,8 ± 7,4 b	34,2 ± 3,2 a
3-kumaroilkininska kislina	0,02 ± 0,0 a	0,01 ± 0,0 a
Dikafeoilkininska kislina	0,2 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 a
Skupne hidroksicimetne kisline	45,2 ± 6,9 b	34,4 ± 3,2 a
Izoramnetin-3-glukozid (flavonoli)	0,4 ± 0,1 a	0,3 ± 0,1 a

4.7.2 Fenolne spojine v kožici

V kožici smo določili flavanole (katehin, epikatehin, procianidin dimer B₁ in B₂, procianidin trimer), hidroksicimetne kisline (*p*-kumaroilheksoza, 3-kumaroilkininska kislina, 4-kumaroilkininska kislina, klorogenska kislina, kriptoklorogenska kislina in dikafeoilkininska kislina) ter flavonole (kvercetin-3-rutinozid, kvercetin-3-galaktozid, kvercetin-3-glukozid, kvercetin-3-malonilglukozid, izoramnetin-3-ramnoglukozid, izoramnetin-3-ramnogalaktozid, izoramnetin-3-malonilgalaktozid, izoramnetin-3-malonilglukozid, izoramnetin-3-galaktozid, izoramnetin-3-glukozid, kempferol-3-rutinozid in kempferol-3-malonilglukozid) (preglednica 11). Pri vsebnosti večine snovi ni bilo statistično značilnih razlik med obravnavanji. Razlike so bile v vsebnosti dikafeoilkininske kisline in izoramnetin-3-glukozida, kjer so bile vsebnosti večje v nenamakanih plodovih, medtem ko so namakani plodovi vsebovali več 4-kumaroilkininske kisline.

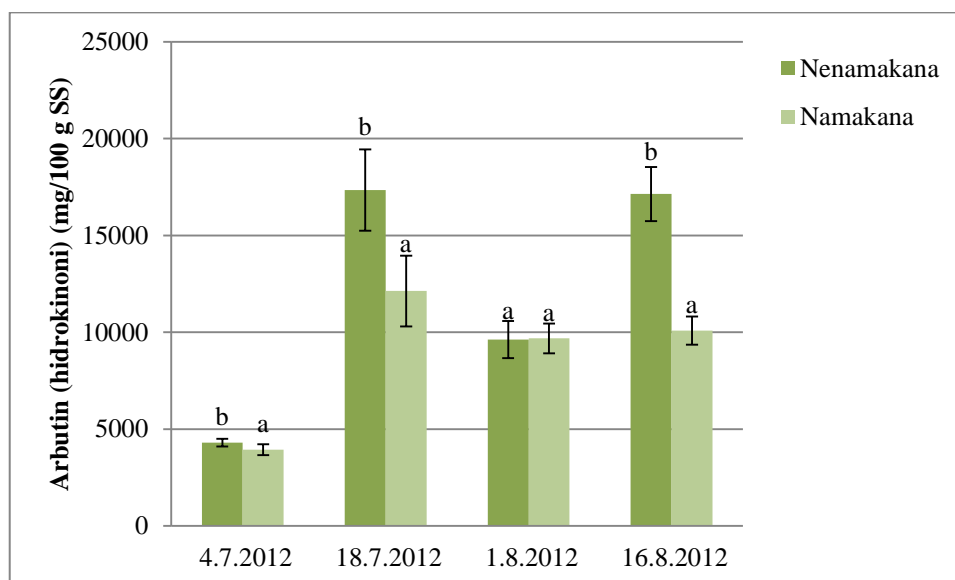
Preglednica 11: Vsebnost fenolnih spojin v kožici plodov hrušk (mg/kg SM); skupni in posamezni flavanoli, hidroksicimetne kisline in flavonoli ± standardna napaka (n = 8). Različne črke v vrstici označujejo statistično značilne razlike (p ≤ 0,05) med obravnavanji

	Nenamakana	Namakana
Katehin	221,5 ± 32,2 a	232,8 ± 30,1 a
Epikatehin	267,4 ± 32,3 a	268,7 ± 29,7 a
Procianidin dimer B ₁	55,0 ± 7,6 a	43,7 ± 6,1 a
Procianidin dimer B ₂	169,6 ± 22,4 a	158,5 ± 22,0 a
Procianidin trimer	192,4 ± 24,9 a	201,3 ± 29,7 a
Skupni flavanoli	894,9 ± 105,2 a	899,4 ± 111,2 a
<i>p</i> -kumarnaheksoza	13,9 ± 1,6 a	12,5 ± 1,1 a
3-koumaroilkininska kislina	1,95 ± 0,5 a	2,2 ± 0,3 a
4-koumaroilkininska kislina	1,5 ± 0,2 a	3,5 ± 0,4 b
Klorogenska kislina	447,3 ± 53,6 a	469,1 ± 48,9 a
Kriptoklorogenska kislina	25,1 ± 3,6 a	26,9 ± 2,6 a
Dikafeoilkininska kislina	6,3 ± 0,9 b	4,8 ± 0,5 a
Skupne hidroksicimetne kisline	495,9 ± 86,6 a	516,7 ± 52,5 a
Kvercetin-3-rutinozid	26,7 ± 3,3 a	23,0 ± 2,9 a
Kvercetin-3-galaktozid	19,9 ± 2,0 a	17,4 ± 2,1 a
Kvecetin-3-glukozid	52,0 ± 6,1 a	43,9 ± 5,9 a
Kvercetin-3-6-malanilglukozid	30,4 ± 3,0 a	25,6 ± 3,7 a
Izoramnetin-3-ramnoglukozid	44,4 ± 6,0 a	37,3 ± 3,9 a
Izoramnetin-3-ramnogalaktozid	28,5 ± 4,8 a	25,0 ± 4,2 a
Izoramnetin-3-malonilgalaktozid	26,3 ± 4,5 a	24,7 ± 3,9 a
Izoramnetin-3-malonilglukozid	160,7 ± 20,6 a	156,7 ± 19,3 a
Izoramnetin-3-galaktozid	56,9 ± 8,99 a	62,0 ± 8,1 a
Izoramnetin-3-glukozid	91,7 ± 7,8 b	77,2 ± 6,4 a
Kempferol-3-rutinozid	3,1 ± 0,6 a	2,7 ± 0,5 a
Kempferol-3-6-malonilglukozid	12,0 ± 1,6 a	11,2 ± 1,5 a
Skupni flavonoli	564,7 ± 87,0 a	511,1 ± 57,4 a

4.7.3 Fenolne spojine v listih

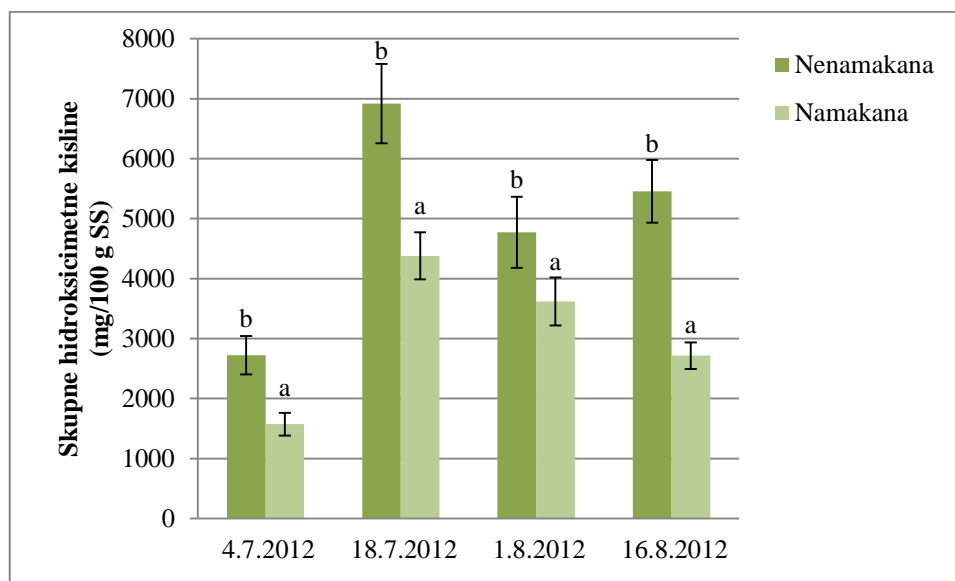
V listih smo določili hidrokinon arbutin, hidroksicimetne kisline (neoklorogensko kislino, klorogensko kislino, kriptoklorogensko kislino 3-kumaroilkininska kislina, 4-kumaroilkininska kislina, kavna kislina, dikafeoilkininska kislina 1,2,3,4 in 5) flavanole (procianidin dimer, procianidin dimer B₁ in B₂, procianidin trimer, epikatehin) in flavonole (apigenin-7-ksilozid, kvercetin-3-rutinozid, kvercetin-3-galaktozid, kvercetin-3-glukozid, kvercetin-3-6-malnilglukozid, izoramnetin-3-ramnozilgalaktozid, izoramnetin-3-malonilglukozid, kempferol-3-galaktozid, kempferol-3-rutinozid in kempferol-3-6-malonilglukozid). Vsebnosti posameznih fenolnih spojin so prikazane v prilogi B. V listih namakanih dreves je bilo med posameznimi termini od 54,5 do 56,9 % vode, v listih nenamakanih dreves od 53,9 do 60,8 %.

