



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Janja KLEMENČIČ

**HRUŠKE ZA ZDRAVJE – POMEN SEKUNDARNIH
METABOLITOV**

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Janja KLEMENČIČ

HRUŠKE ZA ZDRAVJE – POMEN SEKUNDARNIH METABOLITOV

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**PEARS FOR HEALTH – IMPORTANCE OF SECONDARY
METABOLITES**

B. Sc. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2010

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija Kmetijstvo – agronomija – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorico diplomskega projekta imenovala prof. dr. Metko HUDINA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Marina PINTAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

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

Članica: doc. dr. Bojka KUMP
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora: 10. 9. 2010

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

Janja KLEMENČIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	UDK 634.13:547.56:631.147(043.2)
KG	hruška/ <i>Pyrus communis</i> /sekundarni metaboliti /fenoli/zdravje
KK	AGRIS F60/S30
AV	KLEMENČIČ, Janja
SA	HUDINA, Metka (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2010
IN	HRUŠKE ZA ZDRAVJE – POMEN SEKUNDARNIH METABOLITOV
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij - 1. stopnja)
OP	VII, 16, [1] str., 1 pregl., 2 sl., 31 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Hruške (<i>Pyrus communis</i> L.) vsebujejo veliko zdravilnih snovi za zdravje ljudi. Izmed pomembnih so tudi fenolne snovi, ki spadajo med sekundarne metabolite. Fenoli cvetovom dajejo barvo, ščitijo rastline pred UV sevanjem ter patogenimi organizmi in rastlinojedimi plenilci. Fenoli v prehrani so pomembni antioksidanti in varujejo pred oksidativnim stresom, ki povzroča številne bolezni današnjega časa. Fenoli preprečujejo in zdravijo rakasta obolenja ter bolezni srca in ožilja. Kot najpomembnejši fenol pri zdravljenju rakastih bolezni se je izkazal kvercetin. V času, ko se ljudje čedalje bolj zavedamo pomena zdrave hrane, čedalje bolj posegamo po ekološko pridelani hrani. Dokazano je, da je v ekološko pridelanih hruškah večja vsebnost skupnih fenolov kot v konvencionalno pridelanih. Z žlahtnjenjem bi lahko vzgojili nove sorte hrušk, ki bi bile še bogatejše s fenoli.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du1

DC UDC 634.13:547.56:631.147(043.2)

CX pear/*Pyrus communis*/secondary metabolites/phenolics/health

CC AGRIS F60/S30

AU KLEMENČIČ, Janja

AA HUDINA, Metka (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy

PY 2010

TY PEARS FOR HEALTH - IMPORTANCE OF SECONDARY METABOLITES

DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)

NO VII, 16, [1] p., 1 tab., 2 fig., 31 ref.

LA sl

Al sl/en

AB Pears (*Pyrus communis* L.) contain several active substances for human health. Of importance are phenolic substances which are among the secondary metabolites. Phenols give flowers colour, protect plants against UV radiation, pathogenic organisms and herbivorous predators. They are one of the important antioxidants and protect against oxidative stress, which causes many diseases of our time. Phenols prevent and treat cancer and cardiovascular disease. As the main phenol in the treatment of cancers has proven quercetin. At a time when people are increasingly aware of the importance of healthy food, resort to a growing organic food. It is proven that organically grown pears in a higher content of total phenolics than in conventionally grown. With breeding we could get new varieties of pears, which will have higher content of phenols.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik	VII
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 NAVADNA HRUŠKA (<i>Pyrus communis</i> L.)	2
2.2 RAST IN RAZVOJ PLODOV PRI HRUŠKI	2
2.3 SEKUNDARNI METABOLITI V HRUŠKI	4
2.4 FENOLI	5
2.4.1 Biosinteza fenolov	6
2.4.2 Fenoli v rastlinah	7
2.4.3 Fenoli in človek	7
2.4.4 Hruške za zdravje	9
2.4.4.1 Anti-rakotvoren vpliv fenolov	9
2.4.4.2 Bolezni srca in ožilja	10
2.4.4.3 Okužbe sečnih poti in prebavnega trakta	11
2.5 EKOLOŠKO PRIDELANE HRUŠKE IN VSEBNOST FENOLOV	11
3 SKLEPI	13
4 VIRI	14
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Razpredelnica 1: Primerjava vsebnosti PPO aktivacije in skupnih fenolov med konvencionalno in ekološko pridelavo (PPO aktivacija ($\text{min}^{-1}/100 \text{ g}$ sveže mase)) (Carbonaro, 2002).	12

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Pestrost sort navadne hruške.	3
Slika 2: Vsebnost skupnih fenolov v različnem sadju glede na velikost ploda (Vinson in sod., 2001).	4
Slika 3: Osnovna strukturna formula flavonoidov (Abram in Simčič, 1997).	5

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

V človeški družbi le stežka najdemo področje, na katerega ne vplivajo rastline. Hranimo se s semeni, plodovi, založnimi tkivi, oblačimo se v vlakna iz stebel in listov. Rastline izdelujejo kisik, ki ga dihamo, drevesa pa nam dajejo les, papir in dobrodošlo senco v vročih dneh. Iz mnogih rastlin pridobivamo zdravila, barvila, industrijske kemikalije in uporabna olja. Barve in vonjave cvetov in listja zadovoljujejo naše estetske čute.

Človek se je že zelo zgodaj naučil razlikovati med rastlinami, ki mu pomagajo, in rastlinami, ki mu škodujejo. Botanika in medicina sta bili tesno povezani v vsej človeški zgodovini. Že od nekdanjih so zdravniki, homeopati, naturopati, zeliščarji ali šamani poznali rastline v njihovem okolju in jih znali uporabljati, saj so mnoga zdravila izhajala prav iz rastlin. Da bi jih bolje spoznali, raziskovalci uporabljajo različne pristope, pri čemer skušajo nekateri v kemično analizo vključiti čim večje število rastlinskih vrst, drugi pa se omejujejo na rastline, ki so se ali se še vedno uporabljajo le v tradicionalni medicini. Za farmakološke učinke rastlin so odgovorne organske spojine, ki se povsem razlikujejo od znanih vmesnih produktov reakcij ali končnih produktov primarnega metabolizma, zato jih označujemo kot sekundarne metabolite. Te spojine se zelo razlikujejo tako med družinami kot tudi med vrstami znotraj družin. Taka omejena razširjenost omogoča, da sekundarne produkte lahko uporabljamo kot taksonomske markerje. Sekundarni metaboliti so glavne spojine, ki rastlinam dajejo vonj, okus in barvo. Večino sekundarnih produktov lahko razdelimo v razrede glede na strukturne podobnosti, vrsto biosintetske poti ali glede na vrste rastlin, ki jih izdelujejo.

