

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

Nevena Opačić, Anja Šagud, Antonia Skomrak, Josipa Đurak, Fabijan Kos

Mladi izdanci („microgreens“) - brzo dostupan izvor minerala

Zagreb, 2016.

Ovaj rad izrađen je u Sveučilištu u Zagrebu, Agronomski fakultet u Zavodu za povrćarstvo pod vodstvom doc. dr. sc. Sanje Fabek i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2015./2016.

Popis i objašnjenje kratica korištenih u radu

B	Bor; lat. Bor
Ca	Kalcij; lat. Calcium
CP	Sirovi protein; Crude Proteins
Cu	Bakar; lat. Cuprum
DW	Suha tvar; Dry Weight
EU	Europska Unija
Fe	Željezo; lat. Ferrum
fw	Svježa tvar; Fresh weight
K	Kalij; lat. Kalium
LSD	Najmanja signifikantna razlika; Least Significant Difference
Mg	Magnezij; lat. Magnesium
Mn	Mangan; lat. Manganum
N	Dušik; lat. Nitrogenium
P	Fosfor; lat. Phosphorus
S	Sumpor; lat. Sulphur
SP	Sirovi proteini
ST	Suha tvar
st	Svježa tvar
Zn	Cink; lat. Zincum

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. CILJEVI RADA	7
3. MATERIJAL I METODE	8
3.1. Postavljanje i provedba pokusa	8
3.2. Kemijska analiza uzoraka biljnog materijala	11
3.3. Statistička obrada podataka	12
4. REZULTATI	13
4.1. Količina suhe tvari, dušika, sirovih proteina i minerala	13
4.1.1. Suha tvar, dušik i sirovi proteini	13
4.1.2. Količina makroelemenata u suhoj i svježoj tvari	15
4.1.2.1. Količina makroelemenata u suhoj tvari	15
4.1.2.2. Količina makroelemenata u svježoj tvari	15
4.1.3. Količina mikroelemenata u suhoj i svježoj tvari	16
4.1.3.1. Količina mikroelemenata u suhoj tvari	16
4.1.3.2. Količina mikroelemenata u svježoj tvari	17
5. RASPRAVA	18
6. ZAKLJUČCI	23
7. POPIS LITERATURE	24
SAŽETAK	29
SUMMARY	30
ZAHVALA	31
ŽIVOTOPISI	32

1. UVOD

Posljednjih godina sve je veći interes potrošača za mladim izdancima različitog povrća, aromatičnog bilja i žitarica koji se konzumiraju u fazi kotiledona i nepotpuno razvijenih prvih pravih listova (Di Gioia i Santamaria, 2015; Pinto i sur., 2015). Mladi izdanci (engl. microgreens) predstavljaju jednu od kategorija mladih biljaka na tržištu (Slika 1), drugačijih karakteristika od klijanaca i mladog lisnatog povrća za rez poznatog pod nazivom „baby leaf“ (Treadwell i sur., 2010; Toth i sur., 2012). Budući da u hrvatskom jeziku nema odgovarajućeg botaničkog termina za ovu razvojnu fazu biljaka, u ovom radu korišten je termin mladi izdanci koji najbolje definira navedenu kategoriju mladih biljaka.



Slika 1. Riga (*Eruca sativa*), a - klijanac, b - mladi izdanci, c – „baby leaf“
(Franks i Richardson, 2009)

Klijanci su mlade biljčice u prvim fazama razvoja koje potječu iz potpuno ili djelomično proklijalog sjemena. Proizvode se u mraku, namakanjem u vodi, a proizvodni ciklus im traje od 2 do 7 dana (Todorić, 1989; Stubljari i Benko, 2012; Di Gioia i Santamaria, 2015). Klijanci se konzumiraju u potpunosti, odnosno, konzumira se naklijala sjemenka s hipokotilom i korjenčićem (Stubljari i Benko, 2012). Za razliku od klijanaca, proizvodnja mladih izdanaka je nešto duža te prema Berba i Uchanski (2012) traje 7 do 10 dana, odnosno, 7 do 21 dan (Di Gioia i Santamaria, 2015) od početka klijanja. Mlado lisnato povrće za rez spremno je za berbu i konzumaciju u fazi razvijenih 5 do 6 listova, a proizvodni ciklus ovisno o vrsti i roku uzgoja traje 20 do 60 dana (Martinez-Sánchez i sur., 2008; Benko i Fabek, 2011).

Mladi izdanci, iako su malih dimenzija, izražene su nutritivne vrijednosti, intenzivnog okusa i atraktivnog izgleda, a mogu se koristiti kao salata, jestiva dekoracija (Slika 2), dodatak uravnoteženoj prehrani s ciljem prevencije pretilosti i kardiovaskularnih bolesti (Franks i Richardson, 2009; Ebert i sur., 2015; Xiao i sur., 2015b). Klijanci i mladi izdanci se najčešće konzumiraju u svježem stanju pa ne dolazi do gubitka pojedinih hranjivih tvari tijekom termičke obrade ili pripreme (Ebert, 2013). U tablici 1 prikazana je botanička pripadnost najčešće uzgajanih vrsta koje se plasiraju na tržište u fazi mladih izdanaka. Brojni literaturni izvori ukazuju da se biljke iz porodice Solanaceae (rajčica, paprika i patlidžan) ne konzumiraju u fazi mladih izdanaka iz razloga što sadrže veće ili manje količine alkaloida koji mogu biti štetni za ljudsko zdravlje (Todorić, 1989; Lešić i sur., 2004; Parađiković, 2009; Di Gioia i Santamaria, 2015).



Slika 2. Mladi izdanci kao jestiva dekoracija (www.plavakamenica.hr, 2016)

Posljednjih su godina mladi izdanci povrća, žitarica i aromatičnog bilja izrazito traženi na tržištu zbog visokog sadržaja bioaktivnih spojeva kao što su polifenoli, karotenoidi, vitamini (Di Gioia i Santamaria, 2015; Mir i sur., 2016). Mnoge nutritivne tvari, poput vitamina i minerala, imaju korisnu ulogu u prevenciji bolesti i očuvanju zdravlja ljudi (Radman, 2015). Minerali (makroelementi i mikroelementi) su kemijski elementi specifičnog djelovanja, esencijalni za normalno funkcioniranje biljnog i ljudskog organizma. Makroelementima pripadaju dušik (N), fosfor (P), kalij (K), kalcij (Ca), magnezij (Mg) i sumpor (S), a u mikroelemente se ubrajaju željezo (Fe), mangan (Mn), cink (Zn), bakar (Cu), molibden (Mo) i bor (B); (Lešić i sur., 2004; www.definicijahrane.hr). Brojnim istraživanjima je utvrđeno da tradicionalne sorte i samonikle vrste često sadrže više koncentracije antioksidansa, fenola, vitamina i minerala od hibridnih sorti (Di Gioia i Santamaria, 2015).

Tablica 1. Botanička klasifikacija vrsta koje se komercijalno uzgajaju za berbu u fazi mladih izdanaka

PORODICA		VRSTA	
lat.	hrv.	lat.	hrv.
Alliaceae	lukovi	<i>Allium cepa</i> L. var. <i>cepa</i>	luk
		<i>Allium schoenoprasum</i> L.	luk vlasac
Apiaceae	štitarke	<i>Anethum graveolens</i> L. var. <i>hortorum</i> Alef.	kopar
		<i>Coriandrum sativum</i> L.	korijandar
Asteraceae	glavočike	<i>Helianthus annuus</i> L.	suncokret
Brassicaceae	krstašice	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck.	brokula
		<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i>	kupus
		<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i> Hanelt.	kineski kupus
		<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>sabauda</i>	kelj
		<i>Nasturtium officinale</i> R. Brown	potočarka
		<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>sativus</i>	rotkvica
		<i>Eruca sativa</i> Miller	riga
Chenopodiaceae	lobodnjače	<i>Brassica juncea</i> L.	smeđa gorušica
		<i>Beta vulgaris</i> L. ssp. <i>vulgaris</i>	blitva
		<i>Beta vulgaris</i> var. <i>conditiva</i> Alef.	cikla
		<i>Spinacea oleracea</i> L.	špinat
Fabaceae	lepirnjače	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. ssp. <i>vulgaris</i>	grah
		<i>Pisum sativum</i> L. ssp. <i>sativum</i>	grašak
		<i>Lens culinaris</i> Medicus.	leća
		<i>Cicer arietinum</i> L.	slanutak
		<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	piskavica
Lamiaceae	usnjače	<i>Ocimum basilicum</i> L.	bosiljak
Poaceae	trave	<i>Zea mays</i> L.	kukuruz
		<i>Triticum aestivum</i> L.	pšenica
		<i>Hordeum vulgare</i> L.	ječam
		<i>Avena sativa</i> L.	zob

Tehnologija uzgoja mladih izdanaka ovisi o načinu proizvodnje te se pri komercijalnoj proizvodnji uglavnom koristi napredna tehnologija radi osiguranja kontinuiranosti i visoke kvalitete proizvoda, dok se za vlastitu upotrebu (hobi proizvodnja) koriste vrlo jednostavne metode i tehnike na ograničenom prostoru (Di Gioia i Santamaria, 2015). Najčešći korišteni sustavi uzgoja su: uzgoj u posudama (plastičnim, biorazgradivim i drvenim) ispunjenim supstratom organskog ili anorganskog podrijetla na stolovima (Slika 3) ili u žlijebovima te plutajući hidropon (Franks i Richardson, 2009; Di Gioia i Santamaria 2015).



Slika 3. Mladi izdanci rotkvice u uzgojnim posudama (Foto: N. Opačić)

Odabir supstrata od velike je važnosti za kvalitetu mladih izdanaka s obzirom da izravno utječe na nutritivnu vrijednost biljaka (Franks i Richardson, 2009). U uzgoju mladih izdanaka potrebno je osigurati manju gustoću sjetve nego u uzgoju klijanaca (Ebert, 2013). Gustoća sjetve ovisi o veličini sjemena, a prema Di Gioia i Santamaria (2015) varira od 10 000 sjemenki/m² (kod vrsta krupnijih sjemenki - slanutak, kukuruz, grašak) do 40 000 sjemenki/m² (kod vrsta sitnijih sjemenki - brokula, cvjetača). U istraživanju Murphy i Pill (2010) navodi se nešto manja gustoća sjetve u uzgoju rige (32 000 sjemenki/m²). Sjeme namijenjeno uzgoju klijanaca i mladih izdanaka treba imati visoku energiju klijanja, prema Franks i Richardson (2009) preko 95 %, ne smije biti tretirano kemijskim sredstvima protiv bolesti i štetnika te mora biti zdravo i neoštećeno.