Na slikah 5 do 8 so predstavljene posamezne skupine fenolnih spojin po terminih vzorčenja. Na sliki 5 je prikazana vsebnost arbutina v listih. Od prvega vzorčenja je vsebnost arbutina v listih močno narasla. V zadnjem vzorčenju v času obiranja plodov so vidne največje razlike v vsebnosti arbutina.



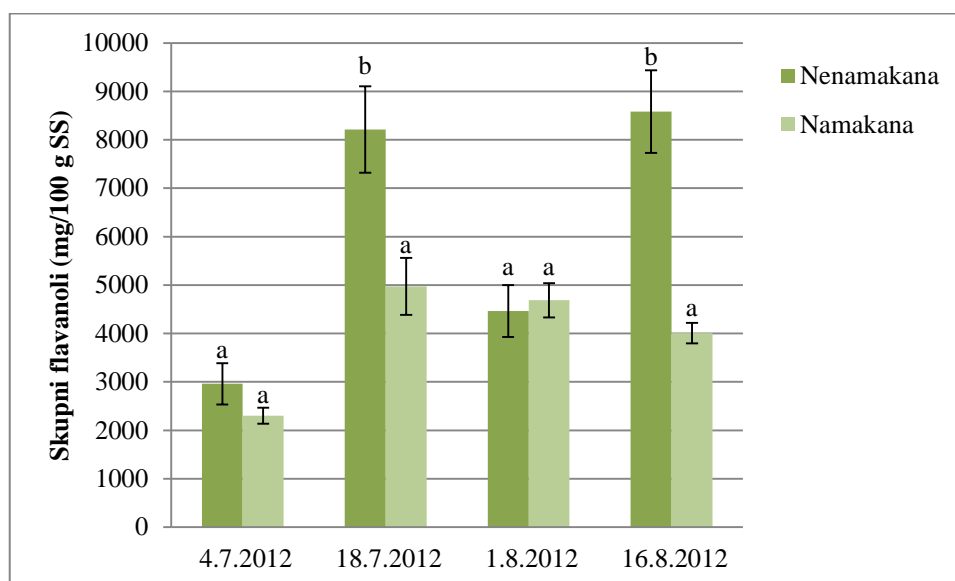
Slika 5: Povprečna vsebnost arbutina (mg/100 g SS) listih nenamakanih in namakanih dreves v štirih terminih vzorčenja ± standardna napaka (n = 50). Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji v posameznem terminu

Na sliki 6 je prikazana vsebnost skupnih hidroksicimetnih kislin v listih. Statistično značilne razlike so v vseh terminih vzorčenja, največje v zadnjem. Najmanjše vsebnosti hidroksicimetnih kislin so v prvem terminu.



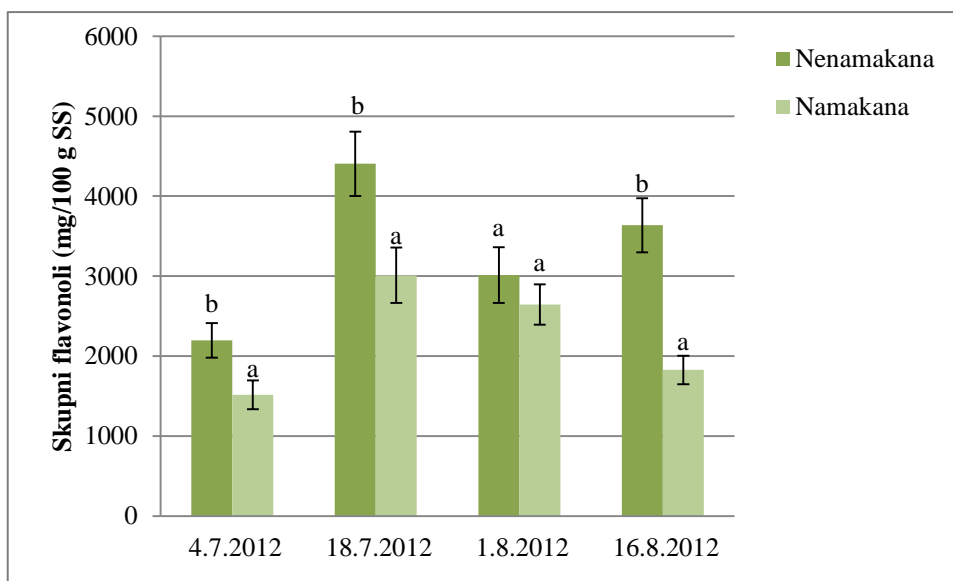
Slika 6: Povprečna vsebnost hidroksicimetičnih kislin (mg/100 g SS) v listih namakanih in nenamakanih dreves v štirih terminih vzorčenja \pm standardna napaka (n = 50). Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji v posameznem terminu

Na sliki 7 je prikazana vsebnost skupnih flavanolor. Največje razlike so v vsebnosti flavanolorov v zadnjem terminu vzorčenja, kjer so vsebnosti v listih nenamakanih dreves bistveno večje kot v listih namakanih dreves.



Slika 7: Povprečna vsebnost flavanolorov (mg/100 g SS) v listih namakanih in nenamakanih dreves v štirih terminih vzorčenja \pm standardna napaka (n = 50). Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji v posameznem terminu

Na sliki 8 so prikazani skupni flavonoli. Vsebnosti flavonolov so najmanjše v prvem terminu. Največje razlike so v zadnjem terminu.



Slika 8: Povprečna vsebnost flavonolov (mg/100 g SS) v listih namakanih in nenamakanih dreves v štirih terminih vzorčenja \pm standardna napaka ($n = 50$). Različne črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji v posameznem terminu

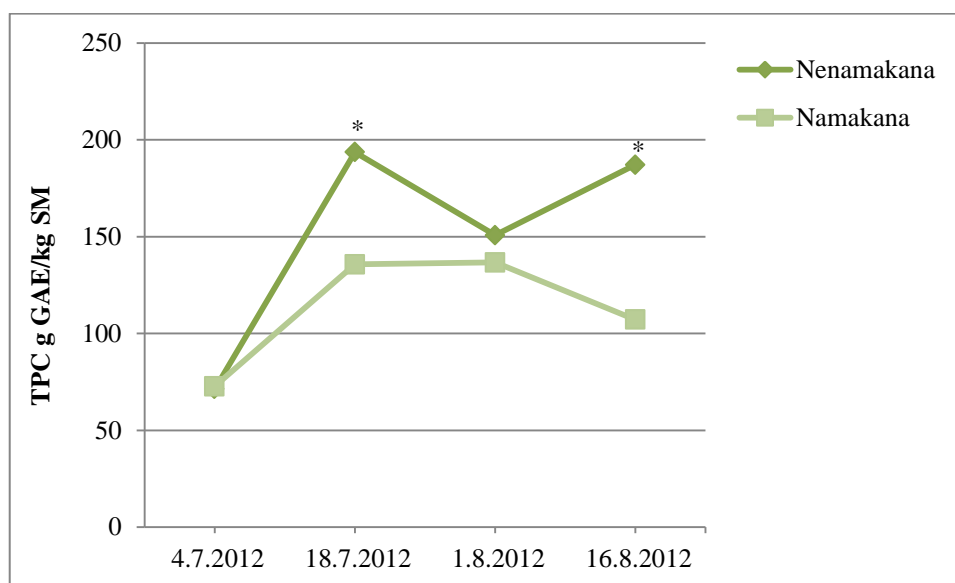
4.8 SKUPNI FENOLI (TPC)

Skupne fenolne spojine smo določili v kožici in mesu plodov ter v listih obravnavanih dreves. Vsebnost smo preračunali tudi na suho snov (preglednica 12). V svežih plodovih so bile statistične razlike v vsebnosti skupnih fenolov v mesu, medtem ko v suhi snovi ni bilo statistično značilnih razlik. V nenamakanih plodovih je bila v sveži masi vsebnost skupnih fenolov višja od vsebnosti v namakanih plodovih.

Preglednica 12: Povprečna vsebnost skupnih fenolov v kožici in mesu plodov (mg GAE/kg SM in SS) namakanih in nenamakanih dreves \pm standardna napaka (n = 8). Različne črke v stolpcih prikazujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji

	TPC (mg GAE/kg SM)		TPC (mg GAE/kg SS)	
	Kožica	Meso	Kožica	Meso
Nenamakana	2490,3 \pm 418,0 a	205,4 \pm 31,9 a	7085,0 \pm 1037,7 a	935,7 \pm 145,4 a
Namakana	2702,7 \pm 328,1 a	157,5 \pm 6,1 b	7151,1 \pm 872,5 a	920,9 \pm 35,7 a

Na sliki 9 je prikazana vsebnost skupnih fenolov v svežih listih namakanih in nenamakanih dreves, v preglednici 13 so vsebnosti skupnih fenolov v suhi snovi listov.



