

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Sabina DREMELJ

**VPLIV KUHANJA NA VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V
KROMPIRJU, KORENJU IN RDEČI PESI Z
ONESNAŽENEGA OBMOČJA MESTNE OBČINE
CELJE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Sabina DREMELJ

**VPLIV KUHANJA NA VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V KROMPIRJU,
KORENJU IN RDEČI PESI Z ONESNAŽENEGA OBMOČJA MESTNE
OBČINE CELJE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**EFFECT OF COOKING ON THE HEAVY METAL CONTENT IN THE
POTATOES, CARROTS AND BEETROOT FROM CONTAMINATED
AREA – MUNICIPALITY OF CELJE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologije, prehrano in vino Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Rajka Vidriha, za somentorico doc. dr. Mojco Korošec in za recenzenta prof. dr. Domna Leštana.

Mentor: prof. dr. Rajko Vidrih
 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Somentorica: doc. dr. Mojca Korošec
 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Recenzent: prof. dr. Domen Leštan
 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Sabina Dremelj

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 502.175:504.5:546.47/.49:546.815:631.453:635.1/.6:664.8.022.7(043)=163.6
KG	kontaminacija vrtnin/krompir/korenje/rdeča pesa/tla/kontaminacija tal / Celje / Slovenija /mikroelementi/molbiden/svinec/cink/kobalt/arzen/kadmij/krom/vrtnine/toplotna obdelava
AV	DREMELJ, Sabina
SA	VIDRIH, Rajko (mentor) / KOROŠEC, Mojca (somentorica) / LEŠTAN, Domen (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2016
IN	VPLIV KUHANJA NA VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V KROMPIRJU, KORENJU IN RDEČI PESI Z ONESNAŽENEGA OBMOČJA MESTNE OBČINE CELJE
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 62 str., 20 pregl., 51 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen diplomskega dela je bila primerjava vsebnosti nekaterih težkih kovin v krompirju, korenju in rdeči pesi, ki so rasli na onesnaženem območju Mestne občine Celje. V krompirju, korenčku in rdeči pesi smo določali koncentracijo svinca, kadmija, cinka, kroma, arzena, kobalta in molibdna in ugotavljali kako se ta spremeni, če je vrtnina kuhana v različnih medijih. Vzorci vrtnin so bili kuhani v destilirani vodi, destilirani vodi z dodatkom NaHCO ₃ in destilirani vodi z dodatkom 3 % očetne kisline. Liofilizirani vzorci so bili analizirani z metodo ICP-MS. Medij kuhanja in oblika vzorca niso imeli pomembnega vpliva na vsebnost kovin. V Sloveniji je uradno določena največja dovoljena vsebnost v korenovkah za Cd in Pb 0,1 mg/kg. Vsebnost Cd in Pb je bila presežena v vseh vrtninah. Krompir je vseboval več Mo, Co in Cr. Korenček je vseboval več Pb in As, rdeča pesa pa Zn in Cd. Statistično gledano na vsebnost kovin ni vplivalo ali so bile vrtnine cele ali narezane. Med kuhanjem je prišlo le do večjega izločanja Mo, Pb Zn in Cd v narezanih vrtninah. Največ težkih kovin se izločilo v vrtninah, ki so bile kuhane v bazičnem mediju.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC UDC 502.175:504.5:546.47/.49:546.815:631.453:635.1/.6:664.8.022.7(043)=163.6

CX contamination vegetables / potato / carrot / beetroot / soils / soil contamination /
Celje/Slovenia/microelements/molybdenum/lead/zinc/cobalt/arsenic/cadmium /
chromium/vegetables/thermal processing

AU DREMELJ, Sabina

AA VIDRIH, Rajko (supervisor) / KOROŠEC, Mojca (co-advisor)/ LEŠTAN, Domen
(reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

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

PY 2016

TI EFFECT OF COOKING ON THE HEAVY METAL CONTENT IN THE
POTATOES, CARROTS AND BEETROOT FROM CONTAMINATED AREA –
MUNICIPALITY OF CELJE

DT Graduation Thesis (University studies)

NO X, 62 p., 20 tab., 51 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The purpose of the thesis was to determine the content of some heavy metals in vegetables
planted on polluted soil in Celje municipality. The content of Pb, Cd, Zn, Cr, As, Co and Mo
was determined in potato, carrot and beetroot before and after cooking. Intact and in small
pieces cut fruit were cooked in distilled water, NaHCO₃ and 3 % acetic acid. Liophilised
samples were analysed after acid digestion with aqua regia with ICP-MS. Cooking medium,
cutting and interaction medium*cutting showed no significant differences. The official journal
of Slovenia allow 0,1 mg/kg for Cd and Pb. The content ob Cd was exceeded in all samples.
Among all three produces, potato contained more Mo, Co, and Cr, carrot more Pb and As
while red beetroot contained more Zn and Cd. There were no statistically significant
differences between intact and cut samples, only tendency that cut samples contain less Mo,
Pb, Zn and Cd was observed. Results showed that produce cooked in NaHCO₃ tend to have
lower content of all heavy metals investigated while in general acidic medium resulted in
higher content of heavy metals.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 KOVINE	2
2.1.1 Težke kovine kot mikrohranilo	2
2.1.2 Težke kovine v tleh	2
2.2 TEŽKE KOVINE V RASTLINAH	3
2.2.1 Svinec (Pb)	4
2.2.2 Kadmij (Cd)	5
2.2.3 Cink (Zn)	7
2.2.4 Krom (Cr)	7
2.2.5 Arzen (As)	8
2.2.6 Kobalt (Co)	9
2.2.7 Molibden (Mo)	9
2.3 VRTNINE	10
2.3.1 Krompir	10
2.3.2 Korenje	13
2.4.3 Rdeča pesa	16
2.5 OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA	18
2.5.1 Celje	18

2.5.2	Kovine v tleh	19
2.5.3	Kovine v rastlinah	20
3	MATERIAL IN METODE DELA	24
3.1	MATERIAL	24
3.2	NAČRT	24
3.3	METODE DELA	25
3.3.1	Priprava vzorcev krompirja	25
3.3.2	Priprava vzorcev rdeča pesa	26
3.3.3	Priprava vzorcev korenja	26
3.3.4	Masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo (ICP – MS metoda)	27
4	REZULTATI	28
4.1	VSEBNOST KOVIN V KROMPIRJU	28
4.2	VSEBNOST KOVIN V RDEČI PESI	34
4.3	VSEBNOST KOVIN V KORENJU	41
4.4	VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V SVEŽIH VZORCIH KROMPIRJA RDEČE PESE IN KORENJA	49
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	51
5.1	RAZPRAVA	51
5.2	SKLEPI	57
6	POVZETEK	58
7	VIRI	59

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Svetovna proizvodnja korenja (Hadley in Fordham; 2003)	14
Preglednica 2: Hranilna vrednost 100 gramov surovega korenja in rdeče pese (Hadley in Fordham, 2003).	17
Preglednica 3: Vsebnost kovin (mg/kg) v zgornjem sloju tal na območju stare občine Celje (n = 117) (Lobnik in sod., 1994) in stopnja onesnaženosti, izražena z deležem lokacij v določenem koncentracijskem območju glede na slovensko zakonodajo (Uredba komisije). ..	20
Preglednica 4: Vsebnost Cd, Pb in Zn (mg/kg s.s.) v tleh in rastlinah poljskega poskusa 1994 na območju bivše občine Celje (Zupan in sod., 1996)	22
Preglednica 5: Vsebnost kovin (mg/kg) v krompirju, podana na brezvodni	28
Preglednica 6: Vpliv načina obdelave in oblike krompirja na vsebnost kovin (mg/kg)	31
Preglednica 7: Vrednost pH vode z dodanimi vzorci celega in narezanega krompirja	34
Preglednica 8: Vsebnost kovin (mg/kg) v celi in narezani rdeči pesi, podana na brezvodni material	34
Preglednica 9: Vpliv načina obdelave in oblike rdeče pese na vsebnost kovin (mg/kg)	38
Preglednica 10: Vrednost pH vode z dodanimi vzorci cele rdeče pese	40
Preglednica 11: Vsebnost kovin (mg/kg s.s.) v korenju, podana na brezvodni material	41
Preglednica 12: Vpliv načina obdelave in oblike korenja na vsebnost kovin	44
Preglednica 13: Vrednost pH vode z dodanimi vzorci celega in narezanega olupljenega korenja	46
Preglednica 14: Vsebnost (mg/kg s.s.) kovin v zemlji, podana za suho snov v vzorcih zemlje	46
Preglednica 15: Vsebnost težkih kovin v zemlji na poljih riža in zelenjave (mg/kg s.s.) (Cao H. in sod., 2010)	47
Preglednica 16: Povprečna vsebnost težkih kovin (mg/kg s.s.) v analiziranih vrtninah ne glede na vrsto vrtnine, obliko in medij toplotne obdelave	47
Preglednica 17: Vsebnost težkih kovin v celi in razrezani vrtnini (mg/kg s.s.) ne glede na vrsto vrtnine, in medij toplotne obdelave	49
Preglednica 18: Vsebnost vode, podana v odstotkih (%) v vrtninah na podlagi podatkov iz literature	50
Preglednica 19: Mejne vrednosti za kadmij in svinec (mg/kg) v hrani Uredba Komisije (ES) št. 1881/2006)	51
Preglednica 20: Vsebnost As in Cd v izbranih surovih in kuhanih vzorcih riža (povprečje ± standardne deviacije, mg/kg) za tri različne tipe riža (riž A, B in C) (Zhuang in sod., 2016). ..	56

KAZALO SLIK

Slika 1: Poenostavljen prikaz osnovnega ICP-MS sistema (Atomic Spectroscopy... , 2015). 27

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Vsebnost (mg/kg sv.s) kovin v krompirju, podana na svežo snov

PRILOGA B: Vsebnost (mg/kg) kovin v rdeči pesi, podana za svežo snov

PRILOGA C: Vsebnost (mg/kg) kovin v korenju, podana za svežo snov

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

As	arzen
Cd	kadmij
Co	kobalt
CH ₃ COOH	ocetna kislina
Cr	krom
ha	hektar
ICP	induktivno sklopljena plazma
ICP-MS	induktivno sklopljena plazma in masni spektrometer
ICPS-AES	induktivno sklopljena plazma-atomska emisijska spektroskopija
Mo	molbiden
NaHCO ₃	natrijev hidrogenkarbonat
Pb	svinec
s.s.	suha snov
sv.s	sveža snov
T	tona
TK	težke kovine
Zn	cink

1 UVOD

Človek s svojim delovanjem in dejavnostmi vnaša v okolje snovi, ki onesnažujejo zrak, vodo in tla. Ravno tla so tisti del prostora, v katerem se nevarne organske in anorganske snovi zadržujejo, vežejo na talne delce ali pa se vključujejo v kroženje snovi in s tem negativno vplivajo na rast in razvoj rastlin (fitotoksičnost). Težke kovine (TK) se nahajajo povsod v okolju (ubikvitarni elementi) (Apostoli, 2002; Genero in Domingo, 2002; Wilson in Pyatt, 2007). Težke kovine, med katere sodijo svinec, kadmij, živo srebro, baker, nikelj, cink, kositer idr., povzročajo številne poškodbe celic. Delujejo na človekova čustva, mišljenje in obnašanje. Njihovo škodljivo delovanje se kaže predvsem v spremenjenem duševnem obnašanju človeka. Dokazano težke kovine povzročajo številne poškodbe celic. Človeški organizem ima na voljo mnoge obrambne mehanizme za popravilo nastalih poškodb, vendar pa težke kovine delujejo negativno prav na te mehanizme in blokirajo njihovo delovanje ter tako povečajo škodljivo delovanje (Filip in Fink, 2010).

2 PREGLED OBJAV

2.1 KOVINE

2.1.1 Težke kovine kot mikrohranilo

Težke kovine se nahajajo v telesu v zelo majhnih količinah, zato jih imenujemo tudi elementi v sledovih. Nekatere kovine (Zn, Cu, Cr, Mo, Co ...) so nujno potrebne za življenje organizmov, saj so vključene v številne funkcije, kot so recimo delovanje in struktura encimov, transportnih proteinov, hormonov itd. V pravih količinah in razmerjih so odločilnega pomena za delovanje in potek presnovnih procesov v človeškem in živalskem telesu ter v rastlinskih tkivih (Apostoli, 2002). Cu je esencialen in med drugimi potreben za pravi razvoj zarodka, izgradnjo vezivnega tkiva, uravnavanje temperature (Research examines ... , 2004), delovanje živčnih celic in imunskega sistema ter za sintezo kolagena (Cai in sod., 2005). Cr^{3+} je esencialno mikrohranilo, ki pomaga telesu uporabiti sladkor, beljakovine in maščobo (ATSDR, 2001).

2.1.2 Težke kovine v tleh

Težke kovine so kovine, katerih specifična gostota je večja od 5 g/cm^3 oziroma imajo atomsko število nad 20 (Barceló in Poschenrieder, 1990). V okolju se pojavljajo v zelo majhnih koncentracijah in predstavljajo manj kot 1 % zemeljske skorje. Sodijo med elemente v sledeh.

Naravna vsebnost težkih kovin je posledica preperevanja matične podlage in je odvisna od mineralne sestave kamnine, na kateri se tla nahajajo, ter biogeokemičnih procesov v tleh. Poleg naravnega izvora težkih kovin pa so kot vir onesnaženja pomembni številni antropogeni izvori, kot so rudarjenje in taljenje rude (jalovina in žlindra; preperevanje in vetrna erozija), izgube pri transportu rud in njenih separatov, železarne in jeklarne, brušenje rude, industrija (plastike, tekstilna, mikroelektronika, zaščita lesa, rafinerije), atmosferski depozit (urbana in industrijska središča skupaj s sežigalnicami, metalurška industrija, avtomobilski izpusti, izgorevanje fosilnih goriv in termoelektrarne), kmetijstvo (mineralna in organska gnojila, apno, fitofarmacevtska sredstva, namakalne vode), odlaganje odpadkov (blata čistilnih naprav, vode, ki odtekajo iz deponij, odlagališča kovin, požari in pepel) (Ross, 1996).

Težke kovine v majhnih koncentracijah niso nevarne za organizme, nekatere (esencialne) so celo nujno potrebne za njihovo rast in razvoj njim pravimo mikrohranila. O onesnaženosti okolja s težkimi kovinami govorimo, kadar se koncentracija teh elementov na nekem območju poveča preko določene meje, pri čemer ni pomembno, ali je določen element mikrohranilo ali ne; visoke koncentracije težkih kovin so vedno strupene (Alloway, 1990). Najpogosteje najdemo v naravi povečane koncentracije Cd, Pb, Zn in Cu, na določenih območjih tudi As, Be, Cr in Hg (Kabata Pendias, 2011).

V Sloveniji so tla sorazmerno neonesnažena s težkimi kovinami, vendar imamo nekaj žarišč: s Cd in Zn onesnaženo območje Celje (Lobnik in sod., 1994); s Pb, Ni in Cr onesnaženo območje Jesenic; s Pb, Zn in Cd obremenjeno Mežiško dolino ter onesnažena območja ob prometnicah.

2.2 TEŽKE KOVINE V RASTLINAH

Privzem elementov v rastlino je odvisen od njihove biodostopnosti, lastnosti tal, količine padavin, lastnosti rastlin in prisotnosti gliv. Biodostopnost je opredeljena kot zmožnost elementov, da se prenašajo iz substrata v organizme (Joner in Leyval, 2001). Občutljivost oziroma toleranca rastline na privzete kovine je odvisna od vrste rastline in njenega genotipa. Veliko vrst iz družine *Brassicaceae* sodi med najbolj tolerantne na privzete kovine. V splošnem lahko rastline glede privzema težkih kovin v pogankje razdelimo na tri skupine, in sicer na tiste, ki njihov privzem močno omejujejo, na indikatorske in na akumulacijske, med katerimi pa se pojavlja tudi ekstremni fenotip, to je hiperakumulacija (Adriano, 1986).

Privzem kovin se začne pri koreninah, kar pomeni, da morajo biti kovine prisotne v plasti tal okoli korenin, ki jo imenujemo rizosfera. Kovine se privzemajo v korenine preko njihove površine, kjer lahko rastlina vzpostavi tudi koreninske bariere in privzem regulira (Adriano, 1986).

Sprejem kovin pri rastlinah poteka v dveh fazah, in sicer kot pasivni sprejem, ki poteka preko apoplasta, in aktivni sprejem, ki poteka preko simplasta (Alloway, 1990; Kabata Pendias, 2001). Pri pasivnem sprejemu se raztopljeni kationi gibljejo skozi celično steno skorje korenine na osnovi koncentracijskega gradienta z difuzijo. Pasivni transport poteka tako pri mrtvih kot pri živih celicah. Mejno plast, kjer pasivni transport ni več mogoč, pa predstavlja endodermis.

To pomeni, da se ioni kovin lahko vključijo v metabolni proces le v primeru prehoda preko plazmatske membrane, kar omogoča aktivni transport. Slednji poteka pogosto v nasprotju s koncentracijskim gradientom in s pomočjo t. i. nosilcev lipidnega značaja oziroma preko ionskih črpalk. Na principu aktivnega transporta se v celicah višjih rastlin dogaja tudi nadaljnji transport preko membran celičnih organelov (vakuol, kloroplastov, mitohondrijev). Toksične kovine lahko poškodujejo strukturo in vplivajo na funkcijo plazmatske membrane, kar lahko spremeni potek sprejema kovin (Kabata Pendias, 2001).

Kot izvori kovin v zraku se pojavljajo aerosoli reda velikosti $< 1 \mu\text{m}$, ki so v večji meri prisotni v mokrih raztopinah (Ross, 1996). Nizka topnost kovin v suhih usedlinah (plinasti in trdni delci) omogoča akumulacijo na listni površini, dokler dež fizično ne odplavi depozita, ki s tem postane sekundarni depozit na površini tal. Raziskave so pokazale, da sta tako Cd kot Pb močno topna v padavinah (mokre usedline), medtem ko je topnost v suhih usedlinah (trdni delci) bistveno manjša, kar še posebej velja za Pb (Ross, 1996). Raziskave tudi kažejo, da je 73 do 95 % celotne vsebnosti Pb pri listnati zelenjavi mogoče pripisati sprejemu preko listov, od koder se prenaša v ostale organe rastline (Kabata Pendias, 2001).