U proizvodnji mladih izdanaka, kao i u proizvodnji klijanaca, provodi se naklijavanje sjemena. Naklijavanje se provodi namakanjem u vodi pri čemu dolazi do bubrenja sjemenke i pucanja sjemene ljuske, a u embriju se sintetiziraju enzimi za razgradnju rezervnih tvari. Samuoliene i sur. (2013) navode uzak raspon temperature (21 ± 2 °C) pri naklijavanju sjemena vrsta iz porodice Brassicaceae u komorama pri vlazi zraka od 50 do 60 %. S obzirom

da sjeme za uzgoj mladih izdanaka mora biti netretirano, moguća je pojava patogena na površini sjemena (Resh, 2013). Prema Xiao i sur. (2015a) kontaminirano sjeme je obično izvor zaraze kod klijanaca, a isto se može zaključiti i za mlade izdanke s obzirom na slične uvjete uzgoja. Isti autori ističu hidroponski uzgoj kao pogodniji medij za razvoj bakterija opasnih po ljudsko zdravlje (*Escherichia coli*, *Salmonella enterica*). Dung i sur. (2010) te Resh (2013) navode mogućnost sterilizacije sjemena u otopini varikine (NaOCl) u trajanju od nekoliko minuta do nekoliko sati, iza čega se sjeme ispiru čistom vodom. Ilić i sur. (2009) također navode upotrebu dezinficijensa na bazi klora s ciljem smanjenja broja mikroorganizama na mladim izdancima.

Uspješnost klijanja sjemena ovisi o temperaturi, vlazi i svjetlosti (Stubljarić i Benko, 2012). Prema Di Gioia i Santamaria (2015), ovisno o vrsti, optimalna temperatura klijanja varira od 15 do 25 °C, a poželjna relativna vlaga zraka iznosi 80 do 90 %. Klijanje nekih vrsta uvjetovano je svjetlosnim uvjetima, a svjetlost, kao biološki faktor, utječe i na sam rast biljaka (Senevirathne i sur., 2015; Vaštakaite i sur., 2015).

Mladi izdanci se beru nakon pojave prvih pravih listova, kada su se kotiledonski listovi potpuno razvili i dosegli visinu od 5 do 10 cm (ovisno o vrsti). Berba se može obaviti rezanjem biljke nekoliko milimetara iznad supstrata, bilo škarama ili nožem, izbjegavajući zahvaćanje čestica supstrata. Prateći dobru praksu za očuvanje higijensko-sanitarne kvalitete proizvoda, preporučuje se upotreba sterilnih i oštih škara za postizanje čistog reza na dnu stabljike te očuvanja dugotrajnosti proizvoda (Franks i Richardson, 2009; Treadwell i sur., 2010; Di Gioia i Santamaria, 2015).

Budući da su mladi izdanci slabe održivosti, nakon berbe, treba ih oprati i ohladiti na 1 do 5 °C (Berba i Uchanski, 2012; Mir i sur., 2016). Dodatno, nisku temperaturu skladištenja treba kombinirati s drugim metodama čuvanja poput UV zračenja i pakiranja u modificiranoj atmosferi (Berba i Uchanski, 2012; Xiao, 2013). Mladi izdanci se obično pakiraju u male, plastične preklopne posude (Slika 4) ili polietilenske vrećice.



Slika 4. Mladi izdanci pakirani u plastične posude (www.pinterest.com)

Alternativa berbi mladih izdanaka rezanjem je njihova prodaja u posudicama u kojima su uzgojene. No, u ovakvom načinu proizvodnje, teško je biljkama osigurati dovoljno vode i očuvati odgovarajući rok trajanja proizvoda na policama trgovačkih lanaca (Treadwell i sur., 2010; Di Gioia i Santamaria, 2015). Mlade izdanke može se svrstati u kategoriju osjetljivih proizvoda koje odlikuje kratka trajnost i podložnost kvarenju. Iz toga razloga preporuča se slijediti uobičajenu praksu za rukovanje takvom vrstom proizvoda kao što je održavanje hladnog lanca (Ilić i sur., 2009).

2. CILJEVI RADA

U Hrvatskoj je posljednjih godina u porastu zanimanje potrošača za mladim izdancima povrća, aromatičnog bilja i žitarica, a budući da ne postoje podaci domaćih istraživanja o količini minerala u mladim izdancima postavljeno je istraživanje sa sljedećim ciljevima:

1. Utvrditi količinu suhe tvari, sirovih proteina te makroelemenata i mikroelemenata u mladim izdancima brokule, graška, suncokreta, rotkvice i pšenice, odnosno, vrsta koje se najčešće komercijalno uzgajaju za ovu svrhu.
2. Usporediti utvrđene količine suhe tvari, sirovih proteina i minerala u mladim izdancima uzgajanih vrsta s rezultatima inozemnih istraživanja te ih usporediti s mineralnim sastavom biljaka u tehnološkoj zrelosti u kojoj se najčešće konzumiraju.
3. Utvrditi vrste koje se izdvajaju najvećom količinom pojedinih minerala i sirovih proteina.

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Postavljanje i provedba pokusa

Istraživanje je provedeno tijekom proljeća 2016. godine na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu Butković u gradu Zagrebu. U istraživanju je određena količina suhe tvari te količina makroelementi i mikroelemenata sljedećih vrsta: pšenica (*Triticum aestivum*) 'Senatore Cappelli', brokula (*Brassica olearacea* L. var. *italica* Plenck.) 'Ramoso Calabrese', rotkvica (*Raphanus sativus* L. var. *sativus*) 'China Rose', grašak (*Pisum sativum* L. ssp. *sativum*) i sunokret (*Helianthus annuus* L.); Bavichi spa (www.bavicchi.it).

U istraživanju je korišteno ekološko sjeme za uzgoj klijanaca i mladih izdanaka. Obzirom da je sjeme predviđeno za uzgoj biljaka kratkog proizvodnog ciklusa, naglasak je na korištenju netretiranog sjemena, a ne na sortimentu. Iz tog razloga tvrtke koje distribuiraju sjeme za proizvodnju klijanaca i mladih izdanaka nemaju uvijek isti sortiment u ponudi, već on varira ovisno o pojedinom proizvodnom ciklusu.

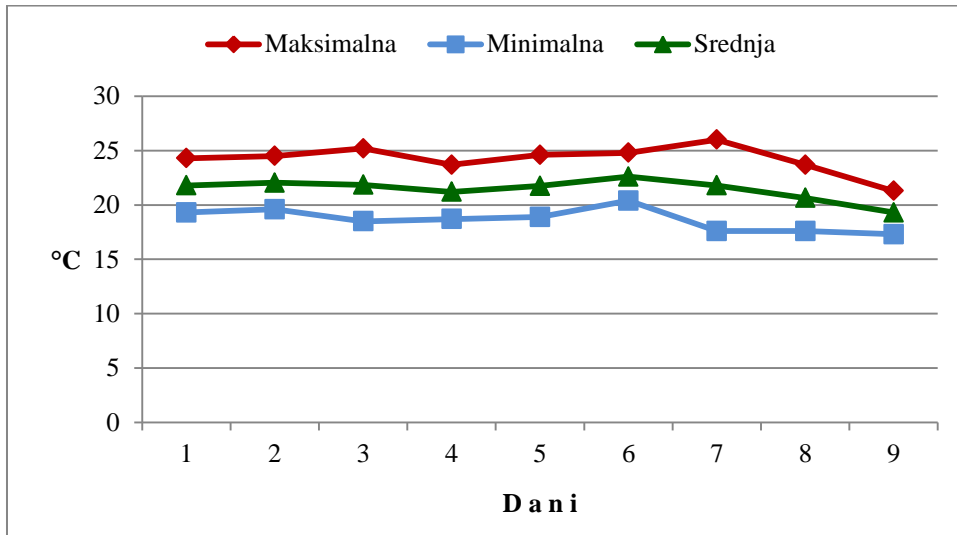
Prije postavljanja pokusa provedeno je namakanje sjemena svih istraživanih vrsta u vodi tijekom 12 sati. Nakon namakanja provedeno je naklijavanje sjemena u staklenkama u trajanju od 36 sati. Zbog različite dužine proizvodnog ciklusa uzgajanih vrsta, sjetva naklijalog sjemena započela je 28. ožujka (grašak i suncokret), nastavila se 29. ožujka (pšenica) i 31. ožujka (brokula i rotkvica). Sjetva je provedena u posude dimenzija 30×17×4 cm (brokula, rotkvica i pšenica) i 36,5×26,5×6 cm (suncokret i grašak) ispunjene klasičnim supstratom za uzgoj povrća.

Utrošak sjemena po jednoj posudi i dužina proizvodnog ciklusa koja je iznosila 6 do 9 dana prikazani su u tablici 2.

