

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Saša STOPAR

**VPLIV NAČINA PRIDELAVE NA VSEBNOST
NITRATOV IN SKUPNIH FENOLOV V ZELENJAVI**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij - 2. stopnja Živilstvo

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Saša STOPAR

**VPLIV NAČINA PRIDELAVE NA VSEBNOST NITRATOV IN
SKUPNIH FENOLOV V ZELENJAVI**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja Živilstvo

**THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL PRACTICE ON NITRATE
AND TOTAL PHENOLS IN VEGETABLE**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes: Field Food Science and Technology

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študijskega programa 2. stopnje Živilstvo. Delo je bilo opravljeno na Katedri za tehnologije, prehrano in vino na Oddelku za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje je za mentorja magistrskega dela imenovala prof. dr. Rajka Vidriha in za recenzentko prof. dr. Tatjano Košmerl.

Mentor: prof. dr. Rajko Vidrih

Recenzentka: prof. dr. Tatjana Košmerl

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Saša Stopar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 631.147:635.64+635.52:546.175:547.56(043)=163.6
KG	načini pridelave/konvencionalna pridelava/integrirana pridelava/ekološka pridelava/zelenjava/paprika/paradižnik/solata/nitrati/skupni fenoli
AV	STOPAR, Saša, dipl. inž. živ. in preh. (UN)
SA	VIDRIH, Rajko (mentor)/KOŠMERL, Tatjana (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2016
IN	VPLIV NAČINA PRIDELAVE NA VSEBNOST NITRATOV IN SKUPNIH FENOLOV V ZELENJAVI
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij - 2. stopnja Živilstvo)
OP	IX, 54 str., 14 pregl., 4 sl., 104 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen magistrske naloge je bil ugotoviti, kako se vsebnost nitrata in skupnih fenolov v papriki, paradižniku in solati razlikuje od načina pridelave in izvora. Poleg tega smo v svežih vzorcih paprike in paradižnika izmerili količine askorbinske kisline, v sveži in skladiščeni solati pa vsebnosti karotenoidov. Na podlagi dobljenih rezultatov smo ugotovili, da način pridelave vpliva na vsebnost nitratnega dušika. Najmanjše vsebnosti NO₃⁻ so se nahajale v kontrolnih vzorcih paradižnika, v integrirani papriki ter v kontrolnih vzorcih solate. Prav tako smo ugotovili, da je količina skupnih fenolov v paradižniku počasi padala s časom skladiščenja, medtem ko se vsebnosti skupnih fenolov v papriki in solati po skladiščenju statistično značilno niso razlikovale od svežih vzorcev. Glede na izvor je bila vsebnost skupnih fenolov in askorbinske kisline v vseh vrstah analizirane zelenjave najmanjša v vzorcih iz trgovin. Rezultati raziskave so prav tako pokazali, da sta hidroponsko pridelana paprika in paradižnik vsebovala največje vrednosti askorbinske kisline v primerjavi z ostalimi načini gojenja. Konvencionalna, integrirana, ekološka in biodinamična pridelava, kontrolni vzorci in vzorci iz trgovin+proizvodnje se po količini askorbinske kisline v papriki in paradižniku niso razlikovali. Vsebnosti skupnih karotenoidov, posameznih karotenoidov ter klorofila a in b so se med enotedenskim skladiščenjem zmanjšale. Ugotovili smo tudi, da način gojenja solate in izvor ne vplivata na vrednosti skupnih karotenoidov v solati, prav tako pa tudi ne na posamezne karotenoide ter klorofil a in b.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du2

DC UDC 631.147:635.64+635.52:546.175:547.56(043)=163.6

CX agricultural practices/conventional practice/integrated practice/ecology practice/bell pepper/tomato/lettuce/nitrate/total phenols

AU STOPAR, Saša

AA VIDRIH, Rajko (supervisor)/KOŠMERL, Tatjana (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology

PY 2016

TY THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL PRACTICE ON NITRATE AND TOTAL PHENOLS IN VEGETABLE

DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes: Field Food Science and Technology)

NO IX, 54 p., 14 tab., 4 fig., 104 ref.

LA sl

Al sl/en

AB The purpose of this master's thesis was to determine the content of nitrate, ammonia, total phenols, ascorbic acid and carotenoids in pepper, tomato and lettuce grown according to different agricultural practice i.e. biodynamical, ecological, integrated, conventional, hydroponical and non fertilised control. Beside the above mentioned origin of samples, pepper, tomato and lettuce obtained from producers and in shops were also analysed. Based on the results, we found that the agricultural practice affected the content of NO_3^- nitrogen. The lowest levels of NO_3^- were found in the control samples (non fertilised) of tomatoes, in integrated pepper and in control samples of lettuce. In tomato total phenols content decreased during storage period, while the content of total phenols in pepper and lettuce did not changed significantly during storage. Samples from stores had the lowest content of total phenols and ascorbic acid. Hydroponically grown pepper and tomato, contain higher levels of ascorbic acid in comparison with other methods of cultivation. The content of total carotenoids, individual carotenoids and chlorophyll a and b in lettuce decreased during storage. The agricultural practice and source of lettuce did not affect the content of total carotenoids, neither individual carotenoids and chlorophyll a and b.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD.....	1
1.1 NAMEN DELA.....	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV.....	2
2.1 NAČINI PRIDELAVE ZELENJAVE.....	2
2.1.1 Konvencionalen način pridelave	2
2.1.2 Integriran način pridelave.....	3
2.1.3 Ekološki način pridelave.....	4
2.1.3.1 Omejitve in gnojenje v ekološki pridelavi.....	5
2.1.4 Biološko-dinamičen način pridelave.....	5
2.1.4.1 Preparati za gnojenje in zaščito rastlin	6
2.1.5 Hidroponski način pridelave	7
2.1.5.1 Delitev hidroponskih sistemov	8
2.2 NITRATI.....	8
2.2.1 Kroženje dušika v naravi.....	9
2.2.2 Vgradnja dušika ter redukcija nitrata v rastlinah.....	9
2.2.3 Dejavniki, ki vplivajo na vsebnost nitrata v rastlini	10
2.2.4 Vpliv nitrata na zdravje ljudi.....	10
2.2.5 Dopustni dnevni vnos (ADI- Acceptable Daily Intake) nitrata.....	11
2.2.6 Dovoljene vrednosti nitratov v zelenjavi.....	11
2.3 FENOLNE SPOJINE	11
2.3.1 Delitev fenolnih spojin	12
2.3.2 Funkcije fenolnih spojin	12
2.4 VITAMIN C	13
2.4.1 Stabilnost vitamina C.....	14

2.5	KAROTENOIDI.....	14
2.6	PAPRIKA	15
2.6.1	Splošne značilnosti paprike	15
2.6.2	Rastni dejavniki paprike	15
2.7	PARADIŽNIK.....	16
2.7.1	Splošne značilnosti paradižnika	16
2.7.2	Rastni dejavniki paradižnika	16
2.8	SOLATA	16
2.8.1	Splošne značilnosti solate.....	16
2.8.2	Rastni dejavniki solate	17
3	MATERIAL IN METODE	18
3.1	MATERIAL.....	18
3.2	METODE.....	19
3.2.1	Določanje vsebnosti nitratnega in amonijevega dušika	19
3.2.2	Določanje vsebnosti skupnih fenolov	20
3.2.3	Določanje vsebnosti askorbinske kisline	22
3.2.4	Določanje vsebnosti karotenoidov in klorofila	23
3.3	STATISTIČNA ANALIZA.....	24
4	REZULTATI.....	25
4.1	VSEBNOST NITRATNEGA IN AMONIJEVEGA DUŠIKA.....	25
4.2	VSEBNOST SKUPNIH FENOLOV.....	27
4.3	VSEBNOST ASKORBINSKE KISLINE	29
4.4	VSEBNOST KAROTENOIDOV IN KLOROFILA.....	31
5	RAZPRAVA.....	34
5.1	NITRATNI IN AMONIJEV DUŠIK	34
5.2	SKUPNI FENOLI.....	37
5.3	ASKORBINSKA KISLINA.....	39
5.4	KAROTENOIDI IN KLOROFIL.....	40
6	SKLEPI.....	43
7	POVZETEK	44
8	VIRI.....	47
	ZAHVALA	

KAZALO SLIK

Slika 1: Solata Noisette pridelana na hidroponski način	8
Slika 2: Solata Noisette.....	17
Slika 3: Vzorci paradižnika iz trgovine	18
Slika 4: Umeritvena krivulja za določanje koncentracije skupnih fenolov	21

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Zgornja mejna vrednost nitrata ($\text{mg NO}_3^-/\text{kg}$) v solati (Pravilnik o onesnaževalcih..., 2003)	11
Preglednica 2: Razvrstitev fenolnih spojin (Abram in Simčič, 1997)	12
Preglednica 3: Povprečne vrednosti amonijevega in nitratnega dušika v sveži papriki, paradižniku in solati	25
Preglednica 4: Povprečne vrednosti amonijevega in nitratnega dušika v papriki, paradižniku in solati glede na izvor.....	25
Preglednica 5: Povprečne vrednosti amonijevega in nitratnega dušika v papriki, paradižniku in solati glede na način pridelave	26
Preglednica 6: Povprečne vrednosti skupnih fenolov v papriki, paradižniku in solati glede na čas skladiščenja	27
Preglednica 7: Povprečne vrednosti skupnih fenolov v papriki, paradižniku in solati glede na izvor in ne glede na čas skladiščenja	28
Preglednica 8: Povprečne vrednosti skupnih fenolov v papriki, paradižniku in solati glede na način pridelave in ne glede na čas skladiščenja.....	28
Preglednica 9: Povprečne vrednosti askorbinske kisline v sveži papriki in paradižniku	29
Preglednica 10:Povprečne vrednosti askorbinske kisline v papriki in paradižniku glede na izvor.....	29
Preglednica 11: Povprečne vrednosti askorbinske kisline v papriki in paradižniku glede na način pridelave.....	30
Preglednica 12: Povprečne vrednosti karotenoidov v solati glede na čas skladiščenja.....	31
Preglednica 13: ..Povprečne vrednosti karotenoidov v solati glede na izvor in ne glede na čas skladiščenja.....	32
Preglednica 14: Povprečne vrednosti karotenoidov v solati glede na način pridelave in ne glede na čas skladiščenja	33

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

BID	biodinamična pridelava
EKO	ekološka pridelava
F.C.	Folin-Ciocalteujev reagent
HID	hidroponska pridelava
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti (High Performance Liquid Chromatography)
HPO ₃	metafosforna kislina
INT	integrirana pridelava
KNV	konvencionalna pridelava
KON	kontrola
L-AK	L-askorbinska kislina
L-DHAK	L-dehidroaskorbinska kislina
N ₂	dušik
N ₂ O	didušikov oksid
Na ₂ CO ₃	natrijev karbonat
NH ₃	amonijak
NH ₄ ⁺	amonijev ion
NO ₂ ⁻	nitrit
NO ₃ ⁻	nitrat
T+P	trgovina in proizvodnja

1 UVOD

V sodobnem času ima zelenjava v humani prehrani zaradi prehransko pomembnih sestavin zelo pomembno vlogo, saj uživanje le-te preprečuje pojav raka in kardiovaskularnih bolezni. Tako tudi znanost daje vse večji poudarek na raziskovanje številnih biološko aktivnih snovi v zelenjavi, kot so vitamini, minerali, vlaknine in fenolne spojine. Vsebnost nitratov v zelenjavi in z njimi povezano prekomerno gnojenje z dušikom, so prav tako ena izmed pomembnih tem raziskovanja vrtnin, saj ima prevelika količina le-teh negativne učinke na zdravje ljudi.

Vedno več potrošnikov zanima kakovost zelenjave in njena povezava s tehniko pridelave. Večinski delež kmetijstva še vedno predstavlja konvencionalno kmetijstvo. Kljub temu so se z leti začele pojavljati tudi okolju prijaznejše tehnike, kot so integrirana, ekološka in biodinamična pridelava, za katere veliko zanimanja pokažejo potrošniki, ki si želijo bolj kakovostno hrano in prijaznejšo pridelavo. Tradicionalno gojenje na zemlji se vedno bolj zamenjuje z breztalnimi (hidroponičnimi) sistemi, kjer v vodo nadzorovano dodajamo hranila. Različni načini gojenja se med seboj predvsem razlikujejo po uporabi gnojil (organsko ali mineralno gnojilo), po sredstvih za varstvo rastlin in onesnaževanju okolja.

Ker je potreba po uživanju vrtnin vedno večja, je kupcem potrebno zagotoviti zelenjavo skozi vse leto. Slovenija ima za celoletno gojenje zelenjave na prostem manj ugodne razmere. Papriko in paradižnik, ki sta toplotno zahtevni vrtnini, lahko na prostem gojimo le v poletnem obdobju. Zato je v zadnjem desetletju doma in po svetu gojenje zelenjave razširjeno čez vse leto v pokritih in ogrevanih sistemih, vendar je kljub temu zaradi nizke samooskrbe potrebno v Slovenijo uvoziti velike količine zelenjave iz drugih držav.

1.1 NAMEN DELA

Glavni namen magistrskega dela je bil ugotoviti, kako način pridelave zelenjave vpliva na vsebnost nitratov in skupnih fenolov. Preučili smo tudi vpliv izvora ter skladiščenja na količino skupnih fenolov v solati, paradižniku in papriki ter karotenoidov v solati. Prav tako smo želeli ugotoviti, kako izvor in način gojenja vplivata na količino amonijevega dušika v svežih plodovih vseh treh vrst zelenjave ter, kako izvor in način pridelave vplivata na vsebnost askorbinske kisline v sveži papriki in paradižniku.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

V okviru naloge smo pred začetkom analiz postavili naslednje hipoteze:

- vsebnost nitratov, askorbinske kisline in skupnih fenolov se razlikuje glede na način pridelave,
- izvor zelenjave je v povezavi s količino skupnih fenolov in askorbinsko kislino,
- način gojenja ne vpliva na vsebnost skupnih karotenoidov,
- med skladiščenjem se vsebnost skupnih fenolov in skupnih karotenoidov manjša.

2 PREGLED OBJAV

2.1 NAČINI PRIDELAVE ZELENJAVE

2.1.1 Konvencionalen način pridelave

Konvencionalno ali intenzivno kmetijstvo je način pridelave, katerega začetki segajo v 20. stoletje in še danes predstavlja najpogostejši način gojenja na svetu. Novi načini obdelovanja zemlje, odkritje pesticidov in posledično povečanje pridelkov, so kmetom omogočili lažje in učinkovitejše delo. Značilnosti konvencionalnega kmetijstva so intenzivna raba tal, velika poraba kemičnih sredstev in energije ter agresivna uporaba kmetijske tehnike. Konvencionalna pridelava dovoljuje uporabo gensko spremenjenih organizmov in s fitofarmacevtskimi pripravki tretiranih semen, v zemljo pa je možen vnos mineralnih gnojil in fitofarmacevtskih sredstev (Kocjan Ačko, 2000).

Za pridobitev čim večje količine pridelkov, se poleg uporabe organskih gnojil (hlevski gnoj, živalski ali rastlinski ostanki, kompost), vedno več intenzivno gnoji z mineralnimi gnojili, saj se tako dodatno izboljša založenost tal s hranili in poveča rodovitnost zemlje. Mineralna gnojila so lahko enostavna (dušikova, fosforjeva, kalijeva) ali kompleksna (dvojna: dušikova + fosforjeva, fosforjeva + kalijeva, dušikova + kalijeva; ali trojna: NPK-dušikova + fosforjeva + kalijeva) (Osvald, 2000).

Strokovnjaki so dolgo zagovarjali intenziviranje kmetijske proizvodnje, vse dokler se niso začeli zavedati posledic, ki jih je omenjen način pridelave prinašal. Konvencionalna pridelava je danes tehnološko specializirana ter s stališča uporabe zaščitnih sredstev zelo intenzivna. To se kaže predvsem v onesnaževanju voda zaradi prevelike količine mineralnih gnojil in drugih kemijskih sredstev, slabšanju rodovitnosti prsti, zmanjševanju biotske raznolikosti, poleg tega pa se pri rastlinah in živalih pojavlja vedno več bolezni zaradi prevelike uporabe pesticidov. Problem intenzivnega kmetijstva je, da se poudarja količina in manj sama kvaliteta, hrana pridelana na tak način, pa posledično vsebuje manj bioaktivnih komponent (Bavec, 2001).

Prednosti in slabosti konvencionalne pridelave (Bavec, 2001):

Prednosti

- veliki pridelki,
- velika delovna storilnost,
- prihranek časa,
- lažje delo.

Slabosti

- osiromašenje narave,
- degeneracija tal,
- onesnaževanje okolja,
- razsipna poraba surovin,
- zniževanje odkupnih cen kmetijskih pridelkov v svetovnem merilu.

2.1.2 Integriran način pridelave

Integrirana pridelava predstavlja prijaznejšo obliko kmetovanja tako za okolje kot za potrošnika v primerjavi s konvencionalnim načinom pridelave. Danes je ta oblika gojenja zelenjave razširjena v večini zahodnoevropskih držav in potrošnikom zagotavlja, da vrtnine ne vsebujejo zdravju škodljivih snovi nad dovoljeno mejo. Temelj gojenja rastlin na integriran način je uravnoteženo kroženje snovi, ohranitev in izboljšanje rodovitnosti tal, kolobar, izbira odpornih kultivarjev ter izbira okolju prijaznih načinov gojenja. Cilji integrirane pridelave so pridelati zelenjavo visoke kakovosti, varovanje okolja, ohranjanje urejenega videza pridelovalnih površin in poraba gnojil na osnovi izračunanih potreb po le-teh (Osvald in Kogoj Osvald, 2003; Potočnik in Bavec, 2005; Bavec in sod., 2000).

Kdor želi pridelovati zelenjavo na integriran način, mora vključiti v integrirano pridelavo vse površine na katerih prideluje zelenjavo, prav tako pa mora slediti napovedim opazovalno-napovedovalne službe. Vsako leto se je potrebno prijaviti v kontrolo Organizaciji za kontrolo integrirane pridelave in voditi evidence. Organizacija za kontrolo v primeru, da je zelenjava pridelana v skladu s Pravilnikom o integrirani pridelavi, izda certifikat s čimer pridelovalec pridobi pravico do uporabe znaka »integriran«. Stroški integrirano gojene zelenjave so v primerjavi s konvencionalnim gojenjem višji do 20 odstotkov, pridelek pa je za 10 odstotkov manjši. Kljub manjšim pridelkom in višjim stroškom, cene integrirano pridelanih vrtnin niso višje, zato potrošniki pri nakupu dajejo prednost takšnim vrtninam pred vrtninami pridelanimi na konvencionalen način (Osvald in Kogoj Osvald, 2003).

Pri integriranem pridelovanju zelenjave je potrebno upoštevati smernice, ki določajo ukrepe za omenjen način pridelovanja. V zaščitениh prostorih je prepovedana uporaba herbicidov, kemično razkuževanje tal ter odprt hidroponski sistem za pridelavo vrtnin. Obdelava tal mora biti usmerjena v ohranitev ali izboljšanje rodovitnosti zemlje, zagotoviti pa je potrebno tudi raznolik kolobar. Obroke vode je potrebno za namakanje prilagoditi glede na vrsto rastline, vrsto tal in klimatske razmere. Pomembne omejitve predstavljajo gnojenje ter uporaba sredstev za varstvo rastlin. Pri gnojenju je potrebna predhodna analiza tal, ki naj bi jo v zaščitениh prostorih izvajali na 2 leti, na prostem pa najmanj vsaka 4 leta. Glede na rezultate analiz se nato uskladi vnos hranil, prednost pred mineralnim pa ima organsko gnojenje. Največja skupna vrednost uporabljenega dušika iz mineralnih gnojil je lahko 170 kg/ha razen za zelenjavo, kot so solata, paradižnik in paprika, pri katerih je dovoljena maksimalna količina uporabljenega dušika iz mineralnih gnojil 200 kg/ha letno. Gnojila je potrebno dodajati v obrokih, da se preprečijo večje izgube hranil. Za varstvo rastlin se v integriranem kmetijstvu poseže po fitofarmacevtskih sredstvih šele takrat, ko biološki, mehanski ali drugi ukrepi niso učinkovali. V primeru pojava škodljivcev se pesticidi lahko uporabijo, ko omenjeni organizmi presežejo prag škodljivosti. Za kemično zatiranje lahko pridelovalec uporabi le fitofarmacevtska sredstva iz tehnoloških navodil ali pa pripravke za varstvo rastlin, ki se uporabljajo tudi v ekološkem kmetijstvu (Tehnološka navodila..., 2015).

2.1.3 Ekološki način pridelave

Ekološko kmetijstvo je način pridelave, kjer je rezultat kakovosten pridelek, brez negativnih posledic kmetovanja na okolje. Osnovni namen ekološke pridelave je omogočiti ravnovesje med tlemi-rastlinami-živalmi-ljudmi, prav tako pa zagotoviti sklenjeno kroženje snovi v omenjenem krogu (Pajek in Činkole, 2005).

