

Obsah minerálních prvků a biologicky aktivních látek microgreens

Ema Franková

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Ema Franková
Osobní číslo:	T22173
Studijní program:	B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace:	Gastronomické technologie
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Obsah minerálních prvků a biologicky aktivních látek microgreens

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

- Charakteristika microgreens, jejich vlastností a složení s důrazem na obsah minerálních prvků.
- Popsat biologicky aktivní látky.

II. Praktická část

- Stanovení minerálních a stopových prvků s využitím ICP-MS.
- Stanovení vybraných biologicky aktivních látek.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1]Zhang, Y., Xiao, Z., Ager, E., Kong, L., & Tan, L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*, 1(1), 58–66.
- [2]de la Fuente, B., López-García, G., Máñez, V., Alegría, A., Barberá, R., & Cilla, A. (2019). Evaluation of the bioaccessibility of antioxidant bioactive compounds and minerals of four genotypes of Brassicaceae microgreens. *Foods*, 8(7), 250.
- [3]Mir, S. A., Shah, M. A., & Mir, M. M. (2017). Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(12), 2730–2736.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martina Mrázková, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá charakteristikou microgreens, jejich nutričním složením, možnostmi pěstování a významem těchto rostlin jako součásti funkčních potravin. Praktická část práce je zaměřena na analýzu obsahu minerálních prvků a biologicky aktivních látek ve vybraných druzích microgreens, které patří do čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*) – konkrétně ředkvi čínské růžové (*Raphanus sativus*) a kapustě černé (*Brassica oleracea*), sledovaných během čtyř dnů růstu (6.–9. den). Pomocí metody ICP-MS byl stanoven obsah celkem 40 minerálních prvků, s důrazem na esenciální makroprvky (Na, Mg, P, K, Ca), esenciální mikroprvky (Mn, Fe, Cu, Zn, Ni) a potenciálně toxické prvky (As, Cd, Sn, Pb). Pomocí dostupných tabulek byla vypočtena procentuální pokrytí RDA a AI u vybraných analytů pro skupinu mužů a žen ve věku 19–30 let. Současně byl stanoven celkový obsah polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuova činidla. Cílem praktické části bylo sledovat dynamiku změn těchto látek během vývoje rostlin a porovnat výsledky s dostupnou literaturou.

Klíčová slova: microgreens, minerální prvky, biologicky aktivní látky, ICP-MS, polyfenoly, *Brassicaceae*, ředkev čínská růžová, kapusta černá, funkční potraviny.

ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on the characteristics of microgreens, their nutritional composition, cultivation methods, and the significance of these plants as part of functional foods. The practical part of the thesis is aimed at analyzing the content of mineral elements and biologically active compounds in selected microgreen species belonging to the *Brassicaceae* family — specifically, Chinese pink radish (*Raphanus sativus*) and black kale (*Brassica oleracea*), observed over four days of growth (days 6 to 9). Using the ICP-MS method, the content of a total of 40 mineral elements was determined, with emphasis on essential macroelements (Na, Mg, P, K, Ca), essential microelements (Mn, Fe, Cu, Zn, Ni), and potentially toxic elements (As, Cd, Sn, Pb). Based on available nutritional tables, the percentage coverage of RDA and AI was calculated for selected analytes for the group of men and women aged 19–30 years. Additionally, the total polyphenol content was determined using the Folin-Ciocalteu reagent. The aim of the practical part was to monitor the dynamics of changes in these compounds during plant development and to compare the results with available literature.

Keywords: microgreens, mineral elements, biologically active compounds, ICP-MS, polyphenols, *Brassicaceae*, China Rose radish, black kale, functional foods.

Chcela by som sa poďakovať vedúcej mojej bakalárskej práce, pani Ing. Martine Mrázkovej, Ph.D., za cenné rady, trpezlivosť a mimoriadne ľudský prístup. Zároveň sa chcem poďakovať mojej rodine a blízkym, ktorí boli pre mňa oporou počas celej doby štúdia.

OBSAH

ÚVOD.....	13
I TEORETICKÁ ČASŤ	14
1 CHARAKTERISTIKA MICROGREENS	15
1.1 HISTÓRIA A VÝVOJ.....	16
1.1.1 Ekonomický vývoj	16
1.2 ROZDELENIE	16
1.3 ROZDIEL OD KLÍČKOV A BEŽNEJ ZELENINY	18
2 PESTOVANIE MICROGREENS	20
2.1 POSTUPY PRED ZASADENÍM	20
2.1.1 Úprava semien.....	20
2.1.2 Výber pôd.....	20
2.1.3 Výsev.....	22
2.1.4 Pestovanie v interiéri.....	22
2.2 VPLYV PODMIENOK	24
2.2.1 Osvetlenie.....	24
2.2.2 Hnojenie	26
2.3 TRVANLIVOSŤ A SKLADOVANIE.....	26
3 NUTRIČNÉ ZLOŽENIE MICROGREENS	28
3.1 MINERÁLNE LÁTKY	28
3.1.1 Makroelementy	29
3.1.2 Mikroelementy	29
3.1.3 Toxické a potenciálne rizikové prvky	30
3.2 BIOLOGICKY AKTÍVNE LÁTKY	31
3.2.1 Antioxidanty.....	31
4 VPLYV MICROGREENS NA ZDRAVIE ČLOVEKA	35
4.1 DEFICIT MINERÁLNYCH LÁTOK	35
4.2 OBEZITA.....	36
4.3 DIABETES MELLITUS DRUHÉHO TYPU	36
4.4 RAKOVINA	37
II PRAKTICKÁ ČASŤ.....	38
5 CIEĽ BAKALÁRSKEJ PRÁCE	39
6 MATERIÁL A PRÍSTROJE.....	40
6.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	40
6.2 POUŽITÉ PRÍSTROJE A POMÔCKY	40
6.3 POUŽITÉ VZORKY	40

7	METODIKA STANOVENIA.....	42
7.1	STANOVENIE OBSAHU MINERÁLNYCH LÁTOK	42
7.1.1	Príprava vzorkov	42
7.1.2	Mineralizácia vzorkov	42
7.1.3	Stanovenie prvkového zloženia metódou ICP-MS	42
7.2	STANOVENIE CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLOV	43
7.2.1	Príprava vzorkov	43
7.2.2	Extrakcia polyfenolov	43
7.2.3	Stanovenie celkového obsahu polyfenolov s Folin-Ciocalteuovým čínidlom.....	43
7.2.4	Kalibračná krivka kyseliny gallovej.....	44
8	VÝSLEDKY A DISKUSIA.....	45
8.1	OBSAH MINERÁLNYCH LÁTOK	45
8.1.1	Red'kovka čínska ružová	46
8.1.2	Kel čierny	53
8.1.3	Porovnanie obsahu minerálnych látok medzi red'kovkou a kelom	60
8.2	POKRYTIE ODPORÚČANÝCH DENNÝCH DÁVOK MINERÁLNYCH PRVKOV	62
8.3	CELKOVÝ OBSAH POLYFENOLOV	65
	ZÁVER.....	67
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	69
	ZOZNAM OBRÁZKOV	91
	ZOZNAM TABULIEK.....	92
	ZOZNAM GRAFOV	93
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK	94

ÚVOD

V súčasnosti narastá záujem o funkčné potraviny, ktoré nielen zasýtia, ale zároveň poskytujú telu vysoký obsah bioaktívnych látok priaznivých pre zdravie. Jednou z perspektívnych skupín potravín v tejto oblasti sú microgreens – mladé rastliny v štádiu od klíčenia po vývoj prvých pravých listov, ktoré sa zbierajú približne 7 až 21 dní po vyklíčení. Vďaka svojmu krátkemu rastovému cyklu je ich možné pestovať celoročne v kontrolovaných podmienkach, čo z nich zároveň robí udržateľný a dostupný zdroj cenných živín (Bhaswant et al., 2023).

Microgreens si nachádzajú uplatnenie v bežnej strave ako chutná, výživná a zároveň esteticky atraktívna súčasť jedál. Pre svoju intenzívnu chuť a pestrofarebný vzhľad sa často využívajú ako ozdoba či doplnok k sendvičom, šalátom, polievkam alebo ako súčasť teplých pokrmov (Zhang et al., 2021).

Tieto mladé rastliny predstavujú novú skupinu čerstvých a zdravých potravín, ktoré sú bohatým zdrojom vitamínov, minerálnych látok, antioxidantov a ďalších sekundárnych metabolitov (de la Fuente et al., 2019). Ich výživová hodnota často prevyšuje hodnoty zreých rastlín rovnakého druhu. Práve z tohto dôvodu môžu pomôcť pri prevencii rôznych chronických ochorení (Bhaswant et al., 2023).

Medzi najčastejšie pestované druhy microgreens patria zástupcovia čeľade *Brassicaceae*, ako napríklad reďkovka, kapusta, kel, brokolica, horčica či žerucha (Waterland et al., 2017). Táto práca sa zameriava na kvantifikáciu minerálnych látok a celkového obsahu polyfenolických zlúčenín u dvoch druhov microgreens patriacich do čeľade *Brassicaceae* – reďkovky čínskej ružovej (*Raphanus sativus*) a kelu čierneho (*Brassica oleracea*). Výskum sleduje nielen absolútny obsah týchto látok v priebehu sledovaných dní rastu, ale aj ich percentuálny príspevok k odporúčanej dennej dávke (RDA) alebo k adekvátnemu príjmu (AI) pre dospelých mužov a ženy vo veku 19 až 30 rokov.

I TEORETICKÁ ČASŤ

1 CHARAKTERISTIKA MICROGREENS

Microgreens sú mladé výhonky jedlých rastlín, ktoré sa pestujú zo semien obilnín, zeleniny alebo bylín, ako je napríklad kapusta, fazuľa alebo reďkovka. Zbierajú sa krátko po vyklíčení, keď majú vyvinuté klíčne listy (kotyledóny) aj prvý pár pravých listov, ale ešte nemajú vyvinuté listene. Ich zber závisí od pestovaného druhu – zvyčajne prebieha 7 až 21 dní po zasiatí. Sú vysoké približne 2,5 až 7,5 cm (Bhaswant et al., 2023).

Konzumujú sa ako jedlé prílohy na ozdobu rôznych potravín, zvýšenie chuti a výživovej hodnoty surovej zeleniny, pretože vynikajú množstvom farieb, chutí a textúr (Sharma et al., 2020). Sú pestrofarebné, medzi pestovanými druhmi nájdeme zelené, žlté, fialové, červené či viacfarebné rastliny (Turner et al., 2020). Chuť sa líši podľa druhu. Môže byť napríklad jemná, horká, pikantná alebo kyslá. Textúra je zvyčajne šťavnatá alebo jemne chrumkavá (Michell et al., 2020).

Aj napriek tomu, že sa pestujú už niekoľko dekád, presná definícia pre označenie tejto skupiny neexistuje. Keď sa v roku 2000 objavil všeobecný termín „funkčné potraviny“, microgreens boli medzi ne zaradené (Lone et al., 2024). Podľa Českej lekárskej spoločnosti J. E. Purkyně (2020), termín „funkčné potraviny“ nie je jasne definovaný a často býva prisudzovaný potravinám, ktoré nespĺňajú požadovaný efekt, pretože by okrem svojej nutričnej hodnoty mali mať aj ďalší priaznivý účinok.



Obrázok 1 Microgreens

(Zdroj: <https://stock.adobe.com/search?k=microgreens>)

1.1 HISTÓRIA A VÝVOJ

Klíčenie semien praktizovali už starí Egypťania okolo roku 3000 pred našim letopočtom (Abdallah, 2008), no pôvod microgreens bol vysledovaný do 30. rokov 20. storočia, keď lekárne pestovali, sušili a predávali naklíčenú pšeničnú trávu na liečebné účely. V 60. rokoch sa slnečnica, pohánka a reďkovka pestovali ako zimná zelenina. V nasledujúcom desaťročí sa do popredia dostali rôzne domáce trávy, ktoré boli populárne pre svoje priaznivé účinky na zdravie (Pinto et al., 2014).

Napriek tomu, že sa microgreens v južnej Kalifornii pestujú už od 80. rokov 20. storočia (Zhang et al., 2021), samotný termín „microgreens“ sa v USA rozšíril až v roku 1998. Počas nasledujúceho desaťročia začalo približne 70 maloobchodných predajní tento produkt odoberať od pestovateľov naprieč Severnou Amerikou (Pinto et al., 2014).

1.1.1 Ekonomický vývoj

Pestovanie microgreens sa javí ako ekonomicky ziskové a môže v budúcnosti pomôcť zlepšiť hospodárenie znevýhodnených komunit v mestských aj vidieckych oblastiach vďaka možnosti pestovania na malej ploche. Ekonomické ukazovatele microgreens, spracované podľa sledovaných výrobných nákladov a parametrov, ako sú priemerný čas klíčenia a rastu, hustota populácie, výška, čerstvá hmotnosť výhonkov a sušina, ukazujú, že maloobchodná cena microgreens je päť- až šesťnásobne vyššia než náklady na jej pestovanie (Ghooora a Srividya, 2018).

Predpokladá sa, že v budúcnosti vzrastie dopyt po microgreens. Veľkosť globálneho trhu s microgreens bola v roku 2021 odhadovaná na 894,1 milióna amerických dolárov (ďalej len USD), pričom sa predpokladá, že do roku 2030 vzrastie na 2491 miliónov USD. Predpokladaná ročná miera rastu je vo výške 12,1 % (Reportocean, 2022).

V poslednom desaťročí, najmä počas a po pandémie COVID-19, stúpol záujem spoločnosti o microgreens a celkovú konzumáciu čerstvých a zdravých potravín (Bhaswant et al., 2023).

1.2 ROZDELENIE

Microgreens sa môžu pestovať z mnohých druhov zeleniny, bylín, aromatických bylín, obilovín a voľne rastúcich bylín (de la Fuente, 2019). Na ich pestovanie sa používajú odrody bežne pestovaných rastlín rôznych čeľadí, ako sú *Amaranthaceae* (napr. amarant, repa,

quinoa, špenát, pohánka), *Amaryllidaceae* (napr. cesnak, cibuľa, pór), *Brassicaceae* (napr. reďkovka, rukola, brokolica, karfiol, kapusta), *Cucurbitaceae* (napr. melón, uhorka, tekvica) a *Leguminosae* (napr. cícer, fazuľa, šošovica, hrach) (Bhaswant et al., 2023).

Na klíčenie sa často preferujú špecifické druhy s cieľom dosiahnuť požadované vlastnosti, najmä pre kulinárske využitie. Napríklad pre dosiahnutie variabilných chutí, pretože chuť microgreens je výrazná. V závislosti od chuti ich rozlišujeme na neutrálne (napr. špenát), mierne kyslé (napr. repa), pikantné (napr. reďkovka) a horké (napr. uhorka). Taktiež sa druh microgreens môže zvoliť podľa požadovanej textúry, napríklad šťavnej (repa), chrumkavej (zeler) alebo jemnej (brokolica). Ich vôňa môže byť intenzívna, ako u aromatických bylín, alebo jemná, ako u niektorých druhov zeleniny (Di Gioia a Santamaria, 2015).

Semená niektorých rastlín, ako sú paradajky, paprika a baklažány, obsahujú antinutrienty, preto nie sú vhodné na pestovanie microgreens, a konzumujú sa až po dozretí plodov. Naopak, zrelé rastliny niektorých strukovín, obilnín, ľanu a slnečnice štandardne nie sú jedlé, no ich semená áno (Galieni et al., 2020). Pre mnohých konzumentov je chuť microgreens vypestovaných z týchto druhov nová a neočakávaná (Renna et al., 2016).

V súčasnosti je však väčšina druhov microgreens podrobovaná rozsiahlym šľachtiteľským procesom, ktorých cieľom je zlepšiť výnosy, nutričnú hodnotu a prispôbiť tieto rastliny náročným enviromentálnym podmienkam (Harouna et al., 2018).

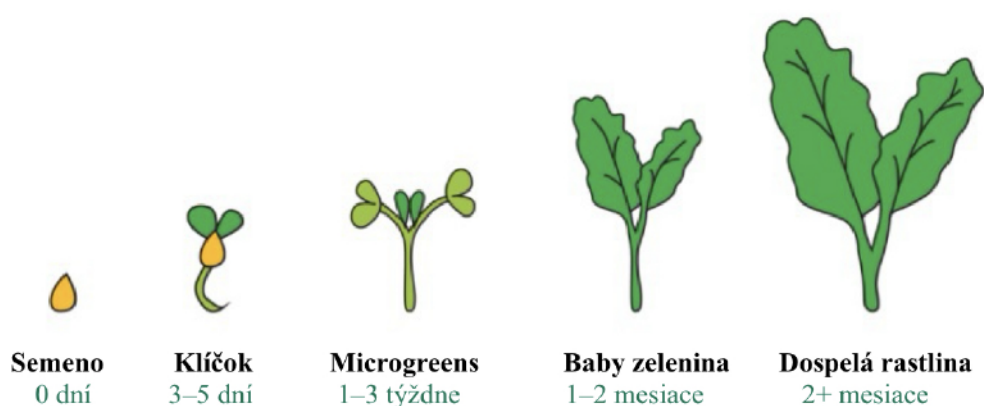


Obrázok 2 Rôzne druhy microgreens

(Zdroj: <https://images.app.goo.gl/RWZ1jxFS6mRwx2PU8>)

1.3 ROZDIEL OD KLÍČKOV A BEŽNEJ ZELENINY

Klíčky dosahujú výšku 5–8 cm a majú tenké korene bez koreňových vláskov. Konzumuje sa celá rastlina, vrátane koreňa, semien a hypokotylu – prvého článku stonky, ktorý je počiatočným výhonkom. Microgreens sú vyššie, zvyčajne medzi 3–10 cm, a ich korene, aj keď malé, už obsahujú koreňové vlásky a zvyčajne sú úplne jedlé. Dospelé rastliny dosahujú niekoľko centimetrov a plne vyvinutý koreňový systém. Konzumuje sa zrelá rastlina, ktorá môže prinášať plody, ktorých korene bývajú zvyčajne odrezané (Ebert, 2022).



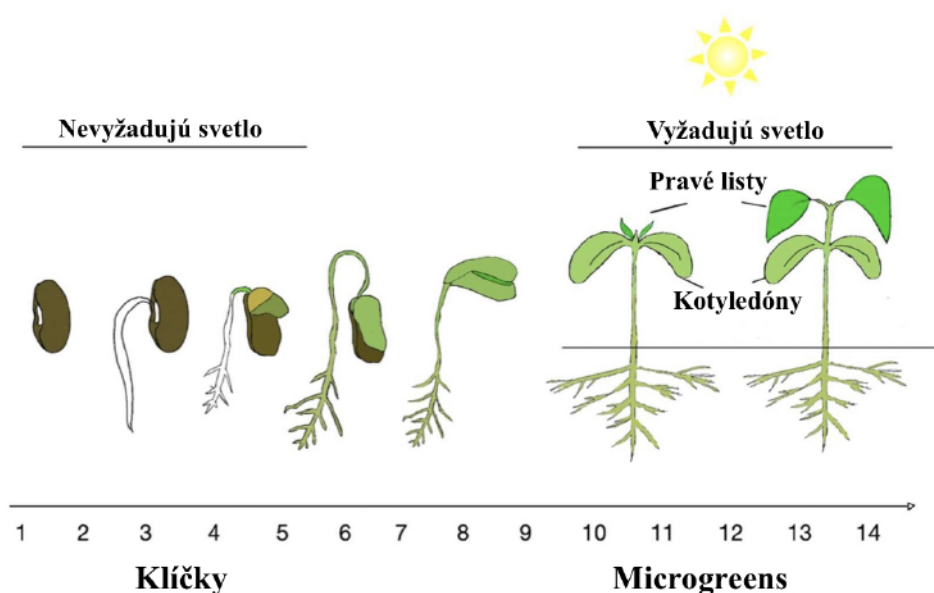
Obrázok 3 Rastové fázy rastliny (preložené)

(Zdroj: <https://greensbali.com/what-are-baby-greens/>)

Veľkou výhodou microgreens je, podobne ako je to u klíčkov, že doba ich rastu je oveľa kratšia a ich údržba je podstatne nižšia v porovnaní so zrelými zelenými rastlinami a ich produktmi, ako sú zelenina a ovocie (Sharma et al., 2020). Zatiaľ čo rast klíčkov a microgreens prebieha v období niekoľkých dní, a to konkrétne 3–10 dní u klíčkov a 1–3 týždne u microgreens, rast dospelých rastlín, ako napríklad zeleniny, si vyžaduje dlhšie vegetačné obdobie, ktoré môže trvať aj niekoľko mesiacov (Ebert, 2022).

Klíčky sa zvyčajne pestujú v tme pri vysokej relatívnej vlhkosti vzduchu, pričom vďaka krátkemu rastovému cyklu ich možno pestovať s minimálnymi vstupmi a bez použitia pesticídov. Na rast nevyhnutne nepotrebujú pôdu ani substrát, keďže sa im darí aj vo vode alebo vo vlhkom prostredí (Ebert, 2022). Nevýhodou je, že takéto prostredie podporuje množenie baktérií, ktoré sú zodpovedné za choroby prenášané potravinami (Rao et al., 2024). Pre rast microgreens aj zeleniny je nevyhnutné zabezpečiť prítomnosť slnečného

svetla či umelého osvetlenia. Pri pestovaní microgreens je tiež vhodné prispôbiť pomer červeného a modrého LED osvetlenia špecifickým potrebám danej odrody. Dôležité je aj upraviť intenzitu svetla, pretože ovplyvňuje tvorbu sekundárnych metabolitov v rastline (Ebert, 2022). Na rozdiel od klíčkov, microgreens vyžadujú prítomnosť pôdy alebo média, teda náhradnej pôdy z rôznych organických alebo anorganických substrátov, ako napríklad vodu alebo rašelinový substrát (Rao et al., 2024). Aj napriek tomu, že existujú iné metódy pestovania, ako je napríklad hydroponické (pestovanie bez pôdy za použitia živného roztoku) alebo aeroponické pestovanie (pestovanie, kde sú korene vystavené vzduchu a sú striekané živným roztokom), dospelá zelenina sa najčastejšie pestuje v pôde, ktorá vyžaduje médium (Moore a Bradley, 2022).



Obrázok 4 Rozdiel v raste klíčkov a microgreens (preložené)

(Zdroj: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799322000650>)

2 PESTOVANIE MICROGREENS

2.1 Postupy pred zasadením

Postupy pred zberom aj po ňom výrazne ovplyvňujú vzhľad, vlastnosti a nutričnú hodnotu microgreens. Správne zaobchádzanie a opatrenia môžu prispievať k zvýšeniu nutričnej hodnoty, ale aj k vyššej stabilite a lepším senzorickým vlastnostiam, čím sa zabezpečí ich vyššia kvalita a lepšia využiteľnosť pre spotrebiteľov (Sharma et al., 2022).

Pri pestovaní viacerých druhov microgreens je zároveň jednou zo strategických operácií výber druhov s podobnou vegetačnou dobou, aby sa úroda mohla zbierať naraz (Mír et al., 2017).

2.1.1 Úprava semien

Keďže semená počas svojho vývoja prechádzajú rôznymi biochemickými zmenami, využíva sa metóda „primingu“ semien. Ide o proces predbežného ošetrovania, ktorý vedie k fyziologickému stavu, ktorý umožňuje efektívnejšie klíčenie a rast semien. Priming semien zahŕňa hydratáciu rôznymi metódami, napríklad namáčaním semien do osmotických roztokov ako je polyetylén glykol, roztok chlórnanu sodného, peroxid vodíka alebo obyčajnej či špecificky upravenej vody (Lutts et al., 2016). Tieto metódy zásadne neovplyvňujú rýchlosť klíčenia, ale môžu zvýšiť hmotnosť semien (Lee et al., 2015).

Podľa FDA bolo doporučené ošetrovanie semien microgreens 20 000 ppm chlórnanom vápenatým na odstránenie patogénov (Riggio et al., 2018). Podľa štúdie Kou et al. (2014), pri aplikácii chlórnanu vápenatého v rôznych koncentráciách, microgreens vykazovali vyšší výnos, zlepšenie vizuálnej kvality, zvýšenie antioxidačnej kvality a znížený rast mikroorganizmov počas skladovania.

2.1.2 Výber pôd

Pestovanie v bežnej pôde je stále najrozšírenejšou metódou pestovania. Medzi nové rastové substráty pre microgreens patria rôzne pôdne náhrady, ako napríklad substráty na báze rašeliny, vermikulitu, kokosového vlákna či jutovej tkaniny (Di Gioia et al., 2017).

Rôzne typy pôd majú odlišné vlastnosti, ktoré sa líšia napríklad štruktúrou, pH a pórovitosťou. Pôda vo veľkej miere ovplyvňuje rast rastlín, a preto je dôležité zvoliť vhodný typ pôdy pre konkrétnu rastlinu, ktorej podmienky danej pôdy budú vyhovovať (Lau et al., 2019). Pôdy sa líšia aj svojou schopnosťou udržiavať vodu. Pri pestovaní

microgreens je zásadné zakorenenie, ktoré zvyšuje príjem živín, čo prispieva k vyšším výnosom a lepšej kvalite rastlín. Médiá, ako je rašelina a vermikulit, podporujú lepší vývoj koreňov udržiavaním vlhkosti a prevzdušnenia (Kyriacou et al., 2020).

Ďalším doložitým faktorom je pH pôdy, ktoré rozhoduje o tom, aké formy živín sú pre rastlinu dostupné. Príkladom je mikroprvok železo, ktoré je pre väčšinu rastlín využiteľný v podobe železnatého iónu Fe^{2+} , ktorého chemická forma sa v prípade vyššieho pH pôdy mení na Fe^{3+} a vytvára vo vode nerozpustné zlúčeniny, čím sa stáva nevyužiteľným pre rastliny.

Ďalším faktorom, ktorý ovplyvňuje rast rastlín je pórovitosť pôdy, ktorá súvisí s dostupnosťou vody v pôde. Vyššia pórovitosť umožňuje koreňovému systému rastlín zabezpečiť dostatočný príjem vlhkosti a tak zabrániť vysychaniu (Di Gioia et al., 2017). Zo spomínaných rastových substrátov vykazuje najvyššiu schopnosť zadržiavať vodu rašelina. Z ekonomického hľadiska, vzhľadom na jej vyššiu cenu a fakt, že je neobnoviteľným zdrojom (Abad et al., 2001), sa rašelina často nahrádza kokosovým vláknom. Kokosové vlákno je organický, obnoviteľný a udržateľný zdroj, ktorý má podobné kvalitatívne ukazovatele ako rašelina. Jeho nevýhodou je fakt, že obsahuje vyššiu koncentráciu solí s vyšším počtom baktérií a húb, ktoré môžu predstavovať problém pre produkciu microgreens (Prasad, 1997).