2.2.1 Svinec (Pb)

Hrana rastlinskega izvora vsebuje več svinca kot hrana živalskega izvora. Vnos Pb v telo poteka predvsem preko prehranjevalne verige, z vdihavanjem ali vodo (Tematska karta, 1989). S hrano zaužijemo 65 % Pb, z vodo 20 % in preko zraka 15 % (Lenntech, 2008). Če dnevna zaužita količina Pb presega 500 μg , je po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) nevarna za zdravje ljudi.

Zgodnji simptomi zastrupitve s Pb so stalna utrujenost, izguba apetita, preobčutljivost, bolečine v trebuhu, zmanjšanje koncentracije in nespečnost. Kronična zastrupitev s Pb lahko

vodi v slabo mišično koordinacijo, poškodbe živcev, hipertenzijo, okvare sluha in vida, zmanjšanje števila spermijev, splav in okvare pri razvoju (Tematska karta ..., 1989; Reagan in Silbergeld, 1989). Mejna vrednost koncentracij Pb v tleh za Slovenijo je postavljena na 85 µg/g, opozorilna vrednost na 100 µg/g, kritična pa na 530 µg/g (Uredba, 1996.). V Sloveniji je zgornja mejna vrednost (ZMV) nekaterih onesnaževal v živilih določena v prilogi Uredbe komisije (ES) 1881/2006 o onesnaževalih v živilih (Uredba, 2006) kjer za Pb veljajo naslednje vrednosti:

- pri krompirju velja ZMV za olupljeni krompir 0,1 µg/g;
- kapusnice, listnata zelenjava in gojene gobe 0,3 µg/g.

2.2.2 Kadmij (Cd)

Kadmij je zelo razširjena težka kovina, ki jo v okolje sproščajo elektrarne, grelni sistemi, kovinska industrija, urbani promet in cementarne. V okolje se lahko sprošča tudi z mineralizacijo matične kamnine (Sanità di Toppi in Gabbrielli, 1999). Cd se pogosto pojavlja kot stranski produkt v industriji Zn, s katerim se v naravi tudi sicer pogosto pojavlja (Adriano, 2001). V naravi, kjer se pojavlja v dveh oksidativnih stanjih, Cd najdemo v prsti, vodi in rastlinah, ki ga privzemajo iz prsti (Adriano, 2001).

Kadmij je zelo strupen element za vse vrste organizmov že pri zelo majhnih koncentracijah. Pri rastlinah nima pomembne metabolne vloge, kljub temu pa ga nekatere rastline kopičijo v ogromnih količinah (več kot 100 µg/g sveže mase) (Schulze in sod., 2005).

Privzem in bioakumulacija Cd pri ljudeh potekata preko rastlinskih delov, kar tudi povzroča največjo zaskrbljenost, saj vstopa Cd preko pridelkov v prehranjevalno verigo. Obstajajo štirje glavni načini vstopa oziroma kontaminacije hrane s Cd (Adriano, 2001):

- agrikulturne tehnike preko uporabe pesticidov, fosfatnih gnojil;
- industrijsko onesnaževanje, ki je tudi glavni vir Cd v Mežiški dolini;
- geološki izvor;
- postopek priprave hrane preko uporabe dodatkov (aditivov) in fizičnih kontaktov z opremo ter posodami.

Raziskave izpostavljenosti Cd pri živalih in ljudeh so pokazale, da je Cd vključen pri razvoju raka ledvic, pljuč, sečnega mehurja in prostate. Vpliv ima tudi na hepatične in reproduktivne disfunkcije (Jarüp in sod., 1998;). Cd proizvaja tudi več različnih citotoksičnih in metabolnih vplivov, kot je vpliv na aktivnosti encimov (Webb, 1979) in ekspresijo genov (Beyersmann, 2002), induciranje oksidativnega stresa (Shaikh in sod., 1999), sprožitev apoptoze (Pulido in Parrish, 2003) ter prekinitev E-kadherinsko odvisnih celičnih povezav v epitelih celicah (Prozialeck, 2000).

Izpostavljanje Cd lahko poveča tudi motnje v metabolizmu Ca, vitamina D, kolagena in v degeneraciji kosti, kot sta osteoporoza in mehčanje kosti, kar so pozne posledice zastrupitve s Cd. Tudi izpostavljenost kronično manjšim koncentracijam Cd lahko povzroči izgubljanje Ca preko izločanja urina. Cd poveča demineralizacijo skeleta (okostja), kar lahko pripelje do lomljivosti kosti in povzroči zlome kosti pri posameznikih (Adriano, 2001).

V Sloveniji je v pravilniku o onesnaževalcih v živilih (Uredba, 2006) določena zgornja mejna vrednost onesnaževalcev, pri čemer veljajo za Cd naslednje vrednosti:

- zelenjava in sadje, razen listnate zelenjave, svežih zelišč, gojenih gob, stebelne zelenjave, korenovk in krompirja: 0,05 µg/g;
- listnata zelenjava, sveža zelišča, gomoljna zelena in gojene gobe: 0,2 µg/g;
- stebelna zelenjava, korenovke (razen gomoljne zelene) in (olupljeni) krompir: 0,1 µg/g.

Mejna vrednost koncentracij Cd v tleh znaša za Slovenijo 1 µg/g, opozorilna vrednost 2 µg/g, kritična pa 12 µg/g (Uredba, 1996).

2.2.3 Cink (Zn)

Vir Zn so raznolike človeške dejavnosti, predvsem rudarstvo, mikroelektronika, tekstilna in pirometalurgična industrija, odpadne vode, pesticidi (Adriano, 2001).

Cink je v rastlinah najbolj prisoten v koreninah in nadzemnih delih ter predvsem v starejših listih, najmanj pa ga je v plodovih. Kadar je koncentracija Zn v tleh velika, je tudi transport po rastlini večji in obratno (Kabata Pendias, 1984).

Tako kot za rastline je Zn esencialen element tudi za človeka. Kot katalitična ali strukturna komponenta ima pomembno vlogo v številnih encimih, ki so povezani z energijskim metabolizmom na primer pri sintezi in razgradnji ogljikovih hidratov, lipidov, proteinov in nukleinskih kislin. Pomembno vlogo ima pri ekspresiji genov. Povečane količine Zn v organizmu so predvsem posledica zaužitja prsti, onesnažene z Zn. Sicer vstopa Zn v prehranjevalno verigo preko rastlinske in živalske hrane ter skozi vdihavanje onesnaženega zraka – inhalacija Zn, vezanega na aerosole (Leštan, 2002).

Pomanjkanje in presežek Zn v organizmu nakazujejo značilni simptomi. Pri človeku se kaže njegovo pomanjkanje kot pomanjkanje apetita, zaostalost v rasti, kožne rane in spolna nedozorelost. Akutna zastrupitev s Zn se kaže kot bolečina v predelu trebuha, diareja, slabost in bruhanje. To izzovejo odmerki, višji od 200 mg. Posledica kronične strupenosti pa se kaže v poslabšani krvni sliki zaradi anemije in nevtropenije (Kiekens, 1990).

Mejna vrednost koncentracij Zn v tleh znaša za Slovenijo 200 µg/g, opozorilna vrednost 300 µg/g, kritična pa 720 µg/g (Uredba, 1996).

2.2.4 Krom (Cr)

Krom je prisoten v mnogih zelenjadnicah, sadju, mesu, kvasu in žitih. Različni načini priprave hrane in shranjevanja lahko povišajo njegovo v živilih, npr. če je hrana shranjena v jeklenih posodah ali konzervah, se vsebnost poveča (Lenntech, 2008). Na splošno je heksavalenten Cr^{6+} bolj toksičen kot trivalenten Cr^{3+} . DHHS in EPA uvrščata Cr^{6+} med karcinogene elemente (ATSDR, 2001). Njegova toksičnost za ljudi je neposredno povezana z

oksidativnim številom Cr. Za razliko od Cr^{6+} ni dokazov, da bi elementarna oblika Cr negativno vplivala na zdravje ljudi (Lenntech, 2008; ATSDR, 2001). Večje vsebnosti Cr^{6+} povzročijo izpuščaje na koži (Lenntech, 2008), zmanjšanje telesne teže, zmanjšano rast, nepravilno delovanje živčnega sistema (ATSDR, 2001), bolezni srca, motnje v presnovi in diabetes (Lenntech, 2008).

2.2.5 Arzen (As)

Arzen je metaloid, ki sestavlja številne anorganske (oksidi, kloridi, fosfati) in organske (ogljikove in vodikove) spojine (Contaminants in soil ... , 2002). Anorganske spojine As so bolj toksične kot organske. Skoraj vse zastrupitve povzročijo As trioksidi, ki so 500-krat bolj toksični kot čisti As. DHHS, IARC in EPA so opredelile anorganski As za karcinogene spojine (ATSDR, 2007). Letalna doza zaužitega As trioksida za odraslega človeka je 70–190 mg oziroma 200–300 mg (Contaminants in soil ... , 2002). Zastrupitve z manjšimi količinami As vključujejo blage glavobole, ki lahko preidejo v vrtoglavico in omotičnost, bolečine v trebuhu in predelih črevesja, občutljivost in napetost, bljuvanje, ekstenzivno tvorbo slin, bruhanje (včasih tudi s krvjo), vneto grlo, žejo, hripavost in oteženost govora, drisko, tenezem, pekoče uriniranje, mišične krče, pomodrelost okončin, rdeče in svetlikajoče oči, zmedenost, zmanjšanje rdečih in belih krvničk, aritmijo, poškodbe žil, ščemenje in zbadanje v rokah in nogah, razdražljivost pljuč (ATSDR, 2007), krvavitev ali aritmijo. Več študij je pokazalo, da izpostavljenost večjim količinam anorganskega As vodi do kožnega raka, raka na ledvicah, mehurju ali pljučih (Contaminants in soil..., 2002).

2.2.6 Kobalt (Co)

Rastline akumulirajo majhne količine kobalta. Skoraj ves zaužit Co se neabsorbiran izloči iz telesa, razen Co, vezanega v vitaminu B12, ki je esencialen element. Co se uporablja za zdravljenje anemije pri nosečnicah, ker stimulira tvorbo rdečih krvnih celic. Vdihavanje prevelikih količin Co povzroči astmo in pljučnico pri ljudeh, ki so vsak dan v stiku s Co. Zdravstvene težave, ki nastanejo zaradi previsokih količin Co, so bruhanje in slabost, problemi z vidom in sluhom ter ščitnico. Težave, kot so sterilnost, izguba las, bruhanje, krvavenje, driska, koma in celo smrt, pa lahko povzroča sevanje radioaktivnih Co izotopov, ki se uporabljajo za uničevanje tumorjev oziroma rakastih tvorb (Water treatment & air purification... 2008).

2.2.7 Molibden (Mo)

Spojine molibdena, ki jih vnesemo v telo, skoraj v celoti (90–99 %) zaužijemo s hrano. Izdatni viri Mo so zlasti razni oreščki in žita, medtem ko ga je manj v hrani živalskega izvora, sadju in zelenjavi (Obreza, 2008). Za razliko od večine ionov prehodnih elementov se Mo iz prebavnega sistema dobro in hitro absorbira. Stopnja absorpcije (20–95 %) je odvisna od topnosti spojin v vodi topne komponente Mo se hitro absorbirajo v pljuča in prebavni trakt, medtem ko se netopne komponente izločijo z urinom.(Obreza, 2008).

2.3 VRTNINE

Za pričujoče diplomsko delo smo uporabili naslednje vrtnine: krompir, korenje in rdečo peso.

2.3.1 Krompir

2.4.1.1 Splošne značilnosti krompirja

Krompir je ena pomembnejših poljščin v kmetijstvu. Razširjen je povsod, kjer so primerne klimatske razmere. Dokler je bil krompir živilo za zadovoljevanje osnovnih prehranskih potreb, še zlasti pred drugo svetovno vojno, med njo in nekaj let po njej, smo ga pridelovali v Sloveniji tudi do 60.000 hektarjev na leto, torej na več kot 18 % njiv. Zdaj, ko ga uporabljamo predvsem kot dodatek ter za določene vrste industrijske predelave, ga sadimo na nekaj več kot 29.000 hektarjih (Kus, 1994). Krompir (*Solanum tuberosum* L.) se uvršča v družino razhudnikov (*Solanaceae*), kamor sodijo še tobak, paradižnik, paprika, petunija, pasje zelišče, jajčevci ter številne druge rastline. Je gomoljnica, poljščina in vrtnina. Pri razmnoževanju z gomolji ostajajo lastnosti rastlin iz leta v leto nespremenjene. In prav ta stalnost v nespolnem (vegetativnem) potomstvu je poglobitna značilnost krompirjevih sort (Kus, 1994). Rodnost pri zgodnjih sortah je manjša kot pri srednje poznih sortah, na kar vpliva potrebna dolžina rastne dobe določene sorte, slednje pa vpliva na rodnost. Samorasli krompir je večleten, gojene sorte so pa enoletne (Kocjan Ačko in Goljat, 2005).

2.3.1.2 Hranilna vrednost krompirja

Energijska vrednost

Ljudje živijo v zmotnem prepričanju, da krompir redi. Krompir je škrobnato živilo z veliko vode (do 80 %). Škrob je za ljudi lahkó prebavljiv, zato je primeren za ljudi s preobčutljivim želodcem. Prebavljivost pa je še vedno lažja pri kuhanem kot ocvrtem krompirju (Kus, 1994).

Energijska vrednost 100 g gomoljev krompirja je 75 kcal ali 285 kJ. Da bi delavec zadostil dnevni potrebi po energiji, bi moral pojesti 4–5 kg krompirja, toda brez dodanih maščob. Energijsko vrednost krompirjevih jedi, kot so praženi in ocvrti krompir z dodatkom majoneze,

čips, zabeljen krompir v kombinaciji z mastnim mesom ter mnoge druge, močno povečujejo dodane maščobe (Kus, 1994).

Beljakovine

Gomolj uvrščamo med živila velike vrednosti in čeprav vsebuje le dva odstotka beljakovin, so slednje sestavljene iz človeku potrebnih aminokislin, ki jih človeški organizem črpa le iz hrane. Eno jajce in približno 600 g kuhanega krompirja zadosti že trem četrtinam najbolj nujnih dnevnih potreb po beljakovinah odrasle osebe, težke 70 kg. Bolniki s celiakijo lahko uživajo krompir brez bojazni, da bi prišlo do presnovnih motenj, kajti krompir ne vsebuje glutena (Kus, 1994).

Vitamini

Krompir je vir vitaminov C, B1, B2 ter provitamina A. Mladi gomolji vsebujejo največ vitamina C, to je 30 mg na 10 dag krompirja, vendar se le-ta močno spreminja glede na sorto, letino, skladiščenje in način priprave. Največja vsebnost vitaminov iz skupine B je v zunanji plasti mesa pod lupino, proti notranjosti gomolja pa se povečuje vsebnost vitamina C. Na jugu Evrope krompir na letni ravni zadosti 10 % vseh potreb v človekovi prehrani, na severovzhodu in severu Evrope pa celo 50–60 % (Kocjan Ačko in Goljat, 2005; Kus, 1994).

Mineralne snovi

Krompir vsebuje veliko kalija, kalcija, železa in fosforja ter 17 drugih elementov, med katere sodi tudi jod. V krajih, kjer se je pojavljala golšavost, so v Ameriki ugotovili, da v krompirju ni joda ali pa ga je premalo; v krajih, kjer golšavosti ni, pa so imeli krompir z veliko vsebnostjo joda (Kus, 1994).

Alkaloidi

100 g svežih gomoljev običajno vsebuje 2–10 mg dveh skupin alkaloidov, solanina in chaconina, ki ju je petkrat več v lupini kot v mesu. Kadar se količina alkaloidov v gomolju poveča nad 20 mg na 100 g, gomolj ni več užiten. Če takšen krompir zaužijemo v večji količini, lahko povzroči zastrupitev, ki je podobna črevesnemu katarju, lahko pa povzroči celo smrt. Vsebnost alkaloidov se poveča v mladem pozelenelem krompirju. Krompir, ki je pozelenel med skladiščenjem, ni škodljiv – še zlasti takrat, ko ga olupimo (Kus, 1994).

Jedilna vrednost

Jedilna kakovost krompirja je povezana predvsem s prehranskimi navadami ljudi. Od dežele do dežele je odvisno, kateri sorti, ki se po jedilni kakovosti razlikuje od drugih, dajejo ljudje prednost. Jedilna kakovost krompirja pomeni lastnosti kuhanega in olupljenega krompirja, kot so razkuhavanje, čvrstost, mokavost, sestava in vlažnost. Glede na te lastnosti, ki so ocenjene organoleptično, delimo sorte krompirja v štiri uporabnostne tipe (Kus, 1994).

Tip A – sorte ki se ne razkuhajo, s čvrstimi gomolji, ki niso moknati, ter z vlažnim in drobnozrnatim mesom. Najbolj tipična sorta je cvetnik.

Tip B – raznovrstna uporaba, s čvrstimi gomolji, ki niso moknati ali pa so le neznatno, z drobnozrnato strukturo. Najbolj tipična sorta je Bintje.

Tip C – gomolji se srednje ali precej razkuhajo, so rahli in moknati, imajo suho in grobozrnato meso. Te sorte so primerne za pripravo krompirjevega testa, v industrijski pridelavi in za krmo.

Tip D – krmni krompir, ki je zelo moknate sorte, z rahlimi gomolji, ki se močno razkuhajo, in s suhim ter grobozrnatim mesom.

Pri ocenjevanju se lahko zgodi, da se nekatere lastnosti sorte bolj približujejo enemu kakovostnemu tipu, druge pa drugemu. Zato poznamo tudi vmesne tipe, na primer tip BC, za katerega je značilno, da sorta vsebuje več lastnosti tipa B in manj drugih lastnosti, značilnih za tip C.

Srednje zgodnja sorta Marabel ima dolge in ovalne gomolje z gladko kožico in rumenim mesom, očesca so plitva, kakovost odlična, gre za B tip krompirja. Ta sorta je srednje odporna na viruse in glivične bolezni (dobra za plesen na gomoljih), navadno krastavost in rjavo pegavost v mesu. Primerna je za pranje, pakiranje v malo embalažo, za domačo kuhinjo, odlična je za industrijsko kuhanje in lupljenje, saj ne spreminja barve. Pridelek je obilen, dobimo srednje velike izenačene gomolje, ki so odličnega okusa (Krompir Marabel, 2015).

