

Stanovení nutričních parametrů a stravitelnosti microgreens

Daria Krutina

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:	Daria Krutina
Osobní číslo:	T22982
Studijní program:	B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace:	Gastronomické technologie
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Stanovení nutričních parametrů a stravitelnosti microgreens

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

- Charakteristika microgreens, složení a vlastnosti.
- Popsat možné způsoby pěstování microgreens.

II. Praktická část

- U vybraných druhů microgreens stanovit základní nutriční hodnoty, jako obsah bílkovin, lipidů, vlákniny a stravitelnosti.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Sharma, S., Shree, B., Sharma, D., Kumar, S., Kumar, V., Sharma, R., & Saini, R. (2022). Vegetable microgreens: The gleam of next generation super foods, their genetic enhancement, health benefits and processing approaches. *Food Research International*, 155, 111038.
- [2] Partap, M., Sharma, D., Deekshith, H. N., Thakur, M., Verma, V., & Bhargava, B. (2023). Microgreen: A tiny plant with superfood potential. *Journal of Functional Foods*, 107, 105697.
- [3] Ghoora, M. D., Babu, D. R., & Srividya, N. (2020). Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 91, 103495.

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

Cílem teoretické části práce bylo shrnout základní informace o microgreens. V práci je popsána historie pěstování microgreens, chemické složení vybraných druhů microgreens, zdravotní účinky a možné způsoby pěstování.

V praktické části práce bylo cílem stanovit nutriční parametry a stravitelnost. Pro analýzu bylo vybráno celkem šest druhů, a to konkrétně hrách setý (*Pisum sativum*), fazole mungo (*Vigna radiata*), pískavice řecké seno (*Trigonella foenum-graecum* L.), červené zelí (*Brassica oleracea* var. *capitata*), brokolice (*Brassica oleracea* var. *italica*) a rukola (*Eruca sativa* Mill). U těchto druhů byl stanoven obsah vlhkosti, popela, lipidů, bílkovin, vlákniny a stravitelnosti.

Získané výsledky ukazují významné rozdíly mezi jednotlivými druhy microgreens, což potvrzuje jejich různorodý nutriční profil. Nejvyšší obsah bílkovin byl stanoven u mungo fazolí, zatímco nejvyšší stravitelnost byla zjištěna u rukoly. Tyto údaje potvrzují potenciál microgreens jako funkční potraviny s přínosem pro lidské zdraví. Práce naznačuje, že některé microgreens mohou sloužit jako cenný zdroj specifických živin a jejich zařazení do stravy může přispět k rozmanitosti a kvalitě stravy.

Klíčová slova: microgreens, nutriční hodnota, stravitelnost, vlhkost, popel, lipidy, bílkoviny, vláknina, pěstební podmínky.

ABSTRACT

The aim of the theoretical part of the thesis was to summarize basic information about microgreens. The history of microgreens cultivation, chemical composition of selected microgreens species, health effects and possible cultivation methods are described.

In the practical part of the thesis, the aim was to determine nutritional parameters and digestibility. A total of six species were selected for the analysis, namely pea (*Pisum sativum*), mung bean (*Vigna radiata*), fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.), red cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*), broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and arugula (*Eruca sativa* Mill). The moisture, ash, lipid, protein, fibre and digestibility contents of these species were determined.

The results obtained show significant differences among the microgreens species, confirming their diverse nutritional profile. The highest protein content was found in mung beans, while the highest digestibility was found in arugula. These data confirm the potential of microgreens as a functional food with human health benefits. The work suggests that some microgreens may serve as a valuable source of specific nutrients and their inclusion in the diet may contribute to dietary diversity and quality.

Keywords: microgreens, nutritional value, digestibility, moisture, ash, lipids, protein, fibre, growing conditions.

PODĚKOVÁNÍ

Především bych chtěla upřímně poděkovat Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně za možnost studovat na této vážené vzdělávací organizaci. Zvláštní poděkování patří pedagogům fakulty, z nichž každý přispěl k mému odbornému rozvoji a pomohl mi prohloubit znalosti v oblasti technologie potravin.

Ráda bych upřímně poděkovala své vedoucí práce, paní doktorce Martině Mrázkové, za pečlivé vedení, podporu a zapojení do procesu psaní mé bakalářské práce. Její rady a trpělivost pro mě byly nesmírně cenné.

Ráda bych také poděkovala paní Ing. Lence Fojtíkové za pomoc a podporu při laboratorních praxích a za srozumitelné vysvětlování a profesionální přístup k výuce.

Všem, kteří mě v této fázi mého vzdělávání provázeli, moc děkuji!

OBSAH

ÚVOD.....	13
I TEORETICKÁ ČÁST	14
1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA MICROGREENS	15
1.1 VYBRANÉ ČELEDI MICROGREENS	16
1.1.1 Brukvovité (<i>Brassicaceae</i>).....	16
1.1.2 Brukvovité (<i>Brassicaceae</i>).....	16
1.1.3 Hvězdnicovité (<i>Asteraceae</i>).....	16
1.1.4 Merlíkovité (<i>Chenopodiaceae</i>)	17
1.1.5 Hluchavkovité (<i>Lamiaceae</i>).....	17
1.1.6 Miříkovité (<i>Apiaceae</i>)	17
1.1.7 Amarylkovité (<i>Amaryllidaceae</i>).....	17
1.1.8 Laskavcovité (<i>Amaranthaceae</i>).....	17
1.1.9 Bobovité (<i>Fabaceae</i>).....	17
2 HISTORIE	19
3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MICROGREENS.....	20
3.1 POLYFENOLY.....	20
3.2 BARVIVA.....	21
3.2.1 Chlorofyl	21
3.2.2 Karotenoidy.....	21
3.3 VITAMÍNY	22
3.4 MINERÁLNÍ PRVKY	23
3.5 HRÁCH SETÝ (<i>PISUM SATIVUM</i>).....	23
3.5.1 Chemické složení a zdravotní účinky	24
3.6 FAZOLE MUNGO (<i>VIGNA RADIATA</i>).....	24
3.6.1 Chemické složení a zdravotní účinky	24
3.7 PÍSKAVICE ŘECKÉ SENO (<i>TRIGONELLA FOENUM-GRÆCUM</i> L.)	25
3.7.1 Chemické složení a zdravotní účinky	25
3.8 ČERVENÉ ZELÍ (<i>BRASSICA OLERACEA</i> VAR. <i>CAPITATA</i>).....	25
3.8.1 Chemické složení a zdravotní účinky	25
3.9 BROKOLICE (<i>BRASSICA OLERACEA</i> VAR. <i>ITALICA</i>).....	26
3.9.1 Chemické složení a zdravotní účinky	26
3.10 RUKOLU (<i>ERUCA SATIVA</i> MILL.).....	26
3.10.1 Chemické složení a zdravotní účinky	26
4 ZPŮSOBY PĚSTOVÁNÍ MICROGREENS	28
4.1 PĚSTOVÁNÍ V SUBSTRÁTECH	28
4.2 HYDROPONICKÉ PĚSTOVÁNÍ.....	28

4.3	PĚSTOVÁNÍ NA TEXTILNÍCH PODLOŽKÁCH.....	28
4.4	VLIV OSVĚTLENÍ.....	29
4.5	ZAVLAŽOVÁNÍ A VLHKOST	29
4.6	SKLIZEŇ A SKLADOVÁNÍ.....	29
II	PRAKTICKÁ ČÁST	30
5	CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	31
6	METODIKA PRÁCE.....	32
6.1	CHEMIKÁLIE.....	32
6.2	PŘÍSTROJE A POMŮCKY	32
6.2.1	Vzorky.....	33
6.3	STANOVENÍ VLHKOSTI.....	36
6.4	STANOVENÍ POPELA.....	36
6.5	STANOVENÍ CELKOVÝCH LIPIDŮ	37
6.6	STANOVENÍ OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK KJELDAHLOVOU METODOU S NÁSLEDNÝM PŘEPOČTEM NA OBSAH HRUBÉ BÍLKOVINY	38
6.7	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	39
6.8	STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY	40
6.9	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	42
6.10	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	44
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	45
7.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY	45
7.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ POPELA.....	46
7.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ CELKOVÝCH LIPIDŮ	47
7.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ HRUBÝCH BÍLKOVIN	48
7.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	49
7.6	VÝSLEDKY STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY	50
7.7	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	51
	ZÁVĚR.....	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM TABULEK.....	68
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	69

ÚVOD

V posledních letech se populace stále více zaměřuje na zdravý životní styl a výživu. Rostoucí zájem o potraviny s vysokou výživovou hodnotou vede také vyhledávání nových rostlinných produktů a potravin. Pro svou snadnou dostupnost, jednoduché pěstování a zdravotní účinky jsou stále více oblíbeny microgreens. Jedná se o mladé rostliny zeleniny a bylin, které se obvykle sklízí v rané fázi prvních pravých listů. Tyto mladé rostliny se vyznačují nejen intenzivní chutí a atraktivním vzhledem, ale také vysokým obsahem bioaktivních látek, jako jsou vitamíny, minerální látky, polyfenoly, karotenoidy a další antioxidanty, které mohou přispívat k prevenci mnoha chronických onemocnění [1; 2; 3].

Obsah živin v nich je 10-100krát vyšší než v dospělých rostlinách, což je řadí mezi „superpotraviny“ [1; 4]. Jejich krátký růstový cyklus (5 až 21 dní) a minimální nároky na pěstování umožňují jejich produkci v domácnostech. Pro svůj vysoký obsah nutraceutických látek jsou také často pěstovány průmyslově. Po sklizni jsou následně distribuovány do obchodních řetězců a gastronomických podniků, kde se využívají k obohacení pokrmů. Což vede ke zvýšení nutričních hodnot, zároveň také dodají pokrmům čerstvost, chutnost a atraktivnost [12; 14]. K uchování přítomných biologicky aktivních látek by měly být microgreens konzumovány v původním, tedy syrovém stavu. Obsah těchto významných látek je v microgreens ovlivněn mnoha faktory, jako je např. druh a podmínky pěstování.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA MICROGREENS

Microgreens jsou považovány za důležité plodiny, a to z důvodu jejich nutriční hodnoty a vysokému obsahu bioaktivních látek. Pro jejich vysoký nutraceutický potenciál jsou stále častěji využívány v potravinářském průmyslu [1].

Microgreens jsou malá sazenice zeleniny, která se sklízí těsně po vytvoření tzv. pravých listů. Microgreens jsou zdrojem vitamínů, minerálních prvků a bioaktivních látek, jako jsou karotenoidy, foláty, fylochinony, antokyany a glukosinoláty [2]. Vzhledem k vysokým nutričním hodnotám je microgreens považována za „superpotravinu“ [1]. Proto jejich konzumace může významně minimalizovat riziko vzniku některých chronických onemocnění. Jako jsou kardiovaskulární onemocnění, rakovina, onemocnění ledvin, diabetes a Alzheimerova choroba. Microgreens obsahují 10 až 100krát vyšší obsah biologicky aktivních látek v porovnání se zralou zeleninou [4]. Pro svou výraznou chuť, atraktivní barvy a jemnou strukturu se mohou využívat jako salátová příloha do polévek, sendvičů a různých hlavních jídel. Použití různých druhů microgreens dodává pokrmům vizuální i chuťovou přitažlivost. Pěstování microgreens je možné v potravinářském průmyslu i v domácnostech. Jejich krátká doba sklizně a poměrně vysoká tržní hodnota z nich dělají cenné zemědělské plodiny [5].

Za microgreens se označuje malá zelenina sklizená v 5 až 21 dnu po vzejití výhonků s průměrnou výškou 2,5 až 7 cm. Microgreens se skládá ze stonku a děložních pravých listů. Ne všechna mladá listová zelenina se však považuje za microgreens. V porovnání s klíčky se microgreens sklízí později a konzumují se bez kořenů. Vyznačuje se jemnější strukturou a výraznější chutí. Klíčky se skládají ze semene, kořene, stonku a mladých listů. Obecně microgreens obsahují více minerálních látek a živin než dospělé rostliny. Dospělá zelenina se sklízí po dosažení vegetační nebo reprodukční fáze.

Pojem microgreens je v současné době velmi rozšířený a představuje novou kategorii zeleniny stejně jako, jsou klasifikovány „klíčky“ a „baby saláty“. Microgreens mohou mít širokou škálu barev, tvarů, chuti a textury.

V posledních letech se produkce microgreens neustále zvyšuje. V roce 2017 bylo v Číně vyprodukováno 10,4 milionu tun brokolice v microgreens. Druhé nejvyšší množství 8,4 milionu tun brokolice bylo vypěstováno v Indii. Naopak nejnižší množství bylo vyprodukováno ve Spojených státech, Španělsku, Mexiku a Itálii, kde byl vyprodukováno brokolice méně než 1 milion tun [6]. Microgreens jsou spotřebiteli vyhledávány z důvodu

zvýšeného zájmu o zdravý životní styl a zvýšeného obsahu bioaktivních látek, které se mohou podílet na prevenci onemocnění. Obliba microgreens je spojena také s rychlým klíčením semen, krátkou dobou produkce a chuťovým vlastnostem. Pro zachování vysokého obsahu nutričních hodnot a původních látek se doporučuje microgreens konzumovat v syrovém stavu. Tepelná úprava může negativně ovlivnit obsah některých významných látek a tím ovlivnit i jejich zdravotní přínosy [6]. Také různé pěstitelské faktory, jako je vlhkost, světelné podmínky, kvalita půdy a teplota mohou ovlivnit obsah živin a výnos [5].