Plodovi navadne hruške (*Pyrus communis* L.) so priljubljeno sadje predvsem pri otrocih, saj so sočne, okusne in pogosto medeno sladke. Terapevtska vrednost hrušk je predvsem v njihovi veliki vsebnosti vode. Hruške v želodcu zdržijo le kratek čas, zato raztopljene hranilne snovi zelo hitro pridejo v črevo. Hruške delujejo na črevesje čistilno, odpravljajo zaprtja in druge nepravilnosti v prebavi. Vitamini, gradbeni elementi beljakovin in minerali so v mesu in kožici hrušk naloženi v izjemno ugodnem količinskem razmerju, zato se lahko fiziološko kar najbolje izkoristijo v presnovi. To še posebej velja za nasprotnike med biološko aktivnimi snovmi, npr. kalijem in natrijem, bakrom in cinkom, kalcijem in fosforjem. Zaradi navedenih lastnosti so hruške eno najpomembnejših živil pri terapiji s kelati. Prav tako so primerne za vezavo težkih kovin in strupov, npr. svinca, živega srebra, kadmija in konzervansov iz hrane in njihovo odstranjevanje iz telesa. Hruške vsebujejo zelo veliko folne kisline (pomembne za rast in nastajanje krvi), kalija (zmanjšuje količino vode v tkivih) in vitamina C (pomembnega za imunski sistem).

2 PREGLED OBJAV

2.1 NAVADNA HRUŠKA (*Pyrus communis* L.)

Domovina rodu *Pyrus* je območje Evrope in Azije. Vrste rodu *Pyrus* so avtohtone samo na severni polobli v Evropi, Aziji in Afriki, medtem ko v Ameriki niso našli nobene vrste rodu *Pyrus*. Sorte hrušk, ki jih gojimo v Sloveniji in jim pravimo evropske hruške, so nastale iz vrste *Pyrus communis* L. in njenih podvrst (Štampar in sod., 2005).

Hruška spada v red *Rosales*, družino *Rosaceae*, poddružino *Maloidae*, rod *Pyrus* L. (hruška). V Evropo je bila prenesena 1000 let pred našim štetjem. Izbor in domestifikacija je bila opravljena skozi mnogo stoletij, česar rezultat je sadež, ki ga poznamo danes in je razširjen po celem svetu.

Hruška spada v skupino rastlin, ki potrebuje veliko svetlobe. Od nje je odvisna fotosinteza in s tem količina in kakovost pridelka. Tudi barva, okus in trpežnost plodov so zelo odvisni od osvetlitve. Hruška uspeva v zmerno toplem podnebjju. Na nizke zimske temperature ni občutljiva, prenese tudi temperaturo $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je manj zahtevna glede padavin in dobro prenaša sušna obdobja (Jazbec in sod., 1995).

Zelo pomemben dejavnik gojenja hrušk so tla, v katerih so drevesa ukoreninjena in iz katerih se oskrbujejo z vodo in raztopljenimi hranilnimi snovmi. Hruška uspeva v slabo kislih (pH 5,6 do 6,5), rodovitnih, globokih, rahlih in zračnih tleh. Slabo prenaša težka, ilovnata in apnena tla nad 4% aktivnega apna. Vsebnost humusa v tleh bi morala biti vsaj 3%. Dobro reagira na gnojenje z organskimi gnojili. Ima globoke korenine, zato je manj zahtevna za vodo. Hruške cvetijo v naših klimatskih razmerah od konca marca do konca aprila, kar je odvisno od sorte, kraja, lege in nadmorske višine, in so občutljive na pozebo. Vendar pa se poškodbe od pozeb hitreje in bolje regenerirajo kot pri katerikoli drugi sadni vrsti.

Pri hruški je poleg vlage v tleh še zelo pomembna relativna zračna vlaga, zlasti v obdobju opravevanja in oploditve ter razvoja ploda. Najprimernejša relativna zračna vlaga v poletnih mesecih naj bi bila med 60 in 70 % (Gliha, 1997).

2.2 RAST IN RAZVOJ PLODOV PRI HRUŠKI

Rast plodov je odvisna od temperature, vode, števila in velikosti listov, prehranjenosti drevesa s hranili in števila plodov. Če je na drevesu preveliko število plodov to negativno vpliva na njihovo rast oziroma velikost (Jazbec in sod., 1995).

Pri rasti ploda hruške razlikujemo dve fazi počasne in dve fazi intenzivne rasti. Z zaključkom cvetenja se začne delitev celic plodnice in cvetne lože, nato se začne prva faza

intenzivne rasti, kjer je rast ploda sprva počasna in nato hitra. V tej fazi poteka delitev celic, ki traja različno število dni. Nato sledi prva faza počasne rasti, ko intenzivnost rasti ploda slabi in se začne junijsko odpadanje plodov. Po junijskem odpadanju plodov se začne druga faza intenzivne rasti, ko se več ne oblikujejo nove celice, ampak le te povečujejo svoj volumen, povečuje se tudi volumen medceličnih prostorov. Ta faza traja do začetka zrelosti, nato ponovno sledi upočasnjena rast, ki traja do obiranja. Druga faza počasne rasti je še vedno toliko intenzivna, da se s prezgodnjim obiranjem veliko izgubi na velikosti plodov in skupnem pridelku (Gliha, 1997).

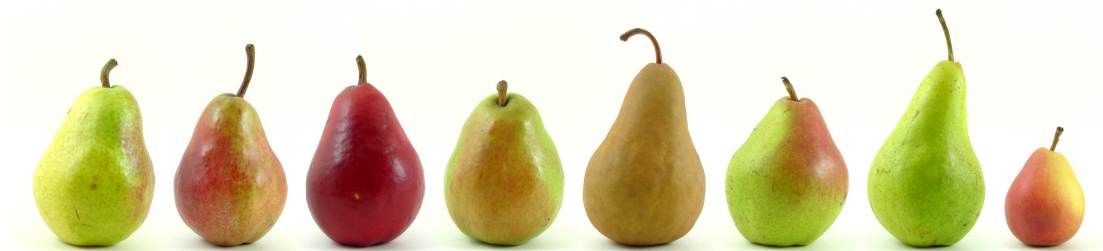
Na količino in kakovost plodov vplivamo tudi s tehnološkimi ukrepi. Med te spada tudi uporaba kemičnih in biotičnih sredstev ter uporaba zatiralnih metod s fizikalnimi učinki. Prav tako na kakovost plodov vplivajo tudi pedološke in klimatske razmere, prehrana rastlin, namakanje in gostota sajenja. Pomanjkanje vode pa povzroči povečanje števila plodov II. kakovostnega razreda (Mežnar, 2002; Verbošt, 1997; Bosteale, 2009).