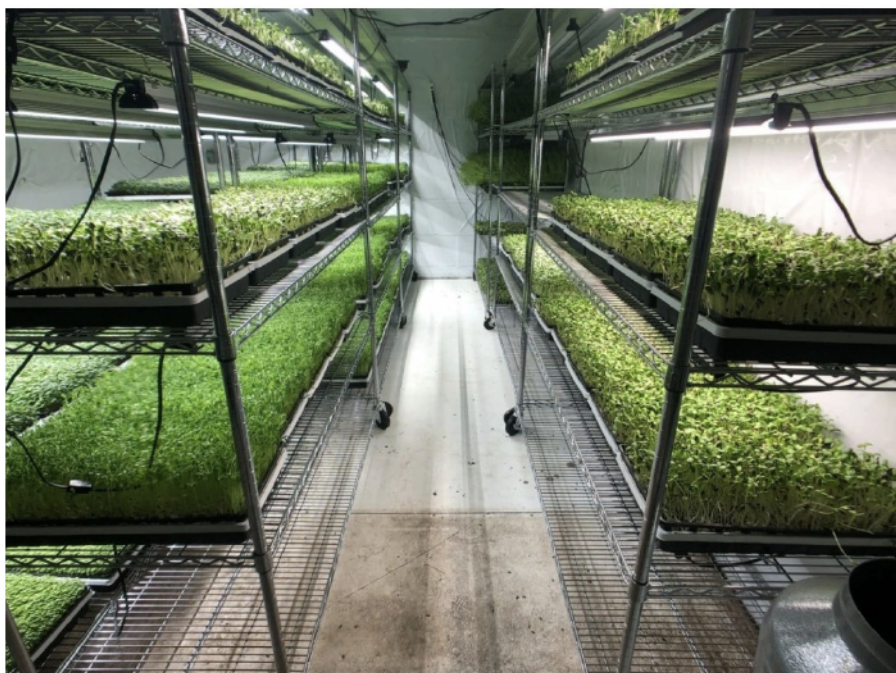
V poslednom období sa v potravinárstve a poľnohospodárstve začali uplatňovať hydrogély (Qu a Luo, 2020). Hydrogél je skupina polymérnych materiálov, ktorých hydrofilná štruktúra im umožňuje zadržiavať veľké množstvo vody v trojrozmerných sieťach. Prvýkrát boli syntetizované v roku 1954 a odvtedy sa využívajú v oblasti hygienických produktov a biomedicíny (Ahmed, 2015). V potravinárstve a poľnohospodárstve sa vďaka ich vlastnostiam využívajú na rôzne účely. Napríklad ako zlepšovacie prostriedok do pôdy či na obalovanie semien, pretože okrem svojej schopnosti viazať veľké množstvo vody sú schopné aj postupne uvoľňovať hnojivá či antimikróbne látky, čo môže rastline pomôcť zmierniť stres zo sucha, ktorý predstavuje jeden z hlavných problémov v poľnohospodárskej výrobe na celom svete, alebo pomôcť predchádzať napadnutiu mikroorganizmami. Hydrogély pripravené z celulózy, ktoré boli vopred ponorené do NPK hnojiva, sú schopné eluovať ióny tohto hnojiva do závlahovej vody postupne, čím sa predlžuje účinok hnojenia (Senna et al., 2015). Vzhľadom na tieto dve hlavné výhody sa hydrogély javia ako nový substrát pre pestovanie microgreens (Du et al., 2022).

2.1.3 Výsev

Microgreens sa najčastejšie sadia do riadkov alebo širokoplošne, pričom pestovatelia uprednostňujú hustý výsev pre maximalizáciu úrody (Xiao et al., 2015²).

2.1.4 Pestovanie v interiéri

V dôsledku celosvetového úbytku poľnohospodárskej pôdy sa do popredia dostáva interiérové vertikálne pestovanie. Tento spôsob poľnohospodárstva uľahčuje produkciu a zvyšuje jej výnos vďaka efektívnemu využívaniu zdrojov, ako sú voda, živiny, čas a priestor (Specht et al., 2014). Microgreens sú vďaka ich veľkosti vhodnou rastlinou na vertikálne pestovanie v interiéri pomocou rôznych inovácií, ako je hydroponia, aeropónia a akvapónia. Keďže interiérové vertikálne poľnohospodárstvo nemá prístup k slnečnému žiareniu, ako zdroj svetla sa používa umelé osvetlenie, najčastejšie pomocou LED svetiel (Rajan et al., 2019).



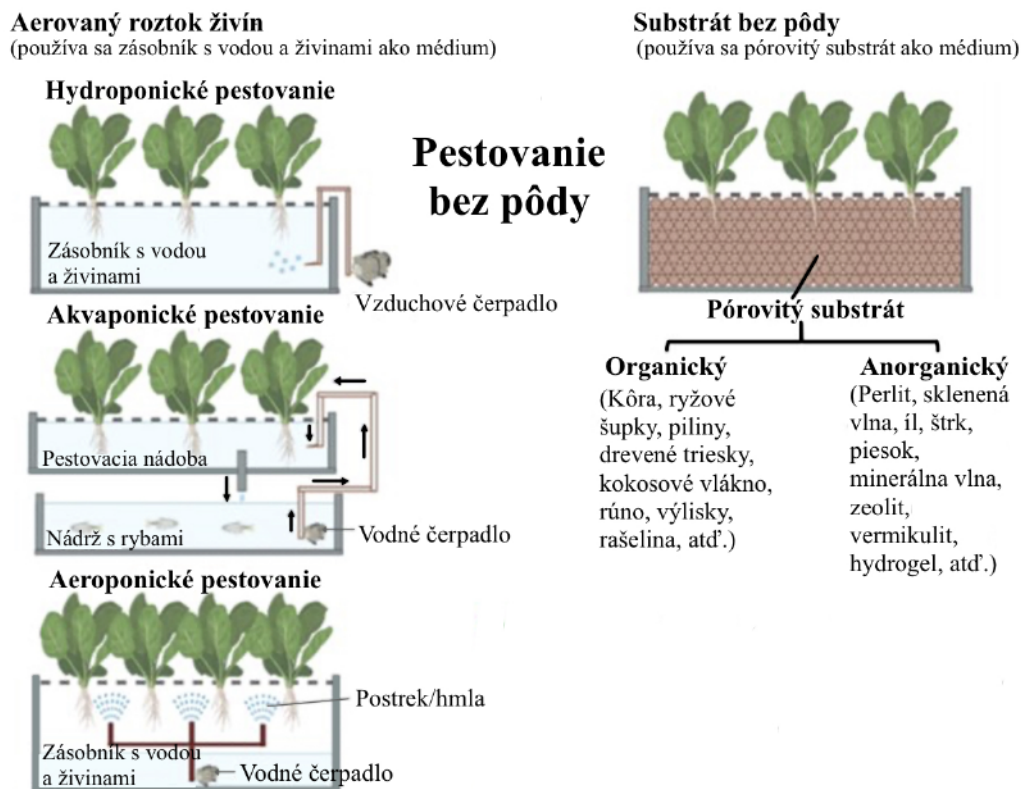
Obrázok 5 Vertikálne pestovanie microgreens

(Zdroj: <https://www.ledmegrow.sk/linearne-svietidlo-120cm-led-fluorescencne-t5-6400k-20w--lighting-micogreens/>)

Hydropónia je modernou technológiou, ktorá umožňuje pestovanie rastlín v živnom roztoku bez použitia pôdy ako média pre koreňový systém. Využíva zavlažovacie systémy, v ktorých sú aplikované anorganické živiny do zavlažovacej vody. Tento živný roztok sa recirkuluje, čím sa minimalizuje plýtvanie vyplavovaním. Hlavnou výhodou je zlepšenie fyzikálnych a chemických vlastností rastlín a tiež prispieva k zlepšeniu kvality kvetov a plodov rastlín (Savvas, 2003). Podľa Murphy et al. (2010) hydropónia môže zabrániť prenosu škodcov a chorôb cez rastové médium na rastlinu, no viaceré štúdie ukázali, že microgreens pestované takýmto spôsobom obsahujú viac *E. coli* O157:H7 ako microgreens pestované v rašelinových systémoch (Xiao et al., 2015¹). Nevýhodou sú aj počiatočné náklady na inštaláciu takýchto systémov a potreba technických zručností pre dosiahnutie maximálnej výnosnosti a kvality produktov kontrolovaného pestovania (Savvas, 2003). Aj napriek nevýhodám, hydropónia sa javí ako výhodnejší spôsob pestovania oproti bežnému pestovaniu v pôde (Rajan et al., 2019).

Aeropónia je ďalším spôsobom pestovania, kedy korene rastlín nie sú zasadené v pôde, ale voľne visia vo vzduchu a sú pravidelne zavlažované jemnou hmlou živného roztoku. Koreňom je teda privádzané väčšie množstvo vzduchu, čo napomáha rýchlejšiemu rastu. Najväčšou výhodou tohto systému je efektívne využívanie vody, pri ktorom sa spotrebuje približne desatina množstva vody v porovnaní s hydropóniou a akvapóniou. Na druhej strane, podobne ako u hydropónie, takéto pestovanie vyžaduje technologickú zdatnosť, pretože pri novej poruche zavlažovacieho systému hrozí rýchle uhynutie pestovaných rastlín (Savvas, 2003).

Akvapónia je inovatívny pestovateľský systém, ktorý spája už spomínanú hydropóniu, teda pestovanie rastlín vo vode, s akvakultúrou, teda chovom rýb, ktorých výkaly slúžia ako prirodzené organické hnojivo pre rastlinu. Výhodou je efektívne využitie tohto odpadu bez potreby jeho likvidácie, ktorá by si inak vyžiadala vysoké finančné náklady. Napriek ekologickým benefítom má akvapónia aj svoje nevýhody. Na počiatku vyžaduje vysoké investície a môže byť náchylná na technické poruchy ako je výpadok elektriky či upchatie potrubia, ktoré by pre tento ekosystém mohli byť devastujúce (Singh et al., 2019). Podľa Guerreiro et al. (2024) sa akvapónia preukázala ako efektívny spôsob pestovania. Ich štúdia kombinujúca chov sladkovodných kreviet s pestovaním microgreens preukázala, že microgreens *Brassica oleracea* a *Beta vulgaris* dosiahli vyššie výnosy v porovnaní s rastom v obyčajnej dechlórovanej vode a krevety vykazovali značný rast s vysokou mierou prežitia.



Obrázok 6 Formy pestovania bez použitia pôdy (preložené)

(Zdroj:

https://www.researchgate.net/publication/352427249_Some_Emerging_Opportunities_of_Nanotechnology_Development_for_Soilless_and_Microgreen_Farming)

2.2 Vplyv podmienok

2.2.1 Osvetlenie

Z dôvodu interiérového pestovania bez prirodzeného svetla sa čoraz viac využíva umelé osvetlenie. Najčastejšie sa používajú plynové výbojky GDL a svetelné diódy LED (Agarwal a Gupta, 2016). LED osvetlenie sa javí ako výhodnejšie než GDL a je zároveň šetrnejšie k životnému prostrediu (Morrow, 2008).

LED osvetlenie umožňuje prispôsobenie spektrálneho zloženia tak, aby zodpovedalo fotoreceptorom rastlín a optimalizovalo ich produkciu, morfológiu a obsah živín (Morrow, 2008). Červené, modré a kombinácia týchto dvoch svetiel sú účinnejšie na zlepšenie fotosyntézy a reguláciu metabolizmu rastlín, ako svetlo biele a iné (Alrifai et al., 2019). Bolo skúmané použitie týchto svetiel o rôznych vlnových dĺžkach na nutričné hodnoty rôznych

druhov microgreens (Turner et al., 2020). Použitie modrého LED svetla zvýšilo rast, plochu listov, hmotnosť v čerstvom stave, obsah chlorofylu a antokyanových pigmentov červených a zelených druhov microgreens. Obsah fenolov a aktivitu vychytávania voľných radikálov zlepšilo použitie červeného svetla u zelených, a použitie modrého LED svetla u červených odrôd microgreens (Lobiuc et al., 2017).

Samuoliene et al. (2010) zistili, že doplnenie základných komponentov modrej (455 nm), červenej (638 nm), tmavo-červenej (669 nm) a rudo-červenej (731 nm) majú rôzne účinky na microgreens. Skúmalo sa napríklad pridanie zeleného svetla (510 nm), ktorého účinky sa výrazne líšili v závislosti od intenzity žiarenia na produkciu antokyánov u zelených a červených odrôd toho istého druhu microgreens (Carvalho a Folta, 2016). Doplnkové vlnové dĺžky môžu napríklad zvýšiť metabolickú produkciu rôznych biologicky aktívnych látok, čo sa pravdepodobne deje v dôsledku ochrany rastlín pred fotooxidačným stresom. Zistilo sa však, že napriek tomu, že u niektorých druhov sa antioxidačná aktivita v dôsledku pridania doplnkových vlnových dĺžok zvýšila, v amarante, brokolici a hrachu ju neovplyvnili a v repe jej hodnotu dokonca znížili (Samouline et al., 2012). U kalerábu bolo skúmané použitie modrého LED svetla na obsah minerálnych a stopových prvkov, pričom sa zistilo, že zvýšilo obsah fosforu, draslíka, vápnika, horčika, síry a mangánu, no neovplyvnilo obsah železa, zinku, medi ani bóru (Brazaitytė et al., 2018).

Taktiež v dôsledku nahrádzania ručného zberu rastlín strojovým, za cieľom automatizácie a nižších nákladov na pracovnú silu, sa k takýmto praktikám postupne prechádza aj pri komerčnom pestovaní microgreens. Microgreens s najspodnejším článkom stonky (hypokotylom) kratším ako 5 cm, sú náročné pre strojné zbieranie (Kong et al., 2019). Predĺženiu stoniek napomáha použitie LED svetla (Huché-Thélier, 2016). Štúdiu Kong et al. (2019) sa dokázalo, že modré a červené LED svetlo podporuje rast predlžovania stonky pre všetky testované druhy microgreens (rukola, kapusta a kel), okrem horčice. Bolo použité modré a červené svetlo pri 16 a 24 hodinovom osvetlení pri PPFD $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Zároveň zistili, že skrátená fotoperiódna na 16 hodín neeliminuje účinok modrého svetla v porovnaní s 24 hodinovým osvetlením. Keďže výnos je pre pestovateľov kľúčovým faktorom, keďže priamo ovplyvňuje finančný zisk (Jones-Baumgardt et al., 2019), je možné skrátiť fotoperiódnu modrého svetla pri pestovaní microgreens, a tým znížiť náklady na pestovanie microgreens (Kong et al., 2019).

2.2.2 Hnojenie

Miera hnojenia určuje pri microgreens ich výnos, obsah minerálnych látok a koncentrácie fytochemikálií (Li et al., 2023; Kyriacou et al., 2016). Hnojenie nie je bežné pri pestovaní microgreens, pretože mnohé farmy sa spoliehajú na dostatočnú výživovú hodnotu použitých substrátov, vzhľadom na pomerne krátky čas rastu. Na dodanie živín sa však môžu použiť buď konvenčné alebo netradičné hnojivá (Lone et al., 2024), najmä však organické, ktoré zvyšujú úrodu (Murphy et al., 2010).

Li et al. (2023) skúmali vplyv piatich rôznych mier hnojenia (hnojivo s koncentraciami 0, 70, 140, 210 a 280 mg/l dusíka) na rast a obsah živín piatich druhov (odrod) microgreens z čeľade *Brassicaceae* (brokolica, kapusta, kel a dve odrody reďkovky), pestovaných v substráte bez pôdy a v pôde na báze rašeliny. Dospeli k záveru, že miera hnojenia dusíkom 140 mg/l je dostatočná a ekonomicky výhodná pre optimálnu produkciu čerstvých výhonkov. Vyššie koncentrácie hnojiva zvýšili výnos výhonkov, no nezvýšili obsah väčšiny makro- a mikroelementov. Na druhej strane, štúdia Hassama et al. (2022) poznamenala, že pri sprejovaní microgreens slnečnice deionizovanou vodou nevykazovalo nižší obsah biologicky aktívnych látok ani nižšiu čerstvú či suchú hmotnosť, oproti microgreens hnojených hnojivami obsahujúcich dusík.

2.3 Trvanlivosť a skladovanie

Microgreens po zbere vykazujú krátku trvanlivosť. V dôsledku toho podliehajú rýchlemu zhoršovaniu kvality, čo obmedzuje ich priemyselnú produkciu a uvádzanie na trh (Xiao et al., 2014). Keďže ich rast je prerušený v skorom vývojovom štádiu, rýchlo prechádzajú do fázy starnutia v sprievode výrazných fyziologických, biochemických a molekulárnych zmien (Guo a Gan, 2012). Preto sa na predĺženie ich trvanlivosti využívajú rôzne techniky (Mir et al., 2017).

Jednou z možností, ako sa dá predĺžiť trvanlivosť microgreens, je upravenie skladovacích podmienok. Najvýznamnejším faktorom pri predlžovaní trvanlivosti produktov je regulácia teploty v skladovacích priestoroch (Brecht, 1995). Nízka teplota pri skladovaní znižuje fyziologickú aj mikrobiálnu aktivitu (Oliveira et al., 2015). Podľa štúdie Kou et al. (2013), microgreens skladované pri teplote 1,5 a 10 °C a balené v modifikovanej atmosfére, vykazovali menší výskyt mikroorganizmov a únik elektrolytov z rastlín ako microgreens skladované pri teplotách 15 a 20 °C. Podľa štúdie Berba a Uchanski (2012) sa pri zmene skladovacej teploty z 10 na 4 °C znížila skladovateľnosť

sledovaných druhov microgreens v dôsledku zvýšenej respirácie rastlín. U microgreens rukoly a červenej kapusty sa pri 10 °C znížila z 14 na 7 dní, pri microgreens red'kovky sa skladovateľnosť znížila tiež o jeden týždeň, teda z 21 na 14 dní.

Ďalším spôsobom, ako predĺžiť trvanlivosť, sa často využíva balenie v modifikovanej atmosfére. Táto technológia znižuje obsah kyslíka, zvyšuje koncentráciu oxidu uhličitého a parciálny tlak nad obalom, pri zachovaní semipermeabilnosti obalových fólií, pričom umožňuje respiráciu rastlín (Kim et al., 2004). Využívajú sa na to bežne dostupné polymérne fólie najmä na báze polyetylénu alebo polypropylénu (Bergquist et al., 2006). Okrem predĺženia čerstvosti môže správne balenie znižovať riziko kontaminácie, keďže obmedzuje prístup baktérií, plesní a ďalších nečistôt z okolitého prostredia (Mir et al., 2017).

Pre dosiahnutie dlhšej čerstvosti sa využíva aj technika, pri ktorej sa produkty umývajú a ošetrojú rôznymi prostriedkami. Medzi bežne používané dezinfekčné prostriedky patrí chlór, ktorý sa často používa pre svoju antimikrobiálnu účinnosť. Na zachovanie výživových vlastností microgreens a zabránenie rastu mikroorganizmov sa čoraz častejšie využívajú aj organické kyseliny, ako napríklad kyselina citrónová a kyselina askorbová, ktoré negatívne neovplyvňujú chuť ani vôňu (Rico et al., 2007). Ďalšou možnosťou ošetrovania úrody je aplikácia vápnika, ktorý môže podporiť úrodu, spomaliť starnutie a predĺžiť skladovateľnosť microgreens (Gras et al., 2003; Guimares et al., 2011; Liu et al., 2009).

3 NUTRIČNÉ ZLOŽENIE MICROGREENS

V súčasnosti microgreens čoraz viac lákajú spotrebiteľov najmä vďaka svojej bohatej výživovej hodnote (Kyriacou et al., 2016). Obsahujú množstvo minerálnych látok a vitamínov a sú bohaté na antioxidanty a ďalšie biologicky aktívne látky (Zhang et al., 2021).

Väčšina živín sa analyzuje osobitne, pričom štúdie naznačujú, že microgreens obsahujú vyššie koncentrácie niektorých živín v porovnaní s dospelými rastlinami. Renna et al. (2020) však hodnotili celkové skóre kvality živín (NSQ), ktoré vychádza z obsahu bielkovín, vlákniny a mikroživín (vitamíny A a E, minerálne látky). Zistili, že microgreens karfiolu dosiahli až šesťnásobne vyššie skóre NSQ v porovnaní so zrelým karfiolom, najmä vďaka vysokému obsahu karotenoidov a vitamínov A a E.

3.1 Minerálne látky

Minerálne látky sú prvky nevyhnutné pre život, ktoré zohrávajú dôležitú úlohu v mnohých biologických procesoch, pretože poskytujú anorganické látky, ktoré sa podieľajú na fungovaní organizmu. Príkladom je ľudská kostra, ktorá je tvorená prevažne vápnikom a fosforom. Sodík, draslík, horčík a vápnik sú nevyhnutné na udržiavanie acidobázickej rovnováhy tela a reguláciu objemu telesných tekutín. Prvky ako jód, síra a zinok sa nachádzajú v hormónoch a kobalt vo vitamíne B₁₂ (Molnár a Pal, 2024).

Delia sa na makroprvky a mikroprvky. Medzi makroprvky patrí draslík (K), vápnik (Ca), fosfor (P), horčík (Mg), sodík (Na), síra (S) a chlór (Cl) (Enig, 2010), ktorých denný príjem by mal byť vyšší ako 100 mg/deň (Farag et al., 2023). Medzi mikroprvky, nazývané tiež stopové, patrí napríklad železo (Fe), zinok (Zn), meď (Cu), mangán (Mn), selén (Se) a nikel (Ni) (Enig, 2010), ktorých doporučená denná dávka sa pohybuje v hodnotách nižších ako 100 mg/deň (Farag et al., 2023). Niektoré z nich sú však pre náš organizmus toxické a predstavujú určité riziko v závislosti od ich koncentrácie a chemickej formy. Patria medzi ne kadmium (Cd), olovo (Pb), arzén (As) a ortuť (Hg) (Vázquez et al., 2015).

Minerálne látky sa do ľudského organizmu najčastejšie dostávajú prostredníctvom stravy (Vázquez et al., 2015). Microgreens sú bohatým zdrojom minerálnych látok a často obsahujú vyššie koncentrácie než dospelá zrelá zelenina. Weber (2017) poznamenal, že microgreens brokolice obsahujú 1,15- až 2,32-krát viac P, K, Mg, Zn, Fe, Ca a Cu

ako v dospelej rastline brokolice. Pinto et al. (2015) zistili, že šalát microgreens obsahuje vyšší obsah minerálnych látok Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se a Mo ako zrelý šalát. Celkovo u microgreens môžeme nájsť viac ako 15 minerálnych látok v rôznych koncentráciách (Weber, 2017; Pinto et al., 2015).

3.1.1 Makroelementy

Jedným z prvkov, ktoré sa označujú ako „makroelementy“, je fosfor. Fosfor je potrebný na syntézu nukleových kyselín, fosfolipidov a ATP (Bindraban et al., 2015). Rastliny však fosfor, ktorý sa nachádza v pôde, nemôžu v značnej miere využiť. Tento prvok sa najčastejšie ukladá v semenách, ktoré rastlina neskôr využíva na proces klíčenia (Waterland et al., 2017). Draslík sa okrem iného podieľa na aktivácii enzýmov, metabolizme bielkovín, raste buniek a podporuje funkciu bunkových membrán. Vápnik sa v rastlinách nachádza v bunkových stenách, kde reguluje permeabilitu buniek a samotnú konfiguráciu bunkovej steny. Horčík je centrálnym prvkom v molekule chlorofylu a hrá dôležitú úlohu ako aktivátor enzýmov (Pandey, 2015). Sodík má schopnosť nahrádzať draslík v niektorých metabolických funkciách (Taiz et al., 2015).

Pri rozsiahlej štúdii Xiao et al. (2016) bolo u 30 vzoriek microgreens stanovované množstvo rôznych minerálnych prvkov. Rozpätia koncentrácií jednotlivých makroelementov vyjadrených v mg/100 g FW boli nasledovné: najhojnejšie zastúpený draslík 176–387, fosfor 52–86, vápnik 28–66, horčík 28–66 a sodík 19–68. Analýza Balik et al. (2025) skúmala nutričné zloženie šiestich microgreens. Spomedzi vybraných druhov, ktorými boli čierna reďkovka, brokolica, červená repa, hrach, fazuľa a slnečnica, vykazovala najvyššiu koncentráciu fosforu 4,88 mg/100 g FW fazuľa a najnižšiu 2,57 mg/100 g FW červená repa. Fazuľa obsahovala tiež najvyššiu koncentráciu draslíka, a to 416,05 mg/100 g FW a najnižšia hodnota tohto prvku bola stanovená vo vzorku brokolice, a to 158,88 mg/100 g FW. Naopak, brokolica vykazovala najvyššiu koncentráciu horčíka 86,83 mg/100 g FW. Slnečnica obsahovala najnižšiu koncentráciu horčíku, ktorá bola stanovená na 45,96 mg/100 g FW, no najvyššiu koncentráciu 145,29 mg/100 g FW vápnika. Vápnik bol obsiahnutý v najnižšej koncentrácii u červenej repy na 67,18 mg/100 g FW.

3.1.2 Mikroelementy

Zinok je kľúčovým prvkom, ktorý zohráva dôležitú úlohu v rôznych biochemických procesoch. Jeho úloha súvisí s funkciou kofaktora pri aktivácii rôznych enzýmov

v rastlinách, podieľa sa na tvorbe chlorofylu pri procese fotosyntézy a napomáha metabolizovať dusík, pretože sa zúčastňuje pri syntéze proteínov. Prvky ako železo, mangán a meď zohrávajú tiež určitú úlohu pri procese fotosyntézy (Taiz et al., 2015). Železo sa zapája do syntézy chlorofylu; pri jeho nedostatku listy rastliny zbelejú a postupne vysychajú. Mangán je tiež aktivátorom niektorých enzýmov (Pandey, 2015).

Podľa štúdie Balik et al. (2025), v ktorej bolo skúmaných šesť druhov microgreens a stanovovaný obsah mikroprvkov železa, mangánu, zinku a medi, železo bolo najviac zastúpené vo vzorku brokolice 2610 $\mu\text{g}/100 \text{ g FW}$, ktorá obsahovala aj najvyšší obsah mangánu 350,56 $\mu\text{g}/100 \text{ g FW}$. Najvyšší podiel zinku (221,91 $\mu\text{g}/100 \text{ g FW}$) sa nachádzal u vzorku hrachu a najvyšší podiel medi bol zaznamenaný u vzorku slnečnice (956,34 $\mu\text{g}/100 \text{ g FW}$).

Detailnejšiu štúdiu vykonal de la Fuente et al. (2016), v ktorej stanovovali jednotlivé prvky u microgreens brokolice, kapusty, reďkovky a horčice. Z mikroelementov bolo stanovené železo, ktorého hodnoty sa pohybovali od 300 do 390 $\mu\text{g}/100 \text{ g FW}$, a zinok, ktorého koncentrácia sa pohybovala od 150 do 160 $\mu\text{g}/100 \text{ g FW}$. V diskusii však uvádzajú, že iné štúdie ukázali o niečo vyššie výsledky. Xiao et al. (2016) zosumarizovali koncentrácie mikroprvkov u rovnakých druhov microgreens, teda brokolice, kapusty, horčice a reďkovky pre železo v rozpätí 470 až 720 $\mu\text{g}/100 \text{ g FW}$ a pre zinok v rozpätí 290 až 430 $\mu\text{g}/100 \text{ g FW}$.