1.1 Vybrané čeledi microgreens

Mezi nejčastější komerčně pěstované druhy řadíme semena z čeledi brukvovitých, hvězdnicovitých, merlíkovitých, hluchavkovitých, miříkovitých, amarylkovitých, laskavcovitých a bobovitých.

1.1.1 Brukvovité (*Brassicaceae*)

Rostliny z této čeledi jsou vynikajícím zdrojem mnoha živin, zejména vitamínů A, C, K a antioxidantů. Z minerálních prvků obsahují železo, vápník a hořčík. Díky obsahu glukosinolátů mají štiplavou chuť. Používají se často do polévek a jako příloha. Mezi zástupce této čeledi patří například brokolice, rukola, červené zelí, kapusta a hořčice [7].

1.1.2 Brukvovité (*Brassicaceae*)

Rostliny z této čeledi jsou vynikajícím zdrojem mnoha živin, zejména vitamínů A, C, K a antioxidantů. Z minerálních prvků obsahují železo, vápník a hořčík. Díky obsahu glukosinolátů mají štiplavou chuť. Používají se často do polévek a jako příloha. Mezi zástupce této čeledi patří například brokolice, rukola, červené zelí, kapusta a hořčice [7].

1.1.3 Hvězdnicovité (*Asteraceae*)

Mezi hvězdnicovité rostliny se řadí slunečnice, čekanka, pampeliška, salát či artyčok. Obsahují vitamíny A, C, K a E, minerální látky, antioxidanty (flavonoidy, lutein a zeaxantin) a další bioaktivní látky. Vzhledem k lehce pikantní až hořké chuti se používají do polévek, sendvičů nebo zeleninového smoothie [8].

1.1.4 Merlíkovité (*Chenopodiaceae*)

Tyto rostliny obsahují vitamíny C, E a minerální látky jako vápník a hořčík, a také antioxidanty jaké jsou flavonoidy a polyfenoly. Čeleď zahrnuje rostliny jako červená řepa, špenát, které se často přidávají do salátů a koktejlů [9].

1.1.5 Hluchavkovité (*Lamiaceae*)

Rostliny z čeledi hluchavkovitých jsou známé svou chutí a často se používají při vaření s přidáním čerstvých bylinek. Příkladem je bazalka, máta a šalvěj. Microgreens těchto rostlin dodávají pokrmům a nápojům výraznou chuť. Obsahují vitamíny A, C, K a vitamíny skupiny B a také vápník, železo, draslík a hořčík [10].

1.1.6 Miříkovité (*Apiaceae*)

Mnoho zástupců z této čeledi je zdrojem esenciálních olejů a řady vitamínů, především A a C. Rostliny z této čeledi jsou známé svou pikantní chutí a používají se v mnoha kuchyních po celém světě. Mezi hlavní zástupce patří petržel, celer a kopr. Microgreens z této čeledi se skvěle hodí k ozdobení pokrmů a k jejich dochucení [11].

1.1.7 Amarylkovité (*Amaryllidaceae*)

Většina zástupců z této čeledi se v kuchyni používá méně, protože některé z nich (česnek, cibule) mají výraznou chuť a vůni. Jejich výrazné aroma tak dodává salátům, sendvičům a dalším pokrmům jedinečnou chuť. Rostliny z této čeledi jsou bohaté na antioxidanty hlavně na allicin (zejména u česneku), flavonoidy, vitamíny a minerální látky, které přispívají k ochraně před infekčními onemocněními [2].

1.1.8 Laskavcovité (*Amaranthaceae*)

Významným zástupcem této čeledi je amarant, který je bohatý na antioxidanty, vitamíny A, C, K a vitamíny skupiny B (thiamin, riboflavin, niacin). Také jsou zdrojem minerální látky, jako je železo, vápník, hořčík a zinek. V gastronomii se využívá při přípravě salátů, koktejlů a sendvičů [2].

1.1.9 Bobovité (*Fabaceae*)

Rostliny z této čeledi jako jsou například hrách, čočka, pískavice nebo fazole jsou dobrým zdrojem bílkovin a vlákniny. Vzhledem k vysokému obsahu aminokyselin jsou oblíbené u vegetariánů a veganů. Tyto rostliny jsou dobrým zdrojem mnoha živin, zejména vitamínů

A, C, K, a vitamínů skupiny B. Jsou také zdrojem antioxidantů zejména polyfenolů a flavonoidů. Microgreens z této čeledi se skvěle hodí do sendvičů a salátů [1].

2 HISTORIE

První zmínky o pěstování microgreens jsou spojeny s 80. lety 20. století v San Franciscu. Nejdříve bylo k dispozici pouze omezený výběr druhů microgreens. Jednalo se například o rukolu, bazalku, řepu, koriandr a kapustu. Tyto vybrané druhy se využívaly samostatně nebo v různé kombinaci k obohacení pokrmů [5]. Postupně byly microgreens využívány v elitních restauracích. Termín „microgreens“ se ve Spojených státech objevil až v roce 1998. Předtím byly nazývány bylinky nebo sazenice. Počátkem roku 2000 se microgreens začaly prodávat v maloobchodních prodejnách v Severní Americe a do roku 2010 se jejich dostupnost zvyšovala i v supermarketech. Pěstování microgreens ke komerčním účelům bylo zaznamenáno od druhé poloviny 90. let v jižní Kalifornii. S rostoucím zájmem o pěstování microgreens se začaly objevovat i první vědecké zmínky o metodách pěstování. Jako je vliv teploty, vlhkosti a osvětlení. První studie zaměřené na zlepšení růstu microgreens byly publikovány v USA v roce 2004. Následně se hlavní zájem soustředil na bioaktivní látky a vliv LED osvětlení na jejich pěstování. Nejnovější výzkum se zaměřuje na pokročilé techniky, jako je použití modrého a červeného světla, a na studium imunomodulačních složek. Microgreens si získaly oblibu díky svým nutričním vlastnostem a potenciálním pozitivním účinkům na lidské zdraví [12].

3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MICROGREENS

Celosvětová popularita microgreens je spojena s jejich nutričním profilem, vysokým obsahem biologicky aktivních látek a intenzivní chuti. Microgreens jsou považovány za funkční potravinu, a to právě z důvodu vysokého obsahu nutričních a farmakologických látek [13; 14]. Microgreens se vyznačují velmi nízkým obsahem kalorií (20 až 53 kcal na 100 g) a lipidů (0,15 až 0,66 g na 100 g). Majoritní podíl v microgreens představují sacharidy (7,16 g na 100 g) a bílkoviny (6,47 g na 100 g) [15]. Další důležité složky jsou sekundární metabolity, jako polyfenoly (flavonoidy, fenolové kyseliny) a barviva (karotenoidy, chlorofyly). Z vitamínů se v microgreens vyskytuje především vitamín E a kyselina askorbová [16; 13]. Z minerálních prvků obsahují draslík, vápník, železo, mangan, zinek, selen a molybden. Jejich koncentrace se liší dle druhu rostliny. Za určitých podmínek mohou být tyto koncentrace až 40krát vyšší než v plně zralých rostlinách, přičemž obsah dusičnanů je ve srovnání se zralými rostlinami mnohem nižší [17].

3.1 Polyfenoly

Polyfenolické sloučeniny jsou látky s antioxidačními účinky, které jsou spjaté s ochranou před volnými radikály a oxidačním stresem. Jejich účinky potenciálně působí v podpoře před diabetem, některými druhy rakoviny, zánětlivými onemocněními a před kardiovaskulárními a neurodegenerativními chorobami [18]. Dle studie Acharya et al. (2021) jsou microgreens řazeny k silným přírodním antioxidantům, jejichž koncentrace je ovlivněna jejich růstem [19]. Polyfenolické sloučeniny zahrnují fenolové kyseliny a flavonoidy (antokyanová barviva) [20; 21]. Studie Sun et al. (2013) analyzovala polyfenolický profil microgreens pomocí kapalinové chromatografie. Bylo zjištěno, že microgreens obsahují až 165 polyfenolických sloučenin [22]. Jejich obsah může být ovlivněn použitým růstovým substrátem, světelnými podmínkami a také jednotlivými rostlinnými druhy [23]. Hlavními polyfenolickými kyselinami microgreens jsou kyselina ferulová, sinapová, protokatechinová, gallová, kávová a *p*-hydroxybenzoová [24]. Fenolické sloučeniny hrají také důležitou roli v senzorických vlastnostech microgreens. Některé z nich, např. třísloviny dodávají microgreens hořkou chuť [25].

Flavonoidy jsou sekundární metabolity rostlin, které chrání rostlinu před nepříznivými vnějšími činiteli. Dělíme je do několika skupin, jako jsou flavonoly, flavonony, flavanoly, anthokyaniny, chalkony a isoflavony [26]. U rostlin ovlivňují jejich pigmentaci a také aroma

květů a plodů [27]. Flavonoidy jsou známy svými antioxidačními, protizánětlivými, antimikrobiálními a protirakovinnými účinky [28].

3.2 Barviva

3.2.1 Chlorofyl

Nejrozšířenějším rostlinným pigmentem je chlorofyl. Tyto cyklické tetrapyrrolové pigmenty nacházející se v plastidech jsou rozpustné v tucích. Jsou nezbytné pro zajištění fotosyntézy u rostlin. V potravinářském průmyslu není chlorofyl jako potravinářské barvivo využíváno, a to z důvodu nízké stability během zpracování potravin. Z literárních údajů, které se zabývaly stabilitou chlorofylu v potravinářských produktech, je dnes známo, že stabilita těchto pigmentů je ovlivněna světelným zářením a kyselím prostředím [29; 30; 31]. Vědecké výzkumy předpokládají, že chlorofyl omezuje vývoj rakoviny, podporuje detoxikaci jater a pozitivně ovlivňuje krevní tlak. Vykazují také antioxidační účinky, které souvisí s podporou imunitního systému. Živočichové nemohou tento pigment syntetizovat, proto ho získávají výhradně z rostlinné stravy [30]. Studie ukazují významné rozdíly v obsahu chlorofylu v závislosti na druhu microgreens. Vyšší obsah chlorofylu byl zaznamenán u fenyklu 56,1 mg na 100 g. Naopak u cibule byla zjištěna nižší hodnota, a to 16,9 mg na 100 g. Dantas et al. (2024) uvádí, že koncentrace chlorofylu v rostlinách je ovlivněna podmínkami pěstování, například použitým pěstebním substrátem a zastíněním [31].

3.2.2 Karotenoidy

Karotenoidy, které jsou přírodními antioxidanty, poskytují rostlinám (plodům a květům) výrazné červené, oranžové a žluté zbarvení. Zodpovídají také za zbarvení ryb, korýšů a ptáků. U živočichů jsou karotenoidy prekurzorem vitamínu A. V současné době bylo identifikováno více než 600 různých sloučenin karotenoidů. Karotenoidy řadíme do skupiny lipofilních rostlinných pigmentů a dělíme je na dvě kategorie, a to karoteny a xantofyly. Antioxidační vlastnosti karotenoidů přispívají k ochraně před kardiovaskulárními nemocemi, diabetem a některými typy rakoviny [32]. Lidský organismus neumí tyto pigmenty syntetizovat a jejich příjem je závislý na lidské stravě. Mezi nejrozšířenější karotenoidy patří lutein, β -karoten a lykopen. Microgreens mohou být jedním z důležitých zdrojů těchto sloučenin ve stravě. Údaje z výzkumu, které se zabývaly karotenoidy, ukazují, že microgreens jsou také bohaté na violaxantin a neoxantin [33, 34]. Obsah luteinu se u microgreens pohybuje v rozmezí od 13 do 191 mg/kg [36], což je mnohem více než

ve většině běžných druhů ovoce a zeleniny. Studie Kopsell et al. (2012) potvrzuje vysoké hodnoty luteinu u microgreens z čeledi *Brassicaceae* [5]. Výzkum Niroula et al. (2019) uvádí téměř třikrát vyšší obsah luteinu v microgreens mrkve než ve špenátu, který naopak obsahuje velmi malé množství luteinu [13]. Druhým nejvíce se vyskytujícím karotenoidem je β -karoten. Jeho koncentrace se různí, v závislosti na druhu od 4,6 (ředkev) do 10,8 (řeřicha) mg na 100 g [41]. Koncentrace β -karotenu se může lišit také způsobem pěstování a světelnými podmínkami [36].

3.3 Vitamíny

Microgreens obsahují vitamíny skupiny B, vitamín C, E a K. Vitamín C je významný antioxidant, který posiluje imunitní systém, podílí se na tvorbě kolagenu a zvyšuje biologickou dostupnost železa z rostlinných zdrojů, což napomáhá při prevenci chudokrevnosti. Nejvýznamnějšími zdroji vitamínu C jsou microgreens ibišku, bazalky, ředkve a mrkve. Manjula et al. (2020) udává rozmezí vitamínu C microgreens od 41,6 až 139,8 mg na 100 g. Nejnižší obsah vitamínu C byl zjištěn v microgreens cibule [16]. Nedávné studie se zabývaly zvýšením obsahu vitamínu C v microgreens přidavkem kyseliny askorbové. Kathi et al. (2024) prokázali významné zvýšení obsahu vitamínu C a K fortifikací kyseliny askorbové [37].