Plodovi hruške so jabolčne, okroglaste, podolgovate in tipično hruškaste oblike, odvisno od sorte. Plod sestavljajo okroglaste in sočne celice, med katerimi se nahajajo značilne strukture otrdelih celic. Hruška ima zmožnost tvorbe partenokarpnih plodov (razvoj plodov brez oploditve), ki pa večinoma zrastejo manjši in so nepravilne oblike ter ne vsebujejo semen. Tvorba takih plodov je zelo pomembna v slabih vremenskih razmerah, ko poškodovani cvetovi niso več zmožni oploditve.

V plodovih hruške so med fenolnimi snovmi izmerili največje vsebnosti klorogenske kisline, hruška pa vsebuje tudi epikatehin, katehin, arbutin, flavonol glikozide (kvercetin in izoramnetin glikozid), procianidine, kavno kislino, *p*-kumarno kislino in ferulno kislino (Colarič in sod., 2006).

V listih navadne hruške med fenolnimi snovmi prevladujeta klorogenska kislina in arbutin (Fischer in sod., 2007; Colarič in sod., 2006). Pomembne fenolne spojine, najdene v listih različnih sort hrušk, so še epikatehin, katehin, flavonol glikozidi (kvercetin glikozidi), procianidini in *p*-kumarna kislina.

Vsebnost metabolitov je pomembna tudi z vidika kakovosti plodov, saj le-ti prispevajo k senzoričnim lastnostim (sladkost, kislost, vonj, okus, trpkost, grenkost, obarvanost). Mnogi med njimi imajo zdravilne lastnosti kot npr. nekatere fenolne snovi, ki zavirajo razna vnetja, rast tumorjev, pojav alergij in srčno - žilnih bolezni (Colarič in sod., 2006).



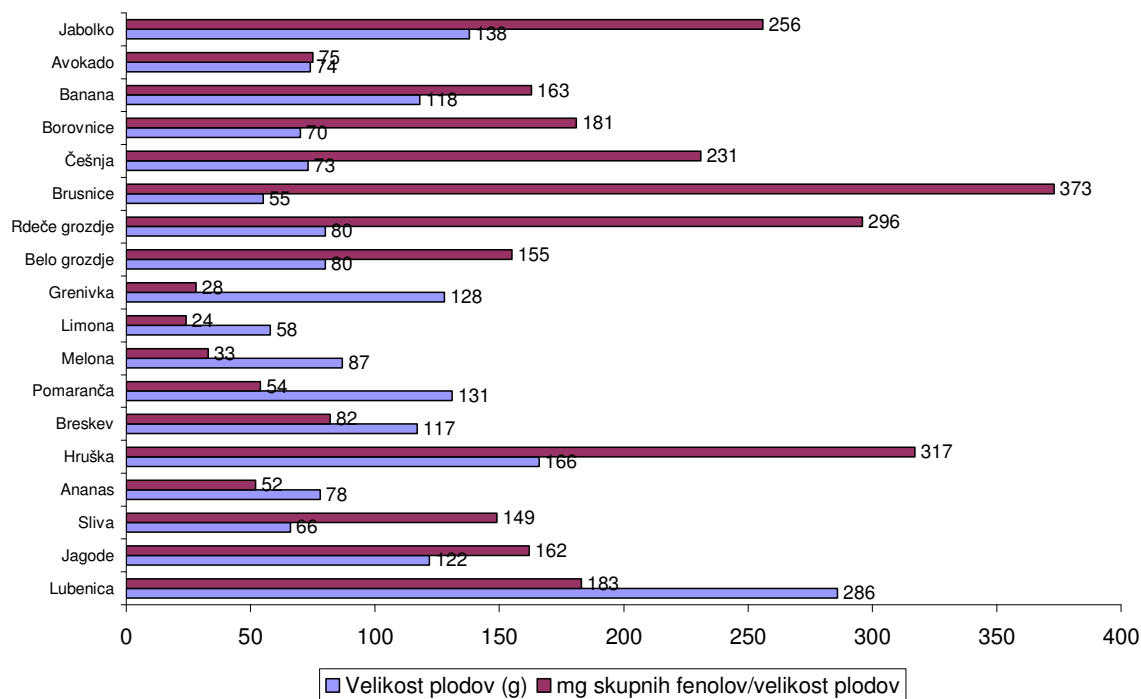
Slika 1: Pestrost sort navadne hruške (Aglye, 2010).

2.3 SEKUNDARNI METABOLITI V HRUŠKI

Sekundarni metaboliti so biokemijski produkti rastline, ki nimajo neposredne funkcije pri rasti in razvoju rastline, prav tako niso splošno razširjeni pri vseh vrstah rastlin, vendar pa so te rastline pomembne, saj imajo ekološko funkcijo (obramba pred rastlinojedci in patogeni, privabljanje opraševalcev), sodelujejo pri zaščiti pred mikroorganizmi, zajedalci in insekti ter ščitijo rastline pred UV-sevanjem.

Sekundarne metabolite razdelimo v tri večje skupine: terpeni, fenoli in dušik vsebujoče spojine. Fenolne snovi so eden izmed najpogostejših antioksidantov v prehrani. Glavni viri so sadje, zelenjava, sokovi, čaji, kava in rdeče vino. Kljub temu, da je vsebnost fenolnih snovi v rastlinah poznana že nekaj časa, pa je njihov pomen za zdravje ljudi, pridobil na pozornosti šele pred kratkim. Do sredine 1990-ih so bili najbolj raziskani oksidanti vitamini, karotenoidi in minerali. Raziskave o flavonoidih in drugih fenolnih snoveh, njihovih antioksidativnih lastnostih in njihovih učinkih na področju preprečevanja bolezni pa so se začele šele po letu 1995. Glavni dejavnik, ki je upočasnil raziskave fenolnih snovi je velika raznolikost in kompleksnost njihove strukture (Moskaug in sod., 2005).

Najbolj razširjena skupina fenolnih spojin so flavonoidi. Razdelimo jih na flavone (apigenin, lutelin), flavonole (miricetin, kvercetin), flavan-3-ole (katehin, epikatehin), flavanone (naringenin), dihidroflavonole (taksifolin), antocianidine (pelargonidin) in izoflavone (genistein) (Abram in Simčič, 1997).



Slika 2: Vsebnost skupnih fenolov v različnem sadju glede na velikost ploda (Vinson in sod., 2001).