3.1.3 Toxické a potenciálne rizikové prvky

Tieto látky patria medzi kontaminanty vôd a prostredia, ktoré sa prostredníctvom nich môžu dostať do rastlín (Maluin et al., 2021). Akumulácia arzénu v rastlinách môže byť spôsobená tým, že arzén je podobný fosforu (Cornelis et al., 2005). Arzén je karcinogén, ktorý môže spôsobovať napríklad rakovinu pľúc či kože (Guo et al., 2023).

V rôznych druhoch microgreens bol stanovený veľmi nízky obsah arzénu. Lenzi et al. (2019) stanovili jeho koncentráciu na 0,0013 $\text{mg}/100 \text{ g FW}$, a Kapusta-Duch et al. (2024) po prepočte na 0,0001 a 0,0009 $\text{mg}/100 \text{ g FW}$. Kadmium vykazuje vysokú toxicitu po jeho požití či vdýchnutí (Zwolak, 2020). Existuje niekoľko štúdií, ktoré uvádzajú rôzne hodnoty obsahu kadmia v microgreens. Štúdia Kapusta-Duch et al. (2024) uvádza koncentráciu kadmia od 0,0032 do 0,0011 $\text{mg}/100 \text{ g FW}$. Výskum Lenzi et al. (2019) uvádza obsah kadmia 0,0004 $\text{mg}/100 \text{ g FW}$. Ďalšia štúdia Xiao et al. (2016) namerala koncentráciu v rozmedzí od 0,010 do 0,015 $\text{mg}/100 \text{ g DW}$ spolu s prvkom olovom. Olovo sa silno viaže na pôdu, a preto je ťažko absorbovateľný pre rastliny, najčastejšie sa môže akumulovať

v ich koreňových systémoch (Raj a Maiti, 2020). Na človeka taktiež môže pôsobiť toxicky, okrem iného spôsobuje kardiovaskulárne ochorenia (Guo et al., 2023). Výsledky Kapusta-Duch et al. (2024) ukázali množstvo olova obsiahnutého v rôznych druhoch microgreens, ktorého koncentrácia činila 0,0002; 0,0005 a 0,004 mg/100 g FW. Lenzi et al. (2019) namerali o niečo vyšší obsah, a to konkrétne 0,0122 mg/100 g FW.

3.2 Biologicky aktívne látky

Biologicky aktívne látky, známe aj ako nutraceutiká, sú prírodné zlúčeniny obsiahnuté v potravinách, ktoré môžu pozitívne ovplyvniť ľudské zdravie. Môžu byť esenciálne aj neesenciálne, no ich spoločnou črtou je, že sú súčasťou potravinového reťazca a ich účinky presahujú bežnú výživovú hodnotu. V strave plnia dôležitú úlohu nielen ako zdroj živín, ale aj ako funkčné zložky podporujúce zdravie a prevenciu ochorení (Biesalski et al., 2009).

3.2.1 Antioxidanty

Antioxidanty sú látky, ktoré majú rôzne prospešné funkcie. Predlžujú prirodzenú trvanlivosť potravín bránením procesu oxidácie, preto sa označujú aj ako inhibitory oxidácie. Vďaka tejto funkcii sa často umelo pridávajú do rôznych potravín (Horbańzuk et al., 2019). Antioxidanty zohrávajú dôležitú úlohu v ochrane organizmu tým, že dokážu vychytávať voľné radikály a pomáhajú bunkám chrániť sa pred oxidačným stresom. Medzi antioxidanty, ktorých koncentrácie sa vyskutujú v microgreens, patrí napríklad vitamín C, vitamín E, glukozinoláty a fytochemikálie, medzi ktoré patria aj karotenoidy a fenolové zlúčeniny (Zhang et al., 2021).

Vitamín C, známy tiež ako kyselina askorbová, je taktiež látkou so silným antioxidačným účinkom. V ľudskom tele je nevyhnutný pre rôzne biologické funkcie. Napomáha pri hojení rán, syntéze kolagénu a reguluje imunitný systém. Jeho doporučená denná dávka sa pohybuje v rozmedzí od 60 do 100 mg/deň, v závislosti na pohlaví a prípadnej gravidite žien. Zároveň sa doporučujú vyššie dávky pre fajčiarov, ako obrana proti oxidačnému stresu (Chambial et al., 2013).

Xiao et al. (2012) stanovovali obsah vitamínu C u 25 druhov microgreens, kde sa jeho hodnota pohybovala od 20,4 do 147,0 mg/100 g FW. Taktiež tieto hodnoty porovnali s ich dospelými rastlinami, ktorých hodnoty boli nižšie ako u microgreens. Ghora et al. (2020) taktiež stanovovali obsah vitamínu C, ale u 10 druhov microgreens, kde dosahoval

v priemere hodnoty od 29,9 do 123,2 mg/100g FW. Štúdia de la Fuente et al. (2019) hodnotila obsah vitamínu C u vzorkov microgreens kapusty, red'kovky, brokolice a horčice. Najvyššiu koncentráciu obsahovala kapusta 56,14 mg/100 g FW, nasledovala brokolica s koncentráciou 50,99 mg/100 g FW, ďalej red'kovka s koncentráciou 45,43 mg/100 g FW a najnižšia koncentrácia vitamínu C 30,67 mg/100 g FW bola detegovaná u horčice. Tieto hodnoty sú porovnateľné s obsahom vitamínu C u citrusových plodov, ako je citrón, pomaranč, grapefruit a limetka, obsahujú približne od 18,62 do 58,30 mg/100 g FW vitamínu C (Najwa a Azlan, 2017).

Vitamín E, ktorý zahŕňa tokoferoly a tokotrienoly, je skupina v tukoch rozpustných antioxidantov. Každá z týchto skupín obsahuje štyri izoméry (α , β , γ , δ). Najaktívnejšou formou tokoferolov je α -tokoferol, γ -tokoferol je formou najhojnejšie zastúpenou v rastlinách (Schwartz et al., 2008).

Štúdia Xiao et al. (2012) zistila, že rôzne druhy mikro zeleniny vykazujú výrazné rozdiely v obsahu α - a γ -tokoferolov, pričom niektoré odrody, ako napríklad zelená red'kovka daikon, dosahujú veľmi vysoké koncentrácie týchto vitamínov (87,4 mg/100 g FW α -tokoferolu a 39,4 mg/100 g FW γ -tokoferolu). Naopak, red'kovka čínska ružová obsahovala len 19,7 mg/100 g FW α -tokoferolu a 7,5 g FW γ -tokoferolu. Úponky zlatého hrachu obsahovali o nižšie hodnoty α -tokoferolu (4,9 mg/100 g FW) a γ -tokoferolu (3,0 mg/100 g FW). Podsedeck et al. (2006) stanovil koncentráciu α -tokoferolu dospeljej červenej kapusty na 0,06 mg/100 g FW, no analýza microgreens červenej kapusty podľa Xiao et al. (2012) ukázala, že microgreens tejto rastliny obsahujú približne až 40-násobnú koncentráciu týchto antioxidantov, teda 24,1 mg/100 g FW.

Karotenoidy sa prirodzene vyskytujú v rastlinách a ich účinok je skúmaný v spojení liečenia rôznych chorôb, vďaka ich antioxidačnému účinku (Patil et al., 2009). Sú to lipofilné rastlinné pigmenty žltej, oranžovej a červenej farby. Zahŕňajú karotény, medzi ktoré patrí napríklad β -karotén a lykopen a tiež xantofyly, napríklad luteín a zeaxantín (Misawa, 2010).

Vďaka pigmentácii, ktorou sa karotenoidy vyznačujú, sa nachádzajú v rastlinách rôznych (väčšinou červených) farieb. Napriek tomu, tieto látky obsahujú aj rastliny svetlých farieb (Khoo et al., 2011). Práve tieto analyzovali Niroula et al. (2019), kedy po 16 dňoch od výsevu sa obsah karotenoidov u microgreens pšenice zvýšil z 0,42 na 53,36 mg/100 g DW a u microgreens jačmeňa bol ich obsah navýšený z 0,78 na 56,08 mg/100 g DW. Týmto dokázali, že microgreens pšenice a jačmeňa sú bohatšie

na obsah karotenoidov, ako semená týchto obilnín. Štúdia de la Fuente et al. (2019) zistila, že obsah β -karoténu v microgreens bol najvyšší v horčici, a to 224,27 mg/100 g DW, nasledovaný brokolicou 221,80 mg/100 g DW, kapustou 217,54 mg/100 g DW a reďkovkou 162,29 mg/100 g DW. Xiao et al. (2012) skúmali obsah karotenoidov u 25 druhov komerčne dostupných microgreens, kde sa obsah β -karoténu pohyboval v rozmedzí od 0,6 do 12,1 mg/100 g FW, obsah luteínu/zeaxantínu sa pohyboval od 1,3 do 10,1 mg/100 g FW a obsah violaxantínu bol v rozmedzí od 0,9 do 7,7 mg/100 g FW. Najvyššie hodnoty karotenoidov obsahovali microgreens červená kapusta, koriander, amarant a zelená reďkovka.

Polyfenolové látky predstavujú najpočetnejšiu skupinu biologicky aktívnych látok, ktoré sa prirodzene nachádzajú v rastlinných materiáloch. Delia sa na dve hlavné triedy – flavonoidy a fenolové kyseliny. Vzhľadom na ich rozmanitú chemickú štruktúru majú polyfenoly rôznorodé biologické účinky (Abbas et al., 2016).

Microgreens obsahujú vyšší obsah polyfenolových látok ako zrelé rastliny. Dokazuje to napríklad štúdia Sun et al. (2013), kedy u 5 druhov microgreens kapusty identifikovali 164 polyfenolov, medzi ktorými bolo 30 antokyanov, 105 flavanolových glykozidov a 29 derivátov kyseliny hydroxycinámovej a hydroxybenzoovej. Štúdia Oh et al. (2010) ukázala, že microgreens šalátu po siedmych dňoch rastu mali vyššiu celkovú koncentráciu fenolov v porovnaní so zrelými listami. Štúdia de la Fuente et al. (2019) skúmala obsah rozpustných polyfenolových látok ako ekvivalent kyseliny gallovej u štyroch druhov microgreens. Najvyššia koncentrácia sa zistila u kapusty 2415,95 mg GAE/100 g DW. Medzi reďkovkou a brokolicou neboli štatisticky významné rozdiely. Koncentrácia u reďkovky bola 2111,19 mg GAE/100 g DW a u brokolice 2037,38 mg GAE/100 g DW. U horčice boli fenolové látky stanovené na 1889,76 mg GAE/100 g DW.

Flavonoidy predstavujú rozmanitú skupinu prírodných zlúčenín s fenolovým jadrom, ktoré sa prirodzene vyskytujú v mnohých rastlinných zdrojoch, ako sú ovocie, zelenina, obilniny, čaj, víno a rôzne časti rastlín (napríklad korene). Tieto zlúčeniny sú známe svojím pozitívnym vplyvom na ľudské zdravie a považujú sa za významné zložky v oblastiach nutraceutík, farmácie, medicíny i kozmetiky, a to najmä vďaka ich antioxidačnému pôsobeniu, ako aj schopnosti potláčať zápal, mutácie a niektoré druhy nádorového bujnenia. Navyše, ovplyvňujú aktivitu dôležitých enzýmov v bunkách (Patil et al., 2009).

Obsah flavonoidov podľa Balik et al. (2025), skúmaný u šiestich druhov microgreens, bol zaznamenaný v najvyššej koncentrácii u vzorku červenej repy (1625 mg/100 g FW), nasledovala čierna reďkovka (1193 mg/100 g FW), fazuľa (758 mg/100 g FW), brokolica (707 mg/100 g FW), hrášok (482 mg/100 g FW) a najnižšia koncentrácia bola nameraná u vzorky slnečnice (217 mg/100 g FW).

Fenolové kyseliny sa všeobecne delia na kyselinu hydroxyškoricovú a kyselinu benzoovú. Niektoré sa v zelenine a ovocí nachádzajú vo voľnej forme a niektoré vo forme viazanej, hlavne v šupkách a semenách. V oblasti ľudského zdravia sú skúmané priaznivé účinky fenolových kyselín, hlavne pri kardiovaskulárnych ochoreniach, rakovine a diabete (Abbas et al., 2016).

Analýza u microgreens šalátu identifikovala desať rôznych fenolových kyselín, ktorých hodnoty boli o 26 % vyššie u tých vzorkov šalátu, ktoré boli vopred ošetrené vodou ako u tých, ktoré boli hnojené živným roztokom (Pannico et al., 2020).

Glukozinoláty sú dobre definovanou skupinou rastlinných metabolitov, bohaté na síru. Hydrolyzujú sa na niekoľko produktov, ktoré majú rôzne funkcie, napríklad pre ľudí fungujú ako látky zabráňujúce vzniku rakoviny alebo ako biopesticídy (Halkier a Gershenzon, 2006).

Obsah bol skúmaný v niekoľkých druhoch microgreens a výsledky naznačili, že obsah a zloženie v rastlinách ovplyvňuje druh, rastová fáza ale aj vegetačné obdobie microgreens. Zároveň sa však potvrdilo že microgreens sú mimoriadne bohaté na obsah týchto zlúčenín, ktorých koncentrácia sa dá upraviť podmienkami pestovania. Ich vyššej koncentrácii napomáha namáčanie semien pred zasadením alebo vystavenie tepelnému stresu (Michyalczyk, 2025).

4 VPLYV MICROGREENS NA ZDRAVIE ČLOVEKA

Užívanie tabaku, alkoholu a nedostatočná fyzická aktivita sa negatívne podpisujú na ľudskom zdraví a významne sa podieľajú na vzniku chronických ochorení (Busse et al., 2019). Výskum a vývoj v oblasti biopotravín je vzhľadom na celosvetovo sa zhoršujúci zdravotný stav čoraz aktuálnejšou témou, vzhľadom na nedostatok živín, ako sú minerálne látky či vitamíny. Podľa štúdií založených na experimentoch je zrejmé, že strava s bohatým obsahom rastlinnej potravy má pozitívne účinky na zdravie (Choe et al., 2018). Rastúci výskyt chronických ochorení núti verejnosť vyhľadávať inovatívne riešenia v poľnohospodárstve (Lone et al., 2024). S rastúcou hustotou obyvateľstva, najmä v mestských častiach a potrebou ľahko dostupných nutrične bohatých potravín sa kladie čoraz vyšší dôraz na pestovanie rastlín v kontrolovanom prostredí, ako sú skleníky a automatizované vertikálne farmy (Benke a Tomkins, 2017). V tomto kontexte sa microgreens javia ako ideálna potravina vďaka možnosti pomerne nenáročného pestovania na malom priestore a bohatému nutričnému zloženiu. Práve vďaka svojmu nutričnému zloženiu sa microgreens dostávajú do popredia v otázke ľudského zdravia (Lone et al., 2024).

Podľa definície Noufelda et al. (2021) sa zdravou výživou rozumie: „*Strava podporujúca zdravie a zabraňujúca chorobám. Poskytuje dostatok živín a zdravie podporujúcich látok z výživných potravín bez ich nadbytku a vyhýba sa konzumácii zdraviu škodlivých látok.*“ Microgreens sa skúmali ako funkčná potravina v prevencii rôznych chorôb založených na strave, napríklad obezity, kardiovaskulárnych ochorení, cukrovky druhého typu a rakoviny (Turner et al., 2020).

4.1 Deficit minerálnych látok

Nedostatočný príjem minerálnych látok predstavuje vážny globálny výživový problém. Viac ako 60 % svetovej populácie trpí nedostatkom železa a vyše 30 % aj nedostatkom zinku. Okrem toho sú deficity vápnika, horčíka a medi bežné nielen v rozvojových, ale aj v rozvinutých krajinách (White a Broadley, 2009). Železo, zinok, meď a mangán fungujú ako kofaktory enzýmov, ktoré sú súčasťou antioxidantných systémov tela a pomáhajú chrániť bunky pred poškodením spôsobeným voľnými radikálmi a ich nedostatok môže zvýšiť riziko vzniku rakoviny (Matés a kol., 1999). Napriek tomu, že výskyt nedostatku mangánu u ľudí je relatívne zriedkavý, tento prvok je nevyhnutný pre správnu činnosť enzýmov zapojených do antioxidantných procesov ako aj do tvorby kostí

a syntézy neurotransmiterov (Pandey, 2015). Vápnik je prvok, ktorý tvorí značnú časť kostí, a jeho nízky príjem môže viesť k úbytku kostnej hmoty, čím sa zvyšuje riziko vzniku osteoporózy. Aj fosfor nevyhnutný na udržanie zdravia kostí. Dôležitá je aj správna rovnováha medzi sodíkom a draslíkom, pretože nadmerná konzumácia sodíka v kombinácii s nízkym príjmom draslíka môže prispieť k zvýšenému riziku vzniku hypertenzie (Binia et al., 2015).

Khoja et al. (2020) stanovovali obsah železa a skúmali jeho biologickú dostupnosť u viacerých druhov microgreens (brokolica, rukola, senovka grécka), po mikrovlnnom rozklade metódou ICP-OES (optický emisný spektrometer s indukčne viazanou plazmou). Z výsledkov vyplynulo, že najvyššie koncentrácie železa obsahovali microgreens senovky gréckej a dospeli k záveru, že práve tento druh microgreens je vhodný na zvýšenie hladiny železa u ľudí.

4.2 Obezita

Obezita je považovaná za piatu najčastejšiu príčinu smrti na svete. Nadváha a obezita u ľudí sú často dôsledkom zlého životného štýlu, ktoré neskôr vedie k ďalším zdravotným problémom a prispievajú k rôznym chronickým ochoreniam, ako je napríklad rakovina, cukrovka a kardiovaskulárne choroby. WHO predpovedala, že do roku 2030 bude 30 % úmrtí vo svete spojených so zlým životným štýlom. Tieto ochorenia môžu byť inhibované edukáciou v oblasti správnej výživy (Safaei et al., 2021).

Výsledky štúdie Li et al. (2021), ktorá skúmala preventívne pôsobenie šťavy z microgreens proti obezite na laboratórnych myšiach, potvrdili potenciál microgreens ako funkčnej potraviny. Laboratórnym myšiam bola podávaná strava s vysokým obsahom tuku, na simuláciu obezity a zároveň im bola aplikovaná šťava z microgreens brokolice. Zistili, že šťava spôsobila významné zníženie telesnej hmotnosti, množstva bieleho tukového tkaniva, veľkosti tukových buniek a zároveň aj zníženie hromadenia tukov v pečeni.

4.3 Diabetes mellitus druhého typu

Diabetes mellitus (cukrovka) druhého typu je ochorenie charakterizované hyperglykémiou, ktorá vzniká v dôsledku zníženého účinku inzulínu. Predpokladá sa, že do roku 2030 bude týmto ochorením trpieť takmer 440 miliónov ľudí na celom svete (Thipsawat, 2021).

Microgreens s vysokým obsahom sulforafánu môžu pomôcť ľuďom s inzulínovou rezistenciou. Ľuďom trpiacim cukrovkou druhého typu podávali prášok z microgreens brokolice. Výsledky ukázali, že tento prášok s vysokou koncentráciou sulforafánu významne znížil hladinu inzulínu v sére (Bahadoran et al., 2017).

4.4 Rakovina

S rastúcim výskytom zhubných nádorov u ľudí, ktoré predstavujú druhú najčastejšiu príčinu úmrtí na svete, sa zvyšuje pozornosť ľudí v snahe predchádzať rakovinovým ochoreniam. Účinnou formou prevencie je konzumácia rastlín obsahujúcich fytochemikálie, ako sú napríklad microgreens (Koh et al., 2020). Ich potenciál v prevencii rakoviny spočíva v schopnosti inhibovať špecifické metabolické procesy a mechanizmy v rakovinových bunkách (de la Fuente et al., 2020). Lone et al. (2024) uvádzajú, že vďaka vysokému obsahu fytochemikálií, ako sú indoly a flavonoidy, chránia tieto rastliny človeka pred rakovinou prostaty a prsníka v počiatočných štádiách ochorenia. Potvrďuje to aj štúdia Luang-In et al. (2021), ktorá preukázala, že extrakt zo semien thajskej reďkovky vo forme microgreens, ošetrovaných studenou plazmou, pôsobil antimigračne v bunkách ľudského adenokarcinómu prsníka a ľudského hepatocelulárneho karcinómu, čím bránil migrácii rakovinových buniek.

Medzi najčastejšie typy rakoviny u ľudí patrí rakovina hrubého čreva. De la Fuente et al. (2020) skúmali protirakovinový účinok štyroch microgreens z čeľade *Brassicaceae*. Konkrétne išlo o reďkovku, brokolicu, kel a horčicu. Bunky hrubého čreva boli ošetrované biologicky dostupnými frakciami týchto microgreens, a ich účinok sa porovnával s liekom na liečbu rakoviny hrubého čreva. Bunky ošetrované microgreens vykazovali zvýšený výskyt reaktívnych foriem kyslíka, celkové zastavenie bunkového cyklu a apoptickú smrť buniek.

II PRAKTICKÁ ČASŤ

5 CIEĽ BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Cieľom bakalárskej práce v teoretickej časti bolo charakterizovať microgreens ako modernú skupinu rastlín s rôznorodými pestovateľskými možnosťami, rastúcou popularitou a širokým spektrom využitia. Opísané bolo aj nutričné zloženie so zameraním na obsah minerálnych prvkov a biologicky aktívnych látok, ako aj ich význam pre ľudské zdravie.

V praktickej časti bakalárskej práce bolo cieľom stanoviť obsah minerálnych prvkov metódou ICP-MS a celkový obsah polyfenolov pomocou Folin-Ciocalteuovho činidla pri dvoch druhoch microgreens – reďkovke čínskej ružovej a keli čiernom. Sledoval sa vývoj obsahu týchto látok počas štyroch dní rastu. Cieľom práce bolo tiež cieľom zhodnotiť, do akej miery môžu microgreens prispieť k dennému príjmu základných mikroživín a zhodnotiť ich potenciál ako prirodzený doplnok výživy. Výsledky analýzy by zároveň mohli poslúžiť ako podklad pre širšie využitie microgreens v preventívnej výžive a verejnom stravovaní.

6 MATERIÁL A PRÍSTROJE

6.1 Použité chemikálie

- 67 % ultrapure HNO₃ (Chemsolute, Nemecko)
- 30 % H₂O₂ ANALPURE ULTRA (Analytika, Česká republika)
- Metranal® 8 (Analytica Ltd., Česká republika)
- NIST ryžová múka 1568b (Analytica Ltd., Česká republika)
- redestilovaná voda (Aqua osmotica Tišnov, Česká republika)
- Folin-Ciocalteuovo činidlo (Penta, Česká Republika)
- 20 % Na₂CO₃ (Lach-ner, Česká republika)
- kyselina gallová (Sigma-Aldrich, USA)
- 80 % metanol HPLC (RCI Labscan, Thajsko)

6.2 Použité prístroje a pomôcky

- laboratórne sklo a základné pomôcky
- analytické váhy (Sartorius, Nemecko)
- ultrazvukový kúpeľ BANDELIN (Sonorex, Nemecko)
- mikrovlnný systém Ethos One (Milestone, Taliansko)
- hmotnostný spektrometer iCAP Q ICP-MS (Thermo Scientific, USA)
- spektrofotometer Specord 210 PLUS (Analytik Jena, Nemecko)

6.3 Použité vzorky

Pre účely analýzy microgreens boli použité dva druhy semien na klíčenie zakúpené v obchodnej sieti. Prvou vzorkou boli semená reďkovky čínskej ružovej BIO (*Raphanus sativus*) (obrázok 7) a druhou semená kelu čierneho BIO (*Brassica oleracea*) (obrázok 8) z ekologického poľnohospodárstva. Semená boli vopred namočené vo vode po dobu 10 hodín a následne boli vysiate do rastového média, ktorým bola čistá bavlna. Vzorky boli skladované v laboratóriu pri izbovej teplote 21 ± 2 °C s prístupom denného svetla a boli

pravidelne dvakrát denne zavlažované. Semená boli zasiate tak, aby počas analýzy bolo možné odoberať vzorky z rôznych dní rastu (6., 7., 8. a 9. deň).



Obrázok 7 Semená v obale (vľavo) a naklíčené microgreens počas 9. dňa rastu (vpravo) redkovky čínskej ružovej (*Raphanus sativus*)

(zdroj: <https://www.zdravyden.cz/Naklicovace-a-semena-bio-15/redkev-cinska-ruzova-bio-semena-na-kliceni-200g-265/>; vlastný)



Obrázok 8 Semená v obale (vľavo) a naklíčené microgreens počas 9. dňa rastu (vpravo) kelu čierneho (*Brassica oleracea*)

(zdroj: <https://www.zdravyden.cz/Naklicovace-a-semena-bio-15/kapusta-cerna-bio-semena-na-kliceni-100g-603/>; vlastný)

7 METODIKA STANOVENIA

7.1 Stanovenie obsahu minerálnych látok

7.1.1 Príprava vzorkov

Vzorky microgreens red'kovky a kelu vo všetkých štyroch vývojových štádiách (6.–9. deň rastu) boli jednotlivo rozkrájané na malé časti pomocou keramického noža.

7.1.2 Mineralizácia vzorkov

Pomocou analytických váh bolo navážených 0,2 g (s presnosťou na 0,1 mg) vzoriek red'kovky a kelu, ktoré boli následne vložené do vysušených teflonových nádobiek. Z každého dňa rastu (6., 7., 8., 9. deň) boli navážené tri vzorky. Pre red'kovku a kel tak vzniklo dokopy 24 vzoriek. Ku každej vzorke bolo pomocou automatickej pipety s jednorázovým špicom pridaných po 7 ml 67 % ultrapure HNO₃ (kyselina dusičná) a 1 ml 30 % ultrapure H₂O₂ (peroxid vodíka). K mineralizácii bolo použité mikrovlnné zariadenie Ethos One (Milestone, Taliansko), kde boli vložené vzorky. Parametre prístroja boli nastavené na 15 minút, 200 °C, 1500 W na nábeh, 15 min, 200 °C, 1500 W na výdrž. Po mineralizácii boli vzniknuté mineralizáty preliate do plastových nádobiek a následne schladené (Sumczynski et al., 2018).