Ekološko kmetijstvo je iz leta v leto bolj prepoznavna in hitro rastoča panoga v svetu ter tudi v Sloveniji. Pomembna je tako za kmetovalce kot za potrošnike, kateri vse več povprašujejo po ekološko pridelani hrani, predvsem zelenjavi. Zelenjava ekološke pridelave ne vsebuje kemičnih sredstev za zaščito rastlin, lahko topnih mineralnih gnojil, ostankov pesticidov ali težkih kovin, zato spada v višji cenovni razred. Številni potrošniki verjamejo, da vsebuje ekološko vzgojena zelenjava več bioaktivnih komponent ter manjšo vsebnost nitratov, prav tako pa naj bi imela ekološko pridelana zelenjava izrazitejšo aromo v primerjavi z zelenjavo pridelano na konvencionalen način. Potrošnikom, ki se odločijo za ekološke pridelke, je pomembno, da se zagotavljajo in spoštujejo pravila ekološke pridelave in predelave, zato je v sistemu omenjenega kmetovanja obvezen nadzor nad pridelavo in predelavo hrane od njive do krožnika. S tem je pomembno označevanje in prepovedana uporaba imen ekološki, biološki ali organski za hrano, ki ni pridelana z zahtevami ekološkega kmetijstva oziroma z zakonodajo (Pajek in Činkole, 2005; Amin in Cheah, 2003; Baldwin in sod., 2008).

Prednosti in slabosti ekološke pridelave (Bavec, 2001):

Prednosti

- pridelki brez ostankov pesticidov,
- pridelava je nadzorovana (kontrolne službe),
- boljša kakovost-višje cene,
- ni onesnaževanja okolja s pesticidi,
- ob primerni skrbi za organska gnojila ni onesnaževanja z nitrati,
- zmanjšana odvisnost od industrije gnojil in pesticidov,
- ohranitev stika z naravo.

Slabosti

- manjši pridelki,
- višji pridelovalni stroški,
- neozaveščenost kupcev,
- velik pritisk plevelov, bolezni in škodljivcev v prvih letih po preusmeritvi,
- nujne investicije v stroje za mehanično zatiranje plevelov,
- potrebna so nova znanja o pridelavi,
- preusmeritveno obdobje traja dve leti ali dlje, da so pridelki priznani kot ekološki.

2.1.3.1 Omejitve in gnojenje v ekološki pridelavi

Omejitve

Ekološko kmetijstvo se sooča z veliko omejitvami v primerjavi z ostalimi oblikami kmetovanja. Med drugimi je v ekološki pridelavi prepovedana uporaba sintetičnih sredstev za varovanje rastlin, uporaba lahko topnih anorganskih gnojil, uporaba razkuženega semena, umetnih dodatkov v krmilih ter uporaba gensko spremenjenih organizmov, kar vodi do hrane brez kemičnih ostankov ter manj onesnaženega okolja. Poleg tega pri ekološki pridelavi ni dovoljeno hidroponsko in aeroponsko gojenje. Prav tako pridelki ne smejo vsebovati preseženih vrednosti nitratov. Pri združenju ekoloških kmetov v Avstriji velja največja dovoljena vrednost v primeru solate 2,0 g nitrata v 1 kg sveže mase. Za rodovitnost zemlje je pri ekološkem kmetijstvu potrebno poskrbeti z gojenjem metuljnic v okviru večletnega kolobarja in z dodajanjem kompostiranega ali nekompostiranega organskega materiala (Bavec, 2001; Smith Spangler in sod., 2012; Nicoletto in sod., 2014).

Gnojenje

Za pridelavo ekološke hrane se praviloma uporabljajo organska gnojila, kot so kompost, dozorel hlevski gnoj, gnojevka, po potrebi pa tudi snovi za apnenje kisle zemlje, ki so v skladu z zakonodajo. Dovoljena je tudi uporaba organskih gnojil rastlinskega izvora, kot so tropine oljnic ali melasa. Pri pomanjkanju hranil je s predhodnim dovoljenjem kontrolne službe, dovoljeno gnojenje z dokupljenimi gnojili. Za dognojevanje se uporabljajo mleta, hitro delujoča organska gnojila (melasa) ali mešanice več organskih gnojil (Bavec, 2001).

2.1.4 Biološko-dinamičen način pridelave

Biološko-dinamična metoda ali krajše biodinamika predstavlja eno najstarejših oblik sonaravnega kmetijstva. Temelji na preučevanju energij zemlje in vesolja na rast in razvoj rastlin ter živali. Začetnik omenjene metode je avstrijski znanstvenik Rudolf Steiner, ki biodinamiko opisuje kot duhovno znanost imenovano antropozofija, kar pomeni modrost o človeku. Bistvo biodinamičnega kmetovanja je, da ljudje, živali in rastline predstavljajo celoto na katero deluje vesolje s silami planetov našega osončja in ozvezdij zodiaka. Kdor se ukvarja z biodinamičnim načinom pridelave, se mora torej poučiti o osnovah astronomije, kot je na primer položaj planetov, predvsem položaj Lune (Kocjan Ačko, 2000; Vrhunc, 2011).

Za biodinamično kmetovanje veljajo enaka pravila kot v ekološki pridelavi, vendar so ta pravila precej bolj stroga, saj je potrebno upoštevati mednarodne smernice Demeter. Uporabljati se sme le krma iz biodinamične pridelave ter zrel kompost. Zahteva se uporaba biološko-dinamičnih preparatov narejenih iz zdravilnih zelišč, mineralov in živalskega gnoja, ki vzpodbujajo rodovitnost tal in vitalnost rastlin. Kolobarjenje mora potekati po zaporedju kozmičnih impulzov za plodovke, korenovke, cvetnice in listnate rastline. Pri delu se upošteva setveni koledar Marie Thun, učenke Rudolfa Steinera, kjer se nahajajo podatki o tem, kateri dnevi so ugodni za setev, presajanje, nego in spravilo rastlin glede na položaj Lune. V njem so označena ozvezdja v zodiaku pred katerimi potuje Luna na posamezen dan in položaj planetov. Predvsem

je pomembno, da se pridelki pobirajo ob njihovem najbolj primernem času, saj to poveča vsebnost hranil (Topolovec, 2010).

Biodinamika ne dovoljuje uporabe kemičnih sredstev za zatiranje bolezni rastlin, škodljivcev in plevela, uporabe industrijsko izdelanih umetnih gnojil, s kemičnimi preparati razkuženih semen ali gensko spremenjenih organizmov (Sattler in Wistinghausen, 1995).

Pridelki in izdelki pridelani po načelih biodinamike, se na trgu pojavljajo pod blagovno znamko Demeter, ki označuje hrano najvišje kakovosti. V eni izmed raziskav, ki je potekala v Braziliji, so ugotavljali vsebnost fenolov, flavonoidov in antioksidantov v mangu pridelanem na ekološki, biodinamičen in konvencionalen način. Rezultati so pokazali, da je imel mango pridelan na biodinamičen način največjo vrednost flavonoidov in antioksidantov, prav tako pa so potrdili, da biodinamična pridelava ne škoduje okolju. Z biodinamičnim načinom kmetovanja, poleg pridelave hrane, torej prav tako ohranjamo naravo in kulturno krajino. Poleg tega raziskave kažejo, da pri ekološkem in biodinamičnem načinu pridelovanja porabimo veliko manj energije kot pri konvencionalnem kmetijstvu, in sicer do 50 % predvsem zaradi neuporabe sintetičnih škropiv in mineralnih gnojil (Demeter, 2016; Fonseca Maciel in sod., 2010; Steiner, 2011; Turinek in sod., 2008).

2.1.4.1 Preparati za gnojenje in zaščito rastlin

V biodinamiki se za gnojenje, krepitev in zaščito rastlin uporabljajo različni preparati in pripravki iz naravnih sestavin, ki se delijo na dve vrsti: na preparate za škropljenje in na kompostne preparate. Če uporabimo tako kompostne pripravke kot oba pripravka za škropljenje, bodo skupaj vsi pripravki razvili svoje sile, ki bodo omogočile maksimalen razvoj vseh potencialov nekega živega bitja (Sattler in Wistinghausen, 1995).

Kompostni pripravki

Med kompostne pripravke štejemo: cvetove rmana (502), pravo kamilico (503), poganjke velike koprive (504), hrastovo lubje (505), cvetne glavice regrata (506) in sok iz cvetov baldrijana (507). Cvetovi rmana vplivajo na dušikove in kalijeve procese v zemlji, prava kamilica naredi gnojilo obstojnejše z ozirom na dušik, kopriva daje gnojilu in tlom sposobnost razumnega upravljanja s snovmi, hrastovo lubje ima sposobnost preprečevanja rastlinskih bolezni, regrat vzpodbuja pravo razmerje med kremenčevo kislino in kalijem, sok cvetov baldrijana pa posreduje gnojilu moči, da razvije pravi odnos do fosforja. Kompostne pripravke dodamo kompostu, gnoju, gnojevki ali gnojnici (Sattler in Wistinghausen, 1995).

Pripravki za škropljenje

Poleg kompostnih pripravkov sta v uporabi tudi dva pripravka za škropljenje: gnoj iz roga (500) in kremen iz roga (501). Gnoj iz roga naj bi podpiral zemeljske, kremen iz roga pa bolj kozmične sile. Gnoj iz roga spodbuja rast korenin in prvih poganjkov ter blaži posledice suše. Za razliko od gnoja iz roga, pa kremen iz roga prinaša rastlinam dodatne sile sonca in svetlobe, pospešuje asimilacijo in zorenje ter povečuje odpornost in pridelek rastlin (Sattler in Wistinghausen, 1995; Vrhunc, 2011).

2.1.5 Hidroponski način pridelave

Hidroponika je način gojenja rastlin, kjer korenine nimajo stika z zemljo, temveč lahko rastejo v zraku (z vzdrževanjem visoke vlage), v vodi (če je dobro prezračevanje) ali raznih inertnih substratih (kamenca volna, pesek, vermikulit, perlit, šota, itd.). Zanimanje za gojenje brez zemlje je začelo naraščati v 80. letih prejšnjega stoletja, danes pa se hidroponiki najbolj posvečajo na Nizozemskem, v Kanadi, Nemčiji in Avstraliji. V Sloveniji je uporaba omenjene gojitvene tehnike zaenkrat še zanemarljiva (Hudina in sod., 2011; Osvald in sod., 2005; Mason, 1990).

Gruda (2009) pravi, da so številni znanstveniki prišli do različnih ugotovitev: redki dajejo prednost talnemu načinu, nekateri pravijo, da med talno in hidroponsko pridelano zelenjavo ni razlik, vedno več znanstvenikov pa daje prednost hidroponiki. Pri hidroponskih sistemih se namreč dovaja natanko določena količina makro- in mikroelementov, ki jih rastlina potrebuje za rast in razvoj, kar pa nam gojenje v zemlji ne omogoča. Prav tako so za hidroponiko značilni zavarovani prostori, ki varujejo rastline pred vremenskimi vplivi in omogočajo uravnavanje temperature, svetlobe in vlažnosti zraka (Gruda, 2009).

Raziskave kažejo, da pri hidroponskem gojenju zelenjave lahko s primerno izbiro substrata in hranilne raztopine, dosežemo tudi do 20 % več pridelka kot pri gojenju v zemlji, saj lahko sestavo hranilne raztopine spreminjamo glede na potrebe rastlin (Eichin in Schnitzler, 1994).

Prednosti in slabosti hidroponskega gojenja (Osvald in sod., 2005; Schwarz, 1995):

Prednosti

- rastline se lahko gojijo kjerkoli (izkoristimo lahko degradirane talne površine),
- ekonomična poraba vode in hranil (imamo nadzor nad porabljeno količino vode),
- manjše onesnaževanje okolja,
- kolobarjenje ni potrebno,
- ni potrebna uporaba herbicidov,
- nadzorovan dodatek hranil glede na potrebe,
- hitrejša rast,
- večji pridelek,
- manj fizičnega dela,
- boljša zračnost korenin,
- manjše okužbe in bolezni korenin zaradi steriliziranih substratov.

Slabosti

- visoki začetni stroški,
- vse rastline niso primerne za hidroponiko (primerne so plodovke, solatnice, špinačnice, kapusnice, stročnice in okrasne rastline),
- znanje (glede hranilnih raztopin, oskrbe rastlin),
- večji pojav fizioloških motenj,
- težave z reciklažo hranilne raztopine in substrata.

2.1.5.1 Delitev hidroponskih sistemov

Hidroponsko gojenje lahko razdelimo na tekočinske in agregatne sisteme. Pri tekočinskem sistemu korenine izpostavimo hranilni raztopini, pri agregatnih sistemih pa daje koreninam oporo inertni substrat. Inertni substrat preplavlja stalno ali občasno hranilna raztopina, ki se potem vrne v bazen. Hranilna raztopina mora vsebovati pravo količino posameznih elementov za rast in razvoj rastlin. V večjih količinah mora vsebovati makroelemente (dušik, fosfor, kalij, magnezij, kalcij in žveplo), v manjših količinah pa mikroelemente (železo, baker, bor, mangan, itd.). Za hranila je pomembno, da se dodajo rastlinam tako, da jih rastline lahko dobro absorbirajo, saj v tem primeru lahko izkoristijo vse svoje potenciale (Osvald in Kogoj Osvald, 2005; Schwarz, 1995).



Slika 1: Solata Noisette pridelana na hidroponski način

2.2 NITRATI

Nitrat je naravno prisotna sestavina v različnih živilih, prav tako pa se nahaja v vodi kot posledica uporabe dušikovih gnojil in živalskih iztrebkov v kmetijstvu. Običajno je prisoten v manjših količinah razen v določeni zelenjavi, kjer lahko dosega večje koncentracije. Iz zelenjave naj bi dobili dnevno okrog 80 % celotne količine nitratov (Dennis in Wilson, 2003).

Za rast in normalen razvoj potrebujejo rastline dušik. Dušik vpliva na rast in število poganjkov ter je sestavni del nekaterih esencialnih sestavin rastlin, kot so aminokisline, nukleinske kisline ter klorofil. Pomanjkanje dušika zaznamo kot zaostanek v rasti, listi postanejo blede, svetlo rumeni ter začnejo sčasoma odpadati, kar privede do odmiranja rastline. Pri pomanjkanju dušika rastline tudi pozneje dozori in imajo slabšo skladiščno sposobnost (Iammarino in sod., 2013).

Če je dušika več kot ga rastlina potrebuje za nastanek proteinov, se presežek akumulira v obliki nitrata, ta pa se kopiči predvsem v zelenih listnatih delih rastline (Worthington, 2001). Presežki dušika so tako razlog za veliko vsebnost nitratov in nitritov v pridelku, poleg tega poslabšajo kvaliteto zelenjave (manj suhe snovi in manjša vsebnost koristnih sestavin v pridelkih), zmanjšajo skladiščno sposobnost in povečajo občutljivost za razne bolezni. Poleg prevelike

količine dodanih dušikovih gnojil, so razlogi za prevelike vrednosti nitratov v zelenjavi še manjša asimilacija in počasnejša pretvorba nitratov v aminokisline zaradi nizke intenzivnosti svetlobe in nizkih temperatur ter velika mineralizacija organskih snovi (Bavec, 2003).

Prekomerno gnojenje z dušikom predstavlja negativen učinek na okolje, saj so ob spravilu zelenjave pogosto v zemlji prisotni veliki ostanki mineralnega dušika, ki se med zimo izperejo v podtalnico in onesnažujejo pitno vodo. Podatki kažejo, da naj bi v Evropi prebivalci s pitno vodo v telo vnesli 16 % celotne dnevne količine nitratov (Potočnik in Bavec, 2005).

2.2.1 Kroženje dušika v naravi

Dušik je po količini najbolj zastopan plin v zemeljski atmosferi, ki pa ga višje oblike rastlin in živali ne morejo direktno uporabiti pri svojih presnovnih procesih. Dostopen postane šele, ko ga določene bakterije in alge pretvorijo v anorgansko obliko, kar imenujemo fiksacija dušika. Pri tem nastane amonijak (NH_3). Prav tako tudi dušik iz odmrlih organskih tkiv ni direktno dostopen rastlinam in se mora najprej pretvoriti v mineralno, anorgansko obliko. Postopek, kjer iz organskih molekul nastane anorganski dušik, imenujemo mineralizacija. Po razgraditvi organskih snovi se v tla sprosti predvsem NH_3 . Amonijak ali pa amonijev ion (NH_4^+) se lahko absorbira v rastline neposredno, večina pa se ga pred tem z nitrifikacijo pretvori v nitratno obliko. Nitrifikacija je biološka oksidacija amonijevih ionov, ki jo povzročajo specifične, nitrifikacijske bakterije. V prvi fazi pod vplivom nitritnih bakterij iz rodu *Nitrosomonas* nastanejo nitriti (NO_2^-), neposredno za tem pa bakterije rodu *Nitrobacter* nitrit oksidirajo do nitrata (NO_3^-) (Suhadolc in sod., 2006). Ponavadi sprejme rastlina nitrat skupaj z vodo in je glavna oblika prehrane rastline z dušikom. V rastlini se nitrat reducira in vgradi v aminokisline (Voroney in Derry, 2008).

V anaerobnih pogojih se nitrat hitro izgublja iz tal v procesu denitrifikacije, ki poteka pod vplivom heterotrofnih organizmov. Ti organizmi namreč uporabljajo nitrat kot vir kisika pri anaerobnem dihanju in pretvorijo nitrat v dušik (N_2) in didušikov oksid (N_2O), ki se nato sprostita v ozračje (Suhadolc in sod., 2006).

2.2.2 Vgradnja dušika ter redukcija nitrata v rastlinah

Kot smo omenili sta glavna vira anorganskega dušika, ki ga rastlina sprejme preko korenin, NO_3^- in NH_4^+ . Velik del NH_4^+ se porabi ali pa se neposredno vgradi v različne aminokisline že kar v koreninah, medtem ko je NO_3^- bolj mobilni po ksilemu in se lažje skladišči v vakuolah korenin, poganjkov in skladiščnih organov. Akumulacija NO_3^- v vakuolah pomembno vpliva na kvaliteto zelenjave. Zaloge NO_3^- v rastlini so zelo pomembne predvsem v času neugodnih razmer in nezadostne oskrbe z dušikom (Podgoršek, 2005). Da lahko rastlina izkoristi nitrat za proizvodnjo aminokislin, proteinov in drugih dušikovih spojin, zahteva vgradnja anorganskega dušika v rastlino najprej redukcijo nitrata v nitrit, nato pa v amonijevo obliko, kjer sledi vezava amonija v aminokisline. Redukcija nitrata v nitrit poteka v citoplazmi in jo katalizira encim nitrat reduktaza (NR), redukcija nitrita v amonij pa poteka v kloroplastih s pomočjo encima nitrit reduktaze (NiR) (Masclaux-Daubresse in sod., 2009).

Glavni vir NO_3^- predstavlja zelenjava, kjer se predvsem v solati in špinaci nahajajo velike količine, medtem ko je vsebnost NO_2^- v zelenjavi majhna in je običajno pod 2 mg/kg, razen, če je prišlo do poškodbe vrtnin ali nepravilnega skladiščenja, kar vodi v spremembo NO_3^- v NO_2^- zaradi mikrobiološke redukcije (Correia in sod., 2009).

2.2.3 Dejavniki, ki vplivajo na vsebnost nitrata v rastlini

Na akumulacijo dušika v rastlini vpliva predvsem način gnojenja ter okoljski in fiziološki dejavniki. Pri tem imajo vrsta, količina in oblika dušikovih gnojil ter količina svetlobe največji vpliv na vsebnost nitratov v vrtninah. Med pomembne dejavnike, ki vplivajo na sprejem nitrata v rastline spadajo tudi količina padavin, temperatura, vrsta in pH tal. Večje količine nitratov vsebujejo vrtnine, ki rastejo na senčnih legah. Manj intenzivna svetloba namreč povzroča počasnejšo fotosintezo, zato se nitrat kopiči v nekaterih delih rastlin. Prav tako pa ima svetloba velik vpliv na nitrat reduktazo, saj je ta najbolj aktivna ob močni svetlobi. Znano je, da višje temperature in velika vsebnost organske snovi v tleh spodbudijo kopičenje nitrata v rastlinah, namakanje pa naj bi ga zmanjšalo. Poleg tega so ugotovili, da rastline pri nizkem pH-ju sprejmejo dušik v obliki amonija, tiste rastline, ki pa so prilagojene na visoko vrednost pH in se nahajajo v aerobnih tleh, pa sprejmejo dušik v obliki nitrata (Masclaux-Daubresse in sod., 2009). Prav tako je količina nitratov odvisna od vrste zelenjave in časa skladiščenja. Med dolgotrajnim transportom in ob prisotnosti bakterij se lahko iz nitratov tvorijo nitriti. Še posebej so temu procesu podvržene solatnice, ki so poškodovane, saj imajo tako bakterije prosto pot v rastlino (Potočnik in Bavec, 2005).

Same rastline niso zmožne omejiti sprejema nitrata iz zemlje. Vsebnost nitrata v vrtninah lahko zmanjšamo z manjšo uporabo mineralnih dušikovih gnojil ter z uporabo inhibitorjev nitrifikacije (Masclaux-Daubresse in sod., 2009).