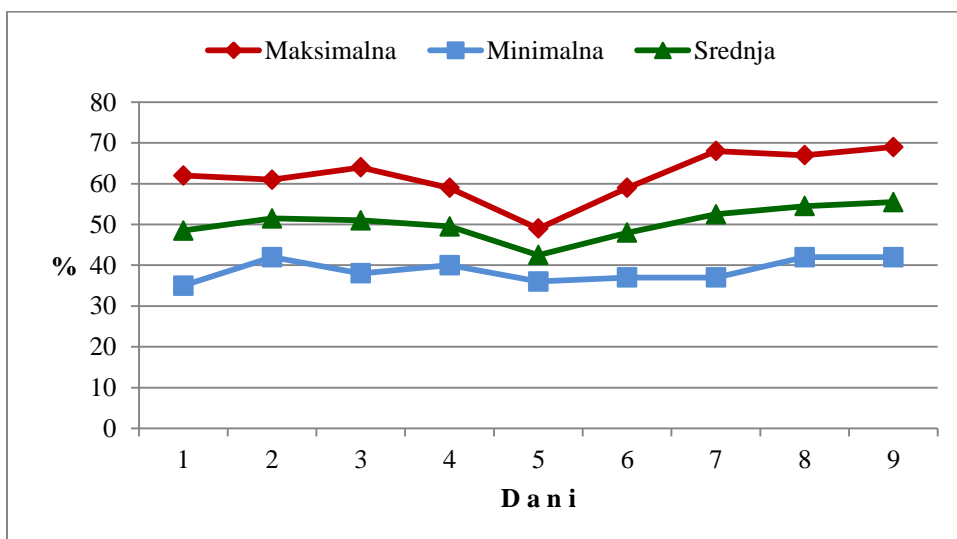
Tablica 2. Utrošak sjemena po uzgojnoj posudi i dužina proizvodnog ciklusa

Vrsta	Količina sjemena (g)	Dužina proizvodnog ciklusa (dan)
Grašak	250	9
Suncokret	100	9
Pšenica	175	8
Brokula	11	6
Rotkvica	16,5	6

Tijekom istraživanja svakodnevno su mjerene minimalne i maksimalne temperature zraka i relativna vlaga zraka (Grafikoni 1 i 2). Vrijednosti temperature zraka bile su u rasponu od 21,3 do 26 °C, dok su vrijednosti relativne vlage zraka varirale od 35 do 68 % tijekom 9 dana proizvodnog ciklusa.



Grafikon 1. Minimalna, srednja i maksimalna temperatura zraka

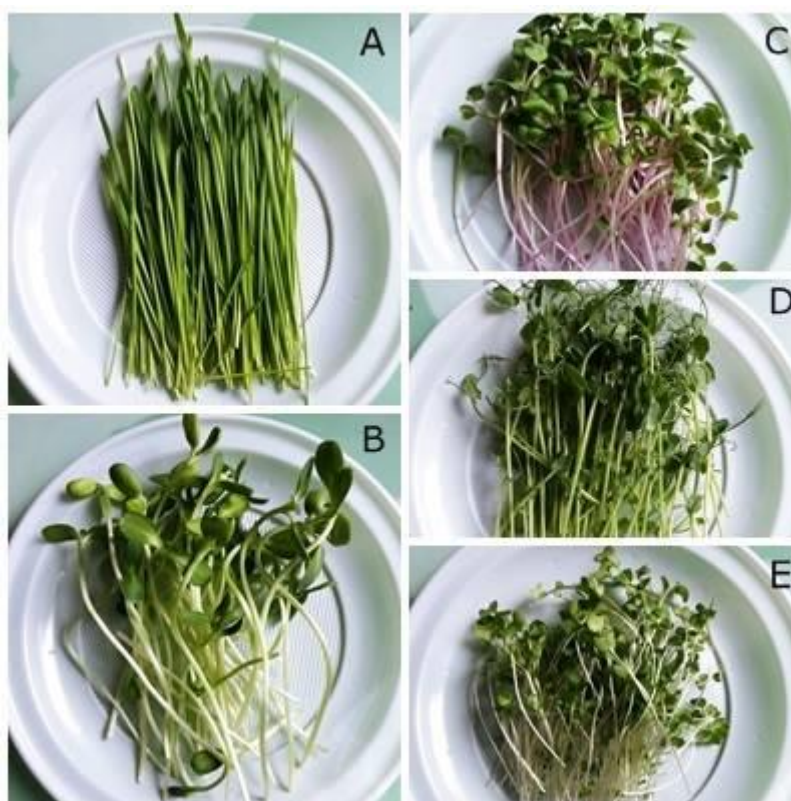


Grafikon 2. Minimalna, srednja i maksimalna vlaga zraka

Biljke rotkvice, brokule i pšenice navodnjavane su jednom dnevno, a utrošak vode po posudi iznosio je 200 ml (pšenica) i 250 ml (brokula i rotkvica). Navodnjavanje graška i suncokreta provedeno je svakih 48 sati u količini od 500 ml/posudi. Zbog uzgoja u zatvorenom prostoru i

zbog osiguravanja dovoljne količine svjetla za rast biljaka, korišteno je dopunsko osvjetljenje pomoću lampi smještenih na visini 30 cm iznad uzgojnih posuda.

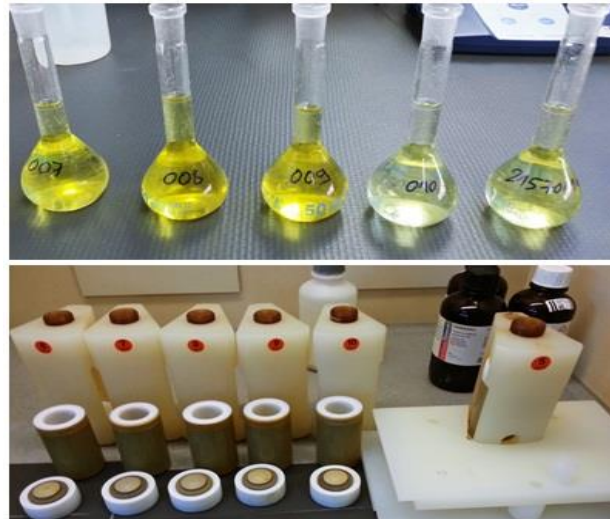
Berba, odnosno, uzorkovanje za analizu mineralnog sastava mladih izdanaka svih pet vrsta provedena je 6. travnja. Tijekom berbe su pripremani reprezentativni uzorci (Slika 5) biljnog materijala (masa 100 g za analizu makroelemenata i mikroelemenata).



Slika 5. Uzorci mladih izdanaka a – pšenica, b – suncokret, c – rotkvica, d – grašak, e – brokula (Foto: N. Opačić)

3.2. Kemijska analiza uzoraka biljnog materijala

Uzorci biljnog materijala dodatno su homogenizirani u laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Agronomskog fakulteta, gdje je određena količina suhe tvari i minerala (Slika 6).



Slika 6. Priprema uzoraka za analizu minerala (Foto: N. Opačić)

Količina minerala određena je u osušenim (105 °C) i samljevenim uzorcima. Uzorci su analizirani u triplikatu, a vrijednosti su prikazane kao prosjek. Količina makroelemenata izražena je u postocima u suhoj tvari [% suhe tvari (% ST) N, P, K, Ca, Mg], zbog vrlo promjenjivog sadržaja vode u njima (Vukadinović i Vukadinović, 2011), dok je količina mikroelemenata izražena u mg/kg suhe tvari (mg/kg ST). Za preračun fosfora i kalija iz oksidnog oblika (P_2O_5 i K_2O) u elementarni oblik korišteni su faktori: $P=P_2O_5 \times 0,436$, odnosno, $K=K_2O \times 0,830$.

Određivanje suhe tvari provedeno je gravimetrijskom metodom prema normi HRN ISO 11465:2004 (<http://www.hzn.hr>). Za utvrđivanje ukupnog dušika korištena je metoda po Kjeldahlu (AOAC, 1995), dok su sirovi proteini preračunati prema formuli: $\% N \times 6,25$ (Vajić, 1964). Fosfor je utvrđen digestijom s koncentriranom HNO_3 i $HClO_4$ (MILESTONE 1200 Mega Microwave Digester), spektrofotometrijski (AOAC, 1995). Kalij je određen plamenfotometrijom, digestijom s koncentriranom HNO_3 i $HClO_4$ (MILESTONE 1200 Mega Microwave Digester), AOAC (1995). Kalcij, magnezij, željezo, mangan, cink i bakar određeni su atomskom apsorpcijskom spektrofotometrijom, nakon digestije s koncentriranom HNO_3 i $HClO_4$ (MILESTONE 1200 Mega Microwave Digester), AOAC (1995).

3.3. Statistička obrada podataka

Za statističku obradu dobivenih rezultata monofaktorijalnog pokusa korišten je statistički program Windows SAS® Software v. 9.1 (2002). Razlike između testiranih vrsta za sva promatrana svojstva analizirane su analizom varijance (ANOVA), a tako utvrđene značajne razlike između prosječnih vrijednosti testirane su post-hoc (LSD) testom na razini signifikantnosti $p \leq 0,01$.

4. REZULTATI

Rezultati analize varijance (ANOVA) za količinu suhe tvari, sirovih proteina i minerala u mladim izdancima brokule, rotkvice, suncokreta, graška i pšenice prikazani su u tablici 3. Utvrđene su značajne razlike između uzgajanih vrsta u količini suhe tvari (ST) i sirovih proteina (SP) te količina svih analiziranih minerala [dušika (N), fosfora (P), kalija (K), kalcija (Ca), magnezija (Mg), željeza (Fe), cinka (Zn), mangana (Mn) i bakra (Cu)] u suhoj i svježoj tvari.

Tablica 3. ANOVA za količinu suhe tvari, sirovih proteina i minerala mladih izdanaka

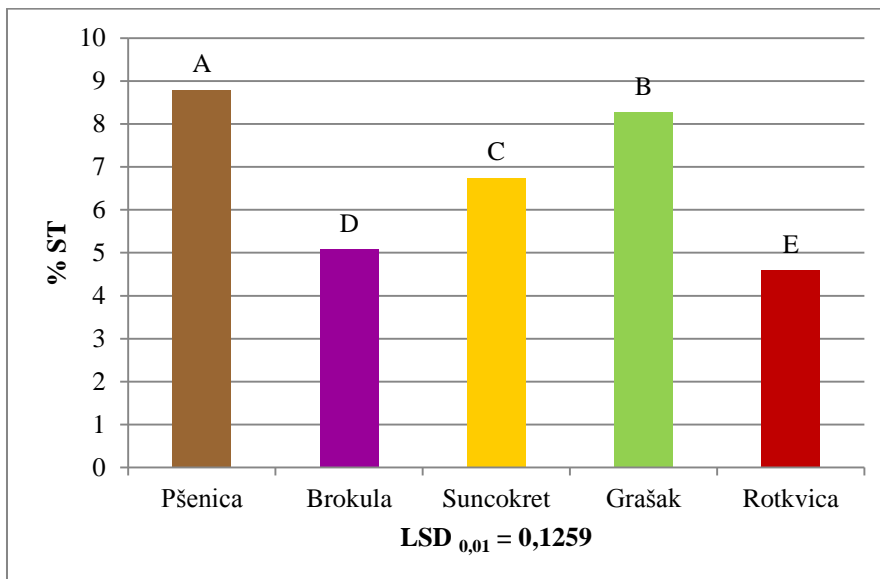
Svojstvo	ST	SP	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
Izvor varijabilnosti (biljna vrsta)	Količina minerala u suhoj tvari										
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	Količina minerala u svježoj tvari										
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

Razine statističke značajnosti: ** $p \leq 0,01$

4.1. Količina suhe tvari, dušika, sirovih proteina i minerala

4.1.1. Suha tvar, dušik i sirovi proteini

Kemijskom analizom utvrđene su značajne razlike u količini suhe tvari testiranih mladih izdanaka (Grafikon 3).