7.1.3 Stanovenie prvkového zloženia metódou ICP-MS

Na stanovenie prvkového zloženia mineralizovaných vzoriek red'kovky a kelu pripravených podľa kapitoly 7.1.2 bola využitá hmotnostná spektrometria s indukčne viazaným plazmatom ICP-MS (ThermoScientific, USA) iCAP Q na bázi kvadrupólového analyzátoru s technológiou QCell (CTT – Collision Cell Technology). Pri tejto technológii bolo využité hélium (²He) ako kolízny plyn, ktorý umožňuje rozpad molekulárnych asociátov. Pracovné parametre boli nastavené následovne: výkon 1550 W, hĺbka vzorkovania 5 mm, prietok chladiaceho plynu 14,01 l/min³, prietok pomocného plynu 0,8 l/min, prietok zmlžovacieho plynu 1,015 l/min, prietoková rýchlosť hélia 4,1 ml/min, rýchlosť zmlžovača 40,00 ot./min, teplota vnútri komory 2,7 °C.

Dve sady kalibračných štandardov boli pripravené v dvoch radách. Prvá rada štandardov v koncentrácii 3–35 µg/l: ⁹Be, ⁶⁶Zn, ⁶³Cu, ⁶⁰Ni, ²⁷Al, ²⁴Mg, ⁵⁹Co, ⁷Li, ⁴⁵Sc, ¹⁰⁷Ag, ⁵⁵Mn, ⁸⁸Sr, ¹³⁷Ba, ²⁰⁵Tl, ²⁰⁹Bi, ¹⁴⁰Ce, ¹³³Cs, ¹⁶⁵Ho, ¹⁸¹Ta, ¹⁵⁹Tb, ²³⁸U a ⁸⁹Yn s očakávanou vyššou koncentráciou prvkov; druhá sada štandardov v koncentrácii 0,5–1,0 µg/l: ⁷⁵As, ⁴⁴Ca,

^{111}Cd , ^{52}Cr , ^{57}Fe , ^{202}Hg , ^{39}K , ^{31}P , ^{23}Na , ^{208}Pb , ^{77}Se , ^{118}Sn a ^{41}Ti s očekávanou nižšou koncentraciou prvkov. Ako vnútorný štandard bolo použité ródium (^{103}Rh) v koncentrácii 10-100 $\mu\text{g/l}$. Pre správnosť merania boli použité certifikované referenčné materiály zo zelených rias Metranal® a NIST ryžová múka 1568b (Analytica Ltd., Česká republika).

Pomocou metódy ICP-MS boli stanovené koncentrácie týchto prvkov: ^7Li , ^{11}B , ^{23}Na , ^{24}Mg , ^{27}Al , ^{31}P , ^{39}K , ^{44}Ca , ^{45}Sc , ^{55}Mn , ^{57}Fe , ^{60}Ni , ^{63}Cu , ^{66}Zn , ^{88}Sr , ^{95}Mo , ^{133}Cs , ^{202}Hg , ^{205}Ti v $\mu\text{g/g}$ a ^{48}Tl , ^{51}V , ^{52}Cr , ^{59}Co , ^{71}Ga , ^{73}Ge , ^{75}As , ^{77}Se , ^{89}Y , ^{90}Zr , ^{103}Rh , ^{107}Ag , ^{111}Cd , ^{121}Sb , ^{118}Sn , ^{137}Ba , ^{140}Ce , ^{165}Ho , ^{181}Ta , ^{208}Pb , ^{238}U v ng/g (Sumczynski et al., 2018).

7.2 Stanovenie celkového obsahu polyfenolov

7.2.1 Príprava vzorkov

Vzorky microgreens reďkovky a kelu vo všetkých štyroch vývojových štádiách (6.–9. deň rastu) boli keramickým nožom jednotlivo nakrájané na malé časti.

7.2.2 Extrakcia polyfenolov

Do sklenených liekoviek s tmavým sklom bolo z každého vzorku navážených po 1 g s presnosťou na 0,1 mg. Z každého dňa (6., 7., 8., 9. deň rastu) boli navážené dve vzorky. Pre reďkovku a kel tak vzniklo dokopy 16 vzorkov. Ku každej navážke bolo pridaných 20 ml extrakčného činidla – 80 % metanolu. Vzorky sa extrahovali za pomoci ultrazvuku pri teplote 40 °C po dobu 1 hodiny. Následne boli prefiltrované cez filtračný papier.

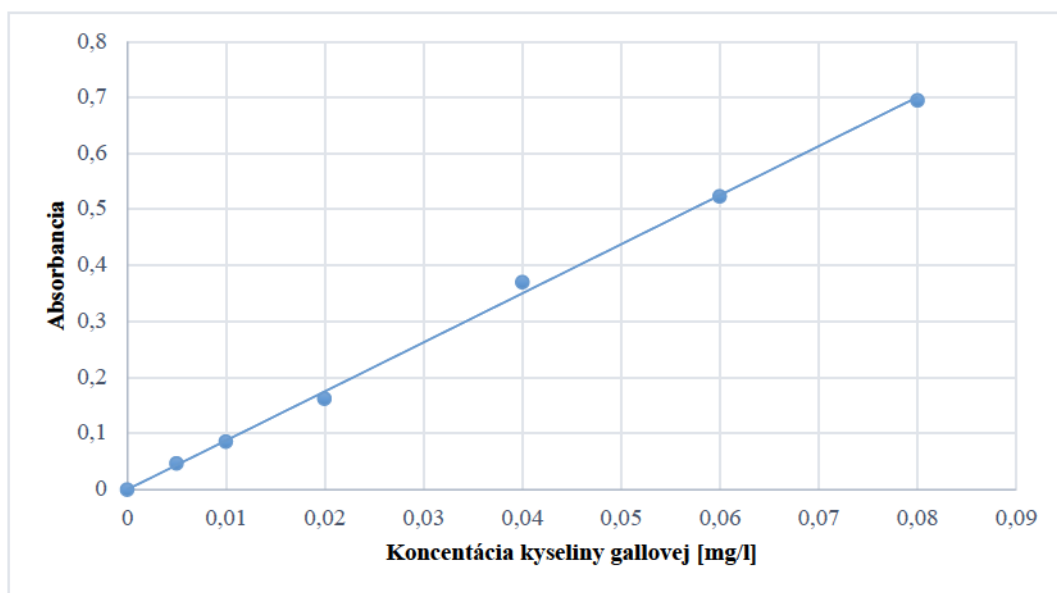
7.2.3 Stanovenie celkového obsahu polyfenolov s Folin-Ciocalteuovým činidlom

Na stanovenie celkového obsahu polyfenolov TPC (Total Phenolic Content) boli použité vzorky vyextrahované podľa kapitoly 7.2.2. Fenolické látky sú v alkalickom prostredí oxidované Folin-Ciocalteuovým činidlom, ktoré sa po oxidácii fenolov redukuje na komplex modrých oxidov wolframu (W_8O_{23}). Do 10 ml odmernej banky bolo pridaných 5 ml destilovanej vody, 0,2 ml extraktu vzorku, 0,5 ml Folin-Ciocalteovho činidla, 1,5 ml 20 % Na_2CO_3 . Následne bola banka doplnená destilovanou vodou po rysku, teda na celkový objem 10 ml. Po príprave bola banka uzatvorená plastovým uzáverom, dôkladne premiešaná a ponechaná 30 minút v pokoji. Po uplynutí tejto doby bola absorbancia meraná za použitia spektrofotometra Specord 210 PLUS pri vlnovej dĺžke 765 nm, pretože v tejto oblasti sa silno absorbuje vytvorené modré sfarbenie. Celkový obsah polyfenolov vo vzorke bude

vypočítaný pomocou rovnice lineárnej regresie zo získaných hodnôt a vyjadrený ako ekvivalent štandardu kyseliny gallovej (GAE) na 1 kg vzorky.

7.2.4 Kalibračná krivka kyseliny gallovej

Na zostavenie kalibračnej krivky bol použitý roztok kyseliny gallovej s koncentráciou 0,4 g/l. Kalibračné roztoky boli vytvorené riedením štandardu kyseliny gallovej v metanole na koncentrácie 0,08; 0,06; 0,04; 0,02; 0,01 a 0,005 g/l. Jednotlivé vzorky boli pripravené rovnako, ako príprava vzorkov v kapitole 7.2.3, no namiesto extraktov vzorku boli použité kalibračné roztoky. Rovnakým spôsobom bola tiež zmeraná absorbancia. Z nameraných hodnôt bola vytvorená kalibračná krivka (graf 1), ktorá zobrazuje závislosť absorbancie od koncentrácie kalibračných roztokov kyseliny gallovej.



Graf 1 Kalibračná krivka kyseliny gallovej

Rovnica regresie z kalibračnej krivky má tvar: $y = 8,7541x + 0,0006$ a hodnota spoľahlivosti je: $R^2 = 0,9985$.

8 VÝSLEDKY A DISKUSIA

8.1 Obsah minerálních látok

Celkovo boli u oboch vzoriek metódou ICP-MS zistené koncentrácie 40 rôznych prvkov, z toho 19 v jednotkách $\mu\text{g/g}$ (tabuľky 1 a 3) a 21 v jednotkách ng/g (tabuľky 2 a 4). Namerané výsledky koncentrácií boli spracované do tabuliek a zapísané ako aritmetický priemer so smerodajnou odchýlkou. Vývoj koncentrácií esenciálnych makro- a mikroprvkov, ako aj toxických prvkov počas rôznych dní rastu u oboch druhov microgreens bol spracovaný do jednotlivých grafov (grafy 2–7).

U oboch sledovaných druhov microgreens bol pozorovaný všeobecný trend postupného poklesu koncentrácií esenciálnych makro- a mikroprvkov, pričom najvyššie hodnoty boli zaznamenané na začiatku sledovaného obdobia. K podobným výsledkom prišli aj v štúdií Waterland et al. (2017), kde stanovovali vývoj obsahu minerálnych látok v piatich rôznych vývojových štádiách v troch odrodách microgreens kapusty.

Minerálne látky zohrávajú v rastlinách dôležitú úlohu pri zabezpečení ich normálneho rastu a vývoja. Zúčastňujú sa aj rôznych biologických procesov, ako je sú napríklad fotosyntéza, ukladanie živín a syntéza látok. Ich koncentrácie sa menia v závislosti na rastových fázach vývoja rastlín. Zatiaľ čo je zastúpenie niektorých prvkov vysoké počas klíčenia, ich koncentrácia sa v ďalších fázach vývoja môže znižovať (Waterland et al., 2017).

Mir et al. (2017) uvádzajú, že microgreens z čeľade kapustovitých predstavujú dobrý zdroj minerálnych prvkov. Štúdia Kyriacou et al. (2021) poukázala na to, že schopnosť prijímať a akumulovať jednotlivé minerálne prvky ovplyvňuje nielen výber rastových faktorov, ale najmä genotyp rastliny. Waterland et al. (2017) zdôraznili, že obsah vody môže tiež ovplyvňovať množstvo minerálnych látok v microgreens, keďže sa konzumujú v čerstvom stave a minerály sa akumulujú práve vo vode.

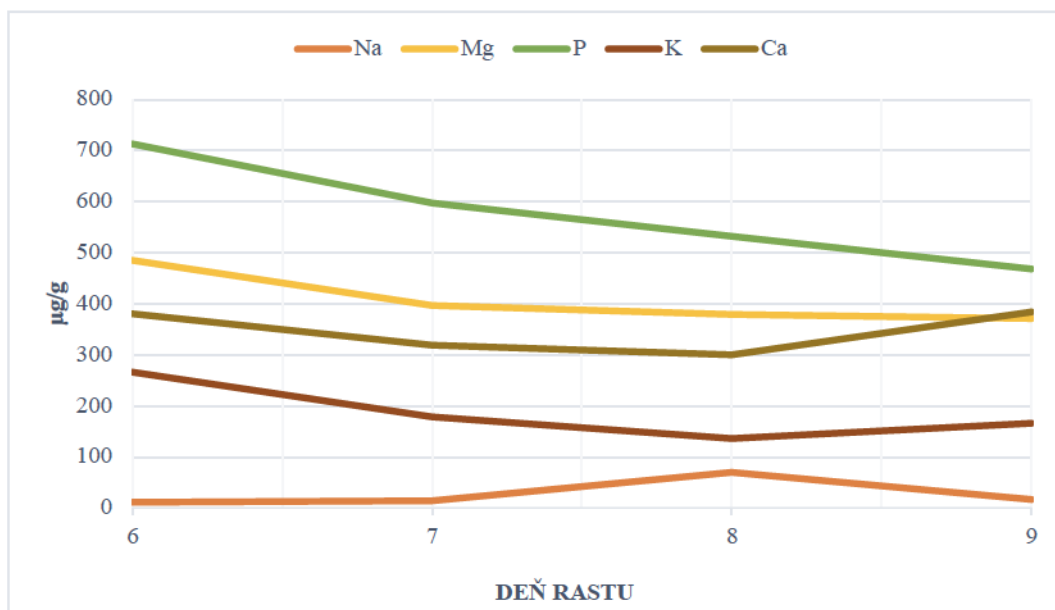
8.1.1 Red'kovka čínska ružová

Microgreens red'kovky predstavujú zdroj rôznych minerálnych prvkov. Celkovo možno konštatovať, že najvyššie koncentrácie esenciálnych minerálnych prvkov boli detegované na začiatku sledovaného obdobia, teda v šiesty deň rastu. Tabuľky 1 a 2 zobrazujú koncentrácie jednotlivých prvkov počas štyroch dní rastu. Grafy 2 a 3 znázorňujú vývoj koncentrácií vybraných esenciálnych makro- a mikroprvkov počas dní rastu. Graf 4 zobrazuje vývoj koncentrácií toxických prvkov.

Tabuľka 1 Obsah koncentrácií prvkov nameraných vo vzorkoch red'kovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$

Prvky [$\mu\text{g/g}$]	6. deň	7. deň	8. deň	9. deň
⁷ Li	$21,7 \pm 1,5^a$	$17,3 \pm 1,0^b$	$17,4 \pm 9,1^b$	$35,8 \pm 2,2^c$
¹¹ B	$7,20 \pm 0,50^a$	$6,91 \pm 0,20^b$	$7,76 \pm 0,10^c$	$9,11 \pm 0,13^d$
²³ Na	$11,2 \pm 1,00^a$	$14,0 \pm 1,00^b$	$69,8 \pm 1,22^c$	$16,2 \pm 1,00^d$
²⁴ Mg	485 ± 10^a	397 ± 10^b	379 ± 25^c	371 ± 10^d
²⁷ Al	$3,01 \pm 0,30^a$	$3,07 \pm 0,10^b$	$6,07 \pm 0,20^c$	$3,46 \pm 0,10^d$
³¹ P	713 ± 20^a	597 ± 10^b	532 ± 10^c	468 ± 20^d
³⁹ K	266 ± 4^a	179 ± 2^b	136 ± 2^c	166 ± 2^d
⁴⁴ Ca	380 ± 2^a	319 ± 1^b	300 ± 1^c	384 ± 2^d
⁴⁵ Sc	$62,2 \pm 1,2^a$	$54,1 \pm 1,0^b$	$55,5 \pm 2,0^c$	$55,9 \pm 2,0^d$
⁵⁵ Mn	$28,3 \pm 0,8^a$	$23,5 \pm 0,8^b$	$25,1 \pm 0,5^c$	$20,7 \pm 1,0^d$
⁵⁷ Fe	$32,0 \pm 20^a$	$23,7 \pm 1,6^b$	$24,7 \pm 2^c$	$21,7 \pm 3^d$
⁶⁰ Ni	$0,83 \pm 0,01^a$	$0,52 \pm 0,01^b$	$0,30 \pm 0,1^c$	$0,38 \pm 0,01^d$
⁶³ Cu	$3,85 \pm 1,4^a$	$4,79 \pm 0,25^b$	$2,84 \pm 0,20^c$	$2,81 \pm 1,2^c$
⁶⁶ Zn	$4,49 \pm 0,20^a$	$8,15 \pm 0,20^b$	$1,72 \pm 0,10^c$	$1,62 \pm 0,10^d$
⁸⁸ Sr	$3,24 \pm 0,20^a$	$2,50 \pm 0,15^b$	$2,51 \pm 0,10^b$	$3,08 \pm 0,20^c$
⁹⁵ Mo	$21,7 \pm 1,00^a$	$18,7 \pm 1,15^b$	$16,3 \pm 1,00^c$	$14,6 \pm 1,20^d$
¹³³ Cs	$2,04 \pm 0,02^a$	$1,70 \pm 0,02^b$	$1,83 \pm 0,03^c$	$1,84 \pm 0,01^c$
²⁰² Hg	$0,22 \pm 0,01^a$	$0,65 \pm 0,01^b$	$0,30 \pm 0,01^c$	$0,26 \pm 0,01^d$
²⁰⁵ Ti	$36,7 \pm 0,09^a$	$27,5 \pm 0,05^b$	$28,4 \pm 0,08^c$	$35,1 \pm 0,08^d$

Výsledky sú zapísané formou aritmetického priemeru $\pm$ smerodajná odchýlka ($n=9$). Výsledky v riadkoch s rovnakými malými písomnými indexami medzi sebou nevykazujú štatisticky významné odchylky ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými malými písomnými indexami medzi sebou vykazujú štatisticky významné odchylky ($p < 0,05$).



Graf 2 Obsah esenciálních makroprvků u reďkovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$

Fosfor

Z grafu 2 vyplýva, že fosfor, ako aj iné prvky, dosahoval svoju najvyššiu koncentráciu na začiatku sledovaného obdobia. Počas šiesteho dňa bola jeho koncentrácia približne $713 \mu\text{g/g FW}$, ktorá v nasledujúcich dňoch klesala až na najnižšiu nameranú hodnotu, približne $468 \mu\text{g/g FW}$, počas deviateho dňa. Podľa štúdie Xiao et al. (2016) bola u rovnakej odrody reďkovky, teda reďkovky čínskej ružovej, pestovanej za rozličných podmienok, ktorá bola zbieraná počas deviateho dňa rastu, bola stanovená hodnota fosforu na úrovni $710 \mu\text{g/g FW}$. Koncentrácie fosforu u rôznych odrôd reďkovky sa v literatúre pohybujú v rozmedzí $542,5 - 950,4 \mu\text{g/g FW}$ (de la Fuente et al., 2019; Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Obsah fosforu u microgreens reďkovky je niekoľkonásobne vyšší ako u dospeléj rastliny, kde je jeho koncentrácia približne $200 \mu\text{g/g FW}$ (Mazmanyan, 2021).

Horčík

Horčík vykazoval podobný, no menej výrazný pokles koncentrácie počas sledovaných dní ako fosfor. V priemere bola jeho koncentrácia počas štyroch sledovaných dní $408 \mu\text{g/g FW}$, čo je porovnateľné s údajmi z iných štúdií, kde sa koncentrácie horčíka pohybujú v širokom rozsahu od $112,1$ do $600 \mu\text{g/g FW}$ u rôznych odrôd reďkovky (de la Fuente et al., 2019;

Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). U dospeljej rastliny red'kovky sa obsah horčíka pohybuje okolo hodnoty 100 $\mu\text{g/g}$ FW (Mazmanyán, 2021).

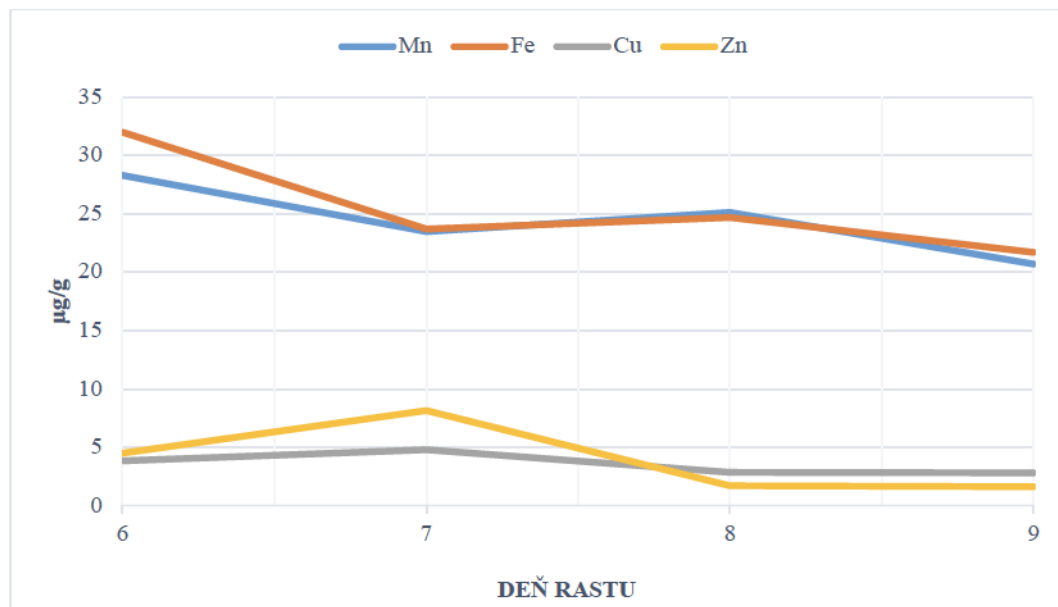
Vápnik

Koncentrácia vápnika v priebehu šiesteho až ôsmeho dňa klesala, no v deviaty deň rastu dosiahla jeho koncentrácia maximum približne 384 $\mu\text{g/g}$ FW. Napriek tomu je táto hodnota o niečo nižšia, ako hodnota nameraná v štúdií Xiao et al. (2016) u rovnakej odrody red'kovky, ktorá dosiahla hodnotu 540 $\mu\text{g/g}$ FW v deviaty deň rastu. V priemere sú hodnoty namerané u microgreens red'kovky v rôznych štúdiách v rozmedzí od 310,2 do 660 $\mu\text{g/g}$ FW (de la Fuente et al., 2019; Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). V prípade dospeljej rastliny red'kovky sa zastúpenie vápnika pohybuje okolo 250 $\mu\text{g/g}$ FW (Mazmanyán, 2021).

Draslík a sodík

Namerané hodnoty draslíka a sodíka sú diskutabilné. Priemerná koncentrácia draslíka počas všetkých štyroch dní rastu dosiahla hodnotu 187 $\mu\text{g/g}$ FW, pričom v literatúre sú u rôznych odrôd microgreens red'kovky uvádzané aj viac ako desaťnásobne vyššie hodnoty (Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Vyššie koncentrácie tohto prvku boli zaznamenané aj v dospeljej rastline red'kovky. Podľa Gamba et al. (2021) obsahuje list dospeljej rastliny red'kovky 4953 $\mu\text{g/g}$ FW a koreň 3801 $\mu\text{g/g}$ FW draslíka. Martínez-Ispizua et al. (2022) podobne uviedli, že koncentrácia draslíka bola u všetkých skúmaných odrôd šalátu oveľa vyššia, ako v microgreens tejto zeleniny. Podobný rozdiel bol zaznamenaný u makroprvku sodíka, ktorého priemerná hodnota bola stanovená v priemere štyroch dní rastu na 28 $\mu\text{g/g}$ FW a v literatúre sa namerané hodnoty tohto prvku pohybujú v rozmedzí od 102,2 do 570 $\mu\text{g/g}$ FW (Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Podľa Gamba et al. (2021) bola hodnota sodíka, nameraná v listoch dospeljej rastliny red'kovky 2985 $\mu\text{g/g}$ FW a v koreňoch 1049 $\mu\text{g/g}$ FW. Tieto údaje naznačujú, že microgreens red'kovky sú menej vhodným zdrojom draslíka a sodíka v porovnaní s ich dospelými formami. Obsah týchto látok v rastlinách môže ovplyvňovať mnoho faktorov. Jedným z nich je úprava podmienok počas pestovania, napríklad výber substrátu alebo typ osvetlenia. Brazaityté et al. (2018) toto tvrdenie potvrdili stanovením obsahu minerálnych látok u dvoch druhov microgreens, ktoré boli pred aj počas pestovania vystavené tomuto typu osvetlenia. U oboch vzorkov bol

pozorovaný vyšší obsah minerálních látok, ktorý však ovplyvňuje aj výber pestovanej odrody, pretože LED osvetlenie má rôzne účinky na rôzne odrody.



Graf 3 Obsah esenciálních mikroprvků u reďkovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v µg/g

Mangán

Z grafu 3 vyplýva, že v priebehu šiesteho až deviateho dňa rastu koncentrácia mangánu v microgreens reďkovky čínskej ružovej dosahovala najvyššiu hodnotu na začiatku sledovaného obdobia. Počas šiesteho dňa koncentrácia dosahovala hodnotu približne 28 µg/g FW a následne sa postupne znižovala, pričom počas siedmeho až ôsmeho dňa nastala pravdepodobne mierna stabilizácia či mierny vzostup, no v deviatom dni rastu bola zaznamenaná koncentrácia najnižšia, približne 20,7 µg/g FW. V štúdií Xiao et al. (2016) bola u reďkovky čínskej ružovej počas deviateho dňa rastu nameraná koncentrácia mangánu presne desaťkrát nižšia, teda 2,7 µg/g FW. Táto hodnota sa zhoduje aj s inými stanoveniami, kde u rôznych druhov reďkovky bola detegovaná koncentrácia tohto prvku približne 2 µg/g FW (Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Yadav et al. (2018) stanovili koncentráciu mangánu chemometrickou metódou u 11 druhov rastlín, pri ktorých porovnávali dospelé rastliny s microgreens. Mangán stanovený u reďkovky činil v microgreens koncentráciu 10,86 µg/g FW a v dospeljej rastline 6,36 µg/g FW.

Železo

Koncentrácia mikroprvku železa počas štyroch sledovaných dní vykazovala podobný vývoj ako koncentrácia mangánu. V priemere bola nameraná hodnota železa 25,53 $\mu\text{g/g}$ FW. V dostupnej literatúre sa koncentrácia tohto prvku u microgreens red'kovky pohybuje v rozmedzí od 3,5 do 6,7 $\mu\text{g/g}$ FW (Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Yadav et al. (2018) zistili pomerne nízku koncentráciu železa v microgreens a výrazne vyššiu v dospelej rastline red'kovky. Koncentrácia železa v microgreens bola 1,58 $\mu\text{g/g}$ FW a v dospelej rastline 30,28 $\mu\text{g/g}$ FW.

Meď

Obsah medi vykazoval počas sledovaného obdobia takmer konštantné hodnoty. V priemere bola koncentrácia stanovená na približne 3,6 $\mu\text{g/g}$ FW. V dostupnej literatúre sa obsah medi u rôznych druhov microgreens red'kovky pohybuje v rozmedzí 0,5–1,1 $\mu\text{g/g}$ FW (Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Yadav et al. (2018) porovnávali koncentráciu minerálnych prvkov chemometricky. U microgreens red'kovky stanovili obsah medi na približne 0,09 $\mu\text{g/g}$ FW, zatiaľ čo u dospelej rastliny red'kovky na 0,16 $\mu\text{g/g}$ FW.