2.3.2 Korenje

2.4.2.1 Splošne značilnosti

Korenje je v zmernem pasu na Zemlji zelo priljubljena zelenjava, kot kaže preglednica 1. Uživanje korenja se je povečalo v preteklih 40 letih. Korenje izhaja iz osrednje Azije in je bilo preneseno na Bližnji vzhod in od tam v Evropo in na Kitajsko. Včasih so korenje uporabljali v zdravilne namene, kar se je spremenilo nekje med 10. in 12. stoletjem ko so ga začeli uporabljati kot hrano. Divji koren ima lesenikasto korenino. S selekcijo in usmerjenim gojenjem so vzgojili korenje, kakršno poznamo danes – z debelo korenino in sočnostjo. Korenje, ki ga poznamo danes v Evropi, je nastalo s selekcijo v 17. stoletju iz oranžnega divjega korenja najprej na Nizozemskem, pozneje pa v Franciji. (Hadley in Fordham; 2003).

Korenje raste v prvem letu vegetativno. To pomeni, da v tem času razvija korenino, ki je sestavljena iz notranjega jedra oziroma ksilema in zunanje skorje oziroma floema. Po kakovosti je boljši, če je skorja enakomerna notranjemu jedru. Prav tako je pomembna barva. Kakovost se viša s temnejšim odtenkom oranžne. Korenje je sladko, kar se povezuje z koncentracijo topnih ogljikovih hidratov. Sicer vsebuje tudi veliko karotena – to je oranžno barvilo, ki ga obarva. Več kot ga je, bolj je korenje oranžno. Listje korenja tvori rozeto, ki je razdeljena na dva ali tri dele. V drugem letu rasti korenja se iz te rozete razvije cvet. Oprašujejo jih čebele in drugi leteči insekti. Seme je drobno, kljukasto in rahlo ukrivljeno (Hadley in Fordham, 2003).

2.3.2.2 Kultivarji

Korenje sodi po obliki, velikosti in glede na čas zorenja v različne razrede.

Glavne skupine sort korenja so naštetje spodaj.

Amsterdam: seme kali 20–30 dni. Zelo zgodaj (v 85 dneh) razvije manjše (13–16 cm) oranžno rdeče korenčke, ki vsebujejo veliko rastlinskega barvila beta karoten.

Flakeer: seme korenčka kali 20–30 dni. Je pozno rdečkasto oranžen korenček, ki daje velike pridelke. Koreni se dobro skladiščijo (Semenarna Ljubljana..., 2013).

Nantes: seme kali 20–30 dni. Je srednje zgodnja sorta (približno 100 dni). Oranžnordeči okusni korenčki vsebujejo veliko rastlinskega barvila beta karoten (vitamin A) in selen.

Ljubljansko rumeno korenje: je avtohtona slovenska sorta. Seme kali 20–30 dni. Ima velik (30 cm) svetlo rumen koren. Je zelo pozno domače korenje, primerno za svežo rabo, skladiščenje in krmo domačih živali (Semenarna Ljubljana... 2013).

2.3.2.3 Ravnanje s korenjem in in shranjevanje

Korenje je sposobno rasti v območjih, kjer je zmerna temperatura. Optimalna rastna temperatura je 16–18 °C. Zemlja, v kateri raste korenje, ne sme vsebovati kamenja in peska, ker raste sicer korenina korenja postrani. Zemlja ne sme biti presuha, ker potrebuje korenje za svojo optimalno rast zmerno vlažnost zemlje. Potrebe po gnojilih so majhne. Seje se ga od aprila do maja ali pozneje v juniju. Pobira pa se ga od konca julija do oktobra. (Hadley in Fordham; 2003)

2.3.2.4 Hranilna vrednost

Korenje, namenjeno prehrani, ima približno 11 % suhe snovi, od katere je 40–50 % sladkorjev. Oranžna barva je posledica visoke vsebnosti beta karotena. Beta karoten je prekurzor vitamina A. Hranilna vrednost in kemična sestava sta predstavljeni v preglednici 2. (Hadley in Fordham, 2003)

Preglednica 1: Svetovna proizvodnja korenja (Hadley in Fordham, 2003)

	Območje (10 ³ ha)	Proizvodnja (10 ³ T)
Svet	926	
Celine		
Afrika	72	902
Severna in osrednja Amerika	80	2639
Južna Amerika	46	981
Azija	421	7761
Evropska unija	78	3441
Bivše sovjetske republike	187	2648
Vodilne države		
Kitajska	289	5120
Rusija	92	1350
ZDA	52	1941
Poljska	35	947
Nigerija	27	231
Indija	24	340
Japonska	23	677
Mehika	16	378
Velika Britanija	13	674
Italija	13	588
Francija	12	496
Nemčija	9	432
Kanada	8	279

2.4.3 Rdeča pesa

2.4.3.1 Uporaba rdeče pese

Rdeča pesa se uporablja v prehrani človeka že več kot 2000 let. V Evropo je prišla sredi 16. stoletja iz vzhodnega Sredozemlja. Divja pesa raste na obalah Evrope in Severne Amerike. Globoko rdeča barva rdeče pese je posledica visoke vsebnosti antocianov. Rdeča pesa je glede na obliko korenine razdeljena v tri skupine:

- okrogla rdeča pesa, ki je najbolj pogosta;
- rdeča pesa z vmesno obliko (med okroglo in podolgovato);
- podolgovata.

Rdečo peso se lahko označi kot svežo zelenjavo, vendar jo večinoma uporabljamo kot kuhano. Uporablja se za solate in kot priloga. Navadno je v trgovinah na voljo konzervirana in vložena v steklene kozarce (Hadley in Fordham, 2003).

2.4.3.2 Ravnanje in shranjevanje rdeče pese

Rdeča pesa se seje relativno pozno od konca aprila do konca julija. Korenine zgodnje rdeče pese se pri pobiranju lahko poškodujejo, zato je treba biti pri spravilu zelo pozoren. Spravilo rdeče pese se lahko začne proti koncu septembra in lahko traja vse do konca novembra. Zrelost plodov se kaže z odpadanjem listov. Rdeča pesa se shranjuje tako kot vse ostale korenovke (v skladišču ob primerni temperaturi in vlažnosti) (Hadley in Fordham, 2003).

2.4.3.3 Hranilna vrednost

Kuhana rdeča pesa vsebuje približno 10 % ogljikovih hidratov, 1,5–2 % proteinov in 46 kcal/100 g pese. Vsebnost vitaminov je majhna. Vitamina C je zaradi kuhanja manj kot 50 %. Hranilne vrednosti in kemična sestava so predstavljene v Preglednici 2 (Hadley in Fordham, 2003).

Preglednica 2: Hranilna vrednost 100 gramov surovega korenja in rdeče pese (Hadley in Fordham, 2003)

	Korenje	Rdeča pesa
Parameter (g/100 g)		
voda	88,8	87,1
sladkor	5,6	7
škrob	0,1	0,6
vlaknina	2,6	
ogljikovi hidrati	6	7,6
skupni dušik	0,11	0,27
proteini	0,7	1,7
maščobe	0,5	0,1
energijska vrednost (kcal)	30	36
energijska vrednost (kJ)	125	154
(mg/100 g)		
Na	40	66
K	240	380
Ca	34	20
Mg	9	11
P	25	51
Fe	0,4	1
Cu	0,02	0,02
Zn	0,02	0,4

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 2: Hranilna vrednost 100 gramov surovega korenja in rdeče pese
(Hadley in Fordham, 2003)

	Korenje	Rdeča pesa
(mg/100 g)		
S	7	16
Cl	39	59
retinol	0 µg	0 µg
karoten	53330 µg	20 µg
vitamin D	0 µg	0 µg
thiamin	0,04mg	0,01 mg
riboflavin	0,04 mg	0,01 mg
niacin	0,2 mg	0,1 mg
vitamin C	4 mg	5 mg
vitamin E	0,56 mg	Sledi
vitamin B ₆	0,07 mg	0,03
vitamin B ₁₂	0 µg	0 µg

2.5 OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA

2.5.1 Celje

Številne raziskave tal v Mestni občini Celje so pokazale, da je območje Celja močno onesnaženo z nekaterimi potencialno toksičnimi kovinami, predvsem s Cd, Pb in Zn. Kovine se v tleh dobro vežejo na organsko snov in glinene minerale, zaradi česar ostajajo dolgo časa v zgornjih slojih tal.

Glavne poti vnosa kovin v človeka so preko hrane, pridelane na onesnaženem območju, ter neposredno z vdihovanjem finih talnih delcev v zraku in uživanjem finih talnih delcev, ki se lepijo na roke (Lobnik in sod., 1994).

Celje je tretje največje slovensko mesto z izrazitim razvojem industrije v 19. in 20. stoletju. Posledice razvoja industrije, kmetijstva, prometa in zgoščenega urbanega naselja so se odrazile tudi v okolju, predvsem v povečanih koncentracijah nekaterih kovin (Cd, Zn, Pb). Tla so tisti segment okolja, ki najdlje obdrži obremenjenost okolja s kovinami, saj se kovine v tleh akumulirajo (Lobnik in sod., 1994).

Samo sprejem kovin v nadzemne rastlinske dele, spiranje skozi talni profil in erozija tal prispevajo k zmanjševanju vsebnosti kovin v površinskih slojih tal. Po nekaterih ocenah obsega čas, v katerem se koncentracija kovine v tleh zmanjša za polovico Zn v tleh, 70 do 510 let, za Cd v tleh 13 do 1100 let, za Cu v tleh 310 do 1500 let in za Pb v tleh 740 do 5900 let (Kabata Pendias, 1984).

Ti podatki jasno povedo, da so in bodo tudi v prihodnje onesnažena tla v občini Celje pomemben izvor kovin za človeka tako z vidika prehajanja v kmetijske rastline kot z vidika prašenja finih talnih delcev in njihovega vdihovanja ali usedanja v bivalnih prostorih (Lobnik in sod., 1994).

2.5.2 Kovine v tleh

Prva obširnejša raziskava onesnaženosti tal na območju Celjske kotline je bila opravljena leta 1989 (Lobnik in sod., 1994). S sistematičnim načinom vzorčenja je bila zajeta površina celotne takratne občine Celje, vzorci so bili odvzeti na 117 lokacijah v treh globinah: 0–5, 5–20 in 20–30 cm. Opravljene so bile analize na vsebnost kovin in težkih kovin, fluoridov in več skupin organskih nevarnih snovi. Rezultati meritev so pokazali, da izstopajo vsebnosti elementov kadmij (Cd), svinec (Pb) in cink (Zn), ki pridejo na površino tal preko zraka (koncentracije so večje v površinskih slojih); na posameznih lokacijah so bile zaradi točkovnega onesnaženja oziroma izvora v matični kamnini povečane tudi vsebnosti niklja (Ni) in arzena (As). Na nekaterih lokacijah (njivska raba) so bili določeni tudi ostanki triazinskih herbicidov. Najbolj pogosto sta kritično vrednost glede na zakonodajo (Uredba, 1996) presegala cink in kadmij (preglednica 4).

V raziskavah, ki so sledile, so preučevali povezavo med vsebnostjo kovin v tleh vrtov in zelenic ter vsebnosti kovin v vrtninah in indikatorskih rastlinah. Raziskave so potrdile visoke vsebnosti Cd, Zn in Pb. Njihove povprečne vrednosti znatno presegajo slovenska povprečja.

V preglednici 4 so navedene povprečne vsebnosti nekaterih elementov v zgornjem sloju tal, izmerjenih v različnih projektih od leta 1989 do 2008. Prikazani so tudi podatki nekaterih geokemičnih raziskav ter slovenska povprečja. (Zupan in sod., 2008)

Kemijske analize v okviru geokemičnih raziskav potekajo sicer po nekoliko drugačni metodologiji (širikislinski razkroj vzorca namesto dvokislinskega), zato vrednosti ne moremo neposredno primerjati z ostalimi študijami in obstoječo zakonodajo v Sloveniji, kjer je predpisan razklop z zlatotopko. (Zupan in sod., 2008).

Preglednica 3: Vsebnost kovin (mg/kg) v zgornjem sloju tal na območju stare občine Celje (n = 117) (Lobnik in sod., 1994) in stopnja onesnaženosti, izražena z deležem lokacij v določenem koncentracijskem območju glede na slovensko zakonodajo (Uredba komisije 2006)

	Povprečje	min.–maks.	Stopnja onesnaženosti, izražena z % lokacij v posameznih kategorijah			
			<mejna	≥mejna<opoz.	≥opoz.<krit.	≥krit
Cd	2,5	0.2–21.4	50	21	25	4
Zn	337	55–3010	56	15	19	10
Pb	99,5	17–657	65	7	27	1
Cu	24,8	5.6–99.5	96	4		
Ni	25,2	1.9–76.4	95	3	2	
Cr	25,1	4.8–61.1	100			
As	6,4	1.0–85.0	96	2	1	1
Hg	0,32	<0.1–1.39	95	5		

2.5.3 Kovine v rastlinah

Povečane koncentracije kovin se pogosto odražajo tudi v povečanih koncentracijah kovin v rastlinah, kar so potrdile tudi številne študije v občini Celje (preglednica 5). Na sprejem kovin v rastline pa vplivajo tudi druge talne lastnosti – predvsem kislost tal, vsebnost organske snovi in glin, vrsta kovine in vrsta oziroma del rastline. Predvsem za Cd je značilno, da je njegova mobilnost in dostopnost rastlinam večja v kislih tleh kot alkalnih. Akumulacija kovin v

rastlinskih tkivih je različna. Večinoma velja, da so koncentracije največje v koreninah, najmanjše pa v semenih in plodovih. Slednje moramo upoštevati pri izbiri rastlin za gojenje na zmerno onesnaženem območju (Lobnik in sod., 1994).

Preglednica 4: Vsebnost Cd, Pb in Zn (mg/kg s.s.) v tleh in rastlinah poljskega poskusa 1994 na območju bivše občine Celje (Zupan in sod., 1997)

Rastlina – del	Kadmij (Cd) mg/ kg s.s.		Cink (Zn) mg/ kg s.s.				Svinec (Pb) mg/ kg s.s.		
	D	M	O	D	M	O	D	M	O
vsebnost v tleh	<0,5	3,06	11,06	186	433	1360	50,5	75,5	242
koruza silaža	< 0,11	0,28	1,62	64	78	183	1,32	2,49	5,24
koruza zrnje	< 0,11	< 0,11	< 0,11	24	28	35	<0,33	<0,33	<0,33
pšenica slama	0,13	0,61	3,77	23	69	280	0,71	2,73	4,55
pšenica zrnje	0,19	0,44	1,46	70	65	138	<0,33	<0,33	<0,33
fižol strok	< 0,11			62		65	0,5		1,4
fižol zrnje	< 0,11	< 0,11		36	38		<0,33	<0,33	
grah zrnje	< 0,11	< 0,11	0,18	52	48	80	<0,33	<0,33	0,35
brst. ohrovt (glavica)	< 0,11	< 0,11	0,13	32	37	60	<0,33	0,46	0,51
koleraba (gomolj)	< 0,11	< 0,11	< 0,11	23	17	25	<0,33	<0,33	<0,33
zelje (listi)	< 0,11	< 0,11	0,16	18	20	33	<0,33	<0,33	<0,33
korenje koren	0,21	2,04	2,28	29	34	31	<0,33	0,46	1,49
pesa (koren)	< 0,11	0,4	1,97	28	46	101	0,54	< 0,33	0,48
redkvica koren	< 0,11	0,74	1,24	46	103	248	0,71	1,45	2,76
krompir gomolj	0,11	0,13	0,47	16	17	34	0,77	0,64	0,76
endivija (listi)	0,12	1,77	9,05	56	76	275	1,43	2,39	4,97
solata (listi)	0,19	0,93	1,47	56	61	94	1,2	0,76	1,25
špinača (listi)	0,64	3,11	8,1	248	278	391	0,76	3,12	8,8
paradižnik(plod)	< 0,11	0,46	1,23	15	20	22	< 0,33	<0,33	0,67

Legenda: (D) – Dobrna, neonesnaženo; (M) – Medlog, onesnaženo; (O) – Oblakova ulica, močno onesnaženo

Preglednica 4 prikazuje vsebnost Cd, Pb in Zn (mg/kg s.s.) v tleh in rastlinah poljskega poskusa iz leta 1994 na območju bivše občine Celje, ko so bile rastline gojene na treh lokacijah.

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 MATERIAL

Za diplomsko delo smo uporabili vzorce krompirja sorte Marabel, rdeče pese Bikor in korenja Nantes. Vzorci so rasli na območju Mestne občine Celje.

3.2 NAČRT

Vse vzorce zelenjave smo pobrali na vrtu, kjer so rasli. Sveže vzorce smo skladiščili en teden v prostorih Biotehniške fakultete na temperaturi 20 °C. Po skladiščenju smo vzorce na grobo očistili z vodovodno vodo in nato je sledilo splakovanje z destilirano vodo. Po skladiščenju in pranju smo od posamezne vrtnine odvzeli svež vzorec, ostale dele pa kuhali v emajliranih posodah. Kuhanje je potekalo v litru destilirane vode z dodatkom 30 g NaHCO₃ in v litru destilirane vode z dodano 3% očetno kislino. Vsak vzorec smo nato razdelili na tri paralelke in jih liofilizirali. Po končani liofilizaciji je bilo na vrsti mletje vzorcev v mlinu. Liofilizate smo zmleli na mlinu »Retsch ZM 100« na velikost delcev 0,25 mm. Vzorce smo po končanem mletju shranili v majhne plastenke. Za transport v Kanado pa so bili ponovno prepakirani v sterilne posodice.

Najpogostejše metode termične obdelave so praženje, pečenje, kuhanje v vodi, pečenje v mikrovalovni pečici in kuhanje na pari. Kuhanje na pari je najboljša metoda za ohranitev hranilne vrednosti hrane (Fabbri in Crosby, 2016).

3.3 METODE DELA

Izbor vzorčenih vrtnin smo naredili glede na sposobnost akumulacije težkih kovin v užitne dele vrtnin.

V letu 2012 smo na izbrani lokaciji, posadili tri vrste vrtnin:

- krompir sorte Marabel;
- korenček sorte Nantes;
- rdečo peso sorte Bikor.

3.3.1 Priprava vzorcev krompirja

Opis vzorca in uporabljeni pribor: krompir sorte Marabel je bil srednje velikosti in brez vidnih poškodb.

Posoda za kuhanje in nož: posoda je bila emajlirana, saj smo želeli preprečiti dodaten vnos kovin v vzorce, nož pa je imel keramično rezilo.