Dalším vitamínem je lipofilní vitamín E, který neutralizuje volné radikály, zpomaluje proces stárnutí, udržuje zdraví pokožky a snižuje rizika některých typů rakoviny a chronických onemocnění, jako jsou kardiovaskulární choroby. Řeřicha, ředkev a koriandr jsou dobrými zdroji vitamínu E [38]. Xiao et al. (2012) uvádí v microgreens až čtyřicetkrát vyšší obsah vitamínu E než u zralé zeleniny [35].

Lipofilní vitamín K je důležitý pro zdraví kostí a srážlivost krve. Zdrojem tohoto vitamínu je kapusta, hrách, bazalka, ředkev, rukola, červené zelí a brokolice. Jeho obsah se u těchto druhů vyskytuje v rozmezí od 2,1 až 4 g na kg [2].

Vitamíny skupiny B jsou látky rozpustné ve vodě, které jsou nezbytné pro zdraví, růst a energetický metabolismus. Vitamín B₁, udržuje správnou funkci neuronů. Z microgreens je na vitamín B₁ bohatý hrách, slunečnice a pískavice. Vitamín B₂, který se nachází v microgreens hrachu se podílí na štěpení bílkovin, lipidů a sacharidů. Podporuje také zdraví kůže a očí [38]. Vitamín B₃, který se nachází v hořčici a řeřiše se podílí na syntéze hormonů, snižuje stres a zlepšuje stav pokožky a trávicího traktu [38]. Vitamín B₅ se podílí

na syntéze mastných kyselin, hormonů a neurotransmiterů. Jeho zdrojem je především hrách a ředkev. Bazalka, koriandr a brokolice obsahují vitamín B₆, který ovlivňuje funkci neurotransmiterů [38]. Další vitamín B₇ je obsažen především v mungo fazolích, cizrně a čočce. Podporuje zdravou pokožku, vlasy a nehty [39]. Vitamín B₉ příznivě ovlivňuje tvorbu červených krvinek. Je důležitý zejména pro těhotné ženy, protože podporuje správný vývoj plodu [38]. Vyskytuje se zejména v rukole, fazolích mungo, brokolici, špenátu a červené řepě [43].

3.4 Minerální prvky

Koncentrace minerálních a stopových prvků v microgreens závisí na mnoha faktorech, jako jsou podmínky pěstování (osvětlení, hnojení, použité pěstební substráty), balení a teplota skladování po jejich sklizni [40]. Z makrobiogenních prvků s v microgreens vyskytuje vápník, draslík, fosfor a sodík. Nejhojnějším mikrobiogenními prvky jsou železo a zinek. Ze stopových esenciálních prvků je v microgreens hojně obsažena měď [41]. Příjem vápníku pozitivně ovlivňuje lidské zdraví. Studie Cormick a Belizán (2019) naznačuje, že vápník snižuje krevní tlak a předchází vzniku osteoporózy [42]. Nejvýznamnějšími druhy s vyšším obsahem vápníku je kapusta, rukola a brokolice [41]. Druhým významným prvkem je draslík, který preventivně působí proti kardiovaskulárním chorobám a onemocnění ledvin. Zdrojem draslíku je kedlubna a ředkev [41; 43]. Nezbytným prvkem pro všechny živé organismy je železo, a to z důvodu účasti na metabolických procesech a tvorbě hemoglobinu, který zajišťuje přenos kyslíku krví. Jeho příjem musí být regulován, protože nadbytek železa může vést k poškození tkání v důsledku tvorby volných radikálů. Poruchy metabolismu železa mohou vést k anémii a neurodegenerativnímu onemocnění. Zdrojem železa je brokolice a rukola [41; 44]. Měď řadíme k esenciálním stopovým prvkům. Podílí se na důležitých funkcích, jako je tvorba červených krvinek. Také napomáhá udržovat zdravé kosti, cévy a podporuje imunitní systém. Co se týká obsahu mědi v rostlinách, tak se vyskytuje především v brokolici, řeřiše a v červeném zelí [41; 45].

3.5 Hrách Setý (*Pisum sativum*)

Hrách setý z čeledi bobovité (*Fabaceae*), patří mezi nejběžnější kulturní plodiny, které jsou pěstovány po celém světě v mírných až subtropických oblastech. Je to jednoletá rostlina, která se pěstuje jako zelenina, ale je také využívána jako krmivo pro zvířata. Květy mají bílou a růžovou barvu. Je významný díky nutričním hodnotám a obsahu bioaktivních látek,

díky kterým podporuje zdraví organismu. Má antioxidační, protizánětlivý a antimikrobiální vlastnosti.

3.5.1 Chemické složení a zdravotní účinky

Hlavními makronutrienty jsou bílkoviny, které mají vynikající funkční vlastnosti, jako je rozpustnost, schopnost tvořit emulze, gelovatění a viskozita. Proto bývá hrachový protein často využíván v potravinářském průmyslu jako emulgátor. Bylo také prokázáno, že hrách obsahuje vysoký obsah lysinu. Dále obsahuje škrob a vlákninu, která přispívá ke zdraví gastrointestinálního traktu. Obsah amylózy snižuje glykemický index a stravitelnost škrobu. Obsahuje také vitamíny (B₁, B₂) a minerální prvky. Zejména tato luštěnina obsahuje vysoké koncentrace draslíku, vápníku, hořčíku a zinku. Vědecké výzkumy také prokázaly přítomnost polyfenolů, zejména flavonoidů a fenolových kyselin. Polyfenoly jsou spojeny s antioxidačními a antikarcinogenními účinky. Nevýhodou hrachu je výskyt kyseliny fytové, která má antinutriční vlastnosti. V posledních letech je hrách využíván jako microgreens. Vyznačuje se intenzivní chutí a často je využíván jako přísada do salátů [46; 47; 48; 49; 50].

3.6 Fazole Mungo (*Vigna radiata*)

Fazole mungo je jednoletá léčivá rostlina patřící do čeledi bobovité a rodu *vigna*. Původem je z Indie, nyní se pěstuje v Bangladéši, Pákistánu a Afghánistánu. Roste v hlinitých půdách, v nížinných tropických až subtropických oblastech. Tradičně se využívala při léčbě diabetu, zácpě, neuropatii a revmatismu. V současnosti je plodina tradičně využívána pro výrobu pokrmů. Konzumuje se také ve formě klíčků a microgreens. Významný obsah biologicky aktivních látek je spojen s prevencí neurodegenerativních onemocnění.

3.6.1 Chemické složení a zdravotní účinky

Semena této rostliny obsahují 15 až 21 % bílkovin a 12 až 42 % sacharidů. Obsah lipidů se pohybuje kolem 1 %. Nízký obsah lipidů a vyšší obsah bílkovin z nich činí velmi často využívanou plodinou pro přípravu zdravých pokrmů. Z nutričního hlediska jsou mungo fazole bohaté také na vlákninu. Nejdůležitějšími přírodními antioxidanty jsou karotenoidy, flavonoidy, saponiny a taniny. Bylo prokázáno, že obsah těchto účinných látek se zvyšuje během klíčení semen. Z minerálních prvků je semeno bohaté na zinek, železo, vápník a hořčík. U semena fazole bylo zjištěno, že obsahuje širokou škálu bohatě zastoupených vitamínů, např. vitamín C, vitamíny skupiny B (B₁, B₂, B₃) a vitamín A [51; 52; 53; 54; 55].

Mezi významné biologické účinky fazole byly zjištěny antioxidační, antibakteriální, protizánětlivé a protirakovinné vlastnosti [52].

3.7 Pískavice řecké seno (*Trigonella foenum-graecum* L.)

Jednoletá léčivá bylina z čeledi bobovité je pěstována po celém světě. Původně se pískavice pěstovala v severní Indii. Tato rostlina se využívá jako bylina, koření a v lidovém léčitelství k léčbě žaludečním a střevním onemocněním. Pro své léčivé účinky byla využívána v tradiční čínské a ajurvédské medicíně. Bylo prokázáno, že semena obsahují olej, který má antimikrobiální vlastnosti. Proto se využívá jako konzervant v potravinářském průmyslu. Ve farmaceutickém průmyslu je využíván také pro své protizánětlivé, antioxidační a protirakovinné účinky.

3.7.1 Chemické složení a zdravotní účinky

Pískavice obsahuje nutričně a farmakologicky významné látky, které řadí rostlinu k potencionálnímu využití jako nutraceutikum. Co se týká nutričního profilu, největší obsah v pískavici tvoří komplexní sacharidy (63 %). Vyšší obsah vlákniny (6,5 %) napomáhá snižovat vstřebávání glukózy, což je vhodné pro osoby, které si hlídají hladinu cukru v krvi. Vláknina také zvyšuje pocit sytosti. Dále rostlina obsahuje až 29 % bílkovin, což je více než v mungo fazoli. Výhodou je nízký obsah tuku (4 %). Bylo prokázáno, že rostlina obsahuje polyfenoly, mezi které se řadí flavonoidy. Součástí rostliny jsou také steroidy, alkaloidy a saponiny, které rostlině dodávají nahořklou chuť. Významný je i obsah železa a vitamínů skupiny B a vitamínů A a D [56; 57].

3.8 Červené zelí (*Brassica oleracea* var. *capitata*)

Zelí červené je rostlina patřící do čeledi brukvovitých. Díky mnoha zdravotním přínosům a dostupnosti je zelí konzumováno po celém světě. Nejběžnější odrůdou je zelí zelené, červené a bílé. Rostliny se konzumují syrové, jako součást salátů nebo vařené, jako součást pokrmů v teplé i studené kuchyni. Tyto rostliny obsahují důležité biologicky aktivní látky, a to karotenoidy a flavonoidy. Tato brukvovitá zelenina snižuje riziko vzniku řadě chorob, jako je kardiovaskulární onemocnění a šedý zákal.

3.8.1 Chemické složení a zdravotní účinky

U červeného zelí byly zjištěny účinné látky s antioxidačním účinkem, jako jsou polyfenoly, karotenoidy, vitamín E a C. Bylo prokázáno, že obsah těchto účinných látek je ovlivněn

kultivarem zelí a agronomickými podmínkami. Z fenolických látek zelí červené obsahuje kyselinu sinapovou, ferulovou, kávovou a *p*-kumarovou. Wiczowski et al. (2013) se ve své studii zabýval stanovením antokyanových barviv v červeném zelí. Jako hlavní antokyan uvádí kynidin-3-diglukosid. Antokyanová barviva eliminují volné radikály a chrání tak organismus před vznikem nemocí. Biologicky účinné látky v zelí se podílejí také na prevenci vzniku chronických chorob, diabetu a Alzheimerovy choroby [58; 59; 60].

3.9 Brokolice (*Brassica oleracea* var. *italica*)

Dvouletá rostlina z čeledi brukvovitých je pěstována a konzumována po celém světě. Díky pozitivnímu nutričnímu profilu přispívají ke zdravotním přínosům. Brokolice je důležitým zdrojem živin a vlákniny. Obsahuje také polyfenoly a vitamíny, které vykazují antioxidační účinky. Brokolice se konzumuje syrová, vařená a také ve formě potravinových doplňků. Výzkumy prokázaly její chemopreventivní účinky.

3.9.1 Chemické složení a zdravotní účinky

Z polyfenolických látek brokolice obsahuje kvercetin, kampferol. Chemoprotektivní vlastnosti brokolice, poskytované glukosinoláty přispívají k pozitivním účinkům na organismus. Rostlina je také zdrojem vlákniny a polynenasycených mastných kyselin. Brokolice je zdrojem důležitých vitamínů B₁, B₃, B₅, B₆, E, C, K a minerálních prvků jako jsou chrom, hořčík, fosfor, zinek, vápník, železo a selen. Byla prokázána řada zdravotních přínosů s konzumací brokolice, např. antioxidační vlastnosti, ochrana před některými typy rakoviny a kardiovaskulárním onemocněním [61; 62; 63].

3.10 Rukolu (*Eruca sativa* Mill)

Eruca sativa Mill neboli rukola je bylina z čeledi brukvovité s výraznou štiplavou chutí. Rukola je využívána od starověku jako léčivá bylina. V současné době se pěstuje zejména v Itálii a Kalifornii. Vysoký obsah biologicky aktivních látek je spjatý s mnoha zdravotními benefity. Rostlina je využívána na tradiční léčbu onemocnění ledvin. Běžně se konzumuje syrová ve formě salátů, ale je využívána i v teplé kuchyni [64; 65; 66].

3.10.1 Chemické složení a zdravotní účinky

Tato rostlina má vysoký obsah bílkovin a rozpustné vlákniny. Z účinných látek obsahuje převážně karotenoidy (β-karoten, zeaxantin). Významnou složkou jsou glukosinoláty, které se podílejí na štiplavé chuti rostlin. Tyto látky spolu s flavonoidy mají také antioxidační

vlastnosti. Mezi významné mikronutrienty nacházející se v rukole patří vitamín C a dále minerální prvky jako jsou draslík, síra, vápník a hořčík. Její listy se využívají v tradiční medicíně na trávicí potíže, má protizánětlivý, protirakovinný a diuretický účinek. Studie Tassi et al. (2018) prokázala, že rukola je zdrojem kyseliny linoleové [66; 34].