2.2.4 Vpliv nitrata na zdravje ljudi

Čeprav nitrat pod dovoljeno zgornjo mejno vrednostjo ni nevaren, se lahko pretvori v nitrit in ta reagira z amini ali amidi ter se pretvori v -N-nitrozo spojine (N-nitrozamine ali N-nitrozamide) (Correia in sod., 2009). Z zaužito vodo in hrano se od 5 do 20 % nitratov spremeni v nitrite že v ustih s pomočjo bakterij. Znanstveniki so dokazali, da pride iz zelenjave v želodec 5 % nitratov v obliki nitritov. Proces se nadaljuje tudi v želodcu, kjer se iz nitritov tvorijo nitrozamini, ki so kancerogeni. Ostali nitrati in nitriti (95 %) se zelo hitro absorbirajo in se že v 3 do 5 urah po zaužitju izločijo iz telesa ter se tako v telesu ne nalagajo (Potočnik in Bavec, 2005).

Uživanje nitratov naj bi vplivalo na pojav nekaterih vrst raka, sladkorno bolezen in motenj v delovanju ščitnice, vendar direktnega dokaza o kancerogenosti nitrata ni, razen preko formacije nitrozaminov. Nitrit se veže tudi na hemoglobin in s tem nastane methemoglobin na katerega se kisik ne more vezati. Posledica oblikovanja methemoglobina je slabo prenašanje kisika do tkiv in pojav hipoksemije. V primeru, da delež methemoglobina doseže 10 % normalne vrednosti hemoglobina, se pojavi cianoza (modro obarvanje kože), ki je eden izmed znakov

hipoksemije. Na povečane količine nitratov in nitritov tako v vodi kot v hrani, so bolj kot odrasli ljudje, dovzetni otroci (Chan, 2011).

2.2.5 Dopustni dnevni vnos (ADI- Acceptable Daily Intake) nitrata

Dopustni dnevni vnos ali ADI predstavlja količino snovi, ki jo sme človek zaužiti vsak dan, ne da bi pri tem ogrozil svoje zdravje. Odmerek se izraža v miligramih na kg telesne teže. Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) svetuje, da je maksimalen dnevni vnos NO_3^- v telo 3,65 mg/kg telesne teže, kar za 60 kg težko osebo pomeni 219 mg NO_3^- . Glede NO_2^- velja priporočen maksimalen dnevni vnos le 0,13 mg/kg telesne teže odraslega človeka, torej 7,8 mg NO_2^- za osebo s 60-imi kg (Potočnik in Bavec, 2005).

2.2.6 Dovoljene vrednosti nitratov v zelenjavi

Dovoljene vrednosti nitratov v vrtninah so v slovenski zakonodaji opredeljene v Uradnem listu RS in v evropski zakonodaji o največjih dovoljenih količinah onesnaževalcev v hrani. Omejitve za nitrate so v pravilnikih določene samo za solato in špinačo, odvisne pa so od načina pridelave in časa spravila. Dovoljene vsebnosti nitratov v solati so podane v preglednici 1.

Preglednica 1: Zgornja mejna vrednost nitrata (mg NO_3^- /kg) v solati (Pravilnik o onesnaževalcih..., 2003)

ŽIVILO		ZGORNJA MEJNA VREDNOST (mg NO_3^- /kg sveže mase)
Sveža zelena solata (<i>Lactuca sativa</i> L.) razen solata tipa »Ledenka«		
Gojena v rastlinjakihi oziroma drugih zavarovanih prostorih	Spravilo od 1. oktobra do 31. marca	4500
	Spravilo od 1. aprila do 30. septembra	3500
Gojena na prostem	Spravilo od 1. oktobra do 31. marca	4000
	Spravilo od 1. aprila do 30. septembra	2500
Solata tipa »Ledenka«		
Gojena v rastlinjakihi oziroma drugih zavarovanih prostorih		2500
Gojena na prostem		2000

Za solato gojeno v rastlinjakihi so dovoljene večje zgornje mejne vrednosti nitratov kot za solato gojeno na prostem. Če solata nima natančnega izvora, se za potrebe uradnega nadzora v prometu uporabljajo mejne vrednosti določene za solato gojeno na prostem (Pravilnik o onesnaževalcih..., 2003).

2.3 FENOLNE SPOJINE

Fenolne spojine so vse tiste spojine, ki vsebujejo najmanj en aromatski obroč in najmanj eno hidroksilno (-OH) skupino, vezano neposredno na aromatski obroč. V naravi so običajno prisotni fenoli z več hidroksilnimi skupinami, zato se zanje uporablja tudi ime polifenoli. Fenoli

spadajo med sekundarne metabolite za katere je značilno, da niso neposredno vpleteni v normalno rast, razvoj in razmnoževanje organizma. Fenolne spojine najdemo predvsem v epidermalnih tkivih in so v rastlinah zelo razširjene. Vsebnost fenolnih spojin se razlikuje od vrste in sorte, prav tako pa na količino fenolnih snovi vpliva območje pridelave. Ko analiziramo zelenjavo in sadje nas velikokrat zanima vsebnost celokupnih fenolov, katerih rezultat se največkrat prikazuje v ekvivalentih galne kisline (Abram in Simčič, 1997; Taiz in Zeiger, 2006; Thaler in Bajc, 2013; McGhie in sod., 2005).

2.3.1 Delitev fenolnih spojin

V rastlinah se nahaja več tisoč različnih fenolnih spojin, ki jih lahko razdelimo v več skupin. Skupine se med seboj razlikujejo po številu ogljikovih atomov in po strukturi osnovnega ogrodja posamezne spojine. V preglednici 2 je prikazana razdelitev fenolnih spojin po številu ogljikovih atomov (Abram in Simčič, 1997).

Preglednica 2: Razvrstitev fenolnih spojin (Abram in Simčič, 1997)

ŠT. C- ATOMOV	STRUKTURA	SKUPINA
6	C ₆	fenoli
7	C ₆ -C ₁	fenolne kisline
8	C ₆ -C ₂	fenilacetne kisline
9	C ₆ -C ₃	hidroksicimetne kisline, fenilpropani, kumarini, izokumarini, kromoni
10	C ₆ -C ₄	naftokinoni
13	C ₆ -C ₁ -C ₆	ksantoni
14	C ₆ -C ₂ -C ₆	stilbeni, antrakinoni
15	C ₆ -C ₃ -C ₆	flavonoidi
18	(C ₆ -C ₃) ₂	lignani, neolignani
30	(C ₆ -C ₃ -C ₆) ₂	biflavonoidi
N	(C ₆ -C ₃) _n	lignini
	(C ₆) _n	melanini
	(C ₆ -C ₃ -C ₆) _n	kondenzirani tanini

Ponavadi velja, da v določeni rastlini prevladuje določena skupina fenolnih spojin, kar pa ne izključuje prisotnosti drugih fenolnih snovi v neki rastlini. Hidroksicimetne kisline in flavonoidi so prisotni skoraj v vsaki rastlini, druge skupine pa se nahajajo le v rastlinah določenega rodu in vrste (Macheix in sod., 1990).

2.3.2 Funkcije fenolnih spojin

V naravi fenoli zaradi njihovega grenkega okusa ščitijo rastline pred rastlinojedci ter privabljajo opraševalce in raznašalce semen, saj dajejo plodovom barvo, vonj in okus. Prav tako fenolne spojine prispevajo k odpornosti rastlin na mehanske strese, ki so posledica insektov, mehanskih poškodb ali okužb z glivami, bakterijami ali virusi. Rastline naj bi kot odgovor na stres

izkoristile že prisotne fenolne spojine v celici ali pa naj bi zaradi stresa nastale nove fenolne spojine. Običajno se rastline na stres odzovejo s povečanjem količine fenolnih spojin (Abram in Simčič, 1997; Beckman, 2000).

Fenolne spojine so znane po antioksidativnem delovanju, saj namreč omogočajo lovljenje radikalov, vezavo kovinskih kationov ali pa inhibicijo encimov, ki katalizirajo nastanek radikalov. Flavonoidi naj bi imeli do petdesetkrat večji antioksidativen učinek kot vitamin C ali E (Mindell, 2000). Z antioksidativno aktivnostjo fenoli tako preprečujejo oksidacijo drugih molekul in s tem ščitijo celice v organizmu. Antioksidativen učinek fenolnih spojin narašča s številom hidroksilnih skupin na benzenovem obroču. V primeru, da hidroksilno skupino na tretjem in petem C-atomu v benzenovem obroču nadomesti metoksilna skupina, pa se antioksidativna aktivnost zmanjša (Balasundram in sod., 2006).

Večina fenolov v rastlinah ima tudi antimikrobno učinkovitost, kar lahko pripomore k obrambi rastline zaradi stresa. Na protimikrobno delovanje polifenolov vplivajo količina fenolnih snovi, prisotnost soli, lipidov, pH in temperatura. Ker soli s polifenoli delujejo sinergistično, tako povečajo njihovo antimikrobno delovanje (Segura Campos in sod., 2013).

Fenoli sadju in zelenjavi dajejo barvo, vonj in okus. Zrela zelenjava in sadje naj bi po raziskavah vsebovala več fenolnih snovi. Vsebnost fenolov se lahko precej razlikuje glede mesta nahajanja. Ugotovili so namreč, da zunanja tkiva plodov vsebujejo bistveno večje vsebnosti fenolov v primerjavi z notranjostjo plodov. Tako naj bi na primer jabolka v kožici imela do 100 krat več fenolov kot v mesu (Mitchell in sod., 2007; Lopez in sod., 2014).

2.4 VITAMIN C

Vitamin C ali askorbinska kislina spada med vodotopne vitamine in je od vseh vodotopnih vitaminov najboljši antioksidant, ki pa ga naše telo ni sposobno izdelovati, zato ga je potrebno v telo vnesti s primerno izbiro hrane. Vsebnost vitamina C v sadju in zelenjavi je odvisna od vrste sadja ali zelenjave, sorte, klimatskih razmer, stopnje zrelosti in genetskega izvora (Medić-Šarić in sod., 2002).

Vitamin C vsebuje dve obliki: L-askorbinsko kislino (L-AK), ki je močan reducent in njeno oksidirano obliko, L-dehidroaskorbinsko kislino (L-DHAK). Obe obliki imata biološko aktivnost in se v reakcijah redukcije ter oksidacije pretvarjata iz ene v drugo. Znano je, da v svežih plodovih prevladuje L-AK, med skladiščenjem in toplotno obdelavo pa se zelo poveča vrednost oksidirane oblike (Basu in Dickerson, 1996).

Na razmerje L-AK in L-DHAK prav tako vpliva stopnja zrelosti plodov. Količina L-AK z zrelostjo narašča, medtem ko se količina L-DHAK z zorenjem zmanjšuje. L-AK doseže največje koncentracije v končni fazi zorenja (Gautier in sod., 2008). Prav tako tudi Dumas in sod. (2003) potrjujejo, da se z zorenjem povečuje vrednost L-AK.

Manjša vsebnost askorbinske kisline v zelenjavi je povezana s sezono pridelave ter z nižjo intenzivnostjo svetlobe v zavarovanih prostorih (Lee in Kader, 2000). To so v svoji raziskavi potrdili tudi Dumas in sod. (2003), ki so ugotovili, da vsebuje paradižnik pridelan v zaprtem prostoru, zaradi zmanjšane intenzitete svetlobe, kar do 20 % manj askorbinske kisline.

2.4.1 Stabilnost vitamina C

Vitamin C je ob nepravilnem ravnanju z živili med najmanj obstojnimi vitamini, saj je izredno občutljiv na zunanje dejavnike, predvsem na toploto (nad 10 °C), svetlobo, vlago in kisik (Hounscome in sod., 2009).

Mehanske poškodbe sadja ali zelenjave ter daljši čas med pobiranjem in hlajenjem privedejo do izgub askorbinske kisline. Prav tako se količina askorbinske kisline v živilih lahko drastično zmanjša z neustreznim skladiščenjem živil in neustrezno pripravo ter obdelavo hrane. Vsebnost L-AK v sadju in zelenjavi se postopno manjša, če se čas skladiščenja ali temperatura skladiščenja povečujeta (Lee in Kader, 2000). Dumas in sod. (2003) navajajo, da je padec askorbinske kisline manjši v primeru skladiščenja zelenjave ali sadja na približno 5 °C.

S prekomerno toplotno obdelavo se iz živila lahko izgubi tudi do pol prvotne vsebnosti vitamina C, s kuhanjem v vodi pa tudi več, zato se priporoča kuhanje na pari. Rezanje, lupljenje in podobna mehanska obdelava prav tako zelo zmanjšajo vsebnost vitamina v živilu. Upoštevajoč to dejstvo režemo zelenjavo in sadje na večje kose, in sicer tik pred uporabo, da se zmanjša vpliv kisika. Zelenjavo je potrebno čim manj namakati v vodi ter skrajšati čas shranjevanja na sobni temperaturi ter tudi v hladilniku (Lee in Kader, 2000).

2.5 KAROTENOIDI

Karotenoidi so najbolj razširjeni, v maščobah topni rastlinski pigmenti. Po kemijski strukturi spadajo v skupino tetraterpenov, njihova značilna oblika pa je dolga ogljikovodikova veriga z izmenjujočimi se enojnimi in dvojnimi vezmi, ki vsebuje različne ciklične in/ali aciklične končne funkcionalne skupine. Karotenoide sintetizirajo rastline, fotosintezni organizmi ter nekatere nefotosintezne bakterije, kvasovke in plesni (Stahl in Sies, 2004). So najbolj razširjena skupina naravnih pigmentov z več kot 600 različnimi spojinami. Najdemo jih v membranah kloroplastov v vseh zelenih delih rastline ter v stromi kromoplastov v rdeče, rumeno in oranžno obarvani tkivih. Vloga karotenoidov v rastlini je privabljanje opraševalcev in raznašalcev semen, prav tako pa tudi absorpcija svetlobe ter odstranjevanje prevelike količine le-te iz fotosistema v obliki toplote (Šircelj, 2008). Karotenoidi varujejo rastline pred premočnim ultravijoličnim sevanjem ter nevtralizirajo reaktivne kisikove molekule (Cortese, 2002).

Občutljivi so na previsoke temperature, prisotnost kislin, kisika in svetlobe. Ker ljudje in živali niso sposobni sami sintetizirati karotenoidov, jih je potrebno zaužiti s hrano (Stahl in Sies, 2004). Količina karotenoidov, ki se bodo absorbirali v človeško telo, je odvisna od vsebnosti maščob v posameznem obroku. Če je v obroku prisotnih malo maščob, bo absorpcija manj učinkovita. Da lahko karotenodi potujejo po telesu, se morajo ti namreč vgraditi v trigliceridne lipoproteinske enote (Yeum in Russell, 2002).

Karotenoide delimo v dve podskupini in sicer na karotene in ksantofile. Karoteni vsebujejo le atome ogljika in vodika, medtem ko vsebujejo ksantofili tudi kisik. Med karotene uvrščamo α - in β -karoten, fitoen, fitofluen in likopen, med ksantofili pa so v rastlinah v največji meri prisotni zeaksantin, lutein, kapsantin, kriptoksantin in violaksantin (Stahl in Sies, 2004). Likopen je

odgovoren za rdečo barvo v zelenjavi in sadju, kot so paradižnik, lubenica in rdeče grenivke (Sass-Kiss in sod., 2005). Glavni viri luteina so špinača, solata, ohrovt in temna zelenjava (Ribaya-Mercado in sod., 2004). Od vseh karotenoidov se lahko le α -karoten, β -karoten in β -kriptoksantin pretvorijo v telesu v vitamin A ali retinol (aktivna oblika vitamina A). β -karoten je zaradi njegove razširjenosti v rastlinskih živilih najpomembnejši provitamin A (Sass-Kiss in sod., 2005).

2.6 PAPRIKA

2.6.1 Splošne značilnosti paprike

Paprika (*Capsicum annuum* L.) zaradi plodov spada med plodovke, botanično pa jo uvrščamo v družino razhudnikov (*Solanaceae*). Njen izvor je Srednja Amerika. Prvotno so gojili le pekočo papriko, šele v novejšem času se je uveljavilo gojenje sladke paprike, ki ne vsebuje alkaloida kapsaicina (Osvald, 1999a; Segura Campos in sod., 2013).

Načini gojenja paprike so klasičen način gojenja (gojenje na prostem v zemlji), gojenje v zemlji v zavarovanih prostorih ali hidroponsko gojenje. Paprika je toplotno zelo zahtevna vrtnina, zato jo na zanjo temperaturno ugodnih območjih gojimo na prostem, na manj ugodnih predelih pa v zavarovanem prostoru. Z gojenjem v zavarovanih prostorih lahko pospešimo rast paprike in razširimo pridelavo v zunajsezonsko obdobje. Pri tem je potrebno zagotoviti papriki primerne rastne razmere (temperaturo, svetlobo, vlažnost koreninskega sistema ter relativno zračno vlago) (Osvald, 1999a; Černe, 1988).

2.6.2 Rastni dejavniki paprike

Optimalna temperatura za gojenje paprike je 25 °C. Nizke temperature in daljši temperaturni minimum (2 °C) neugodno vplivajo na rast koreninskega sistema. Rastlina pri nizki temperaturi preneha z rastjo, poleg tega ji odpade cvetni popek. Podoben vpliv imajo tudi previsoke temperature (nad 30 °C) (Osvald, 1999a; Lešić in sod., 2004).

Za pridelavo paprike je pomembno, da so tla prepustna, lažja, dobro gnojena in primerno obdelana. Za kakovosten pridelek je prav tako pomembna vlažnost tal in svetloba. Paprika potrebuje največ svetlobe po vzniku, v fazi rasti in v fazi razvoja prvih pravih listov. Slaba osvetlitev privede do manjših pridelkov ter pridelkov s slabšo kakovostjo (Osvald, 1999a; Pavlek, 1979).

Paprika ima velike zahteve po hranilih. Če jo gojimo v zemlji, jo gnojimo z organskimi in anorganskimi gnojili. Osnovno gnojenje je potrebno opraviti jeseni ali spomladi pred sajenjem, in sicer s 100 kg/ha dušika, 60 kg/ha fosforja in 140 kg/ha kalija. V času rasti posevek dognojimo z dušikovimi gnojili skupno od 80 do 120 kg/ha dušika. Količina dodanih hranil je odvisna od založenosti tal z minerali, tipa zemlje, količine padavin, sorte in zelene količine pridelka. V primeru hidroponske pridelave pa se hranila dodajajo vodi v obliki hranilne raztopine. Sestava hranilnih raztopin je odvisna od stopnje razvoja in zahteve rastlin po določenih mineralih (Osvald, 1999a; Černe, 1988).

2.7 PARADIŽNIK

2.7.1 Splošne značilnosti paradižnika

Paradižnik (*Lycopersicon esculentum* L.) spada med plodovke, botanično pa ga uvrščamo v družino razhudnikov (*Solanaceae*). Izvira iz perujskih Andov, v Evropo pa ga je leta 1498 pripeljal Krištof Kolumb. Danes je paradižnik ena najbolj priljubljenih vrtnin na svetu. V ZDA je največ zemljišč posajenih s paradižnikom, v Evropi pa so največje pridelovalke paradižnika sredozemske države (Italija, Španija, Balkan). V severni Evropi je značilno gojenje paradižnika v zaščitelih prostorih, medtem ko ga v Sloveniji lahko zaradi klimatskih razmer gojimo na prostem, v rastlinjakih ali kombinirano. Gojenje paradižnika na prostem je omejeno na obdobje, ko so zanj ugodne temperaturne razmere. Z gojenjem v neogrevanih ali delno ogrevanih rastlinjakih pa je možno gojiti paradižnik tudi na zanj manj ugodnih območjih. Pri tem lahko izbiramo med gojenjem v zemlji ali na hidroponiki (Osvald, 1999b; Biggs in sod., 2006).

V plodu se sprva nahaja alkaloid solanin, ki je strupen, z dozorevanjem pa prične izginjati in tako v zrelih plodovih ni več prisoten. Barva in oblika plodov sta odvisni od kultivarja, saj sta genetsko pogojeni. V večini primerov je zrel paradižnik rdeče barve, za katero je v največji meri odgovoren karotenoid likopen. Svetloba pospeši obarvanje plodov, zavirata pa ga nizka (pod 16 °C) ali visoka temperatura (nad 32 °C). Ponavadi sta najbolj obarvana meso in povrhnjica. Paradižnik poleg karotenoidov vsebuje različne antioksidante, med drugimi askorbinsko kislino in fenolne spojine. Vsebnost bioaktivnih komponent je odvisna od genetskih in okoljskih dejavnikov, kot tudi od faze zorenja (McGlasson, 2003; Hernandez in sod., 2014; Blum in sod., 2005; Nour in sod., 2013).

2.7.2 Rastni dejavniki paradižnika

Paradižnik je toplotno zahtevna rastlina. Kali pri 11 do 13 °C, optimalna temperatura za vznik pa je 25 do 30 °C. Za ugodno rast poleg primerne temperature potrebuje dobro osvetlitev ter vlažnost tal. Pomanjkanje svetlobe povzroči motnje v rasti in razvoju ter votlost plodov, prevelika osvetljenost pa zaradi zapiranja listnih rež posledično vpliva na razvoj plodov. Zaradi pomanjkanja vode začnejo odpadati plodovi, pri zvišani vlažnosti pa je slabša oplodnja ter večji pojav boleznih-paradižnikove plesni (Osvald, 1999b).