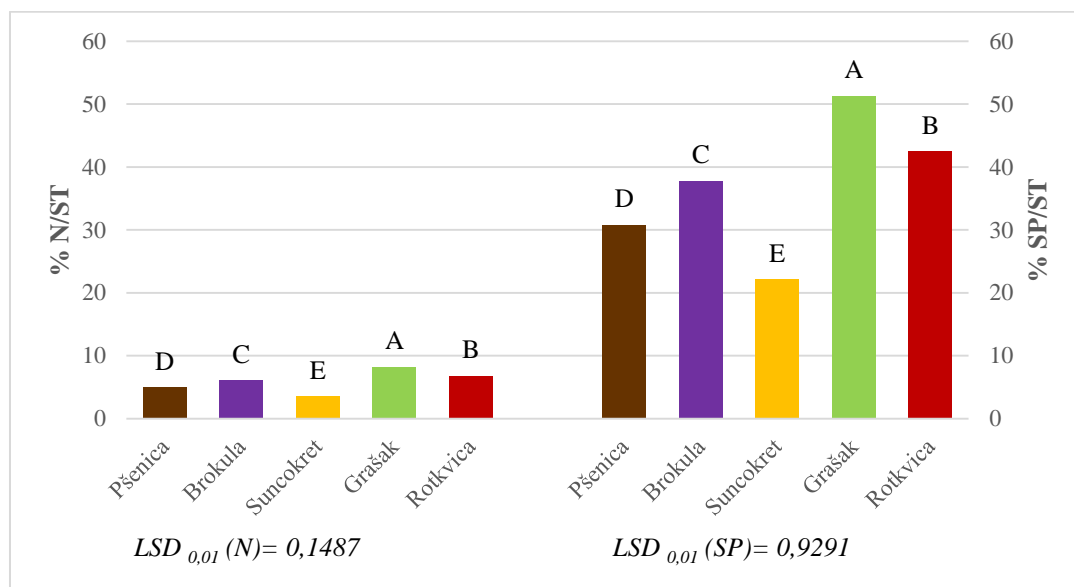
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,01$

Grafikon 3. Količina suhe tvari u mladim izdancima

Količina suhe tvari bila je u rasponu od 4,59 % ST (rotkvica) do 8,79 % ST (pšenica), s prosječnom količinom od 6,70 % ST. Osim u izdancima pšenice, količina suhe tvari iznad 8 % utvrđena je i u mladim izdancima graška (8,27 % ST). Testirane povrtne vrste iz porodice krstašica (brokula i rotkvica) imale su podjednaku količinu suhe tvari (5,08 i 4,59 % ST).

Prosječna količina dušika u mladim izdancima iznosila je 5,90 % N/ST, a najveće vrijednosti utvrđene su u izdancima graška (8,21 % N/ST). Nešto manja količina dušika određena je u izdancima rotkvice (6,80 % N/ST) i brokule (6,04 % N/ST), a izdanci suncokreta bili su najsiromašniji dušikom (3,54 % N/ST), što je vidljivo iz grafikona 4.

Količina sirovih proteina (SP) u mladim izdancima određena je prema formuli $\% N \times 6,25$, pa je sukladno tome, trend količine SP bio u korelaciji s trendom količine ukupnog dušika kod mladih izdanaka pšenice, brokule, suncokreta, graška i rotkvice. Iz grafikona 4 vidljivo je da se najvećom količinom sirovih proteina izdvajaju mladi izdanci graška (51,29 % SP/ST), dok je prosječna količina sirovih proteina u mladim izdancima iznosila 36,90 % SP/ST. Najmanja količina sirovih proteina (22,15 % SP/ST) utvrđena je u izdancima suncokreta, dok je u mladim izdancima ostalih vrsta količina sirovih proteina bila iznad 30 % SP/ST (pšenica 30,81, brokula 37,77 i rotkvica 42,50 % SP/ST).



Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,01$

Grafikon 4. Količina dušika i sirovih proteina u mladim izdancima

4.1.2. Količina makroelemenata u suhoj i svježoj tvari

4.1.2.1. Količina makroelemenata u suhoj tvari

U tablici 4 vidljivo je da je kalij najdominantniji mineral u mladim izdancima vrsta uzgajanih u istraživanju, s vrijednostima u suhoj tvari u rasponu od 2,59 % K/ST (brokula) do 5,73 % K/ST (rotkvica) i prosječnom vrijednosti 4,24 % K/ST. Od svih makroelemenata u mladim izdancima je utvrđeno najmanje magnezija s prosječnom vrijednosti 0,37 % Mg/ST. Izdanci brokule su se izdvajali količinom kalcija (1,49 % Ca/ST) u odnosu na ostale ispitivane vrste, a posebice izdanke graška i pšenice u kojima je određena čak sedam puta manja količina kalcija (0,21 i 0,20 % Ca/ST).

Tablica 4. Količina makroelemenata u suhoj tvari (%) u mladim izdancima

MAKROELEMENTI				
VRSTA	Fosfor (P)	Kalij (K)	Kalcij (Ca)	Magnezij (Mg)
Pšenica	1,05 A	4,19 C	0,20 D	0,15 E
Brokula	0,96 B	2,59 E	1,49 A	0,54 A
Suncokret	0,63 D	4,99 B	0,93 B	0,50 B
Grašak	0,84 C	3,70 D	0,21 D	0,22 D
Rotkvica	1,03 A	5,73 A	0,78 C	0,42 C
Prosjeck	0,90	4,24	0,72	0,37
	<i>LSD_{0,01} = 0,0359</i>	<i>LSD_{0,01} = 0,223</i>	<i>LSD_{0,01} = 0,1048</i>	<i>LSD_{0,01} = 0,0134</i>

Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,01$

4.1.2.2. Količina makroelemenata u svježoj tvari

U tablicama 5 i 7 prikazan je sadržaj minerala ostvarenih u ovom istraživanju izražen u mg/100 g svježe tvari (st), kako bi se ostvarene vrijednosti mogle usporediti s rezultatima autora koji izražavaju mineralni sastav obzirom na svježju tvar te kako bi se unos minerala konzumacijom istraživanih vrsta (u svježem stanju) usporedio s preporukama za potreban dnevni unos minerala.

Utvrđene su statistički opravdane razlike u količini makroelemenata u svježoj tvari mladih izdanaka uzgajanih vrsta (tablica 5). Prosječna količina fosfora u mladim izdancima uzgajanih vrsta iznosila je 59,9 mg P/100 g st, a najvećom količinom fosfora i kalija izdvajali su se izdanci pšenice (91,99 mg P/100 g st i 368,38 mg K/100 g st). Količina kalija u mladim

izdancima pšenice bila je gotovo trostruko veća nego u izdancima brokule (131,81 mg K/100 g st). Prema količini fosfora u mladim izdancima, brokula (48,95 mg P/100 g st) i rotkvica (47,10 mg P/100 g st) nisu se statistički razlikovale. U rang statistički najviših vrijednosti, s obzirom na količinu, kalcija pripadali su izdanci brokule (75,86 mg Ca/100 g st) i suncokreta (62,78 mg Ca/100 g st). Mladi izdanci suncokreta izdvajali su se i statistički najvećom količinom magnezija u svježoj tvari (33,98 mg Mg/100 g st).

Tablica 5. Količina makroelemenata u svježoj tvari (mg/100 g) u mladim izdancima

MAKROELEMENTI				
VRSTA	Fosfor (P)	Kalij (K)	Kalcij (Ca)	Magnezij (Mg)
Pšenica	91,99 A	368,38 A	17,29 D	12,89 E
Brokula	48,95 C	131,81 E	75,86 A	27,43 B
Suncokret	42,35 D	336,85 B	62,78 B	33,98 A
Grašak	69,22 B	305,64 C	17,09 D	17,92 D
Rotkvica	47,10 C	262,96 D	35,80 C	19,43 C
Prosjek	59,92	281,13	41,76	22,33
	<i>LSD_{0,01} = 2,3509</i>	<i>LSD_{0,01} = 16,498</i>	<i>LSD_{0,01} = 6,0593</i>	<i>LSD_{0,01} = 0,9735</i>

Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,01$

4.1.3. Količina mikroelemenata u suhoj i svježoj tvari

4.1.3.1. Količina mikroelemenata u suhoj tvari

Rezultati analize mikroelemenata u suhoj tvari prikazani su u tablici 6 i ukazuju na znatno veću količinu željeza u suhoj tvari u odnosu na ostale analizirane mikroelemente (cink, mangan i bakar). Prosječna količina željeza iznosila je 154,41 mg Fe/kg ST, a najvećom vrijednosti su se izdvajali mladi izdanci suncokreta (177,63 mg Fe/kg ST). U mladim izdancima suncokreta utvrđene su i najveće vrijednosti cinka (115,77 mg Zn/kg ST) i bakra (30,33 mg Cu/kg ST). Bakar je najmanje zastupljen mikroelement (u suhoj tvari) u svim izdancima uzgajanih vrsta, s prosječnom vrijednosti 17,74 mg Cu/kg ST. Izdanci brokule i rotkvice imali su statistički jednaku količinu bakra (11,07 mg i 11,30 mg Cu/kg ST). U mladim izdancima pšenice i brokule utvrđena je statistički jednaka količina cinka i mangana.