4 ZPŮSOBY PĚSTOVÁNÍ MICROGREENS

4.1 Pěstování v substrátech

Výběr vhodného růstového substrátu je důležitý pro produktivní pěstování microgreens. K pěstování se využívají různé typy růstových substrátů, které mohou ovlivnit nutriční složení microgreens a také jejich mikrobiální bezpečnost [67]. Organické substráty, jako jsou kokosová vlákna, rašelina nebo kompost, obsahují přirozeně se vyskytující živiny, které podporují růst microgreens. Kokosová vlákna jsou bohatá na draslík, hořčík a fosfor, což jsou významné látky pro zdravý vývoj rostlin [68]. Rašelina poskytuje kyselé prostředí, které je vhodné pro některé druhy microgreens, a zároveň obsahuje organické látky, které zlepšují strukturu substrátu a zadržují vlhkost [1]. Kompost je bohatý na dusík, fosfor a draslík. Tyto živiny se uvolňují ze substrátu postupně, což zajišťuje dlouhodobou výživu microgreens [69].

Anorganické substráty, jako je minerální vlna nebo perlit, umožňují přesnou kontrolu nad výživou rostlin prostřednictvím hydroponických roztoků. Minerální vlna neovlivňuje pH nebo složení živinového roztoku, což je výhodné pro pěstování v kontrolovaných podmínkách [2]. Perlit zlepšuje aeraci substrátu a zabraňuje přemokření, ale neposkytuje živiny důležité pro růst. Z tohoto důvodu je nutné perlit živinami obohacovat [16].

4.2 Hydroponické pěstování

V hydroponických systémech jsou živiny dodávány přímo ke kořenům prostřednictvím vodného roztoku. Tento roztok obvykle obsahuje všechny nezbytné makroživiny (dusík, fosfor, draslík) a mikroživiny (železo, zinek, mangan, měď), které jsou klíčové pro růst a vývoj microgreens [70]. Hydroponické pěstování umožňuje přesné dávkování těchto živin, což zajišťuje optimální růst a vysokou nutriční hodnotu microgreens. Například zvýšené množství dusíku v roztoku podporuje tvorbu chlorofylu, zatímco vyšší obsah draslíku zlepšuje odolnost rostlin vůči stresu a zvyšuje obsah antioxidantů [12].

4.3 Pěstování na textilních podložkách

Textilní podložky, jako jsou jutové nebo bavlněné tkaniny, neobsahují živiny, ale mohou být impregnovány živinovými roztoky, které poskytují základní výživu pro microgreens. Tyto podložky jsou vhodné pro pěstování s minimálním použitím chemických látek, což je

výhodné pro ekologické pěstování. Nicméně, vzhledem k absenci přirozených živin, je nutné pravidelně dodávat živiny prostřednictvím zálivky nebo postřiku [71].

4.4 Vliv osvětlení

Osvětlení ovlivňuje růst microgreens, ale také jejich nutriční profil. Studie ukazují, že modré světlo zvyšuje obsah chlorofylu a karotenoidů, které jsou důležité pro antioxidační aktivitu rostlin [70]. Červené světlo podporuje syntézu flavonoidů a fenolických sloučenin, které mají protizánětlivé a antioxidační účinky. Kombinace modrého a červeného světla tak zlepšuje nejen růst, ale také nutriční hodnotu microgreens [12].

4.5 Zavlažování a vlhkost

Správné zavlažování je klíčové pro udržení optimálního příjmu živin. Přemokření může vést k vyplavování živin ze substrátu, zatímco nedostatečná zálivka omezuje příjem živin kořeny. V hydroponických systémech je důležitá rovnováha mezi koncentracemi živin a pH roztoku, a to pro dostupnost živin kořeny [71].

4.6 Sklizeň a skladování

Po sklizni je důležité microgreens správně skladovat, aby si zachovaly svou nutriční hodnotu. Skladování při nízkých teplotách (4–7 °C) a vysoké vlhkosti (90–95 %) minimalizuje ztráty vitamínů a antioxidantů [71].

II PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem teoretické části práce bylo charakterizovat microgreens, popsat jejich složení a vlastnosti. V práci byly také popsány možné způsoby pěstování microgreens.

Pro praktickou část práce bylo vybráno celkem šest druhů microgreens, a to hrách setý (*Pisum sativum*), fazole mungo (*Vigna radiata*), pískavice řecké seno (*Trigonella foenum-graecum*), červené zelí (*Brassica oleracea* var. *capitata*), brokolice (*Brassica oleracea* var. *italica*) a rukola (*Eruca sativa*). U těchto vybraných druhů bylo cílem stanovit základní nutriční parametry, jako jsou vlhkost, popel, lipidy, hrubé bílkoviny, hrubá a neutrálně-detergentní vláknina a stravitelnost.

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Chemikálie

- Redestilovaná voda (Aqua Osmotic, Tišnov, ČR),
- Aceton p.a. (Penta, ČR),
- CH_3OH (Ing. Petr Švec, Penta, ČR),
- HCl (Ing. Petr Švec, Penta, ČR),
- Hexan (Penta, ČR),
- H_2SO_4 (Penta, ČR),
- H_2O_2 (Penta, ČR),
- Katalyzátor ($\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR),
- H_3BO_3 (2%) (Penta, ČR),
- NaOH (30%) (Ing. Petr Švec, Penta, Česká republika),
- $(\text{COOH})_2$ (Penta, ČR),
- Pepsin (Merck KgaA, Damstadt, Německo),
- Pankreatin (Merck KgaA, Damstadt, Německo),
- Neutrálně–detergentní činidlo (Ankom Technology, NY, USA),
- Na_2SO_3 (Lach-Ner, s.r.o, Neratovice, ČR),
- α -amyláza (Ankom Technology, USA),
- Indikátor Tashiro (0,1% metylenová modř, 0,03% metylčerveň v etanolu) (Penta, ČR).

6.2 Přístroje a pomůcky

- Analytické váhy ABS 120-4N (KERN & Sohn GmbH, Německo),
- Ankom200 Fiber Analyzer (Ankom Technology, NY, USA),
- Soxtherm (Gerhardt, Německo),
- Bloc digest 12 (JP Selecta, Španělsko),

- Behr 52 (Labor-Technik, Německo),
- Daisy (Ankom Technology, USA),
- muflová pec LM 11/12 LMH (LAC s.r.o., ČR),
- sušárna (Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR),
- exikátor,
- filtrační sáčky F57 s velikostí pórů 50 μm (Ankom Technology, New York, USA),
- hliníkové kelímky,
- porcelánové kelímky,
- extrakční patrony,
- drátěné držáky,
- varné kamínky,
- extrakční nádoby,
- mineralizační zkumavky,
- titrační baňky,
- pipety,
- filtrační papír,
- čistá bavlna.

6.2.1 Vzorky

Pro experimentální část práce bylo vybráno šest druhů semen, konkrétně hrách setý, fazole mungo, pískavice, červené zelí, brokolice a rukola. Semena byla nejdříve namočena ve vodě po dobu 10 hodin. Poté byla voda slita a semena byla zasazena do čisté bavlny. Vzorky byly uchovány v laboratoři s přístupem denního světla, při pokojové teplotě po dobu maximálně 7 dnů. Dvakrát denně byly vzorky pravidelně zavlažovány.

Pro stanovení lipidů byly vzorky lyofilizovány. Vzorky byly naváženy do hliníkových misek, poté byly zamrazeny po dobu 48 hodin při teplotě $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Následně probíhala lyofilizace na přístroji Alpha 1-4 LSC (Christ Gefriertocknungsanlagen GmbH Osterodeam

Harz, Germany) po dobu 48 hodin. Všechny vzorky byly homogenizovány a ihned bylo provedeno stanovení celkových lipidů.



Obrázek 1: Hrach setý
(vlastní zdroj)



Obrázek 2: Fazole mungo
(vlastní zdroj)



Obrázek 3: Pískavice
(vlastní zdroj)



Obrázek 4: Červené zelí
(vlastní zdroj)



Obrázek 5: Brokolice
(vlastní zdroj)



Obrázek 6: Rukola
(vlastní zdroj)

6.3 Stanovení vlhkosti

Do předem vysušených a zvážených hliníkových kelímků byl s přesností na 0,1 mg navážen 1 g vzorku. Kelímky se vzorky byly následně vloženy do sušárny a sušeny při teplotě 105 ± 3 °C po dobu 1 hodiny do konstantního úbytku hmotnosti. Poté byly kelímky se vzorky vloženy do exsikátoru. Po vychladnutí byly kelímky zváženy na analytických vahách. Pro každý vzorek byla provedena tři stanovení.

Vlhkost byla vypočítána dle vzorců 1 a 2:

Výpočet vlhkosti [%]:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (1)$$

kde:

V – obsah vlhkosti [%],

m_0 – hmotnost vysušené prázdné misky s víčkem [g],

m_1 – hmotnost misky s víčkem s naváženým vzorkem před vysušením [g],

m_2 – hmotnost misky s víčkem se vzorkem po vysušení [g].

Výpočet sušiny [%]:

$$S = 100 - V \quad (2)$$

kde:

V – vlhkost,

S – sušina [%].

6.4 Stanovení popela

Do předem vyžíhaných a zvážených porcelánových kelímků byl navážen s přesností na 0,1 mg 1 g vzorku. Pro každý vzorek byla provedena tři stanovení. Kelímky se vzorky byly žihány při teplotě 550 °C v muflové peci. Poté byly kelímky ochlazeny v exsikátoru.

Následně byly kelímky zváženy na analytických vahách. Obsah popele byl vyjádřen v % na sušinu vzorku.

Popel byl vypočítán dle vzorců 3 a 4:

Výpočet popela [%]:

$$P = \frac{m_2 - m_1}{m_0 - m_1} \times 100 \quad (3)$$

kde:

P – obsah popela [%],

m_0 – hmotnost porcelánového kelímku s navážkou vzorku [g],

m_1 – hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g],

m_2 – hmotnost porcelánového kelímku s popelem [g].

Výpočet sušiny [%]:

$$P_s = \frac{P}{S} \times 100 \quad (4)$$

kde:

P – popel,

S – sušina [%].

6.5 Stanovení celkových lipidů

Obsah celkových lipidů byl stanoven pomocí přístroje Soxtherm (Gerhardt, Německo). Do extrakční patrony byl navážen 1 g lyofilizovaného vzorku s přesností na 0,1 mg. Patrony byly vloženy do předem vysušených a zvážených extrakčních nádob. Po přidání 100 ml n-hexanu probíhala extrakce po dobu 2 hodin. Poté byl odpařen přebytečný n-hexan a nádobky byly sušeny v sušárně při teplotě 65 °C. Po vychladnutí v exikátoru byly nádobky zváženy na analytických vahách.

Lipidy byly vypočítány dle vzorců 5 a 6:

Výpočet lipidů [%]:

$$T = \frac{m_b - m_a}{n} \times 100 \quad (5)$$

kde:

T – obsah lipidů [%],

m_a – hmotnost prázdné nádoby [g],

m_b – hmotnost nádoby s tukem [g],

n – navážka vzorku [g].

Výpočet obsahu lipidů v sušině [%]:

$$T_s = \frac{T}{S} \times 100 \quad (6)$$

kde:

T – lipidy,

S – sušina [%].

6.6 Stanovení obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou s následným přepočtem na obsah hrubé bílkoviny

Nejprve byla provedena mineralizace vzorku pomocí přístroje Bloc Digest 12. Do mineralizační zkumavky bylo odváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Poté bylo přidáno 10 ml koncentrované kyseliny sírové, 0,5 ml peroxidu vodíku a lžička směsného katalyzátoru ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ v poměru 10:1). Následně probíhala při 400 °C mineralizace vzorku po dobu jedné hodiny. Automatická destilační jednotka Behr 2 (Labor-Technik, Německo) byla vyžita pro uvolnění amoniaku po přidání nadbytku hydroxidu sodného k mineralizátu. Následně probíhala destilace a titrace (H_2SO_4). Získaný obsah dusíku byl poté násoben přepočítávacím faktorem (6,25) a přepočten na obsah hrubé bílkoviny. Postup byl dle normy ČSN ISO 20483.

Hrubé bílkoviny byly vypočítány dle vzorce 7:

Výpočet hrubých bílkovin [%]:

$$HB = \frac{a \times 10^{-3} \times c \times MN \times ft \times fz \times fpř}{n} \times 100 \quad (7)$$

kde:

HB – obsah hrubých bílkovin [%],

a – spotřeba odměrného roztoku H_2SO_4 při titraci [ml],

c (H_2SO_4) – koncentrace odměrného roztoku H_2SO_4 (0,02507 mol/l),

MN – molární hmotnost dusíku (MN = 14,01 g/mol),

ft – titrační faktor (ft = 2),

fz – zředovací faktor (fz = 2,5),

fpř – přepočítací faktor (6,25),

n – navážka vzorku, která byla zmineralizována [g].