Slika 9: Povprečna vsebnost skupnih fenolov (TPC) v listih (g GAE/kg SM) namakanih in nenamakanih dreves \pm standardna napaka (n = 50). Zvezdice označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnih fenolnih snovi med obravnavanji

Preglednica 13: Povprečna vsebnost skupnih fenolov (TPC) v listih (g GAE/kg SS) namakanih in nenamakanih dreves \pm standardna napaka (n = 50). Različne črke v stolpcih označujejo statistične razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji

	TPC g GAE/kg SS			
	4. 7. 2012	18. 7. 2012	1. 8. 2012	16. 8. 2012
Nenamakana	199,1 \pm 23,8 b	464,7 \pm 48,2 b	313,1 \pm 35,9 a	403,8 \pm 49,5 b
Namakana	134,9 \pm 19,2 a	310,5 \pm 43,8 a	290,5 \pm 30,5 a	238,8 \pm 24,8 a

V svežih listih so statistično značilne razlike v vsebnosti skupnih fenolov v drugem in četrtem vzorčenju, medtem ko so v suhi snovi statistično značilne razlike v vsebnosti skupnih fenolov v vseh terminih, razen v tretjem terminu vzorčenja. Vsebnosti skupnih fenolov so v listih namakanih dreves ves čas manjše kot v listih nenamakanih dreves. Največje razlike so v zadnjem terminu.

5 RAZPRAVA

5.1 VODA V TLEH

Pri izkopavanju jam za vzorčenje tal smo ugotovili, da je bila masa korenin razporejena do 30 cm globine, kar je značilno za drevesa na šibkih podlagah v namakanih sadovnjakih (Nielsen in sod., 1996), naša globina vzorčenja je bila v delu tega območja. Količina vode v nenamakanih tleh je bila vedno pod točko venenja, kar pomeni, da drevesa niso imela njim dostopne vode, medtem ko so imela namakana drevesa, razen ob drugem vzorčenju, dostopno vodo. Vendar so bile vsebnosti vode tudi pri namakanih drevesih nizke, saj so bile pod kritično točko. Do tako nizkih vsebnosti vode je verjetno prišlo zaradi majhne količine padavin, visokih temperatur, posledično visoke evapotranspiracije (preglednica 1) ter omejitve količine namakanja v avgustu na Primorskem. V prilogi A preglednica prikazuje referenčno evapotranspiracijo ter termine namakanja.

V zadnjem terminu je vsebnost vode v nenamakanih tleh (tudi v namakanih) nekoliko narasla, kar se je gotovo zgodilo zaradi namakanja z oroševanjem, kjer je voda kljub prekrivki prišla v tla.

Na podlagi dobljenih rezultatov analiz tal sklepamo, da so bila drevesa v obeh obravnavanjih v času poskusa podvržena sušnemu stresu, vendar so bila nenamakana drevesa v večjem sušnem stresu od namakanih.

5.2 RAST PLODOV, PRIDELEK IN MERITVE PLODOV

Plodovi hruške se razvijajo po enojni sigmoidni krivulji. Celice se po oploditvi najprej intenzivno delijo, nato se začno povečevati in medcelični prostori se začno polniti. Če v tem času primanjkuje vode, plodovi ostajajo drobni in nekakovostni (Štampar in sod., 2009). V našem poskusu smo ugotovili, da sprva pomanjkanje vode nima velikega vpliva na rast plodov, saj med premeri plodov ni bilo statistično značilnih razlik. Po slabem mesecu so bili plodovi nenamakanih dreves že vidno zaostali v rasti. Na dan obiranja (16. 8.) so bili plodovi namakanih dreves bistveno večji, saj je bil povprečen premer 66,9 mm, medtem ko so imeli plodovi nenamakanih dreves povprečen premer le 58,6 mm. Mežnar (2002) je ugotovila, da so povprečni premeri plodov hrušk sorte 'Viljamovka' s štirih lokacij v Sloveniji med 68,1 in 70,5 mm.

Ovrednotili smo pridelek 30 dreves v poskusu, 15 dreves za vsako obravnavanje. Povprečna masa pridelka se med obravnavanji ni razlikovala, medtem ko se je razlikovalo število hrušk z obsegom nad 60 mm, saj so imela v povprečju namakana drevesa še enkrat več plodov (18 plodov) z obsegom nad 60 mm. Celoten pridelek, preračunan na hektar, je bil sicer pri obeh obravnavanjih precej nizek, vendar sklepamo, da je to posledica spomladanske pozebe.

Mežnar (2002) navaja maso plodov sorte 'Viljamovka' med 187,8 g in 213,2 g, višino plodov 83,8 mm do 95 mm ter premer 68,1 in 70,5 mm. Lopez in sod. (2011) so ugotovili, da zmeren vodni stres vpliva na maso ploda, saj so bili plodovi (dreves pod zmernim vodnim stresom) sorte 'Konferans' statistično značilno lažji od plodov namakanih dreves.

V našem poskusu je bila masa plodov nekoliko manjša, a primerljiva z literaturo pri plodovih namakanih dreves (183 g), plodovi nenamakanih dreves so bili statistično značilno lažji (127 g). Tudi višina in presek plodov sta bila pri namakanih drevesih primerljiva (87,9 mm in 69,0 mm), medtem ko sta bila pri nenamakanih drevesih ponovno statistično značilno manjša. Plodovi namakanih dreves so vsebovali več vode (83 %) od nenamakanih (78 %), kar se ujema s poskusom Lopez in sod. (2011).

Gvozdenović (1989) navaja kot primerno trdoto za skladiščenje trdoto 6,3 do 6,6 kg/cm² (merjeno z glavo penetrometra premera 8 mm) oziroma ob upoštevanju razmerja med suho snovjo in trdoto za plod sorte 'Viljamovka' ob vsebnosti 11 % suhe snovi je za obiranje primerna trdota 9,7 kg/cm². Za odstotek zvišanja količine topne suhe snovi je dovoljeno zvišanje čvrstosti na 10,4 kg/cm². Ocena škroba mora biti 3,5 ali 4, oziroma mora biti 15 % prereza plodu brez škroba. Mežnar (2002) za suho snov navaja 11,1 do 11,6 % v plodovih sorte 'Viljamovka'. V našem poskusu smo dobili trdoto 8,4 kg/cm² pri plodovih namakanih dreves z vsebnostjo suhe snovi 12,9 °Brix in 9,2 kg/cm² pri plodovih nenamakanih dreves z vsebnostjo suhe snovi 17,4 °Brix. Pri obeh je bila ocena škroba 2,5. Rezultati trdote in škroba nakazujejo nekoliko pre zgodnje obiranje, vendar bi glede na razmerje med vsebnostjo suhe snovi in trdote pri plodovih namakanih dreves lahko rekli, da optimalen čas obiranja ni bil daleč. Višjo vsebnost suhe snovi v hruškah nenamakanih dreves lahko razložimo z manjšim deležem vode v plodovih. Lopez in sod. (2011) so ugotovili, da zmeren vodni stres (zmanjšano namakanje dreves v drugi stopnji razvoja plodov) na drevesih hrušk sorte 'Konferans' obremenjenih s približno 180 plodov na drevo vpliva na povečano trdoto plodov, večjo vsebnost organskih kislin in suhe snovi, medtem ko na zorenje plodov vodni stres ni imel vpliva. Sklepajo, da bi bili lahko plodovi dreves pod zmernim vodnim stresom za potrošnika zanimivejši, saj potrošniki izbirajo hruške predvsem zaradi večje vsebnosti sladkorja.

5.3 SLADKORJI V MESU

Hudina (1999) navaja v hruškah namakanih dreves sorte 'Viljamovka' za dve zaporedni leti 6,9 in 7,7 g/kg glukoze, fruktoze 42,3 in 44,2 g/kg, saharoze 3,6 in 4,6 g/kg ter sorbitola 16,1 in 16,9 g/kg. Mežnar (2002) navaja skupno vsebnost sladkorja od 62,4 do 76,5 g/kg. V naših vzorcih smo dobili nekoliko večje vsebnosti sorbitola in fruktoze (27,3 g/kg in 60,2 g/kg) in posledično večje skupne sladkorje (100,2 g/kg), kar bi lahko pripisali lokaciji nasada in izredno vročemu in sušnemu letu, ki ima kljub namakanju vpliv na rast in razvoj dreves. Thakur in Singh (2012) sta v plodovih nektarin manj namakanih dreves določila večje vsebnosti skupnih sladkorjev, tako kot smo to ugotovili mi, saj je bila v plodovih nenamakanih dreves vsebnost sladkorjev večja, kar je pričakovano zaradi manjše vsebnosti vode, kar smo dokazali z izračunom vsebnosti sladkorjev glede na suho snov, kjer v vsebnosti skupnih sladkorjev ni bilo statistično značilnih razlik. Razlike so ostale le v vsebnosti glukoze ter sorbitola.

5.4 KISLINE V MESU

Hudina (1999) navaja v hruškah namakanih dreves za dve različni leti 0,2 in 0,3 g/kg jabolčne kisline, 1,2 in 1,9 g/kg citronske kisline, 0 in 0,5 mg/kg fumarne kisline ter

0,03 g/kg šikimske kisline. V našem poskusu je vsebnost kislin precej visoka (preglednica 8), saj sta vsebnosti prevladujočih kislin citronske in jabolčne precej večji od literarnih vrednosti, saj je tudi Mežnar (2002) ugotovila od 0,2 do 1,4 g/kg jabolčne kisline in 1,6 do 2,1 g/kg citronske kisline. Predvsem izstopa citronska kislina, katere vsebnosti so v naših vzorcih še enkrat večje (3,9 g/kg). Vsebnosti preostalih dveh kislin so primerljive z literaturo. Večje vsebnosti kislin bi lahko pripisali nekoliko prezgodnjemu obiranju plodov, kar nakazuje že trdota ter vsebnost škroba.