Količina vzorca: odtehtano je bilo približno 1800 g neolupljenega krompirja. Odtehtali smo tudi enako količino olupljenega in na koščke narezanega krompirja. Vzorec 1800 g neolupljenega krompirja, vzorec 1800 g olupljenega ter na koščke narezanega krompirja smo razdelili na tri dele po približno 600 g za posamezno kuhanje v litru destilirane vode, v litru destilirane vode z dodanim NaHCO_3 in litru destilirane vode z dodano 3 % ocetno kislino.

Potek dela: pred kuhanjem smo v vseh paralelkah izmerili pH vode, v kateri so bili naši pripravljeni vzorci. Slednji so se kuhali na indukcijskem kuhalniku v emajlirani posodi. Vrelo je približno pol ure. Ko so bili vzorci krompirja skuhani, smo odvzeli vzorec vode ter ponovno izmerili pH. Odvzeli smo tudi vzorce za določanje kovin v vodi. Ko so se vzorci neolupljenega krompirja ohladili, smo ga olupili, narezali in shranili v vrečke.

Vzorce olupljenega in na kocke narezanega krompirja smo po kuhanju ohladili in shranili v PVC-vrečke. Vse pripravljene vzorce kuhanega krompirja smo razdelili na tri približno enake dele in jih dali liofilizirati. Po liofilizaciji je bilo na vrsti mletje – liofilizate smo zmleli na mlinu »Retsch ZM 100« na velikost delcev 0,25 mm.

Vse skupaj je bilo v liofilizatorju 19 vzorcev (9 vzorcev kuhanega celega neolupljenega krompirja, 9 vzorcev olupljenega krompirja, ki se je kuhal narezan na koščke, in 1 vzorec svežega olupljenega krompirja).

3.3.2 Priprava vzorcev rdeča pesa

Opis vzorca in uporabljeni pribor: rdeča pesa sorte Bikor je bila rahlo manjša, kot je značilno za to sorto. Vzrok za majhnost vzorca bi lahko bile sušne razmere, v katerih je rasla.

Posoda in nož za kuhanje: tako kot pri kuhanju krompirja, smo tudi tu uporabili emajlirano posodo in keramični nož.

Količina vzorca: odtehtano je bilo približno 2400 g neolupljene rdeče pese. Količino smo razdelili na približno tri dele po 800 g za posamezno kuhanje v emajlirani posodi z destilirano vodo, destilirano z dodatkom NaHCO_3 in z dodatkom 3 % očetne kisline.

Potek dela: približno 300 g iz vsake posode smo nato olupili, narezali na tanke rezine in nadevali v steklene kozarce. Peso smo prelili s 3 % raztopino očetne kisline.

Po treh mesecih smo vloženo peso razdelili na 3 paralelke. To pomeni, da je bilo 9 vzorcev, ki smo dali v liofilizator. Liofilizate smo zmleli na mlinu »Retsch ZM 100« na delce, velike 0,25 mm. Ostalo peso smo razdelili na tri dele po približno 150 g, jo olupili in narezali ter shranili v vrečke. Tako pripravljene vzorce smo dali v liofilizator.

3.3.3 Priprava vzorcev korenja

Opis vzorca in uporabljeni material: korenje sorte Nantes je bilo manjše, kot je predvideno iz opisa sorte, saj je raslo v sušnih razmerah.

Posoda za kuhanje in nož: uporabljena sta bila emajlirana posoda in keramični nož.

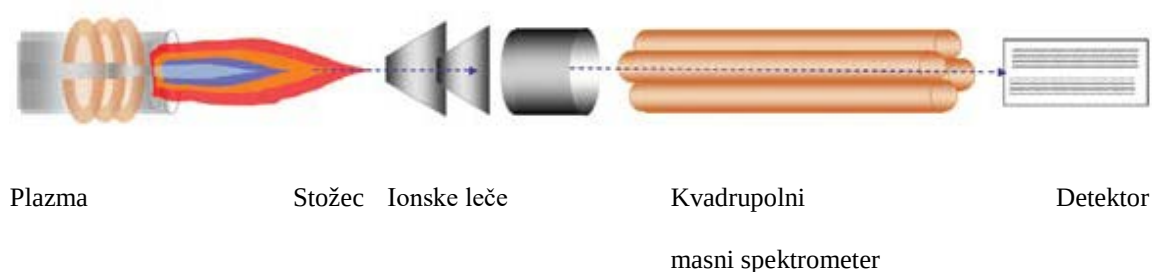
Količina vzorca: odtehtali smo približno 1800 g olupljenega celega korenja, ki smo ga razdelili na 3 enake dele po približno 600 g. Pripravili smo tudi 1800 g olupljenega in na koščke narezanega korenja, ki smo ga prav tako razdelili na 3 enake dele po 600 g.

Potek dela: pred začetkom kuhanja smo pripravili vzorec surovega korenja, ki smo ga olupili in narezali na koščke ter ga dali v PVC-vrečko. Pred kuhanjem smo v vseh paralelkah izmerili pH vode, v kateri so bili naši pripravljene vzorci. Slednji so se kuhali na indukcijskem kuhalniku v emajlirani posodi. Vrelo je približno pol ure. Ko so bili vzorci korenja skuhani, smo odvzeli vzorec vode ter mu ponovno izmerili pH. Odvzeli smo tudi vzorce za določanje kovin v vodi. Vzorce olupljenega korenja in na kocke narezanega krompirja smo po kuhanju ohladili in shranili v PVC-vrečke.

Vse pripravljene vzorce kuhanega korenja smo razdelili na tri približno enake dele in jih dali liofilizirati. Po liofilizaciji je bilo na vrsti mletje. Liofilizate smo zmleli na mlinu »Retsch ZM 100« na delce, velike 0,25 mm.

3.3.4 Masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo (ICP – MS metoda)

Kot pove že ime, je ICP masna spektrometrija (ICP-MS) kombinacija induktivno sklopljene plazme in masnega spektrometra. ICP-MS izrablja zmožnost ICP-izvora iz argona za učinkovito tvorbo enojno nabitih ionov iz elementarnih snovi v vzorcu. Ti ioni so nato usmerjeni v masni spektrometer. Funkcija masnega spektrometra je podobna tisti, ki jo ima monokromator pri ICP-AES sistemu. Vendar pa separacija ionov na masnem spektrometru ne poteka s separacijo svetlobe glede na posamezne valovne dolžine, ampak z ločevanjem glede na njihova razmerja mase z nabojem (m/z). Ioni izbranega razmerja m/z so usmerjeni k detektorju, ki določi število prisotnih ionov. Po navadi se uporablja kvadrupolni masni spektrometer, saj je bolj preprost za uporabo, robusten in hiter. Glede na podobnost tehnike uvajanja vzorca in obdelave podatkov je uporaba ICP-MS sistema podobna uporabi ICP-AES (Atomic Spectroscopy... , 2015).



Slika 1: Poenostavljen prikaz osnovnega ICP-MS sistema (Atomic Spectroscopy... , 2015).

4 REZULTATI

Vsebnost kovin v vzorcih vrtnin je bila določena v kanadskem laboratoriju Acme Analytical Laboratories, Vancouver, Ltd. po kisliniskem razklopu z zlatotopko z ICP-MS metodo. Rezultati vsebnosti kovin so podani v mg/kg suhe snovi.

4.1 VSEBNOST KOVIN V KROMPIRJU

Vsebnosti Mo, Pb, Zn, Co, As, Cd in Cr, ki smo jih določili v različnih vzorcih krompirja, so predstavljene v preglednici 5. Prikazane so kot povprečna vrednost in standardni odklon treh ponovitev.

Preglednica 5: Vsebnost kovin (mg/kg) v krompirju, podana na brezvodni material

Vzorec:	Vsebnost (mg/kg s.s)						
	Mo	Pb	Zn	Co	As	Cd	Cr
cel surov krompir	0,82±0,05	0,09±0,01	26,7±1,88	0,36±0,05	0,20±0,06	0,29±0,01	1,50±0,10
kuhan v dest. vodi	1,37±0,26	0,01±0	25,3±1,53	0,60±0,28	0,40±0,14	0,29±0,07	1,90±0,06
kuhan v vodi + NaHCO ₃	1,33±0,03	0,01±0	25,6±2,63	0,26±0,12	0,10±0,06	0,30±0,04	1,80±0,15
kuhan v vodi + 3-% CH ₃ COOH	1,19±0,37	0,02±0	24,8±3,05	0,28±0,04	0,40±0,21	0,32±0,10	1,60±0,06
narezan surov krompir	1,19±0,05	0,01±0	24,3±1,33	0,42±0,03	0,30±0,07	0,27±0,02	1,80±0,17
kuhan v dest. vodi	0,84±0,05	0,01±0	19,9±1,40	0,70±0,32	0,30±0,10	0,25±0,04	2,10±0,26
kuhan v vodi + NaHO ₃	0,74±0,04	0,01±0,01	17,7±0,46	0,25±0,13	0,30±0,12	0,23±0,01	1,70±0,12
kuhan v vodi + 3 % CH ₃ COOH	0,94±0,04	0,04±0,01	19,4±0,53	3,1±3,69	0,40±0,28	0,25±0,00	2,80±1,59

Molibden

Vsebnost molibdena v surovem vzorcu krompirja je znašala $0,82 \pm 0,05$ mg/kg s.s. Kuhanje celega krompirja v destilirani vodi in bazičnem mediju je povzročilo največje povečanje vsebnosti Mo. V vzorcu, kuhanem v nevtralnem, se je vsebnost povečala na $1,37 \pm 0,26$ mg/kg s.s., v bazičnem mediju pa se je vsebnost Mo povečala na $1,33 \pm 0,03$ mg/kg s.s.

V surovem narezanem vzorcu krompirja je bila izmerjena vsebnost Mo $1,19 \pm 0,05$ mg/kg s.s. Kuhanje narezanega krompirja v destilirani vodi in bazičnem mediju je povzročilo največje zmanjšanje.

V nevtralnem mediju se je vsebnost Mo zmanjšala na $0,84 \pm 0,05$ mg/kg s.s., v bazičnem mediju pa se je vsebnost zmanjšala na $0,74 \pm 0,04$ mg/kg s.s. Kuhanje v kislem je povzročilo zmanjšanje vsebnosti Mo, in sicer na $0,94 \pm 0,04$ mg/kg s.s.

Svinec

Vsebnost svineca v surovem celem vzorcu krompirja je bila $0,09 \pm 0,01$ mg/kg s.s. Kuhanje v različnih medijih je vplivalo na rahlo zmanjšanje vsebnosti. V nevtralnem in bazičnem mediju se je vsebnost zmanjšala na $0,01 \pm 0$ mg/kg s.s. V kislem mediju pa se je vsebnost Pb zmanjšala na $0,02 \pm 0$ mg/kg s.s.

Vsebnost Pb v surovem vzorcu narezanega krompirja je bila $0,01 \pm 0$ mg/kg s.s. Kuhanje v nevtralnem in bazičnem mediju ni vplivalo na spremembo vsebnosti Pb, medtem ko je kuhanje v kislem mediju povzročilo povečanje vsebnosti na $0,04 \pm 0,01$ mg/kg s.s.

Cink

Spremembe vsebnosti cinka v celem kuhanem krompirju so bile minimalne. Vsebnost Zn v surovem vzorcu celega krompirja je bila $26,7 \pm 1,88$ mg/kg s.s. Kuhanje v bazičnem in kislem mediju je povzročilo zmanjšanje na $25,6 \pm 2,63$ mg/kg s.s., v nevtralnem mediju pa se je vsebnost zmanjšala na $25,3 \pm 1,53$ mg/kg s.s.

V primeru olupljenega in narezanega krompirja je bila vsebnost Zn v surovem vzorcu $24,3 \pm 1,33$ mg/kg s.s. V vzorcu, ki je bil kuhan v bazičnem mediju, se je vsebnost Zn najbolj zmanjšala, in sicer na $17,7 \pm 0,46$ mg/kg v.s.

Kobalt

Vsebnost kobalta v surovem vzorcu celega krompirja je bila $0,36 \pm 0,05$ mg/kg s.s. Kuhanje celega neolupljenega krompirja v destilirani vodi je povzročilo povečanje Co na $0,60 \pm 0,28$ mg/kg s.s. Kuhanje v bazičnem mediju pa je povzročilo zmanjšanje vsebnosti na $0,26 \pm 0,12$ mg/kg s.s. V kislem mediju se je zmanjšala manj kot v bazičnem in je znašala $0,28 \pm 0,04$ mg/kg s.s.

Pri olupljenem in narezanem krompirju je bila vsebnost Co v surovem vzorcu $0,42 \pm 0,03$ mg/kg s.s. Po kuhanju vzorca v nevtralnem in kislem mediju je prišlo do povečanja vsebnosti Co.

V kislem mediju se je koncentracija povečala celo na $3,10 \pm 3,69$ mg/kg s.s. Kuhanje v bazičnem mediju pa je povzročilo padec vsebnosti Co v vzorcu na $0,25 \pm 0,13$ mg/kg s.s.

Arzen

Vsebnost arzena v surovem vzorcu krompirja je bila $0,20 \pm 0,06$ mg/kg s.s. Kuhanje celega krompirja v nevtralnem in kislem mediju je povzročilo povečanje na $0,40 \pm 0,14$ mg/kg s.s, medtem ko je prišlo v bazičnem do zmanjšanja na $0,10 \pm 0,06$ mg/kg s.s.

Kuhanje narezanega krompirja v nevtralnem in bazičnem ni prineslo sprememb, v kislem pa je prišlo do povečanja na vsebnosti $0,40 \pm 0,28$ mg/kg s.s.

Kadmij

Kuhanje celega neolupljenega krompirja v nevtralnem ni vplivalo na končno vsebnost kadmija. Vsebnost Cd je bila $0,29 \pm 0,01$ mg/kg s.s. Kuhanje v bazičnem in kislem mediju je povzročilo rahlo povečanje vsebnosti kadmija. V bazičnem mediju je bila $0,30 \pm 0,04$ mg/kg s.s., v kislem mediju pa $0,32 \pm 0,10$ mg/kg s.s.

Vsebnost Cd v olupljenem in narezanem krompirju je bila $0,27 \pm 0,02$ mg/kg s.s. Kuhanje olupljenega in narezanega krompirja v nevtralnem je povzročilo znižanje vrednosti na $0,25 \pm 0,04$ mg/kg s.s., enako velja za vzorec krompirja, ki je bil kuhan v kislem mediju. S kuhanjem v bazičnem se je vsebnost kadmija še zmanjšala in je znašala $0,23 \pm 0,01$ mg/kg s.s.

Krom

Kuhanje celega in narezanega krompirja v vseh treh medijih je povzročilo povišanje vsebnosti kroma. Vsebnost Cr v svežem vzorcu je bila $1,50 \pm 0,10$ mg/kg s.s., po kuhanju v nevtralnem

mediju se je vsebnost povečala na $1,90 \pm 0,15$ mg/kg s.s., po kuhanju v bazičnem pa je bila $1,80 \pm 0,15$ mg/kg s.s. V vzorcu, kuhanem v kislem mediju, se je vsebnost povečala na $1,60 \pm 0,06$ mg/kg s.s. V vzorcu surovega olupljenega in narezanega krompirja je bila Cr $1,80 \pm 0,17$ mg/kg s.s. Kuhanje v nevtralnem mediju je povzročilo povečanje vsebnosti Cr na $2,10 \pm 0,26$ mg/kg s.s.

Kuhanje v bazičnem mediju je povzročilo rahlo zmanjšanje vsebnosti, ki je bila $1,70 \pm 0,12$ mg/kg s.s. Kuhanje olupljenega in narezanega krompirja v kislem mediju je povečalo Cr na $2,80 \pm 1,59$ mg/kg s.s.

Preglednica 6: Vpliv načina obdelave in oblike krompirja na vsebnost kovin (mg/kg)

Vsebnost (mg/kg s.s)	Oblika vrtnine	Način obdelave: surov oz. kuhan v mediju				P vrednost
		surov	voda	baza	kislina	
Mo	cel	1,275 ^{a,B}	-	1,360 ^{b,B}	1,610 ^{b,B}	$p_O = 0,001$
	narezan	1,180 ^{b,A}	0,820 ^{b,B}	0,740 ^{a,A}	0,965 ^{b,A}	$p_P = 0,022$
						$p_{OXP} = 0,009$
Pb	cel	0,090 ^{**}	-	0,020 ^{**}	0,020 [*]	$p_O > 0,05$
	narezan	0,010 [*]	0,02	0,015 [*]	0,040 ^{**}	$p_P > 0,05$
						$p_{OXP} = 0,037$

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 6: Vpliv načina obdelave in oblike krompirja na vsebnost kovin (mg/kg)

Vsebnost (mg/kg s.s)	Oblika vrtnine	Način obdelave: surov oz. kuhan v mediju				P vrednost
		surov	voda	baza	kislina	
Zn	cel	27,8 ^{b,B}	-	23,9 ^{a,B}	28,2 ^{b,B}	$p_O = 0,001$
	narezan	24,0 ^{b,A}	20,5 ^{b,A}	17,8 ^{a,A}	19,6 ^{b,A}	$p_P = 0,015$
						$p_{OxP} > 0,05$
Co	cel	0,37	-	0,24	0,28	$p_O > 0,05$
	narezan	0,42	0,79	0,175	4,275	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$
As	cel	0,2	-	0,2	0,2	$p_O > 0,05$
	narezan	0,2	0,4	0,2	0,4	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$
Cd	cel	0,290 ^{a,B}	-	0,270 ^{a,B}	0,430 ^{b,B}	$p_O = 0,002$
	narezan	0,270 ^{b,A}	0,290 ^b	0,230 ^{a,A}	0,250 ^{b,A}	$p_P = 0,009$
						$p_{OxP} = 0,007$
Cr	cel	1,45	-	1,8	1,6	$p_O > 0,05$
	narezan	1,7	2,2	1,6	3,4	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$

$p_O = p_{\text{oblika}}$; $p_P = p_{\text{obdelava}}$; O – vpliv oblike (cel, narezan); P – vpliv medija kuhanja ; srednje vrednosti z različno črko (^{A,B}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med obliko); srednje vrednosti z različno črko (^{a,b,c}) znotraj vrstice se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med načinom obdelave) *, ** - sočasni vpliv oblike zelenjave in medija kuhanja na vsebnost elementa ($p < 0,05$)

V preglednici 6 so predstavljeni rezultati statistične obdelave podatkov o vsebnosti težkih kovin z modelom GLM (posplošen linearni model, angl. Generalized Linear Model), s katerim smo ugotavljali, kako vplivata na vsebnost kovin v vrtninah oblika oz. velikost vrtnine (cela, narezana na koščke) in medij kuhanja (v vodi, bazi, kislini oz. surova).