2.4 FENOLI

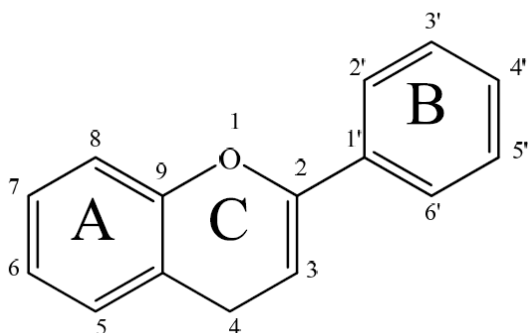
Fenoli so kemijsko zelo raznolika skupina, ki vsebuje preko 10.000 različnih individualnih spojin, ki izvirajo iz različnih presnovnih poti. Rastlinski fenoli so sekundarni metaboliti, katerih struktura vsebuje aromatski obroč, na katerega je pripeta hidroksilna skupina (-OH) oz. spojine, ki izvirajo iz šikiminske poti in fenilpropanoidnega metabolizma (Robards in sod., 1999).

Nekateri fenoli imajo nizko molekularno maso in pogosto značilen vonj, npr. salicilat metil, vanilin, eugenol. Pomembna fizična lastnost pa je tudi topnost fenolnih snovi. Nekateri fenoli so precej hidrofobni in ti veliko lažje prehajajo v celico kot hidrofilni. (Robards in sod., 1999; Parr in Bolwell, 2000).

Sekundarni metaboliti imajo pomembno vlogo pri zaščiti rastline pred stresnimi dejavniki in jim pomagajo pri nevtralizaciji prostih radikalov, katerih vsebnost v celicah v stresnih razmerah naraste. Celične makromolekule, kot so nukleinske kisline, beljakovine, membranski lipidi, nenasičene maščobne kisline in ogljikove spojine se poškodujejo ob reakcijah s prostimi radikali in aktiviranimi oblikami kisika. Stresni dejavnik predstavlja tudi UV sevanje, ki pri rastlini sproži procese, ki povečajo odpornost rastline na sevanje, ali pa procese, ki pripeljejo do poškodb celičnih struktur in zaviranja življenjskih procesov. Pod vplivom UV sevanja se lahko spremenijo celična zgradba, ekspresija genov, vsebnost različnih zaščitnih snovi (fenolov) in celični procesi, kar vpliva na rast in razvoj rastline. Počasi rastoče rastline in drevesa, ki težje obnovijo poškodovana tkiva, proizvajajo večje količine sekundarnih metabolitov, kot hitro rastoče vrste (Trošt Sedej, 2005).

Vsebnost fenolov je lahko precej različna med tkivi ali med organi. Ugotovljeno je bilo, da zunanja tkiva plodov ali semen vsebujejo bistveno večje vsebnosti fenolov v primerjavi z notranjostjo plodu, saj so bolj izpostavljena UV sevanju, ki povzroči povečano vsebnost sekundarnih metabolitov. Kožica hruške ima veliko večjo vsebnost in raznolikost fenolnih snovi kot meso sadja. Fenoli se nahajajo tudi v drugih delih rastline, v cvetu in listih hruške (Lin in Harnly, 2008; Trošt Sedej, 2005).

Največja skupina rastlinskih fenolov so flavonoidi. To so spojine z nizko molekularno maso, ki so običajno vezane na molekuli sladkorja. Odgovorni so za barvo cvetja ali listja.



Slika 3: Osnovna strukturna formula flavonoidov (Abram in Simčič, 1997).

Flavonoidi so razvrščeni v antociane in antoksanine. Antociani so molekule rdečega, modrega in vijoličnega pigmenta in so topni v vodi. Pogosto jih najdemo v koži sadja in zelenjave, ki sta rdeče ali vijolično obarvana. Antoksanini so brezbarvne ali bele do rumene molekule, med katere sodijo flavonoli, flavoni, flavanoli in izoflavoni (King in Young, 1999; Mattila in sod., 2006).

Med najpomembnejše flavonoide spadajo flavonoli, med katerimi najdemo kvercetin, kamferol, miricetin in druge. Kvercetin prevladuje med rastlinskimi fenoli in je količinsko najpomembnejši prehranski flavonoid (King in Young, 1999). Kvercetin ima veliko bioloških dejavnosti, vključno z zaviranjem proteina kinaze, triozin kinaze, HIV reverzne transkriptaze, poleg tega pa prepreči tudi apoptozo. Dokazano je, da izrazito zavira rast rakavih celic na želodcu (Ferry in sod., 1996).

Med flavone spadata luteolin in apigenin, med flavanole, ki jih imenujemo tudi katehini, pa spadajo katehin, epikatehin, epikatehin galat in epigalokatehin galat. Katehin in epikatehin sta glavna flavanola v sadju, galokatehin, epigalokatehin in epigalokatehin galat pa najdemo v nekaterih vrstah stročnic, grozdju in čaju. Koncentracije flavanolov so v nezrelah plodovih večje, medtem ko plodovi, ki so čez zimo shranjeni, vsebujejo le še polovico svoje prvotne količine flavanolov (King in Young, 1999; Spanos in sod., 1990).

Izoflavoni so flavonoidi strukturno podobni estrogenu. Izoflavone najdemo le v stročnicah, največje koncentracije dosega soja. Genistein in daidzein sta glavna izoflavona. Ti so toplotno stabilni, rahlo topni v vodi iz zelo topni v alkoholu (King in Young, 1999).

2.4.1 Biosinteza fenolov

Biosintetska pot mnogih fenolov je zelo zapletena. Poudariti je potrebno tudi to, da se različne tesno povezane spojine v različnih celicah in stopnjah razvoja drugače sintetizirajo (Parr in Bolwell, 2000).

Rastlinski fenoli nastajajo iz fenilalanina oz. iz njegovega prekursorja šikimske kisline, preko katere se sintetizirajo aromatične aminokisliline v fenole. Encim fenilalanin amonij liaza je najpogostejši encim preko katerega nastanejo fenolne spojine. Fenilalanin amonij liaza katalizira reakcijo odcepitev molekule amonija od fenilalanina. Tako nastane trans-cimetna kislina in reakcije, ki temu sledijo (dodajanje OH skupin in drugih substituentov) vodijo do nastanka cimetne kisline in kumarne kisline ter njunih derivatov. Ti se imenujejo fenilpropanoidi in so glavni gradniki kompleksnejših fenolnih spojin kot so halkoni, flavanoni, dihidroflavonoli, antociani, kondenzirani tanini itd. (Taiz in Zeiger, 2006).