Okvirne količine hranil za gojenje paradižnika so 100-150 kg/ha dušika, 200-250 kg/ha fosforja in 150-200 kg/ha kalija. Priporoča se večkratno dognojevanje posevka z dušikom v času rasti (Černe, 1988).

2.8 SOLATA

2.8.1 Splošne značilnosti solate

Solata (*Lactuca sativa* L.) se uvršča v skupino solatnic ter v družino radičevk (*Cichoriaceae*). Je enoletnica in spada med eno izmed najpogostejše zaužitih zelenjav po celem svetu. Namen pridelave solate so njeni listi, ki se razvijejo na skrajšanem reduciranem stebelu. Listi so lahko temno ali svetlo zeleni, rumeno zeleni, rdečkasti in rjavkasto lisasti. Solato je možno gojiti na

prostem ali v zavarovanih prostorih. V toplotno ugodnih obdobjih jo gojimo na prostem, v toplotno manj ugodnih obdobjih pa v zavarovanem prostoru (Osvald, 1999c; Said in sod., 1996; Jung Kim in sod., 2016).

Pri solati velja, da temnejši kot so listi, več bioaktivnih komponent imajo. Zunanji listi solate naj bi vsebovali 30-krat več vitamina A in 3-krat več vitamina C kot notranji listi. Solata je bogata z vitamini, karotenoidi (lutein, β -karoten) ter fenoli, vsebuje tudi veliko rudnin (magnezija, kalcija, železa, itd.). Prav tako je od intenzivnosti gnojenja odvisna količina nitratov. Zaradi hitre rasti je namreč solata zelo občutljiva na obliko in količino dušika v zemlji ali hranilni raztopini. V primeru, da so koncentracije dušika velike, ga začne hitro skladiščiti. Solata gojena v oblačnem vremenu v rastlinjakih z veliko dušikovih gnojil v zemlji, v povprečju vsebuje 5-krat več nitratov kot na prostem naravno pridelana solata (Cortese, 2002; Correia in sod., 2009).

2.8.2 Rastni dejavniki solate

Solata potrebuje za uspešno rast osvetljena, primerno vlažna in topla območja. Optimalna temperatura za gojenje solate je od 15 do 20 °C. Prevelika vlažnost zraka ali zemlje ima negativen vpliv na rast solate, poleg tega pa poveča možnost za razvoj bolezni. Prav tako ima tudi občasna suša vpliv na rast, saj zmanjša pridelek. Ker je solata rastlina dolgega dne, jo moramo v primeru zimskega gojenja v rastlinjakih, dopolnilno osvetljevati. Na senčnih območjih ter pri pregosti setvi ima rastlina slabše razmere za razvoj in posledično razvije manj bujno rozeto in ne formira glav (Osvald, 1999c).

Solata v primerjavi med dušikom, fosforjem in kalijem, najbolj reagira na gnojenje z dušikom. Če so tla slabo založena, se priporoča močnejše gnojenje s fosforjem in z dušikom, saj se s tem prepreči prehitro uhajanje solate v cvet. Po štirih tednih gojenja solate se potrebe po hranilih povečajo, zato posevke približno dvakrat dognojimo z dušikovimi gnojili. Zadnje dognovanje s trdimi gnojili mora biti izvedeno na začetku intenzivne rasti (Černe, 1988).



Slika 2: Solata Noisette (od leve proti desni: ekološka, integrirana, hidroponska pridelava)

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

Vzorci paprike sorte Vedrana in Belladonna, paradižnika sorte Tadim in Amaneta ter solate sorte Noisette in Comice so bili vzgojeni v rastlinjaku Biotehniške fakultete, Oddelka za agronomijo v Ljubljani po načelih ekološke pridelave (EKO), hidroponske pridelave (HID) ter po načelih integrirane pridelave (INT). Solate sorte Noisette, Comice in Leda, paradižnika sorte Jani ter Amaneta in papriki sorte Šorokšari in Vedrana so bili pridelani v botaničnem vrtu Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede v Hočah po načelih EKO, biodinamične pridelave (BID), HID, INT, konvencionalne pridelave (KNV) ter kontrole-brez dodatka gnojil (KON). Vzorce iz Biotehniške fakultete ter Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede smo glede izvora obravnavali kot vzorce iz poskusov (poskus). Vzorce paprike, paradižnika in solate smo dobili tudi na kmetijah, kar smo pri izvoru v nadaljnjem obravnavali kot vzorce iz proizvodnje (proizvodnja). Za vrtnine iz kmetij način pridelave ni bil znan. Vse vzorce iz Biotehniške fakultete, Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede ter iz kmetij smo pripravili za nadaljnje analize v istem dnevu kot so bili pobrani. Da bi primerjali, kako se vzorci iz poskusov in proizvodnje razlikujejo od vzorcev iz trgovin, smo solato, paradižnik ter papriko različnega porekla in sort, kupili tudi v trgovinah Tuš, Mercator, Spar in Hofer. Pri tem moramo upoštevati, da je zelenjava bila pripeljana iz različnih držav, poleg tega pa je bila verjetno prisotna že nekaj časa na trgovskih policah, zato ni bila pripravljena za nadaljnje analize isti dan kot je bila pobrana. Solate iz trgovine so bile italijanskega, avstrijskega in slovenskega porekla, paradižniki španskega, hrvaškega, slovenskega, belgijskega, madžarskega in avstrijskega porekla, paprike pa so bile pridelane v Sloveniji, Španiji in na Hrvaškem. Pri izvoru smo vrtnine kupljene v supermarketih obravnavali kot vzorce iz trgovin (trgovina). Za vrtnine iz trgovin in proizvodnje način gojenja ni bil znan, zato smo pri rezultatih pod način pridelave zelenjavo iz trgovin obravnavali skupaj z vzorci iz proizvodnje, kar smo zapisali kot trgovina+proizvodnja (T+P).



Slika 3: Vzorci paradižnika iz trgovine (na levi strani vzorec iz Belgije, na sredini in na desni strani vzorca iz Slovenije)

3.2 METODE

V svežih vzorcih paprike, paradižnika in solate ter v omenjenih vzorcih po enotedenskem skladiščenju solate na 2 °C ter paradižnika in paprike na 8 °C, smo določili vsebnost skupnih fenolov. Posušene vzorce zelenjave smo uporabili za določanje vsebnosti nitratnega in amonijevega dušika. V svežih vzorcih paprike in paradižnika smo izmerili količino askorbinske kisline, v svežih vzorcih solate ter po sedemdnevem skladiščenju pa smo določili vsebnost karotenoidov. Vse omenjene analize so bile opravljene v treh ponovitvah.

3.2.1 Določanje vsebnosti nitratnega in amonijevega dušika

Princip metode

Z vodnimi ekstrakti zelenjave smo določili vsebnost nitratnega dušika s pomočjo kolorimetrične metode ISO 13395:1996, vsebnost amonijevega dušika pa z metodo ISO 11732:1997 ter pri obeh metodah uporabili napravo Technicon Autoanalyser II.

Reagenti in oprema

- 2-krat destilirana voda,
- steklene čaše (100 mL),
- merilne bučke (100 mL),
- centrifugirke (50 mL),
- filtrirni papir (pore premera 100-152 µm),
- analitska tehtnica (Mettler Toledo, Švica),
- sušilna omara (Termoproc SO b, Slovenija),
- sekljalnik Philips,
- termostat za vodno kopel,
- Technicon Autoanalyser II.

Potek analize

Sveže vzorce solate, paradižnika in paprike smo najprej narezali na koščke in dali v sušilnik, kjer smo jih sušili 72 ur na 75 °C. Po pretečenem času smo posušene vzorce zmleli s sekljalnikom in v 100 mL čašo natehtali po 1 g vzorca. V vodni kopeli smo na 70 °C segreli 2-krat destilirano vodo in jo v vsako čašo z vzorcem dodali po 60 mL, nato pa čaše z vzorci in 2-krat destilirano vodo 15 min termostatirali v vodni kopeli pri 70 °C. Nato smo počakali, da se je vsebina v čašah ohladila na sobno temperaturo, jo filtrirali skozi filtrirni papir in kvantitativno prenesli v 100 mL steklene bučke ter jih dopolnili do oznake z 2-krat destilirano vodo. Vzorce smo prelili v 50 mL centrifugirke, jih zamrznili in poslali na analizo na Oddelek za biologijo, kjer so jih odtalili ter analizirali vsebnost nitratnega, nitritnega in amonijevega dušika.

Metoda za določanje nitratnega in nitritnega dušika temelji na redukciji nitrata s hidrazinijevim sulfatom do nitrita, ki ga določimo fotometrično. Zaradi prisotnosti nitritnega iona v kislem mediju se namreč aminske skupine ($-NH_2$) na sulfanilamidu diazotirajo, pri čemer nastane diazonijeva sol, ki se veže na N-naftiletilen diamin diklorid. Posledica je rdeča azo-barva, katere

intenziteto izmerimo na aparatu Technicon Autoanalyser II pri 520 nm. Omenjen aparat poda rezultat kot vsoto nitratnega in nitritnega dušika v vzorcu. V primeru, da nas zanima le količina nitratnega dušika, je potrebno odšteti predhodno določen nitritni dušik.

Na aparatu Technicon Autoanalyser II smo izmerili tudi vsebnost amonijevega dušika v zelenjavi s pomočjo reagentov dikloroizocianurna kislina, natrijev hidroksid, Triton X-100, trinatrijev citrat, natrijev nitroprusid in natrijev salicilat. Hipoklorit, ki nastane iz dikloroizocianurne kisline, reagira z amonijakom zaradi česar nastane monokloramin. Ta skupaj s salicilatom tvori indofenol, ki je modre barve. Koncentracijo indofenola izmerimo z meritvijo absorbance pri valovni dolžini 640 nm.

3.2.2 Določanje vsebnosti skupnih fenolov

Princip

Ker fenolne spojine absorbirajo UV svetlobo in svetlobo vidnega spektra, lahko z merjenjem absorbance pri ustrezni valovni dolžini določimo vsebnost fenolnih snovi v analiziranem vzorcu.

Za določanje fenolnih spojin uporabimo Folin-Ciocalteujev reagent. Omenjen reagent v alkalnem okolju oksidira fenolne snovi, kar zagotovimo z natrijevim karbonatom. Folin-Ciocalteujev reagent je vodna raztopina natrijevega volframata (VI), litijevega sulfata (VI) in natrijevega molibdata (VI). Volframat (VI) in molibdat (VI) oksidirata fenole v vzorcu, sulfat (VI) pa onemogoči obarjanje reagenta. Redukcija volframata (VI) in molibdata (VI) poteče le ob prisotnosti fenolatnega aniona. Raztopina z reducirano obliko volframata (VI) in/ali molibdata (VI) je modre barve, medtem ko je raztopina nereduciranih oblik rumeno obarvana. Pri valovni dolžini 765 nm izmerimo absorbanco reakcijske mešanice, koncentracijo skupnih fenolov pa odčitamo iz umeritvene krivulje. Galno kislino smo uporabili kot standardno referenčno spojino za določanje skupnih fenolov (Košmerl in Kač, 2007).

Reagenti in oprema

- osnovna raztopina galne kisline: v 100 mL bučko natehtamo točno 30 mg galne kisline (Sigma, Nemčija) in do oznake dopolnimo z 2-krat destilirano vodo ter raztapljamo v ultrazvočni kopeli,
- raztopino Folin-Ciocalteujev reagenta (F.C.) pripravimo tik pred uporabo in sicer F.C. razredčimo z 2-krat destilirano vodo v razmerju 1:2,
- 20 % natrijev karbonat (Na_2CO_3): v 100 mL bučko natehtamo 20 g Na_2CO_3 (Sigma, Nemčija) in do oznake dopolnimo z 2-krat destilirano vodo ter nato raztapljamo v ultrazvočni kopeli,
- 2-krat destilirana voda,
- metanol,
- tekoči dušik,
- analitska tehtnica (Mettler Toledo, Švica),
- sekljalnik Philips,

- ultrazvočna kopel (Iskra Pio, Slovenija),
- centrifuga (Eppendorf 5415 C, Nemčija),
- UV-VIS spektrofotometer (Hewlett-Packard, model HP-8453, ZDA),
- ependorfke (2 in 5 mL),
- kivete (10 mm),
- merilne bučke (100 mL),
- avtomatske pipete (1 mL, 5 mL, 10 mL),
- puhalka z destilirano vodo.

Priprava vzorcev za analizo

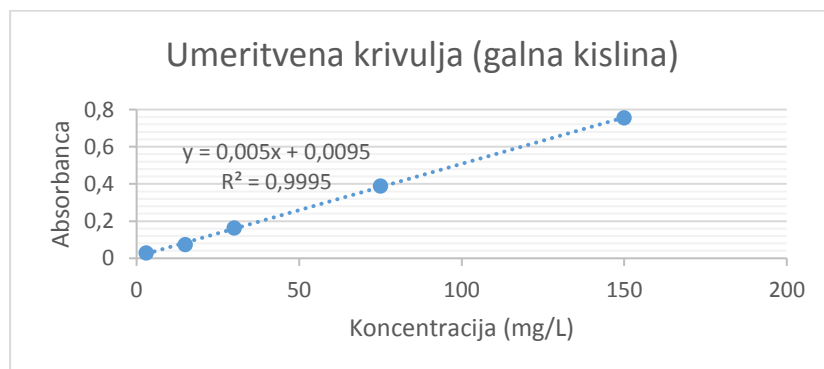
Sveže vzorce solate, paradižnika in paprike smo narezali na manjše koščke, jih potopili v tekoči dušik in jih zmiksali v sekljalniku. V 50 mL centrifugirko smo natehtali 10 g omenjene zelenjave in dodali 10 g metanola ter premešali in zamrznili do nadaljnjih analiz. Enako smo postopali tudi z vzorci po sedemdnevem skladiščenju.

Potek analize

- Priprava umeritvene krivulje

Najprej smo pripravili umeritveno krivuljo tako, da smo iz raztopine galne kisline v 100 mL bučki s koncentracijo 300 mg/L odpipetirali 0,1 mL, 0,5 mL, 1 mL, 2,5 mL in 5 mL raztopine galne kisline v 10 mL bučke ter z 2-krat destilirano vodo dopolnili do oznake. Tako smo dobili v 10 mL bučkah naslednje koncentracije galne kisline: 3 mg/L, 15 mg/L, 30 mg/L, 75 mg/L in 150 mg/L. Nato smo si pripravili 5 ependorfk z volumnom 5 mL in v prvo ependorfko odpipetirali 200 μ L galne raztopine iz 1. bučke, dodali 2,54 mL raztopine F.C. in 420 μ L raztopine Na_2CO_3 . Enako smo postopali z ostalimi ependorfkami le, da smo v vsako ependorfko odpipetirali drugo koncentracijo galne kisline iz 10 mL bučke. Po eni uri smo v vsako ependorfko dodali še 910 μ L 2-krat destilirane vode, premešali, prelili v kivete in izmerili absorbanco pri 765 nm. Iz izmerjenih absorbanc smo narisali umeritveno krivuljo.

Slepo probo naredimo tako, da v 5 mL ependorfko damo 200 μ L 2-krat destilirane vode, 2,54 mL raztopine F.C. in 420 μ L raztopine Na_2CO_3 ter počakamo eno uro. Po eni uri dodamo 910 μ L 2-krat destilirane vode, premešamo, prelijemo v kiveto in spektrofotometer umerimo za merjenje absorbance pri 765 nm (Miculinić Trošt, 2016).



Slika 4: Umeritvena krivulja za določanje koncentracije skupnih fenolov

- Analiza vzorcev

V metanolu zamrznjene vzorce smo na dan analiz odtalili in centrifugirali 5 minut pri 4000 obratih/min. Nato smo supernatant prelili v ependorfke (2 mL) in pri tem pazili, da se usedlina ne bi pomešala s supernatantom. Ependorfke smo ponovno centrifugirali 5 minut pri 1400 obratih/min. Za določanje skupnih fenolov v vzorcih smo v 5 mL ependorfke odpipetirali 200 μ L vzorca (razredčenega z 2-krat destilirano vodo v razmerju 1:4), 2,54 mL raztopine F.C. in 420 μ L raztopine Na_2CO_3 ter počakali eno uro. Po eni uri smo dodali 910 μ L 2-krat destilirane vode, premešali, prelili v kivete in izmerili absorbanco pri 765 nm. Za vsak vzorec smo naredili tri paralelke. Iz absorbanc in koncentracij galne kisline smo narisali umeritveno krivuljo ter z linearno regresijo določili koeficient premice. Koncentracijo skupnih fenolnih spojin v reakcijski zmesi smo izračunali iz enačbe premice, ki je vidna na sliki 4. Vsebnost skupnih fenolnih spojin v vzorcu smo izračunali iz koncentracije skupnih fenolnih spojin v reakcijski zmesi, mase vzorca in razredčitve ter jo izrazili kot mg $\text{G.K.}/100$ g (Miculinić Trošt, 2016).

3.2.3 Določanje vsebnosti askorbinske kisline

Princip

Askorbinsko kislino v zelenjavi zaščitimo pred oksidacijo z dodatkom 2 % metafosforne kisline (HPO_3) ter njeno vsebnost določimo z uporabo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti (HPLC). Vsebnost askorbinske kisline smo določili po modificirani metodi Kokalj in sod. (2016).

Reagenti in oprema

- 2 % HPO_3 ,
- 2-krat destilirana voda,
- tekoči dušik,
- ependorfke (2 mL),
- centrifugirke (50 mL),
- steklene vialke (5 mL),
- injekcija (1 mL),
- filter (0,45 μm , Sartorius AG, Nemčija),
- merilna bučka (1000 mL),
- tarilnica,
- analitska tehtnica (Mettler Toledo, Švica),
- sekljalnik Philips,
- HPLC (Infinity 1260),
- centrifuga (Eppendorf 5415 D, Nemčija),
- ultrazvočna kopel.

Priprava 2 % metafosforne kisline

20 mg HPO_3 zdrobimo v tarilnici, jo kvantitativno prenesemo v 1000 mL bučko in jo z 2-krat destilirano vodo dopolnimo do oznake. Nato bučko postavimo v ultrazvočno kopel, da se kristali dobro raztopijo.

Priprava vzorcev za analizo

Sveže vzorce paprike in paradižnika smo narezali na manjše koščke, jih potopili v tekoči dušik in jih zmiksali v sekljalniku. V 50 mL centrifugirko smo natehtali 10 g zelenjave in dodali 10 g HPO_3 ter premešali in zamrznili do nadaljnjih analiz. Zamrznjene vzorce smo odtalili na sobni temperaturi, jih prenesli v 2 mL ependorfke ter jih 15 minut centrifugirali pri 14000 obratih/min. Po končanem centrifugiranju smo vzeli 1,5 mL supernatanta, ga dali v 2 mL ependorfko ter ponovno centrifugirali 10 minut pri 16000 obratih/min. Po končanem centrifugiranju smo nato supernatant prefiltrirali skozi 0,45 μm filter v vialo in vzorce analizirali na HPLC. Rezultate smo izrazili v mg askorbinske kisline/100 g.

Kromatografski pogoji

- HPLC sistem: Infinity 1260 (Agilent Technologies, ZDA)
- kolona: Scherzo SM-C18 column (Imtakt, Japonska), 100 mm×2 mm, i.d. 3 μm
- temperatura kolone: 30 °C
- mobilna faza: voda (A) in acetonitril (B); obe raztopini vsebujeta 0,3 % mravljične kisline
- gradient: topilo B: 0–5 min, 0–5 %; 5–10 min, 5–50 % in 10–18 min, 100 %
- pretok mobilne faze: 0,2 mL/min
- volumen injiciranja: 3 μL
- detektor: Diode array, 254 nm.

3.2.4 Določanje vsebnosti karotenoidov in klorofila

Vsebnost karotenoidov določimo tako, da vzorce ekstrahiramo z acetonom in nato izmerimo absorpcijske vrhove s HPLC. Metodo za določanje karotenoidov smo povzeli po Kokalj in sod. (2016).

Reagenti in oprema

- aceton (96 %),
- tekoči dušik,
- steklene čaše (100 mL),
- steklene vialo (5 mL),
- injekcija (1 mL),
- filter (0,2 μm , Minisart SRP 15, Nemčija),
- sekljalnik Philips,

- analitska tehtnica (Mettler Toledo, Švica),
- HPLC (Spectra-Physics).

Priprava vzorcev za analizo

Sveže vzorce solat ter vzorce solat po enotedenskem skladiščenju smo narezali na manjše koščke, jih potopili v tekoči dušik in jih zmiksali v sekljalniku. V 100 mL čašo smo natehtali 2 g solate in dodali 5 mL acetona. Vse vzorce smo iz čaš kvantitativno prenesli v steklene vial, jih premešali in zamrznili do nadaljnjih analiz. V acetonu zamrznjene vzorce smo na dan analize odtalili, premešali na vrtalniku in v vialo skozi filter 0,2 μm prefiltrirali približno 2 mL supernatanta ter vzorce analizirali na HPLC.