Tablica 6. Količina mikroelemenata u suhoj tvari (mg/kg ST) u mladim izdancima

MIKROELEMENTI				
VRSTA	Željezo (Fe)	Cink (Zn)	Mangan (Mn)	Bakar (Cu)
Pšenica	143,47 D	62,10 D	57,27 A	18,07 B
Brokula	151,90 C	60,77 D	57,17 A	11,07 C
Suncokret	177,63 A	115,77 A	48,93 B	30,33 A
Grašak	131,60 E	91,60 B	31,47 D	17,93 B
Rotkvica	167,43 B	70,70 C	38,27 C	11,30 C
Prosjeck	154,41	80,19	46,62	17,74
	<i>LSD_{0,01} = 8,3691</i>	<i>LSD_{0,01} = 2,979</i>	<i>LSD_{0,01} = 3,7707</i>	<i>LSD_{0,01} = 0,7165</i>

Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,01$

4.1.3.2. Količina mikroelemenata u svježoj tvari

Iz tablice 7 vidljive su statistički opravdane razlike u količini mikroelemenata u svježoj tvari mladih izdanaka uzgajanih vrsta. Prosječna količina željeza u mladim biljčicama iznosila je 1,02 mg Fe/100 g st, a najvećom vrijednosti izdvajali su se izdanci pšenice (1,26 mg Fe/100 g st). Vrste iz porodice Brassicaceae (rotkvica i brokula) pripadale su rangu najnižih vrijednosti svih analiziranih mikroelemenata. Mladi izdanci suncokreta izdvajali su se visokim vrijednostima željeza, cinka i bakra u svježoj tvari (1,20 mg Fe, 0,78 mg Zn i 0,21 mg Cu/100 g st).

Tablica 7. Količina mikroelemenata u svježoj tvari (mg/100 g) u mladim izdancima

MIKROELEMENTI				
VRSTA	Željezo (Fe)	Cink (Zn)	Mangan (Mn)	Bakar (Cu)
Pšenica	1,26 A	0,55 C	0,50 A	0,16 B
Brokula	0,77 D	0,31 D	0,29 C	0,06 D
Suncokret	1,20 B	0,78 A	0,33 B	0,21 A
Grašak	1,09 C	0,76 B	0,26 C	0,15 C
Rotkvica	0,77 D	0,32 D	0,18 D	0,05 D
Prosjeck	1,02	0,54	0,31	0,12
	<i>LSD_{0,01} = 0,0565</i>	<i>LSD_{0,01} = 0,0201</i>	<i>LSD_{0,01} = 0,0305</i>	<i>LSD_{0,01} = 0,0049</i>

Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,01$

5. RASPRAVA

Brojna inozemna istraživanja ukazuju na izraženu nutritivnu vrijednost klijanaca i mladih izdanaka povrća, aromatičnog i začinskog bilja. Istraživanje mineralnog sastava mladih izdanaka potaknuto je uslijed nedostupnosti rezultata domaćih istraživanja o nutritivnoj kvaliteti mladih biljčica koje su sve češće sastavni dio preporuka nutricionista za obogaćivanje prehrane ljudi. Dodatni problem bio je i pronaći odgovarajući termin u hrvatskom jeziku koji bi odgovarao terminu „microgreens“ u engleskom jeziku. U nedostatku odgovarajuće botaničke definicije (Denffer i Ziegler, 1982; Dubravec, 1993) za ovu kategoriju mladih biljaka u hrvatskom jeziku, u ovom radu korišten je termin „mladi izdanci“. Polazeći od pretpostavke da je količina minerala u mladim izdancima veća u odnosu na količinu minerala biljaka u tehnološkoj zrelosti u kojoj se najčešće konzumiraju (npr. cvat brokule, zadebljali hipokotil rotkvice), postavljeno je istraživanje s ciljem određivanja minerala u mladim izdancima brokule, rotkvice, graška, suncokreta i pšenice. Navedene vrste su odabrane kako bi se obuhvatile različite porodice jer je sinteza određenih fitotvari svojstvena za biljke unutar iste porodice (npr. glukozinolati - Brassicaceae, sulfidi - Alliaceae), a unosom fitotvari u organizam raznolikom prehranom doprinosi se poboljšanju općeg stanja organizma. Velik broj vrsta koje se komercijalno uzgajaju za berbu u fazi klijanaca i mladih izdanaka pripadaju porodici krstašica pa su ovim istraživanjem obuhvaćene brokula i rotkvica kako bi se utvrdile sličnosti, odnosno, razlike u količini makroelemenata i mikroelemenata. Poznavanje mineralnog sastava mladih izdanaka pšenice važno je jer se sve češće koriste za pripremu pšeničnog soka, koji je prema Rana i sur. (2011) izvor antioksidativnih, antikancerogenih, protuupalnih i antibakterijskih svojstava.

Količina suhe tvari u mladim izdancima varirala je od 4,59 do 8,79 % ST, što je sukladno rasponu vrijednosti suhe tvari u istraživanju Xiao (2013). No, u navedenom istraživanju utvrđena je veća količina suhe tvari izdanaka rotkvice i graška (8,1 i 10,2 % ST) od vrijednosti ostvarenih u ovom studentskom radu (4,59 i 8,27 % ST). Veća količina suhe tvari u razvijenim biljkama utvrđena je kod brokule jer Červenski i Gvozdenović (2007) te Fabek (2012) navode raspon suhe tvari u cvatu od 6,64 do 10,1 % ST, što je značajno više od prosječne količine suhe tvari u izdancima (5,08 % ST). Količina suhe tvari u izdancima pšenice iznosila je 8,79 % ST što je manje u usporedbi s izdancima ječma iz hidroponskog uzgoja (11 do 15,43 % ST) u istraživanju Sneath i McIntosh (2003). U proizvodnji klijanaca ječma Anwar i sur. (2015) navode smanjenje količine suhe tvari za 14,8 %, dok Sneath i McIntoch (2003) navode pad vrijednosti suhe tvari od 7 do 47 % u proizvodnji klijanca

žitarića. Do smanjenja suhe tvari tijekom klijanja dolazi uslijed povećane metaboličke aktivnosti koja započinje usvajanjem vode i nastavlja se razgradnjom složenih spojeva na jednostavnije. U istraživanju Dung i sur. (2010) utvrđeno je smanjenje suhe tvari klijanaca ječma (21,9 % ST) u odnosu na sjeme, kao rezultat disanja proklijalog sjemena te gubitaka ispiranjem škroba i šećera dodanom vodom pri naklijavanju. U navedenom istraživanju gubitak u ukupnoj suhoj tvari klijanaca ječma rezultirao je porastom količine sirovih proteina u suhoj tvari.

Prosječna **količina sirovih proteina** u izdancima analiziranih vrsta iznosila je 36,90 % SP/ST. Izdanci graška isticali su se najvišom vrijednosti (51,29 % SP/ST), što je značajno više u odnosu na količinu sirovih proteina (20 do 35 % SP/ST) u sjemenkama graška koju navode Pospišil i sur. (2014). Količina sirovih proteina u izdancima suncokreta iznosila je 22,15 % SP/ST, što je sukladno navodima USDA (2016) i bila je veća nego u sjemenkama (15 do 21 % SP/ST) ostvarenih u istraživanju Pospišil i sur. (2014). Mladi izdanci brokule isticali su se većom količinom sirovih proteina (37,77 % SP/ST) u odnosu na tehnološki zreli cvat (5,6 do 6,5 % SP/ST) u istraživanju Fabek (2012). Prema Anwar i sur. (2015) količina sirovih proteina u pšeničnom soku varirala je od 20,1 do 27,6 % SP/ST, dok je u izdancima pšenice utvrđena količina od 30,81 % SP/ST. Konzumacijom 100 ml pšeničnog soka podmiruje se 5,4 do 16 % dnevnog unosa sirovih proteina (Anwar i sur., 2015). Prema Pinto i sur. (2015) u razvijenim zemljama uočen je trend nedovoljne opskrbe organizma mineralima, stoga je poznavanje količine minerala u mladim izdancima važno zbog usporedbe s preporučenim dnevnim unosom.

Količina fosfora u literaturnim navodima uglavnom je izražena u svježoj tvari. S obzirom da se sadržaj minerala određuje u suhoj tvari, za potrebe ovog istraživanja minerali su izraženi i u svježoj tvari kako bi se mogli usporediti s rezultatima inozemnih istraživanja te s preporučenim vrijednostima za dnevni unos. Količina fosfora u izdancima rotkvice u ovom studentskom radu iznosila je 47,10 mg P/100 g st i bila je značajno veća od vrijednosti (25 mg P/100 g st) koje navode Di Gioia i Santamaria (2015). Lešić i sur. (2004) navode raspon vrijednosti količine fosfora u zadebljalom hipokotilu rotkvice od 21,3 do 36 mg P/100 g st. Isti autori za mlado zrno graška navode variranje količine fosfora od 80 do 145 mg P/100 g, što je značajno više od vrijednosti u mladim izdancima (54,4 mg P/100 g st) prema Di Gioia i Santamaria (2015) te 69,22 mg P/100 g st u ovom studentskom radu. Količina fosfora u suhoj tvari izdanaka pšenice iznosila je 1,05 % P/ST, što je više u usporedbi s količinom fosfora u klijanacima ječma (0,26 % P/ST) prema Dung i sur. (2010) te 0,30 % P/ST koju navode Sneath

i McIntosh (2003). Sjemenke žitarica sadrže značajne količine fitinske kiseline („skladište fosfora“) koja u probavnom sustavu s kalcijem, magnezijem, željezom i cinkom stvara netopive spojeve te onemogućava apsorpciju minerala (Živkov-Baloš i sur., 2005; Anwar i sur., 2015). Prema Živkov-Baloš i sur. (2005) u sjemenkama žitarica i uljarica je 60 do 90 % ukupnog fosfora vezano u obliku spojeva fitinske kiseline (fitata), što je sukladno navodima Grbeša (2004) za udio fitinskog fosfora u sjemenkama pšenice i suncokreta u iznosu od 65 i 85 %. Sadržaj fitinske kiseline može se smanjiti fermentacijom i klijanjem, odnosno, namakanjem sjemenki što prema Anwar i sur. (2015) rezultira 3,5 puta većom apsorpcijom željeza u organizmu. U ovom studentskom radu mladi izdanci suncokreta imali su najmanju količinu fosfora (0,63 % P/ST), a izdanci pšenice najveću količinu (1,05 % P/ST).

