

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Barbara JANHAR

**SEZONSKO SPREMLJANJE NEKATERIH
BIOAKTIVNIH SNOVI V IZBRANIH UŽITNIH
SAMONIKLIH RASTLINAH**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Barbara JANHAR

**SEZONSKO SPREMLJANJE NEKATERIH BIOAKTIVNIH SNOVI V
IZBRANIH UŽITNIH SAMONIKLIH RASTLINAH**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**SEASONAL ASSESMENT OF SOME BIOACTIVE COMPOUNDS IN
SELECTED EDIBLE WILD PLANTS**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo v laboratoriju Katedre za aplikativno botaniko in fiziologijo rastlin Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Rastlinske vzorce analiziranih samoniklih rastlin smo nabrali med Pivko jamo in Mačkovcem pri Postojni.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Franca Batiča, za somentorico pa asist. dr. Heleno Šircelj.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: akad. prof. dr. Ivan KREFT
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Franc BATIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: asist. dr. Helena Šircelj
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dominik VODNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Barbara Janhar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn
DK UDK 57.047: 582: 547.9 (043.2)
KG užitne samonikle rastline/bioaktivne snovi/sezonsko spremljanje/listi/kemijska zgradba/klorofil/karotenoidi/karoten/lutein/zeaksantin/neoksantin/tokoferol
KK AGRIS S01
AV JANHAR, Barbara
SA BATIČ, Franc (mentor) / ŠIRCELJ, Helena (somentorica)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI 2007
IN SEZONSKO SPREMLJANJE NEKATERIH BIOAKTIVNIH SNOVI V IZBRANIH UŽITNIH SAMONIKLIH RASTLINAH
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP IX, 45 str., 9 pregl., 6 sl., 81 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI V diplomskem delu smo ugotavljali vsebnosti prehransko pomembnih faktorjev v listih izbranih samoniklih rastlin, ki smo jih spremljali tekom običajne sezone nabiranja. Analizirali smo 10 izbranih samoniklih rastlin, ki so v prehrani uporabne zgodaj spomladi: čemaž (*Allium ursinum* L.), smrdljivi regrat (*Aposeris foetida* (L.) Less.), veliko koprivo (*Urtica dioica* L.), navadno zajčjo deteljico (*Oxalis acetosella* L.), navadni gozdni koren (*Angelica sylvestris* L.), navadno regačico (*Aegopodium podagraria* L.), gozdni repinec (*Arctium nemorosum* Lej.), navadni pljučnik (*Pulmonaria officinalis* L.), lisasto mrtvo koprivo (*Lamium maculatum* L.), navadno bukev (*Fagus sylvatica* L.). Rastline smo vzorčili spomladi, v času običajne sezone nabiranja, v bukovih gozdovih v okolici Postojne. Ker je eden najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na vsebnost izbranih prehranskih komponent, starost vzorčenih listov, smo rastlinski material vzorčili enkrat tedensko, in sicer v obdobju dveh mesecev. Vsebnosti klorofila a in b, α - in β -karotena, luteina, neoksantina, violaksantina, anteraksantina, zeaksantina in tokoferolov smo v listih samoniklih rastlin določali s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti po metodah, ki so jih razvili Pfeifhofer (1989) in Wildi in Lütz (1996). Rezultati so pokazali, da so izbrane rastline odlični vir pomembnih vitaminov in antioksidantov. Analizirane samonikle rastline so v primerjavi s solato, kupljeno v trgovini, vsebovale najmanj 20-krat večje koncentracije bioaktivnih snovi v enaki masi vzorca. Ugotovili smo tudi, da analizirane samonikle rastline vsebujejo različne količine bioaktivnih snovi in da se vsebnost le-teh tekom sezone nabiranja spreminja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn
DC UDC 57.047: 582:547.9 (043.2)
CX edible wild plants/bioactive compounds/seasonal assesment/chemical composition/chlorophyll/carotene/carotenoids/lutein/zeaxantin/neoxantin/tocopherol
CC AGRIS S01
AU JANHAR, Barbara
AA BATIČ, Franc (supervisor) / ŠIRCELJ, Helena (co-supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2007
PI SEASONAL ASSESMENT OF SOME BIOACTIVE COMPOUNDS IN SELECTED EDIBLE WILD PLANTS
DT Graduation Thesis (University studies)
NO IX, 45 p., 9 tab., 6 fig., 81 ref.
LA sl
AL sl/en
AB In this work the contents of important nutritional factors in the leaves of selected plants during the harvesting period were assessed. We analysed 10 selected wild plants wich are used as an early spring wild food: *Allium ursinum* L., *Aposeris foetida* (L.) Less., *Urtica dioica* L., *Oxalis acetosella* L., *Angelica sylvestris* L., *Aegopodium podagraria* L., *Arctium nemorosum* Lej., *Pulmonaria officinalis* L., *Lamium maculatum* L. and *Fagus sylvatica* L. Plants were sampled in beech forests near Postojna in spring during usual harvesting period. Because one of the most important factors influencing the contents of selected nutritional factors in plant leaves is the degree of maturity at harvest, plant material was collected weekly for two months. Foliar contents of chlorophyll a and b, α - and β -carotene, lutein, neoxantin, violaxantin, anteraxantin, zeaxantin and tocopherols, were detected with high performance liquid chromatography, using methods developed by Pfeifhofer (1989) and Wildi in Lütz (1996). Our study showed that analyzed plants are an excellent source of important vitamins and antioxidants. Compared to analyzed wild plants at least 20-times larger portion of supermarket lettuce is needed for the same intake of the nutrients analysed in the present study. Our study also showed that the contents of measured bioactive substances differ between analysed wild plants and during the harvesting period.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Okrajšave in simboli	IX
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA RAZISKAVO	1
1.2 CILJ RAZISKAVE	2
1.3 DELOVNA HIPOTEZA	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 BIOAKTIVNE SNOVI	3
2.1.1 Vloga in pomen prostih radikalov v metabolizmu človeka	3
2.1.2 Pomen antioksidantov	3
2.1.3 Razvrstitev antioksidantov	4
2.1.4. Fotosintezni pigmenti	4
2.1.4.1 Klorofili	5
2.1.4.2 Karotenoidi	6
2.1.5 Tokoferoli	9
2.2 SAMONIKLE RASTLINE V PREHRANI	11
2.2.1 Uporaba užitnih samoniklih rastlin	12
2.3 BOTANIČNI OPISI IN ZNAČILNOSTI IZBRANIH UŽITNIH SAMONIKLIH RASTLIN	14
2.3.1 Navadna regačica (<i>Aegopodium podagraria</i>)	14
2.3.2 Čemaž (<i>Allium ursinum</i>)	14
2.3.3 Navadni gozdni koren (<i>Angelica sylvestris</i>)	14
2.3.4 Smrdljivi regrat (<i>Aposeris foetida</i>)	14
2.3.5 Gozdni repinec (<i>Arctium nemorosum</i>)	15
2.3.6 Bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	15
2.3.7 Lisasta mrtva kopriva (<i>Lamium maculatum</i>)	15
2.3.8 Navadna zajčja deteljica (<i>Oxalis acetosella</i>)	16
2.3.9 Navadni pljučnik (<i>Pulmonaria officinalis</i>)	16
2.3.10 Velika kopriva (<i>Urtica dioica</i>)	16
3 MATERIAL IN METODE DELA	17
3.1 MATERIAL	17
3.1.1 Samonikle rastline	17
3.1.2 Kemikalije za analizo fotosinteznih pigmentov in tokoferola	17
3.1.3 Raziskovalna oprema	17
3.2 METODE DELA	18
3.2.1 Vzorčenje	18
3.2.1.1 Lokacija	18
3.2.1.2 Vzorčenje in priprava vzorcev za biokemijske analize	18
3.2.2 Kemijske analize	18

3.2.2.1	HPLC metoda	18
3.2.2.2	Analiza fotosinteznih pigmentov	19
3.2.2.3	Analiza tokoferola	20
3.2.3	Obdelava podatkov	21
4	REZULTATI	22
4.1	FOTOSINTEZNI PIGMENTI	22
4.1.1	Klorofili	22
4.1.2	Karoteni	23
4.1.3	Ksantofili	25
4.1.3.1	Pigmenti ksantofilnega cikla	25
4.1.3.2	Neoksantin	27
4.1.3.3	Lutein	28
4.2	TOKOFEROL	30
4.2.1	α-tokoferol	30
4.2.2	γ-tokoferol in δ-tokoferol	31
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	32
6	POVZETEK	37
7	VIRI	39
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Vsebnosti klorofila a in b ($\mu\text{g/g}$ suhega rastlinskega materiala) v izbranih zelenjadnicah	6
Preglednica 2: Srednje vrednosti karotenoidov v listih nekaterih samoniklih rastlin (v $\text{mg}/100$ g sveže mase) (Guil in sod., 1997)	9
Preglednica 3: V Sloveniji samonikle užitne rastline, ki se uporabljajo za hrano pri nas in/ali po svetu	13
Preglednica 4: Povprečna vsebnost klorofila \pm SD v $\text{mg}/100$ g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6	22
Preglednica 5: Povprečna vsebnost β -karotena \pm SD v $\text{mg}/100$ g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6	24
Preglednica 6: Povprečna vsebnost vsote (VAZ) pigmentov ksantofilnega cikla (violaksantin, anteraksantin in zeaksantin) \pm SD v $\text{mg}/100$ g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6	25
Preglednica 7: Povprečna vsebnost neoksantina \pm SD v $\text{mg}/100$ g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6	27
Preglednica 8: Povprečna vsebnost luteina \pm SD v $\text{mg}/100$ g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6	28
Preglednica 9: Povprečna vsebnost α -tokoferola \pm SD v $\text{mg}/100$ g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6	30

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Vsebnost klorofila \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005	23
Slika 2: Vsebnost β -karotena \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005	24
Slika 3: Vsebnost pigmentov ksantofilnega cikla (violaksantin, anteraksantin in zeaksantin) v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005	26
Slika 4: Vsebnost neoksantina \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005	27
Slika 5: Vsebnost luteina \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005	29
Slika 6: Vsebnost α -tokoferola \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005	30

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

SM	sveža masa
NM	ni materiala
SD	standardna deviacija
oz.	oziroma
HPLC	High Performance Liquid Chromatography

1 UVOD

V današnjem času vse več govorimo o zdravem načinu življenja, alternativni prehrani in se nasploh želimo približati naravi. Človeka spremljajo rastline kot del naravnega okolja že od pradavnine. Zanimanje za rastline je bilo sprva povezano z iskanjem hrane, kasneje, ko so ugotovili zdravilne učinke posameznih rastlin, pa tudi z zdravljenjem.

Okolje je kompleksen sistem mnogoterih dejavnikov in nepredvidenih sprememb, kar je razlog, da so se rastline tekom evolucije prilagajale na dane rastne razmere. Tako so v svoj metabolizem vključile snovi, ki so jim omogočile obstoj v stresnih razmerah, kot so pomanjkanje vode, povečano UV sevanje, obramba pred boleznimi in škodljivci. Snovi, s katerimi so se branile, so sintetizirale v majhnih količinah in v zelo učinkovitih oblikah (v nasprotnem primeru bi lahko na rastline delovale toksično). Ta njihov fenomen so kmalu opazili tudi naši predniki prek prehranjevanja z rastlinami in tako še danes poskušamo ugotoviti, katere so učinkovine, ki jih rastline, izpostavljene neugodnim ravnim razmeram, vsebujejo največ, ter kako le-te pozitivno učinkujejo na naš organizem (Kreft in sod., 2000).

1.1 POVOD ZA RAZISKAVO

V prid spoznavanju in uporabi užitnih samoniklih rastlin govori več dejstev, med njimi je najpomembnejši vidik zdrave prehrane. S pripravljanjem užitnih divjih rastlin postane naša prehrana bolj uravnotežena, saj so tudi po prehranski vrednosti samonikle rastline veliko pomembnejše od gojenih. Še posebno dobrodošle so zgodaj spomladi, saj so pravi koncentrat vitaminov, mineralov in aromatičnih snovi. Gojena zelenjava je v primerjavi z njimi dokaj vodena in nima izrazitega okusa. Pomembno pa je poznati tudi dejstvo, da samoniklih rastlin ni priporočljivo uživati v prevelikih količinah, kajti s tem bi v telo dobili preveč snovi, ki so za delovanje človeškega organizma potrebne v zelo majhnih količinah, prevelike koncentracije pa lahko povzročijo toksičnost (Cortese, 1995).

V zadnjem času je veliko raziskav usmerjenih v proučevanje vsebnosti naravnih antioksidantov v rastlinskih produktih, predvsem zaradi njihovega varovalnega učinka, saj zavirajo razvoj mnogih kroničnih bolezni, ki jih povzročajo prosti radikali.

Samonikle rastline, ki jih v prehranskem smislu v literaturi avtorji imenujejo »divja hrana«, po večini raziskav, ki so bile v svetovnem merilu izvedene na tem področju, izstopajo po povečani vsebnosti bioaktivnih snovi, ki delujejo antioksidativno in s tem preventivno proti različnim rakavim obolenjem, boleznim srca, osteoporozi in vplivajo na izboljšanje vida ter na človekovo počutje nasploh. V rastlinah imajo antioksidativne učinke med drugim askorbinska kislina, tokoferoli in nekateri fotosintezni pigmenti.

1.2 CILJ RAZISKAVE

V diplomskem delu smo želeli izmeriti vsebnost nekaterih pomembnih bioaktivnih snovi v užitnih delih izbranih samoniklih rastlin. Predvsem nas je zanimala vsebnost nekaterih fotosinteznih pigmentov (klorofil, α -karoten in β -karoten, lutein, zeaksantin) in vsebnost tokoferola.

Vsebnost bioaktivnih snovi smo spremljali tekom običajne sezone nabiranja užitnih samoniklih rastlin za prehrano, to je zgodaj spomladi, ko so izbrane rastline najbolj primerne za uživanje (predvsem mladi listi, mladi poganjki) in preden na vrtovih vzgojimo prvo zelenjavo. Naš cilj pa je bil tudi primerjati vsebnosti bioaktivnih snovi v proučevanih samoniklih rastlinah s količino tistih v gojeni zelenjadnici, solati.

V raziskavi želimo pridobiti osnovo za ocenjevanje uporabnosti izbranih rastlin iz skupine »divja hrana« kot naravnega vira izbranih bioaktivnih snovi, ki so pomembne za delovanje in vitalnost človeškega organizma.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Delovna hipoteza temelji na predpostavki, da izbrane samonikle rastline vsebujejo različne količine izbranih bioaktivnih snovi (klorofili, karotenoidi, tokoferoli). Pričakovali smo tudi, da se vsebnost bioaktivnih snovi tekom sezone nabiranja samoniklih rastlin spreminja.

2 PREGLED OBJAV

2.1 BIOAKTIVNE SNOVI

Znano je, da zelene rastline uporabljajo fotosintezne pigmente in druge sekundarne metabolite za obrambo pred boleznimi, škodljivci in drugimi stresnimi dejavniki okolja. Količina omenjenih snovi v rastlini je odvisna od vrste rastline, kar je genetsko pogojeno, nanjo pa vplivajo tudi ekološke razmere ter agrotehnični dejavniki (Kreft in sod., 2000). Vse te pomembne snovi v rastlinah zaokroža tudi ime bioaktivne snovi ali biološko aktivne molekule, ki imajo tudi v človeškem organizmu precej dejavno vlogo. Spodbujajo razstrupljanje, delujejo antioksidativno in ščitijo tkiva pred poškodbami zaradi nastanka prostih radikalov in so esencialne za nemoteno delovanje celic in tkiv (MedicineNet.com., 2007).

2.1.1 Vloga in pomen prostih radikalov v metabolizmu človeka

Prosti radikali so atomi, molekule ali ioni z vsaj enim elektronom brez para, nastajajo pri cepitvi kovalentne vezi in so rezultat normalnega celičnega metabolizma (mitohondrijsko dihanje, peroksisomi, citokromi). Lahko pa je njihov nastanek tudi posledica dejavnikov okolja, zato se tvorijo ob prisotnosti ultravijoličnega sevanja, gama žarkov, toplote, onesnaženega okolja, nekaterih kemikalij, težkih kovin in izpostavljenosti stresu. Prisotnost teh kemično nestabilnih molekul lahko povzroča obolenja pljuč (emfizem, astma), srca in ožilja (ishemija), ledvic, prebavil (diabetes), mišic (mišična distrofija) ter očesa (siva mrena). Sproščajo se lahko tudi ob velikih fizičnih obremenitvah in pri prehrani, v kateri primanjkuje naravnih antioksidantov (vitaminov A, C, E, karotenoidov), aminokislin (cisteina, glutationa) ter elementov v sledovih (selen, cink) (Korošec 2000; Kreft in sod., 2000).

2.1.2 Pomen antioksidantov

Tekom evolucije organizmov se je razvijala genotipsko določena sposobnost presnove za sintezo nekaterih snovi, ki pa je postopoma slabila pri rastlinojedih organizmih zaradi uživanja hrane rastlinskega izvora. Tako smo tudi ljudje postali odvisni od nekaterih snovi, ki jih dobimo predvsem s hrano rastlinskega izvora (vitamini), hkrati pa so se razvile nove genske prilagoditve na hrano iz rastlin (beljakovine v slini, ki nevtralizirajo nekatere možne škodljive učinke tanina) (Kreft in sod., 2000).

Prehranske antioksidante pojmuje kot snovi v hrani, ki pri človeku značilno zmanjšajo negativne učinke reaktivnih kisikovih in dušikovih prostih radikalov. Porušeno ravnotežje med prostimi radikali in antioksidanti se imenuje oksidativni stres. Antioksidanti ga preprečujejo z lovljenjem prostih radikalov, s keliranjem kovinskih ionov, z odstranjevanjem ali popravitom oksidativno poškodovanih biomolekul. V primeru, da se ravnotežje poruši, pride do poškodb celičnih struktur, ki so najpogostejši vzrok za staranje

in povod za različne bolezni. Zato lahko s poznavanjem statusa antioksidantov zagotovimo primeren vnos le-teh in s tem uspešno preprečujemo nastanek omenjenih težav (Korošec, 2000; Abram 2000).