Kromatografski pogoji

- HPLC sistem: Spectra-Physics (črpalka P 4000 Spectra SYSTEM, avtomatski podajalnik vzorcev AS 1000 Spectra SYSTEM)
- kolona: Spherisorb ODS2 5U (5 μm , 250 x 4,6 mm)
- predkolona: Spherisorb ODS2 5U (5 μm , 7,5 x 4,6 mm)
- mobilna faza: A: acetonitril/voda/metanol=100/10/5 (v/v/v)
B: aceton/etilacetat= 2/1 (v/v)
- gradient: 0-18 min: 10-75 % B; 18-25 min: 75-70 % B; 25-30 min: 70-100 % B
- pretok mobilne faze: 1 mL/min
- termostat kolone: Mistral tip 880, Spark Holland
- temperatura kolone: 5 °C
- temperatura avtomatskega podajalnika vzorcev: 4 °C
- volumen injiciranja: 20 μL
- detektor: UV-vis Spectra Focus
- detekcija: 440 nm
- trajanje analize: 30 min.

Program za obdelavo podatkov: OS/2 standard ed. IBM (SYSLEVEL 5050).

3.3 STATISTIČNA ANALIZA

Dobljene rezultate analiz smo zbrali in uredili v programu Microsoft Excel 2013 ter jih statistično obdelali z računalniškim programom SAS (Software Version 8) s proceduro General Linear Models (GLM). Statistični parametri, ki smo jih določili so bili: povprečna vrednost, standardni odklon, koeficient variabilnosti ter Duncanov test ($\alpha=0,05$).

4 REZULTATI

4.1 VSEBNOST NITRATNEGA IN AMONIJEVEGA DUŠIKA

Preglednica 3: Povprečne vrednosti amonijevega in nitratnega dušika v sveži papriki, paradižniku in solati

	NH ₄ ⁺ - N (mg/kg)			NO ₃ ⁻ - N (mg/kg)		
Čas	Zelenjava			Zelenjava		
	Paprika	Paradižnik	Solata	Paprika	Paradižnik	Solata
Sveže	87,1±19,9	19,9±5,1	144,5±29,4	59,5±13,2	9,8±2,8	1113,5±121,3

Rezultati v preglednici 3 kažejo, da je povprečna vsebnost amonijevega dušika v papriki 87,1 mg NH₄⁺/kg, v paradižniku 19,9 mg NH₄⁺/kg ter v solati 144,5 mg NH₄⁺/kg.

Največje povprečne vrednosti nitratnega dušika so v solati (1113,5 mg NO₃⁻/kg), najmanjše pa v paradižniku (9,8 mg NO₃⁻/kg). Paprika v povprečju vsebuje 59,5 mg NO₃⁻/kg.

Preglednica 4: Povprečne vrednosti amonijevega in nitratnega dušika v papriki, paradižniku in solati glede na izvor

	NH ₄ ⁺ - N (mg/kg)			NO ₃ ⁻ - N (mg/kg)		
Izvor	Zelenjava			Zelenjava		
	Paprika	Paradižnik	Solata	Paprika	Paradižnik	Solata
Poskus	80,5±15,6 a	14,2±4,6 b	136,8±20,5 a	51,8±13,2 b	8,4±2,2 a	1115,1±119,9 a
Proiz.	95,5±20,1 a	20,0±6,2 a,b	161,8±30,2 a	85,1±12,5 a	8,9±2,5 a	1093,2±91,2 a
Trg.	90,1±22,7 a	25,6±4,4 a	153,2±37,4 a	48,5±4,3 b	10,9±3,7 a	1168,4±147,3 a

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a in b)

Iz preglednice 4 je razvidno, da vsebuje paprika iz poskusov najmanjše povprečne vrednosti amonijevega dušika (80,5 mg NH₄⁺/kg), medtem ko vsebujejo največ amonija plodovi paprike iz proizvodnje (95,5 mg NH₄⁺/kg). Kljub temu se vrednosti amonijevega dušika v papriki glede izvora statistično ne razlikujejo.

Vsebnost amonijevega dušika v paradižniku je največja v vzorcih iz trgovin (25,6 mg NH₄⁺/kg) in se tako značilno razlikuje od količine amonija iz poskusov (14,2 mg NH₄⁺/kg). Paradižnik iz proizvodnje pa se statistično značilno ne razlikuje od vzorcev iz trgovin in poskusov.

Enako kot pri papriki, se tudi pri solati količine amonijevega dušika glede na izvor značilno ne razlikujejo. So pa prav tako vsebnosti amonija najmanjše v solati iz poskusov (136,8 mg NH₄⁺/kg), največje pa v solati iz proizvodnje (161,8 mg NH₄⁺/kg).

Največja količina nitratnega dušika v papriki se nahaja v plodovih iz proizvodnje in se statistično značilno razlikuje od ostalih dveh izvorov.

V primeru paradižnika so največje količine nitratnega dušika v vzorcih iz trgovin, vendar se vrednosti značilno ne razlikujejo od vzorcev paradižnikov iz poskusov in proizvodnje.

Prav tako se pri solati vsebnosti nitratov ne razlikujejo glede izvora. Največ nitratov se nahaja v vzorcih solate iz trgovin (1168,4 mg NO₃⁻/kg), najmanj pa v vzorcih iz proizvodnje (1093,2 mg NO₃⁻/kg). Solata iz poskusov vsebuje 1115,1 mg NO₃⁻/kg.

Preglednica 5: Povprečne vrednosti amonijevega in nitratnega dušika v papriki, paradižniku in solati glede na način pridelave

	NH ₄ ⁺ - N (mg/kg)			NO ₃ ⁻ - N (mg/kg)		
Način prid.	Zelenjava					
	Paprika	Paradižnik	Solata	Paprika	Paradižnik	Solata
BID	84,8±19,4 a	19,2±6,6 b,c	131,6±10,3 a	56,6±12,3 a,b	5,8±0,9 b	769,2±36,5 b
EKO	79,4±14,6 a	11,3±3,1 c	136,5±9,2 a	43,4±12,2 a,b	9,1±2,8 a,b	1170,1±256,4 a
HID	90,4±26,2 a	10,8±1,8 c	136,8±10,2 a	58,9±13,1 a,b	11,7±3,8 a	1260,1±251,3 a
INT	71,2±9,3 a	13,0±2,3 c	136,4±11,2 a	37,5±18,3 b	9,9±0,2 a	1212,2±280,6 a
KON	79,3±15,9 a	23,0±7,1 a,b,c	129,8±12,6 a	54,1±11,3 a,b	3,9±0,3 c	546,2±24,6 c
KNV	100,2±25,3 a	32,3±3,7 a	148,9±38,7 a	73,2±18,5 a	12,8±3,8 a	1373,7±48,1 a
T+P	91,6±29,2 a	28,0±3,5 a,b	159,4±35,9 a	64,6±8,8 a,b	10,8±2,9 a	1188,9±229,1 a

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a, b in c)

Rezultati v preglednici 5 kažejo, da se količina amonijevega dušika v papriki značilno ne razlikuje glede na način pridelave. Kljub temu so opazne razlike v vsebnosti amonija glede na način gojenja. Največjo vsebnost amonijevega dušika ima konvencionalno pridelana paprika, sledijo ji vzorci iz trgovin+proizvodnje, hidroponsko, biodinamično in ekološko pridelana paprika, kontrolni vzorci ter integrirano pridelana paprika.

Pri paradižniku se količina amonija značilno razlikuje glede na način pridelave. Največje vrednosti amonijevega dušika dosegajo konvencionalno pridelani paradižniki, ki se statistično značilno razlikujejo od paradižnikov iz biodinamične, integrirane, ekološke in hidroponske pridelave. Po vsebnosti amonija konvencionalno pridelanim paradižnikom sledijo paradižniki iz trgovine+proizvodnje. Ti se značilno razlikujejo od paradižnikov iz integrirane, ekološke in hidroponske pridelave. Biodinamično pridelani paradižniki se statistično značilno razlikujejo le od konvencionalno vzgojenih paradižnikov, medtem ko se kontrolni vzorci značilno ne razlikujejo od ostalih načinov gojenja. Prav tako med hidroponsko, ekološko, integrirano in biodinamično vzgojenimi paradižniki ter kontrolnimi vzorci ni značilnih razlik.

Vsebnost amonijevega dušika v solati se značilno ne razlikuje od načina gojenja solate. Kljub temu vsebujejo največ amonija vzorci solate iz trgovin+proizvodnje, sledi jim konvencionalno vzgojena solata, nato hidroponsko, ekološko, integrirano in biodinamično pridelana solata. Najmanjše vrednosti pa so v kontrolnih vzorcih.

Pri papriki se nahaja največja vsebnost nitratnega dušika v plodovih konvencionalno pridelane paprike (73,2 mg NO₃⁻/kg), ki se statistično značilno razlikuje od integrirano vzgojene paprike (37,5 mg NO₃⁻/kg). Med ostalimi načini gojenja paprike ni značilnih razlik.

Plodovi konvencionalno vzgojenega paradižnika vsebujejo največ nitratov (12,8 mg NO₃⁻/kg) in se statistično značilno razlikujejo od biodinamično pridelanih plodov in kontrole. Med konvencionalno, hidroponsko, integrirano in ekološko pridelanem paradižnikom ter vzorci iz trgovin+proizvodnje ni značilnih razlik. Prav tako ni razlik v vsebnosti nitrata med ekološko in biodinamično vzgojenim paradižnikom. Količina nitratnega dušika je najmanjša v kontrolnih vzorcih (3,9 mg NO₃⁻/kg), ki se značilno razlikujejo od vseh vrst gojenja.

V primeru solate se hidroponsko, konvencionalno, ekološko in integrirano vzgojena solata ter vzorci iz trgovin+proizvodnje statistično značilno razlikujejo od biodinamično pridelane solate in kontrole. Prav tako se tudi biodinamično pridelana solata (769,2 mg NO₃⁻/kg) in kontrola (546,2 mg NO₃⁻/kg) značilno razlikujejo.

4.2 VSEBNOST SKUPNIH FENOLOV

Preglednica 6: Povprečne vrednosti skupnih fenolov v papriki, paradižniku in solati glede na čas skladiščenja

SKUPNI FENOLI (mg _{G.K.} /100 g)			
Čas	Zelenjava		
	Paprika	Paradižnik	Solata
Sveže	86,5±10,9 a	30,1±4,1 a	46,7±16,1 a
Po 7 dneh	84,3±7,5 a	23,9±3,9 b	43,6±11,2 a

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a in b)

Vsebnost skupnih fenolov v papriki je bila na začetku skladiščenja 86,5 mg_{G.K.}/100 g, po skladiščenju pa se je znižala na 84,3 mg_{G.K.}/100 g. Kljub temu razlike glede časa skladiščenja paprike niso statistično značilne.

Količina skupnih fenolov v paradižniku je bila na začetku skladiščenja 30,1 mg_{G.K.}/100 g, po 7 dnevnem skladiščenju pa je količina padla na 23,9 mg_{G.K.}/100 g. Vsebnost skupnih fenolov v paradižniku je tako pred skladiščenjem značilno večja od količine skupnih fenolov po skladiščenju.

V solati je bila prav tako količina skupnih fenolov pred skladiščenjem večja (46,7 mg $G.K./100\text{ g}$) kot po skladiščenju (43,6 mg $G.K./100\text{ g}$), vendar pa se rezultati pred in po skladiščenju značilno ne razlikujejo.

Preglednica 7: Povprečne vrednosti skupnih fenolov v papriki, paradižniku in solati glede na izvor in ne glede na čas skladiščenja

SKUPNI FENOLI (mg $G.K./100\text{ g}$)			
Izvor	Zelenjava		
	Paprika	Paradižnik	Solata
Poskus	93,8±15,1 a	30,9±4,8 a	47,9± 16,3 a
Proizvodnja	65,0±11,8 b	22,9±4,1 b	51,9±15,2 a
Trgovina	59,9±3,3 b	19,6±1,4 b	20,9±9,0 b

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a in b)

Iz preglednice 7 je razvidno, da je vsebnost skupnih fenolov plodov paprike iz poskusov značilno večja od vsebnosti fenolov v plodovih iz proizvodnje in trgovine, saj plodovi paprike iz poskusov vsebujejo 93,8 mg $G.K./100\text{ g}$, iz lastne proizvodnje 65,0 mg $G.K./100\text{ g}$, iz trgovin pa 59,9 mg $G.K./100\text{ g}$.

Prav tako ima paradižnik iz poskusov značilno več skupnih fenolov kot pa paradižnik iz proizvodnje in trgovine.

V primeru skupnih fenolov v solati pa statističnih razlik med solato iz poskusov in solato iz proizvodnje ni, medtem ko solata iz trgovin dosega manjše vrednosti skupnih fenolov in se tako od ostalih dveh izvorov statistično značilno razlikuje.

Preglednica 8: Povprečne vrednosti skupnih fenolov v papriki, paradižniku in solati glede na način pridelave in ne glede na čas skladiščenja

SKUPNI FENOLI (mg $G.K./100\text{ g}$)			
Način pridelave	Zelenjava		
	Paprika	Paradižnik	Solata
HID	116,3±16,2 a	42,9±5,2 a	55,9±17,3 a, b
BID	101,2±15,4 a, b	26,6±3,7 b	61,7±16,9 a
KNV	90,9±16,1 b	24,2±4,8 b	38,7±17,3 b,c,d
EKO	90,4±12,4 b	25,6±5,5 b	44,9±16,9 a,b,c,d
INT	85,5±14,9 b	27,1±2,5 b	49,5±16,8 a,b,c
KON	85,5±16,3 b	25,8±3,5 b	32,8±13,1 c,d
T+P	61,2±4,1 c	22,3±5,7 b	28,0±16,8 d

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a, b, c in d)

Rezultati skupnih fenolov v papriki glede na način pridelave kažejo, da so največje povprečne vrednosti dosežene na hidroponsko pridelani papriki, ki se statistično značilno razlikuje od vzorcev iz konvencionalne, ekološke ter integrirane pridelave, kontrolnih vzorcev in vzorcev iz trgovin+proizvodnje, ne razlikuje pa se od biodinamične pridelave. Najmanjšo vsebnost skupnih fenolov dosegajo vzorci iz trgovin+proizvodnje. Omenjeni vzorci paprike se statistično značilno razlikujejo od vseh ostalih načinov pridelave. Kot smo že omenili, je iz preglednice 8 prav tako razvidno, da med biodinamično in hidroponsko gojeno papriko ni značilnih razlik, poleg tega pa se biodinamično pridelana paprika statistično značilno ne razlikuje tudi od ostalih načinov pridelave, razen od vzorcev iz trgovin+proizvodnje.

Največje povprečne vrednosti skupnih fenolov dosegajo ravno tako hidroponsko vzgojeni paradižniki, ki se statistično značilno razlikujejo od ostalih tehnik gojenja.

Biodinamično gojena solata vsebuje največ skupnih fenolov, najmanjše količine pa so v vzorcih solate iz trgovin+proizvodnje. Biodinamičen način gojenja solate se statistično značilno razlikuje od konvencionalne pridelave, kontrole in vzorcev iz trgovin+proizvodnje. Vzorci iz trgovin+proizvodnje se značilno razlikujejo le od biodinamične, hidroponske in integrirane pridelave. Po količini skupnih fenolov so opazne razlike tudi med hidroponsko, integrirano in ekološko pridelano solato, ki pa se med seboj ne razlikujejo dovolj, da bi z gotovostjo trdili, da so si značilno različne.

4.3 VSEBNOST ASKORBINSKE KISLINE

Preglednica 9: Povprečne vrednosti askorbinske kisline v sveži papriki in paradižniku

ASKORBINSKA KISLINA (mg/100 g)		
Čas	Zelenjava	
	Paprika	Paradižnik
Sveže	96,8±13,3	12,2±2,4

Preglednica 9 prikazuje povprečne vsebnosti askorbinske kisline v vseh analiziranih svežih vzorcih paprike in paradižnika. Paprika v povprečju vsebuje 96,8 mg askorbinske kisline/100 g, paradižnik pa 12,2 mg askorbinske kisline/100 g.

Preglednica 10: Povprečne vrednosti askorbinske kisline v papriki in paradižniku glede na izvor

ASKORBINSKA KISLINA (mg/100 g)		
Izvor	Zelenjava	
	Paprika	Paradižnik
Poskus	105,1±25,9 a	12,4±2,8 a,b
Proizvodnja	78,8±8,6 a,b	14,5±1,3 a
Trgovina	72,4±18,5 b	10,4±2,2 b

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a in b)

Iz preglednice 10 je razvidno, da je vsebnost askorbinske kisline v plodovih paprike iz poskusov značilno večja od vsebnosti askorbinske kisline v plodovih paprike iz trgovine, saj plodovi paprike iz poskusov vsebujejo 105,1 mg askorbinske kisline/100 g, iz trgovin pa 72,4 mg askorbinske kisline./100 g. Paprika iz proizvodnje se po vrednostih askorbinske kisline od njiju značilno ne razlikuje.

V primeru paradižnika se paradižnik iz trgovine (10,4 mg askorbinske kisline/100 g) statistično značilno razlikuje od paradižnika iz proizvodnje (14,5 mg askorbinske kisline/100 g).

Preglednica 11: Povprečne vrednosti askorbinske kisline v papriki in paradižniku glede na način pridelave

ASKORBINSKA KISLINA (mg/100 g)		
Način pridelave	Zelenjava	
	Paprika	Paradižnik
HID	146,5± 12,5 a	19,6±1,5 a
BID	96,4±13,4 b	11,9±1,6 b
KNV	85,5±9,9 b	10,7±1,6 b
EKO	103,2±23,4 b	11,3±1,4 b
INT	97,1±11,9 b	12,0±2,0 b
KON	80,4±8,2 b	10,0±2,5 b
T+P	73,4±17,1b	10,8±1,6 b

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a in b)

Rezultati vsebnosti askorbinske kisline glede na način pridelave kažejo, da je v hidroponsko pridelani papriki največja vsebnost askorbinske kisline (146,5 mg askorbinske kisline/100 g) in se tako statistično značilno razlikuje od vseh ostalih načinov gojenja. Ostale vrste pridelave se med seboj značilno ne razlikujejo, so pa opazne majhne razlike. Hidroponsko pridelani papriki po količini askorbinske kisline po vrstnem redu sledijo ekološko, integrirano, biodinamično, konvencionalno vzgojena paprika in kontrola, najmanjše vrednosti askorbinske kisline pa se nahajajo v vzorcih paprike iz trgovin+proizvodnje.

Tudi pri paradižniku je količina askorbinske kisline največja v paradižniku vzgojenem na hidroponski način (19,6 mg askorbinske kisline/100 g) in se statistično značilno razlikuje od ostalih vrst gojenja.

4.4 VSEBNOST KAROTENOIDOV IN KLOOROFILA

Preglednica 12: Povprečne vrednosti karotenoidov v solati glede na čas skladiščenja

KAROTENOIDI (mg/100 g)		
	Čas	
	Sveže	Po 7 dneh
Sk. karot.	18,92±4,93 a	6,35±1,59 b
Neoksantin	2,99±0,78 a	1,28±0,24 b
Violaksantin	4,99±0,75 a	1,64±0,33 b
Anteraksantin	0,52±0,19 a	0,16±0,04 b
Lutein	3,47±1,20 a	0,90±0,27 b
Zeaksantin	3,24±0,82 a	0,99±0,20 b
Likopen	0	0
α-karoten	0,13±0,02 a	0,04±0,01 b
β- karoten	3,46±1,11 a	0,82±0,10 b
Klorofil b	17,48±4,82 a	5,33±1,70 b
Klorofil a	69,33±17,24 a	33,78±5,98 b

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a in b)

Statistično značilne razlike med vsebnostjo skupnih karotenoidov v svežih vzorcih solate in vzorcih po skladiščenju potrjujejo, da med skladiščenjem vrednosti karotenoidov padajo. Na začetku je bila količina skupnih karotenoidov 18,92 mg/100 g, po skladiščenju pa je padla na 6,35 mg/100 g.

Posamezni karotenoidi prav tako kažejo padanje vrednosti po skladiščenju, saj so v vseh primerih značilne razlike med svežimi in skladiščenimi vzorci. Kot je razvidno iz preglednice 12 lahko opazimo tudi, da solata ne vsebuje likopena.

Prav tako smo v solati določali vsebnost klorofila a in b. Kot lahko razberemo iz rezultatov, so tudi v obeh primerih vrednosti v svežih vzorcih značilno večje kot v vzorcih po skladiščenju.