Molibden: Vsebnost Mo v surovem vzorcu je znašala 1,275 mg/kg s.s. Oblika in način obdelave krompirja sta imela značilen vpliv na vsebnost molibdena. Najnižja vrednost je bila pri narezanem krompirju kuhanem v bazičnem mediju 0,740 mg/kg s.s., najvišja pa pri celem krompirju kuhanem v kislini 1,610 mg/kg s.s..

Svinec: Sočasen vpliv oblike in medija kuhanja je značilno vplivalo na vsebnost svinca. Vrsta medija kuhanja ni značilno vplivala na vsebnost svinca. Najvišja vsebnost je bila v celem surovem krompirju in sicer 0,090 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v surovem narezanem krompirju 0,010 mg/kg s.s.

Cink: Oblika in način obdelave krompirja sta imela vpliv na vsebnost cinka. Najnižja vrednost cinka je bila v narezanem krompirju kuhanem v bazi in sicer 17,750 mg/kg s.s. Najvišja vrednost cinka pa v celem krompirju kuhanem v kislini in je bila 28,200 mg/kg s.s.

Kobalt: Obdelava in način kuhanja sta imel vpliv na vsebnost kobalta v krompirju. Najnižja vsebnost je bila pri kuhanju narezanega krompirja v bazičnem mediju, 0,175 mg/kg s.s. Najvišja vrednost pa je bila izmerjena pri narezanem krompirju kuhanem v kislini in sicer 4,275 mg/kg s.s.

Arzen: Vpliv oblike in načina obdelave ni značilno vplival na vsebnost arzena v krompirju. V primerjavi z vsebnostjo arzena v surovem krompirju je opazen trend naraščanja arzena. V narezanem krompirju kuhanem v vodi in kislini je bila vrednost 0,400 mg/kg s.s.

Kadmij: Oblika in način obdelave krompirja sta imela značilen vpliv na vsebnost kadmija. Najvišja vrednost je bila pri celem krompirju kuhanem v kislini in je bila 0,430 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila pri narezanem krompirju kuhanem v bazi 0,230 mg/kg s.s.

Krom: Na vsebnost kroma ni bilo sočasnega vpliva oblike in načina priprave krompirja. Najvišja vrednost je bila v narezanem krompirju kuhanem v kislini in sicer 3,400 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v surovem krompirju. Vrednost je bila 1,450 mg/kg s.s.

Preglednica 7: Vrednost pH vode z dodanimi vzorci celega in narezanega krompirja

	Pred kuhanjem		Po kuhanju	
	Cel	Narezan	Cel	Narezan
Destilirana voda	6,06	6,05	6,53	5,85
Destilirana voda + NaHCO ₃	8,36	8,11	9,62	9,54
Destilirana voda + 3 % CH ₃ COOH	2,49	2,69	2,81	3,42

Vzorec krompirja v destilirani vodi je imel pred kuhanjem pH 6,06; po kuhanju pa 6,50. Vzorec v bazičnem mediju je imel pred kuhanjem pH 8,35; po kuhanju pa 9,62. Pri vzorcu v kislem mediju je bil pH pred kuhanjem 2,49; po kuhanju pa 2,81.

Vzorec olupljenega in narezanega krompirja pred kuhanjem v nevtralnem je imel pH 6,05; po kuhanju pa 5,85. Vzorec olupljenega in narezanega krompirja v bazičnem mediju je imel pred kuhanjem pH 8,11; po kuhanju pa 9,54. Vzorec v kislem mediju pa je imel pred kuhanjem pH 2,69; po kuhanju pa 3,42.

4.2 VSEBNOST KOVIN V RDEČI PESI

Vsebnosti Mo, Pb, Zn, Co, As, Cd in Cr, ki smo jih določili v različnih vzorcih rdeče pese, so predstavljene v preglednici 8. Prikazane so kot povprečna vrednost in standardni odklon treh ponovitev.

Preglednica 8: Vsebnost kovin (mg/kg) v celi in narezani rdeči pesi, podana na brezvodni material

Vzorec:	Mo	Pb	Zn	Co	As	Cd	Cr
	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)
Surova rdeča pesa	0,480±0,01	0,26±0,04	166,4±0,46	0,33±0,12	0,23±0,06	1,19±0,03	1,50±0,10
kuhana v dest. vodi	0,96±0,19	0,56±0,26	258,7±50,06	0,27±0,10	0,27±0,12	2,0 ±0,61	1,60±0,06
kuhana v vodi + NaHO ₃	0,75±0,05	0,25±0,08	141,8±15,29	0,24±0,11	0,10±0	1,26±0,14	1,40±0

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 8: Vsebnost kovin (mg/kg) v celi in narezani rdeči pesi, podana na brezvodni material

Vzorec:	Mo	Pb	Zn	Co	As	Cd	Cr
	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)
kuhana v vodi + 3 % CH ₃ COOH	1,15±0,35	0,55±0,07	241,5±75,56	0,33±0,31	0,30±0	1,88±0,42	1,10±0,21
vložena (kuhana v vodi)	0,71±0,04	0,46±0,07	277,1±17,37	0,62±0,12	0,10±0,07	1,7±0,01	1,30±0
vložena v 3% CH ₃ COOH (kuhana v vodi + NaHCO ₃)	0,41±0,06	0,22±0,01	133,2±2,94	0,29±0,03	0,10±0	1,04±0,05	1,30±0,1
vložena v 3- % CH ₃ COOH (kuhana v vodi + 3% CH ₃ COOH)	0,64±0,04	0,53±0,16	224,9±3,75	0,45±0,08	0,10±0	1,75±0,71	1,13±0,06

Molibden

Vsebnost molibdena v surovi rdeči pesi je bila $0,48 \pm 0,01$ mg/kg s.s. Po kuhanju se je vsebnost povečala v vseh treh medijih. Vsebnost Mo v vzorcu rdeče pese, kuhane v nevtralnem, je bila $0,96 \pm 0,19$ mg/kg s.s., v bazičnem je bila $0,75 \pm 0,05$ mg/kg s.s., v rdeči pesi, kuhani v kislem mediju, pa smo določili največjo vsebnost ($1,15 \pm 0,35$ mg/kg s.s.).

V vloženi pesi je bila vsebnost Mo manjša v primerjavi s kuhano rdečo peso. V vzorcu vložene rdeče pese, ki je bila predhodno kuhana v bazičnem mediju, je bila vsebnost $0,41 \pm 0,06$ mg/kg s.s.

Svinec

Vsebnost svineca v svežem vzorcu rdeče pese je bila $0,26 \pm 0,04$ mg/kg s.s. Kuhanje v nevtralnem in kislem je vplivalo na povečanje $0,55 \pm 0,26$ mg/kg s.s. Kuhanje v bazičnem pa je vplivalo na znižanje $0,25 \pm 0,08$ mg/kg s.s.

Po vlaganju v bazičnem mediju kuhane rdeče pese se je koncentracija Pb še dodatno znižala na $0,22 \pm 0,01$ mg/kg s.s.

Cink

Vsebnost cinka v sveži rdeči pesi je bila $166,4 \pm 0,46$ mg/kg s.s. V vzorcu, kuhanem v nevtralnem mediju, je bila $258,7 \pm 50,06$ mg/kg s.s., v kislem mediju pa je bila $241,54 \pm 75,56$ mg/kg s.s. V vzorcu rdeče pese, ki je bil kuhan v bazičnem mediju, je bila vsebnost Zn $141,8 \pm 15,29$ mg/kg s.s.

V vzorcu vložene rdeče pese, ki je bila predhodno kuhana v kislem mediju, se je vsebnost zmanjšala na $224,9 \pm 3,75$ mg/kg s.s. V vloženi rdeči pesi, ki je bila predhodno kuhana v bazičnem mediju, pa je bila $133,2 \pm 2,94$ mg/kg s.s.

Kobalt

Vsebnost kobalta v surovem vzorcu rdeče pese je bila $0,33 \pm 0,12$ mg/kg s.s. Po kuhanju v nevtralnem je bila $0,27 \pm 0,10$ mg/kg s.s., po kuhanju v bazičnem pa se je zmanjšala na $0,24 \pm 0,11$ mg/kg s.s.

Po vlaganju se je v vseh vzorcih rdeče pese vsebnost Co povečala. Koncentracija Co v vloženi pesi, ki je bila predhodno skuhana v nevtralnem, je bila $0,62 \pm 0,12$ mg/kg s.s.

Arzen

V surovem vzorcu rdeče pese je bila vsebnost arzena $0,23 \pm 0,06$ mg/kg s.s. Kuhanje cele pese v nevtralnem in kislem mediju je povzročilo povečanje (Zhuang in sod., 2016). Vzorec, kuhan v nevtralnem, je imel $0,27 \pm 0,12$ mg/kg s.s. V kislem mediju pa je bila vsebnost As $0,30 \pm 0$ mg/kg s.s. V vzorcu rdeče pese, kuhane v bazičnem mediju, je bila $0,10 \pm 0$ mg/kg s.s.

Pri vzorcih vložene rdeče pese je bila vsebnost As v vseh treh medijih $0,10 \pm 0$ mg/kg s.s.

Kadmij

Koncentracija kadmija v surovi rdeči pesi je bila $1,19 \pm 0,03$ mg/kg s.s. Kuhanje je vplivalo na povečanje vsebnosti v vseh treh primerih medijev kuhanja. Največja vsebnost Cd je bila izmerjena v vzorcu rdeče pese, ki je bila kuhana v nevtralnem mediju ($2,0 \pm 0,61$ mg/kg s.s.). V bazičnem mediju je bila vsebnost Cd $1,26 \pm 0,14$ mg/kg s.s.

Po vlaganju se je vsebnost Cd zmanjšala samo v vzorcu, ki je bil predhodno kuhan v bazičnem mediju; tokrat je znašala $0,104 \pm 0,05$ mg/kg s.s.

Krom

Vsebnost kroma v surovem vzorcu rdeče pese je bila $1,5 \pm 0,10$ mg/kg s.s.

Po kuhanju v nevtralnem se je vsebnost povečala na $1,6 \pm 0,06$ mg/kg s.s. Po kuhanju v bazičnem se je zmanjšala na $1,4 \pm 0$ mg/kg s.s. Kuhanje v kislem mediju je povzročilo, da je bila vsebnost Cr $1,1 \pm 0,21$ mg/kg s.s.

Po vlaganju je bila vsebnost Cr v vzorcih, kuhanih v nevtralnem in bazičnem $1,3 \pm 0,1$ mg/kg s.s. V kislem mediju kuhana rdeča pesa in vložena je imela vsebnost Cr $1,13 \pm 0,06$ mg/kg s.s.

Preglednica 9: Vpliv načina obdelave in oblike rdeče pese na vsebnost kovin (mg/kg)

Vsebnost (mg/kg s.s)	Oblika vrtnine	Način obdelave: surov oz. kuhan v mediju				P vrednost
		surov	voda	baza	kislina	
Mo	cela	0,483 ^a	0,957 ^b	0,700 ^b	1,310 ^b	$p_O > 0,05$
	narezana	-	0,695 ^b	0,420 ^a	-	$p_P = 0,008$
						$p_{OxP} > 0,05$
Pb	cela	0,257 ^b	0,557	0,18	0,54	$p_O > 0,05$
	narezana	-	0,465	0,21	-	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$
Zn	cela	166,4 ^b	258,7 ^b	152,6 ^a	284,4 ^b	$p_O > 0,05$
	narezana	-	280,5 ^b	135,2 ^a	-	$p_P = 0,005$
						$p_{OxP} > 0,05$
Co	cela	0,33	0,267	0,18	0,45	$p_O > 0,05$
	narezana	-	0,61	0,32	-	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$
As	cela	0,233	0,267	0,1	0,3	$p_O > 0,05$
	narezana	-	0,15	0,3	-	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$
Cd	cela	1,193 ^a	2,103 ^b	1,300 ^b	2,120 ^b	$p_O > 0,05$
	narezana	-	1,700 ^b	0,990 ^a	-	$p_P = 0,040$
						$p_{OxP} > 0,05$
Cr	cela	1,5	1,567	1,4	1,65	$p_O > 0,05$
	narezana	-	1,3	1,4	-	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$

$p_P = p_{obdelava}$; O – vpliv oblike (cel, narezan); P – vpliv medija kuhanja ; srednje vrednosti z različno črko (^{A,B}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med obliko); srednje vrednosti z različno črko (^{a,b,c}) znotraj vrstice se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med načinom obdelave) *, ** - sočasni vpliv oblike zelenjave in medija kuhanja na vsebnost elementa ($p < 0,05$)

V preglednici 9 so predstavljeni rezultati vsebnosti težkih kovin v surovi ter v vodi, bazi in kislini kuhani rdeči pesi.

Sočasnega vpliva oblike vrtnine (cela, narezana) in medija kuhanja na vsebnost kovin pri rdeči pesi ni bilo.

Molibden: Način obdelave je imel značilen vpliv na vsebnost molibdena v rdeči pesi. Najnižja vrednost je bila v narezani rdeči pesi, ki je bila kuhana v bazi 0,420 mg/kg s.s. Najvišja vrednost molibdena pa je bila v celi pesi, kuhani v kislini, 1,310 mg/kg s.s.

Svinec: Način obdelave in oblike rdeče pese ni imel značilnega vpliva na vsebnost svineca. Najvišja vrednost je bila v celi pesi, ki je bila kuhana v vodi in sicer 0,557 mg/kg s.s.. Najnižja vrednost pa je bila v celi pesi kuhani v bazi in je znašala 0,180 mg/kg.s.s.

S kuhanjem v bazičnem mediju se je vrednost zmanjšala v primerjavi s tisti v celi surovi pesi. V primeru kuhanja cele in narezane rdeče pese v vodi pa je vrednost narasla.

Cink: Način obdelave rdeče pese je imel značilen vpliv na vsebnost cinka. Najvišja vrednost je bila v celi pesi kuhani v kislini in je bila 284,400 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v narezani pesi kuhani v bazi in je bila 135,200 mg/kg s.s.

Kobalt: Način obdelave in oblike rdeče pese ni imel značilnega vpliva na vsebnost kobalta. Najvišja vrednost je bila v celi rdeči pesi kuhani v kislini in sicer 0,450 mg/kg s.s.. Najnižja vrednost pa je bila v celi rdeči pesi kuhani v bazi in je bila 0,180 mg/kg s.s.

Arzen: Na vsebnost arzena v rdeči pesi ni imela značilnega vpliva oblika in način obdelave. Najvišja vrednost arzena je bila v celi pesi kuhani v kislini in je bila 0,300 mg/kg s.s.. Najnižja vrednost pa je bila v celi pesi kuhani v bazi, ta je bila 0,100 mg/kg s.s.

Kadmij: Način obdelave značilno vplival na vsebnost kadmija v rdeči pesi. Najvišja vrednost je bila v celi rdeči pesi kuhani v kislini in sicer 2,120 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v narezani rdeči pesi kuhani v bazi in je bila 0,990 mg/kg s.s.

Krom: Način obdelave in medij kuhanja nista imela značilnega vpliva na vsebnost kroma v rdeči pesi. Najvišja vrednost je bila v celi pesi kuhani v kislini in je bila 1,650 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v narezani rdeči pesi kuhani v vodi in je bila 1,300 mg/kg s.s..

Preglednica 10: Vrednost pH vode z dodanimi vzorci cele rdeče pese

	Pred kuhanjem	Po kuhanju
Destilirana voda	6,69	6,06
Destilirana voda + NaHCO ₃	8,28	9,74
Destilirana voda +3% CH ₃ COOH	2,89	3,39

Vzorec pese, ki je bil v nevtralnem mediju, je imel pH pred kuhanjem 6,69, po kuhanju pa se je pH minimalno zmanjšal na 6,06. Vzorcju cele pese v bazičnem mediju je bil izmerjen pH 8,28, po kuhanju pa se je pH povečal na 9,74. Pri vzorcju rdeče pese v kislem mediju je bil pH pred kuhanjem 2,89, po kuhanju pa se je povečal na 3,39.

4.3 VSEBNOST KOVIN V KORENJU

Vsebnosti Mo, Pb, Zn, Co, As, Cd in Cr, ki smo jih določili v različnih vzorcih korenja, so predstavljene v preglednici 11. Prikazane so kot povprečna vrednost in standardni odklon treh ponovitev.

Preglednica 11: Vsebnost kovin (mg/kg s.s) v korenju, podana na brezvodni material

Vzorec:	Mo	Pb	Zn	Co	As	Cd	Cr
	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)	(mg/kg s.s)
celo surovo korenje	1,06±0,15	0,26±0,04	46,47±3,49	1,45±0,66	0,25±0,07	1,50±0,18	1,77±0,29
korenje, kuhano v vodi	0,88±0,18	0,45±0,14	56±7,07	0,63±0,09	0,23±0,15	1,83±0,78	1,53±0,12
korenje, kuhano v vodi + NaHO ₃	0,77±0,10	0,55±0,04	54,8±1,27	1,14±0,05	0,27±0,12	1,89±0,13	1,6±0,26
korenje, kuhano v vodi + 3% CH ₃ COOH	0,75±0,13	0,45±0,09	43,6±2,53	0,82±0,14	0,5±0	1,48±0,49	1,43±0,06
korenje, narezano in kuhano v vodi	0,60±0,03	0,46±0,03	48,6±1,06	1,14±0,77	0,27±0,06	0,98±0,04	1,73±0,25
korenje, narezano in kuhano v vodi + NaHO ₃	0,48±0,05	0,34±0,03	35,8±1,10	0,33±0,06	0,27±0,12	0,86±0,09	1,37±0,15
korenje, narezano in kuhano v vodi + 3% CH ₃ COOH	0,77±0,32	0,49±0,09	45,63±8,14	0,58±0,36	0,35±0,21	1,13±0,10	1,83±0,42

Molibden

V vzorcu korenja je bila vsebnost molibdena $1,06 \pm 0,15$ mg/kg s.s. Po kuhanju celega korenja se je vsebnost v vzorcih korenja, kuhanih v vseh treh medijih zmanjšala. V vzorcu celega korenja, kuhanega v nevtralnem, je bila $0,88 \pm 0,18$ mg/kg s.s. V vzorcu, kuhanem v kislem mediju, je bila $0,75 \pm 0,13$ mg/kg s.s. V vzorcu korenja, ki je bilo kuhano v bazičnem, pa je bila vsebnost Mo $0,77 \pm 0,10$ mg/kg s.s.