Škodljivi vplivi, ki se pojavljajo v življenju, so manj nevarni ob primerni prehrani, dovolj bogati z antioksidanti in uravnovešeni tudi glede na elemente v sledovih, ki so osnova za izgradnjo endogenih antioksidantov. Antioksidanti omogočajo tudi ustrezno delovanje popravljalnih mehanizmov (tudi na ravni DNK) ter ustrezno delovanje genetsko programirane celične smrti, s čimer se bistveno zmanjša tveganje za mutacije in nastanek rakastih novotvorb (Kreft in sod., 2000).

2.1.3 Razvrstitev antioksidantov

Po izvoru antioksidante lahko delimo na endogene, ki jih je naš organizem sposoben tvoriti sam, in eksogene, ki jih moramo v telo dobiti s hrano. Glede na kemijsko zgradbo jih ločimo na vodotopne-hidrofilne (askorbinska kislina, glutation) in na topne v maščobah-lipofilne (ubikinon, vitamin E, karotenoidi). Po funkciji v organizmu pa antioksidante delimo v tri skupine. V prvo sodijo pravi antioksidanti, ki vežejo proste radikale (glavna antioksidantna znotrajcelična obramba), v drugi skupini so tisti, ki so reducenti (neencimski antioksidanti v plazmi) in v tretjo skupino sodijo antioksidantni sinergisti, ki povečujejo učinkovanje antioksidantov prve skupine (neencimski antioksidanti v plazmi, celicah, celičnih membranah) (Korošec, 2000; Kreft in sod., 2000).

2.1.4 Fotosintezni pigmenti

Fotosintezni ali asimilacijski pigmenti so vsi tisti pigmenti, ki sodelujejo pri absorpciji, prenosu in pretvorbi energije fotosintezno aktivnega sevanja za potrebe asimilacije ogljikovega dioksida (njegove fotosintezne redukcije). Kemično se skupine asimilacijskih pigmentov razlikujejo in zaradi tega nastajajo razlike v absorpciji svetlobe. V celicah se pigmentne molekule nahajajo v tilakoidnih membranah kloroplastov, kjer so skupaj s proteinskimi molekulami povezane v fotosistemu I (PS I) in v fotosistemu II (PS II). Fotosistem predstavlja antenski kompleks, ki služi lovljenju svetlobe, in reakcijski center, v katerem poteka fotokemično delo, kjer klorofil reakcijskega centra odda elektron. V antenskem kompleksu PS II sodeluje približno 250 molekul klorofila a in b ter več molekul ksantofilov. Vsi ti pigmenti delujejo kot pomožni (akcesorni) pigmenti. Po absorpciji svetlobe prenašajo energijo do reakcijskega centra, ki ga predstavlja glavni asimilacijski pigment, povezan s proteini, to je klorofil a. Za vse asimilacijske pigmente so značilne konjugirane dvojne vezi v molekuli (π -orbitale). Elektroni teh orbital lahko ob absorpciji fotona preidejo v višjo energijsko stanje. Pomožni asimilacijski pigmenti lahko po ekscitaciji prenesejo energijo na druge pigmentne molekule z resonanco. Vzbujena molekula inducira vzbujeno stanje v sosednji molekuli in v končni fazi se energija prenese na klorofil a (reakcijski center), ki odda energijo v obliki fotokemičnega dela. Gre za prenos elektronov proti redoks gradientu, to pa omogoča nastajanje $\text{NADPH} + \text{H}^+$ ter ATP

v kasnejših fazah svetlobnih fotosinteznih reakcij. Funkcija pomožnih pigmentov ni samo prenos energije do glavnega asimilacijskega pigmenta, ampak tudi večja absorpcijska izkoriščenost svetlobnega spektra in zaščita fotosinteznega aparata pri prevelikih jakostih sevanja (Vodnik, 2001).

Kemično se skupine fotosinteznih pigmentov razlikujejo. Razdelimo jih v dve veliki skupini. V prvo spadajo klorofili, od teh sta najpomembnejša klorofil a in klorofil b, poznamo še klorofila c in d. V drugo skupino pa uvrščamo karotenoide, ki so zopet razdeljeni v dve skupini. V prvo uvrščamo karotene (α -karoten, β -karoten, γ -karoten, likopen), drugo skupino karotenoidov pa imenujemo ksantofili (lutein, zeaksantin, neoksantin, violaksantin, anteraksantin, β -kriptoksantin) (Vodnik, 2001).

2.1.4.1 Klorofili

Klorofili (listno zelenilo) so skupina biotično najvažnejših rastlinskih barvil in biokatalizatorjev, ki omogočajo fotosintezo. Vsebujejo jih vsi organizmi, ki so sposobni fotosinteze (zelene rastline, fotosinteze sposobne alge in bakterije) (Kemija..., 2004; Petauer, 1993).

Klorofili so porfirini, za katere je značilna zgradba štirih pirolovih obročev s centralno, kompleksno vezanim magnezijevim (Mg) ionom. Če centralni Mg ion nadomestimo z dvema vodikovima, H^+ ionoma, dobimo feofitin (Vodnik, 2001). V molekuli so štiri pirolna jedra, povezana prek metinskih ($-C=$) skupin v obročast porfinski skelet. Na tretjem pirolnem obroču je vezan petčlenski obroč. Karboksilna ($-COOH$) skupina je na njem zaestrena z metanolom. Stranske verige na pirolovih obročih so štiri metilne skupine, ena etilna skupina, ena vinilna skupina in ostanek propionske kisline, ki je zaestren s fitolom (alkohol z dolgo alkilno verigo). Fitol omogoča klorofilu topnost v maščobah, zato se ta v vodi obnaša hidrofobno (Kemija..., 2004).

Najpomembnejša klorofila sta klorofila a in b (Vodnik, 2001). Modro-zeleni klorofil, klorofil a, je sestavni del vseh fotosintezno aktivnih organizmov, izjema so le fototrofne bakterije. Skoraj vse višje (zelene) rastline in zelene alge vsebujejo tudi zeleno-rumeni klorofil b, ki pa ga v nekaterih skupinah alg nadomeščata klorofil c in klorofil d (Kemija..., 2004). Le majhna razlika v kemijski zgradbi molekul klorofila a in b posledično pomeni absorpcijo svetlobe pri različnih valovnih dolžinah (Sudakin, 2003; Dashwood, 1997).

Temnozeleno listnata zelenjava je zelo bogata s klorofili, vendar pa so lahko vsebnosti v različnih zelenjadnicah različne, kar prikazuje spodnja preglednica (Burns in sod., 2003).

Preglednica 1: Vsebnosti klorofila a in b ($\mu\text{g/g}$ suhega rastlinskega materiala) v izbranih zelenjadnicah (Burns in sod., 2003)

Material	Vsebnost klorofila a	Vsebnost klorofila b
Solata	1852,7	1035,4
Brokoli	10,6	8,5
Zelena paprika	412,5	385,3

Po navedbah Burns in sod., (2003) naj bi klorofil zaviral nastanek kancerogenih nitrozaminov v telesu, ki nastajajo pri presnovi nitratov. Ti se v večjih količinah kopičijo zlasti pri rastlinah, zraslih na rastiščih, bogatih z dušikom, predvsem kadar rastlina zaradi okoljskih razmer ne more reducirati nitrata (Marschner, 1995).

Breiholt in sod., (1995) navajajo, da ima klorofil tudi zelo pomembno vlogo pri zmanjševanju tveganja za nastanek raka na jetrih zaradi prisotnosti aflatoksina (AFB1), saj hkratna prisotnost AFB1 in klorofila značilno zmanjša poškodbe DNK in inhibira razvoj raka.

2.1.4.2 Karotenoidi

Karotenoidi so med pigmenti rastlin, gliv in bakterij najbolj razširjeni (Rau, 1988). Po kemični zgradbi so tetraterpeni, med oranžno rdečimi karoteni (α -karoten, β -karoten, γ -karoten, likopen) je najpomembnejši β -karoten, oksidacijski produkti karotenov so ksantofili (lutein, zeaksantin, violaksantin, neoksantin, anteraksantin), ki so rumeni do rdeči (Vodnik, 2001). Zgrajeni so iz osmih izoprenskih enot in zaradi številnih konjugiranih dvojnih vezi močno absorbirajo svetlobo (Kemija..., 2004). Karotenoide vsebujejo kromoplasti v prašnikih, brazdi pestiča, cvetovih, plodovih, rizomih in koreninah, prisotni pa so tudi v kloroplastih v vseh zelenih tkivih. Večina višje razvitih rastlin vsebuje v kloroplastih predvsem naslednje karotenoide: β -karoten, lutein, violaksantin in neoksantin, ter manjše količine zeaksantina, anteraksantina in α -karotena (Goodwin in Britton, 1988).

V kromoplastih se pigmenti nahajajo v stromi, v kloroplastih pa v membranah. V tilakoidni membrani se karotenoidi nahajajo v pigment-proteinskih kompleksih, in sicer v reakcijskem centru PS I (RC I), PS II (RC II) in antenskih (žetvenih) kompleksih (LHC I in II). V RC I najdemo le β -karoten. Tudi v RC II je ta pigment glavni ali celo edini karotenoid. Poleg njega je v RC II lahko še lutein. LHC I vsebuje lutein, neoksantin, violaksantin in β -karoten. Glavne komponente LHC II pa so ravno tako lutein, neoksantin, violaksantin, včasih v zelo majhnih koncentracijah tudi β -karoten. V tilakoidah je večinski karoten β -karoten, najbolj zastopan ksantofil pa je lutein, ki lahko predstavlja več kot polovico vseh karotenoidov v kloroplastu (Foyer, 1993; Green in Durnford, 1996; DellaPenna, 1999).

Karotenoidi imajo v rastlini več funkcij. Poleg ekološke funkcije (privabljanje opraevalcev in raznašalcev semen) je pomembna tudi njihova vloga pri zbiranju svetlobe, zaščiti fotosintetskega aparata (Rau, 1988) in stabilizaciji pigment-proteinskih kompleksov (DellaPenna, 1999; Paulsen, 1999) in membran (Havaux, 1998; Gruszecki, 1999). Poleg tega menijo, da je karotenoid (verjetno zeaksantin) eden od kromoforjev receptorja za modro svetlobo, ki je pomemben za delovanje rež, fototropizem, fotomorfogenezo in fototaksije ter za več drugih procesov (Taiz in Zeigler, 1998). Sodelovali naj bi tudi pri sintezi ABA, in sicer naj bi bila ksantofila violaksantin in neoksantin prekurzorja za sintezo ABA (Parry in sod., 1990).

V kloroplastih imajo karotenoidi, v glavnem ksantofili, pomembno vlogo pri zbiranju svetlobe. Sposobni so absorbirati svetlobo v valovnem območju od 400 do 500 nm (modra svetloba) in jo prenesti na klorofile. S tem razširijo spektralni obseg, v katerem svetloba lahko poganja fotosintezo. Zbiranje svetlobe je bila verjetno glavna funkcija karotenoidov pri primitivnih rastlinah, ki so živele v atmosferi z malo kisika (Demmig-Adams in sod., 1996; Taiz in Zeigler, 1998; Foyer, 1993; Siefermann-Harms, 1987).

Za življenje rastlin, ki živijo v atmosferi z več kisika, pa je ključna za preživetje druga funkcija karotenoidov. Če fotosintezni aparat sprejema več svetlobne energije, kakor je uspe kanalizirati v fotosintezo in pretvoriti v neškodljivo kemično energijo, potem v prisotnosti kisika pride do tvorbe singletnega kisika in škodljivih radikalov, ki lahko poškodujejo celične strukture. Karotenoidi lahko odvečno ekscitacijsko energijo odvedejo kot toploto in tako preprečijo nastanek strupenih fotoproduktov (Demmig-Adams in sod., 1996; Young, 1991; Siefermann-Harms, 1987; Foyer, 1993; Young in Britton, 1990; Edge in Truscott, 1999). V določenih primerih (stres) so zaščitni karotenoidni sistemi preobremenjeni, kar vodi do oksidativnega stresa in poškodb komponent tilakoidne membrane. Dovzetnost pigmentov za oksidativne poškodbe oz. bledenje pigmentov ima določeno zaporedje: β -karoten > neoksantin > violaksantin > lutein > klorofil a > klorofil b (Young in Britton, 1990).

Pri višjih rastlinah je eden od glavnih načinov preprečevanja kopičenja odvečne ekscitacijske energije v fotosinteznem aparatu odvajanje odvečne energije iz zasičenega fotosinteznega aparata v obliki toplote s pomočjo mehanizma, ki vključuje zeaksantin in pretvarja odvečno sončno energijo v toploto že pred nastankom škodljivih oksidantov, čemur pravimo ksantofilni cikel. Odvajanje energije iz fotosinteznega aparata v obliki toplote je reguliran proces. S povečevanjem gostote fotonskega pretoka (PFD-photon flux density) njegova aktivnost narašča (Demmig-Adams in Adams, 1992; Demmig-Adams in Adams, 1993). Zeaksantin, ki je ključni element mehanizma za odvajanje presežne ekscitacijske energije, je sestavni del ksantofilnega cikla. Iz β -karotena s hidrosilicijom nastane zeaksantin, iz tega z epoksidacijo nastaneta anteraksantin in violaksantin (Demmig-Adams in Adams, 1993). Pretvorbe pigmentov ksantofilnega cikla so edine spremembe karotenoidnega sistema fotosinteznega aparata, do katerih prihaja v razmeroma kratkem časovnem intervalu. Pojavijo se kot odziv na spremembe v ravnotežju med

absorbicijo svetlobe in uporabo svetlobne energije v fotosinteznem metabolizmu ogljika. Pri šibki osvetlitvi prevladuje violaksantin, ko pa PFD naraste nad nivo saturacije fotosinteze, se poveča vsebnost zeaksantina (Demmig-Adams in Adams, 1996; Demmig-Adams in Adams, 1993). Munne-Bosch in Alegre (2000a) sta v raziskavi vpliva močne svetlobe na meliso (*Melissa officinalis*) in sivko (*Lavandula stoechas*) ugotovila, da se je epoksidacijski status dnevno spreminjal glede na osvetlitev (z večanjem PFD se je zeaksantin pretvarjal v violaksantin), kar pomeni, da so sončni listi, nabrani zjutraj in v dopoldanskem času, vsebovali več violaksantina kakor ostali.

Od vseh pigmentov iz skupine karotenoidov imajo le α -karoten, β -karoten in β -kriptoksantin sposobnost, da se v telesu lahko pretvorijo v retinol in služijo kot vir vitamina A. Ostali karoteni in ksantofili pa te sposobnosti nimajo. Vitamin A je nujen za normalno rast in razvoj, pomemben je v imunskem sistemu organizma ter za vid (Institute of medicine, 2000). Absorpcija karotenoidov v človeškem telesu je predvsem odvisna od prisotnosti maščob v obroku, če te niso prisotne, je absorpcija manj učinkovita. Za transport po telesu se karotenoidi vgradijo v trigliceridne lipoproteinske enote (Yeum in Russell, 2002).

Znano je, da prisotnost karotenoidov v prehrani, predvsem β -karotena, zmanjša tveganje za nastanek pljučnega raka (ki so mu najbolj izpostavljeni kadilci), zmanjšana je tudi možnost za nastanek kardiovaskularnih bolezni (Michaud in sod., 2000; Kritchevsky, 1999).

Edina karotenoida, ki se nahajata v mrežnici očesa, sta lutein in zeaksantin, in sicer v centru očesa v razmerju 1 : 2, na perifernem delu očesa pa v razmerju 2 : 1 (Billsten in sod., 2003). V velikih koncentracijah sta prisotna v očesni pegi (kar 1000-krat večje količine kot v ostalih človeških tkivih), kjer učinkovito absorbirata modro svetlobo in tako lahko ob veliki intenziteti svetlobe zaščitita oko pred oksidativnimi poškodbami (Billsten in sod., 2003; Krinsky in sod., 2003). Prav tako predvidevajo tudi, da lutein in zeaksantin direktno vplivata na nevtralizacijo oksidativnih molekul v mrežnici, ki lahko poškodujejo proteine v očesnih lečah, kar povzroči strukturne spremembe, ki so povod za tvorbo sive mreže (Mares-Perlman in sod., 2002). Tako lahko povečana vsebnost luteina in zeaksantina v prehrani (posledično tudi v krvi in v mrežnici) upočasnijo ali prepreči tvorbo sive mreže (Krinsky in sod., 2003). Nekatere študije pa kažejo tudi na to, da lutein in zeaksantin zmanjšata tveganje za nastanek raka na prsih in pljučih ter zmanjšujeta možnost nastanka srčnih bolezni (Ribaya-Mercado in sod., 2004).

Lutein in zeaksantin se nahajata predvsem v temnozeleni listnati zelenjavi, veliko pa ju vsebuje tudi jajčni rumenjaki (Ribaya-Mercado in sod., 2004).

V literaturi zelo malokrat omenjen, vendar pa vse bolj raziskan karotenoid, neoksanin, ki spada med ksantofile, ima poleg funkcije pigmenta v rastlini tudi pomembno bioaktivno funkcijo v človeškem organizmu (Kotake-Nara in sod., 2005). Kotake-Nara in sod. (2005) navajajo, da neoksanin zmanjšuje možnost nastanka raka na prostati, ki je po njihovih

podatkih drugo najbolj pogosto rakavo obolenje, ki povzroča smrtnost pri moških v zahodnih državah. V svoji raziskavi sta ugotovila, da poleg že prej znanih antikancerogenov (lutein, β -karoten) tudi neoksantin zavira proliferacijo rakavih celic, imenovanih PC-3, DU 145 in LNcaP, na prostati. Študijo so zaključili z ugotovitvijo, da neoksantin značilno pospešuje apoptozo PC-3 celic, ki povzročajo raka na prostati. Navajajo tudi, da veliko neoksantina vsebuje zelena listna zelenjava, predvsem špinača (*Spinacea oleracea*), ki naj bi po njenih navedbah vsebovala okrog 6,4 mg neoksantina/100 g svežih listov.