6.7 Stanovení hrubé vlákniny

Do filtračních sáčků F57, které byly nejdříve promyty v acetonu, vysušeny a zváženy, byl navážen 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Pro stanovení hrubé vlákniny byl využit přístroj Ankom ²²⁰(Ankom Technology, USA). Do přístroje bylo nalito 1,7 l roztoku H_2SO_4 (0,1275 mol.l⁻¹). Bylo zapnuto míchání a ohřev (100 °C). Po uplynutí 45 minut byl roztok vypuštěn a sáčky byly promyty horkou vodou. Následně bylo do přístroje nalito 1,7 l roztoku NaOH (0,313 mol.l⁻¹). Opět byl zapnut časový spínač (45 minut) a ohřev (100 °C). Poté bylo zařízení i se vzorky promyto vodou. Sáčky byly vyjmuty a ponořeny do kádinky s acetonem na 3 minuty. Poté byly sáčky vysušeny v sušárně při 105 °C po dobu 4 hodin. Po vysušení byly sáčky vloženy do exsikátoru a po vychladnutí zváženy. Následně byly sáčky spáleny v muflové peci při 550 °C po dobu 5 hodin v předem vyžíhaných a zvážených kelímcích. Po ochlazení v exsikátoru byly kelímky zváženy. Výsledek byl vyjádřen v % na sušinu vzorku.

Hrubá vláknina byla vypočítána dle vzorců 8, 9 a 10:

Výpočet hrubé vlákniny [%]:

$$V = \frac{(m_3 - m_1 c_1) - (m_4 - m_1 c_2)}{m_2} \times 100 \quad (8)$$

kde:

V – obsah HV [%],

m_1 – hmotnost sáčku [g],

m_2 – hmotnost navážky vzorku [g],

m_3 – hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g],

m_4 – hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g],

c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze,

c_2 – korekce sáčku po spálení.

Výpočet korekce:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (9)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (10)$$

kde:

m_s – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolýze [g],

m_p – hmotnost popela sáčku [g].

6.8 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Nejprve bylo připraveno neutrálně-detergentní činidlo (NDČ) rozpuštěním 120 g činidla a 20 ml trietylenglykolu v 2 l redestilované vodě. Do směsi bylo přidáno 20 g Na_2SO_3 a 4 ml α -amylázy. Takto byl připraven neutrálně detergentní roztok (NDR). Do filtračních F57, které byly předem promyty v acetonu a následně vysušeny, bylo naváženo 0,5 g vzorku

s přesností na 0,1 mg a sáčky byly zataveny. Následně sáčky byly umístěny do přístroje Ankom ²²⁰(Ankom Technology, USA). Do kterého byl poté nalit připravený roztok. Zařízení bylo zapnuto a po uplynutí 75 minut, při 100 °C bylo vypnuto. Poté byl NDR z přístroje vypuštěn a vzorky byly celkem 3x propláchnuty horkou vodou s přidavkem α -amylázy. Následně byl proveden poslední proplach studenou vodou. Sáčky byly ponechány po dobu 4 hodin v sušárně při 105 °C. Po ochlazení v exikátoru byly sáčky zváženy a spáleny v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5 hodin v předem vyžíhaných a zvážených kelímcích. Po ochlazení v exsikátoru byly kelímky zváženy. Výsledek byl vyjádřen v % na sušinu vzorku.

Neutrálně-detergentní vláknina byla vypočítána dle vzorců 11, 12 a 13:

Výpočet neutrálně – detergentní vlákniny [%]:

$$V = \frac{(m_3 - m_1 c_1) - (m_4 - m_1 c_2)}{m_2} \times 100 \quad (11)$$

kde:

V – obsah neutrálně-detergentní vlákniny [%],

m_1 – hmotnost sáčku [g],

m_2 – hmotnost navážky vzorku [g],

m_3 – hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g],

m_4 – hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g],

c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze,

c_2 – korekce sáčku po spálení.

Výpočet korekce:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (12)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (13)$$

kde:

m_s – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolýze [g],

m_P – hmotnost popela sáčku [g].

6.9 Stanovení stravitelnosti

Pro stanovení stravitelnosti byla použita metoda in vitro s využitím inkubátoru Daisy (Ankom Technology, USA). Do sáčků bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg a sáčky byly zataveny. Do inkubačních lahví bylo přidáno 1,7 l HCl (0,1 mol/l) a 3 g pepsinu a sáčky se vzorky. Vzorky byly inkubovány po dobu 4 hodin při teplotě 37 °C. Po uplynutí inkubační doby byly sáčky promyty destilovanou vodou. Následně bylo do inkubačních lahví přidáno 1,7 l fosfátového pufru (KH_2PO_4 a $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ rozpuštěné v 1,7 l destilované vody, pH 7,45). Do pufru byl přidán pankreatin (3 g) a sáčky se vzorky byly opět vloženy do lahví. Inkubace probíhala po dobu 24 hodin. Po uplynutí této doby byly lahve umístěny do vodní lázně na 80 °C po dobu 30 minut, aby došlo k odstranění zmazovatělého škrobu. Poté byly sáčky promyty destilovanou vodou a vysušeny v sušárně při teplotě 103 °C po dobu 24 hodin. Vysušené vzorky byly vloženy do exsikátoru a zváženy. Následně byly vzorky spáleny v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodin. Po ochlazení v exsikátoru byly vzorky opět zváženy.

Stravitelnost byla vypočítána dle vzorců 14-21:

Výpočet stravitelnosti sušiny [%]:

$$DMD = 100 - \frac{100 \times DMR}{m_2 \times DM} \quad (14)$$

Výpočet hmotnosti vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení [g]:

$$DMR = m_3 - m_1 \times c_1 \quad (15)$$

Výpočet obsahu sušiny [g]:

$$DM = \frac{S \times m_s}{100} \quad (16)$$

Výpočet stravitelnosti organické hmoty [%]:

$$OMD = 100 - \frac{100 \times (DMR - AR)}{m_2 \times DM \times OM} \quad (17)$$

Výpočet hmotnosti popela vzorku bez sáčku [g]:

$$AR = m_4 - m_1 c_1 \quad (18)$$

Výpočet obsahu organické hmoty v sušině [g]:

$$OM = \frac{S - P}{100} \quad (19)$$

kde:

DMD – hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%],

DMR – hmotnost vzorku bez sáčku po inokulaci a vysušení [g],

DM – obsah sušiny ve vzorku [g],

ODM – hodnota stravitelnosti organické hmoty ve vzorku [%],

AR – hmotnost popela vzorku bez sáčku [g],

OM – obsah organické hmoty v sušině vzorku [g],

S – sušina [%],

P – popel [%],

m_s – hmotnost vzorku na stanovení sušiny [g],

m_1 – hmotnost prázdného popsaného sáčku [g],

m_2 – hmotnost vzorku [g],

m_3 – hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g],

m_4 – hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g],

c_1 – korekce hmotnosti sáčku po inkubaci [g],

c_2 – korekce hmotnosti sáčku po spálení [g].

Výpočet korekce:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (20)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (21)$$

kde:

m_s – hmotnost vysušeného korekčního sáčku po inkubaci [g],

m_p – hmotnost spáleného sáčku se vzorkem [g].

6.10 Statistické zpracování dat

Získaná data v praktické části práce byla vyhodnocena pomocí parametrického testu, a to k srovnání středních hodnot dvou nezávislých souborů (Studentův t -test) při hladině významnosti 0,05.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Výsledky stanovení sušiny

Tabulka 1: Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny

Vzorek	Sušina [%] $\pm$ S.D.	Vlhkost [%] $\pm$ S.D.
Hrách setý	0,93 $\pm$ 0,05 ^a	99,1 $\pm$ 0,05 ^a
Zelí červené	0,86 $\pm$ 0,01 ^b	99,1 $\pm$ 0,01 ^b
Fazole mungo	0,84 $\pm$ 0,01 ^b	99,2 $\pm$ 0,01 ^b
Brokolice	0,87 $\pm$ 0,01 ^b	99,1 $\pm$ 0,01 ^b
Pískavice	0,85 $\pm$ 0,01 ^b	99,2 $\pm$ 0,01 ^b
Rukola	0,90 $\pm$ 0,01 ^a	99,1 $\pm$ 0,01 ^a

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota $\pm$ SD ($n=3-5$) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p \geq 0,05$).

Obsah vlhkosti se pohyboval v rozmezí 99,1 až 99,2 %. Výzkum Kowitcharoen et al. (2021) uvádí obsah vlhkosti v microgreens v rozmezí 86,6 - 94,7 % [15]. Podobné výsledky prezentují studie Sanyukta et al. (2023) kteří uvádí hodnoty vlhkosti v rozmezí od 80,8 do 92,6 % [72]. Obsah vlhkosti může být v microgreens ovlivněn různými faktory, například klimatickými podmínkami, technikou zpracování, podmínkami skladování po sklizni. Kou et al. (2013) ve své studii uvádí, že vyšší obsah vlhkosti v obalech při skladování vede ke zvýšenému mikrobiálnímu růstu [73].

7.2 Výsledky stanovení popela

Tabulka 2: Výsledky stanovení popela

Vzorek	Popel [%] $\pm$ S.D.
Hrách setý	0,74 $\pm$ 0,02 ^a
Zelí červené	1,16 $\pm$ 0,04 ^b
Fazole mungo	1,03 $\pm$ 0,08 ^c
Brokolice	0,71 $\pm$ 0,06 ^d
Pískavice	0,82 $\pm$ 0,06 ^e
Rukola	0,71 $\pm$ 0,03 ^d

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota $\pm$ SD ($n=3-5$) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p \geq 0,05$).

Obsah popela je hrubým ukazatelem obsahu minerálních látek. Hodnoty popela se u vzorků microgreens pohybovaly od 0,71 do 1,16 %. Nejvyšší množství popela bylo naměřeno v červeném zelí. Podobné výsledky ve své studii uvádí Sanyukta et al. (2023). Další studie Kowitcharoen et al. (2021), která se rovněž zajímala o obsah popela v microgreens, uvádí nižší hodnoty v porovnání s našimi vzorky. Tato studie uvádí v červeném zelí 0,75 % popela, v brokolici 0,51 %, v pískavici 0,50 %, v hrachu setém 0,36 % a fazoli mungo 0,64 % [15]. Naopak studie Tassi et al. (2018) prezentuje vyšší obsah popela v rukole a to až 1,8 % [66]. Dostatečný denní příjem minerálních prvků je důležitý nejen pro dobrou kondici, ale také pro lidské zdraví. Microgreens mohou být významným zdrojem minerálních prvků a v porovnání s klíčky se jeví jako lepší zdroj živin. Množství popela je ovlivněno podmínkami pěstování, jako jsou půdní a klimatické faktory, světlo, typ druhu a odrůdy [76].

7.3 Výsledky stanovení celkových lipidů

Tabulka 3: Výsledky stanovení celkových lipidů

Vzorek	Lipidy [%] $\pm$ S.D.
Hrách setý	4,91 $\pm$ 0,46 ^a
Zelí červené	17,7 $\pm$ 4,50 ^b
Fazole mungo	2,66 $\pm$ 1,16 ^c
Brokolice	24,9 $\pm$ 0,86 ^d
Pískavice	2,45 $\pm$ 0,16 ^e
Rukola	6,63 $\pm$ 1,12 ^f

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota $\pm$ SD ($n=3-5$) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p \geq 0,05$).

Na základě výsledků uvedených v Tabulce 3, je zřejmé, že nejvyšší obsah lipidů obsahoval vzorek brokolice (24,9 %). Dalším vzorkem, který oproti ostatním vykazoval vyšší obsah, je červené zelí (17,7 %). U zbylých vzorků se obsah lipidů pohyboval v rozmezí od 2,45 do 6,63 %. Existují různé studie, které uvádějí rozdílné informace o obsahu lipidů v microgreens. Shodné výsledky s našimi vzorky ve své studii prezentuje Mansouri et al. (2024), kteří se ve své studii zabývaly stanovením lipidů v prášku z microgreens. Studie Paradiso et al. (2018), která se zabývala stanovením obsahem lipidů v čerstvých vzorcích microgreens uvádí výrazně nižší obsah lipidů [8]. Stejně je tomu také ve studii Kowitcharoen et al. (2021), kde také stanovovali obsah lipidů v čerstvém vzorku [15]. Obsah lipidů může být ovlivněn mnoha dalšími faktory, jako jsou pěstební podmínky [76].

7.4 Výsledky stanovení hrubých bílkovin

Tabulka 4: Výsledky stanovení hrubých bílkovin

Vzorek	Hrubé bílkoviny [%] $\pm$ S.D.
Hrách setý	6,29 $\pm$ 0,66 ^a
Zelí červené	5,06 $\pm$ 0,59 ^b
Fazole mungo	8,25 $\pm$ 0,06 ^c
Brokolice	4,60 $\pm$ 0,02 ^d
Pískavice	7,96 $\pm$ 0,14 ^e
Rukola	5,66 $\pm$ 0,57 ^f

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota $\pm$ SD ($n=3-5$) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p \geq 0,05$).