Preglednica 13: Povprečne vrednosti karotenoidov v solati glede na izvor in ne glede na čas skladiščenja

KAROTENOIDI (mg/100 g)			
	Izvor		
	Poskus	Trgovina	Proizvodnja
Sk. karot.	13,91±4,42 a	13,04±4,23 a	11,94±2,27 a
Neoksantin	2,53±0,71 a	2,34±0,45 a	1,99±0,10 a
Violaksantin	3,61±0,93 a	3,32±1,24 a	3,05±0,17 a
Anteraksantin	0,35±0,09 a	0,43±0,17 a	0,34±0,08 a
Lutein	2,53±1,40 a	2,13±0,92 a	1,86±0,31 a
Zeaksantin	2,18±0,47 a	2,25±0,73 a	2,08±0,59 a
Likopen	0	0	0
α-karoten	0,08±0,01 a	0,08±0,01a	0,08±0,01 a
β- karoten	2,52±0,71 a	2,41±0,62 a	2,34±0,93 a
Klorofil b	12,42±2,54 a	11,59±1,79 a	10,56±2,63a
Klorofil a	57,17±19,31 a	52,99±8,22 a	50,21±12,14 a

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a)

Vzorci iz poskusov, proizvodnje in trgovin se med seboj statistično značilno ne razlikujejo po vsebnosti skupnih karotenoidov, čeprav vsebujejo vzorci iz proizvodnje najmanj skupnih karotenoidov (11,94 mg/100 g), vzorci iz poskusov pa največ (13,91 mg/100 g).

Prav tako se količina posameznih karotenoidov glede na izvor značilno ne razlikuje, so pa kljub temu količine v vseh primerih najmanjše v vzorcih iz proizvodnje.

Tudi vzorci iz poskusov, proizvodnje in trgovine se med seboj statistično značilno ne razlikujejo v primeru klorofila b in prav tako klorofila a.

Preglednica 14: Povprečne vrednosti karotenoidov v solati glede na način pridelave in ne glede na čas skladiščenja

KAROTENOIDI (mg/100 g)							
	Način pridelave						
	HID	BID	EKO	INT	KNV	T+P	KON
Sk. karot.	18,06± 7,32 a	13,28± 3,14 a	13,19± 2,89 a	15,96± 4,49 a	13,01± 3,68 a	12,76± 3,56 a	13,31± 4,04 a
Neoks.	3,27± 1,51 a	2,47± 0,64 a	2,11± 0,23 a	3,04± 0,91 a	2,44± 0,62 a	2,18± 0,33a	2,47± 0,63 a
Violaks.	4,63± 2,13 a	3,39± 0,39 a	3,44± 0,59 a	4,01± 0,82 a	3,29± 0,23 a	3,25± 0,91 a	3,69± 0,62 a
Anteraks.	0,38± 0,11 a	0,36± 0,08 a	0,32± 0,05a	0,35± 0,07 a	0,21± 0,08 a	0,40± 0,15 a	0,31± 0,04 a
Lutein	3,63± 1,95 a	2,49± 0,53 a	2,61± 0,71 a	2,93± 1,20 a	2,43± 0,92 a	2,04± 0,54 a	2,25± 0,93 a
Zeaks.	2,56± 0,59 a	2,12± 0,48 a	2,24± 0,31 a	2,31± 0,35 a	1,88± 0,69 a	2,19± 0,68 a	2,04± 0,80 a
Likopen	0	0	0	0	0	0	0
α-karot.	0,09± 0,03 a	0,08± 0,01 a	0,08± 0,02 a	0,08± 0,01 a	0,07± 0,02 a	0,08± 0,01 a	0,08± 0,02 a
β- karot.	3,36± 0,91 a	2,17± 0,76 a	2,23± 0,78 a	3,05± 0,93 a	2,63± 0,92 a	2,39± 0,78 a	2,31± 0,86 a
Klorofil b	15,07± 9,02 a	10,62± 1,21 a	11,02± 2,62 a	13,66± 5,34 a	10,13± 2,45 a	11,37± 2,42 a	10,72± 2,28 a
Klorofil a	75,89± 36,05 a	48,26± 4,43 a	53,26± 5,71 a	63,98± 24,09 a	52,32± 4,31 a	52,15± 9,28 a	50,76± 4,34 a

Legenda: skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke (a)

Iz preglednice 14 je razvidno, da način pridelave ne vpliva na vrednosti skupnih karotenoidov, prav tako pa tudi ne na posamezne karotenoide ter klorofil a in b.

Največje vsebnosti skupnih karotenoidov se nahajajo v hidroponski pridelavi. Prav tako so pri vseh posameznih karotenoidih ter pri klorofilu a in b vrednosti največje za hidroponski način pridelave, razen v primeru anteraksantina, kjer smo ugotovili največje količine v vzorcih iz trgovin+proizvodnje. Kljub temu lahko glede na dobljene rezultate trdimo, da ni statistično značilnih razlik glede načina pridelave.

5 RAZPRAVA

V svežih vzorcih paprike, paradižnika in solate ter v omenjenih vzorcih po sedemdnevnem skladiščenju solate na 2 °C ter paradižnika in paprike na 8° C, smo določili vsebnost skupnih fenolov. Posušene vzorce vrtnin smo uporabili za določanje vsebnosti nitratov in amonijevega dušika. V svežih in v skladiščenih vzorcih solate za 7 dni, smo določali vsebnost karotenoidov, v svežih vzorcih paradižnika in paprike pa količine askorbinske kisline. Vse omenjene analize so bile opravljene v treh ponovitvah.

Vrednosti skupnih fenolov in karotenoidov smo primerjali med svežimi vzorci in vzorci po skladiščenju, poleg tega smo količine skupnih fenolov in karotenoidov primerjali med tremi različnimi izvori (poskus, proizvodnja, trgovina), prav tako pa nas je zanimalo ali se količina skupnih fenolov in karotenoidov razlikuje od načina pridelave (hidroponsko, biodinamično, ekološko, integrirano, konvencionalno, kontrolni vzorci in vzorci iz trgovine+proizvodnje). Vrednosti nitratnega in amonijevega dušika ter askorbinske kisline smo primerjali med tremi različnimi izvori (poskus, proizvodnja, trgovina), prav tako pa smo omenjene vrednosti primerjali med načini gojenja (hidroponsko, biodinamično, ekološko, integrirano, konvencionalno, kontrolni vzorci in vzorci iz trgovine+proizvodnje).

5.1 NITRATNI IN AMONIJEV DUŠIK

Če je v zemlji dušika več kot ga rastlina potrebuje za nastanek proteinov, se presežek akumulira v obliki nitrata, ta pa se kopiči v rastlinah (Worthington, 2001). Presežki dušika so tako razlog za veliko vsebnost nitratov v pridelku. Na akumulacijo dušika v rastlini vplivajo predvsem način gnojenja ter okoljski in fiziološki dejavniki. Pri tem imajo vrsta, količina in oblika dušikovih gnojil ter količina svetlobe največji vpliv na vsebnost nitratov v vrtninah. Količina padavin, temperatura, vrsta in pH tal so prav tako eni izmed številnih dejavnikov, ki vplivajo na sprejem nitrata v rastline (Masclaux-Daubresse in sod., 2009).

Prasad in Avines Chetty (2008) sta ugotovila, da zelena listnata zelenjava že naravno vsebuje večje koncentracije nitrata kot druge vrste zelenjave, kar potrjujejo tudi naši rezultati. Največje povprečne vsebnosti nitratnega dušika so v našem poskusu bile v solati (1113,5 mg NO₃⁻/kg), najmanjše pa v paradižniku (9,8 mg NO₃⁻/kg). Paprika je v povprečju vsebovala 59,5 mg NO₃⁻/kg.

Da vzorci solate vsebujejo največ nitratov so potrdili tudi v slovenski raziskavi, in sicer je solata v povprečju vsebovala 1066 mg NO₃⁻/kg. Od tega je od 175 vzorcev solate, 5 vzorcev prekoračilo mejne vrednosti, ki za solato gojeno v poletnem času znašajo od 2500-3500 mg NO₃⁻/kg, v zimskem času pa od 4000-4500 mg NO₃⁻/kg. V papriki so v povprečju izmerili 69 mg NO₃⁻/kg, paradižnik pa je od vse zelenjave vseboval najmanj nitratov (4,3 mg NO₃⁻/kg) (Kmecl in sod., 2005).

Correia in sod. (2009) so v solati iz Portugalske izmerili v povprečju 1156 mg NO₃⁻/kg. Iammarino in sod. (2013) so analizirali vzorce solate pridelane v Italiji. Od 45 vzorcev je le

eden (5010 mg NO₃⁻/kg) presegel dovoljeno mejno vrednost za nitrate, v ostalih vzorcih pa so se vrednosti gibale v območju od 35 do 1800 mg NO₃⁻/kg.

Tudi drugi raziskovalci so v nekaterih vzorcih solate iz Francije (5600 mg NO₃⁻/kg), Švedske (5406 mg NO₃⁻/kg) in Koreje (4488 mg NO₃⁻/kg) določili presežene količine dovoljenih nitratov (Chung in sod., 2003; Menard in sod., 2008; Merino in sod., 2006). V našem primeru nobeden izmed vzorcev solate ni prekoračil dovoljenih mejnih vrednosti.

Povprečna količina nitratov v vseh vzorcih solate vzgojene na prostem iz Italije, Slovenije, Avstrije, Francije ter Bosne in Hercegovine je bila 1862 mg NO₃⁻/kg (v mejah od 316 do 3462 mg NO₃⁻/kg). Solata vzgojena v poletnem času s povprečno količino 1209 mg NO₃⁻/kg je vsebovala manj nitratov kot solata pridelana v zimskem času s povprečno vrednostjo 2146 mg NO₃⁻/kg (Hmelak Gorenjak in Langerholc, 2014).

Dennis in Wilson (2003) sta povprečne vrednosti nitratov v solati, papriki in paradižniku primerjala med različnimi državami. Tako v povprečju vsebuje solata pridelana v Avstraliji 943 mg NO₃⁻/kg, na Danskem 2600 mg NO₃⁻/kg, v Veliki Britaniji 1051 mg NO₃⁻/kg ter v ZDA 2330 mg NO₃⁻/kg. Paprika iz Avstralije vsebuje 88 mg NO₃⁻/kg, iz Italije 78 mg NO₃⁻/kg ter iz ZDA 165 mg NO₃⁻/kg, medtem ko paradižnik vzgojen v Turčiji vsebuje 11,1 mg NO₃⁻/kg, v Franciji 17,6 mg NO₃⁻/kg, v Grčiji 34,2 mg NO₃⁻/kg, v Avstraliji ima 44 mg NO₃⁻/kg, v Veliki Britaniji 17 mg NO₃⁻/kg ter v ZDA 80 mg NO₃⁻/kg.

Količina nitratov v Romuniji vzgojenih paradižnikov se je gibala med 82,24 in 116,75 mg NO₃⁻/kg, pri čemer je sorta Marissa F1 vzgojena v rastlinjaku dosegla največje koncentracije, sorta Buzau 2 pridelana na polju pa najmanjše (Simion in sod., 2008).

V našem poskusu se je glede na izvor največja količina nitratnega dušika v papriki nahajala v plodovih iz proizvodnje, ki se je tako značilno razlikovala od plodov paprike iz trgovine in poskusa. V primeru paradižnika in solate so bile največje količine nitratnega dušika v vzorcih iz trgovin, vendar se vrednosti v obeh primerih niso značilno razlikovale od ostalih dveh izvorov.

Pri papriki se je največ nitratnega dušika po pričakovanjih nahajalo v plodovih konvencionalno pridelane paprike (73,2 mg NO₃⁻/kg), ki se je statistično značilno razlikovala od integrirano vzgojene paprike (37,5 mg NO₃⁻/kg). Ostali načini gojenja paprike se med seboj značilno niso razlikovali.

Največje vsebnosti nitratnega dušika se v konvencionalno vzgojeni papriki pojavljajo zaradi prevelike količine sintetičnih gnojil. Za razliko od konvencionalne, pa sta pri integrirani pridelavi gnojenje ter uporaba sredstev za varstvo rastlin omejena. Pri gnojenju je potrebna predhodna analiza tal, kjer se glede na rezultate analiz, nato uskladi vnos hranil, prednost pred mineralnim pa ima organsko gnojenje.

Dennis in Wilson (2003) sta prav tako ugotovila, da so največje količine nitratov vsebovali konvencionalno pridelani vzorci paprike, najmanjše vrednosti pa vzorci paprike pridelane na integriran način.

Plodovi konvencionalno vzgojenega paradižnika so v našem poskusu vsebovali največ nitratov (12,8 mg NO_3^-/kg) in so se skupaj s hidroponskim in integriranim gojenjem ter vzorci paradižnika iz trgovine+proizvodnje, statistično značilno razlikovali od biodinamičnih plodov in kontrole. Ekološka pridelava se je razlikovala le od kontrolnih vzorcev. Količina nitratnega dušika je bila najmanjša v kontrolnih vzorcih (3,9 mg NO_3^-/kg) in se je tako značilno razlikovala od vseh vrst gojenja.

Hidroponsko, konvencionalno, ekološko in integrirano vzgojena solata ter vzorci iz trgovin+proizvodnje so se v vsebnosti nitratnega dušika značilno razlikovali od biodinamično pridelane solate in kontrole. Prav tako sta se značilno razlikovali tudi biodinamično pridelana solata in kontrola. Slednja je imela najmanjšo vsebnost nitratnega dušika.

Ker predstavlja biodinamika najbolj naraven način kmetijstva, ki zahteva le uporabo biološko-dinamičnih preparatov narejenih iz zdravilnih zelišč, mineralov in živalskega gnoja, so po pričakovanjih bile vsebnosti nitratov v solati in paradižniku majhne. Prav tako so bile majhne količine nitratov tudi v kontrolnih vzorcih, saj ti ne vsebujejo dodanih gnojil.

Študije glede razlik med vsebnostjo nitratov v konvencionalni in vsebnostjo nitratov v ekološki pridelavi so v Belgiji pokazale, da vsebuje zelenjava pridelana na ekološki način manj nitratov kot konvencionalno pridelana zelenjava (Pussemier in sod., 2006). V Italiji pa so raziskave pokazale ravno obratno (De Martin in Restani, 2003).

Maggio in sod. (2013) so v konvencionalno pridelani endiviji izmerili povprečno vrednost nitratov 618 mg NO_3^-/kg , v ekološko pridelani pa 543 mg NO_3^-/kg , vendar statistično značilnih razlik med konvencionalnim in organskim gnojenjem niso našli. Prav tako tudi mi nismo našli značilnih razlik med konvencionalno in ekološko pridelavo razen pri paradižniku v vsebnosti amonijevega dušika.

Znanstveniki so odkrili prednosti gojenja zelenjave na hidroponiki v primerjavi z gojenjem v zemlji, saj lahko v hidroponiki nadzorujemo hranila v hranilni raztopini glede na razvojne faze rastline. Če dodamo toliko dušika kot ga rastlina resnično potrebuje, pridelamo vrtnine z manjšo vsebnostjo nitratov (Nicola in sod., 2005; Fontana in sod., 2004). Znanstveniki so namreč ugotovili, da je sprejem NO_3^- in NH_4^+ odvisen od koncentracije in razmerja med NO_3^- in NH_4^+ v hranilni raztopini ter, da lahko z uravnavanjem omenjenega razmerja nadzorujemo vstop dušika v rastlino. Ko rastlini zmanjšamo količino dušika v hranilni raztopini, bodo vrtnine za sintezo proteinov izkoristile dušik nakopičen v vakuoli. Tako se bo količina nakopičenega dušika v rastlini zmanjšala. To dejstvo izkoriščajo za zmanjševanje nitratov v listnati zelenjavi pridelani na plavajočem sistemu. Nekaj dni pred pobiranjem vrtnin namreč v hranilni raztopini zmanjšajo količino dušika na minimum in s tem prisilijo zelenjadnice, da za presnovne procese

porabijo nakopičen nitrat v vakuoli. Zelenjavi se tako zmanjša vsebnost nitrata, količina pridelka pa s tem ni zmanjšana (Santamaria in sod., 2001).

Vendar pa naša raziskava ne potrjuje, da vsebuje zelenjava vzgojena na hidroponiki, manj nitratnega in amonijevega dušika kot zelenjava pridelana v zemlji. Razlog, da hidroponsko vzgojena zelenjava nima manjše vsebnosti nitratov kot zelenjava v zemlji, je v dodani količini dušika v hranljivo raztopino.

Rezultati meritev amonijevega dušika so pokazali, da so bile v našem poskusu povprečne vsebnosti amonijevega dušika v papriki 87,1 mg NH_4^+ /kg, v paradižniku 19,9 mg NH_4^+ /kg ter v solati 144,5 mg NH_4^+ /kg.

Na podlagi naših rezultatov smo ugotovili, da se količine amonijevega dušika glede na izvor značilno niso razlikovale v primeru paprike in solate, medtem ko je bila vsebnost amonijevega dušika v paradižniku največja v vzorcih iz trgovin (25,6 mg NH_4^+ /kg) in se je tako značilno razlikovala od količine amonija iz poskusov (14,2 mg NH_4^+ /kg).

Vsebnosti amonijevega dušika v papriki in solati se statistično značilno niso razlikovale glede na način pridelave. Kljub temu so bile opazne majhne razlike v vsebnosti amonija glede na način gojenja. Največjo vsebnost amonijevega dušika je imela konvencionalno pridelana paprika, sledili so ji vzorci iz trgovin+proizvodnje, hidroponsko, biodinamično in ekološko pridelana paprika, kontrolni vzorci ter integrirano pridelana paprika. Pri solati pa so največje količine amonija vsebovali vzorci solate iz trgovin+proizvodnje, sledila jim je konvencionalno vzgojena solata, nato hidroponsko, ekološko, integrirano in biodinamično pridelana solata. Najmanjše vrednosti so bile v kontrolnih vzorcih.

Pri paradižniku se je količina amonija značilno razlikovala glede na način pridelave. Največje vrednosti amonijevega dušika so dosegli konvencionalno pridelani paradižniki, ki so se statistično značilno razlikovali od paradižnikov iz biodinamične, integrirane, ekološke in hidroponske pridelave. Po vsebnosti amonija so konvencionalno pridelanim paradižnikom sledili paradižniki iz trgovine+proizvodnje. Ti so se značilno razlikovali od paradižnikov iz integrirane, ekološke in hidroponske pridelave. Biodinamični paradižniki so se statistično značilno razlikovali le od konvencionalno gojenih paradižnikov, medtem ko se kontrolni vzorci značilno niso razlikovali od ostalih načinov gojenja. Prav tako ni bilo značilnih razlik med hidroponsko, ekološko, integrirano in biodinamično gojenimi paradižniki ter kontrolnimi vzorci.

5.2 SKUPNI FENOLI

Mitchell in sod. (2007) so ugotovili, da količina fenolov v paradižniku počasi pada s časom skladiščenja. To lahko potrdijo tudi naši rezultati, saj je bila vsebnost skupnih fenolov v paradižniku pred skladiščenjem značilno večja (30,1 mg $\text{G.K.}/100\text{ g}$) od količine skupnih fenolov po skladiščenju (23,9 mg $\text{G.K.}/100\text{ g}$). Količina skupnih fenolov v svežem paradižniku je primerljiva z rezultati Mostaphe in sod. (2014).

V primeru paprike in solate pa se vsebnosti skupnih fenolov po skladiščenju niso statistično značilno razlikovale od svežih vzorcev. V papriki je bila količina fenolov na začetku skladiščenja 86,5 mg_{G.K.}/100 g, med skladiščenjem pa se je zmanjšala na 84,3 mg_{G.K.}/100 g. Sveža solata je vsebovala 46,7 mg_{G.K.}/100 g, po skladiščenju pa 43,6 mg_{G.K.}/100 g.

V papriki se nahajajo različne fenolne spojine za katere je značilno antioksidativno delovanje. Najpomembnejši fenolni spojini v papriki sta kapsaicin in dehidrokapsaicin, ki predstavljata kar 80 % vseh fenolnih spojin v plodovih paprike (Topuz in Ozdemir, 2007).

Vsebnost skupnih fenolov plodov paprike iz poskusov je bila v našem primeru značilno večja od vsebnosti fenolov v plodovih iz proizvodnje in trgovine, saj so plodovi paprike iz poskusov vsebovali 93,8 mg_{G.K.}/100 g, iz lastne proizvodnje 65,0 mg_{G.K.}/100 g, iz trgovin pa 59,9 mg_{G.K.}/100 g.

Prav tako je imel paradižnik iz poskusov značilno več skupnih fenolov kot pa paradižnik iz proizvodnje in trgovine, medtem ko je solata iz trgovin dosegla manjše vrednosti skupnih fenolov in se tako od ostalih dveh izvorov statistično značilno razlikovala. Vzorci solat iz poskusov in proizvodnje pa so bili primerljivi.

Nekateri raziskovalci trdijo, da naj bi ekološko pridelana zelenjava in sadje imela večje količine fenolov v primerjavi s konvencionalno in integrirano pridelavo (Mitchell in sod., 2007.; Lopez in sod., 2014). V ekološki pridelavi se namreč uporablja kompostiran gnoj ter manj zaščitnih sredstev, zato mora rastlina sama razviti več obrambnih mehanizmov (Borguini in sod., 2013). V našem poskusu je imela ekološka zelenjava res malo večje vrednosti skupnih fenolov kot konvencionalna, vendar pa te razlike niso bile značilne.

Rezultati skupnih fenolov v papriki glede na način pridelave kažejo, da so bile največje povprečne vrednosti dosežene na hidroponsko pridelani papriki, ki se je statistično značilno razlikovala od vzorcev iz konvencionalne, ekološke ter integrirane pridelave, kontrolnih vzorcev in vzorcev iz trgovin+proizvodnje.