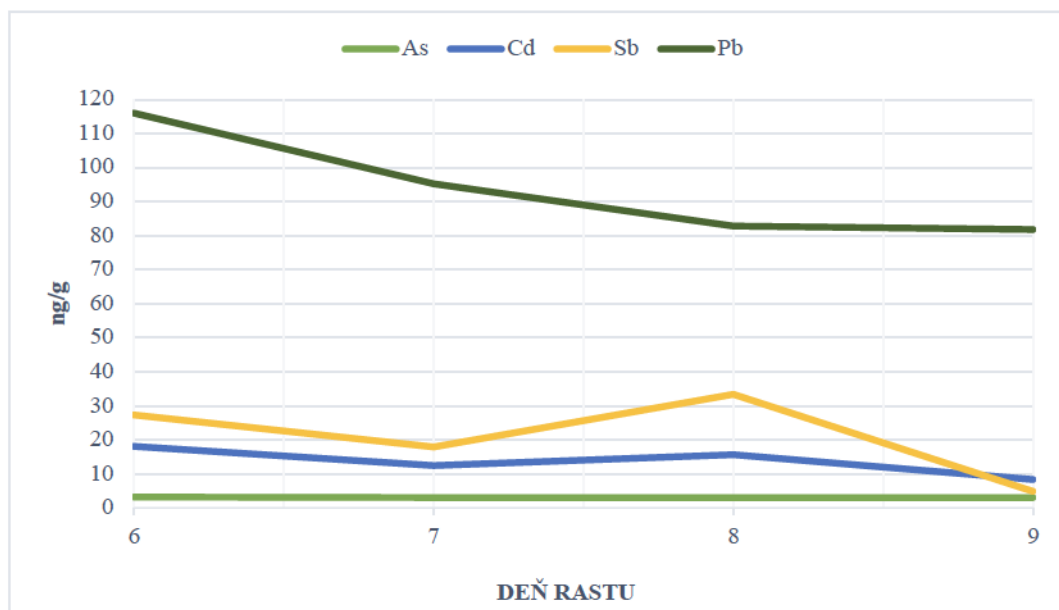
Zinok

Priemerná koncentrácia zinku v microgreens red'kovky čínskej ružovej je približne 4 $\mu\text{g/g}$ FW, čo korešponduje s údajmi z iných štúdií, kde koncentrácia zinku u rôznych odrôd microgreens bola stanovená na približne 3,3 $\mu\text{g/g}$ FW (de la Fuente et al., 2019; Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016).

Tabuľka 2 Obsah koncentrácií prvkov nameraných vo vzorkoch red'kovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v ng/g

Prvky [ng/g]	6. deň	7. deň	8. deň	9. deň
⁴⁸ Tl	0,75 ± 0,01 ^a	0,58 ± 0,01 ^b	0,38 ± 0,01 ^c	0,36 ± 0,01 ^c
⁵¹ Vn	16,3 ± 0,2 ^a	28,8 ± 0,8 ^b	9,41 ± 0,1 ^c	5,96 ± 0,1 ^d
⁵² Cr	10,9 ± 0,02 ^a	23,0 ± 0,01 ^b	36,1 ± 1,20 ^c	14,1 ± 1,00 ^d
⁵⁹ Co	43,7 ± 1,2 ^a	46,8 ± 1,0 ^b	26,4 ± 1,0 ^c	32,6 ± 0,9 ^d
⁷¹ Ga	7,33 ± 0,74 ^a	5,94 ± 10 ^b	6,23 ± 9 ^c	4,1 ± 10 ^d
⁷³ Ge	0,48 ± 0,02 ^a	0,35 ± 0,02 ^b	0,20 ± 0,01 ^c	ND
⁷⁵ As	3,22 ± 0,20 ^a	3,06 ± 0,20 ^b	3,12 ± 0,20 ^c	3,07 ± 0,10 ^b
⁷⁷ Se	3,91 ± 0,10 ^a	6,06 ± 0,20 ^b	2,21 ± 0,10 ^c	2,28 ± 0,5 ^d
⁸⁹ Yn	3,20 ± 0,04 ^a	3,19 ± 0,50 ^a	8,24 ± 0,80 ^b	4,81 ± 0,20 ^c
⁹⁰ Zr	2,72 ± 0,10 ^a	0,91 ± 0,40 ^b	3,0 ± 0,90 ^c	4,13 ± 0,20 ^d
¹⁰³ Rh	0,63 ± 0,02 ^a	0,54 ± 0,01 ^b	0,42 ± 0,01 ^c	0,55 ± 0,02 ^b
¹⁰⁷ Ag	3,45 ± 0,40 ^a	6,72 ± 0,50 ^b	9,36 ± 0,40 ^c	2,66 ± 0,30 ^d
¹¹¹ Cd	18,1 ± 0,80 ^a	12,4 ± 0,30 ^b	15,6 ± 0,20 ^c	8,36 ± 0,10 ^d
¹²¹ Sb	27,4 ± 0,90 ^a	18,0 ± 0,80 ^b	33,4 ± 0,90 ^c	4,88 ± 0,50 ^d
¹¹⁸ Sn	5,18 ± 0,30 ^a	20,8 ± 0,40 ^b	12,1 ± 0,20 ^c	0,34 ± 0,05 ^d
¹³⁷ Ba	65,6 ± 1,2 ^a	53,2 ± 1,0 ^b	47,8 ± 1,0 ^c	73,4 ± 1,4 ^d
¹⁴⁰ Ce	3,62 ± 0,30 ^a	6,86 ± 0,20 ^b	48,2 ± 0,30 ^c	1,53 ± 0,80 ^d
¹⁶⁵ Ho	0,10 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^b	0,03 ± 0,01 ^b	0,06 ± 0,01 ^c
¹⁸¹ Ta	1,53 ± 0,01 ^a	1,23 ± 0,01 ^b	1,30 ± 0,01 ^c	0,23 ± 0,01 ^d
²⁰⁸ Pb	116 ± 1 ^a	95,2 ± 1,0 ^b	82,9 ± 1,0 ^c	81,8 ± 1,0 ^d
²³⁸ U	ND	ND	ND	ND

Výsledky sú zapísané formou aritmetického priemeru ± smerodajná odchýlka (n=9). Výsledky v riadkoch s rovnakými malými písomnými indexami medzi sebou nevykazujú štatisticky významné odchylky ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými malými písomnými indexami medzi sebou vykazujú štatisticky významné odchylky ($p < 0,05$). ND = Not Detected (nedetegované).



Graf 4 Obsah toxických prvkov u reďkovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v ng/g

Olovo

Arzén, kadmium, antimón a olovo patria medzi neesenciálne prvky pre človeka a môžu predstavovať potenciálne riziko. Najvyššie koncentrácie boli zistené pri ťažkom kove olove, ktorého hodnoty dosahovali najvyššiu koncentráciu práve počas šiesteho dňa, kedy boli detegované aj najvyššie hodnoty esenciálnych prvkov. Počas šiesteho dňa rastu bola u reďkovky nameraná koncentrácia olova 116 ng/g FW a počas deviateho dňa 81,8 ng/g FW. Priemerná koncentrácia olova počas sledovaného obdobia dosiahla 93,98 ng/g FW. Xiao et al. (2016) u rovnakej odrody reďkovky, pestovanej za odlišných podmienok, ale zbieranej na deviaty deň rastu, nezistil prítomnosť olova (resp. nameraná hodnota bola pod hranicou možnosti detegovania). Markovič (2023) detegoval koncentráciu olova u microgreens reďkovky, pestovanej na bavlnenej vate. Najnižšia detegovaná koncentrácia olova bola 86,3 ng/g FW. Corrado et al. (2022) stanovil obsah minerálnych látok v rôznych kultivároch konopy. Koncentrácia olova v microgreens konopy sa pohybovala v oveľa nižších hladinách, konkrétne v rozmedzí 2,26–3,15 ng/g FW. Pre olovo nie sú stanovené tolerované denné dávky. Podľa svetovej zdravotníckej organizácie WHO (2021) by sme mali minimalizovať expozíciu olovu čo najviac, pretože neexistuje známa bezpečná hladina tohto prvku v ľudskom tele. Aj nízke dávky olova v krvi môžu viesť k rôznym zdravotným komplikáciám, vrátane zvýšeného krvného tlaku.

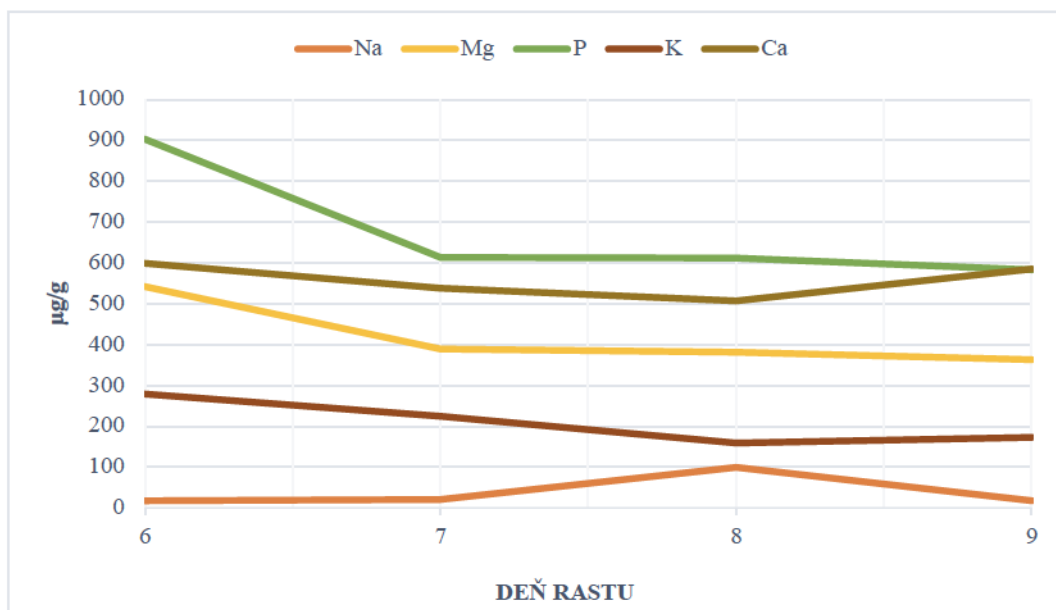
8.1.2 Kel čierny

Microgreens kelu čierneho sú zdrojom minerálnych a stopových prvkov v rôznych koncentráciách (tabuľky 3 a 4). Koncentrácie závisia od pestovanej odrody a pestovateľských podmienkach. U kelu sa väčšina minerálnych látok sústreďuje v listovej časti rastliny, z ktorej sa pri microgreens konzumuje len malé množstvo v porovnaní s dospelou zeleninou. Táto skutočnosť vedie k záveru, že microgreens kelu sú menej bohatým zdrojom minerálnych látok ako dospelé formy (Kyriacou et al., 2021).

Tabuľka 3 Obsah koncentrácií prvkov nameraných vo vzorkoch kelu čierneho počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$

Prvky [$\mu\text{g/g}$]	6. deň	7. deň	8. deň	9. deň
⁷ Li	$33,6 \pm 1,4^a$	$32,9 \pm 2,2^b$	$30,0 \pm 1,2^c$	$45,6 \pm 1,2^d$
¹¹ B	$9,49 \pm 0,20^a$	$9,37 \pm 0,20^b$	$10,95 \pm 0,40^c$	$10,85 \pm 0,30^d$
²³ Na	$18,4 \pm 1,22^a$	$21,2 \pm 1,40^b$	$99,5 \pm 1,10^c$	$17,8 \pm 1,10^d$
²⁴ Mg	542 ± 20^a	389 ± 20^b	381 ± 20^c	363 ± 20^d
²⁷ Al	$6,86 \pm 0,10^a$	$2,33 \pm 0,15^b$	$5,84 \pm 0,20^c$	$7,72 \pm 0,20^d$
³¹ P	903 ± 20^a	614 ± 10^b	611 ± 20^c	583 ± 20^d
³⁹ K	279 ± 2^a	225 ± 2^b	159 ± 2^c	173 ± 1^d
⁴⁴ Ca	599 ± 2^a	538 ± 4^b	507 ± 3^c	585 ± 3^d
⁴⁵ Sc	$66,5 \pm 2,1^a$	$60,9 \pm 1,0^b$	$61,5 \pm 1,0^c$	$61,7 \pm 2,1^c$
⁵⁵ Mn	$89,6 \pm 1,2^a$	$61,6 \pm 1,0^b$	$69,9 \pm 1,2^c$	$62,0 \pm 2,0^d$
⁵⁷ Fe	$9,87 \pm 2,7^a$	$42,4 \pm 1,4^b$	$54,7 \pm 1,5^c$	$46,3 \pm 1,4^d$
⁶⁰ Ni	$0,27 \pm 0,01^a$	$0,34 \pm 0,01^b$	$0,83 \pm 0,02^c$	$0,41 \pm 0^d$
⁶³ Cu	$3,67 \pm 0,8^a$	$3,68 \pm 0,20^a$	$3,41 \pm 0,10^{g,b}$	$3,79 \pm 0,20^c$
⁶⁶ Zn	$3,25 \pm 0,20^a$	$1,99 \pm 0,20^b$	$1,99 \pm 0,20^b$	$2,15 \pm 0,20^c$
⁸⁸ Sr	$12,6 \pm 0,20^a$	$10,5 \pm 0,20^b$	$10,3 \pm 0,10^b$	$10,0 \pm 0,10^b$
⁹⁵ Mo	$11,2 \pm 1,00^a$	$9,78 \pm 1,00^b$	$7,98 \pm 1,00^c$	$6,02 \pm 1,00^d$
¹³³ Cs	$1,69 \pm 0,01^a$	$1,16 \pm 0,01^b$	$1,17 \pm 0,01^b$	$0,99 \pm 0,01^c$
²⁰² Hg	$0,30 \pm 0,01^a$	$0,92 \pm 0,01^b$	$0,29 \pm 0,01^a$	$0,18 \pm 0,01^c$
²⁰⁵ Ti	$69,9 \pm 0,09^a$	$56,4 \pm 0,07^b$	$55,2 \pm 0,09^c$	$64,0 \pm 0,09^d$

Výsledky sú zapísané formou aritmetického priemeru $\pm$ smerodajná odchýlka ($n=9$). Výsledky v riadkoch s rovnakými malými písomnými indexami medzi sebou nevykazujú štatisticky významné odchylky ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými malými písomnými indexami medzi sebou vykazujú štatisticky významné odchylky ($p < 0,05$).



Graf 5 Obsah esenciálních makroprvků u kelu čierneho počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$

Fosfor

Koncentrácia fosforu u microgreens kelu čierneho počas sledovaných dní klesala. Zatiaľ čo počas šiesteho dňa rastu bola detegovaná koncentrácia $903 \mu\text{g/g FW}$, už počas siedmeho dňa klesla na hodnotu $614 \mu\text{g/g FW}$. Najnižšia koncentrácia bola nameraná v deviaty deň rastu, kedy koncentrácia fosforu u kelu čierneho činila $583 \mu\text{g/g FW}$. V štúdiu Xiao et al. (2016) bola u rovnakej odrody kelu, pestovanej za odlišných podmienok, stanovená o niečo vyššia koncentrácia v deviaty deň rastu, konkrétne $690 \mu\text{g/g FW}$. U ďalších dvoch odrôd microgreens kelu stanovili koncentráciu tohto prvku na 600 a $680 \mu\text{g/g FW}$. Di Gioia et al. (2023) stanovili obsah fosforu u kelu na $554 \mu\text{g/g FW}$ a takmer dvakrát vyššia koncentrácia fosforu bola popísaná v štúdiu de la Fuente et al. (2019), približne $1010 \mu\text{g/g FW}$. Hodnoty koncentrácií fosforu v microgreens kelu sú v priemere nižšie ako hodnoty v dospelej zelenine kelu. Reda et al. (2021) analyzovali kel, u ktorého namerali hodnotu koncentrácie fosforu $920 \mu\text{g/g FW}$ u bežného a $600 \mu\text{g/g FW}$ u organického kelu.

Horčík

Koncentrácie horčíka, podobne ako fosforu, dosahovali najvyššie hodnoty v šiesty deň rastu. V šiesty deň rastu koncentrácia horčíka v microgreens kelu čierneho bola stanovená na hodnotu $542 \mu\text{g/g FW}$, ktorá počas siedmeho dňa klesla na hodnotu $389 \mu\text{g/g FW}$

a v deviaty deň bola hodnota koncentrácie 363 $\mu\text{g/g}$ FW. Xiao et al. (2016) u rovnakej odrody v deviaty deň rastu namerali koncentráciu horčika 520 $\mu\text{g/g}$ FW a u ďalších dvoch odrôd microgreens kelu koncentrácie 450 a 360 $\mu\text{g/g}$ FW. O niečo nižšia koncentrácia bola nameraná v 11. deň rastu, ktorú Di Gioia et al. (2023) stanovili na 250 $\mu\text{g/g}$ FW. Koncentrácie horčika v microgreens sú podobné hodnotám nameraných v dospeljej forme kelu, ktorý bol analyzovaný Reda et al. (2021). Hodnoty koncentrácie tohto prvku boli stanovené na 470 a 290 $\mu\text{g/g}$ FW.

Vápnik

Koncentrácia vápnika dosiahla najvyššiu hodnotu 599 $\mu\text{g/g}$ FW v šiesty deň rastu. Počas šiesteho a siedmeho dňa rastu mierne klesla na hodnoty 538 a 507 $\mu\text{g/g}$ FW, pričom v deviaty deň vzrástla na 585 $\mu\text{g/g}$ FW. Podľa dostupnej literatúry sa hodnota koncentrácie vápnika v rôznych odrodách microgreens kelu pohybuje v rozmedzí 404–800 $\mu\text{g/g}$ FW (de la Fuente et al., 2019; Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Microgreens kelu predstavujú menej bohatý zdroj vápnika v porovnaní s dospelými rastlinami. Potvrdzuje to aj štúdia Reda et al. (2021), v ktorej bola koncentrácia vápnika stanovená na 1500 $\mu\text{g/g}$ FW (v bežnom keli) a 2040 $\mu\text{g/g}$ FW (v organickom keli).

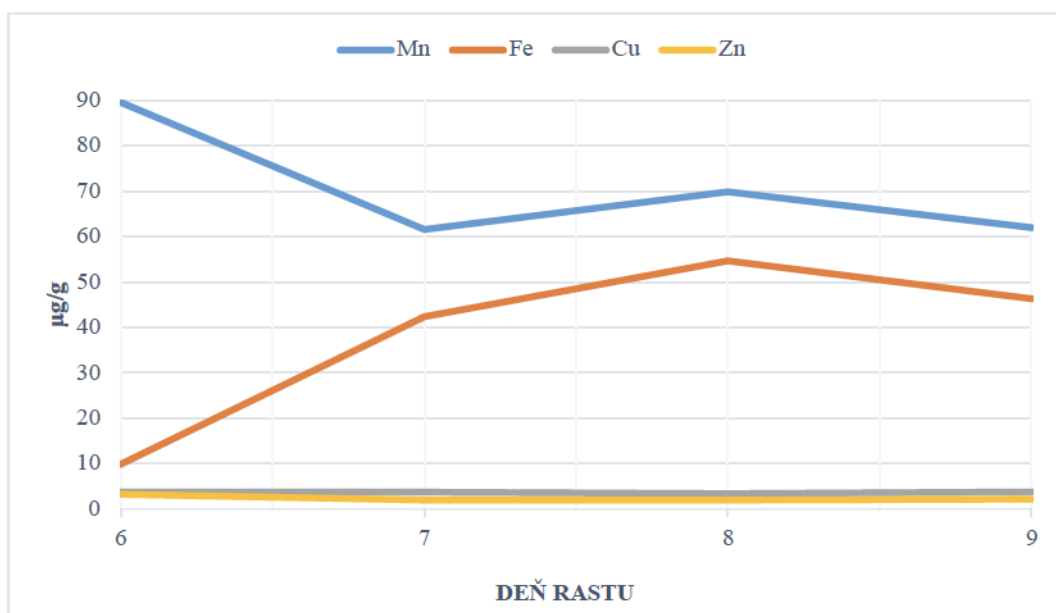
Draslík

Podobne ako pri reďkovke, aj u kelu bola koncentrácia draslíka v microgreens približne desaťnásobne nižšia proti údajom v dostupnej literatúry. V mojej štúdii bola priemerná hodnota koncentrácie draslíka v microgreens kelu čierneho stanovená na 209 $\mu\text{g/g}$ FW, pričom v literárnych zdrojoch bola hodnota v rôznych odrodách v priemere takmer 2340 $\mu\text{g/g}$ FW (de la Fuente et al., 2019; Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Pri porovnaní s dospelými rastlinami, sa hodnota koncentrácie draslíka pohybovala medzi hodnotami 4910 $\mu\text{g/g}$ FW (bežný kel) a 2400 $\mu\text{g/g}$ FW (organický kel) (Reda et al., 2021).

Sodík

Koncentrácia sodíka sa pohybovala v nízkych koncentráciách počas celého sledovaného obdobia. V priemere bola jeho koncentrácia takmer 40 $\mu\text{g/g}$ FW. Táto koncentrácia je signifikantne nižšia v porovnaní s priemernou koncentráciou stanovenou u rôznych odrôd

kelu viacerými štúdiami, ktorá je v priemere takmer 300 $\mu\text{g/g}$ FW (Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Napriek týmto rozdielom, možno microgreens kelu považovať za menej vhodný zdroj sodíka, ktorého koncentrácia v dospelej rastline kelu činí podľa Reda et al. (2021) hodnotu koncentrácie 380 $\mu\text{g/g}$ FW.



Graf 6 Obsah esenciálnych mikroprvkov u kelu čierneho počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$

Mangán

Koncentrácia mangánu počas štyroch sledovaných dní kolísala. Najvyššia koncentrácia bola zaznamenaná v šiesty deň rastu microgreens kelu čierneho, keď dosahovala koncentráciu necelých 90 $\mu\text{g/g}$ FW. V priemere je koncentrácia mangánu počas sledovaného obdobia 71 $\mu\text{g/g}$ FW. Tento výsledok sa výrazne odlišuje od hodnôt, ktoré boli stanovené u microgreens kelu v rôznych štúdiách. Xiao et al. (2016) u troch odrôd microgreens kelu stanovili koncentráciu mangánu na 2,7; 2,8 a 3,2 $\mu\text{g/g}$ FW. Di Gioia et al. (2023) namerali koncentráciu 1,1 $\mu\text{g/g}$ FW tohto prvku. Koncentrácie mangánu stanovené v spomínaných štúdiách sú nižšie, ako koncentrácie mangánu u dospelej formy kelu. Reda et al. (2021) stanovili koncentráciu mangánu v dospelej forme kelu na 6 a 10 $\mu\text{g/g}$ FW.

Železo

U mikroprvku železa bol zaznamenaný opačný trend – najnižšia koncentrácia bola zaznamenaná na začiatku sledovaného obdobia. V šiesty deň rastu bola koncentrácia tohto prvku u microgreens kelu čierneho stanovená na necelých 10 $\mu\text{g/g}$ FW. V ôsmom dni rastu bola zaznamenaná najvyššia koncentrácia až takmer 55 $\mu\text{g/g}$ FW. Získané hodnoty však nie sú v súlade s inými dostupnými zdrojmi, kde bola priemerná koncentrácia železa stanovená na 4,8 $\mu\text{g/g}$ FW (de la Fuente et al., 2019; Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Reda et al. (2021) stanovili obsah železa v dospeljej rastline kelu na 10 a 14,7 $\mu\text{g/g}$ FW.

Meď

Najnižšie koncentrácie spomedzi sledovaných esenciálnych mikroprvkov boli namerné pri zinku a medi. Koncentrácia medi sa pohybovala v rozmedzí 3,4–3,8 $\mu\text{g/g}$ FW. Namerané hodnoty sú vyššie ako hodnoty, ktoré boli stanovené pre rôzne odrody microgreens kelu v priemere na 0,5 $\mu\text{g/g}$ FW (Di Gioia et al., 2023; Xiao et al., 2016). Dospelá forma kelu sa považuje za podstatne bohatší zdroj medi, ktorej koncentrácie boli stanovené na 15 $\mu\text{g/g}$ FW u bežnej formy a 47 $\mu\text{g/g}$ FW u organickej formy kelu (Reda et al., 2021).

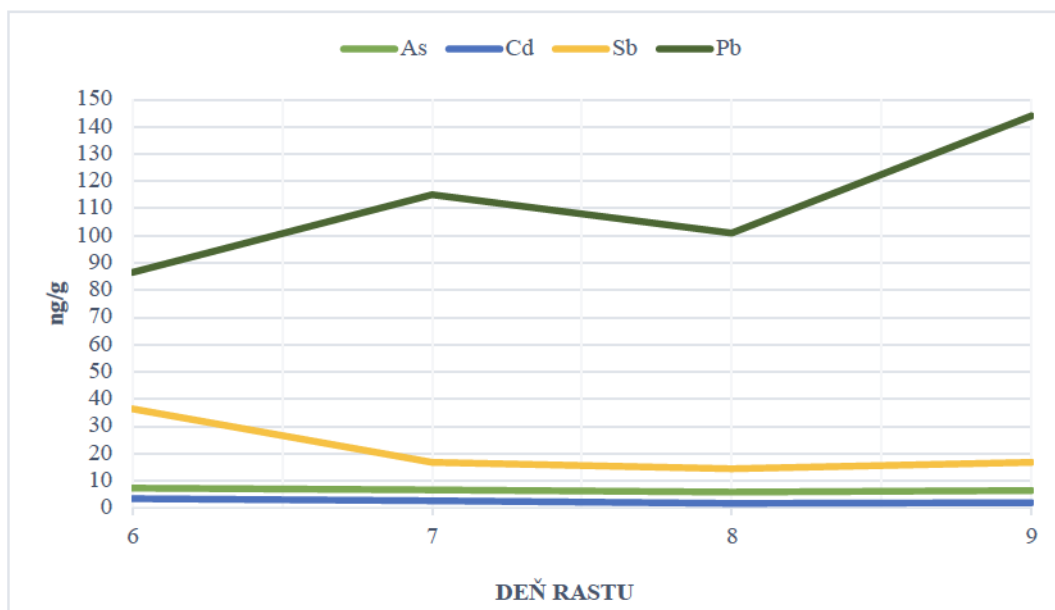
Zinok

Podobne ako pri medi, aj koncentrácia zinku počas sledovaného obdobia u kelu čierneho nepresiahla hodnotu 3,3 $\mu\text{g/g}$ FW. Xiao et al. (2016) analyzovali rôzne druhy microgreens z hľadiska obsahu minerálnych látok, spomedzi ktorých boli aj dve odrody microgreens kelu, u ktorých sa koncentrácia zinku pohybovala v rozmedzí 2,9–3,7 $\mu\text{g/g}$ FW. Di Gioia et al. (2023) detegovali koncentráciu zinku na hodnotu koncentrácie 3,08 $\mu\text{g/g}$ FW. Reda et al. (2021) stanovili koncentráciu zinku u dospeljej organickej formy kelu na 3 $\mu\text{g/g}$ FW a u bežnej formy na 5,6 $\mu\text{g/g}$ FW.