Na splošno so vsebnosti karotenoidov, tako karotenov kot tudi ksantofilov, v različni gojeni zelenjavi dobro raziskane. Zelo pomembno ob vsem tem pa je poznati tudi dejstvo, da različni načini priprave hrane vplivajo na različno bioaktivnost pigmentov v telesu. Zato so slednji za telo najboljše dostopni v narezanih, homogeniziranih ali kuhanih rastlinskih delih (Van Het Hof, 2000). Raziskave v svetu, ki potekajo na področju vsebnosti rastlinskih pigmentov, so trenutno zelo pomembne in objavljene predvsem za gojene zelenjadnice in tudi nekatere vrste sadja, zelo maloštevilne pa so raziskave, usmerjene v vsebnosti bioaktivnih rastlinskih snovi, ki se nahajajo v užitnih samoniklih rastlinah.

Guil in sod. (1997) so v raziskavah na območju Španije (21 lokacij) analizirali vsebnost karotenoidov v užitnih samoniklih rastlinah, ki se najbolj pogosto uporabljajo v prehrani človeka. Rezultati njihovih raziskav so prikazani v preglednici 2.

Preglednica 2: Srednje vrednosti karotenoidov v listih nekaterih samoniklih rastlin (v mg/100 g sveže mase) (Guil in sod., 1997)

Latinsko ime rastline	Vsebnost karotenoidov (mg/100 g SM)
<i>Amaranthus viridis</i> L.	15,4
<i>Beta maritima</i> L.	14,3
<i>Cardaria draba</i> L.	5,6
<i>Chenopodium album</i> L.	12,5
<i>Chenopodium murale</i> L.	11,2
<i>Crithmum maritimum</i> L.	4,5
<i>Malva sylvestris</i> L.	8,2
<i>Plantago major</i> L.	8,5
<i>Portulaca oleracea</i> L.	9,8
<i>Rumex crispus</i> L.	4,3
<i>Salicornia europaea</i> L.	5,3
<i>Sisymbrium irio</i> L.	4,5
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	15,3
<i>Sonchus tenerrimus</i> L.	5,7
<i>Stellaria media</i> Villars	4,2
<i>Verbena officinalis</i> L.	8,2

2.1.5 Tokoferoli

Tokoferoli spadajo med najpomembnejše lipofilne antioksidante. Vitamin E je generično ime za tokoferolne in tokotrienolne derivate. α -, β -, γ -, δ -tokoferoli in tokotrienoli so

kemijsko med seboj podobne spojine (metilni derivati tokola), ki se razlikujejo po številu in položaju metilnih skupin na benzenovem obroču (Korošec, 2000; Butinar in Bučar-Miklavčič, 2000; Rudan-Tasič, 2000). Od tokoferolov je najbolj aktiven 5,7,8-trimetil tokol ali α -tokoferol. β -tokoferol (5,8-dimetil tokol) in γ -tokoferol (7,8-dimetil tokol) se pojavljata le kot intermediata pri sintezi α -tokoferola iz prekursorja δ -tokoferola (8-metil tokol) (Hess, 1993).

α -tokoferol so našli v vseh fotosintetskih organizmih. Ponavadi ga je največ v zelenih delih rastline, nahaja pa se tudi v koreninah, semenih in etioliranih tkivih (Franzen in sod., 1991; Hess, 1993). Zaradi svoje hidrofobne narave se vedno nahaja v membranah. Domnevajo, da ga je na celični ravni največ v tilakoidah. V membranah je nameščen tako, da je hidrofobni fitil (rep) nameščen v lipidni plasti, polarni kromanski obroč (glava) pa na meji med membrano in citosolom, kjer lahko pride v stik z drugimi biomolekulami v citosolu (Fryer, 1992; Hess, 1993).

Vlogo in delovanje α -tokoferola so večinoma preučevali pri živalih, vendar pa ugotavljajo, da je zelo pomemben tudi za preživetje rastlin, saj je nujno potreben za preprečevanje oksidativnih poškodb v biomembranah (Fryer, 1992).

α -tokoferol lahko deaktivira reaktivne radikale tako s kemično reakcijo kot tudi kot fizikalni deaktivator. Znano je, da α -tokoferol kot antioksidant lahko *in vitro* deaktivira različne vrste reaktivnih oblik kisika in druge radikale. Na fizikalni bazi α -tokoferol lahko deaktivira molekule klorofila, ki so v tripletnem vzbujenem stanju, in tako odvede odvečno energijo ter prepreči fotooksidacijo klorofila. Prepreči lahko nastajanje škodljivega singletnega kisika, še preden ta nastane, ali pa deaktivira na enak način že nastali singletni kisik, vendar pa so za deaktivacijo klorofila in odstranjevanje singletnega kisika *in vivo* v tilakoidah pomembnejši karotenoidi (Fryer, 1992; Polle in Rennenberg, 1994). Pomembnejši je zaradi druge sposobnosti, prekine namreč lahko verižno peroksidacijo lipidov tako, da reducira peroksiradikale in s tem zaključi verižno reakcijo oksidacije lipidov (Polle in Rennenberg, 1994; Winston, 1990; Smirnoff, 1993; Alscher, 1989; Fryer, 1992). Poleg tega lahko α -tokoferol popravi tudi škodo, ki jo oksidirani lipidi povzročajo proteinom (Fryer, 1992).

Vsebnost α -tokoferola je odvisna od osvetlitve (sončni listi vsebujejo več α -tokoferola kot senčni) (Polle in Rennenberg, 1994; Fryer, 1992). Spreminja se tudi s sezono in tekom dneva (Munne-Bosch in Alegre, 2000).

Povečanje vsebnosti α -tokoferola je lahko tudi posledica razpada klorofila, ki ga povzroči hud stres. Za številne rastlinske vrste je znano, da se s staranjem lista v njem kopiči α -tokoferol. Le-ta se verjetno sintetizira iz fitola, ki nastane pri razpadu klorofila (Munne-Bosch in Alegre, 2000). Nekateri raziskovalci so ugotovili, da se je vsebnost α -tokoferola pri staranju lista zmanjšala prej kot vsebnost klorofila, zato menijo, da tokoferol ščiti klorofil pred fotooksidacijo (Polle in Rennenberg, 1994).

Od tokoferolov je α -tokoferol pri človeku najpomembnejši (po učinkovitosti mu sledi oblika γ), zato je v večini raziskav tudi najbolje proučen. Pomembno vlogo ima kot bioaktivna snov, ki v človeškem telesu deluje antioksidativno (Korošec, 2000; Butinar in Bučar-Miklavčič, 2000; Rudan-Tasič, 2000). Pomembno funkcijo ima tudi pri preprečevanju oksidacije lipidov in s tem poškodbe celičnih membran, poleg tega preprečuje tudi oksidacijo LDL (Low Density Lipoproteins) holesterola, ki se po krvnem obtoku transportira iz jeter v tkiva organizma, kar lahko pospeši razvoj kardiovaskularnih bolezni. Znano je tudi, da v trenutku, ko molekula α -tokoferola nevtralizira prost radikal, izgubi možnost ponovne antioksidacije, za razliko od ostalih antioksidantov, kot je askorbat (vitamin C), zato je vitamin C sposoben regenerirati molekulo α -tokoferola in ji s tem omogočiti ponovno antioksidacijo (Traber, 1999).

Vloga γ -tokoferola v človeškem organizmu je še precej neznana, po nekaterih podatkih ga je v krvi približno 10-krat manj kakor α -tokoferola. Produkta metabolizma tokoferolov so odkrili v urinu, kjer je bilo zaznati večje količine γ -tokoferola, kot α -oblike, iz česar sklepajo, da je bioaktivnost alfa-tokoferola v telesu večja in da je ta za organizem bolj esencialen kot γ oblika, ki se zaradi manjše biološke aktivnosti izloči iz telesa. Prav tako je znano tudi, da γ -tokoferol zmanjšuje tveganje za nastanek raka na prostati (Traber in sod., 1998).

Študije so pokazale tudi, da je povečana količina zaužitega vitamina E zmanjšala možnost pojava srčne kapi in nastanka bolezni srca, povečala imunske sposobnosti organizma proti gripi, hepatitisu b in tetanusu, predvsem pri starejših osebah (Meydani in sod., 1997; Han in Meydani, 1999).

Glavni viri tokoferola so predvsem rastlinska olja (Haila in sod., 1996).

Raziskave na področju vsebnosti tokoferolov v užitnih samoniklih rastlinah so šele na začetni stopnji, predvsem so zaenkrat omejene na gojene zelenjadnice, oljne rastline in na nekatere sadne vrste (Traber in sod., 1998).

2.2 SAMONIKLE RASTLINE V PREHRANI

Ljudsko znanje o rastlinah je del ljudskega znanja o živi in neživi naravi. Človeka rastline kot del naravnega okolja spremljajo že od pradavnine. Zanimanje za rastline je bilo sprva povezano z iskanjem hrane in šele kasneje, ko so ugotovili zdravilne učinke posameznih rastlin, tudi z zdravljenjem. Znanje o rastlinah za prehrano in zdravljenje so ljudje pridobili z izkušnjami in širili kot ustno izročilo. Uporaba užitno-zdravilnih rastlin je na podlagi arheoloških raziskovanj izpričana že v starem veku, znanje o užitnih in zdravilnih rastlinah pa je pomembno tudi v sodobni medicini. Pomembno področje etnobotaničnih raziskovanj je raba rastlin za človekovo prehrano in prehrano domačih živali ter uporaba hrane kot zdravila. Etnobotanična raziskovanja zajemajo tudi uporabo divjih samoraslih rastlin za

popestritev in dopolnitev vsakdanje prehrane, vendar pa je to področje etnobotanike na Slovenskem še precej slabo raziskano (Mlakar, 2003).

2.2.1 Uporaba užitnih samoniklih rastlin

V priročnikih in člankih, ki jih je zadnja leta tudi pri nas vse več, lahko navadno v uvodih preberemo privlačne misli o polnovredni naravni prehrani ter o neprecenljivem bogastvu v njej (Jogan, 1998). Guil in sod. (1997) navajajo, da se s stališča uporabnosti v človeški prehrani samonikle rastline delijo v dve skupini. V prvo skupino spadajo prehranske bioaktivne snovi, ki v organizmu delujejo antioksidativno (askorbinska kislina in dehidroaskorbinska kislina, ki sta komponenti vitamina C, ter karotenoidi), v drugi skupini pa so antinutritivne snovi, ki jih prav tako najdemo v užitnih samoniklih rastlinah, vendar pa imajo na človeški organizem nekoristen in škodljiv učinek (oksalna kislina, nitrati in eruka kislina), še posebno, če jih zaužijemo v večjih koncentracijah. Za uporabo užitnih samoniklih rastlin v človeški prehrani je predvsem pomembno, da se uporabljajo kot dodatek k prehrani, da se uporabljajo zmerno in ne redno na daljše časovno obdobje (Jogan, 1998).

V različnih pokrajinah sveta uporabljajo različne samonikle rastline, pomembno je poznati najprimernejši čas nabiranja rastlin, katere botanične dele rastlin uporabimo v prehrani in kako jih pripravimo, kar prikazuje preglednica 3, ki povzema užitne, pri nas samonikle rastline, ki se uporabljajo za hrano pri nas in/ali drugje po svetu (Dogan in sod., 2004; Simsek in sod., 2004; Brussell, 2004; Tardio in sod., 2004; Mercadante in sod., 1990; Guil-Guerrero in Torija-Isasa., 1997).

Preglednica 3: V Sloveniji samonikle užitne rastline, ki se uporabljajo za hrano pri nas in/ali po svetu

Latinsko ime rastline	Primeren mesec			Referenca
	Priprava	nabiranja	Uporabni del	
<i>Achillea millefolium</i> L.	S, K	CL	ML	Dogan in sod., 2004
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	S, K	CL	ML	Tardio in sod., 2004
<i>Allium ursinum</i> L.	S, K	P	ML	Tardio in sod., 2004
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	S, K	maj-sept.	MP	Mercadante in sod.,1990
<i>Angelica sylvestris</i> L.	K	P	ML	Tardio in sod., 2004
<i>Aposeris phoetida</i> (L.) Less.	S, K	P	ML	Tardio in sod., 2004
<i>Arctium nemorosum</i> L.	S, K	P	ML in poganjki	Tardio in sod., 2004
<i>Armoracia rusticana</i> Usteri.	S, K	P	ML	Brussell, 2004
<i>Bellis perennis</i> L.	S, K	P	ML, popki	Simsek in sod., 2004
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	S, K	CL	ML in rozete	Guil-Guerrero in sod., 1997
<i>Cardamine hirsuta</i> L.	S	mar.-apr.	rozete, poganjki	Brussell, 2004
<i>Chenopodium album</i> L.	S, K	jun.-sept.	ML in MP	Brussell, 2004
<i>Chenopodium polyspermum</i> L.	S, K	jun.-sept.	ML in MP	Simsek in sod., 2004
<i>Cichorium intybus</i> L.	S, K	CL	ML	Tardio in sod., 2004
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	S, K	P	ML	Simsek in sod., 2004
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	K	P	ML	Simsek in sod., 2004
<i>Fagus sylvatica</i> L.	S	P	ML	Tardio in sod., 2004
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	S	P	ML	Simsek in sod., 2004
<i>Filipendula vulgaris</i> Moench.	S	P	ML	Brussell, 2004
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	S, K	apr. in sept.	ML in MP	Brussell, 2004
<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.	S	apr.-jun.	cvetoči poganjki	Brussell, 2004
<i>Glechoma hederacea</i> L.	S, K	P	MP	Brussell, 2004
<i>Heracleum sphondylium</i> L.	K	apr.-jun.	ML in MP	Tardio in sod., 2004
<i>Humulus lupulus</i> L.	K	P	MP	Tardio in sod., 2004
<i>Lamium purpureum, maculatum</i> L.	K	CL	PPC	Simsek in sod., 2004
<i>Medicago sativa</i> L.	K	CL	ML in poganjki	Tardio in sod., 2004
<i>Mellilotus officinalis</i> (L.) Lam.	S	P	cvetoči poganjki	Brussell, 2004
<i>Origanum vulgare</i> L.	S, K	maj-avg.	ML in MP	Tardio in sod., 2004
<i>Oxalis acetosella</i> L.	S	CL	ML	Brussell, 2004
<i>Plantago sp.</i> L.	S, K	mar.-apr.	ML	Simsek in sod., 2004
<i>Polygonum aviculare</i> L.	S, K	apr.-maj	ML in poganjki	Dogan in sod., 2004
<i>Portulaca oleracea</i> L.	S, K	CL	ML in PPC	Mercadante in sod.,1990
<i>Potentilla anserina</i> L.	S, K	P	ML	Brussell, 2004
<i>Primula vulgaris</i> (L.) Mill.	S	P	ML in cvetovi	Dogan in sod., 2004
<i>Rumex acetosa</i> L.	S, K	P	ML	Guil-Guerrero in sod., 1997
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	S, K	mar.	ML	Tardio in sod., 2004
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	S, K	CL	ML in PPC	Guil-Guerrero in sod., 1997
<i>Symphytum officinale</i> L.	S, K	P	ML	Simsek in sod., 2004
<i>Taraxacum officinale</i> Web. Et Wig.	S, K	CL	ML in popki	Simsek in sod., 2004
<i>Thlaspi arvense</i> L.	S	P	ML	Tardio in sod., 2004
<i>Tragopogon orientalis</i> L.	K	maj-jul.	MP	Brussell, 2004
<i>Tussilago farfara</i> L.	K	P	ML	Brussell, 2004
<i>Urtica dioica</i> L.	K	mar.-jun.	ML in poganjki	Simsek in sod., 2004
<i>Veronica anagalis-aquatica</i> L.	S, K	CL	ML in PPC	Brussell, 2004
<i>Veronica becabunga</i> L.	S, K	CL	ML in PPC	Brussell, 2004

Legenda: S - surovo, K - kuhano, CL - celo leto, P - spomladi, ML - mladi listi, MP - mladi poganjki, PPC - poganjki pred cvetenjem

2.3 BOTANIČNI OPISI IN ZNAČILNOSTI IZBRANIH UŽITNIH SAMONIKLIH RASTLIN

2.3.1 Navadna regačica (*Aegopodium podagraria* L.)

Spada v družino kobulnic (*Apiaceae*). Je trajnica, visoka od 50 do 100 cm. Njeno steblo je brazdasto, votlo in pri vrhu razraslo. Spodnji listi so 1-2 krat trojnatostavljene, segmenti zadnjega reda so jajčasti do suličasti. Ogrinjala in ogrinjalca ni. Navadno regačico najdemo na senčnih krajih, ob poteh, med grmovjem in v logih (Martinčič in sod., 1999). Včasih naj bi navadno regačico uporabljali za zdravilo pri revmatičnih obolenjih. Rimljani so jo gojili kot zelenjavo, v srednjem veku so jo uporabljali kot zdravilno rastlino (zdravljenje kožnih bolezni), tudi Linne jo je opisal kot dobro pomladansko vrsto zelenjave (Seidel in Eisenreich, 1992; Eisenreich in sod., 1993).

2.3.2 Čemaž (*Allium ursinum* L.)

Spada v družino lukovk (*Alliaceae*). Je trajnica s čebulico in značilnim vonjem. Listi so pritlični. Cvetovi so dvospolni, zvezdaste oblike v kobulastem socvetju. Listi cvetnega odevala so prosti, prašnikov je šest, plodnica je podrasla. Cvetno odevalo je bele barve in daljše od prašnikov (Martinčič in sod., 1999). V Sloveniji raste v bukovih gozdovih od nižin do montanskega pasu. Semena raznašajo mravlje in veter. Učinkovini, ki ju naj bi vseboval, sta predvsem vitamin C in eterična olja, ki dražijo želodčno sluznico in kožo. Uporabljajo ga kot zdravilo proti okužbam prebavil in proti visoki telesni temperaturi (Seidel in Eisenreich, 1992; Eisenreich in sod., 1993). Je ena najbolj uporabnih užitnih divjih rastlin, za prehrano pa nabiramo mlade liste pred cvetenjem (Tardio in sod., 2004).