Med obravnavanji pri sveži masi ni bilo razlik. Ko smo vsebnosti kislin preračunali na suho maso, so se pokazale razlike v vsebnosti skupnih kislin ter v vsebnosti posameznih kislin, citronske, jabolčne in šikimske. Vsebnost kislin je bila večja v namakanih hruškah.

5.5 FENOLNE SPOJINE

Vsebnosti fenolnih spojin v sadju in zelenjavi je pomemben kakovostni dejavnik, saj se vse bolj zavedamo pozitivnega vpliva fenolnih spojin na zdravje. Še posebej pomembna je vsebnost fenolnih snovi v kožici plodov, ki je veliko bolj bogata z njimi in ima tudi večjo antioksidativno aktivnost kot meso plodov (Wolfe in sod., 2003).

Sestava in prisotnost fenolov v listih je odvisna od okoljskih dejavnikov, kot so UV sevanje, temperatura in prehrana rastline (Andreotti in sod., 2006), hkrati fenolne spojine nudijo tudi obrambno vlogo pred herbivori in okužbami (Veberič, 2010). Hruške odporne na hrušev ožig imajo na primer višjo raven fenolnih spojin v listih (Gunen in sod., 2005), med drugim tudi arbutina, ki naj bi imel pomembno vlogo pri odpornosti hrušk na hrušev ožig. Arbutin je tudi ena izmed fenolnih snovi, ki jo nekatere rastline akumulirajo v močnem temperaturnem stresu (suša in pozeba) (Petkou in sod., 2002).

5.5.1 Fenolne spojine v mesu

V skupini flavanolorov sta Escarpa in Gonzáles (2000) pri različnih sortah določila katehin in epikatehin, medtem ko sta iz skupne hidroksicimetnih kislin določila klorogensko kislino. Schieber in sod. (2001) so določili klorogensko kislino, epikatehin ter flavonol izoramnetin-3-glukozid. Sanchez in sod. (2003) navajajo 20,8 do 80,1 mg/kg hidroksicimetnih kislin v mesu. V mesu je 376-381 mg GAE/kg skupnih fenolnih snovi (Escarpa in Gonzáles, 2001).

V poskusu so se vsebnosti katehina in epikatehina v mesu plodov ujemale s citiranimi vrednostmi, pri čemer je v vsebnosti katehina prišlo do statistično značilnih razlik med obravnavanjema, saj je bila vsebnost katehina v nenamakanih plodovih večja (preglednica 10). V vsebnosti skupnih flavanolorov ni bilo razlik. V vsebnosti hidroksicimetnih kislin so bile razlike med obravnavanji, plodovi nenamakanih hrušk so imeli večjo vsebnost hidroksicimetnih kislin predvsem zaradi klorogenske kisline, 44,8 mg/kg SM v nenamakanih in 34,4 mg/kg SM v namakanih plodovih, vendar teh razlik ni bilo, ko smo preračunali na suho snov. Preračun na suho snov je pokazal razlike le v vsebnosti katehina in dikafeolkininske kisline (priloga B1). Pri merjenju skupne vsebnosti fenolnih spojin smo ugotovili, da se vsebnost skupnih fenolnih spojin v mesu razlikuje med

obravnavanji, plodovi nenamakanih dreves so imeli večje vsebnosti skupnih fenolnih spojin (preglednica 13). Pri preračunu na suho snov te razlike ni bilo več, torej je prišlo do razlik le zaradi večje oziroma manjše vsebnosti vode v plodovih.

5.5.2 Fenolne spojine v kožici

V kožici plodov je vsebnost fenolnih spojin večja kot v mesu, v kožici najdemo tudi več različnih fenolnih spojin. V našem poskusu smo določili 23 različnih fenolnih spojin, ki jih uvrščamo med flavanole, hidroksicimetne kisline ter flavonole (preglednica 11). Med glavnimi skupinami ni bilo statistično značilnih razlik med obravnavanji, prav tako ni bilo statističnih razlik v skupni vsebnosti fenolnih spojin (preglednica 12). Vsebnosti skupnih fenolov so primerljive z navedbami vsebnosti skupnih fenolov v raziskavi Escarpa in Gonzáles (2001), ki sta v kožici hrušk določila 2378–2510 mg GAE/kg skupnih fenolnih spojin. Sánchez in sod. (2003) so ugotovili, da se vsebnosti hidroksicimetnih kislin, flavanolov in flavonolov močno razlikujejo med sortami hrušk. Escarpa in Gonzáles (2000) sta določila epikatehin, katehin in klorogensko kislino. Klorogenska kislina prevladuje med hidroksicimetnimi kislinami (plodovi namakanih dreves 469,1 mg/kg SM, nenamakani 447,3 mg/kg SM).

Med obravnavanji pri večini spojin ni bilo statistično značilnih razlik, te so bile le pri vsebnosti izoramnetin-3-glukozida, dikafeolkininske kisline in 4-kumaroilkininske kisline (preglednica 11). V preračunu fenolnih snovi na suho maso smo ugotovili, da so nenamakani plodovi hrušk vsebovali manj hidroksicimetnih kislin kot plodovi namakanih dreves (priloga B2).

5.5.3 Fenolne spojine v listih

Liste smo vzorčili v štirih terminih, da bi videli, ali se vsebnost fenolnih spojin v listih tekom poskusa spreminja. V listih smo določili 28 fenolnih spojin. Glavne skupine fenolov so hidroksicimetne kisline, flavanoli, flavonoli in hidrokinon arbutin. Preglednici z vsemi fenolnimi snovmi sta v prilogi B (preglednica B3 in B4). Že v prvem, sicer kontrolnem, terminu je prišlo do nekaterih statistično značilnih razlik pri nekaterih fenolnih spojinah, čeprav so bile rastline do tistega dne izpostavljene istim rastnim razmeram, vendar razlike v prvem terminu niso bile tako velike kot pri drugem in zadnjem terminu. V tretjem terminu je bilo manj razlik, ker so bili zaradi velike suše v sadovnjaku primorani namakati z razpršilci, ki so jih vklopili ravno zjutraj na dan vzorčenja. To se odraža pri vsebnosti fenolnih spojin, saj rastline ne tvorijo fenolnih spojin, če ni to nujno potrebno, saj za to trošijo dodatno energijo (Wink, 2010). Najpomembnejši je zadnji termin, v katerem vidimo, da so bile ob obiranju plodov statistično značilne razlike pri vsebnosti vseh glavnih skupin fenolnih spojin, kar tudi dokazuje, da so bila nenamakana drevesa v stresu in so tvorila več fenolnih spojin, kar je bilo bolj raziskano predvsem ob napadu boleznin in škodljivcev (Gunen in sod., 2005; Mikulič Petkovšek in sod., 2009). S temperaturnim stresom in zaradi okužb se poveča aktivnost encimov, ki so pomembni pri sintezi fenolnih snovi, kar posledično povzroči povečane vsebnosti fenolnih snovi (Pereyra in sod., 2005). Spreminjanje vsebnosti fenolnih spojin v listih po terminih vzorčenja je dobro razvidno iz slike 9, ki prikazuje vsebnost skupnih fenolnih spojin v listih (g GAE/kg SM).

Vsebnost arbutina se je tekom poskusa močno povečala pri obeh obravnavanjih, vendar je bila pri zadnjem vzorčenju vsebnost arbutina v listih nenamakanih dreves kar za 7000 mg/100 g SS večja kot v listih namakanih dreves (priloga B3; slika 5). Začetne vsebnosti arbutina v listih se ujemajo z analizami poskusa Andreotti in sod. (2006), ki navajajo vsebnosti arbutina v listih hrušk od 3895 do 6424 mg/100 g SS. Večje vsebnosti v kasnejših meritvah so verjetno posledica temperaturnega stresa obeh obravnavanj, saj so bile temperature v letu 2012, v času našega poskusa, nadpovprečno visoke (preglednica 1). Prav arbutin naj bi se akumuliral ob močnem temperaturnem stresu (Petkou in sod., 2002), razliko med obravnavanji pripisujemo večjemu sušnemu stresu nenamakanih dreves.

Vsebnost hidroksicimetnih kislin je bila že v začetku poskusa med obravnavanji različna (razlika 1149 mg/100 g SS), vendar je do konca poskusa narasla, predvsem je pomembna razlika v zadnjem terminu vzorčenja, ki je več kot enkrat večja od začetne razlike (2738 mg/100 g SS) (priloga B3, slika 6). Med hidroksicimetnimi kislinami prevladuje klorogenska kislina, ki v listih nenamakanih dreves naraste iz 2182,2 mg/100 g SS v prvem terminu na 4635,6 mg/100 g SS v zadnjem terminu, medtem ko je pri namakanih drevesih 1293,8 mg/100 g SS v prvem in 2116,6 mg/100 g SS v zadnjem terminu. Andreotti in sod. (2006) so v listih sorte 'Viljamovka' določili 2790 mg/100 g SS klorogenske kisline.