2.4.2 Fenoli v rastlinah

V rastlinah imajo fenoli veliko vlog, s katerimi zaznamujejo celo ali le del rastline. Ena izmed takšnih je, da delujejo kot atraktanti (privabljalci). Dajejo barvo cvetovom, kar je pomembno za privabljanje opraševalcev. Pogosto pride do zelo tesne povezave med barvo cvetov in naravnim opraševalnim procesom. Z antociani obarvani cvetovi so večinoma rdeči in privabljajo predvsem ptice, medtem ko insekte privabljajo rumeno obarvani cvetovi, ki so posledica prisotnosti flavonoidov (ali karotenoidov). Vendar pa delovanje fenolov kot atraktantov ni vedno koristno, saj lahko v določenih primerih le ti privabijo za rastlino škodljive organizme.

Fenoli rastline varujejo pred UV sevanjem in to na dva načina. Z absorpcijo UV žarkov, ki jo opravijo v glavni meri flavoni in flavonoli, delujejo kot UV ščit (UV screen), drugi način pa vključuje njihovo antioksidativno delovanje, s katerim rastlini pomagajo v borbi z nastalimi prostimi radikali.

Fenoli tudi ščitijo rastline pred patogenimi organizmi in rastlinojedimi plenilci. Veliko prostih fenolov ima majhno protibakterijsko in protivirusno lastnost. Spojine, vključene v obrambni odgovor, so lahko konstitutivne ali inducibilne. Kemijsko se ti dve skupini le malo razlikujeta. Razlikujeta se v načinu delovanja. Pri konstitutivnih obrambnih dejavnikih, ki imajo vlogo tako v nespecifičnih (splošnih) kot tudi v bolj specifičnih obrambnih mehanizmih, je odločilna kemijska narava spojine. Pri inducibilnih dejavnikih (fitoaleksini) pa je najpomembnejša zmožnost hitre in lokalno omejene akumulacije aktivnega metabolita.

Pomembna naloga fenolov je tudi njihovo delovanje pri obrambi rastline pred rastlinojedimi plenilci. Rastline so za plenilce neprijetnega okusa. Neprijeten okus povzročajo tanini, ki imajo trpek okus in sposobnost zaviranja prebavnih encimov (Parr in Bolwell, 2000).

Poleg vseh naštetih vlog fenoli sodelujejo tudi pri prenosu energije, pri rasti (sintezi rastlinskih hormonov), nadzorujejo dihanje, vplivajo na fotosintezo ter druge pomembne procese (Middelton in sod., 2000).

2.4.3 Fenoli in človek

Antioksidanti so snovi, ki preprečujejo ali zavirajo oksidacijo drugih snovi. Kako oksidanti preprečujejo oksidacijo, je odvisno od vrste antioksidanta. Antioksidanti so lahko encimski in neencimski sistemi, topni v vodi ali maščobah (Briviba in Sies, 1994).

Mnogi fenoli imajo antioksidativne lastnosti in neposredno reagirajo z reaktivnimi kemičnimi spojinami in spremenijo redoks stanje v celici. Spremembe v redoks stanju

celice (prenos fizioloških dražljajev z uredbo signalnih poti) imajo lahko velik vpliv na rast celice in diferenciacijo.

Antioksidante razdelimo glede na način delovanja v tri skupine (Horvat, 2009; Dragovan, 2010): primarne, sekundarne in terciarne antioksidante.

Primarni oksidanti ali pravi oksidanti pretvarjajo nastajajoče proste radikale in ostale reaktivne kisikove spojine še preden ti oksidirajo biološko pomembne molekule. Ti antioksidanti predstavljajo glavno znotraj celično obrambo.

Sekundarni antioksidanti so reducenti. So prekinjevalci verižnih reakcij, kjer so donorji vodika prostim radikalom in jih tako spremenijo v bolj stabilne oblike. Ob tem se sicer oksidirajo, vendar ne vstopajo v verižno reakcijo, ker so stabilni v obeh oblikah. Značilnost sekundarnih antioksidantov je, da reagirajo s kovinskimi ioni, ki so katalizatorji oksidacije, odvzemajo kisik iz medija, razgrajujejo hidroperoksido, absorbirajo UV svetlobo in deaktivirajo aktivni kisik. Med sekundarne antioksidante spadajo fenoli, flavonoidi, galna kislina in njeni derivati ter nekatere druge naravne spojine.

Terciarni antioksidanti, so snovi, ki popravljajo poškodbe, ki jih povzročajo prosti radikali v strukturi celice (Horvat, 2009; Dragovan, 2010).

Veliko prehranskih fenolov je antioksidantov, ki varujejo celice pred oksidativnimi poškodbami, tako da neposredno nevtralizirajo spojine. Ena izmed raziskav o zmogljivosti antioksidantov je pokazala, da ima sadje z veliko koncentracijo fenolov tudi veliko antioksidativno sposobnost. To dokazuje, da fenoli, ki so prisotni v sadju, ščitijo celice pred oksidativnim stresom in tako preprečujejo razvoj bolezni. Prehranski antioksidanti preprečijo škodljive vplive na beljakovine, maščobe in nukleinske kisline v celici. To je eden izmed vplivov, ki jih imajo fenoli iz sadja in zelenjave na ljudi (Moskaug in sod., 2005; Ozturk in sod., 2009).

Fenolne strukture lahko pogosto močno reagirajo z beljakovinami, kar jim daje možnost, da delujejo kot inhibitorji encimov. Nekateri učinki inhibicije encimov so povezani z zaščitnim delovanjem fenolov v prehrani. Različni fenoli lahko zavirajo ksantin oksidaze in druge encime, ki so vpleteni v proizvodnjo škodljivih spojin. Učinki nekaterih fenolov kot encimskih inhibitorjev pa lahko imajo fiziološki pomen.

Fenoli lahko, tako kot z beljakovinami, reagirajo tudi z receptorskimi molekulami v človeških celicah, kar privede do spremembe v delovanju celic. Eden najpomembnejših učinkov, povzročen z vezavo prehranskih fenolov na receptorje je estrogenska aktivnost številnih izoflavonov in sorodnih molekul. Te se lahko vežejo na estrogenske receptorje ter jih na ta način aktivirajo (Parr in Bolwell, 2000).

2.4.4 Hruške za zdravje

Raziskave o fenolih in njihovih antioksidativnih lastnostih ter njihovih učinkih na preprečevanje bolezni so se začele šele po letu 1995. Glavni dejavnik, ki je upočasnil raziskave je predvsem velika raznolikost in kompleksnost kemijske strukture fenolov. Pomemben napredek je bil dosežen na področju bolezni srca in ožilja. Ena od glavnih težav pri pojasnjevanju učinkov na zdravje fenolov je veliko število fenolov najdenih v hrani (Scalbert in sod., 2005).