Tabuľka 4 Obsah koncentrácií prvkov nameraných vo vzorkoch kelu čierneho počas štyroch dní rastu v ng/g

Prvky [ng/g]	6. deň	7. deň	8. deň	9. deň
⁴⁸ Tl	15,0 ± 0,20 ^a	12,3 ± 0,2 ^b	13,2 ± 0,2 ^c	13,8 ± 1,0 ^d
⁵¹ Vn	35,4 ± 1,0 ^a	7,60 ± 0,7 ^b	14,1 ± 0,2 ^c	10,8 ± 0,8 ^d
⁵² Cr	35,3 ± 1,20 ^a	11,8 ± 0,01 ^b	10,2 ± 0,02 ^c	68,1 ± 1,0 ^d
⁵⁹ Co	71,1 ± 1,1 ^a	13,1 ± 1,0 ^b	19,4 ± 0,9 ^c	15,1 ± 0,8 ^d
⁷¹ Ga	10,9 ± 10 ^a	6,21 ± 6 ^b	7,25 ± 10 ^c	6,47 ± 8 ^d
⁷³ Ge	3,81 ± 0,02 ^a	1,26 ± 0,01 ^b	1,43 ± 0,02 ^c	1,07 ± 0,01 ^d
⁷⁵ As	7,30 ± 0,5 ^a	6,76 ± 0,20 ^b	5,85 ± 0,8 ^c	6,31 ± 0,10 ^d
⁷⁷ Se	11,6 ± 0,20 ^a	8,50 ± 0,5 ^b	9,70 ± 0,15 ^c	9,69 ± 0,5 ^c
⁸⁹ Yn	3,43 ± 0,20 ^a	1,74 ± 0,10 ^b	2,57 ± 0,20 ^c	4,87 ± 0,10 ^d
⁹⁰ Zr	4,33 ± 0,10 ^a	5,31 ± 0,20 ^b	7,66 ± 0,40 ^c	6,91 ± 0,20 ^d
¹⁰³ Rh	2,17 ± 0,09 ^a	1,84 ± 0,01 ^b	1,85 ± 0,08 ^b	1,97 ± 0,02 ^c
¹⁰⁷ Ag	8,65 ± 0,90 ^a	4,28 ± 0,7 ^b	2,62 ± 0,8 ^c	8,43 ± 0,5 ^d
¹¹¹ Cd	3,42 ± 0,10 ^a	2,70 ± 0,10 ^b	1,69 ± 0,10 ^c	1,99 ± 0,20 ^d
¹²¹ Sb	36,4 ± 0,90 ^a	16,7 ± 0,70 ^b	14,4 ± 0,40 ^c	16,8 ± 0,70 ^b
¹¹⁸ Sn	25,7 ± 0,50 ^a	11,5 ± 0,20 ^b	2,03 ± 0,02 ^c	8,33 ± 0,04 ^d
¹³⁷ Ba	262 ± 15 ^a	212 ± 10 ^b	211 ± 10 ^b	217 ± 12 ^c
¹⁴⁰ Ce	2,29 ± 0,20 ^a	2,23 ± 0,4 ^b	3,59 ± 0,4 ^c	12,1 ± 0,90 ^d
¹⁶⁵ Ho	0,17 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,01 ^c	0,09 ± 0,01 ^d
¹⁸¹ Ta	5,97 ± 0,02 ^a	1,00 ± 0,01 ^b	0,20 ± 0,01 ^c	0,66 ± 0,01 ^d
²⁰⁸ Pb	86,5 ± 1,0 ^a	115 ± 2 ^b	101 ± 1 ^c	144 ± 2 ^d
²³⁸ U	ND	ND	ND	ND

Výsledky sú zapísané formou aritmetického priemeru ± smerodajná odchýlka (n=9). Výsledky v riadkoch s rovnakými malými písomnými indexami medzi sebou nevykazujú štatisticky významné odchylky ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými malými písomnými indexami medzi sebou vykazujú štatisticky významné odchylky ($p < 0,05$). ND = Not Detected (nedetegované).



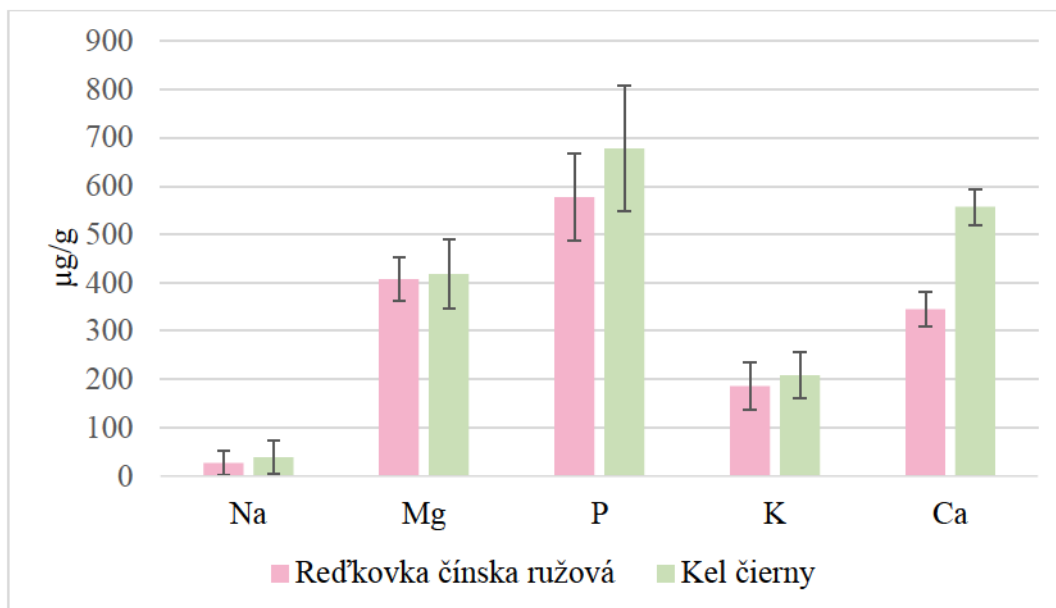
Graf 7 Obsah toxických prvkov u kelu čierneho počas štyroch dní rastu v ng/g

Olovo

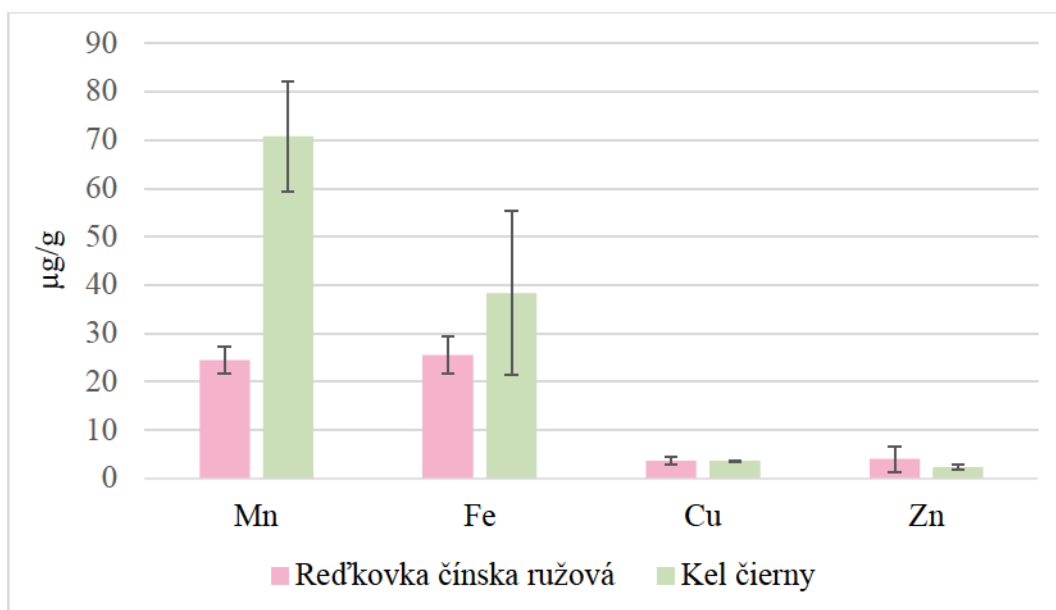
Spomedzi toxických prvkov, rovnako ako u microgreens redkovky čínskej ružovej, boli u kelu čierneho namerané najvyššie hodnoty koncentrácie olova. Na rozdiel od redkovky, kde najvyššia koncentrácia bola zaznamenaná v šiesty deň rastu, u kelu sa najvyššia hodnota objavila až v deviaty deň rastu. V tento deň bola koncentrácia olova stanovená na hodnotu 144 ng/g FW. Tento neskorší nárast koncentrácie môže naznačovať odlišný mechanizmus akumulácie olova u microgreens kelu čierneho. V štúdií Xiao et al. (2016), v ktorej boli analyzované tri odrody microgreens kelu pestovaného za odlišných podmienok a koncentrácie prvkov boli merané v deviaty deň rastu, nebola detegovaná žiadna koncentrácia olova. Tento rozdiel môže naznačovať, že rôzne pestovateľské podmienky, ako aj genetické rozdiely medzi odrodami microgreens, môžu ovplyvňovať koncentrácie toxických prvkov (Dantas et al., 2024). Haghighi et al. (2016) skúmali schopnosť kelu absorbovať z pôdy Pb a Cd. Poznamenali, že kel možno použiť na fytoremediáciu zasolených pôd s obsahom 10 mg/kg olova a 16 mg/kg kadmia. Zistili tiež, že stres vyvolaný ošetrovaním roztokom chloridu sodného spôsobil, že kel mal vyššiu tendenciu tieto prvky z pôdy absorbovať. Tieto poznatky môžu vysvetľovať, prečo boli u kelu čierneho detegované vyššie koncentrácie olova.

8.1.3 Porovnanie obsahu minerálnych látok medzi red'kovkou a kelom

Z grafov 8 a 9 vyplýva, že kel čierny je bohatším zdrojom esenciálnych minerálnych makro- a mikroprvkov než red'kovka čínska ružová. Tento rozdiel môže súvisieť so schopnosťou kelu akumulovať väčšie množstvá určitých minerálnych látok. Výrazný je najmä rozdiel v koncentráciách makroprvkov vápnika a fosforu a mikroprvkov železa a mangánu.

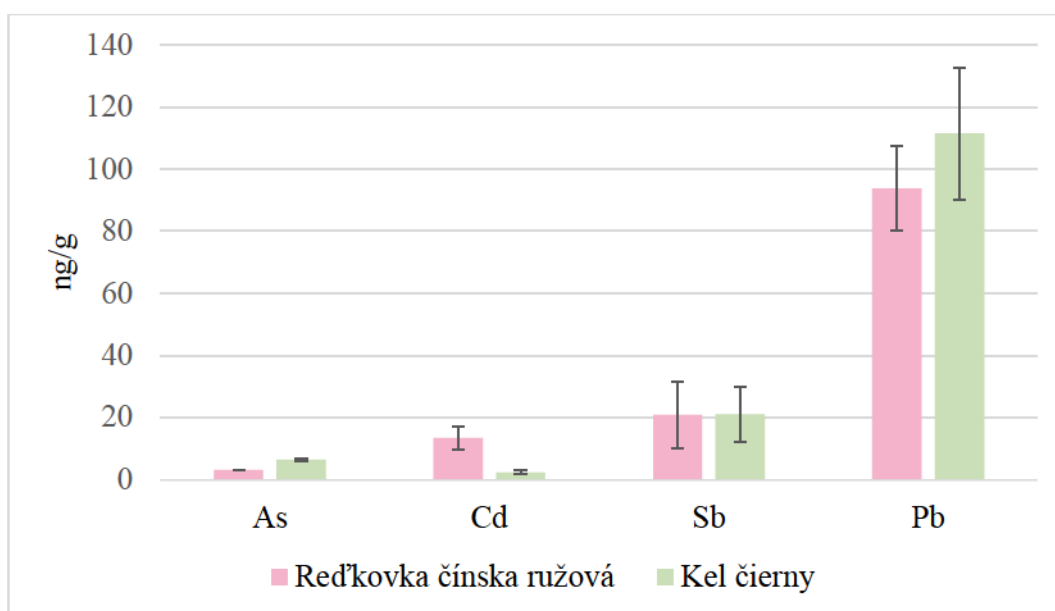


Graf 8 Porovnanie priemerného obsahu makroelementov u red'kovky čínskej ružovej a kelu čierneho v µg/g



Graf 9 Porovnanie priemerného obsahu mikroelementov u red'kovky čínskej ružovej a kelu čierneho v µg/g

Z grafu 10 vyplýva, že najvyššie koncentrácie zo sledovaných prvkov boli namerané pri olove u oboch druhov microgreens. V prípade reďkovky čínskej ružovej bola priemerná koncentrácia olova približne o 10 ng/g FW vyššia než u kelu čierneho. Koncentrácie ostatných toxických prvkov boli výrazne nižšie, pohybovali sa v jednotkách až desiatkach ng/g FW. Pri antimóne je badateľný rozdiel medzi vzorkami, kde reďkovka čínska ružová vykazovala vyššiu hodnotu než kel čierny. Koncentrácie arzenu a kadmia boli u oboch druhov veľmi nízke, s minimálnymi rozdielmi. Tieto výsledky poukazujú na druhovo špecifické rozdiely v akumulácii toxických prvkov, pričom najvýraznejšia odchýlka sa týkala olova.



Graf 10 Porovnanie priemerného obsahu toxických prvkov u reďkovky čínskej ružovej a kelu čierneho v ng/g

8.2 Pokrytie odporúčaných denných dávok minerálnych prvkov

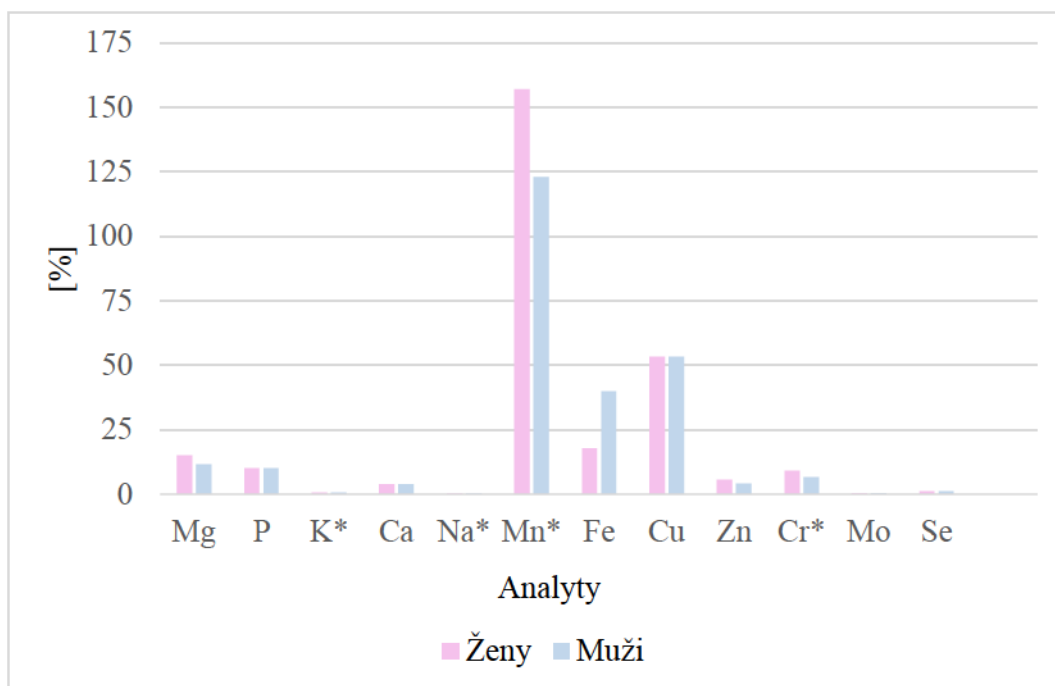
Podľa Dwyer (2003) je odporúčaná denná dávka (ďalej len RDA) „primerané denné množstvo živiny, ktoré postačuje na pokrytie výživových potrieb takmer všetkých (97 – 98 %) zdravých osôb určitého pohlavia, veku, životného štádia alebo fyziologického stavu (napríklad počas tehotenstva alebo dojčenia).“ Keďže pre niektoré živiny nie je možné stanoviť RDA kvôli nedostatočným údajom o priemernej potrebe pre funkciu významnú pre zdravie, Dwyer (2003) definuje adekvátny príjem (AI*) ako hodnotu založenú na pozorovaných alebo experimentálne určených približných hodnotách príjmu živín u skupín zdravých ľudí.

Podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady EÚ č. 1169/2011 by sa pri rozhodovaní o tom, aká hodnota je významným príspevkom k odporúčaným denným dávkam alebo adekvátneho príjmu vitamínov a minerálnych látok, mali brať do úvahy zdroje, ktoré obsahujú aspoň 15 % referenčných výživových hodnôt v 100 g konzumovaného zdroja.

Na základe RDA a AI*, dohľadovaných z výživových tabuľkových hodnôt pre vekovú kategóriu mužov a žien od 19 do 30 rokov, boli vypočítané percentálne príspevky dvoch druhov microgreens (red'kovka čínska ružová a kel čierny) na 100 g konzumovaných microgreens pre túto skupinu osôb.

Tabuľka 5 Odporúčané denné príjmy alebo adekvátne príjmy vybraných analytov pre mužov a ženy vo veku 19–30 rokov v mg/deň

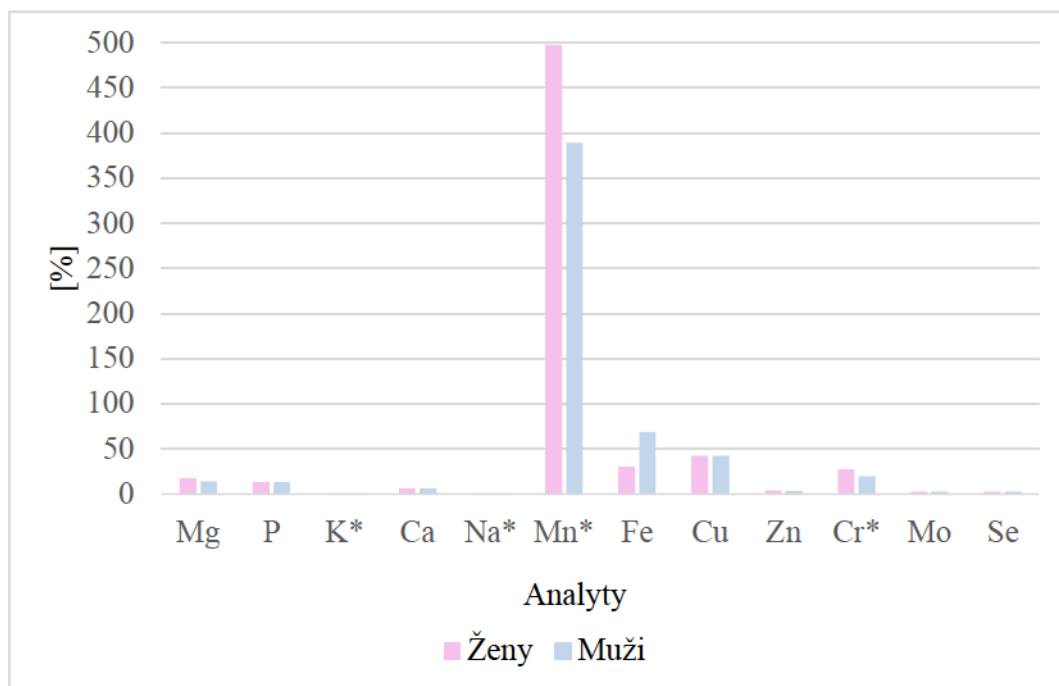
	Ženy	Muži
Analyt	RDA/AI* [mg/deň]	
Mg	15,16	11,55
P	10,19	10,19
K*	0,57	0,57
Ca	3,84	3,84
Na*	0,05	0,05
Mn*	157,22	123,04
Fe	17,78	40,00
Cu	53,22	53,22
Zn	5,61	4,08
Cr*	9,20	6,57
Mo	0,48	0,48
Se	1,10	1,10



Graf 11 Príspevky k RDA alebo AI vybraných analytov microgreens red'kovky čínskej ružovej

Pre analyty bez horného indexu bola pri výpočte použitá RDA, pre analyty s horným indexom * bol použitý AI*.

Z grafu 11 vyplýva, že microgreens red'kovky čínskej ružovej poskytujú príspevok k RDA alebo AI pre viaceré minerály. Svojím obsahom významne prispievajú k naplneniu RDA pre: meď (u žien aj mužov 53 %), železo (u žien 18 %, u mužov 40 %), horčík (u žien 15 %, u mužov 12 %). Menej prispievajú k naplneniu RDA pre: fosfor (u žien aj mužov 10 %), zinok (u žien 6 %, u mužov 4 %), vápnik (u žien aj mužov 4 %), selén (u žien aj mužov 1 %). Ďalej prispievajú malým príspevkom k naplneniu AI*: chrómu (u žien 9 %, u mužov 7%) a výnamne k naplneniu AI* mangánu, ktorého adekvátny príjem prevyšujú (o 57 % u žien, o 23 % u mužov). K naplneniu RDA/AI* pomáhajú zanedbateľným príspevkom (menej ako 1 %) pre: molybdén, sodík a draslík.



Graf 12 Príspevky k RDA alebo AI vybraných analytov microgreens kelu čierneho

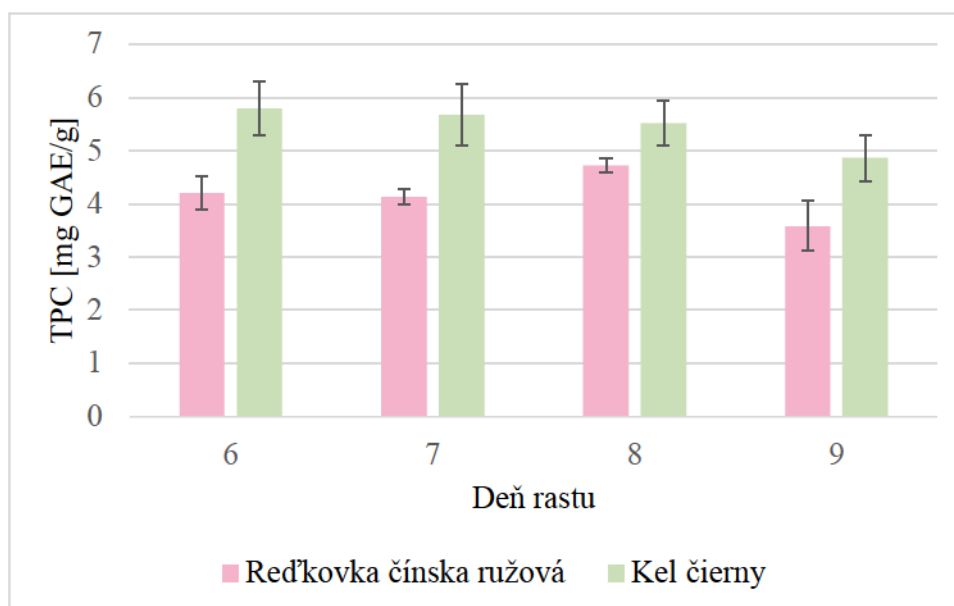
Pre analyty bez horného indexu bola pri výpočte použitá RDA, pre analyty s horným indexom * bol použitý AI*.

Kel čierny vykazuje v porovnaní s reďkovkou čínskou ružovou výrazne vyšší obsah niektorých minerálnych látok. K naplneniu RDA prispieva u vybraných analytov následovne: železo (u žien 30 %, u mužov až 68 %), meď (u žien aj mužov 42 %), horčík (u žien 18 %, u mužov 14 %), fosfor (u žien aj u mužov 13 %), vápnik (6 % u žien aj mužov), zinok (u žien 4 %, u mužov 3 %), molybdén (u žien aj mužov 3 %) a selén (u žien aj mužov 2 %). K naplneniu AI* prispieva menším podielom v prípade chrómu, no podobne ako reďkovka výrazne prevyšuje adekvátny príjem mangánu (až o 398 % u žien a 290 % u mužov). Menším príspevkom ako 1 % naplňa RDA/AI* u draslíka a sodíka.

Markovič (2023) taktiež zhodnotil príspevok k RDA/AI* rovnakej skupiny osôb u dvoch druhov microgreens, konkrétne u reďkovky a žeruchy pestovaných na bavlnenom vlákne a v pôde. Zistil, že microgreens predstavujú dobrý zdroj niektorých minerálnych látok. Konkrétne prispievajú u žien príspevkom 55 % k hodnote AI* mangánu, k hodnote RDA 48 % u medi a 43 % u mangánu. U mužov stanovil podobné, o niečo nižšie príspevky. Taktiež dospel k záveru, že tieto druhy microgreens sa nejavia ako dobrý zdroj sodíka, draslíka, vápnika, fosforu a zinku.

8.3 Celkový obsah polyfenolov

Stanovenie celkového obsahu polyfenolov pomocou Folin-Ciocalteuovho činidla bolo realizované rovnakým spôsobom pre oba druhy microgreens. Na základe slepého pokusu bola vytvorená kalibračná krivka štandardu kyseliny gallovej a zistené hodnoty absorbancie boli prepočítané pomocou rovnice regresie na štandard kyseliny gallovej. Výsledky boli vyjadrené ako ekvivalent kyseliny gallovej (GAE) v mg/g. Primer obsahu polyfenolov, vyjadrený ako ekvivalent kyseliny gallovej v mg/g, bol pre sledované microgreens počas rôznych dní rastu spracovaný do grafu 13.



Graf 13 Porovnanie hodnôt TPC u red'kovky čínskej ružovej a kelu čierneho počas štyroch dní rastu v mg GAE/g

Výsledky z grafu 13 poukazujú na dynamiku biosyntézy polyfenolových zlúčenín v závislosti od rastového štádia red'kovky čínskej ružovej a kelu čierneho.

U red'kovky bola najvyššia koncentrácia polyfenolických látok nameraná v ôsmy deň rastu, keď hodnota TPC dosiahla 4,72 mg GAE/g FW. Najnižšia hodnota bola zaznamenaná v deviaty deň, a to 3,58 mg GAE/g FW. V rozsiahlej štúdii Xiao et al. (2019) bola u rovnakej odrody red'kovky, zbieranej v deviaty deň rastu, nameraná takmer rovnaká hodnota – 3,57 mg GAE/g FW. U iných odrôd red'kovky boli zistené hodnoty 2,65; 2,99 a 8,11 mg GAE/g FW. Yadar et al. (2018) u red'kovky zbieranej tiež počas deviateho dňa rastu zaznamenal hodnotu TPC 1,36 mg GAE/g FW. Kowitcharoen et al. (2021) stanovili

hodnotu TPC u dvoch odrôd reďkovky zbieraných počas siedmeho dňa rastu. Stanovili hodnoty 1,33 a 1,45 mg GAE/g FW. Obsah polyfenolov kvantitatívne stanovili aj Weerawardhana a Seneviratne (2025) u troch druhov microgreens, pričom reďkovka obsahovala 6,55 mg GAE/g FW. Wojdyło et al. (2020) zistili koncentráciu celkového obsahu polyfenolov 0,24 mg GAE/g FW u microgreens reďkovky. Tieto výsledky naznačujú, že obsah polyfenolových látok môže výrazne kolísať v závislosti od výberu pestovanej odrody microgreens reďkovky. Yadar et al. (2018) porovnali výsledky TPC u microgreens s dospelou rastlinou reďkovky, u ktorej stanovili obsah TPC na 2,25 mg GAE/g FW.