V Tabulce 4 jsou prezentovány výsledky obsahu hrubé bílkoviny. Obsah hrubé bílkoviny se ve vybraných vzorcích pohyboval v rozmezí od 4,60 do 8,25 %. Nejvyšší obsah byl naměřen v mungo fazoli. Naměřené výsledky jsou srovnatelné s výzkumem Kowitcharoen et al. (2021), kteří také stanovili nejvyšší obsah bílkovin ve vzorku fazole mungo, a to 7,16 % [15]. Z dostupných publikací jsou ovšem známy i nižší obsahy bílkovin v microgreens [8]. Gunjal et al. (2024), uvádí, že obsah bílkovin je ovlivněn pěstebním typem substrátu [76]. Například obsah bílkovin v brokolici pěstované na kokosové rašelině byl 3,52 %. Zatímco při pěstování na běžné půdě byl obsah bílkovin v brokolici nižší, a to 2,95 %. Různé typy půdy mohou významně ovlivnit obsah bílkovin v microgreens, což může souviset s dostupností živin a podmínkami růstu.

7.5 Výsledky stanovení hrubé vlákniny

Tabulka 5: Výsledky stanovení hrubé vlákniny

Vzorek	Hrubá vláknina [%] $\pm$ S.D.
Hrách setý	1,47 $\pm$ 0,01 ^a
Zelí červené	1,49 $\pm$ 0,00 ^a
Fazole mungo	1,50 $\pm$ 0,05 ^a
Brokolice	1,52 $\pm$ 0,05 ^a
Pískavice	1,49 $\pm$ 0,07 ^a
Rukola	1,47 $\pm$ 0,01 ^a

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota $\pm$ SD ($n=3-5$) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p \geq 0,05$).

Na základě Tabulky 5 lze zhodnotit, že nejvyšší obsah vlákniny byl naměřen v brokolici (1,52 %), dále pak ve fazoli mungo, pískavici, červeném zelí a nejméně v hrachu setém a rukole (1,47 %). Hrubá vláknina představuje komplex celulózy a ligninu, který je schopen odolat alkalické a kyselé hydrolýze. V literárních zdrojích je popsán vyšší obsah vlákniny v prášku microgreens (8,1 %) [75]. Výzkum Sanyukta et al. (2023) uvádí obsah vlákniny v microgreens v rozmezí od 1,11 do 2,40 % [72]. Obsah vlákniny může být ovlivněn podmínkami pěstování. Mezi významné faktory patří například použité osvětlení. Což potvrzuje vědecká studie Podsędek et al. (2023), kteří prezentují, že kombinace bílého a červeného nebo bílého a modrého záření, může vést ke zvýšení obsahu hrubé vlákniny oproti bílému záření [77]. Hrubá vláknina je důležitá při prevenci a léčbě zácpy, hemeroidů, srdečních chorob a některých typů rakoviny [78]. Hanif et al. (2006) ve své studii prezentuje, že obsah vlákniny v zelenině, jako je např. paprika, květák, mrkev zelí, salát a špenát se pohybuje v rozmezí od 0,3 až 1,2 % [79]. Což je v porovnání s našimi výsledky méně. Mlinarić et al. (2023) potvrzuje že microgreens jsou lepším zdrojem účinných látek v porovnání s dospělou zeleninou [80].

7.6 Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Tabulka 6: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Vzorek	Neutrálně-detergentní vláknina [%] $\pm$ S.D.
Hrách setý	1,81 $\pm$ 0,1 ^a
Zelí červené	3,16 $\pm$ 0,4 ^b
Fazole mungo	6,84 $\pm$ 0,3 ^c
Brokolice	2,04 $\pm$ 0,2 ^d
Pískavice	3,27 $\pm$ 0,5 ^e
Rukola	1,84 $\pm$ 0,3 ^f

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota $\pm$ SD ($n=3-5$) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p \geq 0,05$).

Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny uvedené v Tabulce 6 ukazují, že nejvyšší podíl NDF byl zjištěn v mungo fazoli, a to ve výši 6,84 %. Tato naměřená hodnota výrazně převyšuje hodnoty u ostatních zkoumaných druhů. Naměřené hodnoty u ostatních vzorků byly stanoveny v rozpětí od 1,81 do 3,27 %. Do NDF vlákniny patří celulóza, lignin a nerozpustné hemicelulózy. V rámci studie Deng et al. (2021) byl zkoumán obsah NDF v microgreens v závislosti na použitém druhu substrátu. Bylo zjištěno že, výběr použitého substrátu ovlivnil obsah NDF v microgreens hrachu setého, a to až téměř o 2 % [81]. Khanum et al. (2000) poukazuje také na to, že obsah vlákniny může být ovlivněn technologickým zpracováním zeleniny [82].

7.7 Výsledky stanovení stravitelnosti

Tabulka 7: Výsledky stanovení stravitelnosti

Vzorek	Stravitelnost sušiny (DMD) [%] $\pm$ S.D.	Stravitelnost organické hmoty (OMD) [%] $\pm$ S.D.
Hrách setý	98,1 $\pm$ 0,45 ^a	98,9 $\pm$ 0,30 ^a
Zelí červené	97,1 $\pm$ 0,26 ^b	98,3 $\pm$ 0,18 ^b
Fazole mungo	96,1 $\pm$ 1,56 ^c	97,7 $\pm$ 0,98 ^c
Brokolice	97,2 $\pm$ 0,71 ^b	98,3 $\pm$ 0,45 ^b
Pískavice	98,5 $\pm$ 0,42 ^d	99,0 $\pm$ 0,27 ^a
Rukola	98,4 $\pm$ 0,55 ^d	99,1 $\pm$ 0,37 ^a

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota $\pm$ SD ($n=3-5$) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p \geq 0,05$).

Na základě výsledků uvedených v Tabulce 7 je vidět, že hodnoty OMD se pohybovaly v rozmezí od 97,7 do 99,1 %, hodnoty DMD byly v rozmezí od 96,1 do 98,5 %. Z výsledků je patrné, že nejlépe stravitelný byl vzorek rukoly. Naopak nejméně stravitelný byl vzorek fazole mungo. Tyto rozdíly mohou být způsobeny několika faktory ovlivňujícími stravitelnost semen a potravin. Jedním z klíčových faktorů ovlivňujících stravitelnost je obsah vlákniny. Vysoký obsah vlákniny, zejména nerozpustné, může snižovat využitelnost živin, protože vytváří bariéru, která brání působení trávicích enzymů. To potvrzuje i studie Sumczynski et al. (2015). Z našich výsledků lze vidět, že fazole mungo, vykazovaly nejnížší stravitelnost a obsahují také nejvyšší obsah vlákniny (viz Tabulka č. 6).

Na základě výpočtu Pearsonova korelačního koeficientu lze potvrdit, že existuje silná korelace mezi obsahem neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) a hodnotami stravitelnosti (DMD a OMD). Konkrétní hodnoty korelačního koeficientu jsou -0,74959 pro vztah mezi NDF a DMD a -0,76778 pro vztah mezi NDF a OMD, což podle interpretace koeficientu ukazuje na silnou korelaci. Vyšší obsah vlákniny tedy odpovídá nižší stravitelnosti, což

potvrzují i získané údaje. Například fazole mungo vykazovaly nejvyšší obsah NDF (6,84 %), který byl doprovázen nejnižšími hodnotami stravitelnosti (DMD 96,1 %, OMD 97,7 %). Zároveň rukola s nejnižším obsahem NDF (1,84 %) vykazovala nejvyšší hodnoty stravitelnosti (DMD 98,4 %, OMD 99,1 %). Tyto výsledky poukazují na významný vliv obsahu vlákniny na stravitelnost různých druhů microgreens. Svou roli hrají také genetické vlastnosti semen. Různé druhy microgreens mají odlišnou fyziologickou strukturu, která ovlivňuje jejich stravitelnost. Například listové plodiny, jako je rukola, mají volnější strukturu tkání, zatímco luštěniny, jako je fazole mungo, mají tkáň hustší, což může snižovat jejich stravitelnost. Studie Van Soesta (1994) zdůrazňuje, že geneticky podmíněné rozdíly ve struktuře buněčné stěny rostlin ovlivňují dostupnost živin pro trávení [84].

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zaměřila na stanovení nutričních parametrů a stravitelnosti vybraných druhů microgreens, konkrétně hrachu setého, fazole mungo, pískavice řecké seno, červeného zelí, brokolice a rukoly. Microgreens, jako mladé rostliny sklizené v rané fázi růstu. Jsou zdrojem základních nutrientů a biologicky aktivních látek. Vyznačují se intenzivní chutí a estetickou přitažlivostí. Teoretická část práce shrnula klíčové informace o jejich historii, chemickém složení, zdravotních benefitech a pěstebních podmínkách.

Praktická část přinesla detailní analýzu vybraných parametrů. Výsledky ukázaly, že obsah vlhkosti microgreens se pohyboval v rozmezí 99,1 až 99,2 %, což je v souladu s jejich čerstvostí. Obsah popela, jako hrubý ukazatel minerálních látek, dosahoval hodnot od 0,71 do 1,16 %, přičemž nejvyšší hodnoty byly naměřeny u červeného zelí, což naznačuje jeho potenciál jako významného zdroje minerálních prvků. Zajímavé rozdíly byly zjištěny u obsahu lipidů. Nejvyšší podíl lipidů byl zjištěn u brokolice (24,94 %), což může souviset s tím, že brokolice patří mezi brukvovité rostliny, které mají schopnost akumulovat lipidy v listech. Naopak nejnižší obsah lipidů byl naměřen u pískavice (2,47 %) a fazole mungo (2,66 %), což lze vysvětlit tím, že luštěniny obecně hromadí tuky především v semenech, která nejsou v případě microgreens konzumována.

Hodnoty hrubé bílkoviny se pohybovaly od 4,60 do 8,25 %, s nejvyšší hodnotou u fazole mungo, což potvrzuje její význam jako rostlinného zdroje bílkovin, zejména pro vegetariány a vegany. Hrubá vláknina byla stanovena v rozmezí 1,47 až 1,52 %, s nejvyšší hodnotou u brokolice, což zdůrazňuje její přínos pro zdraví trávicího systému.

Zajímavé výsledky přineslo také stanovení neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) a stravitelnosti. Nejvyšší obsah NDF byl zjištěn u fazole mungo (6,84 %), což koresponduje s její nižší stravitelností (DMD 96,1 %, OMD 97,7 %). Naopak rukola, s nejnižším obsahem NDF (1,84 %), vykazovala nejvyšší stravitelnost (DMD 98,4 %, OMD 99,1 %). Výpočet Pearsonova korelačního koeficientu potvrdil silnou závislost mezi obsahem NDF a stravitelností. Tyto výsledky jasně ukazují, že vyšší obsah vlákniny koresponduje s nižší stravitelností, což může být způsobeno strukturou buněčných stěn a přítomností nerozpustné vlákniny, která omezuje působení trávicích enzymů.

Tato práce nejenže prokázala vysokou nutriční hodnotu microgreens, ale také zdůraznila jejich variabilitu v závislosti na druhu a složení. Microgreens se tak jeví jako

slibná superpotravina, která může obohatit lidskou stravu o cenné živiny a přispět k prevenci řady chronických onemocnění.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PARTAP, Mahinder; SHARMA, Diksha; HN, Deekshith; THAKUR, Meenakshi; VERMA, Vipasha et al. Microgreen: A tiny plant with superfood potential. Online. *Journal of Functional Foods*. Roč. 2023, s. 107. ISSN 1756-4646. Dostupné z: [10.1016/j.jff.2023.105697](https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105697).
- [2] SHANMUGAM Manjula, Maharshi; MIYAZAWA, Dilip Kumar;, Taiki; ABE, Chizumi a MIYAZAWA, Teruo. Microgreens-A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits. Online. *Molecules*. 2023. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules28020867>.
- [3] LUO, Yaguang a LESTER, Gene. Specialty Greens Pack a Nutritional Punch. Online. *Agricultural Research magazine*. 2014. Dostupné z: <https://agresearchmag.ars.usda.gov/AR/archive/2014/Jan/greens0114.pdf>.
- [4] JAMBOR, Tomas; KNIZATOVA, Nikola; VALKOVA, Veronika; TIRPAK, Filip; GREIFOVA, Hana et al. MICROGREENS AS A FUNCTIONAL COMPONENT OF THE HUMAN DIET: A REVIEW. Online. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2021. ISSN 1338-5178. Dostupné z: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.5870>.
- [5] KOPSELL, Dean A.; PANTANIZOPOULOS, Niko I.; SAMS, Carl E. a KOPSELL, David E. Shoot tissue pigment levels increase in 'Florida Broadleaf' mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens following high light treatment, *Scientia Horticulturae*. Online. Roč. 2012, s. 96-99. ISSN 0304-4238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.04.004>.
- [6] LU, ZX; HE, JF; ZHANG, YC a BING, DJ. Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. Online. *Critical reviews in food science and nutrition*. Roč. 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1651248>.
- [7] SAMUOLIENĖ, Giedre; BRAZAITYTĖ, Aušra; VIRŠILĖ, Akvile; MILIAUSKIENĖ, Jurga; VAŠTAKAITĖ-KAIRIENĖ, Viktorija et al. Nutrient Levels in Brassicaceae Microgreens Increase Under Tailored Light-Emitting Diode Spectra. Online. *Frontiers in Plant Science*. 2019, roč. 10. ISSN 1664-462X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01475>.