2.3.3 Navadni gozdni koren (*Angelica sylvestris* L.)

Spada v družino kobulnic (*Apiaceae*). Je večletnica, visoka do 150 cm, njeno steblo je rahlo brazdasto in votlo. Listi so temnozeleno barve, dolgi tudi do 60 cm in so 2 do 3 krat pernato deljeni. Ogrinjala načeloma nima, ogrinjalce pa je mnogolistno. Venčni listi so bele ali rdeče obarvani. Najdemo jo v vlažnih gozdovih, posekah in močvirskih travnikih od nižine do montanskega pasu (Martinčič in sod., 1999). Vsa rastlina naj bi vsebovala eterična olja, ki ugodno delujejo pri zdravljenju revmatičnih obolenj, artritisa, kožnih vnetij in želodčnih težav. Eterična olja pa uporabljajo tudi za izdelavo različnih likerjev (Seidel in Eisenreich, 1992).

2.3.4 Smrdljivi regrat (*Aposeris foetida* (L.) Less.)

Spada v družino radičevk (*Cichoriaceae*). Je zelnata trajnica. Listi so pritlični, goli ali pičlo dlakavi, škrbinasto pernatih s skoraj rombastimi roglji. Koški so ovršni, pred cvetenjem kimasti, cvetišče pa je plosko in brez lusk. Venec je rumene barve, kodeljice pa ni. Najdemo ga v gozdovih, grmiščih in meliščih od nižine do subalpskega pasu (Martinčič in

sod., 1999). Je zelo razpoznaven gozdni regrat. V prehrani so uporabni predvsem mladi listi, ki jih dodajamo prvim pomladanskim solatam (Tardio in sod., 2004).

2.3.5 Gozdni repinec (*Arctium nemorosum* Lej.)

Spada v družino nebinovk (*Asteraceae*). Cvetovi se nahajajo v okroglih, srednje gostih, pajčevinasto dlakavih koških, zreli koški so visoki od 20 do 25 mm, široki (25)30 do 40 mm, njihovi peclji so dolgi od 0 do 1 cm. Cvetovi so enake dolžine kakor notranji ovojni listi. Stranski poganjki so kasneje lokasto previsni. Gozdni repinec najdemo na posekah ali v svetlih, predvsem bukovih gozdovih montanskega pasu (Martinčič in sod., 1999). Običajno se gozdni repinec obravnava kot podvrsto malega repinca (*Arctium minus* L.). Repinci iz rodu *Arctium* naj bi vsebovali sluzi, eterična in maščobna olja ter poliacetilene, ki uničujejo glive in zavirajo razvoj bakterij, zato naj bi jo v preteklosti uporabljali kot zdravilno rastlino (Aichele in Golte-Bechtle, 2004).

2.3.6 Bukev (*Fagus sylvatica* L.)

Spada v družino bukovk (*Fagaceae*). Skorja je večinoma gladka in siva, listi so celorobi, sprva dlakavi, kasneje goli. Po 2 do 3 plodovi (žir) so v skupnem bodičastem ovoju (bukvica) (Martinčič in sod., 1999). Na rastlini se izoblikujejo senčni in sončni listi. Moški cvetovi so številni, združeni v okroglasta viseča socvetja, ženski cvetovi so pokončni, v dvocvetnem dihaziju, obdani s skupnim ovojem. V skupnem bodičastem ovoju se nahajata dva triroba oreška (žira). Je vetrocvetka, plodove pa raznašajo ptice in sesalci. Bukove rastline lahko dosežejo tudi do 300 let starosti, iz stisnjenih žirov lahko pridobivajo olje (Seidel in Eisenreich, 1992). Za prehrano so uporabni mladi listi svetlozelene barve (Tardio in sod., 2004).

2.3.7 Lisasta mrtva kopriva (*Lamium maculatum* L.)

Spada v družino ustnatic (*Lamiaceae*). Je trajnica, venec je škrlatne barve s temno lisasto spodnjo ustno. Venčna cev je upognjena navzgor, od znotraj pa je obdana z obročem dlačic. Raste v svetlih gozdovih, na posekah, ob zidovih, živih mejah in ob poteh od nižine do montanskega pasu (Martinčič in sod., 1999). Je pionirska, polsenčna rastlina, ki jo oprašujejo žuželke, plodove pa raznašajo mravlje (Seidel in Eisenreich, 1992). Za prehrano so uporabni mladi poganjki, predvsem pa cvetovi, ki naj bi imeli v človeškem telesu čistilno funkcijo sečil (Simsek in sod., 2004).

2.3.8 Navadna zajčja deteljica (*Oxalis acetosella* L.)

Spada v družino deteljčevk (*Oxalidaceae*). Cvetovi rastline so posamični, bele ali rahlo rožnate barve, venčni listi imajo izrazite vijoličaste žile. Listi so pritlični, dolgopecljati, svetlozeleni, rastlina zraste od 5 do 10 (12) cm. Raste na vlažnih, humoznih tleh iglastih in mešanih gozdov (Martinčič in sod., 1999). V Sloveniji raste od nižin do subalpinskega pasu. Je izrazita senčna rastlina, oprahujejo jo čebele, semena pa rastlina razširja s posebnim mehanizmom (Seidel in Eisenreich, 1992). V preteklosti naj bi jo uporabljali za solate in tudi kot zdravilno rastlino. Vsebuje večje količine oksalne kisline in oksalatov (Brussell, 2004).

2.3.9 Navadni pljučnik (*Pulmonaria officinalis* L.)

Spada v družino srhkolistnic (*Boraginaceae*). Rastlina ima tanko koreniko, liste z ostro omejenimi svetlimi pegami, spodnji stebelni listi in list jalovih poganjkov so srčaste ali jajčaste oblike in naglo zoženi v izrazit listni pecelj. Porasli so s ščetinami in maloštevilnimi žlezastimi dlakami ter pokriti s številnimi majhnimi, priostrenimi bradavicami. Navadni pljučnik se nahaja v gozdovih, na travnikih, nabrežjih in na grmovnatih mestih od nižine do montanskega pasu (Martinčič in sod., 1999). Oprahujejo ga čebele in čmrlji, plodove pa raznašajo mravlje (Seidel in Eisenreich, 1992). Pljučnik naj bi uporabljali pri zdravljenju ran in pri lajšanju pljučnih bolezni (Eisenreich in sod., 1993).

2.3.10 Velika kopriva (*Urtica dioica* L.)

Spada v družino koprivovk (*Urticaceae*). Rastlina je dvodomna, steblo je pokončno, robato s ščetinami in žgalnimi laski. Pri dnu rastline je list večinoma srčasti in temnozeleno barve. Raste v bližini naselij, ob poteh od nižine do alpinskega pasu (Martinčič in sod., 1999). Ugodna rastišča so predvsem z dušikom bogata in vlažna tla. Žgalni laski ob dotiku izločijo posebno tekočino, ki povzroči vnetje kože in pekočo bolečino. Tekočina vsebuje natrijev formiat, acetilholin in histamine (Seidel in Eisenreich, 1992). Prehransko je velika kopriva bogat vir klorofilov in karotenoidov (Simsek in sod., 2004).

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 MATERIAL

3.1.1 Samonikle rastline

Za diplomsko nalogo smo sezonsko spremljali nekatere bioaktivne snovi v naslednjih užitnih samoniklih rastlinah:

- Čemaž (*Allium ursinum* L.)
- Smrdljivi regrat (*Aposeris foetida* L. (Less))
- Velika kopriva (*Urtica dioica* L.)
- Navadna zajčja deteljica (*Oxalis acetosella* L.)
- Navadni gozdni koren (*Angelica sylvestris* L.)
- Navadna regačica (*Aegopodium podagraria* L.)
- Gozdni repinec (*Arctium nemorosum* Lej.)
- Navadni pljučnik (*Pulmonaria officinalis* L.)
- Lisasta mrtva kopriva (*Lamium maculatum* L.)
- Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.)

3.1.2 Kemikalije za analizo fotosinteznih pigmentov in tokoferola

Pri laboratorijskem delu smo uporabljali spodaj navedene kemikalije:

- Acetonitril (HPLC-grade)
- Bidestilirana voda (HPLC-grade)
- Metanol (HPLC-grade)
- Aceton (HPLC-grade)
- Etilacetat (HPLC-grade)

3.1.3 Raziskovalna oprema

Pri delu smo uporabljali naslednjo opremo:

- Liofilizator znamke (ALPHA 1-4) CHRIST
- Hladilna omara (LTH)
- Mlinček znamke Retsch MM200
- Tehnica (Mettler PM 480)
- Homogenizator Ultra-turrax (Janke & Kunkel GmbH & Co. KG)
- Magnetno mešalo (Tehnica Železniki EV-202)
- Centrifuga (Centric 322A)
- HPLC (Spectra-Physics), povezan z računalnikom
- Osebni računalnik

3.2 METODE DELA

3.2.1 Vzorčenje

3.2.1.1 Lokacija

Rastline za diplomsko delo smo vzorčili na dveh do petih lokacijah v bukovem gozdu (združbe bukve in navadnega tevja (*Hacquetio-Fagetum* Košir, 1962) in bukve ter spomladanske torilnice (*Omphalodeo-Fagetum* Tregubov, 1957) (Marinček in Čarni, 1993) na Mačkovcu pri Postojni, kjer smo pobrali vse rastline, ki jih navaja literatura za uporabne in so zrasle v zadostnih količinah. Izbrana lokacija ni obremenjena z onesnaženjem, ni v bližini prometnih cest ali drugih večjih virov onesnaženja.

3.2.1.2 Vzorčenje in priprava vzorcev za biokemijske analize

Rastlinske vzorce izbranih 10 samoniklih rastlin smo nabirali v spomladanskih mesecih leta 2005, aprilu in maju (preden na vrtovih vzgojimo prvo zelenjavo), saj so takrat omenjene rastline mlade in zato najbolj primerne za uživanje.

Vzorčenje je potekalo vsakič ob istem času. Vzorci so bili pobrani med 7 in 8 uro zjutraj. Na vsaki lokaciji (3) je bilo pobranih 2 do 6 vzorcev. V vsak vzorec smo pobrali približno 30 g listov. Listi so bili pobrani naključno z več rastlin, tako kot se jih nabira za prehrano. Pobrane vzorce smo transportirali v hladilni torbi v laboratorij.

V laboratoriju smo vzorce stehali in takoj zamrznili v tekočem dušiku in liofilizirali. Liofilizirane liste smo zmleli v Retschevem mlinčku in shranili do uporabe v nepredušno zaprte temne prahovke na temperaturi -20°C .

3.2.2 Kemijske analize

3.2.2.1 HPLC metoda

Analize na biokemijski ravni so bile izvedene s pomočjo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti HPLC (High Performance Liquid Chromatography). Ta separacijska tehnika temelji na porazdelitvi vzorca med mobilno fazo, ki je tekočina majhne viskoznosti, in stacionarno fazo, ki je trdna snov. Mobilna faza potuje skozi stacionarno fazo v določeni smeri. Kromatografski proces, ki pri tem nastaja, je rezultat ponavljajoče se sorpcije in desorpcije s stacionarno fazo, ki poteka med potovanjem komponent vzdolž kolone. Do separacije pride zaradi razlik v porazdelitvenih konstantah posameznih komponent vzorca, ki so posledica različnih termodinamskih lastnosti topljencev. Topljenci, ki imajo večjo afiniteto do mobilne faze, pridejo hitreje iz kolone kot topljenci, ki se zadržujejo v stacionarni fazi. Eluirajo se v vrstnem redu po velikosti porazdelitvenih koeficientov glede na stacionarno fazo. Porazdelitev je posledica velikosti molekulskih sil med molekulami

topljenca in molekulami obeh faz. Močnejše kot so sile med molekulami topljenca in molekulami v stacionarni fazi, počasneje se topljenec eluira.

Sestavo mobilne faze lahko med separacijo spreminjamo, kar imenujemo gradientno izpiranje. Pri izokratskem izpiranju ostane polarnost mobilne faze nespremenjena. Z razvojem visokotlačnih črpalk, ki omogočajo konstantne pretoke brez pulziranja in z razvojem tehnologije izdelave kolon ter različnih detektorjev, je postala HPLC nepogrešljiva metoda za separacijo in določevanje večine organskih in anorganskih spojin. Odlikuje se po hitrosti, občutljivosti, ločljivosti, majhni množini vzorca ter večkratni uporabi iste kolone (Pečavar, 1998).

3.2.2.2 Analiza fotosinteznih pigmentov

Vzorci za analizo fotosinteznih pigmentov smo pripravljali in analizirali v laboratoriju Katedre za aplikativno botaniko in fiziologijo rastlin oddelka za agronomijo na Biotehniški fakulteti po metodi, ki jo je razvil Pfeifhofer (1989).

Priprava vzorcev za analizo je potekala tako, da smo v centrifugirke zatehtali med 0,06 g in 0,11 g zmletga, liofiliziranega rastlinskega materiala.

Sledil je postopek ekstrakcije rastlinskega materiala, ki je potekal v zatemnjenem prostoru. Najprej smo zatehtanim vzorcem v centrifugirkah dodali 3 ml hladnega acetona. Homogenizirali smo 20 sekund na ledu. Pri tem smo uporabili homogenizator Ultra-turrax (Janke & Kunkel GmbH & Co. KG). Sledilo je centrifugiranje 5 minut na 4200 obratih /minuto. Supernatant smo prefiltrirali skozi 0,45 µm injekcijski filter (RC-Vliesverstarkt filter, Sartorius AG) v vzorčno stekleničko za analizo.

Kromatografski pogoji:

HPLC sistem: Spectra-Physics (črpalka P 4000 Spectra system, avtomatski podajalnik vzorcev AS 1000 Spectra system)

Detektor: UV-vis Spectra focus

Predkolona: Spherisorb ODS2 5U (5 µm, 7,5 x 4,6 mm)

Kolona: Spherisorb ODS2 5U (5 µm, 250 x 4,6 mm)

Volumen injiciranja: 20 µl

Mobilna faza: A - 100 volumskih enot acetonitrila

- 10 volumskih enot bidestilirane vode
- 5 volumskih enot metanola

B - 2 volumski enoti acetona

- 1 volumsko enoto etilacetata

Gradient: linearni gradient od 10 % B do 75 % B v osemnajstih minutah, nato od 75 % do 70 % v sedmih minutah in od 70 % do 100 % v petih minutah

Pretok mobilne faze: 1ml/min

Termostat kolone: Mistral tip 88, Spark Holland

Temperatura kolone: 5 °C

Temperatura avtomatskega podajalnika vzorcev: 4 °C

Detekcija: 440 nm

Trajanje analize: 30 min

Operacijski sistem: OS/2 standard ed. IBM (SYSLEVEL 5050)

Koncentracije pigmentov smo izračunali po metodi eksterne standarda. Uporabili smo naslednje standarde: neoksantin, anteraksantin in violaksantin proizvajalca DHI Water & Environment, lutein, α -karoten in β -karoten proizvajalca Sigma, zeaksantin proizvajalca Applichem.

Po zgoraj opisanem postopku smo analizirali naslednje fotosintezne pigmente: neoksantin, violaksantin, anteraksantin, zeaksantin, lutein, klorofil b, klorofil a, feofitin b, feofitin a, α -karoten in β -karoten.

3.2.2.3 Analiza tokoferola

Metodo, uporabljeno za analizo tokoferola, sta opisala Wildi in Lütz (1996).

Ekstrakte za analizo tokoferola smo pripravljali in analizirali v laboratoriju Katedre za aplikativno botaniko in fiziologijo rastlin Oddelka za agronomijo na Biotehniški fakulteti po enakem postopku kot ekstrakte za analizo fotosinteznih pigmentov.

Kromatografski pogoji:

HPLC sistem: Spectra-Physics (črpalka P 4000 Spectra system, avtomatski podajalnik vzorcev AS 1000 Spectra system)

Detektor: fluorescenčni detektor

Predkolona: Spherisorb ODS2 5U (5 μ m, 50 x 4,6 mm)

Kolona: Spherisorb ODS2 5U (5 μ m, 250 x 4,6 mm)

Volumen injiciranja: 20 μ l

Mobilna faza: metanol

Temperatura kolone: sobna temperatura

Temperatura avtomatskega podajalnika vzorcev: 4 °C

Detekcija: eksitacija 295 nm, emisija 325 nm

Trajanje analize: 30 min

Koncentracije tokoferola smo izračunali po metodi eksterne standarda. Uporabili smo standarde proizvajalca Sigma.

Po zgoraj opisanem postopku smo analizirali δ -tokoferol, γ -tokoferol in α -tokoferol.

3.2.3 Obdelava podatkov

Zbrane podatke smo tabelarično uredili in jih obdelali z računalniškim programom Microsoft Excel. Za vsako rastlino smo dobili povprečne vrednosti in standardno deviacijo vsebnosti posameznih bioaktivnih snovi po datumih vzorčenja.

4 REZULTATI

4.1 FOTOSINTEZNI PIGMENTI

4.1.1 Klorofil

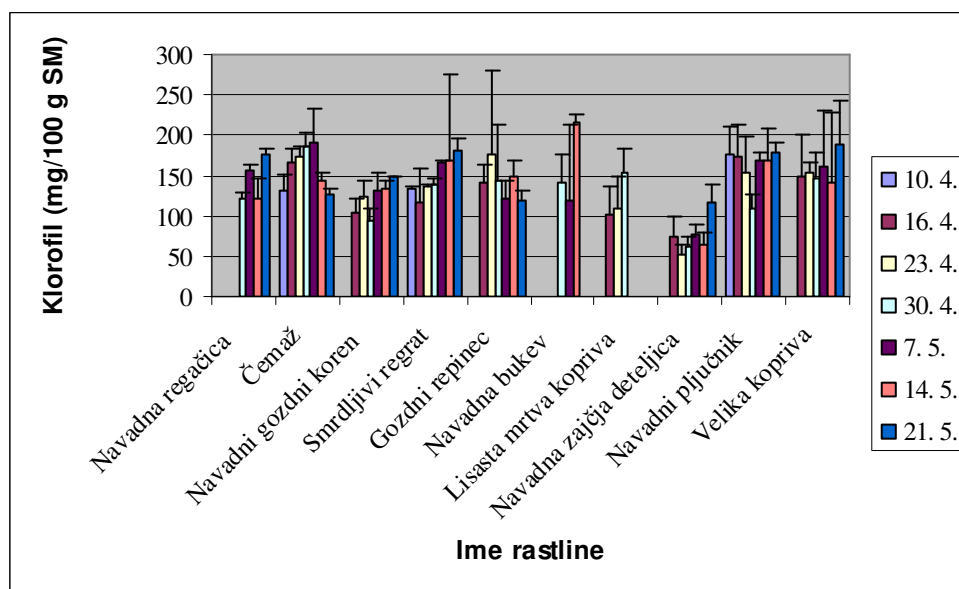
V sklopu diplomske naloge smo merili vsebnost posameznih fotosinteznih pigmentov v izbranih samoniklih rastlinah. Ločeno smo določali vsebnost klorofila a in klorofila b, kot prikaz rezultatov pa smo vsebnosti posameznih klorofilov združili in jih prikazali kot skupni klorofil tabelarično in grafično (preglednica 4 in slika 1).