V vzorcih narezanega in kuhanega korenja se je vsebnost Mo prav tako zmanjšala. V vzorcu narezanega in kuhanega korenja v nevtralnem mediju je bila $0,60 \pm 0,03$ mg/kg s.s.

Kuhanje narezanega korenja v bazičnem je znižalo vsebnost Mo na $0,48 \pm 0,05$ mg/kg s.s. V narezanem korenju, kuhanem v kislem mediju, je bila $0,77 \pm 0,32$ mg/kg s.s.

Svinec

Vsebnost svinca je bila v vzorcu surovega korenja $0,26 \pm 0,04$ mg/kg s.s. Kuhanje v vseh treh medijih je povzročilo povečanje vsebnosti Pb v korenju. V vzorcu, kuhanem v nevtralnem, je bila $0,45 \pm 0,14$ mg/kg s.s. V vzorcu, kuhanem v bazičnem, je bila $0,55 \pm 0,04$ mg/kg s.s, v kislem mediju pa je bila vsebnost $0,45 \pm 0,09$ mg/kg s.s.

Pri vzorcih narezanega in kuhanega korenja je prav tako prišlo do povečanja vsebnosti Pb. V nevtralnem mediju kuhano korenje je imelo narezano vsebnost Pb $0,46 \pm 0,03$ mg/kg s.s. Narezano korenje, ki je bilo kuhano v bazičnem, je imelo vsebnost Pb $0,34 \pm 0,03$ mg/kg s.s.

Vzorec narezanega korenja, ki je bil kuhan v kislem mediju, pa je imel vsebnost Pb $0,49 \pm 0,09$ mg/kg s.s.

Cink

Vsebnost cinka v surovem vzorcu korenja je bila $46,47 \pm 3,49$ mg/kg s.s. Po kuhanju celega korenja v nevtralnem in bazičnem mediju se je vsebnost v prvem primeru povečala na $56,0 \pm 7,07$ mg/kg s.s. in v drugem primeru na $54,8 \pm 1,27$ mg/kg s.s. S kuhanjem v kislem mediju pa je vsebnost Zn zmanjšala na $43,6 \pm 2,53$ mg/kg s.s.

V vzorcih narezanega in kuhanega korenja se je vsebnost Zn v primerjavi s surovim vzorcem zmanjšala v primeru kuhanja v bazičnem in kislem mediju.

Po kuhanju v nevtralnem mediju pa se je povečala na $48,6 \pm 1,06$ mg/kg s.s. Vsebnost Zn v narezanem kuhanem korenju v bazičnem mediju je bila $35,8 \pm 1,10$ mg/kg s.s. V vzorcu narezanega korenja, kuhanega v kislem mediju, pa je bila $45,63 \pm 8,14$ mg/kg s.s.

Kobalt

Vsebnost kobalta v surovem vzorcu korenja je bila $1,45 \pm 0,66$ mg/kg s.s. Kuhanje v vseh treh medijih vplivalo na zmanjšanje vsebnosti Co, ki je bila v vzorcu celega korenja, kuhanega v nevtralnem, $0,63 \pm 0,09$ mg/kg s.s., kuhanega v bazičnem $1,14 \pm 0,05$ mg/kg s.s. in tistega, ki se je kuhal v kislem, $0,82 \pm 0,14$ mg/kg s.s.

Kuhanje narezanega korenja je prav tako zmanjšalo vsebnost Co v vzorcih. V vzorcu narezanega in kuhanega korenja v nevtralnem mediju je bila vsebnost Co $1,14 \pm 0,77$ mg/kg s.s. V vzorcu, kuhanem v bazičnem, je bila vsebnost $0,33 \pm 0,06$ mg/kg s.s., medtem ko je bila v vzorcu narezanega in kuhanega korenja v kislem $0,58 \pm 0,36$ mg/kg s.s.

Arzen

V surovem vzorcu korenja je bila vsebnost arzena $0,25 \pm 0,07$ mg/kg s.s. Kuhanje celega korenja v nevtralnem mediju je vplivalo na zmanjšanje vsebnosti As na $0,23 \pm 0,15$ mg/kg s.s. Kuhanje celega korenja v bazičnem je povzročilo povečanje na $0,27 \pm 0,12$ mg/kg s.s., po kuhanju celega korenja v kislem mediju pa je bila vsebnost As $0,50 \pm 0$ mg/kg s.s.

Vsebnost As v narezanem kuhanem korenju se je v vseh treh medijih povečala. V vzorcih narezanega in kuhanega korenja v nevtralnem in bazičnem mediju je bila $0,27 \pm 0,06$ mg/kg s.s., medtem ko je bila v vzorcu narezanega in kuhanega korenja v kislem mediju $0,35 \pm 0,21$ mg/kg s.s.

Kadmij

Začetna vsebnost kadmija v surovem celem korenju je bila $1,50 \pm 0,18$ mg/kg s.s. Po kuhanju v nevtralnem mediju je bila $1,83 \pm 0,78$ mg/kg s.s. Po kuhanju v bazičnem je bila $1,89 \pm 0,13$ mg/kg s.s. Kuhanje celega korenja v kislem mediju je vplivalo na zmanjšanje vsebnosti Cd na $1,48 \pm 0,49$ mg/kg s.s.

V narezanem korenju, kuhanem v nevtralnem mediju, je bila vsebnost Cd $0,98 \pm 0,04$ mg/kg s.s., v bazičnem mediju je bila $0,86 \pm 0,09$ mg/kg s.s. in v kislem $1,13 \pm 0,10$ mg/kg s.s.

Krom

Vsebnost kroma v celem surovem korenju je bila $1,77 \pm 0,29$ mg/kg s.s. Po kuhanju se je zmanjšala.

V kuhanem v nevtralnem je bila $1,53 \pm 0,12$ mg/kg s.s., v bazičnem pa $1,60 \pm 0,26$ mg/kg s.s. Vsebnost Cr v vzorcu celega korenja, kuhanega v kislem mediju, je bila $1,43 \pm 0,06$ mg/kg s.s.

S kuhanjem narezanega korenja v nevtralnem mediju se je vsebnost Cr zmanjšala na $1,73 \pm 0,25$ mg/kg s.s. V vzorcu narezanega korenja, kuhanega v bazičnem mediju, je bila vsebnost Cr $1,37 \pm 0,15$ mg/kg s.s. V vzorcu narezanega korenja, kuhanega v kislem mediju, pa je bila $1,83 \pm 0,42$ mg/kg s.s.

Preglednica 12: Vpliv načina obdelave in oblike korenja na vsebnost kovin

Vsebnost (mg/kg s.s)	Oblika vrtnine	Način obdelave: surov oz. kuhan v mediju				P vrednost
		surov	voda	baza	kislina	
Mo	Cel	0,975 ^b	0,877 ^{a,B}	0,767 ^{a,B}	0,600 ^{a,A}	$p_O = 0,006$
	narezan	-	0,597 ^{b,A}	0,477 ^{a,A}	0,590 ^{b,A}	$p_P = 0,038$
						$p_{OxP} > 0,05$
Pb	Cel	0,240 ^a	0,453 ^b	0,553 ^b	0,550 ^b	$p_O > 0,05$
	narezan	-	0,457 ^b	0,337 ^a	0,540 ^b	$p_P = 0,004$
						$p_{OxP} = 0,041$
Zn	Cel	44,4 ^b	56,0 ^{b,B}	54,8 ^{b,B}	41,2 ^{a,B}	$p_O = 0,001$
	narezan	-	48,6 ^{b,A}	35,8 ^{a,A}	41,0 ^{b,A}	$p_P = 0,001$
						$p_{OxP} = 0,006$
Co	Cel	1,065	0,627*	1,137**	0,610*	$p_O > 0,05$
	narezan	-	1,143**	0,327*	0,785*	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} = 0,022$
As	Cel	0,250 ^b	0,233 ^{a,A}	0,233 ^{a,A}	0,500 ^{b,B}	$p_O > 0,05$
	narezan	-	0,267 ^{a,B}	0,267 ^{a,B}	0,350 ^{b,B}	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$
Cd	Cel	1,400 ^b	1,833 ^{b,B}	1,890 ^{b,B}	1,080 ^{a,A}	$p_O = 0,011$
	narezan	-	0,983 ^{b,A}	0,863 ^{a,A}	1,080 ^{b,A}	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$
Cr	Cel	1,600 ^b	1,533 ^{b,A}	1,600	1,500 ^{a,A}	$p_O > 0,05$
	narezan	-	1,733 ^{b,B}	1,367 ^{a,A}	1,600 ^{b,B}	$p_P > 0,05$
						$p_{OxP} > 0,05$

$p_O = p_{\text{oblika}}; p_P = p_{\text{obdelava}}$

Legenda preglednice 12

O – vpliv oblike (cel, narezan); P – vpliv obdelave (medija obdelave) srednje vrednosti z različno črko (^{A,B}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med obliko); srednje vrednosti z različno črko (^{a,b,c}) znotraj vrstice se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med načinom obdelave) *, ** - sočasni vpliv oblike zelenjave in medija kuhanja na vsebnost elementa ($p < 0,05$)

V preglednici 13 so predstavljeni rezultati vsebnosti težkih kovin v surovem ter v vodi, bazi in kislini kuhanem korenju.

Molibden: Na vsebnost molibdena v korenju je imela vpliv tako oblika kot način obdelave. Ni pa bilo značilnega skupnega vpliva. Najvišja vrednost je bila v celem surovem korenju. Vrednost je bila 0,975mg/kg/s.s. Najnižja vrednost molibdena pa je bila v narezanem korenju kuhanem v bazi in je bila 0,477 mg/kg s.s.

Svinec: Na vrednost svince je značilno vplivala oblika in način obdelave korenja. Najvišja vrednost je bila v celem korenju kuhanem v bazi. Vrednost je bila 0,553 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v surovem celem korenju in je bila 0,240 mg/kg s.s.

Cink: Oblika in način obdelave korenja sta imela značilen vpliv na vsebnost cinka. Najvišja vrednost je bila v celem korenju kuhanem v vodi. Vrednost je bila 56,0 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v narezanem korenju kuhanem v bazi in je bila 35,8 mg/kg s.s.

Kobalt: Oblika in način obdelave sta imela značilen vpliv na vsebnost kobalta v korenju. Najvišja vrednost je bila v narezanem korenju kuhanem v vodi. Vrednost je bila 1,143 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v narezanem korenju kuhanem v bazi. Vrednost je bila 0,327 mg/kg s.s.

Arzen: Oblika in način obdelave nista imela značilnega vpliva na vsebnost arzena v korenju. Najvišja vrednost je bila v celem korenju kuhanem v kislini in je bila 0,500 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v celem korenju kuhanem v bazi in vodi in je bila 0,233 mg/kg s.s.

Kadmij: Na vrednost kadmija je značilno vplivala oblika, ni pa vplival način obdelave. Najvišja vrednost je bila v celem korenju kuhanem v bazi. Vrednost je bila 1,833 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v narezanem korenju kuhanem v bazi. Vsebnost je bila 0,863 mg/kg s.s.

Krom: Na vrednost kroma v korenju ni značilno vplivala ne oblika ne način obdelave. Najvišja vrednost kroma je bila v narezanem korenju kuhanem v vodi in je bila 1,733 mg/kg s.s. Najnižja vrednost pa je bila v celem korenju kuhanem v kislini in je bila 1,500 mg/kg s.s.

Preglednica 3: Vrednost pH vode z dodanimi vzorci celega in narezanega olupljenega korenja

	Pred kuhanjem		Po kuhanju	
	Cel	Narezan	Cel	Narezan
Destilirana voda	6,16	6,30	6,17	5,90
Destilirana voda + NaHCO ₃	11,24	11,50	10,18	9,93
Destilirana voda + 3 % CH ₃ COOH	2,77	2,29	3,44	3,44

Vzorcu celega korenja v nevtralnem mediju je bil pred kuhanjem izmerjen pH 6,16, po kuhanju pa 6,17. V bazičnem mediju je pH vzorca znašal 11,24 pred kuhanjem in 10,18 po kuhanju. Pri kislem mediju je bil izmerjen pH pred kuhanjem 2,77, po kuhanju pa se je povečal na 3,44.

Pri vzorcu olupljenega in narezanega korenja v nevtralnem je pH pred kuhanjem znašal 6,30, po kuhanju pa se je zmanjšal na 5,90. Vzorec v bazičnem mediju je imel izmerjen pH pred kuhanjem 11,50, po kuhanju pa se je pH zmanjšal na 9,93. V primeru kislega medija je bil pH pred kuhanjem 2,29, po kuhanju pa se je pH povečal na 3,43.

Poleg analiz vsebnosti težkih kovin v vzorcih vrtnin smo opravili tudi analizo zemlje, v kateri so rasli. Podatki za vzorce zemlje so prikazani v preglednici 15.

Preglednica 4: Vsebnost (mg/kg s.s) kovin v zemlji, podana za suho snov v vzorcih zemlje

Vzorec zemlje	Mo(mg/kg s.s)	Pb(mg/kg s.s)	Zn(mg/kg s.s)	Co(mg/kg s.s)	As(mg/kg s.s)	Cd(mg/kg s.s)	Cr(mg/kg s.s)
1	0,5	83,5	262	10,7	11,6	1,6	28
2	0,4	32	122	15,6	4,0	0,8	15
3	0,7	70,5	279	8,4	9,0	1,8	45
4	1,1	116,5	569	6,0	12,1	5,6	13
povprečje	0,7	75,6	308,0	10,2	9,2	2,5	25,3

Spodnja meja detekcije za kadmij, baker in svinec je bila 0,1 mg/kg s.s., za mangan in cink pa 1 mg/kg s.s. Glede na mejne in kritične imisijske vrednosti snovi v tleh je bila vrednost kovine v vzorcu 4 presežena pri svincu, cinku in kadmiju.

Preglednica 15: Vsebnost težkih kovin v zemlji na poljih riža in zelenjave (mg/kg s.s.) (Cao in sod., 2010)

	Cr	Zn	Cd	Pb
Polja z rižem	97,4 ^a (58,2-130,3)	102,7 ^a (70,9-147,8)	0,169 ^a (0,106-0,198)	29,6 ^a (20,8-37,5)
Polja z zelenjavo	99,4 ^a (57,2-149,9)	108,2 ^a (47,0-214,7)	0,156 ^a (0,045-0,856)	32,8 ^a (18,7-152,8)

^a povprečne vrednosti; vrednosti v oklepajih predstavljajo območje od najnižje do najvišje vrednosti

Kot poročajo Hongin Cao in sod., (2010) so vsebnosti Cd v kitajski zemlji do 0,8 g/kg, Pb do 50 mg/kg, Zn do 215 mg/kg, Cr do 150 mg/kg. Iz preglednice 14 je razvidno, da vsebujejo vzorci naše zemlje več Cd, Pb in Zn.

Preglednica 5: Povprečna vsebnost težkih kovin (mg/kg s.s.) v analiziranih vrtninah ne glede na vrsto vrtnine, obliko in medij toplotne obdelave

	Medij	Vsebnost mg/kg s.s.
Mo	Surov	0,48
	Voda	0,85
	Baza	0,58
	Kislina	1,31
Pb	Surov	0,26
	Voda	0,52
	Baza	0,19
	Kislina	0,55
Zn	Surov	166,4
	Voda	267,4
	Baza	143,9
	Kislina	284,4
Co	Surov	0,33
	Voda	0,4
	Baza	0,25
	Kislina	0,45

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 16: Povprečna vsebnost težkih kovin (mg/kg s.s.) v analiziranih vrtninah ne glede na vrsto vrtnine, obliko in medij toplotne obdelave

As	Surov	0,23
	Voda	0,22
	Baza	0,2
	Kislina	0,3
Cd	Surov	1,19
	Voda	1,94
	Baza	1,15
	Kislina	2,12
Cr	Surov	1,5
	Voda	1,46
	Baza	1,4
	Kislina	1,65

Vsebnost Mo je bila najnižja v surovih vzorcih in je bila 0,48 mg/kg s.s., rezultati po kuhanju v vseh medijih kažejo večje vrednosti vendar je vrednost v bazičnem mediju nižja od vrednosti v destilirani vodi in kislini. Vsebnost Pb je bila v surovih vzorcih 0,26 mg/kg s.s. Najnižja vrednost je bila v bazičnem mediju in sicer 0,19 mg/kg s.s. Pri Zn je bila vrednost v surovih 166,4 mg/kg s.s.

Do zmanjšana vsebnosti je prišlo v bazičnem mediju (143,9 mg/kg s.s.). Vsebnost Co se je iz surovega, ki je bila 0,33 mg/kg s.s. najbolj zmanjšala v bazičnem mediju na 0,25 mg/kg s.s. Vsebnost As v surovih vzorcih je bila 0,23 mg/kg s.s., do zmanjšanja je prišlo v bazičnem mediju (0,20 mg/kg s.s.). Vsebnost Cd se je iz surovih vzorcev, kjer je znašala 1,19 mg/kg s.s. zmanjšala v bazičnem mediju na 1,15 mg/kg s.s. Pri kislem mediju pa je prišlo do povišanja vrednosti Cd in sicer na 2,12 mg/kg s.s. v primerjavi s surovim proizvodom. Vsebnost Cr je bila v surovih vzorcih 1,50 mg/kg s.s., s kuhanjem v bazičnem in nevtralnem mediju je prišlo do zmanjšanja. Najnižja vrednost je bila v bazičnem in sicer 1,40 mg/kg s.s. V kislem mediju pa je prišlo do zvišanja vrednosti Cr in sicer na 1,65 mg/kg s.s.

Preglednica 176: Vsebnost težkih kovin v celi in razrezani vrtnini (mg/kg s.s.) ne glede na vrsto vrtnine, in medij toplotne obdelave

Element	oblika	Vsebnost (mg/kg) ± SD
Mo	cel	0,997±0,028
	narezan	0,720±0,032
Pb	cel	0,315±0,025
	narezan	0,233±0,028
Zn	cel	103,480±4,24
	narezan	69,206±4,720
Co	cel	0,505±0,246
	narezan	0,983±0,274
As	cel	0,247±0,029
	narezan	0,281±0,032
Cd	cel	1,265±0,078
	narezan	0,740±0,087
Cr	cel	1,564±0,099
	narezan	1,811±0,111

Med vsebnostjo težkih kovin v celem ali narezanem krompirju, rdeči pesi in korenčku ni statistično značilnih razlik, opazen je trend nižje vsebnosti v narezanih vzorcih za Mo, Pb, Zn in Cd, za Co, As in Cr pa je opazen trend večjih vrednosti v narezanih vzorcih.