U provedenom istraživanju prevladavajući makroelement u mladim izdancima svih vrsta je kalij, što je sukladno navodima Di Gioia i Santamaria (2015) te USDA (2016). **Količina kalija** (262,96 mg K/100 g st) u izdancima rotkvice bila je značajno veća od vrijednosti (189 mg K/100 g st) utvrđene u istraživanju Di Gioia i Santamaria (2015), a u skladu s podacima za zadebljali hipokotil prema Lešić i sur. (2004). Količina kalija u izdancima pšenice iznosila je 368,38 mg K/100 g st, što je u suglasju sa količinom kalija u pšeničnom soku (332,6 mg K/100 g st) prema Rana i sur. (2011). Isti autori navode važnu ulogu kalija u regulaciji krvnog tlaka i ostalih funkcija u organizmu. Preporučeni dnevni unos kalija iznosi 2000 mg (EU, 2011).

U ovom studentskom radu u izdancima pšenice utvrđena je najveća količina kalija i fosfora, dok su se mladi izdanci brokule izdvajali većim vrijednostima kalcija i magnezija (75,86 mg Ca i 27,43 mg Mg/100 g st). Ostvarena **količina kalcija** ipak je manja od vrijednosti u izdancima brokule (126 mg Ca/100 g st) u istraživanju Di Gioia i Santamaria (2015), ali je veća od količine kalcija u cvatu brokule prema Červenski i Gvozdenović (2007). Količina kalcija u svježoj tvari izdanaka pšenice iznosila je 17,29 mg Ca/100 g st, što je manje od navoda Shah i sur. (2011) za kalcij u pšeničnom soku. Prema Anwar i sur. (2015) konzumacijom 100 ml svježeg pšeničnog soka podmiruje se 2 do 5 % preporučenog dnevnog unosa kalcija. Kalcij je esencijalni makroelement koji utječe na aktivnost nekih enzima i stabilnost staničnih membrana, a preporučeni dnevni unos je 800 mg (EU, 2011).

Magnezij je važan za metabolizam ugljikohidrata, proteina i masti te je važan aktivator velikog broja enzima, a zeleno lisnato povrće ističe se visokom količinom ovog minerala (Nirmal i sur., 2011). Prosječna **količina magnezija** u analiziranim uzorcima mladih izdanaka

iznosila je 22,33 mg Mg/100 g st. Veća količina magnezija utvrđena je u izdancima rotkvice u odnosu na količinu u razvijenom zadebljalom hipokotilu (Lešić i sur., 2004), odnosno, u izdancima brokule u odnosu na cvat (Červenski i Gvozdenović, 2007; Fabek, 2012). Ostvarena količina magnezija u izdancima brokule (27,43 mg Mg/100 g st) nije odstupala od rezultata istraživanja Di Gioia i Santamaria (2015). Količina magnezija u svježoj tvari izdanaka pšenice iznosila je 12,89 mg Mg/100 g st i bila je manja od količine magnezija pšeničnog soka u istraživanju Agrawal i sur. (2015). Utvrđena količina magnezija u suhoj tvari izdanaka pšenice iznosila je 0,15 % Mg/ST, što je u skladu s vrijednostima magnezija u klijancima ječma (Dung i sur., 2010).

Željezo je mikroelement važan u sintezi klorofila, a u ljudskom organizmu sastavni je dio eritrocita, odnosno, hemoglobina koji prenosi kisik te mioglobina koji mišićima omogućuje pohranjivanje energije (Demarin i sur., 2010; Vukadinović i Vukadinović, 2011). Preporučeni dnevni unos željeza je 14 mg (EU, 2011), a prosječna **količina željeza** u svježoj tvari izdanaka u ovom studentskom radu iznosila je 1,02 mg Fe/100 g st. Najvećim vrijednostima izdvajali su se izdanci pšenice (1,26 mg Fe/100 g st), što je gotovo dvostruko manje od količine željeza u klijancima pšenice (USDA, 2016). Količina željeza u suhoj tvari izdanaka pšenice iznosila je 143,47 mg Fe/kg ST, što je u skladu s podacima Sneath i McIntosh (2003) za izdanke ječma (81 do 168 mg Fe/kg ST). Prema Borić i Ivankić (2015) prosječna količina željeza u sjemenkama suncokreta iznosi 5,2 mg Fe/100 g st i sukladna je vrijednosti u klijancima (USDA, 2016).

Osim po količini željeza, mladi izdanci suncokreta izdvajali su se i visokim vrijednostima cinka i bakra u svježoj tvari (0,78 mg Zn i 0,21 mg Cu/100 g st). Kastori (1984) navodi manju količinu cinka i mangana u sjemenkama graška u odnosu na vrijednosti ostvarene u mladim izdancima u ovom istraživanju. Iako je u izdancima brokule utvrđena značajno niža **količina cinka** u svježoj tvari (0,31 mg Zn/100 g st) u odnosu na izdanke suncokreta i graška, utvrđena količina bila je sukladna podacima USDA (2016). **Količina mangana** u izdancima brokule iznosila je 0,29 mg Mn/100 g st, a istu vrijednost navode Borić i Ivankić (2015) za cvat brokule. Prema podacima USDA (2016) klijanci suncokreta izdvajaju se većom količinom mangana u odnosu na mlade izdanke. Mangan je u organizmu važan za normalizaciju vrijednosti glukoze u krvi i sudjeluje u brojnim enzimatskim reakcijama, dok je bakar važan za metabolizam kostiju i vezivnog tkiva te potiče pravilan rad štitnjače (Demarin i sur., 2010).

U ovom istraživanju bakar je bio najmanje zastupljen mikroelement (u suhoj i svježoj tvari) u izdancima svih uzgajanih vrsta, s prosječnom vrijednosti 17,74 mg Cu/kg ST, odnosno, 0,12 mg Cu/100 g st. **Količina bakra** u mladim izdancima rotkvice i brokule sukladna je navodima Parađiković (2009), Borić i Ivankić (2015) te USDA (2016). U mladim izdancima graška količina bakra u suhoj tvari iznosila je 17,93 mg Cu/kg ST, što je više od količine u sjemenu graška (Kastori, 1984). Usporedivši podatke o količini bakra s rezultatima inozemnih istraživanja, u mladim izdancima graška i pšenice utvrđena je manja količina ovog mikroelementa u odnosu na klijanje (Borić i Ivankić, 2015). Količina bakra u suhoj tvari mladih izdanaka pšenice bila je viša od dobivenih vrijednosti za mlade izdanke ječma (Sneath i McIntosh, 2003).

Rezultati brojnih istraživanja ukazuju na razlike između poljoprivrednih vrsta u količini vode potrebnoj za početak klijanja. Klijanje sjemena suncokreta započinje kad sjeme upije 35 % vode (Vratarić i sur., 2004), pšenice 45 do 50 % (Pospišil, 2010) i graška 110 do 120 % (Erić i sur., 2007) u odnosu na masu suhe tvari sjemena. Vrste se razlikuju i u zahtjevima prema optimalnoj temperaturi za klijanje. Prema Lešić i sur. (2004) optimalna temperatura za klijanje brokule i graška iznosi 20 °C, što je slično optimalnim uvjetima za klijanje suncokreta (20 do 22 °C) prema Vratarić i sur. (2004), dok Pospišil (2010) za klijanje pšenice navodi raspon temperature od 12 do 20 °C. Vrijednosti temperature zraka u ovom studentskom radu bile su u rasponu od 21,3 do 26 °C, dok su vrijednosti relativne vlage zraka varirale od 35 do 68 % tijekom 9 dana proizvodnog ciklusa.

Na temelju rezultata ovog studentskog rada otvorene su mogućnosti i za daljnja istraživanja, kao što su: određivanje količine minerala u sjemenkama, klijanjima i mladim izdancima većeg broja povrtnih vrsta kako bi se utvrdile razlike u mineralnom sastavu tijekom klijanja i početnog razvoja biljaka; određivanje sadržaja bioaktivnih spojeva (glukozinolati, polifenoli, karotenoidi, vitamini) u mladim izdancima drugih vrsta povrća i začinskog bilja.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju ostvarenih rezultata istraživanja mineralnog sastava mladih izdanaka rotkvice, graška, brokule, pšenice i suncokreta provedenog tijekom 2016. godine mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Količinom suhe tvari isticali su se mladi izdanci pšenice (8,79 % ST) i graška (8,27 % ST). Prosječna količina suhe tvari i sirovih proteina u izdancima istraživanih vrsta iznosila je 6,70 % ST, odnosno, 36,90 % SP/ST. Velika količina ukupnog dušika (8,21 % N/ST) rezultirala je najvećom količinom sirovih proteina u mladim izdancima graška (51,29 % SP/ST).
- Osim količinom suhe tvari, mladi izdanci pšenice isticali su se visokom količinom fosfora (91,99 mg P/100 g st), kalija (368,38 mg K/100 g st), željeza (1,26 mg Fe/100 g st) i mangana (0,50 mg Mn/100 g st) u svježoj tvari.
- Mladi izdanci suncokreta izdvajali su se visokim vrijednostima magnezija, željeza, cinka i bakra u svježoj tvari (33,98 mg Mg, 1,20 mg Fe, 0,78 mg Zn i 0,21 mg Cu/100 g st).
- Najveća količina kalcija utvrđena je u izdancima brokule u suhoj i svježoj tvari (1,49 % Ca/ST, odnosno, 75,86 mg Ca/100 g st).
- U mladim izdancima brokule i rotkvice utvrđene je veća količina pojedinih minerala u odnosu na druga istraživanja mineralnog sastava cvata brokule i zadebljalog hipokotila rotkvice, odnosno, u fazi u kojoj se najčešće konzumiraju.
- Na temelju rezultata provedenog istraživanja, izdanci pšenice izdvajaju se kao dobar izvor većine makroelemenata i mikroelemenata za pripremu soka, dok se za konzumaciju u svježem stanju i uravnotežen unos minerala preporučuje kombinacija izdanaka brokule i suncokreta.