Je zrejmé, že kel čierny vykazoval vyššiu koncentráciu celkového obsahu polyfenolov než reďkovka čínska ružová počas všetkých sledovaných dní rastu. Rovnako ako obsah minerálnych látok, aj obsah polyfenolických látok klesal s narastajúcim počtom dní pestovania. V šiesty deň rastu dosiahla koncentrácia TPC u kelu čierneho 5,79 mg GAE/g FW a v deviaty deň 4,86 mg GAE/g FW. Xiao et al. (2019) u rovnakej odrody kelu zaznamenal v deviaty deň rastu hodnotu TPC o viac ako polovicu menšiu, teda 2,20 mg GAE/g FW. To naznačuje, že obsah polyfenolických látok kolíše v závislosti od rastových faktoroch, ako aj výberu odrody. Xiao et al. (2019) u ďalších dvoch odrôd kelu stanovili celkový obsah polyfenolov na 2,21 a 2,72 mg GAE/g FW. Kowitcharoen et al. (2021) u microgreens kelu analyzovaného počas siedmeho dňa rastu uviedli hodnotu TPC 1,3059 mg GAE/g FW. Wojdyło et al. (2020) u neznámej odrody stanovili obsah polyfenolov na 0,45 mg GAE/g FW.

ZÁVER

Výsledky práce potvrdzujú, že microgreens reďkovky čínskej ružovej a kelu čierneho predstavujú výživovo hodnotné rastliny s obsahom bioaktívnych látok, ktorých hladiny sa menia v závislosti od dĺžky rastu. Zistilo sa, že kel čierny vo všetkých sledovaných dňoch vykazoval vyšší obsah celkových polyfenolov než reďkovka čínska ružová. Napríklad počas šiesteho dňa pestovania dosiahol obsah TPC u kelu čierneho hodnotu 5,79 mg GAE/g FW, kým reďkovka mala v rovnaký deň iba 4,20 mg GAE/g FW. Polyfenolický profil však s narastajúcim počtom dní pestovania klesal, čo poukazuje na ich citlivosť voči vývojovému štádiu rastliny.

Podobný trend bol pozorovaný aj pri obsahu minerálnych prvkov. U kelu čierneho bola zaznamenaná priemerná koncentrácia železa 38,32 µg/g FW, čo predstavovalo 30,39 % RDA pre ženy a až 68,38 % RDA pre mužov vo veku 19–30 rokov. Reďkovka čínska ružová zase vynikala vyšším obsahom medi, ktorej priemerný obsah bol 3,57 µg/g FW počas štyroch sledovaných dní, čo zodpovedá približne 53,22 % RDA pre obe pohlavia tejto vekovej skupiny. Hoci niektoré zistené hodnoty nedosahovali vysoké percentá RDA či AI, microgreens môžu byť pri pravidelnej konzumácii účinným doplnkovým zdrojom minerálov.

Aj keď microgreens reďkovky čínskej ružovej a kelu čierneho poskytujú menšie množstvo niektorých minerálnych prvkov oproti dospelej zelenine, sú stále výživným a ľahko dostupným zdrojom, ktorý môže prispieť k doplneniu RDA a AI minerálov. Navyše, microgreens vykazujú vyššiu biologickú dostupnosť týchto látok, keďže ich konzumácia prebieha v skorom vývojovom štádiu, kedy sú pletivá mladé a ľahšie stráviteľné. Ich hlavnou výhodou je nízky obsah kalórií a celoročná dostupnosť aj pri domácom pestovaní, čo z nich robí atraktívnu potravinu nielen pre bežných spotrebiteľov, ale aj pre skupiny s vyššími výživovými nárokmi ako sú športovci, seniori, či vegetariáni.

Z pohľadu ďalšieho výskumu by bolo vhodné zamerať sa na sledovanie vplyvu rôznych pestovateľských podmienok, napríklad typu substrátu, osvetlenia alebo zavlažovania na akumuláciu minerálnych a bioaktívnych látok v microgreens. Významné by bolo tiež rozšíriť výskum na širšie spektrum druhov a odrôd, najmä z rôznych čeľadí, ako aj sledovať dynamiku zmien látok počas celého obdobia rastu. Do budúcnosti sa perspektívne javia dlhodobé štúdie zamerané na zdravotné benefity pravidelnej konzumácie microgreens.

ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

ABAD, M.; NOGUERA, P. a BURÉS, S., 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain. Online. *Bioresource Technology*. Roč. 77, č. 2, s. 197–200. ISSN 0960-8524. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00152-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00152-8).

ABBAS, M.; SAEED, F.; ANJUM, F. M.; AFZAAL, M.; TUFAIL, T.; BASHIR, M. S. a SULERIA, H. A. R., 2016. Natural polyphenols: An overview. Online. *International Journal of Food Properties*. Roč. 20, č. 8, s. 1689–1699. ISSN 1523-2386. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1220393>.

ABDALLAH, M. M. F., 2008. Seed sprouts, a pharaoh's heritage to improve food quality. Online. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*. Roč. 16, č. 2, s. 469–478. ISSN 2636-3585. Dostupné z: [doi:10.21608/ajs.2008.15018](https://doi.org/10.21608/ajs.2008.15018).

AGARWAL, A. a GUPTA, S. D., 2016. Impact of Light-Emitting Diodes (LEDs) and Its Potential on Plant Growth and Development in Controlled-Environment Plant Production System. Online. *Current Biotechnology*. Roč. 5, č. 1, s. 28–43. ISSN 2211-551X. Dostupné z: <https://doi.org/10.2174/2211550104666151006001126>.

AHMED, E. M., 2015. Hydrogel: Preparation, characterization and applications: A review. Online. *Journal of Advanced Research*. Roč. 6, č. 2, s. 105–121. ISSN 2090-1232. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>.

ALRIFAI, O., HAO, X., MARCONE, M. F. a TSAO, R., 2019. Current review of the modulatory effects of LED lights on photosynthesis of secondary metabolites and future perspectives of microgreen vegetables. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Roč. 67, č. 22, s. 6075–6090. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b02072>.

BAHADORAN, Z.; TOHIDI, M.; NAZERI, P.; MEHRAN, M.; AZIZI, F.; MIRMIRAN, P., 2012. Effect of broccoli sprouts on insulin resistance in type 2 diabetic patients: a randomized double-blind clinical trial. Online. *International Journal of Food Sciences and*

Nutrition. Roč. 63, č. 7, s. 767–771. ISSN 0963-7486. Dostupné z: <https://doi.org/10.3109/09637486.2012.665043>.

BALIK, S.; ELGUDAYEM, F.; YILDIZ DASGAN, H.; KAFKAS, N. E. a GRUDA, N. S., 2025. Nutritional quality profiles of six microgreens. Online. *Scientific Reports*. Roč. 15, č. 6213. ISSN 2045-2322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-85860-z>.

BENKE, K. a TOMKINS, B., 2017. Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture. Online. *Sustainability: Science, Practice and Policy*. Roč. 13, č. 1, s. 13–26. ISSN 1548-7733. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>.

BERBA, K.J. a UCHANSKI, M.E., 2012. Post-Harvest Physiology of Microgreens. Online. *Journal of Young Investigators*. Roč. 24, č. 1. ISSN 1539-4026. Dostupné z: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:85729161>.

BERGQUIST, S.A.M.; GERTSSON, U.E. a OLSSON, M.E., 2006. Influence of growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). Online. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Roč. 86, s. 346–355. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2373>.

BHASWANT, M.; SHANMUHAM, D.K.; MIYAZAWA, T. a ABE, C., 2023. Microgreens—A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits. Online. *Molecules*. Roč. 28, č. 2: 867. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules28020867>.

BIESALSKI, H. K.; DRAGSTED, L. O.; ELMADFA, I.; GROSSKLAUS, R.; MÜLLER, M.; SCHRENK, D.; WALTER, P. a WEBER, P., 2009. Bioactive compounds: Definition and assessment of activity. Online. *Nutrition*. Roč. 25, č. 11-12, s. 1202–1205. ISSN 0899-9007. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.04.023>.

BINDRABAN, P. S.; DIMKPA, C.; NAGARAJAN, L.; ROY, A. a RABBINGE, R., 2015. Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. Online. *Biology and Fertility of Soils*. Roč. 51, č. 8. ISSN 0178-2762. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00374-015-1039-7>.

BINIA, A.; JAEGER, J.; HU, Y.; SINGH, A. a ZIMMERMANN, D., 2015. Daily potassium intake and sodium-to-potassium ratio in the reduction of blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. Online. *Journal of Hypertension*. Roč. 33, č. 8, s. 1509–1520. ISSN 0263-6352. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000000611>.

BRAZAITYTĖ, A.; VAŠTAKAITĖ, V.; VIRŠILĖ, A.; JANKAUSKIENĖ, J.; SAMUOLIENĖ, G.; SAKALAIUSKIENĖ, S.; NOVIČKOVAS, A.; MILIAUSKIENĖ, J. a DUCHOVSKIS, P., 2018. Changes in mineral element content of microgreens cultivated under different lighting conditions in a greenhouse. Online. *Acta Horticulturae*. Č. 1227, s. 507–516. ISSN 0567-7572. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1227.64>.

BRECHT, J.K., 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. Online. *HortScience*. Roč. 30, č. 1, s. 18–22. ISSN 2327-9834. Dostupné z: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.1.18>.

BUSSE, R.; KLAZINGA, N. S.; PANTELI, D. a QUENTIN, W., 2019. Improving healthcare quality in Europe: Characteristics, effectiveness and implementation of different strategies. Online. *World Health Organization and OECD*. Kodaň: WHO Regional Office for Europe. ISBN 978 92 890 5175 0. Dostupné z: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/421076/Improving-healthcare-quality-in-Europe.pdf.

CARVALHO, S.D. a FOLTA, K.M., 2016. Green light control of anthocyanin production in microgreens. Online. *Acta Horticulturae*. Č. 1134, S. 13–18. ISSN 0567-7572. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1134.2>.

CHAMBIAL, S.; DWIVEDI, S.; SHUKLA, K. K.; JOHN, P. J. a SHARMA, P., 2013. Vitamin C in disease prevention and cure: an overview. Online. *Indian Journal of Clinical*

Biochemistry. Roč. 28, č. 4, s. 314–328. ISSN 0970-1915. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12291-013-0375-3>.

CHOE, U.; YU, L. L. a WANG, T. T. Y., 2018. The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st century. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Roč. 66, č. 44, s. 11519–11530. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03096>.

CORNELIS, R.; CARUSO, J. A.; CREWS, H. a HEUMANN, K. G., 2005. Handbook of Elemental Speciation II: Species in the Environment, Food, Medicine and Occupational Health. Online. Chichester: John Wiley & Sons. 800 s. ISBN 978-0-470-85598-0.

CORRADO, G.; PANNICO, A.; ZARRELLI, A.; KYRIACOU, M.C.; DE PASCALE, S. a ROUPHAEL, Y., 2022. Macro and trace element mineral composition of six hemp varieties grown as microgreens. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. Roč. 114, č. 104750. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104750>.

ČESKÁ LÉKAŘSKÁ SPOLEČNOST JANA EVANGELISTY PURKYNĚ, 2020. Funkční potraviny. Online. *Národní zdravotnický informační portál*. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/572-funkcni-potraviny> [cit. 2025-03-26].

DANTAS, T.; COSTA, E.; MEDEIROS DA SILVA, J. B.; BINOTTI, F. F. S.; VENDRUSCOLO, E. P.; VIEIRA, G. H. C. a RIBEIRO, F. C. S., 2024. Effect of Different Substrates and Protected Environments on Growth, Chlorophyll, and Carotenoid Contents of Kale Microgreens and Baby Leaf. Online. *International Journal of Agronomy*. Roč. 2024, č. 1, s. 1–10. ISSN: 1687-8167. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2024/8842753>.

DE LA FUENTE, B.; LÓPEZ-GARCÍA, G.; MÁÑEZ, V.; ALEGRÍA, A.; BARBERÁ, R. a CILLA, A., 2019. Evaluation of the Bioaccessibility of Antioxidant Bioactive Compounds and Minerals of Four Genotypes of *Brassicaceae* Microgreens. Online. *Foods*. Roč. 8, č. 250, s. 1–16. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods8070250>.

DE LA FUENTE, B.; LÓPEZ-GARCÍA, G.; MÁÑEZ, V.; ALEGRÍA, A.; BARBERÁ, R. a CILLA, A., 2020. Antiproliferative Effect of Bioaccessible Fractions of Four *Brassicaceae*

Microgreens on Human Colon Cancer Cells Linked to Their Phytochemical Composition. Online. *Antioxidants*. Roč. 9, č. 5:368. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9050368>.

DHAKA, A. S.; DIKSHIT, H. K.; MISHRA, G. P.; TONTANG, M. T.; MEENA, N. L.; KUMAR, R. R.; RAMESH, S. V.; NARWAL, S.; ASKI, M.; THIMMEGOWDA, V.; GUPTA, S.; NAIR, R. M. a PRAVEEN, S., 2023. Evaluation of growth conditions, antioxidant potential, and sensory attributes of six diverse microgreens species. Online. *Agriculture*. Roč. 13, č. 3:676. ISSN 2077-0472. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agriculture13030676>.

DI GIOIA, F.; DE BELLIS, P.; MININNI, C.; SANTAMARIA, P. a SERIO, F., 2017. Physicochemical, Agronomical and Microbiological Evaluation of Alternative Growing Media for the Production of Rapini (*Brassica rapa* L.) Microgreens. Online. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Roč. 97, č. 4, s. 1212–1219. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7852>.

DI GIOIA, F.; HONG, J. C.; PISANI, C.; PETROPOULOS, S. A.; BAI, J.; ROSSKOPF, E. N., 2023. Yield performance, mineral profile, and nitrate content in a selection of seventeen microgreen species. Online. *Frontiers in Plant Science*. Roč. 14, č. 1220691. ISSN 1664-462X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1220691>.

DI GIOIA, F. a SANTAMARIA, P., 2015. Microgreens, agrobiodiversity and food security. In: DI GIOIA, F. & SANTAMARIA, P. (ed.) *Microgreens: Novel, fresh and functional food to explore all the value of biodiversity*. Bari, Italy: Eco-logica editore, s. 41–47. ISBN 978-88-909289-3-2.

DU, M.; XIAO, Z. a LUO, Y., 2022. Advances and emerging trends in cultivation substrates for growing sprouts and microgreens toward safe and sustainable agriculture. Online. *Current Opinion in Food Science*. Roč. 46:100863. ISSN 2214-7993. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100863>.

DWYER, J., 2003. *Dietary Requirements of Adults*. In: CABALLERO, B., Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. 2. vyd. San Diego: Academic Press. s. 1863–1868. ISBN 978-0-12-227055-0. Dostupné online: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00350-3>.

EBERT, A.W., 2022. Sprouts and Microgreens—Novel Food Sources for Healthy Diets. Online. *Plants*. Roč. 11, č. 571, s. 1–28. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants11040571>.

ENIG, M. G., 2010. *Mineral Nutrients*. Online. In: KIRK-OTHMER, Encyclopedia of Chemical Technology. 5. vyd. Hoboken: Wiley-Interscience. ISBN 978-0-471-48494-3. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/0471238961.1309140505140907.a01.pub2>.

FARAG, M. A.; ABIB, B.; QIN, Z.; ZE, X. a ALI, S. E., 2023. Dietary macrominerals: Updated review of their role and orchestration in human nutrition throughout the life cycle with sex differences. Online. *Current Research in Food Science*. Roč. 6:100450. ISSN 2665-9271. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100450>.

GAMBA, M.; ASLLANAJ, E.; RAGUINDIN, P. F.; GLISIC, M.; FRANCO, O. H.; MINDER, B.; BUSSLER, W.; METZGER, B.; KERN, H. a MUKA, T., 2021. Nutritional and phytochemical characterization of radish (*Raphanus sativus*): A systematic review. Online. *Trends in Food Science & Technology*. Roč. 113, s. 205–218. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.045>.

HAGHIGHI, M.; KAFI, M.; PESSARAKLI, M.; SHEIBANIRAD, A. a SHARIFINIA, M. R., 2016. Using kale (*Brassica oleracea* var. acephala) as a phytoremediation plant species for lead (Pb) and cadmium (Cd) removal in saline soils. Online. *Journal of Plant Nutrition*. Roč. 39, č. 10, s. 1460–1471. ISSN 1532-4087. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1161768>.

HALKIER, B. A. a GERSHENZON, J., 2006. Biology and biochemistry of glucosinolates. Online. *Annual Review of Plant Biology*. Roč. 57, s. 303–333. ISSN 1545-2123. Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105228>.

HASSAMA, P.; SIRINUPONG, M. a RUANGRAK, E., 2020. Comparing Sources of Nitrogen Fertilizer on Growth in Sunflower Microgreens. Online. *Journal of Food Science and Agricultural Technology*. Roč. 6, s. 52 - 58. ISSN 2408-1736. Dostupné z: <http://rs.mfu.ac.th/ojs/index.php/jfat/article/view/385/271>.

HORBAŃCZUK, O. K.; KUREK, M. A.; ATANASOV, A. G.; BRNČIĆ, M. a RIMAK BRNČIĆ, S., 2019. The Effect of Natural Antioxidants on Quality and Shelf Life of Beef and Beef Products. Online. *Food Technology and Biotechnology*. Roč. 57, č. 4, s. 439–447. ISSN 1330-9862. Dostupné z: <https://doi.org/10.17113/ftb.57.04.19.6267>.

HUCHÉ-THÉLIER, L.; CRESPEL, L.; LE GOURRIEREC, J.; MOREL, P.; SAKR, S. a LEDUC, N., 2016. Light signaling and plant responses to blue and UV radiations—Perspectives for applications in horticulture. Online. *Environmental and Experimental Botany*. Roč. 121, s. 22–38. ISSN 0098-8472. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.06.009>.

GALIENI, A.; FALCINELLI, B.; STAGNARI, F.; DATTI, A. a BENINCASA, P., 2020. Sprouts and microgreens: Trends, opportunities, and horizons for novel research. Online. *Agronomy*. Roč. 10, č. 9:1424. ISSN 2073-4395. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091424>.

GHOORA, M. D. a SRIVIDYA, N., 2018. Micro-farming of greens: A viable enterprise for enhancing economic, food and nutritional security of farmers. Online. *International Journal of Nutrition and Agriculture Research*. Roč. 5, č. 1, s. 10–16. ISSN 2393-9540. Dostupné z: www.uptodateresearchpublication.com.

GHOORA, M.D.; BABU, D.R. a NAGARAJAN, S., 2020. Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. Roč. 91:103495. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103495>.

GHOORA, M. D.; HALDIPUR, A. C. a SRIVIDYA, N., 2020. Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select

culinary microgreens. Online. *Journal of Agriculture and Food Research*. Roč. 2, č. 100046. ISSN 2666-7568. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100046>.

GRAS, M.L.; VIDAL, D.; BETORET, N.; CHIRALT, A. a FITO, P., 2003. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation interactions with cellular matrix. Online. *Journal of Food Engineering*. Roč. 56, č. 2, s. 279–284. ISSN 1873-5770. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00269-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00269-8).

GUERREIRO, S. L. M.; CABRAL JÚNIOR, J. F. G.; EIRAS, B. J. C. F.; MIRANDA, B. S.; LOPES, P. C. A.; MELO, N. F. A. C.; LUZ, R. K.; STERZELECKI, F. C. a PALHETA, G. D. A., 2024. Integrating Aquaponics with *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae: Decapoda) Cultivation for the Production of Microgreens: A Sustainable Approach. Online. *AgriEngineering*. Roč. 6, č. 3, s. 2718–2731. ISSN 2624-7402. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agriengineering6030158>.

GUIMARAES, F.V.A.; DE LACERDA, C.F.; MARQUES, E.C.; DE MIRANDA, M.R.A.; DE ABREU, C.E.B.; PRISCO, J.T. a GOMES-FILHO, E., 2011. Calcium can moderate changes on membrane structure and lipid composition in cowpea plants under salt stress. Online. *Plant Growth Regulation*. Roč. 65, č. 1, s. 55–63. ISSN 1573-5087. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10725-011-9574-1>.

GUO, Y. a GAN, S.S., 2012. Convergence and divergence in gene expression profiles induced by leaf senescence and 27 senescence-promoting hormonal, pathological and environmental stress treatments. Online. *Plant, Cell & Environment*. Roč. 35, č. 3, s. 644–655. ISSN 1365-3040. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02442.x>.

GUO, Y.; LUNDEBYE, A. K.; LI, N.; ERGON, Å.; PANG, S.; JIANG, Y.; ZHU, W.; ZHAO, Y.; LI, X.; YAO, L.; WANG, L. a AAKRE, I., 2023. Comparative assessment of food safety regulations and standards for arsenic, cadmium, lead, mercury and iodine in macroalgae used as food and feed in China and Europe. Online. *Trends in Food Science & Technology*. Roč. 141, č. 11:104204. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104204>.

HAROUNA, D. V.; VENKATARAMANA, P. B.; NDAKIDEMI, P. A. a MATEMU, A. O., 2018. Under-exploited wild Vigna species potentials in human and animal nutrition: A review. Online. *Global Food Security*. Roč. 18, s. 1–11. ISSN 2211-9124. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.06.002>.

JONES-BAUMGARDT, C.; LLEWELLYN, D.; YING, Q. a ZHENG, Y., 2019. Intensity of Sole-source Light-emitting Diodes Affects Growth, Yield, and Quality of Brassicaceae Microgreens. Online. *HortScience*. Roč. 54, č. 7, s. 1168–1174. ISSN 2327-9834. Dostupné z: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13788-18>.

KAPUSTA-DUCH, J.; SMOLEŃ, S.; JĘDRSZCZYK, E.; LESZCZYŃSKA, T.; BORCZAK, B. a KUSZNIEREWICZ, B., 2024. Evaluation of Selected Heavy Metal Contaminants as Well as Nitrates and Nitrites in the Microgreens of Nigella (*Nigella sativa* L.), Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), and Camelina (*Camelina sativa* L.) at Different Stages of Vegetation. Online. *Applied Sciences*. Roč. 14, č. 10:4298. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app14104298>.

KHOJA, K. K.; BUCKLEY, A.; ASLAM, M. F. a LATUNDE-DADA, Y., 2020. In Vitro Bioaccessibility and Bioavailability of Iron from Mature and Microgreen Fenugreek, Rocket and Broccoli. Online. *Nutrients*. Roč. 12, č. 4:1057. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu12041057>.

KHOO, H. E.; PRASAD, K. N.; KONG, K.-W.; JIANG, Y. a ISMAIL, A., 2011. Carotenoids and Their Isomers: Color Pigments in Fruits and Vegetables. Online. *Molecules*. Roč. 16, č. 2, s. 1710–1738. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules16021710>.

KIM, J.G.; LUO, Y. a GROSS, K.C., 2004. Effect of package film on the quality of fresh-cut salad savoy. Online. *Postharvest Biology and Technology*. Roč. 32, č. 1, s. 99–107. ISSN 0925-5214. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.10.006>.

KOH, Y. CH.; HO, CH. T.; PAN, M. H., 2020. Recent advances in cancer chemoprevention with phytochemicals. Online. *Journal of Food and Drug Analysis*. Roč. 28, č. 1, s. 14–37. ISSN 2224-6614. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2019.11.001>.

KOU, L.; LUO, Y.; YANG, T.; XIAO, Z.; TURNER, E.R.; LESTER, G.E. a WANG, Q., 2013. Postharvest biology, quality and shelf-life of buckwheat microgreens. Online. *LWT - Food Science and Technology*. Roč. 51, č. 1, s. 73–78. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.11.017>.

KOU, L.; YANG, T.; LUO, Y.; LIU, X.; HUANG, L. a CODLING, E.E., 2014. Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. Online. *Postharvest Biology and Technology*. Roč. 87, s. 70–78. ISSN 0925-5214. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.08.004>.

KONG, Y.; KAMATH, D. a ZHENG, Y., 2019. Blue versus Red Light Can Promote Elongation Growth Independent of Photoperiod: A Study in Four *Brassica* Microgreens Species. Online. *HortScience*. Roč. 54, č. 11, s. 1955–1961. ISSN 2327-9834. Dostupné z: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14286-19>.

KOWITCHAROEN, L.; PHORNVILLAY, S.; LEKKHAM, P.; PONGPRASEERT, N. a SRILAONG, V., 2021. Bioactive composition and nutritional profile of microgreens cultivated in Thailand. Online. *Applied Sciences*. Roč. 11, č. 17:7981. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app11177981>.

KYRIACOU, M. C.; EL-NAKHEL, C.; PANNICO, A.; GRAZIANI, G.; SOTERIOU, G. A.; GIORDANO, M.; PALLADINO, M.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S. a ROUPHAEL, Y., 2020. Phenolic constitution, phytochemical and macronutrient content in three species of microgreens as modulated by natural fiber and synthetic substrates. Online. *Antioxidants*. Roč. 9, č. 3, s. 1–23. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9030252>.

KYRIACOU, M. C.; EL-NAKHEL, C.; PANNICO, A.; GRAZIANI, G.; ZARRELLI, A.; SOTERIOU, G. A.; KYRATZIS, A.; ANTONIOU, C.; PIZZOLONGO, F.; ROMANO, R.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S. a ROUPHAEL, Y., 2021. Ontogenetic Variation in the

Mineral, Phytochemical and Yield Attributes of Brassicaceous Microgreens. Online. *Foods*. Roč. 10, č. 5:1032. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10051032>.

KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y.; DI GIOIA, F.; KYRATZIS, A.; SERIO, F.; RENNA, M.; DE PASCALE, S. a SANTAMARIA, P., 2016. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. Online. *Trends in Food Science & Technology*. Roč. 57, s. 103–115. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005>.

LAU, T. Q.; TANG, V. T. H. a KANSEDO, J., 2019. Influence of Soil and Light Condition on the Growth and Antioxidants Content of *Amaranthus Cruentus* (Red Amaranth) Microgreen. Online. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Roč. 495:012051. ISSN 1757-899X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/495/1/012051>.

LEE, J. S.; PILL, W. G.; COBB, B. B. a OLSZEWSKI, M., 2004. Seed treatments to advance greenhouse establishment of beet and chard microgreens. Online. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. Roč. 79, č. 4, s. 565–570. ISSN 2380-4084. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511806>.

LENZI, A.; ORLANDINI, A.; BULGARI, R.; FERRANTE, A. a BRUSCHI, P., 2019. Antioxidant and Mineral Composition of Three Wild Leafy Species: A Comparison Between Microgreens and Baby Greens. Online. *Foods*. Roč. 8, č. 10:487. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods8100487>.