Preglednica 4: Povprečna vsebnost klorofila \pm SD v mg/100 g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6

Ime rastline	Datumi vzorčenja						
	10. 4.	16. 4.	23. 4.	30. 4.	7. 5.	14. 5.	21. 5.
Navadna regačica	NM	NM	NM	121,4 \pm 6,7	155,6 \pm 8,4	121,4 \pm 23,7	177,1 \pm 7,1
Čemaž	131,8 \pm 20,2	167,0 \pm 16,4	172,6 \pm 12,6	186,7 \pm 17,2	191,1 \pm 41,9	144,1 \pm 9,0	126,2 \pm 7,8
Navadni gozdni koren	NM	103,1 \pm 18,4	122,8 \pm 20,3	94,3 \pm 15,3	130,5 \pm 23,6	133,0 \pm 11,4	148,3 \pm 0,9
Smrdljivi regrat	133,3 \pm 3,7	117,0 \pm 41,0	135,2 \pm 3,9	140,1 \pm 6,0	165,8 \pm 1,6	169,0 \pm 107,1	181,7 \pm 14,6
Gozdni repinec	NM	142,5 \pm 22,2	175,1 \pm 103,9	142,7 \pm 70,1	121,8 \pm 21,3	147,9 \pm 21,2	117,9 \pm 13,3
Navadna bukev	NM	NM	NM	140,4 \pm 35,3	119,0 \pm 94,7	216,0 \pm 10,1	NM
Lisasta mrtva kopriva	NM	100,8 \pm 35,3	108,5 \pm 40,7	153,4 \pm 29,7	NM	NM	NM
Navadna zajčja deteljica	NM	73,7 \pm 26,4	51,5 \pm 13,6	63,2 \pm 10,3	76,3 \pm 13,6	65,5 \pm 13,1	117,5 \pm 22,5
Navadni pljučnik	176,4 \pm 34,1	173,2 \pm 39,7	153,0 \pm 44,5	109,1 \pm 17,5	167,4 \pm 10,2	167,5 \pm 41,2	178,1 \pm 12,4
Velika kopriva	NM	147,8 \pm 52,0	153,6 \pm 13,8	147,3 \pm 30,4	161,3 \pm 69,3	141,0 \pm 87,1	189,4 \pm 52,7

Legenda: NM - ni materiala

Vsebnost klorofila v solati sorte 'Majniška Kraljica' (*Lactuca sativa* var. *capitata*), ki je bila kupljena v trgovini konec aprila, je bila 3,0 \pm 1,3 mg/100 g SM.



Slika 1: Vsebnost klorofila \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005

Iz preglednice 4 in slike 1 je razvidno, da se vsebnost skupnega klorofila razlikuje med posameznimi samoniklimi rastlinami in tudi med različnimi datumi nabiranja rastlin. Navadna regačica je največ klorofila (177,1 mg/100 g SM) vsebovala ob zadnjem nabiranju (21. 5.), enako velja tudi za navadni gozdni koren, katerega največja vsebnost klorofila je bila 148,3 mg/100 g SM, navadni pljučnik 178,1 mg/100 g SM, veliko koprivo, ki je 21. 5. vsebovala 189,4 mg/100 g SM, kar je najvišja vrednost med vsemi rastlinami, nabranimi v tem dnevu.

Najmanjšo vrednost klorofila med izbranimi rastlinami za vse datume nabiranja, ima navadna zajčja deteljica, in sicer je njegova največja vrednost 117,5 mg klorofila/100 g SM rastlin, nabranih 21. 5. 2005. Največja vsebnost klorofila med vsemi rastlinami in datumi nabiranja pa je bila izmerjena pri navadni bukvi, in sicer 216,0 mg klorofila/100 g SM v listih, ki so bili nabrani 14. 5. 2005. Velika vsebnost klorofila pa je bila izmerjena tudi pri navadnem pljučniku v začetku vegetacije ob prvem datumu nabiranja 10. 4. 2005, ko smo izmerili 176,4 mg klorofila/100 g SM.

4.1.2 Karoteni

Določitev fotosinteznih pigmentov iz skupine karotenov je zajemala analize α -karotena in β -karotena.

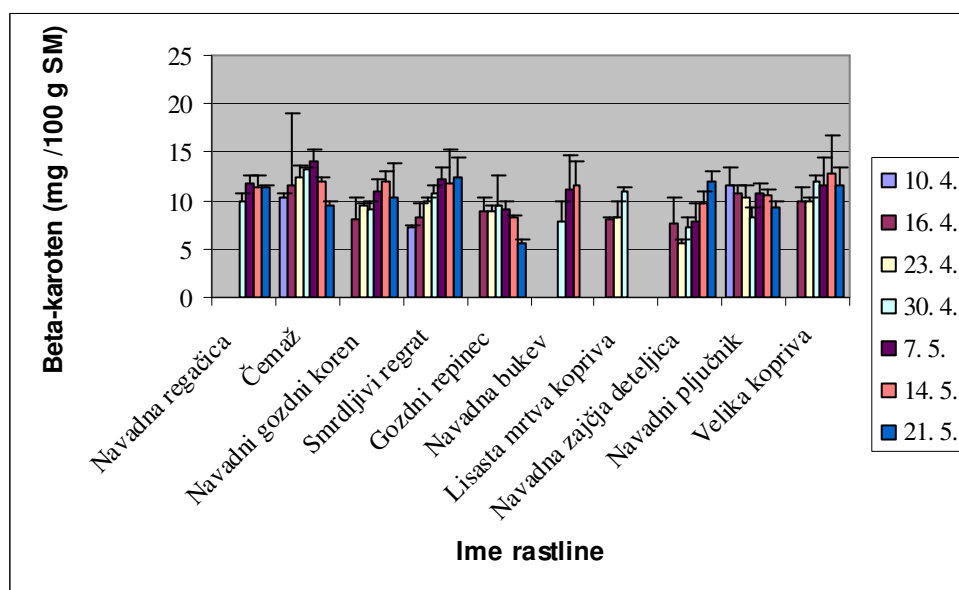
Glede na dobljene rezultate so bile količine α -karotena zelo majhne ali pa pod mejo detekcije. Majhne količine so se pojavile pri večini vzorcev le v sredini obdobja nabiranja vzorcev (od 24. 4. do 7. 5.), tako da rezultati količin α -karotena v posameznih rastlinah in različnih datumih nabiranja ne bodo prikazani.

Preglednica 5: Povprečna vsebnost β -karotena \pm SD v mg/100 g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005. N=2 do 6

Ime rastline	Datumi vzorčenja						
	10. 4.	16. 4.	23. 4.	30. 4.	7. 5.	14. 5.	21. 5.
Navadna regačica	NM	NM	NM	9,9 \pm 0,8	11,8 \pm 0,9	11,3 \pm 1,2	11,3 \pm 0,3
Čemaž	10,4 \pm 0,3	11,5 \pm 7,6	12,5 \pm 1,1	13,2 \pm 0,3	14,1 \pm 1,3	12,0 \pm 0,5	9,6 \pm 0,3
Navadni gozdni koren	NM	8,1 \pm 2,2	9,5 \pm 0,2	9,2 \pm 0,7	10,9 \pm 1,3	11,9 \pm 1,2	10,2 \pm 3,6
Smrdljivi regrat	7,2 \pm 0,3	8,3 \pm 1,3	10,0 \pm 0,4	10,8 \pm 0,8	12,2 \pm 1,2	11,7 \pm 3,6	12,5 \pm 1,9
Gozdni repinec	NM	9,0 \pm 1,4	8,9 \pm 0,5	9,6 \pm 3,0	9,1 \pm 0,8	8,2 \pm 0,3	5,6 \pm 0,5
Navadna bukev	NM	NM	NM	8,0 \pm 2,0	11,2 \pm 3,5	11,5 \pm 2,5	NM
Lisasta mrtva kopriva	NM	8,2 \pm 0,1	8,2 \pm 1,8	11,1 \pm 0,4	NM	NM	NM
Navadna zajčja deteljica	NM	7,6 \pm 2,6	5,7 \pm 0,3	7,2 \pm 1,1	7,8 \pm 2,0	9,6 \pm 1,3	11,9 \pm 1,1
Navadni pljučnik	11,7 \pm 1,7	10,8 \pm 0,8	10,4 \pm 1,3	8,3 \pm 1,0	10,8 \pm 0,9	10,5 \pm 0,6	9,3 \pm 0,7
Velika kopriva	NM	9,9 \pm 1,5	9,9 \pm 0,4	12,0 \pm 0,6	11,5 \pm 2,9	12,8 \pm 3,9	11,6 \pm 1,8

Legenda: NM - ni materiala

Vsebnost β -karotena v solati sorte 'Majniška Kraljica' (*Lactuca sativa* var. *capitata*), ki je bila kupljena v trgovini konec aprila, je bila 0,3 \pm 0,1 mg/100 g SM.



Slika 2: Vsebnost β -karotena \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005

Glede na rezultate v preglednici 5 in na sliki 2 smo ugotovili, da se vsebnosti β -karotena razlikujejo med rastlinami in po datumih nabiranja posameznih rastlin. Tako je bila v povprečju vsebnost β -karotena 5,6 mg/100 g sveže mase izmerjena pri gozdnem repincu, najvišja pa 14,1 mg/100 g sveže mase pri čemažu. Velike koncentracije β -karotena skozi celotno obdobje nabiranja je vsebovala velika kopriva, med 9,9 mg in 12,8 mg pigmenta/100 g SM, največ v rastlinah, ki so bile nabrane 14. 5. 2005. Navadna zajčja deteljica je največje koncentracije pigmenta vsebovala 21. 5 (11,9 mg/100 g SM), navadni pljučnik 10. 4. (11,7 mg/100 g SM), navadna bukev 14. 5. (11,5 mg pigmenta/100 g SM), gozdni repinec 30. 4. (9,6 mg/100 mg SM), smrdljivi regrat 21. 5. (12,5 mg/100 g SM),

navadni gozdni koren 14. 5. (11,9 mg/100 g SM) in navadna regačica 7. 5. (11,8 mg/100 g SM).

Najmanjšo vrednost β -karotena smo pri navadni regačici izmerili 30. 4. (9,9 mg/100 g SM), pri čemažu v rastlinah, nabranih 21. 5. (9,6 mg/100 g SM), pri gozdnem korenu, nabranem 16. 4. (8,1 mg/100 g SM), pri smrdljivem regratu 10. 4. (7,2 mg/100 g SM), pri gozdnem repincu 5,6 mg β -karotena /100 g SM v rastlinah, ki so bile nabrane 21. 5. 2005. Navadna bukev je vsebovala najmanj β -karotena 30. 4., in sicer 8,0 mg/100 g SM rastline, lisasta mrtva kopriva je najmanj, 8,2 mg/100 g SM vsebovala 23. 4., tako kot navadna zajčja deteljica z 5,7 mg β -karotena 100 g SM. Navadni pljučnik je nasploh ob vseh datumih nabiranja vsebovala velike koncentracije β -karotena, najmanj pa so ga vsebovale rastline, ki so bile nabrane 30. 4. in so vsebovale 8,3 mg pigmenta/100 g SM.

4.1.3 Ksantofili

4.1.3.1 Pigmenti ksantofilnega cikla

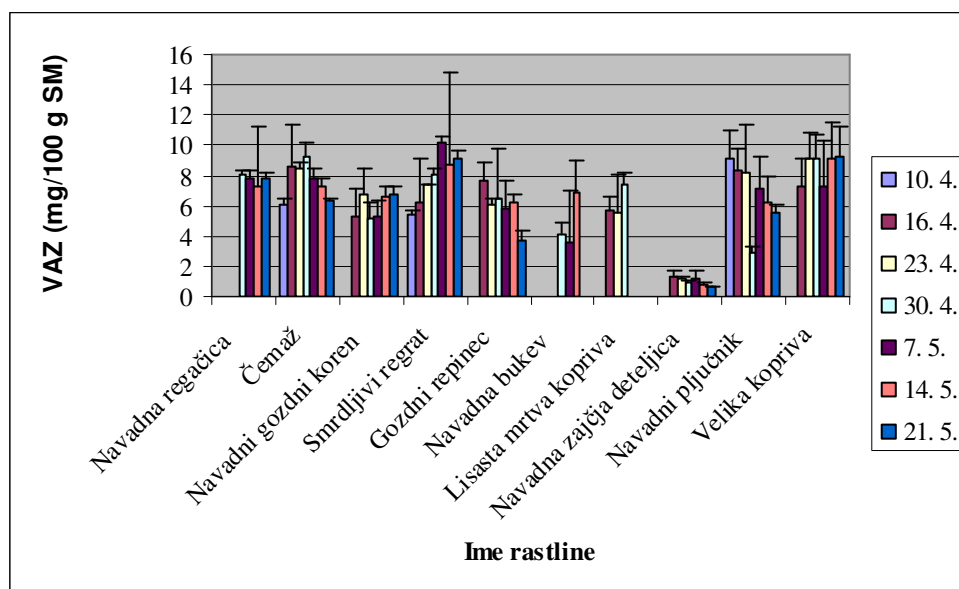
Druga skupina fotosinteznih pigmentov, ki spadajo med karotenoide, so ksantofili. V diplomski nalogi smo merili koncentracije posameznih ksantofilov v izbranih samoniklih rastlinah. Izmerili smo vsebnosti posameznih pigmentov, ki sestavljajo ksantofilni cikel (violaksantin, anteraksantin, zeaksantin). Rezultate analiz bomo v spodnjih tabelah prikazali združeno (VAZ). Ker so bili vzorci nabrani zjutraj, je bil VAZ cikel v epoksidiranem stanju, zato je bila vsebnost zeaksantina zanemarljivo majhna. Vse rezultate bomo zato prikazali kot vsoto violaksantina, anteraksantina in zeaksantina. Ločeno pa bosta prikazana še neoksantin in lutein.

Preglednica 6: Povprečna vsebnost vsote (VAZ) pigmentov ksantofilnega cikla (violaksantin, anteraksantin in zeaksantin) \pm SD v mg/100 g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6

Ime rastline	Datumi vzorčenja						
	10. 4.	16. 4.	23. 4.	30. 4.	7. 5.	14. 5.	21. 5.
Navadna regačica	NM	NM	NM	8,0 \pm 0,3	7,8 \pm 0,5	7,3 \pm 3,9	7,8 \pm 0,4
Čemaž	6,0 \pm 0,4	8,6 \pm 2,7	8,4 \pm 0,5	9,2 \pm 1,0	7,8 \pm 0,7	7,3 \pm 0,5	6,4 \pm 0,1
Navadni gozdni koren	NM	5,3 \pm 1,8	6,7 \pm 1,7	5,2 \pm 1,1	5,2 \pm 1,1	6,6 \pm 0,7	6,7 \pm 0,6
Smrdljivi regrat	5,4 \pm 0,3	6,3 \pm 2,8	7,4 \pm 0,0	8,0 \pm 0,4	10,2 \pm 0,3	8,7 \pm 6,1	9,1 \pm 0,5
Gozdni repinec	NM	7,7 \pm 1,2	6,1 \pm 0,4	6,5 \pm 3,3	5,8 \pm 1,9	6,2 \pm 0,5	3,7 \pm 0,6
Navadna bukev	NM	NM	NM	4,2 \pm 0,8	3,6 \pm 3,4	6,9 \pm 2,1	NM
Lisasta mrtva kopriva	NM	5,7 \pm 0,9	5,5 \pm 2,6	7,4 \pm 0,8	NM	NM	NM
Navadna zajčja deteljica	NM	1,3 \pm 0,5	1,2 \pm 0,2	0,9 \pm 0,1	1,2 \pm 0,5	0,8 \pm 0,2	0,6 \pm 0,0
Navadni pljučnik	9,1 \pm 1,9	8,3 \pm 1,4	8,2 \pm 3,1	2,9 \pm 0,4	7,1 \pm 2,1	6,2 \pm 1,7	5,5 \pm 0,6
Velika kopriva	NM	7,2 \pm 1,9	9,2 \pm 1,7	9,2 \pm 1,6	7,3 \pm 3,0	9,1 \pm 2,4	9,3 \pm 2,0

Legenda: NM - ni materiala

Vsebnost VAZ v solati sorte 'Majniška Kraljica' (*Lactuca sativa var. capitata*), ki je bila kupljena v trgovini konec aprila, je bila 0,3 \pm 0,0 mg/100 g SM.



Slika 3: Vsebnost pigmentov ksantofilnega cikla (vsota violaksantin, anteraksantin in zeaksantin) \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005

Vsote izmerjenih koncentracij VAZ (violaksantin, anteraksantin in zeaksantin) za določene dneve v sezoni nabiranja posameznih samoniklih rastlin prikazujeta preglednica 6 in slika 3. Po vsebnosti VAZ smo ugotovili razliko med različnimi datumi nabiranja za posamezne rastline, obstajajo pa tudi razlike med obravnavanimi rastlinami.