Tudi pri flavanolih je slika povprečnih vsebnosti v listih podobna, saj so izrazite statistične razlike v drugem in zadnjem obravnavanju (slika 7). Flavanoole predstavljajo procianidini (dimer, dimer B₁ in B₂ ter trimer) in epikatehin (priloga B3). Tudi Andreotti in sod. (2006) poročajo o velikem številu procianidinov v listih hrušk. Glavna deleža zavzemata procianidin dimer (43 % pri nenamakanih in 58 % pri namakanih drevesih) in procianidin trimer (33 % oziroma 32 %), skupaj kar 76 % pri nenamakanih oziroma 88 % pri namakanih drevesih.

Slika flavonolov je primerljiva z ostalimi slikami fenolov, s ponovno največjo razliko med obravnavanji pri zadnjem terminu vzorčenja (slika 8). Andreotti in sod. so v listih sorte 'Viljamovka' določili 2682 mg/100 g SS flavonolov. Pri nas so bile začetne vrednosti 2195 mg/100 g SS pri nenamakanih in 1516 mg/100 g SS pri namakanih drevesih ter končne 3636 mg/100 g SS ter 1826 mg/100 g SS. V listih nenamakanih dreves je vsebnost narasla za 1441 mg, medtem ko je v listih namakanih dreves vsebnost narasla le za 310 mg.

Naraščanje fenolnih snovi in razlike med obravnavanji so dobro vidne tudi pri vsebnosti skupnih fenolov (preglednica 13). Čeprav se po preračunu na suho maso začetne vsebnosti statistično značilno razlikujejo med seboj, so razlike ob končnem vzorčenju mnogo večje kot v prvem vzorčenju. Vsebnosti skupnih fenolnih spojin so primerljive z literaturo (Andreotti in sod., 2006).

6 SKLEPI

V poskusu smo preučevali vpliv namakanja na vsebnost primarnih in sekundarnih metabolitov v listih in plodovih hruške sorte 'Viljamovka'. Spremljali smo rast in kakovost plodov. S pomočjo HPLC-ja smo določili vsebnost sladkorjev, kislin in fenolnih spojin v mesu ter vsebnost fenolnih spojin v kožici. Vzporedno smo v štirih terminih vzorčili liste, v katerih smo določili vsebnost fenolnih spojin. V času poskusa smo opravili tri vzorčenja tal za določanje vsebnosti vode v tleh.

Pri analizi tal smo ugotovili, da so bile rastline nenamakanih dreves v času poskusa v sušnem stresu, saj v tleh ni bilo njim dostopne vode. Tudi namakana drevesa so bila podvržena manjšemu sušnemu stresu. Hkrati so bile zelo visoke temperature zraka, kar je povečalo stres rastlin (v obeh obravnavanjih).

Plodovi nenamakanih dreves so bili manjši, lažji, trši in so imeli več suhe snovi. Vsebnost skupnih sladkorjev ter glukoze, fruktoze in sorbitola je bila na svežo maso višja v nenamakanih plodovih, preračunano na suho snov so bile razlike v vsebnosti glukoze in sorbitola. Pri vsebnosti kislin ni bilo razlik med plodovi namakanih in nenamakanih dreves, medtem ko so bile razlike v vsebnosti citronske, jabolčne, šikimske ter skupnih kislin, ko smo to izrazili na suho snov; več kislin je bilo v plodovih namakanih dreves.

Analiza vsebnosti fenolnih spojin je pokazala, da so v plodovih manjše razlike v vsebnosti fenolnih spojin med obravnavanji. Razlike so bile v vsebnosti skupnih fenolnih spojin v mesu, predvsem na račun hidroksicimetnih kislin, oziroma klorogenske kisline, katere vsebnost je bila večja v plodovih nenamakanih dreves. Pri vsebnosti skupnih fenolnih spojin v kožici ni bilo razlik, prav tako ni bilo razlik med glavnimi skupinami fenolnih spojin, razlike so bile le pri vsebnosti izoramnetin-3-glukozida, dikafeolkininske kisline in 4-kumaroilkininske kisline.

Hipotezo, da se prirast plodov namakanih dreves razlikuje od prirasta plodov nenamakanih dreves, potrdimo, saj so bili plodovi nenamakanih dreves manjši od plodov namakanih dreves.

Hipotezo, da se vsebnost metabolitov plodov namakanih in nenamakanih dreves razlikuje, potrdimo, saj so plodovi nenamakanih dreves vsebovali več sladkorja, manj kislin in več hidroksicimetnih kislin v mesu.

Pri vzorčenju listov smo ugotovili, da se je vsebnost fenolnih spojin tekom poskusa povečala v listih namakanih in nenamakanih dreves. Pri zadnjem vzorčenju so bile vsebnosti skupnih fenolov več kot polovico večje v listih nenamakanih dreves. Razlikovala se je tudi vsebnost vseh posameznih fenolnih spojin. Vsebnosti flavanолоv, hidroksicimetnih kislin in flavonolov so bile še enkrat večje, vsebnost arbutina (hidrokinoni) pa več kot za polovico večja v listih nenamakanih dreves.

Hipotezo, da se fenolne snovi v listih namakanih dreves razlikujejo od fenolnih snovi v listih nenamakanih dreves, potrdimo, saj so se v času obiranja plodov vsebnosti vseh določenih fenolnih spojin razlikovale, in sicer so bile večje v listih nenamakanih plodov.

Ugotovili smo, da ima sušni stres vpliv na zunanjo in notranjo kakovost plodov in se odraža tudi v listih.

V prihodnje bi morali namakati ustrezneje glede na potrebe rastlin. Obrok namakanja bi bilo potrebno natančno določiti, saj sklepamo, da bi bile razlike ob optimalni preskrbljenosti rastlin z vodo v kakovosti plodov še večje, prav tako bi bila bolj izrazita razlika v vsebnosti fenolnih spojin v listih.

7 POVZETEK

V učno-raziskovalnem nasadu Hortikulturni center Biotehniške fakultete Orehovlje smo v letu 2012 izvedli poskus, kako namakanje vpliva na vsebnost primarnih in sekundarnih metabolitov v listih in plodovih hrušk sorte 'Viljamovka'. V poskusu smo imeli dve obravnavanji, namakana in nenamakana drevesa. V času poskusa smo vzorčili liste in tla ter merili prirast plodov. Po obiranju smo plodove stehtali, izmerili višino in širino, trdoto, suho snov in ocenili količino škroba. Analize vsebnosti sladkorjev (glukoza, fruktoza, saharoza in sorbitol), kislin (jabolčna, citronska, fumarna in šikimska kislina) in fenolnih spojin (skupni in posamezni fenoli) smo naredili na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo.

Vsebnost sladkorjev, kislin in fenolnih spojin v plodovih in fenolnih spojin v listih smo določili s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC) ter s Folin-Ciocalteujevo metodo določili vsebnost skupnih fenolnih spojin v plodovih in listih.

Plodovi nenamakanih dreves so bili manjši, lažji, trši in so imeli več suhe snovi. Vsebnost sladkorjev je bila v mesu plodov nenamakanih dreves večja od namakanih, v vsebnosti kislin ni bilo razlik, te so se pokazale po preračunu na suho snov, kjer je bila večja vsebnost kislin v plodovih namakanih dreves. V mesu plodov nenamakanih dreves je bila vsebnost skupnih fenolnih spojin večja od namakanih, predvsem na račun hidroksicimetnih kislin oziroma klorogenske kisline.

Vsebnost fenolnih spojin v listih se je v času poskusa povečala v obeh obravnavanjih, pri namakanih in nenamakanih drevesih. Pri zadnjem vzorčenju so bile vsebnosti skupnih fenolov več kot polovico večje v listih nenamakanih dreves. Razlikovala se je tudi vsebnost vseh posameznih fenolnih spojin. Vsebnosti flavanolov, hidroksicimetnih kislin in flavonolov so bile še enkrat večje, vsebnost arbutina (hidrokinoni) več kot za polovico večja v listih nenamakanih dreves.

Vse tri hipoteze smo potrdili, saj se je prirast plodov med namakanimi in nenamakanimi drevesi razlikoval, prav tako je bila različna vsebnost metabolitov v plodovih in listih med namakanimi in nenamakanimi drevesi.