7. POPIS LITERATURE

1. Agrawal A., Gupta E., Chaturvedi R. (2015). Determination of minerals and antioxidant activities at different levels of jointing stage in juice of wheat grass – The Green Wonder. *Int. J. Pure App. Biosci.* 3(2): 311-316.
2. Anwar D.A., El-Yazied A.A., Mohammadi T.F., Abdallah M.M.F. (2015). Wheatgrass Juice and its Nutritional Value as Affected by Sprouting Condition. Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo, Egypt
3. AOAC. (1995). Official methods of analysis of AOAC International, 16th Edition, Vol. I, Arlington, USA.
4. Bavicchi spa. <<http://www.bavicchi.it/classeweb/Geo-Germogli>>. Pristupljeno 13.4.2016.
5. Benko B., Fabek S. (2011). Hidroponske tehnike uzgoja povrća. *Gospodarski list* 20: 37-48.
6. Berba K.J., Uchanski M.E. (2012). Post-harvest physiology of microgreens. *Journal of Young Investigators* 24(1): 1-5.
7. Borić N., Ivankić D. (2015). Leksikon hranjivih tvari s detaljnim tablicama vrijednosti. Leo-Commerce, Rijeka.
8. Červenski J., Gvozdrenović Đ. (2007). Karfiol i brokola. Partenon, Beograd.
9. Definicija hrane. <<http://definicijahrane.hr/definicija/hranjive-tvari/minerali/>>. Pristupljeno 21.4.2016.
10. Demarin V., Antić S., Ćorić L., Drnasin S., Ivica M., Sabolek K., Šodec Šimićević D., Štrbe S., Strineka M. (2010). Hrana za mozak. VBZ. d.o.o. Zagreb.
11. Denffer D., Ziegler H. (1982). Botanika, morfologija i fiziologija (prijevod). Školska knjiga, Zagreb.
12. Di Gioia F., Santamaria P. (2015). Microgreens: novel fresh and functional food to explore all the value of biodiversity. ECO-logica srl, Bari.
13. Dubravec K. (1993). Botanika. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.
14. Dung D.D., Godwin I.R., Nolan V. (2010). Nutrient Content and in sacco Digestibility of Barley Grain and Sprouted Barley. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9(19): 2485-2492.
15. Ebert A.W. (2013). Sprouts and microgreens for a nutritious diet. *Rural 21 – The International Journal for Rural Development* 4: 42-43.

16. Ebert A.W., Wu T.H., Yang R.Y. (2015). Amaranth sprouts and microgreens – a homestead vegetable production option to enhance food and nutrition security in the rural-urban continuum. *Sustaining Small-Scale Vegetable Production and Marketing Systems for Food and Nutrition Security (SEAVEG2014)*. Bangkok, Thailand: 233-244.
17. Erić P., Mihailović V., Čupina B., Mikić A. (2007). *Jednogodišnje krmne mahunarke*, Institut za ratarstvo i povrtlarstvo, Novi Sad.
18. EU - Uredba br. 1169/2011 Europskog parlamenta i Vijeća od 25. listopada 2011. o informiranju potrošača o hrani. <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A32011R1169>>. Pristupljeno 21.1.2016.
19. Fabek S. (2012). Vrijednost brokule (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck.) kao funkcionalne hrane ovisna o sorti, roku uzgoja i gnojidbi dušikom. Doktorski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
20. Franks E., Richardson J. (2009). *Microgreens: A guide to growing nutrient-packed greens*. Gibbs Smith, Layton.
21. Grbeša D. (2004). Metode procjene i tablice kemijskog sastava i hranjive vrijednosti krepkih krmiva. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
22. Hrvatski zavod za norme. <<http://www.hzn.hr>>. Pristupljeno 13.4.2016.
23. Ilić Z., Fallik E., Dardić M. (2009). Berba, sortiranje, pakovanje i čuvanje povrća. Poljoprivredni fakultet Zubin Potok, Kosovska Mitrovica: 203-215.
24. Kastori R. (1984). *Fiziologija semena*. Matica srpska, Novi Sad.
25. Lešić R., Herak Čustić M., Poljak M., Romić M. (2004). *Povrčarstvo*. Zrinski, Čakovec.
26. Martínez-Sánchez A., Allende A., Cortes-Galera Y., Gil M.I. (2008). Respiration rate response of four baby leaf *Brassica* species to cutting at harvest and fresh-cut washing. *Postharvest Biology and Technology* 47: 382-388.
27. Mir S.A., Shah M.A., Mir M.M. (2016). Microgreens: Production, shelf life and bioactive components. *Critical reviews in food science and nutrition*. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2016.1144557>>. Pristupljeno 25.3.2016.
28. Murphy C., Pill W. (2010). Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (rocket; *Eruca vesicaria* subsp. *sativa*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 85(3): 171-176.
29. Nirmal K.S., Hui Y.H., Özgül E.E., Siddiq M., Ahmed J. (2011). *Handbook of Vegetables & Vegetable Processing*. Wiley-Blackwell publishing Ltd, Iowa.

30. Parađiković N. (2009). Opće i specijalno povrćarstvo. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera, Osijek.
31. Pinterest. <<https://www.pinterest.com/pin/164662930102589519/>>. Pristupljeno 26.4.2016.
32. Pinto E., Almeida A.A., Aguiar A.A., Ferreira I.M.P.L.V.O. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis* 37: 38-43.
33. Plava kamenica. <<http://plvakamenica.hr/2016/04/26/bistro-75-osvjezenje-medu-novovalnim-zagrebakim-zalogajnicama/>>. Pristupljeno 26.4.2016.
34. Pospišil A. (2010). Ratarstvo I. dio, Zrinski d.d., Čakovec.
35. Pospišil A., Pospišil M., Gvozdić D. (2014). Specijalno ratarstvo: udžbenik za srednje poljoprivredne škole. Zrinski, Čakovec.
36. Radman S. (2015). Utjecaj gnojidbe dušikom i načina uzgoja na kemijski sastav dvodomne koprive (*Urtica dioica* L.). Doktorska disertacija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
37. Rana S., Kamboj J.K., Gandhi V. (2011). Living life the natural way – Wheatgrass and health. *Functional foods in health and disease* 1(11): 444-456.
38. Resh H. M. (2013). Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. Taylor & Francis Group. New York, USA: 134-143
39. Samuoliene G., Brazaityte A., Jankauskiene J., Viršile A., Sirtautas R., Novičkovas A., Sakalauskiene S., Sakalauskaite J., Duchovskis P. (2013). LED irradiance level affects growth and nutritional quality of Brassica microgreens. *Cent. Eur. J. Biol.* 8(12): 1241-1249.
40. SAS® System for Windows v. 9.1. (2002). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
41. Senevirathne G. I., Gama-Arachchige N.S., Karunaratne A.M. (2015). Preliminary investigations on microgreens: An emerging health food. *Proceedings of the Peradeniya University International Research Sessions, Sri Lanka, Vol.19, 5th & 6th November 2015*: 375
42. Shah K.V., Kapupara P.K., Desai T.R. (2011). Determination of sodium, potassium, calcium and lithium wheat grass by flame photometry. *Pharma Science Monitor – An International Journal of Pharmaceutical Science* 2(3): 180-188.

43. Sneath R., McIntosh F. (2003). Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. Meat & Livestock Australia Limited. <<http://blogs.cornell.edu/organicdairyinitiative/files/2014/05/Hydroponicfodder-article-11wpm0.pdf>>. 30.3.2016.
44. Stubljar S., Benko B. (2012). Kljanci – a ne klice. *Gospodarski list* 14: 29-31.
45. Todorić B. (1989). Izdanci kao ljudska hrana i načini njihove pripreme. Diplomski rad. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
46. Toth N., Fabek S., Benko B., Žutić I., Radman S., Zeher S. (2012). Učinak abiotskih čimbenika, gustoće sjetve i višekratne berbe na prinos rige u plutajućem hidroponu. *Glasnik zaštite bilja* 35(5): 24-34.
47. Treadwell D.D., Hochmuth R., Landrum L., Laughlin W. (2010). Microgreens: A new specialty crop. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. <<http://edis.ifas.ufl.edu>>. Pristupljeno 24.2.2016.
48. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3060?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=pea>>. Pristupljeno 20.4.2016.
49. Vajić B. (1964). Food, determination of the main ingredients. Ed. by University of Zagreb, Zagreb.
50. Vaštakaite V., Viršile A., Brazaityte A., Samuoliene G., Jankauskiene J., Sirtautas R., Novičkovas A., Dabašinskas L., Sakalauskiene S., Miliauskiene J., Duchovskis P. (2015). The effect of blue light dosage on growth and antioxidant properties of *Brassica* microgreens. Conference: 25th NJF Congress Nordic View to Sustainable Rural Development. Riga, Latvia. <<https://www.researchgate.net/publication/278689258>>. Pristupljeno 17.2.2016.
51. Vratarić M., Jurković D., Ivezić M., Pospišil M., Košutić S., Sudarić A., Josipović M., Čosić J., Mađar S., Raspudić E., Vrgoč D. (2004). Suncokret *Helianthus annuus* L. Poljoprivredni institut Osijek.
52. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera, Osijek.
53. Xiao Z. (2013). Nutrition, sensory, quality and safety evaluation of a new specialty produce: Microgreens. Doktorska disertacija. Faculty of the Graduate School of the University of Maryland.

54. Xiao Z., Bauchan G., Nichols-Russell L., Luo Y., Wang Q., Nou W. (2015a). Proliferation of *Escherichia coli* O157:H7 in Soil-Substitute and Hydroponic Microgreen Production Systems. *Journal of Food Protection* 78(10): 1785–1790
55. Xiao Z., Lester G.E., Park E., Saftner R.A., Luo Y., Wang Q. (2015b). Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Biology and Technology* 110: 140-148.
56. Živkov-Baloš M., Mihaljev Ž., Sinovec Z. (2005). Ukupan i fitinski fosfor u biljnim hranivima. *Veterinarski glasnik* 59 (dodatak 5-6): 767-773.