4.4 VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V SVEŽIH VZORCIH KROMPIRJA RDEČE PESE IN KORENJA

Spodnja meja detekcije za kovine v vzorcih vrtnin je bila 0,01 mg/kg s.s. Pri oddaji vzorcev v analizo smo pripravili seznam s pojasnilom, katera številka predstavlja določeno vrsto vrtnine (npr. 1 – krompir, 2 – rdeča pesa) in potencialno onesnaženost tal s težkimi kovinami, na katerih se je pridelovala vrtnina. Ker so bili analizni podatki o vsebnosti kovin v vrtnini podani na suho snov, smo naredili preračun na svežo snov na podlagi obratnega sorazmerja, kar prikazuje enačba 1.

$$C_{\text{vrtnina(mg/kg sv.s.)}} = \frac{Ci\left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\text{s.s.}\right) \cdot (100\% - C_{\text{voda}}\%) }{100\%} \quad \dots(1)$$

V zgornji enačbi pomenijo: C – koncentracija; sv.s. – sveža snov, s.s. – suha snov; C_i – koncentracija kovine v i -ti vrtnini; C_{voda} – koncentracija vode v vrtnini (%).

Preglednica 18: Vsebnost vode, podana v odstotkih (%) v vrtninah na podlagi podatkov iz literature

Vrtnina	Vsebnost vode (%)					
	Paul in Southgate (1978)	Haenel (1979)	Souci in sod. (1981)	Favier in sod. (1995)	National Nutrition (2012)	Povprečje
Zg. krompir	/	78,0	77,8	/	77,3	78
Korenje	89,9	90,0	89,7	89,2	88,3	89,4
Rdeča pesa	87,1	89,0	88,8	/	87,6	88,1

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

V pričujočem diplomskem delu smo primerjali, kako vpliva kuhanje v različnih medijih na vsebnost težkih kovin v krompirju, korenju in rdeči pesi. Vzorce smo kuhali v destilirani vodi, destilirani vodi z dodatkom NaHCO_3 in 3 % očetni kislini.

Priprava zelenjave in stročnic doma vključuje pranje, lupljenje in rezanje (Tiwari in Cummins, 2013), kar lahko vpliva na vsebnost težkih kovin.

Vsebnost elementov v vrtninah smo določili po kislinskem razklopu vzorca z zlatotopko, z induktivno sklopljeno plazmo z masno spektrometrijo (ICP-MS). Metoda je omogočala veliko občutljivost oziroma nizko mejo zaznavnosti. Spodnja meja detekcije za kadmij, baker in svinec je bila 0,1 mg/kg s.s., za mangan in cink pa 1 mg/kg s.s.

Na splošno sledi 20-minutnemu kuhanju znatno zmanjšanje vsebnosti večine mineralov, zlasti fosforja, kalcija, kalija in cinka. Na drugi strani pa kuhanje ni bistveno vplivalo na vsebnost magnezija, natrija in bakra (Lewu in sod, 2010).

Poleg tega ima evropska zakonodaja določene mejne vrednosti za Cd in Pb, kot je razvidno iz preglednice 19 (Uredba, 2006).

Preglednica 19: Mejne vrednosti za kadmij in svinec (mg/kg) v hrani (Uredba, 2006)

Vrsta zelenjave:	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
Korenje	0,1	0,1
Fižol	0,05	0,2
Por	0,1	0,1
Solata	0,2	0,3
Krompir	0,1	0,1
Redkev	0,1	0,1
Paradižnik	0,05	0,1

5.1.2 Vpliv kuhanja na vsebnost kovin v krompirju

V prilogi 1 so predstavljene vrednosti vpliva kuhanja na vsebnost težkih kovin v svežem vzorcu krompirju. Prikazane so kot povprečna vrednost in standardni odklon treh ponovitev. Vsebnost nekaterih težkih kovin v surovem krompirju je bila presežena. Vsebnost Mo je v surovem celem krompirju znašala 0,180 mg/kg sv.s., v narezanem krompirju pa 0,262 mg/kg sv.s. Kuhanje v različnih medijih je pri celem krompirju povzročilo povišanje vsebnosti Mo v vzorcih največ v vzorcu, ki se je kuhal v nevtralnem mediju. Vsebnost se je povečala na 0,301 mg/kg sv.s., medtem ko je pri narezanem krompirju vsebnost Mo najbolj padla v vzorcu, kuhanem v bazičnem mediju, in sicer na 0,163 mg/kg sv.s.. Vsebnost Pb je bila v vzorcih krompirja pod dovoljeno mejo (0,001). V surovem celem krompirju je znašala 0,012 mg/kg sv.s., v narezanem krompirju pa 0,002 mg/kg sv.s. Kuhanje celega krompirja v različnih medijih je povzročilo izpiranje Pb in s tem manjšo vsebnost v vzorcih. Mejna vrednost za Pb je 0,1 mg/kg (Uredba, 2006).

Pri narezanem krompirju pa se je v kislem mediju vsebnost Pb v vzorcu povečala na 0,008 mg/kg sv.s. Vsebnost Zn v celem surovem krompirju je znašala 5,874 mg/kg sv.s., v narezanem pa 5,346 mg/kg sv.s.

Kuhanje celega krompirja v različnih medijih je povzročilo rahlo zmanjšanje vsebnosti. Pri narezanem krompirju pa se je v vzorcu, kuhanem v bazičnem mediju, vsebnost Zn zmanjšala na 3,894 mg/kg sv.s.

V vzorcu celega krompirja je bilo 0,078 mg/kg sv.s. Co, v narezanem krompirju pa 0,092 mg/kg sv.s. Kuhanje krompirja v nevtralnem mediju je povzročilo povečanje vsebnosti Co na 0,132 mg/kg sv.s. V vzorcu, kuhanem v bazičnem mediju, pa se je vsebnost zmanjšala na 0,057 mg/kg sv.s. Pri narezanem krompirju je prišlo do močnega povečanja vsebnosti v vzorcu krompirja, kuhanem v kislem mediju. Koncentracija se je povečala na 0,682 mg/kg sv.s. Po pričakovanjih je vsebnost Co najbolj padla v vzorcu, kuhanem v bazičnem mediju. Koncentracija As v surovem celem krompirju je znašala 0,044 mg/kg sv.s., v narezanem pa 0,066 mg/kg sv.s. Kuhanje celega krompirja v bazičnem mediju je povzročilo zmanjšanje vsebnosti na 0,022 mg/kg sv.s., kuhanje v nevtralnem in kislem mediju pa je povzročilo povečanje vsebnosti na 0,088 mg/kg sv.s.

Pri narezanem krompirju, kuhanem v nevtralnem in bazičnem ni prišlo do spremembe koncentracije As. Povečala se je le v vzorcu, kuhanem v kislem mediju, in sicer na 0,088 mg/kg sv.s.

Kuhanje celega krompirja ni bistveno vplivalo na vsebnost Cd v vzorcih. V surovem krompirju je znašala 0,064 mg/kg sv.s. Dovoljena vrednost Cd v krompirju je 0,05 mg/kg (Uredba, 2006). Kuhanje v bazičnem in kislem mediju je vsebnost celo povečalo. Pri vzorcu narezanega krompirja je znašala vsebnost Cd v surovem vzorcu 0,056 mg/kg sv.s. Dovoljena meja za Cd v olupljenem krompirju je 0,1 mg/kg (Uredba, 2006). V primeru kuhanja v bazičnem mediju je vsebnost Cd padla na 0,050 mg/kg sv.s. Koncentracija Cr v surovem celem krompirju je znašala 0,330 mg/kg sv.s., v narezanem krompirju pa 0,396 mg/kg sv.s. Dovoljena mejna vrednost Cr v prehrani je 125 mg/kg (Uredba, 2006). Kuhanje celega krompirja v nevtralnem mediju je povzročilo povišanje vsebnosti na 0,418 mg/kg sv.s. Prav tako ni prišlo do znižanja vsebnosti v vzorcih, kuhanih v bazičnem in kislem mediju.

V vzorcih narezanega krompirja, kuhanega v kislem mediju, je prišlo do močnega povišanja vsebnosti Cr, ki je znašala 0,616 mg/kg sv.s. V vzorcu, kuhanem v bazičnem mediju, pa se je vsebnost Cr malenkost zmanjšala, in sicer na 0,374 mg/kg sv.s.

8.1.3 Vpliv kuhanja na vsebnost kovin v rdeči pesi

V prilogi 2 so predstavljeni vplivi kuhanja na vsebnost težkih kovin v svežih vzorcih rdeče pese. Prikazane so kot povprečna vrednost in standardni odklon treh ponovitev. Pri rdeči pesi je bila vsebnost težkih kovin v surovem vzorcu v vseh primerih višja, kot je uradno dovoljeno. Vsebnosti kovin, podane v mg/kg, ki se nahajajo v liofiliziranih vzorcih rdeče pese, ki je rasla na območju Čila, so: As ($0,62 \pm 0,05$), Cd ($0,09 \pm 0,01$), Pb ($0,36 \pm 0,01$), Cu ($6,7 \pm 0,9$) in Mn ($8,4 \pm 0,2$) (Pizarro in sod., 2016). Cr je bil pod mejo detekcije. Vsebnosti istih kovin, podanih v mg/kg, ki so jih določili v liofilizirani rdeči pesi, ki je rasla na območju Španije, so bile naslednje: As ($0,020 \pm 0,003$), Cd ($0,05 \pm 0,001$), Pb $< (0,006)$, Cu ($3,8 \pm 0,2$), Mn ($3,8 \pm 0,2$) (Pizarro in sod., 2016). V našem poskusu je kuhanje rdeče pese na vsebnost Mo vplivalo tako, da se je v vseh medijih povišala vrednost v primerjavi s surovo peso.

Rahlo znižanje vsebnosti se je pojavilo edino v pesi, ki je bila predhodno kuhana v bazičnem mediju in vložena v 3-% raztopino očetne kisline. Vsebnost Pb je bila v surovi pesi 0,031 mg/kg sv.s.

Vsebnost cinka v surovi rdeči pesi je bila 19,80 mg/kg sv.s. Zmanjšanje vsebnosti je povzročilo samo kuhanje v bazičnem mediju na 16,78 mg/kg sv.s. Po vlaganju pa je vsebnost padla na 15,85 mg/kg sv.s. Kuhanje v bazičnem mediju je na vsebnost Co vplivalo tako, da se je zmanjšala s 0,039 mg/kg sv.s. na 0,028 mg/kg sv.s. Po vlaganju v 3 % raztopini očetne kisline pa je ponovno rahlo narasla na 0,034 mg/kg sv.s. Vsebnost As v surovem vzorcu je bila 0,027 mg/kg sv.s. Kuhanje v nevtralnem in bazičnem mediju je povzročilo povečanje vsebnosti. V nevtralnem je bila 0,032 mg/kg sv.s., v kislem mediju pa 0,036 mg/kg sv.s, medtem ko je kuhanje v bazičnem mediju ponovno povzročilo padec vsebnosti na 0,012 mg/kg sv.s. Po vlaganju rdeče pese, ki je bila pred tem kuhana v vseh treh medijih, je prišlo do izenačenja vsebnosti As, to je 0,012 mg/kg sv.s.

Vsebnost Cd je bila v surovi rdeči pesi 0,142 mg/kg sv.s. Po pravilniku o onesnaževalcih v živilih je zgornja meja vsebnosti Cd 0,1 mg/kg (Uredba, 2006). Kuhanje v vseh treh medijih je povzročilo povečanje vsebnosti Cd.

Najbolj pri kuhanju v nevtralnem mediju, kjer je bila dosežena vrednost 0,250 mg/kg sv.s. Do znižanja vsebnosti je prišlo le v rdeči pesi, ki je bila predhodno kuhana v bazičnem mediju in nato vložena v 3 % raztopino očetne kisline (0,124 mg/kg sv.s.). Kuhanje v kislem mediju je zmanjšalo začetno vsebnost Cr s 0,178 mg/kg sv.s. na 0,131 mg/kg sv.s. Mejna vrednost Cr v prehrani je 0,125 mg/kg (Uredba, 2006). Vlaganje v 3-% očetni kislini tudi ni bistveno zmanjšalo vsebnosti Cr.

Rdeča pesa, ki je bila kuhana v nevtralnem in bazičnem mediju, je po vlaganju vsebovala 0,155 mg/kg sv.s., medtem ko je rdeča pesa, kuhana v kislem mediju, po vlaganju vsebovala 0,134 mg/kg sv.s.

8.1.4 Vpliv kuhanja na vsebnost kovin v korenju

V prilogi 3 so predstavljene vrednosti vpliva kuhanja na vsebnost težkih kovin v korenju. Prikazane so kot povprečna vrednost in standardni odklon treh ponovitev. Tako kot v ostalih dveh vrtninah je bila tudi vsebnost kovin v surovem korenju presežena. Vsebnosti kovin, podane v mg/kg, v liofiliziranih vzorcih korenja, ki je rasel na območju Čila, so: As ($0,52 \pm 0,04$), Cd ($0,05 \pm 0,01$), Pb ($0,12 \pm 0,02$), Cu ($7,8 \pm 0,9$) in Mn ($4,8 \pm 0,5$) (Pizarro in sod., 2016), Cr je bil pod mejo detekcije.

Vsebnost istih kovin v liofiliziranem korenju podane na mg/kg, ki je bilo pridelano na območju Španije, je bila: As ($0,02 \pm 0,01$), Cd ($0,07 \pm 0,01$), Pb ($0,09 \pm 0,01$), Cu ($8,8 \pm 0,6$), Mn ($2,3 \pm 0,2$) (Pizarro in sod., 2016). Kuhanje celega korenja je na vsebnost Mo najbolj vplivalo v kislem mediju, saj je vsebnost z $0,122$ mg/kg sv.s. padla na $0,079$ mg/kg sv.s. Pri narezanem korenju pa se je najbolj znižala vsebnost Mo pri vzorcu, kuhanem v bazičnem mediju, in sicer na $0,051$ mg/kg sv.s. Pri Pb se je vsebnost s kuhanjem v različnih medijih povečala najbolj pri kuhanju celega korenja v bazičnem mediju in narezanega korenja v kislem mediju.. Dovoljena meja za Pb je $0,1$ mg/kg (Uredba, 2006). V surovem korenju je bila izmerjena vsebnost Pb $0,027$ mg/kg sv.s., Vsebnost se je po kuhanju v bazičnem mediju je bila vsebnost $0,058$ mg/kg sv.s., po kuhanju narezanega korenja v kislem mediju pa je bila vsebnost Pb $0,052$ mg/kg sv.s. Vsebnost Zn v surovem korenju je bila $4,92$ mg/kg sv.s., kuhanje celega korenja v bazičnem mediju je prineslo rahlo zmanjšanje vsebnosti, in sicer na $4,62$ mg/kg sv.s. V ostalih dveh medijih pa se je vsebnost povečala.

Pri narezanem korenju je prišlo do zmanjšanja vsebnosti Zn v vzorcu, ki je bil kuhan v bazičnem mediju, vsebnost je padla na $3,70$ mg/kg sv.s. V surovem vzorcu korenja smo izmerili vsebnost Co $0,154$ mg/kg sv.s., kuhanje v vseh treh medijih je znižalo vsebnost. Pri celem korenju se je vsebnost najbolj zmanjšala v vzorcu, ki je bil kuhan v nevtralnem mediju, in sicer na $0,067$ mg/kg sv.s. Pri narezanem korenju pa je vsebnost Co najbolj padla pri vzorcu, kuhanem v bazičnem mediju. Vsebnost As v surovem korenju je znašala $0,026$ mg/kg sv.s. S kuhanjem celega in narezanega korenja v kislem mediju se je vsebnost povečala – pri celem korenju na $0,053$ mg/kg sv.s, pri narezanem pa na $0,037$ mg/kg sv.s. vsebnost As se je zmanjšala samo v vzorcu celega korenja, ki je bil kuhan v nevtralnem mediju. Koncentracija Cd je v surovem vzorcu znašala $0,159$ mg/kg sv.s. Kuhanje celega korenja ni pripomoglo k

bistvenemu znižanju vsebnosti Cd. Vsebnost Cd se je malenkost znižala samo v vzorcu, kuhanem v kislem mediju. V nasprotju s celim korenjem se je pri narezanem vsebnost Cd v vseh treh medijih znižala – najbolj v vzorcu, kuhanem v bazičnem mediju na 0,091 mg/kg sv.s. Vsebnost Cr je bila v surovem korenju 0,188 mg/kg sv.s. Mejna vrednost kroma v dnevni prehrani je 125 µg/g (Uredba, 2006). Kuhanje celega korenja v kislem mediju je pripomoglo k zmanjšanju vsebnosti Cr na 0,151 mg/kg sv.s. Pri kuhanju narezanega korenja se je vsebnost Cr najbolj zmanjšala v bazičnem mediju, in sicer na 0,145 mg/kg sv.s.

Statistična obdelava v glavnem ne kaže, da bi bile med vzorci kuhanimi v različnih medijih značilne razlike v vsebnosti obravnavanih elementov. Razlog je visoka standardna deviacija, ki je posledica velike biološke variabilnosti med vzorci. Vpliv medija (NaHCO_3 , ocetna kislina) na kuhanje je znaten. Kuhanje v bazičnem mediju močno vpliva na zmanjšanje trdote oziroma teksture in posledično tudi sproščanja prisotnih težkih kovin. Toplotna obdelava v kislem mediju pa nasprotno od bazičnega medija ne vpliva na zmanjšanje trdote oziroma teksture med kuhanjem, posledično pride do manjšega izpiranja prisotnih težkih kovin. Pri kuhanju rdeče pese v kislem mediju je prišlo do povišanja vsebnosti Zn. Prav tako je kuhanje rdeče pese v vseh treh medijih povečalo vsebnost Cd.