LI, T.; ARTHUR, J. D. A BI, G., 2023. Shoot Yield and Mineral Nutrient Concentrations of Six Microgreens in the Brassicaceae Family Affected by Fertigation Rate. Online. *Horticulturae*. Roč. 9, č. 11:1217. ISSN 2311-7524. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111217>.

LI, X.; TIAN, S.; WANG, Y.; LIU, J.; WANG, J. a LU, Y., 2021. Broccoli microgreens juice reduces body weight by enhancing insulin sensitivity and modulating gut microbiota in high-fat diet-induced C57BL/6J obese mice. Online. *European Journal of Nutrition*. Roč.

60, č. 7, s. 3829–3839. ISSN 1436-6215. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02553-9>.

LIU, H.; CHEN, F.S.; YANG, H.S.; YAO, Y.Z.; GONG, X.Z.; XIN, Y. a DING, C.H., 2009. Effect of calcium treatment on nanostructure of chelate-soluble pectin and physicochemical and textural properties of apricot fruits. Online. *Food Research International*. Roč. 42, č. 8, s. 1131–1140. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.05.014>.

LOBIUC, A.; VASILACHE, V.; PINTILIE, O.; STOLERU, T.; BURDUCEA, M.; OROIAN, M. a ZAMFIRACHE, M. M., 2017. Blue and Red LED Illumination Improves Growth and Bioactive Compounds Contents in Acyanic and Cyanic *Ocimum basilicum* L. Microgreens. Online. *Molecules*. Roč. 22, č. 12:2111. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules22122111>.

LONE, J. K.; PANDEY, R. a GAYACHARAN, 2024. Microgreens on the rise: Expanding our horizons from farm to fork. Online. *Heliyon*. Roč. 10, č. 4:e25870. ISSN 2405-8440. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e025870>. nbb.

LUANG-IN, V.; SAENGHA, W.; KARIRAT, T.; BURANRAT, B.; MATRA, K.; DEESEENTHUM, S. a KATISART, T., 2021. Effect of cold plasma and elicitors on bioactive contents, antioxidant activity and cytotoxicity of Thai rat-tailed radish microgreens. Online. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Roč. 101, č. 4, s. 1685–1698. ISSN 1097-0010. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10985>.

LUTTS, S.; BENINCASA, P.; WOJTYLA, Ł.; KUBALA, S.; PACE, R.; LECHOWSKA, K.; QUINET, M. a GARNCZARSKA, M., 2016. Seed Priming: New Comprehensive Approaches for an Old Empirical Technique. In: *New Challenges in Seed Biology - Basic and Translational Research Driving Seed Technology*. S. Araújo a A. Balestrazzi (ed.). Rijeka, Croatia: InTech. Kapitola 1. ISBN 9789535154549. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/64420>.

MALUIN, F. N.; HUSSEIN, M. Z.; NIK IBRAHIM, N. N. L.; WAYAYOK, A. a HASHIM, N., 2021. Some Emerging Opportunities of Nanotechnology Development for Soilless and

Microgreen Farming. Online. *Agronomy*. Roč. 11, č. 6:1213. ISSN 2073-4395. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061213>.

MARKOVIČ, J., 2023. Mineral and Trace Element Contents in Growing Stages of Microgreens. Online. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/53772/markovič_2023_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MARTÍNEZ-ISPIZUA, E.; CALATAYUD, Á.; MARSAL, J. I.; CANNATA, C.; BASILE, F.; ABDELKHALIK, A.; SOLER, S.; VALCÁRCEL, J. V. a MARTÍNEZ-CUENCA, M. R., 2022. The Nutritional Quality Potential of Microgreens, Baby Leaves, and Adult Lettuce: An Underexploited Nutraceutical Source. Online. *Foods*. Roč. 11, č. 3:423. ISSN 2304-8158. Dostupné online: <https://doi.org/10.3390/foods11030423>.

MATÉS, J. M.; PÉREZ-GÓMEZ, C. a NÚÑEZ DE CASTRO, I., 1999. Antioxidant enzymes and human diseases. Online. *Clinical Biochemistry*. Roč. 32, č. 8, s. 595–603. ISSN 0009-9120. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/s0009-9120\(99\)00075-2](https://doi.org/10.1016/s0009-9120(99)00075-2).

MAZMANYAN, V., 2021. Radish nutrition – calories, carbs, GI, protein, fiber, fats. Online. *FoodStruct*. Dostupné z: <https://foodstruct.com/food/radish/1-slice> [cit. 2025-04-27].

MICHALCZYK, M., 2025. Methods of Modifying the Content of Glucosinolates and Their Derivatives in Sprouts and Microgreens During Their Cultivation and Postharvest Handling. Online. *International Journal of Food Science*. Č. 2133668. ISSN 2356-7015. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/ijfo/2133668>.

MICHELL, K. A.; ISWEIRI, H.; NEWMAN, S. E.; BUNNING, M.; BELLOWS, L.; DINGES, M. M.; GRABOS, L.; RAO, S.; FOSTER, M.; HEUBERGER, A.; PRENNI, J.; THOMPSON, H.; UCHANSKI, M. E.; WEIR, T. a JOHNSON, S. A., 2020. Microgreens: Consumer sensory perception and acceptance of an emerging functional food crop. Online. *Journal of Food Science*. Roč. 85, č. 4, s. 926–935. ISSN 1750-3841. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15075>.

MIR, S. A.; SHAH, M. A. s MIR, M. M., 2017. Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. Online. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Roč. 57, č. 12, s. 2730–2736. ISSN 1549-7852. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1144557>.

MISAWA, N., 2010. 1.20 - Carotenoids. In: LIU, H. W. B.; MANDER, L. (ed.). *Comprehensive Natural Products II*. Amsterdam: Elsevier, s. 733–753. ISBN 9780080453828. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-008045382-8.00009-5>.

MOORE, K. A. a BRADLEY, L. K., 2022. *North Carolina Extension Gardener Handbook: Second Edition*. North Carolina: University of North Carolina Press. ISBN 978-1-4696–6973-1.

MOLNÁR, J. a PAL, M., 2024. Macroelements and Microelements: The role of minerals in Human Nutrition. Online. *Ingredients & Additives*. Roč. 10, č. 11, s. 46–47. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/380824146_Macroelements_and_Microelements_The_role_of_minerals_in_Human_Nutrition.

MORROW, R. C., 2008. LED Lighting in Horticulture. Online. *HortScience*. Roč. 43, č. 7, s. 1947–1950. ISSN 2327-9834. Dostupné z: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.1947>.

MURPHY, C.J.; LLORT, K.F. a PILL, W.G., 2010. Factors Affecting the Growth of Microgreen Table Beet. Online. *International Journal of Vegetable Science*. Roč. 16, č. 3, s. 253–266. ISSN 1931-5260. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/19315261003648241>.

NAJWA, R. a AZLAN, A., 2017. Comparison of vitamin C content in citrus fruits by titration and high performance liquid chromatography (HPLC) methods. Online. *International Food Research Journal*. Roč. 24, č. 2, s. 726–733. ISSN 1985-4668. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/316524066_Comparison_of_vitamin_C_content_in_citrus_fruits_by_titration_and_high_performance_liquid_chromatography_HPLC_methods.

NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) č. 1169/2011 z 25. októbra 2011 o poskytovaní informácií o potravinách spotrebiteľom. Online. Úradný vestník EÚ L 304, s. 18-63. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1169>.

NEUFELD, L. M.; HENDRIKS, S.; HUGAS, M., 2021. Healthy Diet: A Definition for the United Nations Food Systems Summit 2021. A Paper from the Scientific Group of the UN Food Systems Summit. Online. Dostupné z: https://sc-fss2021.org/wp-content/uploads/2021/04/Healthy_Diet.pdf.

NIROULA A.; KHATRI S.; TIMILSINA R.; KHADKA D.; KHADKA A. a OJHA P., 2019. Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. Online. *Journal of Food Science and Technology*. Roč. 56, č. 5, s. 2758–2763. ISSN 1365-2621. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03768-9>.

OH, M.M.; CAREY, E. E. a RAJASHEKAR, C., 2010. Regulated water deficits improve phytochemical concentration in lettuce. Online. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Roč. 135, č. 3, s. 223–229. ISSN 2327-9788. Dostupné z: <https://doi.org/10.21273/JASHS.135.3.223>.

OLIVEIRA, M.; ABADIAS, M.; USALL, J.; TORRES, R.; TEIXIDÓ, N. a VIÑAS, I., 2015. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables – A review. Online. *Trends in Food Science & Technology*. Roč. 46, č. 1, s. 13–26. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.017>.

PANDEY, R., 2015. Mineral nutrition of plants. In: *Plant Biology and Biotechnology*. R. Pandey, (ed.). Berlín: Springer. ISBN 978-81-322-2285-9. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6_20.

PANNICO, A.; GRAZIANI, G.; EL-NAKHEL, C.; GIORDANO, M.; RITIENI, A.; KYRIACOU, M. C. a ROUPHAEL, Y., 2020. Nutritional stress suppresses nitrate content and positively impacts ascorbic acid concentration and phenolic acids profile of lettuce

microgreens. Online. *Italus Hortus*. Roč. 27, s. 41–52. ISSN 1127-3496. Dostupné z: <https://doi.org/10.26353/j.itahort/2020.3.4152>.

PATIL, B. S.; JAYAPRAKASHA, G. K.; CHIDAMBARA MURTHY, K. N. a VIKRAM, A., 2009. Bioactive compounds: Historical perspectives, opportunities, and challenges. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Roč. 57, č. 18, s. 8142–8160. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf900591d>.

PINTO, E., ALMEIDA, A. A., AGUIAR, A. A. a FERREIRA, I. M. P. L. V. O., 2015. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. Roč. 37, s. 38–43. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018>.

PODSEDEK, A.; SOSNOWSKA, D. a REDZYNIA, M., 2006. Antioxidant capacity and content of Brassica oleracea dietary antioxidant. Online. *International Journal of Food Science & Technology*. Roč. 41, č. 1, s. 49–58. ISSN 1365-2621. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01260.x>

PRASAD, M., 1997. Physical, chemical and biological properties of coir dust. Online. *Acta Horticulturae*. Roč. 450, s. 21–30. ISSN 0567-7572. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.450.1>.

QU, B. a LUO, Y., 2020. Chitosan-based hydrogel beads: Preparations, modifications and applications in food and agriculture sectors – A review. Online. *International Journal of Biological Macromolecules*. Roč. 152, s. 1095–1109. ISSN 1879-0003. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.240>.

RAJ, D. a MAITI, S.K., 2020. Sources, bioaccumulation, health risks and remediation of potentially toxic metal(loid)s (As, Cd, Cr, Pb and Hg): an epitomised review. Online. *Environmental Monitoring and Assessment*. Roč. 192, č. 2:108. ISSN 0167-6369. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-8060-5>.

RAJAN, P.; LADA, R. R. a MACDONALD, M. T., 2019. Advancement in Indoor Vertical Farming for Microgreen Production. Online. *American Journal of Plant Sciences*. Roč. 10, č. 8, s. 1397–1408. ISSN 2158-2750. Dostupné z: <https://doi.org/10.4236/ajps.2019.108100>.

RAO, A., SHARMA, T., KAUSHAL, S. a SHUBHAM, 2024. Micro-greens: The most impressive and evolving superfood of modern times. Online. *International Journal of Research in Agronomy*. Roč. 7, č. 11, s. 208–213. ISSN 2073-4395. Dostupné z: <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i11lc.1963>.

REDA, T.; THAVARAJAH, P.; POLOMSKI, R.; BRIDGES, W.; SHIPE, E. a THAVARAJAH, D., 2021. Reaching the Highest Shelf: A Review of Organic Production, Nutritional Quality, and Shelf Life of Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). Online. *Plants, People, Planet*. Roč. 3, č. 4, s. 308–318. ISSN 2572-2611. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ppp3.10183>.

RENNA, M.; STELLACCI, A. M.; CORBO, F. a SANTAMARIA, P., 2020. The use of a nutrient quality score is effective to assess the overall nutritional value of three Brassica microgreens. Online. *Foods*. Roč. 9:1226. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9091226>.

RENNA, M.; DI GIOIA, F.; LEONI, B.; MININNI, C. a SANTAMARIA, P., 2016. Culinary assessment of self-produced microgreens as basic ingredients in sweet and savory dishes. Online. *Journal of Culinary Science & Technology*. Roč. 15, č. 2, s. 126–142. ISSN 1542-8052. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/15428052.2016.1225534>.

REPORTOCEAN, 2022. Microgreens market by type (broccoli, cabbage, cauliflower, arugula, peas, basil, radish, cress, others), by farming (indoor vertical farming, commercial greenhouse, others), by end user (retail, food service, others): global opportunity analysis and industry forecast, 2022-2030. Online. *ReportOcean*. Dostupné z: https://reportocean.com/industry-verticals/details?report_id=bwcc1130&cat_title=Other [cit. 2025-03-24].

RICO, D.; MARTIN-DIANA, A.B.; BARAT, J.M. a BARRY-RYAN, C., 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. Online. *Trends in Food*

Science & Technology. Roč. 18, č. 7, s. 373–386. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.03.011>.

RIGGIO, G. M.; WANG, Q.; KNIEL, K. E. a GIBSON, K. E., 2018. Microgreens—A review of food safety considerations along the farm to fork continuum. Online. *International Journal of Food Microbiology*. Roč. 290, č. 12., s. 76–85. ISSN 0168-1605. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.027>.

SAFAEI, M.; SUNDARARAJAN, E. A.; DRISS, M.; BOULILA, W. a SHAPII, A., 2021. A systematic literature review on obesity: Understanding the causes & consequences of obesity and reviewing various machine learning approaches used to predict obesity. Online. *Computers in Biology and Medicine*. Roč. 136, č. 104754. ISSN 0010-4825. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104754>.

SAMUOLIENĖ, G.; BRAZAITYTĖ, A.; SIRTAUTAS, R.; SAKALAUSKIENĖ, S.; JANKAUSKIENĖ, J.; DUCHOVSKIS, P. a NOVIČKOVAS, A., 2012. The impact of supplementary short-term red LED lighting on the antioxidant properties of microgreens. Online. *Acta Horticulturae*. Roč. 956, s. 649–656. ISSN 0567-7572. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.956.78>.

SAMUOLIENE, G.; VIRŠILĖ, A.; BRAZAITYTĖ, A.; ŠABAJEVIENĖ, G.; MILIAUSKIENĖ, J. a DUCHOVSKIS, P., 2010. The impact of LED illumination on antioxidant properties of sprouted seeds. Online. *Open Life Sciences*. Roč. 6, č. 1, s. 68–74. ISSN 2391-5412. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/s11535-010-0094-1>.

SAVVAS, D., 2003. Hydroponics: A Modern Technology Supporting the Application of Integrated Crop Management in Greenhouse. Online. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. Roč. 1, č. 1, s. 80–86. ISSN 1459-0255. Dostupné z: https://www.academia.edu/38236698/Hydroponics_A_modern_technology_supporting_the_application_of_integrated_crop_management_in_greenhouse.

SCHWARTZ, H.; OLLILAINEN, V.; PIIRONEN, V. a LAMPI, A. M., 2008. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. Online. *Journal of*

Food Composition and Analysis. Roč. 21, č. 2, s. 152–161. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.07.012>.

SENNA, A. M.; DO CARMO, J. B.; DA SILVA, J. M. S. a BOTARO, V. R., 2015. Synthesis, characterization and application of hydrogel derived from cellulose acetate as a substrate for slow-release NPK fertilizer and water retention in soil. Online. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Roč. 3, č. 2, s. 996–1002. ISSN 2213-3437. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.03.008>.

SHARMA, S.; DHINGRA, P. a KORANNE, S., 2020. Microgreens: Exciting new food for 21st Century. Online. *Ecology Environment and Conservation*. Roč. 26, č. November Suppl. Issue, s. 248–251. ISSN 0971-765X. Dostupné z: <https://www.envirobiotechjournals.com/EEC/26NovSupplIssue2020/EEC-42.pdf>.

SHARMA, S.; SHREE, B.; SHARMA, D.; KUMAR, S.; KUMAR, V.; SHARMA, R. a SAINI, R., 2022. Vegetable microgreens: The gleam of next generation super foods, their genetic enhancement, health benefits and processing approaches. Online. *Food Research International*. Roč. 155, č. 111038. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111038>.

SINGH, A.; KUMAR, P.; SHARMA, R.; VERMA, K. a YADAV, A., 2019. Automated pH Monitoring and Controlling System for Hydroponics under Greenhouse Condition. Online. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. Roč. 15, č. 2, s. 523–528. ISSN 1819-6608. Dostupné z: <https://doi.org/10.36478/jeasci.2020.523.528>.

SPECHT, K.; SIEBERT, R.; HARTMANN, I.; FREISINGER, U.B.; SAWICKA, M.; WERNER, A.; THOMAIER, S.; HENCKEL, D.; WALK, H. a DIERICH, A., 2014. Urban Agriculture of the Future: An Overview of Sustainability Aspects of Food Production in and on Buildings. Online. *Agriculture and Human Values*. Roč. 31, s. 33–51. ISSN 1572-8366. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9448-4>.

SUMCZYNSKI, D.; KOUBOVÁ, E.; ŠENKÁROVÁ, L. a ORSAVOVÁ, J., 2018. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. Online. *Food*

Chemistry. Roč. 264, s. 386–392. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.061>.

SUN, J.; XIAO, Z.; LIN, L. Z.; LESTER, G. E.; WANG, Q.; HARNLY, J. M. a CHEN, P., 2013. Profiling polyphenols in five *Brassica* species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMS. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Roč. 61, č. 46, s. 10960–10970. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf401802n>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M. a MURPHY, A., 2015. *Plant Physiology and Development*. 6. vyd. Sunderland, Massachusetts, U.S.A.: Sinauer Associates, Inc. ISBN 978-1605352558. Dostupné z: https://sirsyedcollege.ac.in/crm/public/uploads/download_image/H8aTDrHeKuTogISO7SE1r80gjP2dmU.pdf.

THIPSAWAT, S., 2021. Early detection of diabetic nephropathy in patients with type 2 diabetes mellitus: A review of the literature. Online. *Diabetes & Vascular Disease Research*. Roč. 18, č. 6. ISSN 1479-1641. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/14791641211058856>.

TURNER, E.R.; LUO, Y. a BUCHANAN, R.L., 2020. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. Online. *Journal of Food Science*. Roč. 85, č. 4, s. 870–882. ISSN 1750-3841. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15049>.

VÁZQUEZ, M.; CALATAYUD, M.; JADÁN PIEDRA, C.; CHIOCCHETTI, G. M.; VÉLEZ, D. a DEVESA, V., 2015. Toxic trace elements at gastrointestinal level. Online. *Food and Chemical Toxicology*. Roč. 86, s. 163–175. ISSN 0278-6915. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.10.006>.

WATERLAND, N. L.; MOON, Y.; TOU, J. C.; KIM, M. J.; PEÑA YEW TUKHIW, E. M. a PARK, S., 2017. Mineral content differs among microgreen, baby leaf, and adult stages in three cultivars of kale. Online. *HortScience*. Roč. 52, č. 4, s. 566–571. ISSN 2327-9834. Dostupné z: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11499-16>.

WEBER, C. F., 2017. Broccoli microgreens: A mineral-rich crop that can diversify food systems. Online. *Frontiers in Nutrition*. Roč. 4. ISSN 2296-861X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00007>.

WEERAWARDHANA, W. P. M. M. a SENEVIRATNE, R. A. C. H. a, 2025. Microgreens as superfoods: How the inclusion of mustard, mung, and radish microgreens influences the nutritional, functional, and sensory properties of a selected salad dish. Online. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. Roč. 40, č. 101139. ISSN 1878-4417. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101139>.

WHITE, P. J. a BROADLEY, M. R., 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. Online. *New Phytologist*. Roč. 182, č. 1, s. 49–84. ISSN 1469-8137. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021. WHO guidance to reduce illness due to lead exposure. Online. Geneva: World Health Organization. 91 s. ISBN 978-92-4-003704-5. Dostupné z: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/347360/9789240037045-eng.pdf?sequence=1>.

WOJDYŁO, A.; NOWICKA, P.; TKACZ, K. a TURKIEWICZ, I. P., 2020. Sprouts vs. microgreens as novel functional foods: Variation of nutritional and phytochemical profiles and their in vitro bioactive properties. Online. *Molecules*. Roč. 25, č. 20:4648. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules25204648>.

XIAO, Z.; BAUCHAN, G.R.; NICHOLS-RUSSELL, L. a NOU, X., 2015¹. Proliferation of *Escherichia coli* O157:H7 in Soil-Substitute and Hydroponic Microgreen Production Systems. Online. *Journal of Food Protection*. Roč. 78, č. 10, s. 1785–1790. ISSN 1944-9097. Dostupné z: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-063>.

XIAO, Z.; CODLING, E. E.; LUO, Y.; NOU, X.; LESTER, G. a WANG, Q., 2016. Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. Roč. 49, č. 6, s. 87–93. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.04.006>.

XIAO, Z.; LESTER, G.; LUO, Y. a WANG, Q., 2012. Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Roč. 60, č. 31, s. 7644–7651. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf300459b>.

XIAO, Z.; LESTER, G.; PARK, E.; SAFTNER, R.; LUO, Y. a WANG, Q., 2015². Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. Online. *Postharvest Biology and Technology*. Roč. 110, s. 140–148. ISSN 0925-5214. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.021>.

XIAO, Z.; LUO, Y.; LESTER, G.E.; KOU, L.; YANG, T. a WANG, Q., 2014. Postharvest quality and shelf life of radish microgreens as impacted by storage temperature, packaging film, and chlorine wash treatment. Online. *LWT - Food Science and Technology*. Roč. 55, č. 2, s. 551–558. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.009>.

XIAO, Z.; RAUSCH, S. R.; LUO, Y.; SUN, J.; YU, L.; WANG, Q.; CHEN, P.; YU, L. a STOMMEL, J. R., 2019. Microgreens of Brassicaceae: Genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity. Online. *LWT - Food Science and Technology*. Roč. 101, s. 731–737. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.076>.

YADAV, L. P.; KOLEY, T. K.; TRIPATHI, A. a SINGH, S. P., 2018. Antioxidant potentiality and mineral content of summer season leafy greens: comparison at mature and microgreen stages using chemometric. Online. *Agricultural Research*. Roč. 7, č. 3, s. 294–302. ISSN 2249-720X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0378-7>.

ZHANG, Y.; XIAO, Z.; AGER, E.; KONG, L. a TAN, L., 2021. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. Online. *Journal of Future Foods*. Roč. 1, č. 1, s. 58–66. ISSN 2772-5669. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.

ZWOLAK, I., 2020. The Role of Selenium in Arsenic and Cadmium Toxicity: an Updated Review of Scientific Literature. Online. *Biological Trace Element Research*. Roč. 193, č. 1, s. 4463. ISSN 0163-4984. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01691-w>.

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 Microgreens	15
Obrázok 2 Rôzne druhy microgreens	17
Obrázok 3 Rastové fázy rastliny (preložené).....	18
Obrázok 4 Rozdiel v raste klíčkov a microgreens (preložené).....	19
Obrázok 5 Vertikálne pestovanie microgreens	22
Obrázok 6 Formy pestovania bez použitia pôdy (preložené)	24
Obrázok 7 Semená v obale (vľavo) a naklíčené microgreens počas 9. dňa rastu (vpravo) red'kovky čínskej ružovej (<i>Raphanus sativus</i>).....	41
Obrázok 8 Semená v obale (vľavo) a naklíčené microgreens počas 9. dňa rastu (vpravo) kelu čierneho (<i>Brassica oleracea</i>)	41

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 Obsah koncentrácií prvkov nameraných vo vzorkoch red'kovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$	46
Tabuľka 2 Obsah koncentrácií prvkov nameraných vo vzorkoch red'kovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v ng/g	51
Tabuľka 3 Obsah koncentrácií prvkov nameraných vo vzorkoch kelu čierneho počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$	53
Tabuľka 4 Obsah koncentrácií prvkov nameraných vo vzorkoch kelu čierneho počas štyroch dní rastu v ng/g	58
Tabuľka 5 Odporúčané denné príjmy alebo adekvátne príjmy vybraných analytov pre mužov a ženy vo veku 19–30 rokov v mg/deň	62

ZOZNAM GRAFOV

Graf 1 Kalibračná krivka kyseliny gallovej.....	44
Graf 2 Obsah esenciálnych makroprvkov u reďkovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$	47
Graf 3 Obsah esenciálnych mikroprvkov u reďkovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$	49
Graf 4 Obsah toxických prvkov u reďkovky čínskej ružovej počas štyroch dní rastu v ng/g	52
Graf 5 Obsah esenciálnych makroprvkov u kelu čierneho počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$	54
Graf 6 Obsah esenciálnych mikroprvkov u kelu čierneho počas štyroch dní rastu v $\mu\text{g/g}$	56
Graf 7 Obsah toxických prvkov u kelu čierneho počas štyroch dní rastu v ng/g	59
Graf 8 Porovnanie priemerného obsahu makroelementov u reďkovky čínskej ružovej a kelu čierneho v $\mu\text{g/g}$	60
Graf 9 Porovnanie priemerného obsahu mikroelementov u reďkovky čínskej ružovej a kelu čierneho v $\mu\text{g/g}$	60
Graf 10 Porovnanie priemerného obsahu toxických prvkov u reďkovky čínskej ružovej a kelu čierneho v ng/g	61
Graf 11 Príspevky k RDA alebo AI vybraných analytov microgreens reďkovky čínskej ružovej.....	63
Graf 12 Príspevky k RDA alebo AI vybraných analytov microgreens kelu čierneho.....	64
Graf 13 Porovnanie hodnôt TPC u reďkovky čínskej ružovej a kelu čierneho počas štyroch dní rastu v mg GAE/g	65

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

AI Adequate Intake (Adekvátny príjem)

COVID-19 Corona Virus Disease 2019

DW Dry Weight (Suchá hmotnosť)

FDA Food and Drug Administration (Úrad pre kontrolu potravín a liekov)

FW Fresh Weight (Čerstvá hmotnosť)

GAE Gallic Acid Equivalent (Ekvivalent kyseliny gallovej)

GDL Gas Discharge Lamps (Plynové výbojky)

ICP-MS Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (Hmotnostná spektrometria s indukčne viazanou plazmou)

ICP-OES Inductively Coupled Plasma Optical Spectrometry (Optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou)

LED Light Emitting Diode (Svetelná dióda)

NPK *Nitrogen, Phosphorus, Potassium* (Dusík, fosfor, draslík)

NQS Nutrient Quality Score (Skóre kvality živín)

PPFD Photosynthetic Photon Flux Density (Hustota toku fotosyntetických fotónov)

ppm Parts per milion (Časti na milión)

RDA Recommended Dietary Allowance (Odporúčaná denná dávka)

TPC Total Phenolic Content (Celkový obsah polyfenolov)

USA United States of America (Spojené štáty americké)

USD United States Dollar (Americký dolár)