Ghasemnezhad in sod. (2011) so v hidroponski papriki določili količino fenolov, ki je znašala 120 mg_{G.K.}/100 g in je primerljiva z našimi rezultati (116,3 mg_{G.K.}/100 g).

V našem poskusu so najmanjše rezultate dosegli vzorci iz trgovin+proizvodnje (61,2 mg_{G.K.}/100 g), ki so se značilno razlikovali od vseh ostalih načinov pridelave. Biodinamično gojena paprika (101,2 mg_{G.K.}/100 g) se značilno ni razlikovala od hidroponske, poleg tega pa se tudi ni razlikovala od ostalih načinov pridelave razen od vzorcev iz trgovin+proizvodnje.

Največje povprečne vrednosti skupnih fenolov so dosegli ravno tako hidroponsko vzgojeni paradižniki (42,9 mg_{G.K.}/100 g), ki so se statistično značilno razlikovali od ostalih tehnik gojenja. Borguini s sod. (2013) navaja, da so razlike med integriranim in ekološkim paradižnikom zelo majhne in niso statistično značilne, kar potrjujejo tudi naši rezultati.

Razlog, da vsebuje hidroponska pridelava največ skupnih fenolov je, da se pri hidroponskih sistemih dovaja natanko določena količina potrebnih hranil, kar rastlini omogoča popolno rast in razvoj. Za razliko od hidroponskega gojenja pa gojenje v zemlji ne omogoča nadzora nad

potrebno količino hranilnih snovi za rast. Prav tako so za hidroponiko značilni zaprti prostori, kjer se uravnava temperatura, svetloba in vlažnost zraka, kar ima pozitiven vpliv na rastline (Gruda, 2009).

Biodinamično vzgojena solata je vsebovala največje vrednosti skupnih fenolov, najmanjše količine pa so bile v vzorcih solate iz trgovin+proizvodnje. Biodinamičen način gojenja solate se je statistično značilno razlikoval od konvencionalne pridelave, kontrole in vzorcev iz trgovin+proizvodnje. Vzorci iz trgovin+proizvodnje so se značilno razlikovali le od biodinamične, hidroponske in integrirane pridelave.

Heimler in sod. (2011) so med konvencionalno in biodinamično vzgojeno solato izmerili značilne razlike v vsebnosti skupnih fenolov, kar potrjujejo tudi naši rezultati. Količina fenolov v biodinamično pridelani solati je bila v našem primeru 61,7 mg_{G.K.}/100 g, v konvencionalno pridelani pa 38,7 mg_{G.K.}/100 g.

Razlog, da so v biodinamično pridelani solati večje vsebnosti fenolov je, da predstavlja biodinamika najbolj naraven način kmetijstva, ki zahteva le uporabo biološko-dinamičnih preparatov narejenih iz zdravilnih zelišč, mineralov in živalskega gnoja, ki vzpodbujajo rodovitnost tal in vitalnost rastlin (Topolovec, 2010).

Prav tako kot mi, tudi Heimler in sod. (2011) niso našli značilnih razlik med ekološko in biodinamično ter med ekološko in konvencionalno pridelavo, količina skupnih fenolov v ekološki solati pa je bila skoraj identična (pri nas 44,9 mg_{G.K.}/100 g, Heimler in sod. (2011) pa 45 mg_{G.K.}/100 g). Tudi Sofo in sod. (2016) med organsko in konvencionalno vzgojeno solato niso našli razlik v vsebnosti skupnih fenolov.

5.3 ASKORBINSKA KISLINA

V naših vzorcih je bila povprečna vrednost askorbinske kisline v sveži papriki 96,8 mg/100 g. Plodovi paprike med vsemi vrtninami vsebujejo največ askorbinske kisline. Vsebnost askorbinske kisline v papriki se po podatkih iz literature giblje med 15 in 150 mg/100 g sveže mase in se razlikuje glede na sorto, stopnjo zrelosti in rastne razmere. Z uživanjem ene paprike na dan dvojno pokrijemo dnevne potrebe po askorbinski kislini. Vsebnost askorbinske kisline z zrelostjo plodov narašča, kar je pojasnjeno z dejstvom, da ima na tvorbo askorbinske kisline velik vpliv svetloba (Lee in Kader, 2000).

Sveži vzorci paradižnika so v našem poskusu vsebovali povprečno 12,2 mg askorbinske kisline/100 g. V literaturi je povprečna vrednost askorbinske kisline v paradižniku 19 mg/100 g (Lešić in sod., 2004). V Alžiriji narejene raziskave so pokazale, da vzorci paradižnika vsebujejo med 6,9-16,7 mg askorbinske kisline/100 g. Ti podatki so primerljivi tudi z rezultati v Novi Zelandiji (Mostapha in sod., 2014; Toor in sod., 2006).

Vsebnost askorbinske kisline v plodovih paprike iz poskusov je bila po pričakovanjih značilno večja od vsebnosti askorbinske kisline v plodovih paprike iz trgovine, saj so plodovi paprike iz poskusov vsebovali 105,1 mg askorbinske kisline/100 g, iz trgovin pa 72,4 mg askorbinske kisline/100 g.

V primeru paradižnika se je paradižnik iz trgovine (10,4 mg askorbinske kisline/100 g) statistično značilno razlikoval od paradižnika iz proizvodnje (14,5 mg askorbinske kisline/100 g).

Rezultati askorbinske kisline glede na način pridelave kažejo, da je bila v papriki vsebnost askorbinske kisline največja v hidroponsko pridelani papriki (146,5 mg askorbinske kisline/100 g) in se je tako statistično značilno razlikovala od vseh ostalih načinov gojenja. Med ostalimi vrstami pridelav ni bilo značilnih razlik.

Tudi Hallmann in Rembialkowska (2012) ter Perez-Lopez in sod. (2007) so ugotovili, da vsebujejo hidroponsko gojeni plodovi paprike značilno več askorbinske kisline kot plodovi iz integrirane, ekološke in konvencionalne pridelave.

Ghasemnezhad in sod. (2011) so v Iranu prav tako izmerili največje vrednosti askorbinske kisline v hidroponsko pridelani rumeni papriki, ki je vsebovala 120 mg askorbinske kisline/100 g.

Rezultate, da med ekološkim in konvencionalnim gojenjem paprike ni značilnih razlik v vsebnosti askorbinske kisline, potrjujejo tudi Elmann in sod. (2016), medtem ko so Lopez in sod. (2014) zaznali večje vsebnosti askorbinske kisline v plodovih paprike pridelane na ekološki način kot v konvencionalno pridelani papriki.

Tudi pri paradižniku je bila v našem poskusu količina askorbinske kisline največja v paradižniku vzgojenem na hidroponski način (19,6 mg askorbinske kisline/100 g) in se je statistično značilno razlikovala od ostalih vrst gojenja.

Kimura in Rodriguez-Amaya (2003) sta v poskusu primerjala hidroponski in konvencionalni način gojenja ter ugotovila enako kot v našem primeru, da so paradižniki gojeni na hidroponski način značilno kakovostnejši, saj so namreč vsebovali več askorbinske kisline.

V našem primeru se glede količine askorbinske kisline, konvencionalno pridelani paradižniki niso značilno razlikovali od ekološko pridelanih paradižnikov. Hallmann (2012) pa je za razliko od nas, med organsko in konvencionalno vzgojenim paradižnikom našel statistično značilne razlike v vsebnosti askorbinske kisline. Organsko pridelan paradižnik je vseboval značilno večje vrednosti askorbinske kisline kot konvencionalno pridelan paradižnik.

Razlog, da vsebuje hidroponska pridelava v obeh vrtninah največ askorbinske kisline, je ponovno ta, da se pri hidroponskih sistemih dovaja primerna količina potrebnih elementov, prav tako pa se v zaprtih prostorih uravnava temperatura, svetloba in vlažnost zraka, kar rastlini omogoča popolno rast in razvoj (Gruda, 2009).

5.4 KAROTENOIDI IN KLOROFIL

Vsebnost karotenoidov v solati je odvisna od tipa solate. Največ karotenoidov vsebuje zeleno listnata solata, sledi ji rdeče listnata, najmanj karotenoidov pa ima mehko listnata solata (ledenka). Največjo vsebnost karotenoidov vsebujejo zreli plodovi (obrani v optimalnem času),

saj se količina karotenoidov med zorenjem večja. Za glavna karotenoida v solati veljata lutein in β -karoten, čeprav so tudi vrednosti violaksantina visoke (Mou, 2005).

V raziskavah so ugotovili, da je povprečna vsebnost β -karotena v sveži zeleno listnati solati iz Japonske 3,86 mg/100 g, količina luteina 3,34 mg/100 g, vsebnost klorofila b 17 mg/100 g ter klorofila a 49,3 mg/100 g (Mou, 2005).

Vrednosti so primerljive z našimi rezultati (povprečna koncentracija β -karotena 3,46 mg/100 g, luteina 3,47 mg/100 g, klorofila b 17,48 mg/100 g), večja je nekoliko le količina klorofila a, ki v našem primeru znaša 69,33 mg/100 g.

Prav tako so naši rezultati primerljivi z rezultati Jung Kim in sod. (2016), ki so v solati izmerili povprečno vrednost β -karotena 3 mg/100 g ter luteina 3,5 mg/100 g, medtem ko so se v 17-ih svežih vzorcih solate vzgojene v ZDA vsebnosti β -karotena gibale med 0,124 in 0,9 mg/100 g, količine luteina pa med 0,39 in 2,71 mg/100 g (Mou, 2005).

Statistično značilne razlike med vsebnostjo skupnih karotenoidov v svežih vzorcih solate in vzorcih po skladiščenju, so po naših pričakovanjih potrdile, da med skladiščenjem vrednosti karotenoidov padajo. Na začetku je bila količina skupnih karotenoidov 18,92 mg/100 g, po skladiščenju pa se je znižala na 6,35 mg/100 g.

Analize posameznih karotenoidov so prav tako kazale padec vrednosti po skladiščenju, saj so v vseh primerih bile značilne razlike med svežimi in skladiščenimi vzorci solate. Tudi pri klorofilu a in b so v obeh primerih bile značilne razlike med svežimi vzorci in vzorci po skladiščenju, saj so bili sveži vzorci značilno večji od skladiščenih vzorcev.

Vzorci iz poskusov, proizvodnje in trgovin se med seboj niso razlikovali po vsebnosti skupnih karotenoidov, kljub temu pa so vzorci iz proizvodnje vsebovali najmanj skupnih karotenoidov (11,94 mg/100 g), vzorci iz poskusov pa največ (13,91 mg/100 g).

Prav tako se količina posameznih karotenoidov ter klorofila a in b glede na izvor značilno ni razlikovala, so pa kljub temu bile količine v vseh primerih najmanjše v vzorcih iz proizvodnje.

Rezultati glede načina pridelave so pokazali, da način gojenja ne vpliva na vrednosti skupnih karotenoidov, prav tako pa tudi ne na posamezne karotenoide ter klorofil a in b. Pri skupnih, posameznih karotenoidih ter pri klorofilu a in b so bile vrednosti največje pri hidroponskem načinu pridelave, razen v primeru anteraksantina, kjer so bile največje količine v vzorcih iz trgovin+proizvodnje. Kljub temu lahko glede na dobljene rezultate trdimo, da ni značilnih razlik glede načina pridelave.

V različnih raziskavah so ugotovili, da razlike v količini karotenoidov nastanejo zaradi različnih sort, stopnje zrelosti, časa pobiranja, medtem ko način pridelave nima pomembnega vpliva (Gruda, 2009; Borguini in sod., 2013).

Amin in Cheah (2003) sta v raziskavi proučevala vrednosti β -karotena v konvencionalno vzgojeni zeleni solati kupljeni v malezijskem supermarketu in organsko pridelani zeleni solati kupljeni v trgovini z organsko pridelano hrano v Maleziji. Ugotovila sta, da se tako kot v našem primeru, vrednosti β -karotena glede na način pridelave ne razlikujejo.

Kimura in Rodriguez-Amaya (2003) sta v zeleni solati gojeni na zemlji določila vsebnost β -karotena med 0,8-3,2 mg/100 g, na hidroponiki pa 1,8-3,8 mg/100 g, vendar značilnih razlik nista našla.

V našem poskusu se količine β -karotena prav tako niso značilno razlikovale med hidroponsko vzgojo in vzgojo na zemlji. V zeleni solati, gojeni v zemlji, je bila vsebnost β -karotena v povprečju 2,46 mg/100 g, povprečna vrednost β -karotena na hidroponiki pa je bila 3,36 mg/100 g.

6 SKLEPI

Rezultati analiz paradižnika, paprike in solate nam omogočajo, da podamo naslednje sklepe:

- Največje povprečne vsebnosti nitratnega dušika so v solati, najmanjše pa v paradižniku.
- Največja količina nitratnega dušika v papriki se glede na izvor nahaja v plodovih iz proizvodnje.
- Vsebnost nitratnega dušika se razlikuje glede na način pridelave. Količina nitratnega dušika je v konvencionalno pridelani papriki značilno večja od integrirano vzgojene paprike, najmanjše vsebnosti nitratnega dušika pa vsebujejo kontrolni vzorci paradižnika in solate.
- Količina amonijevega dušika v paradižniku je glede na izvor največja v vzorcih iz trgovin.
- Pri paradižniku se količina amonijevega dušika značilno razlikuje od načina pridelave.
- Med enotedenskim skladiščenjem paradižnika se je zmanjšala količina skupnih fenolov.
- Izvor zelenjave je v povezavi s količino skupnih fenolov. Vsebnosti skupnih fenolov plodov paprike in paradižnika iz poskusov so značilno večje od vsebnosti fenolov v plodovih iz proizvodnje in trgovine, solata iz trgovin pa glede na izvor dosega najmanjše vrednosti skupnih fenolov.
- Vsebnost skupnih fenolov se razlikuje glede na način pridelave. Največje povprečne vrednosti skupnih fenolov so dosežene na hidroponsko pridelani papriki in paradižniku ter na biodinamično pridelani solati.
- Količina askorbinske kisline je v povezavi z izvorom. Vsebnost askorbinske kisline v plodovih paprike iz poskusov je namreč značilno večja od količine askorbinske kisline v plodovih paprike iz trgovine. Vsebnost askorbinske kisline pa je pri paradižniku največja v plodovih iz proizvodnje, najmanjša pa v plodovih iz trgovine.
- Na vsebnost askorbinske kisline vpliva način pridelave. Hidroponsko pridelana paprika in paradižnik namreč vsebujeta značilno večje vrednosti askorbinske kisline v primerjavi z ostalimi načini gojenja. Konvencionalna, integrirana, ekološka in biodinamična pridelava ter kontrola in vzorci iz trgovin+proizvodnje pa se po količini askorbinske kisline v papriki in paradižniku ne razlikujejo.
- Med skladiščenjem vsebnosti skupnih in posameznih karotenoidov ter klorofila a in b padajo.
- Med vzorci solat iz poskusov, proizvodnje in trgovin ni razlik glede vsebnosti skupnih karotenoidov, posameznih karotenoidov ter klorofila a in b.
- Način gojenja solate ne vpliva na vrednosti skupnih karotenoidov v solati, prav tako pa tudi ne na posamezne karotenoide ter klorofila a in b.

7 POVZETEK

Namen magistrske naloge je bil ugotoviti, kako se vsebnost nitrata in skupnih fenolov v paradižniku, papriki in solati razlikuje od načina pridelave in izvora. Poleg tega smo v svežih vzorcih paprike in paradižnika izmerili količine askorbinske kisline, v sveži in skladiščeni solati pa vsebnosti karotenoidov. Vse omenjene analize so bile opravljene v treh ponovitvah.

Vrednosti skupnih fenolov in karotenoidov smo primerjali med svežimi vzorci in vzorci po skladiščenju, poleg tega smo količine skupnih fenolov in karotenoidov primerjali med tremi različnimi izvori (poskus, proizvodnja, trgovina). Prav tako nas je zanimalo ali se količina skupnih fenolov in karotenoidov razlikuje od načina pridelave (hidroponsko, biodinamično, ekološko, integrirano, konvencionalno, kontrolni vzorci in vzorci iz trgovine+proizvodnje). Vrednosti nitratnega in amonijevega dušika ter askorbinske kisline smo primerjali med tremi različnimi izvori (poskus, proizvodnja, trgovina), prav tako pa smo omenjene vrednosti primerjali med načini gojenja (hidroponsko, biodinamično, ekološko, integrirano, konvencionalno, kontrolni vzorci in vzorci iz trgovine+proizvodnje).

Za namen analiz smo od Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede v Hočah ter od Biotehniške fakultete v Ljubljani in zasebnih proizvajalcev dobili več sort različno pridelanih paradižnikov, paprike in solate. Da smo lahko primerjali, kako se vrtnine iz poskusov in proizvodnje razlikujejo od vrtnin iz trgovine, smo vzorce različnega porekla paprike, paradižnika in solate tudi kupili v trgovinah Tuš, Spar, Hofer in Mercator.

Na podlagi rezultatov smo ugotovili, da so bile največje povprečne vsebnosti nitratnega dušika v solati (1113,5 mg NO_3^-/kg), najmanjše pa v paradižniku (9,8 mg NO_3^-/kg). Paprika je v povprečju vsebovala 59,5 mg NO_3^-/kg .

Glede na izvor se je v papriki največja količina nitratnega dušika nahajala v plodovih iz proizvodnje, ki so se tako značilno razlikovali od plodov paprike iz trgovine in poskusa. V primeru paradižnika in solate so bile največje količine nitratnega dušika v vzorcih iz trgovin, vendar se vrednosti v obeh primerih niso značilno razlikovale od ostalih dveh izvorov.

Pri papriki se je glede na način pridelave največja vsebnost nitratnega dušika nahajala v plodovih konvencionalno pridelane paprike, ki se je značilno razlikovala od integrirano vzgojene paprike. Ostali načini gojenja paprike se med seboj niso značilno razlikovali.

Plodovi konvencionalno vzgojenega paradižnika so vsebovali največ nitratov in so se skupaj s hidroponskim in integriranim gojenjem ter z vzorci paradižnika iz trgovine+proizvodnje, značilno razlikovali od biodinamičnih plodov in kontrole. Ekološka pridelava se je razlikovala le od kontrolnih vzorcev. Količina nitratnega dušika je bila najmanjša v kontrolnih vzorcih in se je tako značilno razlikovala od vseh vrst gojenja.

Hidroponsko, konvencionalno, ekološko in integrirano vzgojena solata ter vzorci iz trgovin+proizvodnje so se v vsebnosti nitratnega dušika značilno razlikovali od biodinamično pridelane solate in kontrole. Prav tako sta se značilno razlikovali tudi biodinamično pridelana solata in kontrola, kjer je kontrola dosegla manjšo vrednost nitratnega dušika.

Vrednosti amonijevega dušika v papriki in solati se glede izvora značilno niso razlikovale, medtem ko je bila količina amonijevega dušika v paradižniku največja v vzorcih iz trgovin in se tako značilno razlikovala od količine amonija iz poskusov.

Vsebnosti amonijevega dušika v papriki in solati se značilno niso razlikovale glede na način gojenja. Pri paradižniku pa smo ugotovili značilne razlike v količini amonija glede na način pridelave. Največje vrednosti amonijevega dušika so dosegli konvencionalno pridelani paradižniki, ki so se značilno razlikovali od paradižnikov iz biodinamične, integrirane, ekološke in hidroponske pridelave. Po količini amonija so konvencionalno pridelanim paradižnikom sledili paradižniki iz trgovine+proizvodnje. Ti so se značilno razlikovali od paradižnikov iz integrirane, ekološke in hidroponske pridelave. Biodinamični paradižniki so se značilno razlikovali le od konvencionalno vzgojenih paradižnikov, medtem ko se kontrolni vzorci niso značilno razlikovali od ostalih načinov vzgoje. Prav tako med hidroponsko, ekološko, integrirano in biodinamično vzgojenimi paradižniki ter kontrolnimi vzorci ni bilo značilnih razlik.

Na podlagi dobljenih rezultatov smo ugotovili, da količina fenolov v paradižniku počasi pada s časom skladiščenja, medtem ko se vsebnosti skupnih fenolov v papriki in solati po skladiščenju značilno niso razlikovale od svežih vzorcev.

Vsebnosti skupnih fenolov plodov paprike in paradižnika iz poskusov so bile značilno večje od vsebnosti fenolov v plodovih iz proizvodnje in trgovine. Tudi solata iz trgovin je imela manjše vrednosti skupnih fenolov v primerjavi s proizvodnjo in poskusi.

Rezultati skupnih fenolov v papriki glede na način pridelave so pokazali, da so bile največje povprečne vrednosti dosežene v hidroponsko pridelani papriki v primerjavi z vzorci iz konvencionalne, ekološke ter integrirane pridelave, kontrolnimi vzorci in vzorci iz trgovin+proizvodnje, ki so dosegli najmanjše vrednosti. Biodinamično gojena paprika se ni razlikovala od hidroponsko gojene, poleg tega pa se tudi značilno ni razlikovala od ostalih načinov pridelave, razen od vzorcev iz trgovin.