Preglednica 20: Vsebnost As in Cd v izbranih surovih in kuhanih vzorcih riža (povprečje $\pm$ standardne deviacije, mg/kg) za tri različne tipe riža (riž A, B in C) (Zhuang in sod., 2016)

Tip riža	Vir riža	N	Cd (mg/kg)			As (mg/kg)		
			Surov	Kuhan	Razmerje (%)	Surov	Kuhan	Razmerje (%)
Riž A	Trgovina	12	0,117 $\pm$ 0,031	0,105 $\pm$ 0,023	89,5	0,142 $\pm$ 0,014	0,114 $\pm$ 0,019	94,4
Riž B	Rudarsko območje	10	0,499 $\pm$ 0,17	0,453 $\pm$ 0,15	90,8	0,171 $\pm$ 0,040	0,165 $\pm$ 0,037	96,5
Riž C	Laboratorijsko polje	10	2,792 $\pm$ 1,47	2,689 $\pm$ 1,62	96	0,258 $\pm$ 0,077	0,248 $\pm$ 0,089	96,2

Kot poročajo Zhuang in sod. (2016), se je vsebnost Cd pri kuhanju riža v destilirani vodi znižala za 5 do 10 %, As pa za 5 %. Nasprotno pa toplotna obdelava zmanjša bio dostopnost Cd in As v rižu. Kot poročajo Garcia-Sartal in sod. (2012), je kuhanje morske trave v destilirani vodi vplivalo na ohranitev Cr v območju od 45 do 70 %, Fe od 50 do 90 %, Co od

63 do 95 %, Ni od 25 do 113 %, Cu od 18 do 83 %, Zn od 64 do 114 %, As od 21 do 51 % in Se od 32 do 82 %.

5.2 SKLEPI

Na osnovi opravljenih analiz vsebnosti težkih kovin v vzorcih krompirja, rdeče pese in korenja, smo oblikovali naslednje sklepe:

- V vseh vzorcih vrtnin je bila presežena vsebnost Cd in Pb.
- Vsebnost težkih kovin se je največ zmanjšala pri vzorcih kuhanih v bazičnem mediju.
- Manjše vrednosti Mo, Pb, Zn in Cd so se pojavile pri narezanih vzorcih.
- Pri vrednostih Co, As in Cr pa se pojavi trend povečanja vrednosti pri narezanih vzorcih.

6 POVZETEK

V diplomskem delu smo preučevali vpliv kuhanja v različnih medijih na vsebnost težkih kovin v vrtninah, ki so rasle na onesnaženem območju. Poleg vzorcev vrtnin smo analizirali tudi vzorce zemlje. Zemlja vsebuje v povprečju 0,7 mg/kg s.s Mo, 75,6 mg/kg s.s Pb, 308 mg/kg s.s Zn, 10,2 mg/kg s.s Co, 9,2 mg/kg s.s As, 2,5 mg/kg s.s Cd in 25,3 mg/kg s.s Cr. Vzorce krompirja, rdeče pese in korenja smo kuhali v destilirani vodi, destilirani vodi z dodatkom NaHCO₃ in destilirani vodi z dodatkom 3 % očetne kisline. Kuhali smo cele plodove in razrezane na manjše koščke. Vsebnost elementov v vzorcih tal in vrtnin je bila določena po kislinskem razklopu vzorca z zlatotopko, masno spektrometrijo in induktivno sklopljeno plazmo (ICP-MS). Vsebnost težkih kovin je bila določena v Kanadskem laboratoriju Acme Analytical Laboratories Ltd.

Spodnja meja detekcije za kadmij, baker in svinec je bila 0,1 mg/kg s.s. ter za mangan in cink 1 mg/kg s.s.

Kuhanje krompirja, rdeče pese in korenčka ni vplivalo na spremembe pH, razen v primeru kuhanja v kislem (očetna kislina) kjer se je zaradi izhlapevanja očetne kisline pH po kuhanju povečal. Največje zmanjšanje vsebnosti težkih kovin je bilo v vzorcih kuhanih v bazičnem mediju. Vsebnost Cd in Pb je v vseh vzorcih vrtnin presegla uradno dovoljeno vrednost. Kuhanje v bazičnem mediju je povzročilo zmanjšanje Pb, Zn, Co, As, Cd in Cr.

Rezanje krompirja, rdeče pese in korenčka pred toplotno obdelavo ni vplivalo na zmanjšanje vsebnosti težkih kovin v narezanem proizvodu, opazen je trend manjše vsebnosti v narezanih vzorcih za Mo, Pb, Zn in Cd. Za Co, As in Cr pa je opazen trend večjih vrednosti v narezanih vzorcih.

7 VIRI

- Adriano D.C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. New York, Springer: 517 str.
- Alloway B.J. 2012. Heavy metals in soils. 3rded. Netherlands, Springer. 614
- Apostoli P. 2002. Elements in environmental and occupational medicine. *Journal of Chromatography*, 778: 63–97
- ATSDR. 2007. Arsenic. Atlanta, Department of Health and Human Services, U.S. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry: 1 str.
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.pdf> (maj 2015)
- ATSDR. 2001 Chromium. Atlanta, Department of Health and Human Services, U.S. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry: 1 str.
<http://www.atsdr.cdc.gov/csem/chromium/docs/chromium.pdf> (februar 2013)
- Atomic Spectroscopy. 2015. A Guide to selecting the appropriate technique and system. Waltham, PerkinElmer: 5 str.
http://www.perkinelmer.com/Content/Manuals/GDE_InorganicAnalysis.pdf (maj 2015)
- Beyersmann D. 2002. Effects of carcinogenic metals on gene expression. *Toxicology Letters*, 127: 63–68
- Cao H., Chen J., Zhan J., Zhan H., Qiao L., Men Y. .2010 Heavy metals in rice and garden vegetables and their potential health risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China. *Journal of Environmental Sciences*, 22, 11: 1792-1799
- Chaney R.L., Sterrett S.B., Mielke H.W. 1984. The potential for heavy metal exposure from urban gardens and soils V: Heavy metals in urban gardens. Preer J.R. (ed.). Washington, University of the District of Columbia: 37–84
- Contaminants in soil. 2002 Collation of toxicological data and intake values for humans. 2002. Bristol, Environment Agency: 39 str.
http://www.iehconsulting.co.uk/IEH_Consulting/IEHCPubs/HumExpRiskAssess/CLR9.pdf (marec 2013)
- Fabbri A.D.T., Crosby G.A. 2015. A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 3: 2–11
- Filip S., Fink R. 2010. Težke kovine na naših krožnikih. *Naša lekarna*, 5, 45: 80–84
- Garcia-Sartal C., Barciela-Alonso M., Antonio Moreda-Piñeiro A., Moreda A., Bermejo-Barrera P., 2013. Study of cooking on the bioavailability of As, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Se in Zn from edible seaweed. *Microchemical Journal*, 108: 92-99

- Genero S., Domingo J.L. 2002. Levels of metals in soils of Alcala de Henares, Spain: human health risk. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 3: 1547–1560.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3902199/> (maj 2015)
- Hadley P., Fordham R. 2003. Vegetables of temperate climates: Encyclopedia of food science and nutrition Vol. 9 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 5941–5945
- Järup L., Berglund M., Elinder C.G., Nordberg G., Vahter M. 2004. Low level cadmium exposure, renal and bone effects - the OSCAR study. *Biometals*, 17: 505 – 509
- Joner E.J., Leyval C. 2001. Time course of heavy metal uptake in maize and clover as affected by root density and different mycorrhizal inoculation regimes. *Biology and Fertility of Soils*, 33: 351–357
- Kabata Pendias A. 2011. Trace elements in soil and plants. 4th ed. Florida, CRC Press: 315 str.
- Kiekens L. 1990. Zinc. V: Heavy metals in soils. Alloway B.J. (ed.). New York, John Wiley & Sons: 261–279
- Kocjan Ačko D., Goljat A. 2005. Krompir. Ljubljana, Kmečki glas: 175 str.
- Krompir Marabel – sorta krompirja. 2015. Ljubljana, Vrtni center Kalia: 2 str.
http://www.kalia.si/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage_kalia.tpl&product_id=18785&category_id=4656&vmcchk=1&option=com_virtuemart&Itemid=223
(marec, 2015)
- Kus M. 1987. Krompir. 2. dopolnjena izd. Ljubljana, Kmečki glas: 206 str.
- Kus M. 1994. Krompir. Ljubljana, Kmečki glas: 225 str.
- Leštan D. 2002. Študijsko gradivo za dodiplomski študij ekopedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 268 str.
- Lewu M.N., Adebola P.O., Afolayana A.J. 2010. Effect of cooking on the mineral contents and anti-nutritional factors in seven accession of *Colocasia esculenta* (L.) Schott growing in South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 389–393
- Lobnik F., Zupan M., Hudnik V., Vidic N.J. 1994. Soil and plant pollution case study in industrial areas of Slovenia, biogeochemistry of trace elements. *Environmental Geochemistry and Health*, 16: 287–300
- Luo C., Liu C., Wang Y., Liu X., Li F., Zhang G., Li X., 2011. Heavy metal contamination in soils and vegetables near an e-waste processing site, South China. *Journal of Hazardous Materials*, 186, 1: 481–490
- Obreza A. 2008. Molibden kot pomemben element v sledovih. *Farmacevtski vestnik*, 59, 1: 16–20

- Pravilnik o onesnaževalcih v živilih. 2003. Uradni list Republike Slovenije, 13, 69: 10723 - 10728
- Pulido M.D., Parrish A. R. 2003. Metal-induced apoptosis: mechanisms. *Mutation research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 533: 227–241
- Prozialeck W.C. 2000. Evidence that E-cadherin may be a target for cadmium toxicity in epithelial cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 164, 3: 231–249
- Pizarro I., Gomez M., Leon J., Roman D. 2016. Palacios M.A Bioaccessibility and arsenic speciation in carrots, beets and quinoa from contaminated area of Chile. *Science of the Total Environment*, 533: 557–563
- Rattan R.K., Datta S.P., Chhonkar P.K., Suribabu K., Singh A.K. 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater a case study. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 109: 310–322
- Reagan P.L., Silbergeld E.K. 1990. Establishing a health based standard for lead in residential soils. *Environmental Geochemistry and Health*, 12: 198–230.
- Ross S. 1996. Toxic metals in soil-plant systems. Chichester, John Wiley and Sons: 469 str.
- Sanità di Toppi L., Gabbriellini R., 1999. Response to cadmium in higher plants: review article. *Environmental and Experimental Botany*, 41: 105–130
- Semenarna Ljubljana. 2013. Semena za zelenjavni vrt (sorte korenja): katalog. Ljubljana, Semenarna Ljubljana: 1 str.
<http://www.semenarna.si/korenovke/category/korencek?page=1> (marec 2013)
- Shaikh Z.A., Vu TT., Zaman K. 1999. Oxidative stress as a mechanism of chronic cadmium-induced hepatotoxicity and renal toxicity and protection by antioxidants. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 154, 3: 256–263
- Souci S.W., Fachmann W., Kraut H. 2000. Food composition and nutrition tables. 6th ed. Stuttgart, Medpharm Scientific Publishers: 1182 str.
- Schulze E.D., Beck E., Müller Hohenstein K. 2005. Plant ecology. Berlin, Springer: 702 str.
- Tematska karta onesnaženosti zemljišč Celjske občine. 1989. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za Agronomijo, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo: 159 str.
- Tiwari U., Cummins E. 2013. Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations. *Food Research International*, 50, 2: 497–506
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih emisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. 1996 Uradni list Republike Slovenije, 6, 68: 5770-5774
- Uredba komisije št. 1881/2006 z dne 19. decembra 2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. Uradni list Evropske unije, 18, L 364/5.
http://www.mz.gov.si/si/zakonodaja_in_dokumenti/veljavni_predpisi/varnost_in_zdravstvena_ustreznost_hrane/onesnazevala_v_zivilih_kontaminanti_v_zivilih/onesnazevala_v_zivilih/ (maj 2016)

Water treatment & air purification. 2008 Periodic chart of elements. Delft, Lenntech: 1 str.
<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm> (maj 2013)

Wilson B., Pyatt F.B. 2007. Heavy metal dispersion, persistence, and bioaccumulation around an ancient copper mine situated in Anglesey, UK. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 2: 224 - 231

Webb M. 1979. The chemistry, biochemistry and biology of cadmium. Amsterdam, Elsevier/North Holland Biomedical Press: 465 str.

Zupan M., Grčman H., Lobnik F. 2008. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 68 str.
http://agromet.mko.gov.si/Publikacije/raziskave_onesnazenosti_tal.pdf (maj 2015)

Zupan M., Hudnik V., Lobnik F., Grčman H. 1997. Akumulacija kadmija, svinca in cinka v nekaterih kmetijskih rastlinah. V: 1. Slovenski kongres o hrani in prehrani z medijsko udeležbo, Bled, 21.- 25. april 1996. Raspor P., Pitako D., Hočevar I.(ur.) Ljubljana, Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev Slovenije: 313 - 321

Zhuang P., Zhang C., Li Y., Bi Z., Hui M., Kejun W., Jingtao W., Zhan L. 2016. Assessment of influence of cooking on cadmium and arsenic bioaccessibility in rice, using an *in vitro* physiologically-based extraction test. *Food Chemistry*, 213: 206-214

ZAHVALA

To diplomsko delo posvečam Moni Dobaj. Počivaj v miru.

Mentorju prof. Rajku Vidrihu se zahvaljujem za strokovno pomoč in svetovanje pri zasnovi študije in skupaj z prof. Mojco Korošec za končni pregled naloge.

Somentorici prof. Mojci Korošec za vso pomoč in usmerjanje pri izvedbi diplomskega dela. Hvala za skrben in hiter pregled diplomskega dela. Hvala za vso potrpežljivost in podporo.

Recenzentu prof. Domnu Leštanu se zahvaljujem za hitro recenzijo diplomskega dela.

Zahvala gre tudi Petri Karo Bešter. Lepo je bilo sodelovati s tabo.

Zahvala vsem, ki so verjeli vame in me podpirali v času študija. Anita Fajić s tabo in tvojo pomočjo sem dosegla ta cilj.

Iskrena hvala Mariji Pintar. Na Vas smo se študentje vedno lahko zanesli.

Barbari Slemenik, univ. dipl. bibl hvala za potrpljenje in pregled naloge.

Na koncu pa še prav posebna zahvala staršem Danici in Jožetu, ki sta končno dočakala ta dan.

Tomaž, hvala.

Sabina

PRILOGE:

PRILOGA A: Vsebnost (mg/kg sv.s) kovin v krompirju, podana na svežo snov

Vzorec:	Mo	Pb	Zn	Co	As	Cd	Cr
	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)
surov, cel	0,180±0,05	0,012±0,01	5,874±1,88	0,078±0,05	0,044±0,06	0,064±0,01	0,330±0,10
kuhan v dest. Vodi	0,301±0,26	0,002±0	5,566±1,53	0,132±0,28	0,088±0,14	0,064±0,07	0,418±0,06
kuhan v vodi + NaHO ₃	0,292±0,03	0,002±0	5,456±2,63	0,057±0,12	0,022±0,06	0,066±0,04	0,396±0,15
kuhan v vodi +3% CH ₃ COOH	0,262±0,37	0,004±0	5,456±3,05	0,062±0,04	0,088±0,21	0,070±0,10	0,352±0,06
narezan, surov	0,262±0,05	0,002±0	5,346±1,33	0,092±0,03	0,066±0,07	0,056±0,02	0,396±0,17
kuhan v dest. Vodi	0,185±0,05	0,002±0	4,378±1,40	0,154±0,32	0,066±0,10	0,055±0,04	0,462±0,26
kuhan v vodi + NaHO ₃	0,163±0,04	0,002±0,01	3,894±0,46	0,055±0,13	0,066±0,12	0,050±0,01	0,374±0,12
kuhan v vodi + 3 % CH ₃ COOH	0,207±0,04	0,008±0,01	4,268±0,53	0,682±0,3,69	0,088±0,28	0,055±0	0,616±1,59

PRILOGA B: Vsebnost (mg/kg) kovin v rdeči pesi, podana za svežo snov

Vzorec	Mo	Pb	Zn	Co	As	Cd	Cr
	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)
Surova	0,057±0,01	0,031±0,04	19,80±0,46	0,039±0,12	0,027±0,06	0,142±0,03	0,178±0,10
kuhana v vodi	0,113±0,19	0,067±0,26	30,7±050,06	0,032±0,10	0,032±0,12	0,250±0,61	0,190±0,06
kuhana v vodi + NaHO ₃)	0,089±0,05	0,029±0,08	16,7815,29	0,028±0,11	0,012±0	0,150±0,14	0,167±0
kuhana v vodi + % CH ₃ COOH)	0,137±0,35	0,065±0,07	28,74±75,56	0,039±0,31	0,036±0	0,224±0,42	0,131±0,21
vložena v 3 % CH ₃ COOH (kuhana v vodi)	0,084±0,04	0,055±0,07	32,97±17,37	0,074±0,12	0,012±0,07	0,202±0,010	0,155±0
vložena v 3 % CH ₃ COOH (kuhana v vodi + NaHO ₃)	0,049±0,06	0,026±0,01	15,85±2,94	0,034±0,03	0,012±0	0,124±0,05	0,155±0,1
vložena v 3 % CH ₃ COOH (kuhana v vodi + 3% CH ₃ COOH	0,076±0,04	0,063±0,16	26,76±3,57	0,053±0,08	0,012±0	0,208±0,71	0,134±0,06

PRILOGA C: Vsebnost (mg/kg) kovin v korenju, podana za svežo snov

Vzorec:	Mo	Pb	Zn	Co	As	Cd	Cr
	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)	(mg/kg sv.s)
celo surovo korenje	0,112±0,15	0,027±0,04	4,92±3,49	0,154±0,66	0,026±0,07	0,159±0,18	0,188±0,29
celo korenje, kuhano v vodi	0,093±0,18	0,048±0,14	5,94±7,07	0,067±0,09	0,024±0,15	0,194±0,78	0,162±0,12
celo korenje, kuhano v vodi+ NaHO ₃	0,082±0,10	0,058±0,04	5,81±1,27	0,121±0,05	0,029±0,12	0,200±0,13	0,169±0,26
celo korenje, kuhano v vodi + 3% CH ₃ COOH	0,079±0,13	0,048±0,09	4,62±2,53	0,087±0,14	0,053±0	0,157±0,49	0,151±0,06
celo korenje, narezano in kuhano v vodi	0,064±0,03	0,049±0,03	5,15±1,06	0,120±0,77	0,029±0,06	0,104±0,04	0,183±0,25
celo korenje, narezano in kuhano v vodi + NaHO ₃	0,051±0,05	0,036±0,03	3,79±1,10	0,035±0,06	0,029±0,12	0,091±0,09	0,145±0,15
narezano in kuhano korenje v vodi + 3% CH ₃ COOH	0,082±0,32	0,052±0,09	4,84±8,14	0,061±0,36	0,037±0,21	0,119±0,10	0,194±0,42