SAŽETAK

Nevena Opačić, Anja Šagud, Antonia Skomrak, Josipa Đurak, Fabijan Kos

Mladi izdanci („microgreens“) - brzo dostupan izvor minerala

Zbog sve učestalijih i raznovrsnijih zdravstvenih problema, potrošači se okreću alternativnim načinima prehrane kojima pripadaju klijanci i mladi izdanci. Mladi izdanci se konzumiraju u fazi kotiledona i nepotpuno razvijenih prvih pravih listova, a bogati su polifenolima, karotenoidima i vitaminima. Donedavno su isključivo bili dio ponude restorana visoke gastronomije, ali zbog jednostavnog uzgoja i upotrebe u svježem stanju sve su više dostupni potrošačima. Mladi izdanci konzumiraju se u svježem stanju pa ne dolazi do gubitka pojedinih hranjivih tvari tijekom termičke obrade ili pripreme. Tijekom 2016. godine postavljeno je istraživanje s ciljem određivanja količine suhe tvari, sirovih proteina i minerala u mladim izdancima rotkvice, graška, brokule, pšenice i suncokreta. Dobivene vrijednosti uspoređene su s rezultatima inozemnih istraživanja budući da u Hrvatskoj do sada nisu provedena istraživanja ove tematike. U mladim izdancima graška utvrđene su najveće vrijednosti suhe tvari i sirovih proteina (8,27 % ST i 51,29 % SP/ST). Mladi izdanci pšenice isticali su se visokom količinom suhe tvari (8,79 % ST) te fosfora (91,99 mg P/100 g st), kalija (368,38 mg K/100 g st), željeza (1,26 mg Fe/100 g st) i mangana (0,50 mg Mn/100 g st) u svježoj tvari. Mladi izdanci suncokreta izdvajali su se visokim vrijednostima magnezija, željeza, cinka i bakra u svježoj tvari (33,98 mg Mg, 1,20 mg Fe, 0,78 mg Zn i 0,21 mg Cu/100 g st). Najveća količina kalcija utvrđena je u izdancima brokule (1,49 % Ca/ST, odnosno, 75,86 mg Ca/100 g st). Na temelju rezultata provedenog istraživanja, izdanci pšenice izdvajaju se kao dobar izvor većine makroelemenata i mikroelemenata za pripremu soka, dok se za konzumaciju u svježem stanju i uravnotežen unos minerala preporučuje kombinacija izdanaka brokule i suncokreta.

Ključne riječi: mladi izdanci, makroelementi, mikroelementi, sirovi proteini

SUMMARY

Nevena Opačić, Anja Šagud, Antonia Skomrak, Josipa Đurak, Fabijan Kos

Microgreens - easily available source of minerals

Due to ever more frequent and diverse health issues, consumers turn to alternative diets, a part of which are sprouts and microgreens. Microgreens are consumed in the cotyledon phase, with not fully developed first real leaves, and are rich in polyphenols, carotenoids and vitamins. Until recently, they were found exclusively on the menus of haute cuisine restaurants, however, simple cultivation and use in fresh state make them ever more accessible to consumers. Microgreens are consumed fresh, consequently there is no loss of nutrients through thermal processing or preparation. During 2016, a research project was set up with the aim of determining content of dry weight (DW), crude proteins (CP) and minerals in radish, pea, broccoli, wheat and sunflower microgreens. The obtained values were compared with the results of foreign studies, seeing as until now no studies on this topic have been performed in Croatia. The highest values of dry weight and crude proteins were found in pea microgreens (8.27 % DW and 51.29 % CP DW⁻¹). Wheat microgreens stood out with high quantities of dry weight (8.79 % DW), as well as that of phosphorus (91.99 mg P 100 g⁻¹ fw), potassium (368.38 mg K 100⁻¹ g fw), iron (1.26 mg Fe 100 g⁻¹ fw) and manganese (0.50 mg Mn 100 g⁻¹ fw) in fresh weight. Sunflower microgreens are notable for high values of magnesium, iron, zinc and copper (33.98 mg Mg, 1.20 mg Fe, 0.78 mg Zn and 0.21 mg Cu 100 g⁻¹ fw). The highest content of calcium was found in broccoli microgreens (1.49 % Ca DW⁻¹, i.e. 75.86 mg Ca 100 g⁻¹ fw). Based on the results of the conducted research, the wheat microgreens stand out as a good source of most macroelements and microelements for smoothies, while the combination of broccoli and sunflower microgreens is recommended for fresh consumption and balanced mineral intake.

Keywords: microgreens, macroelements, microelements, crude proteins

ZAHVALA

Od srca zahvaljujemo našoj dragoj mentorici doc. dr. sc. Sanji Fabek na ukazanoj prilici, usmjeravanju i stručnom vodstvu, strpljenju, svakodnevnoj podršci i mudrim riječima. Također zahvaljujemo svim ostalim djelatnicima (sadašnjim i onima u mirovini) Zavoda za povrćarstvo na pomoći, interesu za naš rad, moralnoj potpori, kavi i čokoladi.

Posebno želimo zahvaliti Marijanu i Andrei Butković iz OPG Butković na ustupljenom vremenu i prostoru, informacijama, velikoj pomoći i podršci pri provedbi pokusa.

Veliko hvala Mari na pomoći oko prijevoda, Petri na pomoći oko grafikona, Ivi na pomoći oko gramatike, Igoru na moralnoj potpori, tati Šagud na prijevozu, mami Skomrak na kuhanju, tati Skomrak na pomoći oko auta.

ŽIVOTOPISI

Nevena Opačić rođena je 26.6.1985. u Zagrebu gdje završava klasičnu osnovnu školu (S.S. Kranjčević), osnovnu glazbenu školu (Pavao Markovac, instrument gitara) i XV. gimnaziju (MIOC). Integrirani studij biologije i kemije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu upisuje 2005. godine. Agronomski fakultet u Zagrebu, preddiplomski studij Hortikultura upisuje 2011. godine, a završava 2014. godine s temom rada „Rast rajčice u uvjetima balkona“ te upisuje diplomski studij Hortikultura usmjerenje Povrćarstvo na istom fakultetu. Trenutno izrađuje diplomski rad na temu „Učinak biostimulatora i sorte na nutritivnu vrijednost muškatne tikve“. Studentica je član neprofitne udruge „Tavan je javan“ koja se bavi povezivanjem ljudi iz eno i gastro djelatnosti u sklopu koje djeluje samostalnim, slastičarskim projektom pod nazivom „Gastrosadist“.

Anja Šagud rođena je 24.6.1992. u Zagrebu. Osnovno i srednjoškolsko obrazovanje završila je u Zagrebu. Maturirala je 2011. godine u Prirodoslovnoj školi Vladimira Preloga na temi rada „Kromatografska analiza metala u kovanicama“. Iste godine upisuje preddiplomski studij Hortikulture na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, kojeg završava 2014. godine na temi rada „Cvatuće lončanice za primjenu na otvorenom“ i upisuje diplomski studij Hortikultura usmjerenje Povrćarstvo na Agronomskom fakultetu na kojem trenutno izrađuje diplomski rad na temu „Kemizam različitih sorata peršina“. Uz studij radi kao ispomoć na više odjela HRT-a. Hobistički se bavi uređenjem vrta te eksperimentiranjem u uzgoju aromatičnog i ljekovitog bilja.

Antonia Skomrak rođena je 14.2.1993. u Zagrebu. Osnovnu školu završila je u Svetom Ivanu Zelini. Maturirala je 2011. godine u XVI. jezičnoj gimnaziji u Zagrebu te iste godine upisuje preddiplomski studij Hortikulture na Agronomskom fakultetu, kojeg završava 2014. godine obranom rada „Uzgoj krastavca za konzerviranje na području Svetog Ivana Zeline“. Iste godine upisuje diplomski studij Hortikultura usmjerenje Povrćarstvo na Agronomskom fakultetu. Izrađuje diplomski rad na temu „Postojanje inhibitora klijanja u nekih vrsta iz porodice Apiaceae i mogućnost njihova uklanjanja ispiranjem“. Tijekom studija radi kao recepcionist u „Quintiles Zagreb d.o.o.“. Uz znanstvene interese, studentica je zaljubljenik u kornjače i pse.

Josipa Đurak rođena je 1.3.1993. u Zagrebu. Osnovnu školu završila je u OŠ Rugvica. Maturirala je 2011. godine u Općoj gimnaziji (SŠ Dugo Selo). Iste godine upisuje preddiplomski studij Hortikulture na Agronomskom fakultetu koji završava 2014. godine

obranom rada „Uzgoj, dinamika sjetve i berbe kukuruza šećerca“. Nakon preddiplomskog upisuje diplomski studij Hortikultura usmjerenje Povrčarstvo na Agronomskom fakultetu. Trenutno radi na temi diplomskog rada vezanog uz utjecaj sume toplinskih jedinica na rok uzgoja i berbu kukuruza šećerca. Studentica je aktivna sportašica i članica ŽRK Dugo Selo '55. Stečena znanja s fakulteta, svakodnevno koristi u praksi u obiteljskom vrtu. Veliki je ljubitelj prirode i beletristike.

Fabijan Kos rođen je 3.8.1992. u Zagrebu. Živi u Mraclinu gdje je pohađao osnovnu školu do 4. razreda koju završava 2008. godine u OŠ Vukovina. Pohađao je srednju Veterinarsku školu u Zagrebu nakon koje 2011. godine upisuje preddiplomski studij Hortikultura na Agronomskom fakultetu. Preddiplomski studij završava 2014. godine radom na temu „Morfološka i gospodarska svojstva češnjaka“ i upisuje diplomski studij Hortikultura usmjerenje Povrčarstvo na Agronomskom fakultetu. Izrađuje diplomski rad na temu „Dinamika rasta, morfološka svojstva i prinos ekotipova ozimog češnjaka“. Student aktivno svira u tamburaškom sastavu, planinari te se bavi obradom poljoprivrednih površina i proizvodnjom češnjaka.