Največje vrednosti skupnih fenolov so dosegli ravno tako hidroponsko vzgojeni paradižniki. Dosežene vrednosti pri hidroponiki so se značilno razlikovale od vrednosti pri ostalih tehnikah gojenja.

Biodinamično gojena solata je vsebovala največje vrednosti skupnih fenolov, najmanjše količine pa so bile ponovno v vzorcih solate iz trgovin+proizvodnje. Biodinamičen način gojenja solate se je značilno razlikoval od konvencionalne pridelave, kontrole in vzorcev iz trgovin+proizvodnje. Vzorci iz trgovine so se značilno razlikovali le od biodinamične, hidroponske in integrirane pridelave. Med ekološko in biodinamično ter med ekološko in konvencionalno pridelavo nismo našli značilnih razlik.

Vsebnost askorbinske kisline v plodovih paprike iz poskusov je bila značilno večja od količine askorbinske kisline v plodovih paprike iz trgovine, pri paradižniku pa smo ugotovili značilne razlike med paradižnikom iz proizvodnje in paradižnikom iz trgovine.

Hidroponsko pridelana paprika in paradižnik sta vsebovala največ askorbinske kisline in se značilno razlikovala od vseh ostalih načinov gojenja, medtem ko med ostalimi vrstami pridelave ni bilo značilnih razlik.

Statistično značilne razlike med vsebnostjo skupnih karotenoidov v svežih vzorcih solate in vzorcih po skladiščenju, so po naših pričakovanjih potrdile, da med skladiščenjem vrednosti karotenoidov padajo. Tudi pri posameznih karotenoidih ter klorofilu a in b so v vseh primerih bili sveži vzorci značilno večji kot vzorci po skladiščenju.

Vzorci iz poskusov, proizvodnje in trgovin se po vsebnosti skupnih karotenoidov med seboj niso razlikovali. Prav tako se količina posameznih karotenoidov ter klorofila a in b glede na izvor ni značilno razlikovala.

Rezultati glede načina pridelave so pokazali, da način gojenja značilno ne vpliva na vrednosti skupnih karotenoidov, prav tako pa tudi ne na posamezne karotenoide ter klorofil a in b.

8 VIRI

- Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. *Farmacevtski vestnik*, 48: 573-589
- Amin I., Cheah S.F. 2003. Determination of vitamin C, β - carotene and riboflavin contents in five green vegetables organically and conventionally grown. *Malaysian Journal of Nutrition*, 9, 1: 31-39
- Balasundram N., Sundram K., Samman S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence and potential uses. *Food Chemistry*, 99, 1: 191-203
- Baldwin E.A., Goodner K., Plotto A. 2008. Interaction of volatiles, sugar and acids on perception of tomato aroma and flavour descriptors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73, 6: 294-307
- Basu T.K., Dickerson J.W.T. 1996. Vitamins in human health and disease. Wallingford, CAB International: 125-146
- Bavec M., Zadavec D., Potočnik J. 2000. Uvajanje integrirane pridelave zelenjave v Sloveniji. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2000: zbornik simpozija. Moravske Toplice, 14. in 15. december 2000. Tajnšek A., Šantavec I. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 252-259
- Bavec M. 2001. Ekološko kmetijstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 448 str.
- Bavec M. 2003. Tehnike pridelovanja zelenjadnic. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 58 str.
- Beckman C. H. 2000. Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in plants? *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 57: 101-110
- Biggs M., McVicar J., Flowerdew B. 2006. The complete book of vegetables, herbs & fruit: the definitive sourcebook for growing, harvesting and cooking. London, Kyle Cathie: 640 str.
- Blum A., Monir M., Wirsansky I., Arzi B.S. 2005. The beneficial effects of tomatoes. *European Journal of Internal Medicine*, 16, 6: 402-404
- Borguini R.G., Bastos D.H.M., Moita-Neto J.M., Capasso F.S., Torres E. 2013. Antioxidant potential of tomatoes cultivated in organic and conventional systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56: 521-529
- Chan T.Y.K. 2011. Vegetable-borne nitrate and nitrite and the risk of methaemoglobinaemia. *Toxicity Letters*, 200: 107-108

- Chung S.Y., Kim J.S., Kim M., Hong M.K., Lee J.O., Kim C.M. 2003. Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. *Food Additives and Contaminants*, 20, 7: 621-628
- Correia M., Barroso A., Barroso F. M., Soares D., Oliveira M.B.P.P., Delerue-Matos C. 2009. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. *Food Chemistry*, 120, 4: 960-966
- Cortese D. 2002. Zelenjava-druga moč narave. Ljubljana, Kmečki glas: 334 str.
- Černe M. 1988. Plodovke. Ljubljana, Kmečki glas: 128 str.
- De Martin S., Restani P. 2003. Determination of nitrates by a novel ion chromatographic method: occurrence in leafy vegetables (organic and conventional) and exposure assessment for Italian consumers. *Food Additives and Contaminants*, 20, 9: 787-792
- Demeter. 2016. Smernice pridelave za uporabo Demeter, Biodinamika® in sorodne zaščitene znamke. Selo pri Žirovnici, Združenje Demeter Slovenija: 55 str.
http://www.demeter.si/uploads/1/7/6/6/17663141/smernice_pridelava_2016_slo.pdf
(3. apr. 2016)
- Dennis M.J., Wilson L.A. 2003. Nitrates and nitrites. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 4. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). London, Academic Press: 4136-4141
- Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G., Grolier P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 5: 369-382
- Eichin B., Schnitzler W. H. 1994. Tomatenproduktion in Blähton, Steinwolle und Erde. *TASPO-Gartenbaumagazin*, 11: 28-30
- Elmann A., Garra A., Alkalai-Tuvia S., Fallik E. 2016. Influence of organic and mineral-based conventional fertilization practices on nutrient levels, anti-proliferative activities and quality of sweet red peppers following cold storage. *Israel Journal of Plant Science*, 63, 1: 51-57
- Fonseca Maciel L., Oliveira C. S., Bispo E. S., Spinola M. M. P. 2010. Antioxidant activity, total phenolic compounds and flavonoids of mangoes coming from biodynamic, organic and conventional cultivations in three maturation stages. *British Food Journal*, 113, 9: 1103-1113
- Fontana E., Nicola S., Hoeberechts J., Saglietta D., Piovano G. 2004. Managing traditional and soilless culture systems to produce corn salad (*Valerianella olitoria*) with low nitrate content and lasting postharvest shelf-life. *Acta Horticulturae*, 659: 763-768
- Gautier H., Diakou-Verdin V., Benard C., Reich M., Buret M., Bourgaud F., Possel J.L., Caris-Veyrat C., Genard M. 2008. How does tomato quality (sugar, acid and nutritional

- quality) vary with ripening stage, temperature and irradiance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 1241-1250
- Ghasemnezhad M., Sherafati M., Payvast A. G. 2011. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods*, 3, 1: 44-49
- Gruda N. 2009. Do soilless culture systems have an influence on product quality? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82: 141-147
- Hallmann E. 2012. The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compound in selected tomato types. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 14: 2840-2848
- Hallmann E., Rembialkowska E. 2012. Characterization of antioxidant compound in sweet bell pepper (*Capsicum annum* L.) under organic and conventional growing systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 12: 2409-2415
- Heimler D., Vignolini P., Arfaiole P., Isolani L., Romani A. 2011. Conventional, organic and biodynamic farming: differences in polyphenol content and antioxidant activity of Batavia lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 3: 551-556
- Hernandez M., Espinosa F., Gallindo P. 2014. Tomato fruit quality as influenced by the interactions between agricultural techniques and harvesting period. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177: 443-448 str.
- Hounsom N., Hounsom B., Tomos D., Edwards-Jones G. 2009. Changes in antioxidant compounds in white cabbage during winter storage. *Postharvest Biology and Technology*, 52: 173-179
- Hmelak Gorenjak A., Langerholc T. 2014. Vnos nitrata v človeški organizem kot posledica vsebnosti nitrata v krompirju (*Solanum tuberosum* L.) in solati (*Lactuca sativa* L.). V: Prenos inovacij, znanja in izkušenj v vsakdanjo rabo: zbornik referatov. 3. konferenca z mednarodno udeležbo-konferenca VIVUS, s področja kmetijstva, naravovarstva, hortikulture in floristike ter živilstva in prehrane, 14.-15. november 2014. Maček M. A., Maček Jerala M., Kolenc Artiček M. (ur.). Strahinj, Biotehniški center Naklo: 588-596
- Hudina M., Rusjan D., Jakše M. 2011. Osnove hortikulture: učbenik za študente Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo-agronomija in hortikultura. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 179 str.
- Iammarino M., Di Taranto A., Cristino M. 2013. Endogenous levels of nitrites and nitrates in wide consumption foodstuffs: result of five years of official controls and monitoring. *Food Chemistry*, 140, 4: 763-771
- ISO 13395. Water quality-determination of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen and the sum of both by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection. 1996: 18 str.

- ISO 11732. Water quality-determination of ammonium nitrogen by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection. 1997: 18 str.
- Jung Kim M., Moon Y., Tou C. J., Mou B., Waterland L.N. 2016. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Food Composition and Analysis, 49: 19-34
- Kimura M., Rodriguez-Amaya D. B. 2003. Carotenoid composition of hydroponic leafy vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 2603-2607
- Kmecl V., Sušin J., Gregorčič A. 2005. Nitrati in nitriti v zelenjavi v primerjavi z drugimi kmetijskimi pridelki. V: Vrtnarstvo–kako do zdrave hrane in okolja: zbornik referatov. Slovenski vrtnarski posvet, Sevnica, 28. in 29. januar 2005. Podgoršek J. (ur.). Novo mesto, Kmetijsko gozdarski zavod: 173-178
- Kocjan Ačko D. 2000. Alternativne oblike kmetovanja. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2000: zbornik simpozija. Moravske Toplice, 14. in 15. december 2000. Tajnšek A., Šantavec I. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 244-251
- Kokalj D., Hribar J., Cigić B., Zlatić E., Demšar L., Sinkovič L., Šircelj H., Bizjak G., Vidrih R. 2016. Influence of yellow light emitting diodes at 590 nm on storage of apple, tomato and bell pepper fruit. Food Technology and Biotechnology, 54, 1: 228-235
- Košmerl T., Kač M. 2007. Osnovne kemijske analize mošta in vina: laboratorijske vaje za predmet Tehnologija vina. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 106 str.
- Lee K.S., Kader A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20: 207-220
- Lešić R., Borošić J., Herak-Čustić M., Poljak M., Romić D. 2004. Povrčarstvo. Čakovec, Zrinski: 665 str.
- Lopez A., Fenoll J., Hellin P., Flores P. 2014. Cultivation approach for comparing the nutritional quality of two pepper cultivars grown under different agricultural regimes. Food Science and Technology, 58, 1: 299-305
- Macheix J.J., Fleuriet A., Billot J. 1990. Fruit phenolics. Boca Raton, CRC Press: 392 str.
- Maggio A., De Pascale S., Paradiso R., Barbieri G. 2013. Quality and nutritional value of vegetables from organic and conventional farming. Scientia Horticulturae, 164: 532-539
- Masclaux-Daubresse D., Daniel-Vedele F., Dechorgnat J., Chardon F., Gaufichon L., Suzuki A. 2009. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. Annals of Botany, 105, 7: 1141-1157
- Mason J. 1990. Commercial hydroponic. Kenthurst, Kangaroo press: 170 str.

- McGhie T.K., Hunt M., Barnett L.E. 2005. Cultivar and growing region determine the antioxidant polyphenolic concentration and composition of apples grown in New Zealand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8: 3065-3070
- McGlasson B. 2003. Tomatoes. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol 9. 2nd ed. Caballero B., Trugo L. C., Finglas P. M. (eds.). Oxford, Elsevier Science: 5800-5807
- Medić-Šarić M., Buhač I., Bradamante V. 2002. Vitamini in minerali. Zagreb, Gorenjski tisk: 342 str.
- Menard C., Heraud F., Volatier J.L., Leblanc J.C. 2008. Assessment of dietary exposure of nitrate and nitrite in France. *Food Additives and Contaminants*, 25, 8: 971-988
- Merino L., Darnerud P.O., Edberg U., Aman P., Castillo M.D.P. 2006. Levels of nitrate in Swedish lettuce and spinach over the past 10 years. *Food Additives and Contaminants*, 23, 12: 1283-1289
- Miculinić Trošt M. 2016. Vpliv gnojenja in dodatne osvetlitve med rastjo užitnega tolščaka (*Portulaca sativa* L.) na vsebnost bioaktivnih komponent. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 68 str.
- Mindell E. 2000. Vitaminska biblija za novo tisočletje. Ljubljana, Mladinska knjiga: 422 str.
- Mitchell A.E., Hong Y.J., Koh E., Barrett D.M., Bryant D.E., Denison R.F., Kaffka S. 2007. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 15: 6154-6159
- Mostapha B.B., Hayette L., Zina M. 2014. Antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) varieties grown in Algeria. *Journal of Food Technology Research*, 1, 3: 133-145
- Mou B. 2005. Genetic variation of beta-carotene and lutein contents in lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130, 6: 870-876
- Nicola A., Hoeberechts J., Fontana E. 2005. Comparison between traditional and soilless culture systems to produce rocket (*Eruca sativa*) with low nitrate content. *Acta Horticulturae*, 697: 549-555
- Nicoletto C., Santagata S., Zanin G., Sambo P. 2014. Effect of the anaerobic digestion residues use on lettuce yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 180: 207-213
- Nour V., Trandafir I., Ionica E.M. 2013. Antioxidant compounds, mineral content and antioxidant activity of several tomato cultivars grown in Southwestern Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 41, 1: 136-142
- Osvald J. 1999a. Gojenje paprike. Šempeter pri Gorici, Kmetijska svetovalna služba Slovenije: 36 str.

- Osvald J. 1999b. Gojenje paradižnika. Šempeter pri Gorici, Kmetijska svetovalna služba Slovenije: 36 str.
- Osvald J. 1999c. Gojenje solate. Šempeter pri Gorici, Kmetijska svetovalna služba Slovenije: 36 str.
- Osvald J. 2000. Osnove hortikulture: splošno vrtnarstvo in zelenjadarstvo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 172 str.
- Osvald J., Kogoj Osvald M. 2003. Integrirano pridelovanje zelenjave. Ljubljana, Kmečki glas: 295 str.
- Osvald J., Jeraša M., Žnidarčič D. 2005. Hidroponske tehnike v vrtnarstvu. V: Vrtnarstvo–kako do zdrave hrane in okolja: zbornik referatov. Slovenski vrtnarski posvet, Sevnica, 28. in 29. januar 2005. Podgoršek J. (ur.). Novo mesto, Kmetijsko gozdarski zavod: 234-241
- Osvald J., Kogoj Osvald M. 2005. Hidroponsko gojenje vrtnin: breztalni način gojenja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 194 str.
- Pajak K., Činkole B. 2005. Ekološka pridelava zelenjave. V: Vrtnarstvo–kako do zdrave hrane in okolja: zbornik referatov. Slovenski vrtnarski posvet, Sevnica, 28. in 29. januar 2005. Podgoršek J. (ur.). Novo mesto, Kmetijsko gozdarski zavod: 108-111
- Pavlek P. 1979. Specijalno povrčarstvo. Zagreb, Zavod za povrčarstvo: 227 str.
- Perez-Lopez A.J., Moises del Amor F., Serrano-Martinez A., Fortea M.I., Nunez Delicado E. 2007. Influence of agricultural practices on the quality of sweet pepper fruits as affected by maturity stage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 2075-2080
- Podgoršek J. 2005. Vpliv posameznih hranil na višino in kakovost pridelka pri zelenjavi. V: Vrtnarstvo–kako do zdrave hrane in okolja: zbornik referatov. Slovenski vrtnarski posvet, Sevnica, 28. in 29. januar 2005. Podgoršek J. (ur.). Novo mesto, Kmetijsko gozdarski zavod: 357-366
- Potočnik J., Bavec M. 2005. Slovenska integrirano pridelana zelenjava je neoporečna. V: Vrtnarstvo–kako do zdrave hrane in okolja: zbornik referatov. Slovenski vrtnarski posvet, Sevnica, 28. in 29. januar 2005. Podgoršek J. (ur.). Novo mesto, Kmetijsko gozdarski zavod: 127-139
- Pravilnik o onesnaževalcih v živilih. 2003. Uradni list Republike Slovenije, 13, 69: 10723-10728
- Prasad S., Avinesh Chetty A. 2008. Nitrate-N determination in leafy vegetables: study of the effects of cooking and freezing. *Food Chemistry*, 106, 2: 772-780
- Pussemier L., Larondelle Y., Van Peteghem C., Huyghebaert A. 2006. Chemical safety of conventionally and organically produced foodstuffs: a tentative comparison under Belgian conditions. *Food Control*, 17: 14-21

- Ribaya-Mercado J., Blumberg B. 2004. Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *Journal of the American College of Nutrition*, 23, 6: 567-587
- Said S.A., Kashef H.A.E.L., Mazar M.M.E.L., Salama O. 1996. Phytochemical and pharmacological studies on *Lactuca sativa* seed oil. *Fitoterapia*, 67: 215-219
- Santamaria P., Elia A., Gonella M., Parente A., Serio F. 2001. Ways of reducing rocket salad nitrate content. *Acta Horticulturae*, 548: 529-536
- Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek M.M., Toth Markus M. 2005. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38: 1023-1029
- Sattler F., Wistinghausen E. 1995. Kmetovanje po biološko-dinamični metodi. Vrzenec, Društvo za biološko-dinamično gospodarjenje Ajda: 333 str.
- Segura Campos M. R., Ramirez Gomez K., Moguel Ordonez Y., Betancur Ancona D. 2013. Polyphenols, ascorbic acid and carotenoids contents and antioxidant properties of habanero pepper (*Capsicum chinese*) fruit. *Food and Nutrition Science*, 4, 8: 47-54
- Simion V., Campeanu G.H., Vasile G., Artimon M., Catana L., Negoita M. 2008. Nitrate and nitrite accumulation in tomatoes and derived products. *Roumanian Biotechnological Letters*, 13, 4: 3785-3790
- Smith Spangler C., Brandeau M.L., Hunter G.E., Bavinger J.C., Pearson M., Eschbach P. J., Sundaram V. 2012. Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives? *Annals of Internal Medicine*, 157: 348-366
- Sofa A., Lundegardh B., Martensson A., Manfra M., Pepe G., Sommella E., De Nisco M., Tenore G.C., Campiglia P., Scopa A. 2016. Different agronomic and fertilization systems affect polyphenolic profile, antioxidant capacity and mineral composition of lettuce. *Scientia Horticulturae*, 204: 106-115
- Stahl W., Sies H. 2004. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1740, 2: 101-107
- Steiner R. 2011. Temelj uspešnega kmetovanja v očeh duhovne znanosti: kmetijski tečaj. 1. izd. Vrzenec, Založba Ajda: 235 str.
- Suhadolc M., Ruprecht J., Zupan M. 2006. Študijsko gradivo za vaje iz pedologije za strokovni študij agronomije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 54 str.
- Schwarz M. 1995. Soiless culture management. Berlin, Springer-Verlag: 197 str.
- Šircelj H. 2008. Karotenoidi v fotosinteznem aparatu in odziv na stres. *Acta Agriculturae Slovenica*, 91: 271-282
- Taiz L., Zeiger E. 2006. Plant physiology. 4th ed. Sunderland, Sinauer Associates: 764 str.

- Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave za leto 2015. 2015. Džuban T. (ur.). Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 163 str.
- Thaler N., Bajc M. 2013. Vpliv glivnih in rastlinskih sekundarnih metabolitov na verižno reakcijo s polimerazo (PCR). *Acta Silvae et Ligni*, 100: 25-40
- Toor R.K., Savage G. P., Heb A. 2006. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 1: 20-27
- Topolovec S. 2010. Biodinamično je dokazano najboljšo! V: Skupaj za zdravje človeka in narave. Lončar S. (ur.). Ig, Društvo Ognjič: 34-35
- Topuz A., Ozdemir F. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 596-602
- Turinek M., Grobelnik Mlakar S., Bavec M., Bavec F. 2008. Biodynamic agriculture from past to present. *Agricultura*, 6, 1: 1-4
- Voroney P., Derry D. 2008. Origin and distribution of nitrogen in soil. V: Nitrogen in agricultural system. Agronomy monograph, no. 49. Schepers J.S., Raun W.R. (eds.). Madison, American Society of Agronomy: 1-30
- Vrhunc M. 2011. Biološko-dinamični preparati. Vrzenec, Ajda: 48 str.
- Worthington V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables and grains. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 7, 2: 161-173
- Yeum K., Russell R. 2002. Carotenoid bioavailability and bioconversion. *Annual Review of Nutrition*, 22: 483-504

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. dr. Rajku Vidrihu, za vse nasvete in strokoven pregled magistrskega dela.

Hvala tudi recenzentki, prof. dr. Tatjani Košmerl, za recenzijo magistrske naloge.

Prav tako se zahvaljujem prof. dr. Lei Demšar za statistično obdelavo podatkov ter Barbari Slemenik za natančen oblikovni pregled magistrskega dela.

Posebna zahvala je namenjena mami in očetu, ki sta mi omogočila študij ter me tekom študija spodbujala in mi stala ob strani.