Plod hruške vsebuje veliko vode, sledijo ogljikovi hidrati: fruktoza, sorbitol, saharoza in glukoza. Med organskimi kislinami prevladuje jabolčna kislina, sledi ji citronska kislina. Ti dve kislini prispevata glavni delež h kislosti plodov. V plodovih hruške so med fenolnimi snovmi izmerili največje vsebnosti klorogenske kisline, hruška pa vsebuje tudi epikatehin, katehin, arbutin, flavonol glikozide (kvercetin in izoramnetin glikozide), procianidine, kavno kislino, *p*-kumarno kislino, ferulno kislino (Vinson in sod., 2001).

Na kakovost plodov vpliva tudi vsebnosti metabolitov, ker le-ti prispevajo k senzoričnim lastnostim, kot so sladkost, kislost, vonj, okus, trpkost, grenkost in obarvanost. Med njimi imajo mnogi fenoli zdravilne lastnosti, saj zavirajo razna vnetja, rast tumorjev in srčno - žilne bolezni (Colarič in sod., 2006).

Fenoli so reducenti in skupaj z drugimi prehranskimi reducenti, kot so vitamin C, vitamin E in karotenoidi, varujejo tkiva pred oksidativnim stresom. Ponavadi so navedeni kot antioksidanti in tako preprečijo različne bolezni, povezane z oksidativnim stresom. Raznovrstnost strukture naredi fenole drugačne od drugih antioksidantov. Vnos fenolov v prehrani je desetkrat večji kot vnos vitamina C in stokrat večji kot uživanje vitamina E in karotenoidov (Scalbert in sod., 2005).

Celice pri ljudeh so nenehno izpostavljene različnim oksidantom. Te snovi so lahko prisotne v zraku, hrani in vodi, lahko pa se pridobijo tudi s presnovno dejavnostjo v celicah. Ključni dejavnik je, da se ohrani ravnotežje med oksidanti in antioksidanti za ohranjanje optimalnih fizioloških pogojev v telesu. Preveč oksidantov lahko povzroči neravnotežje, ki vodi do oksidativnega stresa, zlasti pri kroničnih, bakterijskih, virusnih in parazitskih okužbah. Oksidativni stres lahko povzroči oksidativne poškodbe velikih biomolekul, kot so beljakovine, DNA in maščobe, kar povzroča večjo nevarnost za raka in bolezni srca in ožilja (Liu, 2003).

2.4.4.1 Anti-rakotvoren vpliv fenolov

Uživanje sadja in zelenjave se priporoča za preprečevanje raka in drugih bolezni, vendar so njihove aktivne sestavine in mehanizmi delovanja manj razjasnjeni. Obsežne raziskave v zadnji polovici stoletja so usmerjene v proučevanje snovi, ki se lahko uporabljajo, ne le za

preprečevanje raka, ampak tudi za zdravljenje le-tega. Spojine v sadju in zelenjavi so ena izmed možnih rešitev, kako se ne le preprečuje, ampak tudi zdravi raka in druge bolezni.

Epidemiološke študije so pokazale, da so nekatere oblike raka bolj pogoste med ljudmi v nekaterih kulturah. Rak na pljučih, debelem črevesju, prostati in prsih je zelo pogost v zahodnih državah, ni pa tako pogost v vzhodnem delu sveta. Ocenjuje se, da je 75 – 85 % vseh kroničnih bolezni povezanih z načinom življenja in jih je nemogoče razložiti z razlikami v genski sestavi. Epidemiološke študije so pokazale obratno sorazmerje med uživanjem zelenjave in sadja ter tveganjem za raka na želodcu, požiralniku, pljučih, ustne votline in žrela, trebušne slinavke in debelega črevesa. Aktivne sestavine (sekundarni metaboliti), ki so v hrani in imajo pozitivne učinke pri preprečevanju in zdravljenju raka, so: kurkumin, genistein, resveratrol, dialil sulfid, S-alil cistein, alicin, likopen, kapsaicin, diosgenin, 6-gingerol, elagna kislina, ursolna kislina, silimarin, anetol, katehini, evgenol, izoevgenol, ditioltioni, izotiocianati, indol-3-karbinol, izoflavoni, zaviralci proteaz, saponini, fitosteroli, inozitol heksafosfat, vitamin C, D-limonen, lutein, folna kislina, beta karoten, selen, vitamin E, flavonoidi in vlaknine. Te snovi zavirajo procese, ki vodijo do preoblikovanja celic, njihovega prekomernega razmnoževanja (hiper proliferacije) in začetka rakotvornosti. Tumorogeneza je večstopenjski proces, ki ga lahko sproži katerakoli od različnih okoljskih rakotvornih snovi (npr. cigaretni dim, industrijske emisije, bencinski hlapi), protivnetna zdravila (npr. faktor tumorske nekroze (TNF) in H₂O₂) in promotorji tumorja (kot forbol estri in okadaične kisline). Te snovi lahko spremenijo transkripcijske faktorje (npr. NF-κB, AP-1, STAT3), antiapoptotske proteine (npr. Akt, Bcl-2, Bcl-XL), proapoptozne beljakovine (npr. kaspaze, PARP), proteine kinaz (npr. IKK, EGFR, HER2, JNK, MAPK), beljakovine celičnega ciklusa (npr. ciklin-odvisnih kinaz), celične adhezijske molekule, COX-2 in rastni faktor signalnih poti (Aggarwal in Shishodia, 2006).

Dokazano je, da je skupen pojav raka bistveno manjši pri večjih vnosih kvercetina, predvsem zaradi manjšega tveganja pljučnega raka pri moških. Prav tako se je izkazalo, da kvercetin vpliva na zmanjšano tveganje za obolevanje za rakom na dojki. Pri večjem vnosu miricetina pa je bilo manjše tudi tveganje za raka prostate (Knekt in sod., 2002). Flavonoidi zmanjšujejo vnetje in oksidativni stres in imajo pozitivne učinke na zaviranje rakotvornih bolezni in bolezni srca ter kronične vnetne bolezni. Katehin pa preprečuje fiziološki proces rasti novih krvnih žil iz že obstoječih žil (angiogeneza) (Aggarwal in Shishodia, 2006).