Najmanjše vsebnosti VAZ pigmentov za vse datume vzorčenja vsebuje navadna zajčja deteljica, njegove vrednosti se gibljejo od 0,6 do 1,3 mg ksantofilnih pigmentov/100 g sveže mase rastlin. Za vse datume vzorčenja pa je bilo VAZ pigmentov veliko v veliki koprivi, kjer so se vrednosti gibale od 7,2 do 9,3 mg VAZ/100 g sveže mase. Podobno velja tudi zanavadno regačico, kjer se vrednosti gibljejo med 7,3 in 8,0 mg/100 g SM. Za vse datume nabiranja pa je veliko vsebnost VAZ pigmentov dosegel tudi smrdljivi regrat z vrednostmi od 5,4 do 10,2 mg/100 g SM. Tudi čemaž je v vseh dnevih vzorčenja dosegel velike koncentracije VAZ z vrednostmi od 6,0 do 9,2 mg/100 g SM. Vsebnost VAZ pa je bila velika tudi v navadnem pljučniku (med 2,9 in 9,1 mg/100 g SM), manj pa je bilo pigmentov ksantofilnega cikla v navadnem gozdnem korenu (od 5,2 do 6,7 mg/100 g SM) in v gozdnem repincu (od 3,7 do 7,7 mg/100 g SM).

Največja izmerjena vsebnost VAZ med vsemi rastlinami je bila 10,2 mg/100 g SM v smrdljivem regratu, ki je bil nabran 7. 5., najmanj VAZ pa smo izmerili v listih navadne zajčje deteljice, ki so bili nabrani 21. 5. in so imeli vrednost 0,6 mg/100 g sveže mase rastlin.

4.1.3.2 Neoksantin

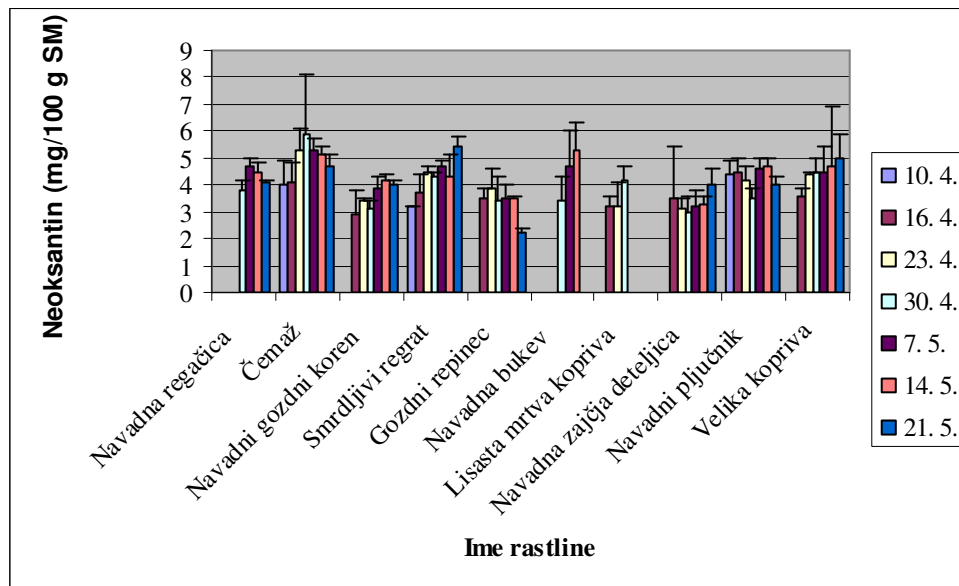
V diplomskem delu smo določali tudi vsebnost neoksantina v izbranih samoniklih rastlinah, kar bomo prikazali tudi v preglednici 7 in na sliki 4.

Preglednica 7: Povprečna vsebnost neoksantina \pm SD v mg/100 g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6

Ime rastline	Datumi vzorčenja						
	10. 4.	16. 4.	23. 4.	30. 4.	7. 5.	14. 5.	21. 5.
Navadna regačica	NM	NM	NM	3,8 \pm 0,4	4,7 \pm 0,3	4,5 \pm 0,3	4,1 \pm 0,1
Čemaž	4,0 \pm 0,9	4,1 \pm 0,7	5,3 \pm 0,8	5,9 \pm 2,2	5,3 \pm 0,4	5,1 \pm 0,3	4,7 \pm 0,4
Navadni gozdni koren	NM	2,9 \pm 0,9	3,4 \pm 0,1	3,1 \pm 0,3	3,9 \pm 0,4	4,2 \pm 0,2	4,0 \pm 0,2
Smrdljivi regrat	3,2 \pm 0,0	3,7 \pm 0,7	4,5 \pm 0,2	4,3 \pm 0,2	4,7 \pm 0,2	4,3 \pm 0,8	5,4 \pm 0,4
Gozdni repinec	NM	3,5 \pm 0,4	3,9 \pm 0,7	3,4 \pm 0,9	3,5 \pm 0,5	3,5 \pm 0,1	2,2 \pm 0,2
Navadna bukev	NM	NM	NM	3,4 \pm 0,9	4,7 \pm 1,3	5,3 \pm 1,0	NM
Lisasta mrtva kopriva	NM	3,2 \pm 0,4	3,2 \pm 0,9	4,2 \pm 0,5	NM	NM	NM
Navadna zajčja deteljica	NM	3,5 \pm 1,9	3,1 \pm 0,4	3,0 \pm 0,6	3,2 \pm 0,6	3,3 \pm 0,3	4,0 \pm 0,6
Navadni pljučnik	4,4 \pm 0,5	4,5 \pm 0,5	4,2 \pm 0,5	3,5 \pm 0,4	4,6 \pm 0,4	4,7 \pm 0,3	4,0 \pm 0,3
Velika kopriva	NM	3,6 \pm 0,3	4,4 \pm 0,1	4,5 \pm 0,5	4,5 \pm 0,9	4,7 \pm 2,2	5,0 \pm 0,9

Legenda: NM - ni materiala

Vsebnost neoksantina v solati sorte 'Majniška Kraljica' (*Lactuca sativa var. capitata*), ki je bila kupljena v trgovini konec aprila, je bila 0,1 \pm 0,0 mg/100 g SM.



Slika 4: Vsebnost neoksantina \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005

Kakor prikazujeta preglednica 7 in slika 4, lahko ugotovimo, da so si rezultati za posamezne rastline po različnih datumih nabiranja precej podobni. Tako smo največ neoksantina določili v čemažu, ki je bil nabran 30. 4. 2005 ter je vseboval 5,9 mg neoksantina/100 g SM listov. Kot drugo največjo vsebnost smo določili 5,4 mg

pigmenta/100 g SM listov v smrdljivem regratu, ki je bil nabran 21. 5. 2005. Navadna bukev pa je 14. 5. vsebovala tretjo največjo vsebnost med vsemi obravnavanimi rastlinami v vseh datumih nabiranja in je znašala 5,3 mg/100 g SM.

Vsebnosti neoksantina v užitnih samoniklih rastlinah so se gibale med 2,2 mg/100 g SM pri gozdnem repincu, ki je bil nabran 21. 5., največjo vrednost pa so vsebovali že omenjeni listi čemaža, 5,9 mg/100 g SM. V splošnem pogledu lahko vidimo, da so v vseh datumih nabiranja vse rastline vsebovale zelo podobne količine neoksantina, nekoliko manj kot v ostalih smo ga določili v gozdnem repincu, kjer so se vrednosti gibale od 2,2 mg/100 g SM pa do 3,9 mg neoksantina/100 mg SM listov.

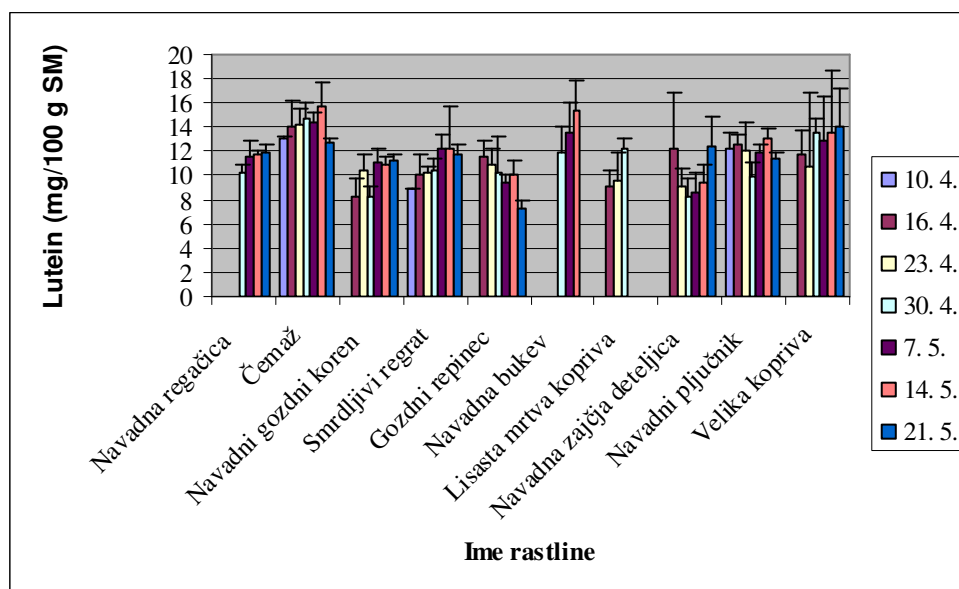
4.1.3.3 Lutein

Preglednica 8: Povprečna vsebnost luteina \pm SD v mg/100 g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6

Ime rastline	Datumi vzorčenja						
	10. 4.	16. 4.	23. 4.	30. 4.	7. 5.	14. 5.	21. 5.
Navadna regačica	NM	NM	NM	10,3 \pm 0,6	11,6 \pm 1,2	11,7 \pm 0,4	11,9 \pm 0,7
Čemaž	13,0 \pm 0,2	14,1 \pm 2,1	14,2 \pm 1,4	14,7 \pm 1,4	14,4 \pm 0,9	15,7 \pm 2,1	12,7 \pm 0,4
Navadni gozdni koren	NM	8,3 \pm 1,5	10,5 \pm 1,2	8,3 \pm 0,8	11,0 \pm 1,2	10,9 \pm 0,6	11,2 \pm 0,6
Smrdljivi regrat	8,9 \pm 0,1	10,1 \pm 1,7	10,3 \pm 0,4	10,4 \pm 1,0	12,3 \pm 1,1	12,2 \pm 3,5	11,7 \pm 0,8
Gozdni repinec	NM	11,5 \pm 1,4	11,0 \pm 1,2	10,2 \pm 3,1	9,4 \pm 0,6	10,0 \pm 1,3	7,3 \pm 0,7
Navadna bukev	NM	NM	NM	11,9 \pm 2,2	13,6 \pm 2,5	15,3 \pm 2,5	NM
Lisasta mrtva kopriva	NM	9,1 \pm 1,3	9,6 \pm 2,2	12,2 \pm 0,8	NM	NM	NM
Navadna zajčja deteljica	NM	12,2 \pm 4,6	9,1 \pm 1,4	8,3 \pm 1,5	8,6 \pm 1,7	9,5 \pm 1,4	12,4 \pm 2,5
Navadni pljučnik	12,2 \pm 1,4	12,5 \pm 0,9	12,1 \pm 2,3	9,9 \pm 1,2	11,9 \pm 0,7	13,1 \pm 0,7	11,4 \pm 0,6
Velika kopriva	NM	11,8 \pm 2,0	10,7 \pm 6,2	13,5 \pm 1,2	12,8 \pm 3,7	13,5 \pm 5,2	14,1 \pm 3,2

Legenda: NM - ni materiala

Vsebnost luteina v solati sorte 'Majniška Kraljica' (*Lactuca sativa* var. *capitata*), ki je bila kupljena v trgovini konec aprila, je bila 0,3 \pm 0,1 mg/100 g SM.



Slika 5: Vsebnost luteina \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005

Glede na rezultate analiz, ki so prikazani v preglednici 8 in na sliki 4, lahko vidimo, da so bile vsebnosti luteina pri čemažu skozi celotno obdobje nabiranja visoke od 12,7 do 15,7 mg/100 g sveže mase rastlin, največ luteina pa so vsebovale rastline, ki so bile nabrane 14. 5. 2005. Na isti datum nabiranja so tudi listi navadne bukve vsebovali največ luteina (15,3 mg/100 g SM). Datum, ko so rastline vsebovale največ luteina je bil pri večih samoniklih rastlinah 21. 5., kar velja za navadno regačico (11,9 mg/100 g SM), navadni gozdni koren (11,2 mg luteina/100 g SM), navadno zajčjo deteljico (12,4 mg/100 g SM) in za veliko koprivo (14,1 mg/100 g SM). Zelo ugodna datuma nabiranja glede na veliko vsebnost luteina sta bila tudi 7. 5. in 14. 5. pri navadni regačici, čemažu, navadnem gozdnem korenu, navadni bukvi, navadnem pljučniku in veliki koprivi. Velike vsebnosti luteina v začetku vegetacije (10. 4., 16. 4., 23. 4.) pa smo določili v listih čemaža, gozdnega repinca, navadne zajčje deteljice, navadnega pljučnika in velike koprive.

Največ luteina od vseh obravnavanih rastlin smo določili v čemažu (15,7 mg/100 g SM), nabranem 14. 5., najmanj pa v gozdnem repincu (7,3 mg/100 g SM), ki je bil nabran 21. 5. 2005.

4.2 TOKOFEROL

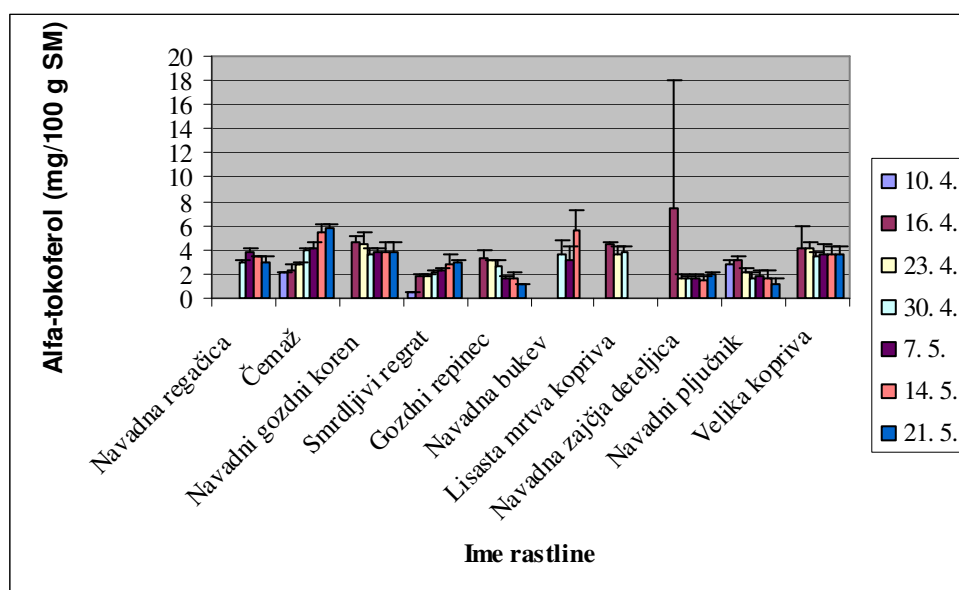
4.2.1 α -tokoferol

Preglednica 9: Povprečna vsebnost α -tokoferola \pm SD v mg/100 g sveže mase v izbranih samoniklih rastlinah po različnih datumih vzorčenja na lokaciji Mačkovec v letu 2005, N=2 do 6

Ime rastline	Datumi vzorčenja						
	10. 4.	16. 4.	23. 4.	30. 4.	7. 5.	14. 5.	21. 5.
Navadna regačica	NM	NM	NM	3,0 \pm 0,1	3,85 \pm 0,3	3,4 \pm 0,1	3,0 \pm 0,5
Čemaž	2,1 \pm 0,1	2,3 \pm 0,4	2,8 \pm 0,2	3,9 \pm 0,2	4,2 \pm 0,4	5,4 \pm 0,8	5,8 \pm 0,3
Navadni gozdni koren	NM	4,7 \pm 0,5	4,4 \pm 1,0	3,7 \pm 0,4	3,9 \pm 0,2	3,9 \pm 0,8	3,8 \pm 0,8
Smrdljivi regrat	0,5 \pm 0,1	1,8 \pm 0,2	1,8 \pm 0,1	2,1 \pm 0,2	2,4 \pm 0,1	2,8 \pm 0,9	3,0 \pm 0,2
Gozdni repinec	NM	3,4 \pm 0,6	3,1 \pm 0,1	2,7 \pm 0,4	1,6 \pm 0,2	1,6 \pm 0,5	1,1 \pm 0,1
Navadna bukev	NM	NM	NM	3,6 \pm 1,2	3,2 \pm 1,1	5,6 \pm 1,6	NM
Lisasta mrtva kopriva	NM	4,5 \pm 0,2	3,6 \pm 0,7	3,8 \pm 0,4	NM	NM	NM
Navadna zajčja deteljica	NM	7,5 \pm 10,5	1,7 \pm 0,3	1,6 \pm 0,2	1,7 \pm 0,3	1,6 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2
Navadni pljučnik	2,9 \pm 0,2	3,1 \pm 0,3	2,2 \pm 0,3	1,7 \pm 0,4	1,8 \pm 0,5	1,7 \pm 0,6	1,1 \pm 0,5
Velika kopriva	NM	4,2 \pm 1,7	4,1 \pm 0,5	3,5 \pm 0,3	3,7 \pm 0,8	3,6 \pm 0,8	3,6 \pm 0,7

Legenda: NM - ni materiala

Vsebnost α -tokoferola v solati sorte 'Majniška Kraljica' (*Lactuca sativa* var. *capitata*), ki je bila kupljena v trgovini konec aprila, je bila 0,2 \pm 0,0 mg /100 g SM.



Slika 6: Vsebnost α -tokoferola \pm SD v mg/100 g sveže mase posameznih samoniklih rastlin glede na datum nabiranja v letu 2005

Kakor je razvidno iz preglednice 9 in slike 5, so največje vsebnosti α -tokoferola vsebovale rastline navadne zajčje deteljice, ki smo jih nabrali 16. 4. in so vsebovale 7,5 mg α -tokoferola/100 g SM. V primerjavi z vsebnostmi v ostalih datumih nabiranja pa je bila izmerjena količina α -tokoferola v navadni zajčji deteljici, precej manjša od navedene vrednosti in manjša tudi od ostalih rastlin. Najmanjšo vrednost (0,5 mg/100 g SM) med

izbranimi samoniklimi rastlinami smo izmerili v smrdljivem regratu, ki je bil nabran 10. 4. 2005.