8 VIRI

- ARSO, Agencija Republike Slovenije za Okolje, o agenciji, knjižnica, mesečni bilten
<http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEnica/mese%C4%8Dni%20bilten/bilten2012.htm> (november, 2012)
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage paper 56. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 300 str.
- Amiot M. J., Tacchini M., Aubert S. Y., Oleszek W. 1995. Influence of cultivar, maturity stage, and storage conditions on phenolic composition and enzymatic browning of pear fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43: 1132–1137
- Andreotti C., Guglielmo C., Treutter D. 2006. Composition of phenolic compounds in pear leaves as affected by genetics, ontogenesis and the environment. *Scientia Horticulturae*, 109: 130–137
- Baričevič D. 1996. Rastlinske droge in njihovi sekundarni metaboliti – surovina rastlinskih zdravilnih pripravkov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 81 str.
- Bassil N., Postman J. D. 2010. Identification of European and Asian pears using EST-SSRs from *Pyrus*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57, 6: 801–806
- Bell R. L. 1991. Pears (*Pyrus*). *Acta Horticulturae*, 290: 657–700
- Castañeda-Ovando A., Pacheco-Hernández M. de L., Páez- Hernández M. E., Rodríguez J. A., Galán-Vidal C. A. 2009. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113: 859–871
- Črnko J., Lekšan M., Smole J., Oblak M., Peric V., Solar A., Modic D., Vesel V., Adamič F. 1990. Naš sadni izbor: Najustreznejše sorte za vaš sadovnjak. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 244 str.
- DTU Food, National Food Institute. 2009. Compositional data – Pear, raw. Søborg, Technical University of Denmark, Department of Nutrition
http://www.foodcomp.dk/v7/fcdb_details.asp?FoodId=0214 (oktober, 2012)
- Escarpa A., González M. C. 2001. Approach to the content of total extractable phenolic compounds from different food samples by comparison of chromatographic and spectrophotometric methods. *Analytica Chimica Acta*, 427: 119–127
- Escarpa A., González M. C. 2000. Evaluation of high-performance liquid chromatography for determination of phenolic compounds in pear horticulture cultivars. *Chromatographia*, 51: 37–43

- FAOSTAT. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (25. 9. 2012)
- Flores P., Hellin P., Fenoll J. 2012. Determination of organic acids in fruits and vegetables by liquid chromatography with tandem-mass spectrometry. *Food Chemistry*, 132: 1049–1054
- Fu L., Xu B. T., Xu X. R., Gan R. Y., Zhang Y., Xia E. Q., Li H. B. 2011. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, 129: 345–350
- Galvis Sánchez C A., Gil-Izquierdo A., I Gil M. 2003. Comparative study of six pear cultivars in terms of their phenolic and vitamin C contents and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 995–1003
- Godec B. 2006. Stare sorte (21): Viljamovka. *SAD revija za sadjarstvo, vinogradništvo in vinarstvo*, 17, 7/8: 11
- Godec B., Hudina M., Ileršič J., Koron D., Solar A., Usenik V., Vesel V. 2003. Sadni izbor za Slovenijo 2002. 1. Izd. Krško, Revija SAD: 143 str.
- Grčman H., Zupan M. 2008. Navodila za vaje iz pedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 46 str.
- Gunen Y., Misirli A, Gulcan R. 2005. Leaf phenolic content of pear cultivars resistant or susceptible to fire blight. *Scientia Horticulturae*, 105: 213–221
- Gvozdenović D. 1989. Od obiranja sadja do prodaje. Ljubljana, Kmečki glas: 291 str.
- Hudina M. 1999. Vpliv vodnega režima, prehrane, listne površine in rastne dobe na vsebnost sladkorjev in organskih kislin v hruškah (*Pyrus communis* L.) cv. 'Viljamovka'. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 151 str.
- Hudina M., Štampar F. 2000. Sugar and organic acids contents of European (*Pyrus communis* L.) and Asian (*Pyrus serotina* REHD.) pear cultivars. *Acta Alimentaria*, 29, 3: 217–230
- Jazbec M., Vrabl S., Juvanc J., Babnik M., Koron D. 1995. Sadni vrt. Ljubljana, Kmečki glas: 373 str.
- Lapornik B. 2005. Stabilnost polifenolov med staranjem v polizdelkih iz črnega ribeza. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 135 str.
- Lopez G., Larrigaudière C., Girona j., Behboundian M. H., Marsal J. 2011. Fruit thinning on 'Conference' pear grown under deficit irrigation: Implications for fruit quality at harvest and after cold storage. *Scientia Horticulturae*, 129: 64–70
- Mežnar M. 2002. Vpliv okoljskih dejavnikov na kakovost hrušk sort 'Viljamovka' in 'Konferans'. Diplomsko delo, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 49 str.

- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 182 str.
- Mikulič Petkovšek M., Štampar F., Veberič R. 2009. Accumulation of phenolic compounds in apple in response to infection by the scab pathogen, *Venturia inaequalis*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 74: 60–67
- Neilsen G. H., Parchomchuk P., Berard R., Neilsen D. 1996. Irrigation frequency and quantity affect root and top growth of fertigated 'McIntosh' apple on M.9, M.26 and M.7 rootstock. *Canadian Journal of Plant Science*, 77: 133–139
- Pavlin K. 2004. Vsebnost sladkorjev in organskih kislin pri sortah hrušk (*Pyrus communis* L.) 'Viljamovka', 'Konferans' in 'Concorde'. Diplomsko delo, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 65 str.
- Pereyra L., Roura S.I., Valle C. E. 2005. Phenylalanine ammonia lyase activity in minimally processed Romaine lettuce. *LWT – Food Science and Technology*, 38, 1: 67–72
- Petkou D., Diamantidis G., Vasilakakis M. 2002. Arbutin oxidation by pear (*Pyrus communis* L.) peroxidases. *Plant Science*, 162: 115–119
- Pintar M. 2003. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 49 str.
- Pintar M. 2006. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 55 str.
- Robards K., Prenzler P. D., Tucker G., Swatsitang P., Glover W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66: 401–436
- Ruprecht J. 1999. Pedološka karta Slovenije kot osnova za modeliranje desorpcijske značilnosti tal. Specialistično delo, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 112 str.
- Sánchez A. C. G., Gil-Izquierdo A., Gil M. I. 2003. Comparative study of six pear cultivars in terms of their phenolic and vitamin C contents and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 995–1003
- Schieber A., Keller P., Carle R. 2001. Determination of the phenolic acids and flavonoids of apple and pear by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 910: 265–273
- Smit M., Meintjes J. J., Jacobs G., Stassen P. J. C., Theron K. I. 2005. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione-calcium. *Scientia Horticulturae*, 106: 515–529

- Szajdek A., Borowska E. J. 2008. Bioactive compounds and health promoting properties of berry fruits: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63: 147–156
- Štampar F. 2006. Namakanje v sadjarstvu. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 23 str.
- Štampar F., Hudina M., Usenik V., Šturm K., Timer N., Plasajc D., Lobnik F., Zupan M., Mihelič R., Knapič M., Fajt N., Kodrič I. 1997. Vpliv dodane vode in hranil na rast in razvoj breskev, dogajanja v tleh ter gospodarnost pridelovanja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2009. Sadjarstvo. 2. dopolnjena izdaja. Ljubljana, Kmečki glas: 416 str.
- Taiz L., Zeiger E. 2006. *Plant Physiology*. 4th ed. Sunderland (Massachusetts), Sinauer Associates: 764 str.
- Tanaka Y., Brugliera F., Chandler S. 2009. Recent progress of flower colour modification by biotechnology. *International Journal of Molecular Sciences*, 10: 5350–5369
- Tester R. F., Karkalas J. 2003. Carbohydrates: classification and properties. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Caballero B., Trugo L. C., Finglas P. M. (eds.). 2nd ed. Amsterdam, Academic Press: 862–875
- Thakur A. Singh Z. 2012. Responses of 'Spring Bright' and 'Summer Bright' nectarines to deficit irrigation: Fruit growth and concentration of sugars and organic acids. *Scientia Horticulturae*, 135: 112–119
- Valls J., Millán S., Martí M. P., Borrás E., Arola L., 2009. Advanced separation methods of food anthocyanins, isoflavones and flavanols. *Journal of Chromatography A*, 1216: 7143–7172
- Veberič R. 2010. Bioactive compounds in fruit plants. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 65 str.
- Werth K. 1995. *Farbe & Qualität der Südtiroler Apfelsorten*. Bozen, Verband der Südtiroler Obstgenossenschaften Gen.m.b.H.: 88 str.
- Wink M. Introduction: Biochemistry, physiology and ecological functions of secondary metabolites. V: *Biochemistry of Plant Secondary Metabolism*. Vol. 40. Wink M. (ed.). 2nd ed. West Sussex, Wiley-Blackwell: 1–19
- Wolfe K., Wu X., Liu R. H. 2003. Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 3: 609–614
- Žorž M. 1991. HPLC. Ljubljana, samozaložba: 154 str.

ZAHVALA

Za strokovne nasvete in pomoč pri izdelavi magistrskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Robert VEBERIČU.

Zahvaljujem se somentorici doc. dr. Vesni ZUPANC ter članoma komisije prof. dr. Marini PINTAR in predsednici komisije prof. dr. Marijani JAKŠE za pregled in dopnila magistrskega dela.

Za pomoč pri meritvah v sadovnjaku se zahvaljujem Greti SORTA univ. dipl. ing. agr..

Za izposajo inštrumentov in pomoč pri obdelavi talnih vzorcev se zahvaljujem zaposlenim na katedri za Pedologijo in varstvo okolja.

Za pomoč pri analizah in obdelavi podatkov se zahvaljujem doc. dr. Maji MIKULIČ PETKOVŠEK.

Hvala staršem in partnerju za podporo med študijem.