- [8] PARADISO, Vito Michele; CASTELLINO, Maria; RENNA, Massimiliano; GATTULLO, Concetta Eliana; CALASSO, Maria et al. Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. Online. 2018, roč. 9, č. 11, s. 5629-5640. ISSN 2042-6496. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/C8FO01182F>.
- [9] BONASIA, Anna; LAZZIZERA, Corrado; LA ROTONDA, Paolo; SANTORO, Anna Maria; BOTTICELLA, Lucia et al. Productive and qualitative profile of unexploited microgreen genotypes from Brassicaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae and Portulacaceae families. Online. *Italus Hortus*. 2024, roč. 31, č. 1. ISSN 1127-3496. Dostupné z: <https://doi.org/10.26353/j.itahort/2024.1.110128>.
- [10] KYRIACOU, Marios C.; EL-NAKHEL, Christophe; PANNICO, Antonio; GRAZIANI, Giulia; SOTERIOU, Georgios A. et al. Phenolic Constitution, Phytochemical and Macronutrient Content in Three Species of Microgreens as Modulated by Natural Fiber and Synthetic Substrates. Online. *Antioxidants*. 2020, roč. 9, č. 3. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9030252>.
- [11] GIORDANO, Maria; PETROPOULOS, Spyridon A.; KYRIACOU, Marios C.; GRAZIANI, Giulia; ZARRELLI, Armando et al. Nutritive and Phytochemical Composition of Aromatic Microgreen Herbs and Spices Belonging to the Apiaceae Family. Online. *Plants*. 2022, roč. 11, č. 22. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants11223057>.
- [12] SHARMA, Shweta; SHREE, Bharti; SHARMA, Deepika; KUMAR, Satish; KUMAR, Vikas et al. Vegetable microgreens: The gleam of next generation super foods, their genetic enhancement, health benefits and processing approaches. Online. *Food research international (Ottawa, Ont.)*. 2022. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111038>.
- [13] NIROULA, Anuj; KHATRI, Sagar; TIMILSINA, Rashika; KHADKA, Dinesh; KHADKA, Abhishek et al. Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. Online. *Journal of Food Science and Technology*. 2019, roč. 56, č. 5, s. 2758-2763. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03768-9>.
- [14] SINGH, Aishvina; SINGH, Jyoti; KAUR, Sawinder; GUNJAL, Mahendra; KAUR, Jaspreet et al. Emergence of microgreens as a valuable food, current understanding of

- their market and consumer perception: A review. Online. *Food chemistry: X*. 2024. ISSN 2590-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101527>.
- [15] KOWITCHAROEN, Laddawan; PHORNVILLAY, Surisa; LEKKHAM, Pornpan; PONGPRASERT, Nutthachai a SRILAONG, Varit. Bioactive Composition and Nutritional Profile of Microgreens Cultivated in Thailand. Online. *Applied Sciences*. 2021, roč. 11, č. 17. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app11177981>.
- [16] GHORA, Dubey D.; BABU, Dandamudi Rajesh a SRIVIDYA, N. Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2020, roč. 91. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103495>.
- [17] DEREJE, Belay; JACQUIER, Jean-Christophe; ELLIOTT-KINGSTON, Caroline; HARTY, Mary a HARBOURNE, Niamh. Brassicaceae Microgreens: Phytochemical Compositions, Influences of Growing Practices, Postharvest Technology, Health, and Food Applications. Online. *ACS Food Science & Technology*. 2023. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00040>.
- [18] VLADIMIR-KNEŽEVIĆ, Sanda; BLAŽEKOVIĆ, Biljana; MAJA BIVAL, Štefan a BABAC, Marija. Plant polyphenols as antioxidants influencing the human health. Online. *Phytochemicals as nutraceuticals—global approaches to their role in nutrition and health*. 2012, s. 155-80. Dostupné z: <https://repository.urindo.ac.id/files/original/bb59ec9893ef748a79569e16729d117484f123db.pdf#page=165>
- [19] ACHARYA, Jyoti; GAUTAM, Sonila; NEUPANE, Prakshya a NIROULA, Anuj. Pigments, ascorbic acid, and total polyphenols content and antioxidant capacities of beet (*Beta vulgaris*) microgreens during growth. Online. *International Journal of Food Properties*. 2021, roč. 24, č. 1, s. 1175-1186. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1955924>.
- [20] ALRIFAI, Oday, Xiuming HAO, Ronghua LIU, Zhanhui LU, Massimo F. MARCONE a Rong TSAO, 2021. LED-Induced Carotenoid Synthesis and Related Gene Expression in Brassica Microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2021-04-28, 69(16), 4674-4685. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jafc.1c00200

- [21] FUENTE, Beatriz de la, Gabriel LÓPEZ-GARCÍA, Vicent MÁÑEZ, Amparo ALEGRÍA, Reyes BARBERÁ a Antonio CILLA, 2020. Antiproliferative Effect of Bioaccessible Fractions of Four Brassicaceae Microgreens on Human Colon Cancer Cells Linked to Their Phytochemical Composition. *Antioxidants* [online]. **9**(5). ISSN 2076-3921. Dostupné z: doi:10.3390/antiox9050368
- [22] SUN, Jianghao, Zhenlei XIAO, Long-ze LIN, Gene E. LESTER, Qin WANG, James M. HARNLY a Pei CHEN, 2013. Profiling Polyphenols in Five Brassica Species Microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMS n. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2013-11-20, **61**(46), 10960-10970. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf401802n
- [23] NIROULA, Anuj, Namita AMGAIN, Rashmi KC, Samikshya ADHIKARI a Jyoti ACHARYA, 2021. Pigments, ascorbic acid, total polyphenols and antioxidant capacities in deetiolated barley (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum aestivum*) microgreens. *Food Chemistry* [online]. **35**. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2021.129491
- [24] STAJČIĆ, Slađana, Gordana ĆETKOVIĆ, Vesna TUMBAS ŠAPONJAC, Vanja TRAVIČIĆ, Petar ILIĆ, Sara BRUNET a Ana TOMIĆ, 2024. Bioactive Compounds and the Antioxidant Activity of Selected Vegetable Microgreens: A Correlation Study. *Processes* [online]. **12**(8). ISSN 2227-9717. Dostupné z: doi:10.3390/pr12081743
- [25] SHARMA, Shweta, Viveka KATOCH, Satish KUMAR a Subhrajyoti CHATTERJEE, 2021. Functional relationship of vegetable colors and bioactive compounds: Implications in human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry* [online]. **92**. ISSN 09552863. Dostupné z: doi:10.1016/j.jnutbio.2021.108615
- [26] MARKS, Serena C, William MULLEN, Alan CROZIER a Subhrajyoti CHATTERJEE, 2007. Flavonoid and chlorogenic acid profiles of English cider apples: Implications in human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. **87**(4), 719-728. ISSN 0022-5142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.2778
- [27] SAMANTA, Amalesh, Gouranga DAS a Sanjoy Kumar DAS, 2011. Roles of flavonoids in Plants. *International Journal of pharmaceutical science and*

- technology* [online]. Jalpaiguri, West Bengal, India, 1-25. ISSN 0975-0525. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/279499208>
- [28] JANIĆIJEVIĆ, Jelena; TOŠIĆ, Svetlana; MITROVIĆ, Tatjana. Flavonoids in plants. In: *Proceeding of the 9th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions*. Niš, Serbia. 2007. p. 153-156.
- [29] DAVIES, Kevin M., 2004. *Plant pigments and their manipulation*. Annual plant reviews. Oxford: Blackwell. ISBN 1-4051-1737-0.
- [30] TAN, Libo, Holly NUFFER, Jiannan FENG, Shu Hang KWAN, Hsiangting CHEN, Xiao TONG a Lingyan KONG, 2020. Antioxidant properties and sensory evaluation of microgreens from commercial and local farms. *Food Science and Human Wellness* [online]. 9(1), 45-51. ISSN 22134530. Dostupné z: doi:10.1016/j.fshw.2019.12.002
- [31] DANTAS, Thaise; COSTA, Edilson; DA SILVA, João Batista Medeiros; BINOTTI, Flávio Ferreira da Silva; VENDRUSCOLO, Eduardo Pradi et al. Effect of Different Substrates and Protected Environments on Growth, Chlorophyll, and Carotenoid Contents of Kale Microgreens and Baby Leaf. Online. *International Journal of Agronomy*. 2024, roč. 2024, č. 1. ISSN 1687-8159. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2024/8842753>.
- [32] MOREIRA-RODRÍGUEZ, Melissa; NAIR, Vimal; BENAVIDES, Jorge; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis a JACOBO-VELÁZQUEZ, Daniel. UVA, UVB Light, and Methyl Jasmonate, Alone or Combined, Redirect the Biosynthesis of Glucosinolates, Phenolics, Carotenoids, and Chlorophylls in Broccoli Sprouts. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017, roč. 18, č. 11. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms18112330>.
- [33] KIMURA, Mieko a RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. A scheme for obtaining standards and HPLC quantification of leafy vegetable carotenoids. Online. *Food Chemistry*. 2002, roč. 78, č. 3, s. 389-398. ISSN 03088146. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00203-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00203-0).
- [34] NIIZU, Patricia Y. a RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2005, roč. 18, č. 8, s. 739-749. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.09.001>.

- [35] XIAO, Zhenlei; LESTER, Gene E; LUO, Yaguang a WANG, Qin. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. Online. *Journal of agricultural and food chemistry*. Roč. 2012. ISSN 7644–7651. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf300459b>.
- [36] SAMUOLIENĖ, Giedrė; VIRŠILĖ, Akvilė; BRAZAITYTĖ, Aušra; JANKAUSKIENĖ, Julė; SAKALAUSKIENĖ, Sandra et al. Blue light dosage affects carotenoids and tocopherols in microgreens. Online. *Food Chemistry*. 2017, roč. 228, s. 50-56. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.144>.
- [37] KATHI, Shivani; LAZA, Haydee; SINGH, Sukhbir; THOMPSON, Leslie; LI, Wei et al. Simultaneous biofortification of vitamin C and mineral nutrients in arugula microgreens. Online. *Food Chemistry*. 2024, roč. 440. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138180>.
- [38] SHAKLEINA, Mariya Nikolayevna; ALALYKIN, Aleksandr Alekseyevich a SOLOVYOVA, Margarita Sergeyevna, 2022. EVALUATION OF THE CONTENT OF VITAMINS IN MICROGREENS OF SEVERAL SPECIES OF CULTIVATED PLANTS. Online. *Chemistry of plant raw material*. 2022-06-17, č. 2, s. 165-171. ISSN 1029-5143. Dostupné z: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2022029988>.
- [39] KUMAR, Arun; SINGH, Narpinder; KAUR, Amritpal a JOSHI, Robin. Sneak-peek into the chlorophyll content, antioxidant activity, targeted and non-targeted UHPLC-QTOF LC/MS metabolomic fingerprints of pulse microgreens grown under different photoperiod regimes. Online. *Food Bioscience*. 2023, roč. 52. ISSN 22124292. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102506>.
- [40] ZHANG, Yanqi; XIAO, Zhenlei; AGER, Emily; KONG, Lingyan a TAN, Libo. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. Online. *Journal of Future Foods*. 2021, roč. 1, č. 1, s. 58-66. ISSN 27725669. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.
- [41] XIAO, Zhenlei; RAUSCH, Steven R.; LUO, Yaguang; SUN, Jianghao; YU, Lu et al. Microgreens of Brassicaceae: Genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity. Online. *LWT*. 2019, roč. 101, s. 731-737. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.076>.

- [42] CORMICK, Gabriela a BELIZÁN, Jose M. Calcium Intake and Health. Online. *Nutrients*. 2019, roč. 11, č. 7. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu11071606>.
- [43] HE, Feng J. a MACGREGOR, Graham A. Beneficial effects of potassium on human health. Online. *Physiologia Plantarum*. 2008, roč. 133, č. 4, s. 725-735. ISSN 0031-9317. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01033.x>.
- [44] ABBASPOUR, Nazanin; HURRELL, Richard a KELISHADI, Roya. Review on iron and its importance for human health. Online. *Journal of research in medical sciences : the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*. 2014. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3999603/>.
- [45] RAJESWARI, S a SWAMINATHAN, S. Role of copper in health and diseases. Online. *INT J CURR SCI*. 2014. ISSN 2250-1770.
- [46] WU, Ding-Tao; LI, Wen-Xing; WAN, Jia-Jia; HU, Yi-Chen; GAN, Ren-You et al. A Comprehensive Review of Pea (*Pisum sativum* L.): Chemical Composition, Processing, Health Benefits, and Food Applications. Online. *Foods*. 2023, roč. 12, č. 13. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12132527>.
- [47] RAMYA, S; MEENAKSHI, Sood; LINGAIAH, HB; RAGHUNATHA, Reddy RL a RAJESH, AM. Microgreens: A nourishment bootstrapper. Online. *The Pharma Innovation Journal*. 2022, roč. 2022. ISSN 2601-2607.
- [48] SMÝKAL, Petr; AUBERT, Gregoire; BURSTIN, Judith; COYNE, Clarice J.; ELLIS, Noel T. H. et al. Pea (*Pisum sativum* L.) in the Genomic Era. Online. *Agronomy*. 2012, roč. 2, č. 2, s. 74-115. ISSN 2073-4395. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agronomy2020074>.
- [49] SHANTHAKUMAR, Parvathy; KLEPACKA, Joanna; BAINS, Aarti; CHAWLA, Prince; DHULL, Sanju Bala et al. The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry. Online. *Molecules*. 2022, roč. 27, č. 16, s. 74-115. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules27165354>.
- [50] ERBERSDOBLER, Helmut; BARTH, Christian a JAHREIS, Gerhard. Legumes in human nutrition Nutrient content and protein quality of pulses. Online. *Ernährungs Umschau*. 2017. Dostupné z: <https://doi.org/10.4455/eu.2017.038>.