2.4.4.2 Bolezni srca in ožilja

Dobrodejni učinek fenolov se kaže tudi pri preprečevanju bolezni srca in ožilja. Veliko epidemioloških študij je pokazalo, da flavonoidi ščitijo pred boleznimi srca in ožilja. Eksperimentalni podatki kažejo, da veliki odmerki flavonoidov zmanjšujejo oksidacijo LDL (Parr in Bolwell, 2000). Znanstveniki so ugotovili, da je oksidacija LDL ključna pri aterosklerozi in pri nastanku lezij. Fenoli varujejo aorto pred poškodbami (Vinson in sod.,

2001). Poleg tega je bila ugotovljena manjša umrljivost pri ishemični bolezni srca pri tistih ljudeh, ki so uživali s kvercetinom bogato hrano (Knekt in sod., 2002). Lampe (1999) pa poroča o vplivu pektina na zniževanje koncentracije holesterola v krvi.

Različne epidemiološke študije so pokazale obratno sorazmerje med porabo fenolov oz. hrano bogato s fenoli in tveganjem za bolezni srca in ožilja. To nam kaže tudi »Francoski paradoks«. Gre za uživanje hrane z visoko nasičenimi maščobami in majhnim pojavom koronarne srčne bolezni. Podobno so ugotovili tudi pri uživanju mediteranske hrane, ki je bogata s sadjem in vinom. Ljudje, ki so uživali mediteransko hrano, so manj obolevali za boleznimi srca in ožilja. Pomemben fenol pri varovanju srca in ožilja je kvercetin (Vemuri in sod., 2008).

Srčno - žilne bolezni so najpogostejši vzrok smrti v današnjem času, vendar je mnogo dejavnikov, ki povzročijo tveganja za te bolezni. To so visoka koncentracija holesterola v krvi, povišan krvni pritisk, debelost, diabetes. Ena izmed raziskav je pokazala, da imajo ljudje, ki uživajo večje količine sadja in zelenjave in manj živalskih proizvodov, manjše tveganje za srčno - žilne bolezni (Liu, 2003). Stabilen krvni tlak je pomemben za preprečevanje bolezni srca, ledvic in kapi, nanj pa vplivajo številni dejavniki. Hipertenzija je lahko posledica ateroskleroze, neravnovesja v renin-angiotenzin sistemu in hiperinzulinemije, ki povečuje zadrževanje natrija v telesu (Lampe, 1999).

2.4.4.3 Okužbe sečnih poti in prebavnega trakta

Fenoli tvorijo stabilne komplekse s kovinskimi ioni in beljakovinami in so dobri reducenti. Kot kelati kovinskih ionov vplivajo na razpoložljivost mineralov. Kot reducenti pa sodelujejo pri preprečevanju raka prebavnega trakta in notranjih organov.

Fenoli vežejo tudi nekatere nezaželene snovi v telesu, kot so železo, reaktivni dušik, klor ter zavirajo ciklooksigenazo in lipoksigenazo.

Dokazano je, da se s hrano zaužiti fenoli nahajajo tudi v črevesju in tako vplivajo na delovanje črevesne flore. Študija je pokazala, da se v črevesju nahajajo kvercetin, naringenin, izorhamnetin, formononetin in hesperetin (Halliwell in sod., 2005; Hamazu in sod., 2007).

2.5 EKOLOŠKO PRIDELANE HRUŠKE IN VSEBNOST FENOLOV

V zadnjih letih je ozaveščenost potrošnikov o ekološko pridelani hrani zelo narastla. Ljudje smo se začeli poučevati o zdravju in nadzoru varnih živil in uživati ekološko pridelano sadje. Med rastlinske ekološke proizvode spadajo tisti, ki so pridelani brez uporabe kemično sintetičnih pesticidov in v veliki meri brez dodatka lahko topnih mineralnih

gnojil. V ekološkem kmetijstvu imajo fenoli pomembno funkcijo. Fenolne spojine so vključene v mehanizem samoobrambe rastlin in delujejo kot ovira za kemični napad. Pride do oksidacije fenolov s kinoni s polifenoloksidazami (PPO), ki jim sledi polimerizacija do temnih pigmentov. Poleg tega polimerizacija fenolov povečuje strupenost teh spojin (Carbonaro in sod., 2002).

Dokazano je, da je v plodovih ekološke pridelave PPO aktivnost bistveno večja v primerjavi s konvencionalno pridelavo. Potrjeno je, da zmanjšana uporaba pesticidov vpliva na povečanje fenolnih snovi v rastlini. V raziskavi, kjer so vključili ekološko pridelane hruške, so ugotovili, da fenoli delujejo fungistatično (Carbonaro in sod., 2002).

Razpredelnica 1: Primerjava vsebnosti PPO aktivacije in skupnih fenolov med konvencionalno in ekološko pridelavo (PPO aktivacija ($\text{min}^{-1}/100 \text{ g}$ sveže mase)) (Carbonaro in sod., 2002).

	Kavna kislina	Klorogenska kislina	Katehol	Skupni fenoli (mg taninske kisline/100 g sveže mase)
Konvencionalna pridelava	674,2 ± 50,5	959,1 ± 100,9	557,1 ± 143,2	58,4 ± 2,0
Ekološka pridelava	865,1 ± 43,8	3020,7 ± 235,4	401,4 ± 110,3	64,5 ± 1,5

3 SKLEPI

Plodovi navadne hruške (*Pyrus communis* L.) so priljubljeno sadje, saj so sočne in vsebujejo veliko vode. Poleg tega vsebujejo tudi vitamine, minerale, folno kislino, vitamin C in fenole. Fenoli spadajo v skupino sekundarnih metabolitov in nimajo neposrednih funkcij pri rasti in razvoju rastline. Fenolne snovi sodijo med najpomembnejše antioksidante v prehrani. Zaradi raznolikosti in kompleksnosti njihove strukture so raziskave o pozitivnih učinkih fenolov na zdravje ljudi še vedno v polnem teku. Vsebnost fenolov se precej razlikuje med tkivi in organi rastlin. Zunanja tkiva plodov ali semen vsebujejo bistveno večjo vsebnost fenolov v primerjavi z notranjostjo plodu. Največja skupina rastlinskih fenolov so flavonoidi, kamor uvrščamo antocijane, flavonole, flavone, flavanole in izoflavone. Kot najpomembnejši prehranski flavonoid se je izkazal kvercetin. Ta ima veliko biološko dejavnost, saj zavira protein kinaze, triozin kinaze, HIV reverzne transkriptaze ter preprečuje apoptozo. Zavira tudi rast rakavih celic na želodcu, pljučih in črevesju.

Fenoli imajo pozitivne učinke na ljudi prav tako pa so pomembni tudi za rastline. Zelo pomembna je tudi njihova ekološka funkcija: privabljajo oprasovalce, rastline ščitijo pred patogenimi organizmi in rastlinojedimi plenilci, prav tako pa delujejo protibakterijsko in protivirusno.