PRILOGA A

Priloga A: Minimalna in maksimalna temperatura zraka (°C), padavine (mm), potencialna evapotranspiracija za hruške (ETc) (mm), namakanje in oroševanje (mm) po dnevih v času poskusa

Datum	T _{min}	T _{max}	Padavine (mm)	ETc (mm)	Oroševanje (mm)	Kapljično (mm)
4. 7. 2012	17,7	33,4	0	8,0		29,25
5. 7. 2012	20,7	32,6	0	7,3		
6. 7. 2012	19,0	30,6	0	4,7		
7. 7. 2012	16,9	29,5	13,1	6,2		
8. 7. 2012	18,9	31,5	0	6,8		
9. 7. 2012	16,9	32,3	0	7,4		
10. 7. 2012	17,2	33,0	0	8,8		
11. 7. 2012	19,2	31,7	1,8	7,2		
12. 7. 2012	16,3	28,2	28,9	6,5		
13. 7. 2012	21,5	27,7	0	7,1		
14. 7. 2012	18,2	29,6	0	6,5		
15. 7. 2012	19,8	24,7	0	7,1		
16. 7. 2012	16,3	27,6	0,4	6,4		
17. 7. 2012	13,8	27,7	0	6,5		
18. 7. 2012	14,5	29,9	0	7,0	20	
19. 7. 2012	15,4	30,7	0	7,0		
20. 7. 2012	16,3	31,9	0	7,9		
21. 7. 2012	18,8	26,0	0,2	4,9		29,25
22. 7. 2012	18,9	26,0	0	7,4		
23. 7. 2012	18,4	28,2	0	7,1		
24. 7. 2012	22,1	31,0	0	6,1		
25. 7. 2012	18,4	28,2	0	3,4		
26. 7. 2012	18,1	30,5	0	5,0		
27. 7. 2012	17,4	33,6	0	6,9		
28. 7. 2012	18,4	34,4	0	6,2		29,25
29. 7. 2012	17,7	32,0	0	6,1		
30. 7. 2012	19,3	32,1	6,9	8,0		
31. 7. 2012	19,2	32,3	3,1	7,6		
1. 8. 2012	17,9	34,4	0	5,9	20	
2. 8. 2012	17,2	33,0	0	7,0		
3. 8. 2012	18,3	33,2	0	6,3		
4. 8. 2012	17,7	34,2	0	7,4	20	
5. 8. 2012	17,4	34,0	0	6,4		
6. 8. 2012	18,7	32,6	0	5,9		
7. 8. 2012	21,8	32,8	0	7,1	20	
8. 8. 2012	23,0	32,8	0	9,6		
9. 8. 2012	20,7	32,1	0	7,6		
10. 8. 2012	18,7	30,9	0,8	7,3		
11. 8. 2012	17,8	29,3	0	6,7	20	
12. 8. 2012	14,9	26,9	8,4	3,9		
13. 8. 2012	17,0	29,8	0	5,9		
14. 8. 2012	15,8	30,4	0	5,0		
15. 8. 2012	15,5	30,7	0	5,6		29,25
16. 8. 2012	20,6	32,2	0	5,3	20	

*ETc izračunana na podlagi referenčne ET za leto 2012 in k_c za hruško po literaturi Pintar (2006)

PRILOGA B

Vsebnost fenolnih snovi, preračunanih na suho snov

Priloga B1: Povprečna vsebnost flavanolov, hidroksicimetnih kislin in flavonolov (mg/kg SS) v mesu nenamakanih in namakanih hrušk \pm standardna napaka (n = 8). Različne črke v vrstici označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) med obravnavanji

	Nenamakana	Namakana
Katehin	33,1 \pm 4,0 b	23,8 \pm 1,5 a
Epikatehin	31,5 \pm 5,7 a	37,7 \pm 4,5 a
Porcianidin dimer B ₂	64,2 \pm 8,4 a	76,8 \pm 6,3 b
Procianidin trimer	10,0 \pm 1,6 a	10,3 \pm 0,7 a
Skupni flavanoli	138,5 \pm 24,6 a	149,1 \pm 12,6 a
Klorogenska kislina	205,0 \pm 33,6 a	200,2 \pm 18,9 a
3- <i>p</i> -kumaroilkininska kislina	0,07 \pm 0,01 a	0,08 \pm 0,01 a
Dikafeoilkininska kislina	0,8 \pm 0,1 b	0,6 \pm 0,1 a
Skupne hidroksicimetne kisline	205,3 \pm 31,6 a	200,4 \pm 18,9 a
Izoramnatin-3-glukozid (flavonoli)	1,9 \pm 0,3 a	1,6 \pm 0,2 a

Priloga B2: Povprečna vsebnost flavanолоv, hidroksicimetnih kislin in flavonolov (mg/kg SS) v kožici nenamakanih in namakanih hrušk ± standardna napaka (n = 8). Različne črke v vrstici označujejo statistično značilno razliko (p<0,05) med obravnavanji

	Nenamakana	Namakana
Katehin	610,3 ± 74,9 a	638,1 ± 86,6 a
Epikatehin	675,9 ± 92,9 a	769,1 ± 621 a
Procianidin dimer B ₁	153,0 ± 39,1 a	121,5 ± 21,8 a
Procianidin dimer B ₂	471,0 ± 75,0 a	440,2 ± 73,1 a
Procianidin trimer	555,6 ± 91,7 a	552,3 ± 77,5 a
Flavanoli skupaj	2377,3 ± 334,8 a	2498,3 ± 308,9 a
p-kumarnaheksoza	39,6 ± 5,7 a	34,7 ± 2,9 a
3-p-kumaroilkininska kislina	5,4 ± 1,4 a	6,2 ± 0,8 a
4-p-kumaroilkininska kislina	3,9 ± 1,6 a	9,6 ± 1,4 b
Klorogenska kislina	1173,9 ± 155,7 a	1303,0 ± 136,0 a
Kriptoklorogenska kislina	72,1 ± 8,5 a	77,6 ± 11,9 a
Dikafeoilkininska kislina	15,9 ± 1,6 b	13,2 ± 1,3 a
Hidroksicimetne kisline skupaj	1248,9 ± 93,8 a	1472,0 ± 118,4 b
Kvercetin-3-rutinozid	77,6 ± 12,5 b	63,9 ± 8,0 a
Kvercetin-3-galaktozid	50,1 ± 7,3 a	44,7 ± 6,4 a
Kvecetin-3-glukozid	135,3 ± 12,3 a	126,1 ± 13,6 a
Kvercetin-3-malnilglukozid	76,9 ± 8,9 a	68,1 ± 6,8 a
Izoramnetin-3-ramglukozid	117,6 ± 22,4 a	103,6 ± 10,9 a
Izoramnetin-3-ramgalaktozid	72,6 ± 8,5 a	65,6 ± 5,8 a
Izoramnetin-3-malonilgalaktozid	63,9 ± 12,8 a	63,7 ± 10,3 a
Izoramnetin-3-malonilglukozid	446,4 ± 57,1 a	450,1 ± 39,9 a
Izoramnetin-3-galaktozid	225,2 ± 43,7 a	166,3 ± 19,4 a
Izoramnetin-3-glukozid	232,1 ± 26,8 a	205,3 ± 20,6 a
Kempferol-3-rutinozid	9,0 ± 1,3 b	7,1 ± 0,6 a
Kempferol-3- malonilglukozid	33,3 ± 4,5 a	31,2 ± 4,2 a
Flavonoli skupaj	1493,7 ± 159,7 a	1362,8 ± 147,2 a

Priloga B3: Povprečna vsebnost hidrokinona (arbutin), flavanolor, hidroksicimetnih kislin in flavonolor (mg/100 g SS) v listih nenamakanih in namakanih dreves hrušk v prvih dveh terminih vzorčenja ± standardna napaka (n = 50). Različne črke v vrstici znotraj enega termina označujejo statistično značilno razliko (p≤0,05) med obravnavanji