Pri čemažu pa so se vsebnosti α -tokoferola tekom sezone nabiranja povečevale, tako da smo v rastlinah, nabranih 10. 4. izmerili 2,1 mg α -tokoferola/100 g SM, v zaključku sezone nabiranja pa se je vsebnost povečala na 5,8 mg α -tokoferola/100 g SM in sicer v rastlinah, ki so bile nabrane 21. 5. 2005. Dokaj velike vsebnosti α -tokoferola skozi vso rastno sezono z zelo majhnimi nihanji v količinah pigmenta med različnimi datumi nabiranja pa smo izmerili pri navadnem gozdnem korenu, od 3,7 mg do 4,7 mg α -tokoferola/100 g SM. Podoben trend se kaže tudi priveliki koprivi, kjer se vsebnosti gibljejo od 3,5 mg do 4,2 mg α -tokoferola/100 g SM. V vseh treh datumih nabiranja pa sta se kot rastlini s precej veliko vsebnostjo α -tokoferola izkazali tudi navadna bukev (od 3,2 mg do 5,6 mg/100 g SM) in lisasta mrtva kopriva (od 3,6 mg do 4,5 mg/100 g SM).

4.2.2 γ - tokoferol in δ - tokoferol

V diplomskem delu smo v izbranih samoniklih rastlinah analizirali tudi γ - in δ -tokoferol, vendar pa sta se v vzorcih nahajala v tako majhnih količinah, da rezultatov teh analiz ne bomo prikazali.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Življenje današnjega časa je zelo hitro, stresno in izpostavljeno mnogim dejavnikom, ki lahko negativno vplivajo na naše počutje in porušijo imunski sistem organizma. V zadnjem desetletju so bile izvedene številne raziskave na temo o zdravi prehrani in pomenu antioksidativnih snovi v prehrani ljudi. Te snovi so v glavnem povezovali z uživanjem sadja in zelenjave, zadnja leta pa povsod po svetu velik poudarek pripisujejo samoniklim užitnim rastlinam, ki jih sicer ne gojimo, so pa ravno tako primerne in zelo dobrodošle v človekovi prehrani ravno zaradi dejstva, da te rastline vsebujejo bistveno več bioaktivnih snovi, ki pozitivno vplivajo na naše zdravje.

Namen diplomskega dela z naslovom Sezonsko spremljanje bioaktivnih snovi v nekaterih užitnih samoniklih rastlinah je bil določiti vsebnost fotosinteznih pigmentov (klorofil, beta-karoten, pigmenti ksantofilnega cikla, lutein) in tokoferola v uporabnih delih izbranih užitnih samoniklih rastlin in ugotoviti, kako se te vsebnosti tekom rastne sezone rastlin spreminjajo. Želeli pa smo tudi primerjati dobljene vrednosti fotosinteznih pigmentov in tokoferolov (v človeškem organizmu delujejo antioksidativno) v izbranih užitnih samoniklih rastlinah, ki se vedno bolj uveljavljajo in uporabljajo v prehrani ljudi, z vsebnostmi teh bioaktivnih snovi v gojeni zelenjadnici, solati (*Lactuca sativa var. capitata*).

Samonikle rastline so predvsem uporabne zgodaj spomladi (v diplomskem delu je sezona nabiranja trajala od 10. 6. 2005 do 21. 5. 2005, odvisno od posamezne rastline), še preden na vrtovih vzgojimo prvo zelenjavo, nabirali pa smo predvsem mlade liste in mlade poganjke, ki so uporabni v prehrani ljudi.

V diplomskem delu smo potrdili hipotezo, da izbrane samonikle rastline vsebujejo različne količine bioaktivnih snovi (klorofil, karotenoidi, tokoferoli) in da se vsebnost le-teh v rastlinah tekom sezone nabiranja samoniklih rastlin spreminja. Potrdili pa smo tudi domnevo, da so po prehranski vrednosti s stališča vsebnosti omenjenih bioaktivnih snovi izbrane samonikle rastline bogatejše kakor gojena zelednada, solata.

Burns in sod. (2003) navajajo, da so temnozelenne rastline zelo bogate s klorofili, kar lahko potrdimo tudi na podlagi naših analiz, saj so zelo velike količine klorofila vsebovali listi navadne bukve, kar 216,0 mg/100 g SM, ki so bili nabrani na vrhuncu sezone nabiranja listov bukve za prehrano. Poleg listov bukve so bili s klorofilom bogati tudi mladi listi in poganjki čemaža, smrdljivega regrata, navadnega gozdnega korena, navadnega pljučnika in velike koprive, ki so tudi vsi temnozelenne barve. Za prehrano se uporabljajo predvsem mladi listi teh rastlin skozi celotno sezono nabiranja.

Po naših analizah so najmanj klorofila vsebovale rastline navadne zajčje deteljice, katerih listi so svetlozelenne barve (Seidel in Eisenreich, 1992).

Solata kot gojena zelenjadnica vsebuje zelo majhne količine klorofila v primerjavi z izbranimi samoniklimi rastlinami. Vsebnost klorofila v listih solate, ki smo jo kupili v trgovini, je bila 3 mg/100 g SM, medtem ko je najnižja določena vrednost v samonikli rastlini z najmanj klorofila (navadna zajčja deteljica) znašala 51,4 mg/100 g SM, kar je kar 17-krat večja vrednost kot v solati. Solato so v svoji raziskavi analizirali tudi Burns in sod. (2003) (Preglednica 1) ter ugotovili, da je solata v njihovem posukusu vsebovala 2,9 mg klorofila/100 g SM listov, kar sovпада tudi z našimi analizami. Poleg solate so klorofil določali v dveh gojenih zelenjadnicah, pri katerih ne uživamo listov, ampak brste oz. plodove, brokoliju in papriki. Tako so bile vsebnosti klorofila pri brokoliju kar 151-krat manjše kot v solati, pri zeleni papriki pa skoraj 4-krat manjše, kot so jih določili v solati, tako da lahko z gotovostjo trdimo, da listi samoniklih rastlin vsebujejo več klorofila, kot brsti in plodovi zelenjadnic.

V splošnem pa je klorofil v prehranskem smislu, kot antioksidant v človeškem telesu še dokaj slabo raziskan, Breiholt in sod. (1995) navajajo, da ima pomembno vlogo pri zmanjševanju tveganja za nastanek raka na jetrih.

Iz skupine karotenov smo v diplomskem delu določali vsebnost oranžno-rdečih pigmentov, α -in β -karotena. Količine α -karotena so bile pri večini rastlin zelo majhne ali nezaznavne. Trditev Goodwina in Brittona (1998), ki sta v svoji raziskavi opisala, da sta glavna karotenoida, ki se nahajata v kloroplastu, β -karoten in lutein, kar lahko potrdimo tudi na podlagi naših rezultatov, poleg tega pa so razlike v vsebnosti teh dveh pigmentov zelo majhne. Ostali pigmenti iz skupine karotenoidov pa si po koncentraciji, izmerjeni v listih, sledijo, začenši z violaksantinom in neoksantinom, v manjših količinah se v rastlini nahajajo zeaksantin, anteraksantin in α -karoten (Goodwin in Britton, 1998), kar potrjujejo tudi rezultati naših analiz.

Literatura navaja, da sta iz skupine karotenoidov po vsebnostih v listih najbolj zastopana lutein in β -karoten, saj so tudi izbrane rastline po vseh datumih vzorčenja vsebovale velike količine luteina in β -karotena, ki sta bila zelo enakomerno razporejena skozi celotno sezono nabiranja rastlin. Največ β -karotena so vsebovali listi čemaža (14,1 mg/100 g SM), ki so bili vzorčeni 7. 5. 2005, najmanj pa listi gozdnega repinca (5,6 mg/100 g SM), ki so bili nabrani 21. 5. 2005. Vsebnost β -karotena v gojeni solati pa je bila v primerjavi z izbranimi samoniklimi rastlinami zelo majhna in je znašala 0,3 mg/100 g SM.

β -karoten v človeškem telesu predstavlja provitamin vitamina A, ki je pomemben obrambni element v imunskem sistemu organizma, zmanjšuje pa tudi tveganje za nastanek kardiovaskularnih bolezni (Michaud in sod., 2000).

Oksidacijski produkti karotenov pa so ksantofili, ki so rumeni do rdeči (Vodnik, 2001). V diplomskem delu smo izmerili vsebnosti posameznih pigmentov ksantofilnega cikla in jih sešteli (violaksantin, anteraksantin, zeaksantin) ter luteina in neoksantina.

Pigmenti ksantofilnega cikla (VAZ) se pretvarjajo tekom dneva oz. odvisno od intenzitete svetlobe. Iz β -karotena s hidrosilacijo nastane zeaksantin, iz tega pa z epoksidacijo nastaneta anteraksantin in violaksantin (Demmig-Adams in Adams, 1993). Z večanjem intenzitete osvetlitve (PDF) se zeaksantin pretvarja v violaksantin (Munne-Bosch in Alegre, 2000 in 2000a), to pomeni, da so rastline, ki so bile vse nabrane zjutraj, vsebovale več violaksantina kakor zeaksantina, kar potrjujejo tudi rezultati naših analiz. Te so pri vseh rastlinah za vse datume nabiranja pokazale podobne rezultate, saj so bile naše rastline vzorčene zjutraj, ko je bila osvetlitev rastlin v gozdni podrasti še zelo šibka in je bilo v vzorcih zato zaznati tudi manj zeaksantina in več violaksantina.

Izmed pigmentov ksantofilnega cikla je s stališča bioaktivne funkcije v človeškem telesu najpomembnejši zeaksantin, ki se skupaj z luteinom nahaja v mrežnici očesa in preprečuje nastanek sive mrežnice (Kinsky, 2003). Po navedbah Ribaya-Mercado in sod. (2004) njuna prisotnost zmanjšuje tveganje za nastanek raka na prsih in pljučih.

Lutein je bil v vsaki rastlini po različnih datumih vzorčenja zastopan v zelo podobnih količinah kakor β -karoten, na splošno največ ga je bilo v čemažu (od 12,7 mg/100 g SM do 15,7 mg/100 g SM) in listih bukve (od 11,9 mg/100 g SM do 15,3 mg/100 g SM). Najmanjšo količino tega za oči pomembnega antioksidanta smo izmerili v gozdnem repincu, ki smo ga nabrali 21. 5. 2005 in sicer 7,3 mg/100 g SM. V solati je bila vsebnost luteina zelo majhna v primerjavi z izbranimi samoniklimi rastlinami, 0,3 mg/100 g SM listov, kar je približno 24-krat manj, kot je najmanjša vrednost luteina, izmerjena v analiziranih samoniklih rastlinah.

Vrednosti neoksantina so si bile pri vseh analiziranih rastlinah skozi celotno obdobje nabiranja zelo podobne in se niso preveč razlikovale niti ne med rastlinami in niti ne med datumi nabiranja znotraj posameznih rastlin. Gibale so se med 2,2 mg /100g SM listov pri gozdnem repincu in 5,9 mg/100g SM pri čemažu, kar je bila največja izmerjena vrednost. V listih solate pa smo neoksantina izmerili le 0,1 mg/100g SM, kar je kar 22-krat manj, kakor je najnižja vsebnost neoksantina (gozdni repinec) v analiziranih samoniklih rastlinah.

Guil in sod., so leta 1997 objavili študijo o raziskavah na območju Španije, kjer so določali skupno vsebnost vseh karotenoidov v užitni divji hrani. Rastline so nabirali marca, vsebnosti vseh karotenoidov pa so se gibale od 4,2 mg/100 g SM (*Stellaria media*) pa do 15,4 mg/100 g SM (*Amaranthus viridis*). Na podlagi rezultatov naših analiz pa so že same vsebnosti β -karotena dosegale vrednosti od 5,6 mg/100 g SM pa do 14,1 mg/100 g SM listov, kar pomeni, da so v diplomskem delu izbrane samonikle rastline veliko boljši vir karotenoidov kakor rastline, ki so jih je analizirali Guil in sod. (1997).

Tokoferoli, ki smo jih določevali v diplomskem delu spadajo med najpomembnejše lipofilne antioksidante. Posamezno smo določevali α -tokoferol, γ -tokoferol in δ -tokoferol. Od njih je najbolj aktiven α -tokoferol, γ -tokoferol pa se pojavi le kot intermediat pri sintezi

α -tokoferola iz δ -tokoferola (Hess, 1993). Ker je bilo v rastlinskih vzorcih γ - in δ -tokoferola malo, smo se v diplomskem delu osredotočili predvsem na α -tokoferol, ki je prekursor vitamina E, ki ima v človeškem telesu pomembno antioksidativno vlogo (Korošec, 2000). Trditev, ki jo navajajo Polle in Rennenberg, 1994, ter Fryer, 1992, da se vsebnost α -tokoferola spreminja tudi tekom sezone nabiranja rastlin podpirajo tudi naše analize. Velike vsebnosti α -tokoferola smo določili ob vseh dnevih vzorčenja čemaža, največ ga je bilo v rastlinah, ki so bile nabrane 21. 5. 2005. Najmanj α -tokoferola smo določili v listih smrdljivega regrata zgodaj spomladi (10. 4. 2005), ko je njegova vsebnost znašala komaj 0,56 mg/100 g SM.

Po navedbah Munne-Bosch in Alegre (2000) je ugotovljeno, da je nenadno povečanje vsebnosti α -tokoferola lahko posledica razpada klorofila. Njegova vsebnost je bila pri navadni zajčji deteljici zelo majhna skozi celotno obdobje nabiranja, povečana je bila le ob prvem datumu nabiranja samoniklih rastlin (10. 4. 2005) in je znašala kar 7,5 mg/100g SM, kar je veliko več v primerjavi z ostalimi rastlinami. Vsebnost α -tokoferola v zajčji deteljici je bila pri prvem vzorčenju precej večja kakor pri ostalih, ker smo ob prvem vzorčenju pobirali stare liste, ob vseh naslednjih pa mlade. Znano je, da s starostjo tkiv vsebnost α -tokoferola narašča (Rise in sod., 1989).

Vsebnosti α -tokoferola so se v analiziranih samoniklih rastlinah gibale med 0,5 mg/100 g SM in 7,5 mg/100 g SM rastlin, v solati pa je znašala le 0,2 mg/100 g SM listov.

Haila in sod. (1996) navajajo, da so glavni viri tokoferola predvsem rastlinska olja, kar je razumljivo, saj so po kemijski zgradbi lipofilnega značaja. Samonikle rastline, ki smo jih analizirali v našem diplomskem delu, pa te lipofilne rastlinske spojine vsebujejo v vsaj enakih in tudi večjih količinah.

Od tokoferolov je po učinkovitosti v človeškem telesu α -tokoferol najpomembnejši, ki zmanjšuje možnost nastanka kardiovaskularnih bolezni (Traber, 1999) in povečuje imunske sposobnosti organizma proti gripi, hepatitisu b in tetanusu, predvsem pri starejših osebah (Meydani in sod., 1997; Han in Meydani, 1999).

Kreft in sod. (2000) navajajo, da rastline, ki so izpostavljene težjim rastnim razmeram, stresnim dejavnikom, sintetizirajo več fotosinteznih pigmentov in sekundarnih metabolitov, ki imajo obrambno funkcijo v rastlini in ji pomagajo v danih ekoloških razmerah preživeti. In ravno te snovi potrebuje tudi človeški organizem, da se brani pred negativnimi vplivi okolja, saj jih telo samo ni sposobno sintetizirati. Pri gojenih rastlinah pa pridelovalec želi, da bi rastlina zrasla čim hitreje, ji zato omogoči kar najboljše rastne razmere (oskrba z vodo, gnojenje, varstvo pred škodljivci ...) in tako se rastlini sami ni potrebno braniti in boriti za obstoj, posledično pa je zato bioaktivnih snovi znatno manj.

Na podlagi pregleda literature in analiz, ki so bile opravljene za namen diplomskega dela, lahko ugotovimo, da so užitne samonikle rastline veliko bogatejše z analiziranimi

antioksidativnimi snovmi (karoteni, lutein, tokoferoli) kakor solata. Pri nabiranju teh z bioaktivnimi snovmi bogatih samoniklih rastlin za prehrano je pomembno poznavanje rastlin, upoštevati je potrebno primeren čas nabiranja in način priprave. Pri uporabi in uživanju tako pripravljene hrane pa je ključnega pomena poznavanje tveganja, ki dopušča možnost negativnega učinkovanja v primeru prekomernega uživanja, saj rastline poleg koristnih bioaktivnih snovi vsebujejo tudi antinutritivne snovi, ki jih v sklopu te diplome nismo analizirali.

Zagotovo bodo imele užitne samonikle rastline v prihodnosti v prehrani človeka spet pomembno vlogo, saj so tudi raziskave na tem področju vse bolj aktualne. Raziskujejo se tudi snovi v divji hrani, ki pa so lahko že same po sebi negativno delujoče (npr. oksalna kislina) in ki bi ob prekomernem uživanju lahko škodovale organizmu.

6 POVZETEK

V diplomskem delu z naslovom Sezonsko spremljanje nekaterih bioaktivnih snovi v izbranih užitnih samoniklih rastlinah smo želeli ugotoviti, kako se vsebnost snovi, ki na človeški organizem delujejo antioksidativno, spreminja tekom sezone nabiranja užitnih samoniklih rastlin, koliko je teh snovi v posamezni rastlini in kako se vsebnosti teh snovi razlikujejo med samoniklimi rastlinami in gojeno zelenjadicno, solato.

Izbrane užitne samonikle rastline smo vzorčili na območju med Pivko jamo in Mačkovcem v okolici Postojne od 10. 4. 2005 do 21. 5. 2005 (glede na sezono najbolj primernega nabiranja posamezne rastline) približno vsakih sedem dni v več ponovitvah. V liofiliziranih in zmletih vzorcih smo s pomočjo HPLC analizirali fotosintezne pigmente in tokoferol. Vzoredno smo analizirali te snovi tudi v solati, ki je bila kupljena v trgovini. Podatke smo med seboj primerjali po datumih nabiranja za vsako rastlino posebej glede na vsebnosti posameznih pigmentov in tokoferola.