V prehrani imajo mnogi fenoli antioksidativne lastnosti in tako neposredno reagirajo z reaktivnimi kemičnimi spojinami. Fenoli so reducenti in skupaj z drugimi prehranskimi reducenti, kot so vitamin C, vitamin E in karotenoidi varujejo tkiva telesa pred oksidativnim stresom. Ta lahko povzroči oksidativne poškodbe velikih biomolekul, kar povzroča večjo nevarnost za raka ter bolezni srca in ožilja. Ljudje se zavedamo pomena zdrave prehrane, zato tudi čedalje bolj posegamo po ekološko pridelani hrani. Hruške, ki so ekološko pridelane vsebujejo večje vsebnosti skupnih fenolov.

Dokazano je, da mnogi fenoli vplivajo na zdravje ljudi. Vendar vse vrste fenolov še niso popolnoma raziskane in tako še ne poznamo vseh funkcij, ki jih imajo na človekovo zdravje. Z žlahtnenjem bi lahko vzgojili nove sorte hrušk, ki bi vsebovale še večje koncentracije koristnih fenolov.

4 VIRI

- Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. *Farmaceutski vestnik*, 48: 573-589
- Aggarwal B. B., Shishodia S. 2006. Molecular targets of dietary agents for prevention and therapy of cancer. *Biochemical Pharmacology*, 71: 1397-1421
- Aglye: *Pyrus communis*, pear. 2010.
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Eight_varieties_of_pears.jpg (8. 8. 2010)
- Bosteale J. 2009. Vpliv tehnoloških ukrepov na količino in kakovost plodov hrušk (*Pyrus communis* L.) sorte 'Viljamovka'. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 54 str.
- Briviba K., Sies H. 1994. Nonenzymatic antioxidant defence system. V: Natural antioxidants in human health and disease. Feri B. (ed.). San Diego, Academic Press: 107-128
- Carbonaro M., Mattera M., Nicoli S., Bergamo P., Cappelloni M. 2002. Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (peach, *Prunus persica* L., and pear, *Pyrus communis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 5458-5462
- Colarič M., Štampar F., Solar A., Hudina M. 2006. Influence of branch bending on sugar, organic acid and phenolic content in fruits of 'Williams' pears (*Pyrus communis* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 2463–2467
- Dragovan K. 2010. Vpliv zorenja in dodatka antioksidantov na kakovost belokranjski rdečih vin. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: str. 54
- Ferry D. R., Smith A., Malkhandi J., Fyfe D. W., de Takats P. G., Anderson D., Baker J., Kerr D. J. 1996. Phase I: Clinical trial of the flavonoid quercetin: pharmacokinetics and evidence for *in vivo* tyrosine kinase inhibition. *Clinical Cancer Research*, 2: 659-668
- Fischer T. C., Gosch C., Pfeiffer J., Halbwirth H., Halle C., Stich K., Forkmann G. 2007. Flavonoid genes of pear (*Pyrus communis*). *Trees*, 21: 521-529
- Gliha R. 1997. Sorte krušaka u suvremenoj proizvodnji. Zagreb, Fragaria: 278 str.

- Halliwell B., Rafter J., Jenner A. 2005. Health promotion by flavonoids, tocopherols, tocotrienols, and other phenols: direct or indirect effects? Antioxidant or not?. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81: 268–76
- Hamauzu Y., Forest F., Hiramatsu K., Sugimoto M., 2007. Effect of pear (*Pyrus communis* L.) procyanidins on gastric lesions induced by HCl/ethanol in rats. *Food Chemistry*, 100: 255–263
- Horvat P., 2009. Antioksidativni potencial vojaških obrokov. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: str. 44
- Jazbec M., Vrabl S., Babnik M., Koron D. 1995. Sadni vrt. Ljubljana, Kmečki glas: 375 str.
- King A., Young G. 1999. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, 99: 213-128
- Knekt P., Kumpulainen J., Järvinen R., Rissanen H., Heliövaara M., Reunanen A., Hakulinen T., Aromaa A. 2002. Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76: 560-8
- Lampe J. W. 1999. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70: 475-90
- Lin L., Harnly J. M., 2008. Phenolic compounds and chromatographic profiles of pear skins (*Pyrus* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 9094-9101
- Liu R.H. 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78: 517-20
- Mattila P., Hellström J., Törrönen R. 2006. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 7193-7199
- Mežnar M. 2002. Vpliv okoljskih dejavnikov na kakovost hrušk sort hrušk 'Viljamovka' in 'Conference'. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 47 str.
- Middelton E. Jr., Kandaswami C., Theoharides T. C. 2000. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: Implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52, 4: 673–751

- Moskaug J., Carlsen H., Myhrstad M. Blomhoff R. 2005. Polyphenols and glutathione synthesis regulation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81: 277–83
- Ozturk I., Ercisli S., Kalkan F., Demir B. 2009. Some chemical and physico-mechanical properties of pear cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 8: 687-693
- Parr A. J., Bolwell G. P. 2000. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 985-1012
- 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
- Scalbert A., Johnson I. T., Saltmarsh M. 2005. Polyphenols: antioxidants and beyond. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81: 215-7
- Spanos G. A., Wrolstad R. E. 1990. Influence of variety, maturity, processing, and storage on the phenolic composition of pear juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 817-824
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2005. *Sadjarstvo*. Ljubljana, Kmečki glas: 416 str.
- Taiz L., Zaiger E. 2006. *Plant physiology*. 4th edition. USA, Sunderland (Massachusetts), Sinauer Associates: 764 str.
- Trošt Sedej T. 2005. Učinek ultravijoličnega sevanja na smreko (*Picea abies* (L.) Karst.) in posledice za gorski gozdni ekosistem. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 78: 5 - 27
- Vemuri M., Kelly D. S., Erickson K. L. 2008. Health effects of foods rich in polyphenols. V: *Wild-type food in health promotion and disease prevention. The Columbus concept*. Meester F., Watson R. R. (eds.). Totowa, New Jersey, Humana Press Inc: 393-412
- Verbošt B. 1997. Vpliv različnih tehnoloških ukrepov na pridelek pri hruški (*Pyrus communis* L) cv. 'Conference'. *Diplomska naloga*. Ljubljana, BF, Oddelek za agronomijo: 67 str.
- Vinson J. A., Su X., Zubik L., Bose P. 2001. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 5315-5321

ZAHVALA

Za pomoč in nasvete pri izdelavi diplomskega projekta se zahvaljujem mentorici prof. dr. Metki HUDINA.

Za pregled diplomskega projekta se zahvaljujem doc. dr. Bojki KUMP.

Hvala tudi moji družini za vso podporo in razumevanje med mojim študijem in tudi vsem tistim, ki ste mi pomagali pri študiju in pri pisanju diplomskega projekta.