- [51] SANGEETHA, Arumugam; MOHAN, Rangarajan Jagan. Mungo Bean. *Pulses: Processing and Product Development*, 2020, 229-244.
- [52] HADI, Fazal, et al. Vigna mungo (Linn.) Hepper: ethnobotanical, pharmacological, phytochemical, and nutritious profile. *Phytochemistry Reviews*, 2024, 1-24.
- [53] SHABNUM SHAHEEN. Comparative nutritional analysis between Vigna radiata and Vigna mungo of Pakistan. Online. *African Journal of Biotechnology*. 2012, roč. 11, č. 25. ISSN 16845315. Dostupné z: <https://doi.org/10.5897/AJB11.3496>.
- [54] GANESAN, Kumar a XU, Baojun. A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (Vigna radiata). Online. *Food Science and Human Wellness*. 2018, roč. 7, č. 1, s. 11-33. ISSN 22134530. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2017.11.002>.
- [55] NAGRALE, S. C., et al. Proximate composition and estimation of mineral content from different mungbean (Vigna radiata (L). Wliczek) genotypes. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2018, 7.4: 3434-3436.
- [56] SULIEMAN, Abdel Moneim E.; AHMED, Heba E.; ABDELRAHIM, Awad M. The chemical composition of fenugreek (Trigonella foenum graceum L) and the antimicrobial properties of its seed oil. *Gezira J. Eng. Appl. Sci*, 2008, 3: 52-71.
- [57] OLAIYA, Charles Ojo a SOETAN, Kehinde Olugboyega. A Review of the Health Benefits Of Fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.): Nutritional, Biochemical and Pharmaceutical Perspectives. Online. *American open access jour of social issues and humanities nal*. 2014. Dostupné z: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:86265423>.
- [58] WICZKOWSKI, Wieslaw; SZAWARA-NOWAK, Dorota a TOPOLSKA, Joanna. Red cabbage anthocyanins: Profile, isolation, identification, and antioxidant activity. Online. *Food Research International*. 2013, roč. 51, č. 1, s. 303-309. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.015>.
- [59] JAISWAL, Amit K. (ed.). *Nutritional composition and antioxidant properties of fruits and vegetables*. Academic Press, 2020.
- [60] UUH-NARVAEZ, Jonatan Jafet a SEGURA-CAMPOS, Maira Rubí. Cabbage (Brassica oleracea var. capitata): A food with functional properties aimed to type 2 diabetes prevention and management. Online. *Journal of Food Science*. 2021, roč. 86, č.

- 11, s. 4775-4798. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15939>.
- [61] NAGRAJ, Geetha Shree; CHOUKSEY, Anita; JAISWAL, Swarna a JAISWAL, Amit K. Broccoli. Online. 2020, s. 5-17. ISSN 9780128127803.
- [62] LATTE, Klaus Peter; APPEL, Klaus-Erich; LAMPEN, Alfonso a JAISWAL, Amit K. Health benefits and possible risks of broccoli – An overview. Online. *Food and Chemical Toxicology*. 2011, roč. 49, č. 12, s. 3287-3309. ISSN 02786915. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.08.019>.
- [63] VASANTHI, Hannah; MUKHERJEE, Subhendu; DAS, Dipak a JAISWAL, Amit K. Potential Health Benefits of Broccoli – A Chemico-Biological Overview. Online. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2009, roč. 9, č. 6, s. 749-759. ISSN 13895575. Dostupné z: <https://doi.org/10.2174/138955709788452685>.
- [64] KOMEROSKI, Marina Rocha; PORTAL, Keyla Araujo; COMIOTTO, Jorgiana; KLUG, Tâmmila Venzke; FLORES, Simone Hickmann et al. Nutritional quality and bioactive compounds of arugula (*Eruca sativa* L.) sprouts and microgreens. Online. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2023, roč. 58, č. 10, s. 5089-5096. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16607>.
- [65] MORALES, Mario; JANICK, Jules a WHIPKEY, Anna. Arugula: A Promising Specialty Leaf Vegetable. Online. *Trends in new crops and new uses*. 2002.
- [66] TASSI, Érika Maria Marcondes; DUARTE, Renata Maria Teixeira a AMAYA-FARFAN, Jaime. Partial nutrient characterization of arugula (rocket - *Eruca sativa* L.) and the effect of heat treatment on its lipoxidase activity. Online. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2018, roč. 21. ISSN 1981-6723. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.02417>.
- [67] DU, Muyao; XIAO, Zhenlei a LUO, Yangchao. Advances and emerging trends in cultivation substrates for growing sprouts and microgreens toward safe and sustainable agriculture. Online. *Current Opinion in Food Science*. 2022, roč. 46. ISSN 22147993. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100863>.
- [68] LONE, Jafar K.; PANDEY, Renu a GAYACHARAN, Yangchao. Microgreens on the rise: Expanding our horizons from farm to fork. Online. *Heliyon*. 2024, roč. 10, č. 4. ISSN 24058440. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25870>.

- [69] PARIDA, Sagarika. Innovative Farming of Edible Micro Greens at Home and their Nutritional Composition. Online. *Test Engineering and Management*. 2020. ISSN 17630-17640. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/343474211_Innovative_Farming_of_Edible_Micro_Greens_at_Home_and_their_Nutritional_Composition.
- [70] DUBEY, Shiva; HARBOURNE, Niamh; HARTY, Mary; HURLEY, Daniel a ELLIOTT-KINGSTON, Caroline. Microgreens Production: Exploiting Environmental and Cultural Factors for Enhanced Agronomical Benefits. Online. *Plants*. 2024, roč. 13, č. 18. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants13182631>.
- [71] MORARU, Paula Ioana; RUSU, Teodor a MINTAS, Olimpia Smaranda. Trial Protocol for Evaluating Platforms for Growing Microgreens in Hydroponic Conditions. Online. *Foods*. 2022, roč. 11, č. 9. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11091327>.
- [72] SANYUKTA, Paula Ioana; BRAR, Dilpreet Singh; PANT, Kirty; KAUR, Sawinder; NANDA, Vikas et al. Comprehensive Analysis of Physicochemical, Functional, Thermal, and Morphological Properties of Microgreens from Different Botanical Sources: Exploiting Environmental and Cultural Factors for Enhanced Agronomical Benefits. Online. *ACS Omega*. 2023, roč. 8, č. 32, s. 29558-29567. ISSN 2470-1343. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c03429>.
- [73] KOU, Liping; LUO, Yaguang; YANG, Tianbao; XIAO, Zhenlei; TURNER, Ellen R. et al. Postharvest biology, quality and shelf life of buckwheat microgreens: Exploiting Environmental and Cultural Factors for Enhanced Agronomical Benefits. Online. *LWT – Food Science and Technology*. 2013, roč. 51, č. 1, s. 73-78. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.11.017>.
- [74] WOJDYŁO, Aneta; NOWICKA, Paulina; TKACZ, Karolina; TURKIEWICZ, Igor Piotr; TURNER, Ellen R. et al. Sprouts vs. Microgreens as Novel Functional Foods: Variation of Nutritional and Phytochemical Profiles and Their In vitro Bioactive Properties. Online. *Molecules*. 2020, roč. 25, č. 20, s. 73-78. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules25204648>.
- [75] MANSOURI, Ahlem; CREGUT, Mickael; JOUANNEAU, Sullivan; ABBES, Chiraz; LANDOULSI, Ahmed et al. Correction: Mansouri et al. Evaluation of Biomonitoring Strategies to Assess Performance of a Bioremediation Bioprocess.

- Sustainability 2022, 14, 10932. Online. *Sustainability*. 2024, roč. 16, č. 16, s. 73-78. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su16166828>.
- [76] GUNJAL, Mahendra; SINGH, Jyoti; KAUR, Jaspreet; KAUR, Sawinder; NANDA, Vikas et al. Comparative analysis of morphological, nutritional, and bioactive properties of selected microgreens in alternative growing medium: Mansouri et al. Evaluation of Biomonitoring Strategies to Assess Performance of a Bioremediation Bioprocess. Sustainability 2022, 14, 10932. Online. *South African Journal of Botany*. 2024, roč. 165, č. 16, s. 188-201. ISSN 02546299. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.12.038>.
- [77] PODSEDEK, Anna; FRĄSZCZAK, Barbara; SOSNOWSKA, Dorota; KAJSZCZAK, Dominika; SZYMCZAK, Kamil et al., 2023. LED Light Quality Affected Bioactive Compounds, Antioxidant Potential, and Nutritional Value of Red and White Cabbage Microgreens. Online. *Applied Sciences*. Roč. 13, č. 9. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app13095435>.
- [78] MADHU, Chandaka; KRISHNA, K Murali; REDDY, K Ramanji; LAKSHMI, P Jhansi; KELARI, Eswar kumar et al. Estimation of Crude Fibre Content from Natural Food Stuffs and its Laxative Activity Induced in Rats: Mansouri et al. Evaluation of Biomonitoring Strategies to Assess Performance of a Bioremediation Bioprocess. Sustainability 2022, 14, 10932. Online. *International Journal of Pharma Research and Health Sciences*. 2017, roč. 5, č. 3, s. 1703-1706. ISSN 23486465. Dostupné z: <https://doi.org/10.21276/ijprhs.2017.03.04>.
- [79] HANIF, Rumeza; IQBAL, Zafar; IQBAL, Mudassar; HANIF, Shaheena a RASHEED, Masooma. Use of vegetables as nutritional food: Role in human health. Online. *J. Agric. Biol. Sci.* 2006.
- [80] MLINARIĆ, Selma; PIŠKOR, Antonija; MELNJAK, Anja; MIKUŠKA, Alma; ŠRAJER GAJDOŠIK, Martina et al. Antioxidant Capacity and Shelf Life of Radish Microgreens Affected by Growth Light and Cultivars. Online. *Horticulturae*. 2023, roč. 9, č. 1. ISSN 2311-7524. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010076>.
- [81] DENG, Wenjun; MISRA, Gina M.; BAKER, Christopher A. a GIBSON, Kristen E., 2021. Persistence and Transfer of Foodborne Pathogens to Sunflower and Pea Shoot Microgreens during Production in Soil-Free Cultivation Matrix. Online. *Horticulturae*. Roč. 7, č. 11. ISSN 2311-7524. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110446>.

- [82] KHANUM, Farhath; SIDDALINGA SWAMY, M.; SUDARSHANA KRISHNA, K.R.; SANTHANAM, K.; VISWANATHAN, K.R. et al. Antioxidant Capacity and Shelf Life of Radish Microgreens Affected by Growth Light and Cultivars. Online. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2023, roč. 55, č. 3, s. 207-218. ISSN 09219668. Dostupné z: <https://doi.org/10.1023/A:1008155732404>.
- [83] SUMCZYNSKI, Daniela; BUBELOVA, Zuzana; SNEYD, Jan; ERB-WEBER, Susanne a MLCEK, Jiri. Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli. Online. *Food Chemistry*. 2015, roč. 174, s. 319-325. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.065>.
- [84] VAN SOEST, Peter J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Second edition. Ithaca: Comstock Publishing Associates, a Division of Cornell University Press. ISBN 0-8014-2772-X

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Hrach setý.....	35
Obrázek 2: Fazole mungo	35
Obrázek 3: Pískavice	35
Obrázek 4: Červené zelí.....	35
Obrázek 5: Brokolice	35
Obrázek 6: Rukola	35

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny	45
Tabulka 2: Výsledky stanovení popela	46
Tabulka 3: Výsledky stanovení celkových lipidů	47
Tabulka 4: Výsledky stanovení hrubých bílkovin	48
Tabulka 5: Výsledky stanovení hrubé vlákniny	49
Tabulka 6: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny	50
Tabulka 7: Výsledky stanovení stravitelnosti	51

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C	stupeň celsia
mg	miligram
g	gram
kg	kilogram
ml	mililitr
l	litr
%	procenta
SD	směrodatná odchylka
kcal	kilokalorie
pH	potenciál vodíku
(COOH) ₂	kyselina šťavelová
CH ₃ OH	methanol
HCl	kyselina chlorovodíková
H ₂ O ₂	kyselina peroxiduhličitá
H ₂ SO ₄	kyselina sírová
H ₃ BO ₃	kyselina boritá
(Na ₂ SO ₄ /CuSO ₄ ·5H ₂ O)	síran sodný a pentahydrát síranu měďného
NaOH	hydroxid sodný
LED	elektroluminiscenční dioda
NDC	neutrálně-detergentní činidlo
NDR	neutrálně detergentní roztok
DMD	stravitelnost sušiny
OMD	stravitelnost organické hmoty