Vsebnosti analiziranih snovi so se razlikovale med posameznimi datumi nabiranja vsake rastline in tudi med analiziranimi rastlinami. Na podlagi analiz smo ugotovili, da je čemaž (*Allium ursinum*), ki se izmed analiziranih rastlin najpogosteje uporablja v prehrani ljudi, zelo bogat vir antioksidantov in vitaminov. V primerjavi z ostalimi je čemaž vseboval od 126,2 mg do 191,1 mg/100 g SM klorofila, od 9,6 mg do 14,1 mg/100 g SM β -karotena, od 6,0 mg do 9,2 mg/100 g SM pigmentov ksantofilnega cikla, od 12,7 mg do 15,7 mg/100 g SM luteina in od 2,1 mg do 5,4 mg/100 g SM α -tokoferola.

S klorofilom bogate samonikle rastline so poleg čemaža (*Allium ursinum*) še navadna regačica (*Aegopodium podagraria*), navadni gozdni koren (*Angelica sylvestris*), smrdljivi regrat (*Aposeris foetida*), gozdni repinec (*Arctium nemorosum*), listi bukve (*Fagus sylvatica*), navadni pljučnik (*Pulmonaria officinalis*) in velika kopriva (*Urtica dioica*). Najmanj klorofila smo določili v solati, in sicer 3 mg /100 g SM.

Vsebnost β -karotena se je v vseh obravnavanih rastlinah gibala v razponu od 5,6 mg/100 g SM (gozdni repinec) do 14,1 mg/100 g SM (čemaž). Najmanj β -karotena je vsebovala solata (0,3 mg/100 g SM).

Obravnavane samonikle rastline so vsebovale od 3,6 mg (listi bukve) do 10,2 mg/100 g SM (smrdljivi regrat) pigmentov ksantofilnega cikla (violaksantin, anteraksantin, zeaksantin). Manjše koncentracije VAZ pigmentov je vsebovala navadna zajčja deteljica, od 0,6 mg do 1,2 mg/100 g SM, še manj smo jih določili v solati, 0,3 mg/100 g SM.

Pomembnega antioksidanta luteina je bilo v vseh samoniklih rastlinah od 7,3 mg/100 g SM (gozdni repinec) do 15,7 mg/100 g SM (čemaž), v solati pa le 0,3 mg /100 g SM listov.

Med vsemi analiziranimi rastlinami smo najmanj neoksantina (2,2 mg/100 g SM) določili v listih gozdnega repinca, največ pa so ga vsebovali listi čemaža, kar 5,9 mg/100 g SM. V solati je bila izmerjena vrednost 0,1 mg/100 g SM.

Vsebnosti α -tokoferola pa so se po naših rezultatih gibale 0,5 mg/100 g SM (smrdljivi regrat) do 7,5 mg/100 g SM (navadna zajčja deteljica). V solati je bilo omenjene bioaktivne snovi najmanj, 0,2 mg/100 g SM.

Naša raziskava je pokazala, da vsebujejo izbrane samonikle rastline najmanj 20-krat več bioaktivnih snovi iz skupine antioksidantov kot solata. Vsebnosti teh snovi se tekom sezone nabiranja samoniklih rastlin spreminjajo, različne pa so tudi med analiziranimi rastlinami. Od vseh rastlin, analiziranih v diplomskem delu, je zaenkrat pri nas v prehrani uveljavljen predvsem čemaž in v manjši meri velika kopriva.

7 VIRI

- Abram V. 2000. Antioksidativno delovanje flavonoidov. V: Antioksidanti v živilstvu: 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000. Portorož, 26. in 27. oktober. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 23-32
- Aichele D., Golte-Bechtle M. 2004. Kaj neki tu cveti? Kranj, Narava: 447 str.
- Alsher G.R. 1989. Biosynthesis and antioxidant function of glutathione in plants. *Physiologia Plantarum*, 77: 457-464
- Billsten H., Bhosale P., Yemelyanov A., Bernstein P. 2003. Photophysical properties of xanthophylls in carotenoproteins from human retina. *Photochemistry and Photobiology*, 78 (2): 138-145
- Bohn T., Walczyk S., Leisibach S., Hurrell R. 2004. Chlorophyll-bound magnesium in commonly consumed vegetables and fruits: Relevance to magnesium nutrition. *Journal of Food Science*, 69 (9): 347-350
- Breiholt V., Hendricks J., Pereira C., Arbogast D., Bailey G. 1995. Dietary chlorophyllin is a potent inhibitor of aflatoxin B1 hepatocarcinogenesis in rainbow trout. *Cancer Research*, 55 (1): 57-62
- Brussell D. E. 2004. Medicinal plants of Mt. Pelion, Greece. *Economic Botany*, 58 (4): 174-200
- Burns J., Fraser P.D., Bramley P. M. 2003. Identification of carotenoids, tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. *Phytochemistry*, 62: 939-947
- Butinar B., Bučar-Miklavčič M. 2000. Tokoferoli in polifenoli v oljčnih oljih slovenske Istre. V: Antioksidanti v živilstvu: 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000. Portorož, 26. in 27. oktober. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 77-91
- Cortese D. 1995. Divja hrana. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 229 str.
- Cortese D. 2002. Zelenjava - druga moč naravne hrane. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 335 str.
- Cortese D. 2005. Divja hrana (na) 2. Zrasle so divje. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 159 str.

- Costes C., Burghoffer C., Joyard J., Block M., Douce R. 1979. Occurrence and biosynthesis of violaxanthin in isolated spinach chloroplast envelope. *FEBS Letters*, 103: 17-21
- Dashwood R. 1997. The importance of using pure chemicals in (anti) mutagenicity studies: Chlorophyllin as a case in point. *Mutation Research*, 381 (2): 283-286
- DellaPena D. 1999. Carotenoid synthesis and function in plants: insight from mutant studies in *Arabidopsis thaliana*. V: *The photochemistry of carotenoids*. Frank H.A., Young A.J., Britton G., Cogdell R.J. (eds.). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 21-37
- Demmig Adams B., Adams W. 1992. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43: 599-626
- Demmig B., Winter K., Kruger A., Czygan F. C. 1988. Zeaxanthin and the heat dissipation of excess light energy in *Nerium oleander* exposed to a combination of high light and water stress. *Plant Physiology*, 87: 17-24
- Demmig-Adams B., Adams W. W. 1993. The xanthophyll cycle. V: *Antioxidants in higher plants*. Alscher R. G., Hess J. L. (eds.) Boca Raton, Florida, CRC Press, Inc: 92-110
- Demmig-Adams B., Gilmore A. M., Adams W. W. 1996. In vivo functions of carotenoids in higher plants. *FASEB Journal*, 10: 403-411
- Dogan Y., Baslar S., Ay G., Mert H. H. 2004. The use of wild edible plants in Western and Central Anatolia (Turkey). *Economic Botany*, 58 (4): 684-690
- Duthie G. G. 1992. Vitamin E and antioxidants. *Chemistry and Industry*, 31: 598-601
- Edge R., Truscott T. G. 1999. Carotenoid radicals and the interaction of carotenoids with active oxygen species. V: *The photochemistry of carotenoids*. Frank H. A., Young A. J., Britton G., Cogdell R. J. (eds.). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 223-234
- Eisenreich W., Eisenreich D., Zimmer U. E., Handel A. 1993. Rastline in živali okrog nas. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 399 str.
- Foyer C. H. 1993. Ascorbic acid. V: *Antioxidants in higher plants*. Alscher R. G., Hess J. L. (eds.). Boca Raton, Florida, CRC Press, Inc: 32-58
- Franzen J., Bausch J., Glatzle D., Wagner E. 1991. Distribution of vitamin E in spruce seedling and mature tree organs, and within genus. *Phytochemistry*, 30: 1-147

- Fryer M. J. 1992. The antioxidant effects of thylakoid vitamin E (α -tocopherol). Mini review. *Plant Cell and Environment*, 15: 381-392
- Goodwin T. W., Britton G. 1988. Distribution and analysis of carotenoids. V: *Plant pigments*. Goodwin T. W. (ed.). London, San Diego, New York, Barkley, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto, Academic Press: 62-132
- Green B. R., Durnford D. G. 1996. The chlorophyll-carotenoid proteins of oxygenic photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 47: 685-714
- Gruszecki W. I. 1999. Carotenoids in membranes. V: *The photochemistry of carotenoids*. Frank H. A., Young A. J., Britton G., Cogdell R. J. (eds.). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 363-379
- Guil J. L., Rodriguez-Garci I., Torija E. 1997. Nutritional and toxic factors in selected wild edible plants. *Plant Foods for Human Nutrition*., 51: 99-107
- Guil-Guerrero J. L., Torija-Isasa E. 1997. Composicion centesimal en plantas silvestres comestibles (II). *Alimentaria*, 10: 95-101
- Haila K. M., Lievonen S. M., Heinonen M. I. 1996. Effects of lutein, lycopene and γ -tocopherol on autoxidation of triglycerides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (8): 2096-2100
- Han S. N., Meydani S. N. 1999. Vitamin E and infectious diseases in the aged. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58 (3): 697-705
- Havaux M. 1998. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. *Trends in Plant Science* 3: 147-151
- Hess J. L. 1993. Vitamin E, α -tocopherol. V: *Antioxidants in higher plants*. Alscher R. G., Hess J. L. (eds.) Boca Raton, Florida, CRC Press, Inc: 111-134
- Jogan N. 1998. Prehranjevanje iz divjerastočih rastlin-nevarna pustolovščina. *Proteus*, 61 (3): 128-130
- Kemija. Leksikon. Temeljni pojmi organske in anorganske kemije od elementov, snovi, spojin, reakcij, formul, instrumentov do periodnega sistema in zakonov. 2004. Benedičič M. (ur.). Tržič, Založba d.o.o.: 442 str.

- Korošec L. 2000. Prosti radikali in vloga antioksidantov v bioloških sistemih. V: Antioksidanti v živilstvu: 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000. Portorož, 26. in 27. oktober. Žlender B., Gašperlin L. (ur) Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 11-21
- Kotake-Nara E., Asai A., Nagao A. 2005. Neoxantin and fucoxantin induce apoptosis in PC-3 human prostate cancer cells. *Cancer Letters*, 220: 75-84
- Kreft I., Škrabanja V., Bonafaccia G. 2000. Temelji prehranskih in biotskih vplivov antioksidantov. V: Antioksidanti v živilstvu: 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000. Portorož, 26. in 27. oktober. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 33-37
- Krinsky N., Landrum J., Bone R. 2003. Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. *Annual Review of Nutrition*, 23: 171-201
- Kritchevsky S. 1999 Beta-carotene, carotenoids and prevention of coronary heart disease. *Journal of Nutrition*, 129 (1): 5-8
- Leksikon Cankarjeve založbe. 1988. Ljubljana, Cankarjeva založba: 1202 str.
- Mares-Perlman J., Millen A., Ficek T., Hankinson S. 2002. The body of evidence to support a protective role for lutein and zeaxanthin in delaying chronic disease. Overview. *Journal of Nutrition*, 132 (3): 518-524
- Marinček L., Čarni A. 1993. Komentar k vegetacijski karti gozdnih združb Slovenije v merilu 1:400 000. Ljubljana, Cankarjeva založba: 84 str.
- Marschner H. 1995 Mineral nutrition of higher plants. Druga izdaja. Academic Press London, 889 str.
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Ravnik V., Podobnik A., Turk B., Vreš B. 1999. Mala flora Slovenije. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 845 str.
- MedicineNet. com.
<http://www.medterms.com/script/main> (19.3.2007)
- Mercadante A., Rodriguez-Amaya D. 1990. Carotenoid composition and vitamin A value of some native Brazilian green leafy vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 25: 213-219

- Meydani S. N., Meydani M., Blumberg J.B. et al. 1997. Vitamin E supplementation and in vivo immune response in healthy elderly subjects. A randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Association*, 277 (17): 1380-1386
- Michaud D., Feskanich D., Rimm E. 2000. Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in two prospective US cohorts. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72 (4): 990-997
- Mlakar V. 2003. Etnobotanika in kulturna dediščina. *Proteus*, 66 (8): 353-358
- Munne-Bosch S., Alegre L. 2000. The significance of β -carotene, α -tocopherol and the xanthophyll cycle in droughted *Melissa officinalis* plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27: 139-146
- Munne-Bosch S., Alegre L. 2000a. The xanthophyll cycle is induced by light irrespective to water status in field-grown lavender (*Lavandula stoechas*) plants. *Physiologia Plantarum*, 108: 147-151
- Parry A. D., Babiano M. J., Horgan R. 1990. The role of cis-carotenoids in abscisic acid biosynthesis. *Planta*, 182: 118-128
- Paulsen H. 1999. Carotenoids and the assembly of light-harvesting complexes. V: The photochemistry of carotenoids. Frank H. A., Young A. J., Britton G., Cogdell R. J. (eds.). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 123-135
- Pečavar A. 1998. Osnove tekočinske kromatografije. Ljubljana, Kemijski inštitut: 30 str.
- Petauer T. 1993. Leksikon rastlinskih bogastev. 1. izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 684 str.
- Pfeifhofer H. W. 1989. Evidence of chlorophyll b and lack of lutein in *Neottia nidus-avis* plastids. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 184: 55-61
- Polle A., Rennenberg H., 1994. Photooxidative stress in trees. V: Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants. Foyer C. H., Mullineaux P. M. (eds) Boca Raton, CRC Press: 200-213
- Rau W. 1988. Functions of carotenoids other than in photosynthesis. V: Plant pigments. Goodwin T.W. (ed.). London, San Diego, New York, Barkley, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto, Academic Press: 231-255

- Ribaya-Mercado J. ScD., Blumberg B. PhD. FACN. 2004. Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *Journal of the American College of Nutrition*, 23 (6): 567-587
- Rise M., Cojocaru M., Gottlieb H. E., Goldshmidt E. E. 1989. Accumulation of α -tocopherol in senescing organs as related to chlorophyll degradation. *Plant Physiology*, 89: 1028-1030
- Rudan-Tasič D. 2000. Vitamin C, vitamin E in koencim Q₁₀. V: *Antioksidanti v živilstvu: 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000*. Portorož, 26. in 27. oktober. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 39-51
- Seidel D., Eisenreich W. 1992. *Slikovni rastlinski ključ*. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 287 str.
- Siefermann-Harms D. 1987. The light-harvesting and protective functions of carotenoids in photosynthetic membranes. *Physiologia Plantarum*, 69: 561-568
- Simontacchi M., Caro A., Fraga C. G., Puntarulo S. 1993. Oxidative stress affects α -tocopherol content in soybean embryonic axes upon imbibition and following germination. *Plant Physiology*, 103: 949-953
- Simsek I., Aytekin F., Yesilada E., Yildirimli S. 2004. An ethnobotanical survey of the Beypazari, Ayas and Gudul district towns of Ankara province (Turkey). *Economic Botany*, 58 (4): 705-720
- Smirnoff N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*, 125: 27-58
- Sudakin D. 2003. Dietary aflatoxin exposure and chemoprevention of cancer: a clinical review. *Journal of Toxicology and Clinical toxicology*, 41 (2): 195-204
- Taiz L., Zeiger E. 1998. *Plant physiology*. 2nd edition. Sunderland, Sinauer Associates Inc. Publishers: 792 str.
- Tardio J., Pascual H., Morales R. 2004. Wild food plants traditionally used in the province of Madrid, central Spain. *Economic Botany*, 59: 122-136
- Traber M. G. 1999. Vitamin E. V: Shils M. Olson J. A. Shike M. Ross A. C. eds. *Nutrition in health and Disease*. 9th ed. Baltimore, Williams and Wilkins: 347- 362

- Traber M. G., Elsenr A., Brigelius-Flohe R. 1998. Synthetic as compared with natural vitamin E is preferentially excreted as alpha-CEHC in human urine: Studies using deuterated alfa-tokoferyl acetates. *FEBS Letters*, 437 (1-2): 145-148
- Van Het Hof K., West C., Weststrate J., Hautvast J. 2000. Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. *Journal of Nutrition*, 130 (3): 503-506
- Vodnik D. 2001. Fiziologija rastlin (Praktične vaje). Univerzitetni študij kmetijstvo agronomija. Ljubljana, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 56 str.
- Wildi B., Lütz C. 1996. Antioxidant composition of selected high alpine plant species from different altitudes. *Plant, Cell and Environment*, 19: 138-146
- Winston G. W. 1990. Physicochemical basis for free radical production in cells: production and defenses. V: *Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms*. Alsher R. G., Cumming J. K. New York, Wiley: 57-86
- Yeum K. Russell R. 2002. Carotenoid bioavailability and bioconversion. *Annual Review of Nutrition*, 22: 483-504
- Young A., Britton G. 1990. Carotenoids in stress. V: *Stres Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms*. Alsher G. R., Cumming J. R. (eds.). New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, Wiley: 87-112
- Young A. J. 1991. The photoprotective role of carotenoids in higher plants. *Physiologia Plantarum*, 83: 702-708

ZAHVALA

Ob zaključku diplomske naloge bi se za vsestransko pomoč iskreno zahvalila svojemu mentorju prof. dr. Francu Batiču. Posebna zahvala pa velja predvsem somentorici asist. dr. Heleni Šircelj, ki me je s strokovnostjo ter dragocenimi nasveti vodila skozi celotno diplomsko delo in mi pomagala tudi takrat, ko je bila sama prezaposlena s svojim delom.

Zahvaljujem se tudi strokovnim sodelavcem Katedre za aplikativno botaniko in fiziologijo rastlin za pomoč pri izvedbi analiz in spodbudo ter vsem ostalim, ki so pripomogli k dokončanju diplomskega dela.

Posebna zahvala pa je namenjena Gašperju in moji družini, še posebej mami in očetu za vzpodbudo in vsestransko pomoč v času študija in pri opravljanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi lektorici prof. Ireni Špenko za strokovni pregled jezikovne pravilnosti diplomske naloge.

Še enkrat iskrena hvala vsem.