Fenoli (mg/100 g SS)	4.7.2012		18.7.2012	
	Nenamakana	Namakana	Nenamakana	Namakana
Arbutin (hidorkinoni)	4298,8 ± 201,5 b	3937,8 ± 286,1 a	17341 ± 2100 b	12126 ± 1829 a
Neoklorogenska kislina	362,4 ± 28,3 b	235,0 ± 18,8 a	1459,9 ± 159,0 b	818,7 ± 96,1 a
Klorogenska kislina	2182,2 ± 130,5 b	1293,8 ± 84,4 a	7565,8 ± 861,2 b	4484,7 ± 409,1 a
Kriptoklorogenska kislina	16,4 ± 2,0 a	13,1 ± 2,2 a	143,6 ± 21,2 b	48,8 ± 7,6 a
3-kumaroilkininska kislina	50,9 ± 7,0 b	38,3 ± 4,6 a	108,9 ± 17,2 b	64,5 ± 9,7 a
4-kumaroilkininska kislina	42,5 ± 4,6 b	28,6 ± 3,4 a	74,3 ± 4,7 b	46,3 ± 5,3 a
Kavna kislina	45,8 ± 3,6 b	30,9 ± 3,8 a	80,1 ± 5,2 b	49,9 ± 7,4 a
Dikafeoilkininska kislina	567,3 ± 72,7 b	414,4 ± 39,1 a	1042,4 ± 143,4 b	701,8 ± 98,1 a
Dikafeoilkininska kislina 2	1446,0 ± 176,4 b	783,3 ± 88,9 a	3871,0 ± 425,4 b	2370,7 ± 278,7 a
Dikafeoilkininska kislina 3	71,4 ± 4,7 b	39,2 ± 4,0 a	318,8 ± 29,4 b	150,6 ± 21,4 a
Dikafeoilkininska kislina 4	58,8 ± 6,4 b	36,2 ± 3,3 a	211,1 ± 19,4 b	115,0 ± 18,8 a
Dikafeoilkininska kislina 5	265,8 ± 18,6 b	179,0 ± 22,6 a	818,9 ± 97,2 b	487,3 ± 67,5 a
Skupne hidroksicimetne kisline	2721,0 ± 321,4 b	1572,5 ± 191,0 a	6919,2 ± 661,6 b	4379,2 ± 391,3 a
Procianidin dimer	1258,2 ± 80,4 a	1324,5 ± 126,8 a	3868,7 ± 169,0 b	2004,9 ± 190,2
Procianidin dimer B ₁	333,6 ± 25,2 a	278,6 ± 37,4 a	752,2 ± 67,4 b	491,9 ± 59,9 a
Procianidin dimer B ₂	107,4 ± 19,8 b	63,2 ± 9,1 a	542,8 ± 68,5 b	276,8 ± 34,3 a
Procianidin trimer	982,1 ± 134,3 b	727,1 ± 100,2 a	1793,8 ± 150,4 b	1147,1 ± 130,5 a
Epikatehin	89,7 ± 8,1 b	40,1 ± 7,2 a	1341,0 ± 192,8 b	561,4 ± 94,7 a
Skupni flavanoli	2960,6 ± 426,3 a	2299,2 ± 166,5 a	8213,4 ± 892,1 b	4973,6 ± 587,9 a
Apigenin-7-ksilozid	160,8 ± 19,4 a	133,9 ± 12,6 a	590,1 ± 40,1 b	350,7 ± 27,5 a
Kvercetin-3-rutinozid	206,1 ± 29,4 a	177,5 ± 21,9 a	392,1 ± 25,4 b	308,5 ± 40,7 a
Kvercetin-3-galaktozid	5,8 ± 0,8 b	4,2 ± 0,6 a	12,6 ± 1,9 b	6,0 ± 0,8 a
Kvercetin-3-glukozid	44,7 ± 4,2 b	31,2 ± 2,0 a	96,7 ± 3,8 b	54,9 ± 5,9 a
Kvercetin-3-malonilglukozid	521,8 ± 53,6 b	277,8 ± 38,6 a	1372,6 ± 150,8 b	783,0 ± 90,2 a
Izorarnetin-3-ramnozilgalaktozid	75,1 ± 11,5 a	73,6 ± 9,5 a	110,9 ± 13,1 b	68,4 ± 9,9 a
Izorarnetin-3-ramnozilglukozid	74,6 ± 9,4 a	63,5 ± 3,6 a	111,5 ± 12,7 b	74,2 ± 11,1 a
Izorarnetin-3-malonilglukozid	42,2 ± 2,0 b	34,5 ± 2,4 a	69,8 ± 6,3 b	49,1 ± 5,9 a
Kempferol-3-galaktozid	473,5 ± 42,8 b	365,6 ± 41,4 a	918,8 ± 116,5 b	516,8 ± 59,6 a
Kempferol-3-rutinozid	367,4 ± 36,9 a	360,2 ± 28,7 a	542,7 ± 82,5 a	428,1 ± 61,3 a
Kempferol-3-malonilglukozid	20,8 ± 1,4 b	16,2 ± 1,3 a	33,0 ± 2,7 b	24,7 ± 2,8 a
Skupni flavonoli	2195,6 ± 217,1 b	1516,4 ± 180,3 a	4405,2 ± 403,0 b	3009,8 ± 345,4 a

Priloga B4: Povprečna vsebnost hidrokinona (arbutin), flavanolor, hidroksicimetnih kislin in flavonolor (mg/100 g SS) v listih nenamakanih in namakanih dreves hrušk v zadnjih dveh terminih vzorčenja ± standardna napaka (n = 50). Različne črke v vrstici znotraj enega termina označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) med obravnavanji

Fenoli (mg/100 g SS)	1.8.2012		16.8.2012	
	Nenamakana	Namakana	Nenamakana	Namakana
Arbutin (hidorkinoni)	9618,1 ± 963,8 a	9683,7 ± 772,2 a	17138 ± 1399 b	10080 ± 731 a
Neoklorogenska kislina	1044,1 ± 154,7 a	900,0 ± 86,1 a	1418,7 ± 142,0 b	794,7 ± 70,7 a
Klorogenska kislina	3348,1 ± 340,5 a	3031,4 ± 132,2 a	4635,6 ± 588,3 b	2116,6 ± 130,6 a
Kriptoklorogenska kislina	45,0 ± 6,5 a	74,0 ± 12,8 b	125,8 ± 16,1 b	46,9 ± 8,0 a
3- kumaroilkininska kislina	56,5 ± 9,6 a	54,2 ± 8,9 a	79,5 ± 11,7 b	42,0 ± 2,8 a
4-kumaroilkininska kislina	68,6 ± 8,0 b	29,6 ± 2,2 a	68,6 ± 8,0 b	29,6 ± 2,2 a
Kavna kislina	53,5 ± 5,5 b	43,2 ± 5,1	74,0 ± 10,1 b	31,9 ± 3,8 a
Dikafeoilkininska kislina	709,7 ± 95,1 b	495,6 ± 69,0 a	615,1 ± 66,2 b	355,7 ± 36,7 a
Dikafeoilkininska kislina 2	2037,1 ± 342,3 b	2017,8 ± 208,6 a	2906,8 ± 281,8 b	1506,9 ± 151,0 a
Dikafeoilkininska kislina 3	140,1 ± 20,7 a	112,2 ± 11,0 a	215,0 ± 20,7 b	83,4 ± 10,4 a
Dikafeoilkininska kislina 4	118,5 ± 17,7 b	93,4 ± 6,7 a	123,9 ± 16,6 b	72,0 ± 5,9 a
Dikafeoilkininska kislina 5	589,0 ± 62,1 b	439,6 ± 48,9 a	708,0 ± 88,9 b	390,7 ± 32,0 a
Skupne hidroksicimetne kisline	4770,3 ± 593,7 b	3619,4 ± 398,6 a	5453,7 ± 522,3 b	2715,8 ± 221,8 a
Procianidin dimer	2156,3 ± 216,6 a	2247,2 ± 186,6 a	4107,0 ± 381,1 b	2045,8 ± 88,0 a
Procianidin dimer B ₁	555,7 ± 69,0 a	462,1 ± 58,4 a	729,8 ± 106,9 b	301,4 ± 11,1 a
Procianidin dimer B ₂	173,0 ± 22,6 a	247,7 ± 18,4 b	487,8 ± 72,8 b	177,8 ± 9,6 a
Procianidin trimer	1066,4 ± 106,3 a	1045,4 ± 95,4 a	1544,7 ± 97,0 b	810,6 ± 54,9 a
Epikatehin	587,9 ± 71,5 a	717,8 ± 97,3	1500,1 ± 206,2 b	640,1 ± 95,3 a
Skupni flavanoli	4462,7 ± 536,8 a	4686,5 ± 353,3 a	8582,1 ± 851,7 b	4005,7 ± 211,7 a
Apigenin-7-ksilozid	298,0 ± 19,2 a	317,3 ± 28,9 a	501,9 ± 58,2 b	227,7 ± 18,5 a
Kvercetin-3-rutinozid	298,7 ± 40,9 a	235,7 ± 42,8 a	353,9 ± 37,6 b	175,9 ± 22,0 a
Kvercetin-3-galaktozid	9,8 ± 0,7 b	8,0 ± 0,7 a	10,0 ± 1,3 b	4,1 ± 0,4 a
Kvercetin-3-glukozid	76,1 ± 5,1 b	60,3 ± 7,8 a	95,9 ± 14,1 b	43,0 ± 3,1 a
Kvercetin-3-6-malonilglukozid	722,4 ± 102,2 a	715,5 ± 74,0 a	897,4 ± 111,4 b	534,4 ± 53,5 a
Izoramnetin-3-ramnozilgalaktozid	71,2 ± 8,3 a	60,3 ± 5,5 a	72,8 ± 10,2 b	45,3 ± 6,3 a
Izoramnetin-3-ramnozilglukozid	71,1 ± 4,5 b	63,8 ± 7,3 a	81,8 ± 10,5 b	50,6 ± 8,0 a
Izoramnetin-3-malonilglukozid	36,7 ± 2,3 a	32,3 ± 3,2 a	36,5 ± 3,8 b	22,8 ± 2,4 a
Kempferol-3-galaktozid	546,7 ± 51,5 a	437,2 ± 52,3 a	495,4 ± 74,4 b	313,8 ± 37,8 a
Kempferol-3-rutinozid	348,1 ± 40,5 a	295,0 ± 32,7 a	356,0 ± 43,1 b	231,9 ± 24,4 a
Kempferol-3-malonilglukozid	17,0 ± 1,3 a	14,5 ± 1,4 a	15,0 ± 2,1 b	10,2 ± 1,3 a
Skupni flavonoli	3014,5 ± 348,0 a	2644,3 ± 253,4 a	3636,5 ± 339,1 b	1825,9 ± 179,0 a