

Stanovení polyfenolů v průběhu růstu microgreens

Bc. Adriana Kavková

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Adriana Kavková
Osobní číslo:	T23273
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Stanovení polyfenolů v průběhu růstu microgreens

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Stručně shrnout semena nejčastěji využívána pro pěstování microgreens včetně podmínek pro jejich růst.

Zmapovat významné polyfenolické látky vyskytující se u microgreens zeleniny.

II. Experimentální část

Založit pěstební pokus. V průběhu sklizně u microgreens stanovit obsah polyfenolických látek a hodnot antioxidačních aktivit metodami spektrofotometrickými a kapalinovou chromatografií.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] W. EBERT, Andreas. Sprouts and Microgreens—Novel Food Sources for Healthy Diets. *Plants* [online]. 2022, **11**(4), 35. ISSN 2223-7747.
- [2] BHASWANT, Maharshi, Dilip Kumar SHANMUGAM, Taiki MIYAZAWA, Chizumi ABE a Teruo MIYAZAWA. Microgreens – A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits. *Molecules* [online]. 2023, (28), 25.
- [3] TREADWELL, Danielle, Robert HOCHMUTH, Linda LANDRUM a Wanda LAUGHLIN. Microgreens: A New Specialty Crop. *EDIS* [online]. 2020, **2020**(5). ISSN 25760009.
- [4] SEHRISH, Aqeela, Iqra MAJEED, Eliaasse ZONGO, Hudda AYUB, Hamad RASUL, Muhammad Abdul RAHIM a Fahad AL-ASMARI. A review on various extraction and detection methods of bio-functional components from microgreens: food applications and health properties. *International Journal of Food Properties* [online]. 2023, **26**(2), 3082–3105. ISSN 10942912.
- [5] FLAMINI, Guido, Costanza GABBRIELLI, Laura PISTELLI, Luisa PISTELLI, Roberta ASCRIZZI, Ilaria MARCHIONI a Marco MARTINELLI. Small Functional Foods: Comparative Phytochemical and Nutritional Analyses of Five Microgreens of the Brassicaceae Family. *Foods* 2021, **10**(2). ISSN 23048158.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **1. ledna 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 14. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou 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 – diplomovou 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 diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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 diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zaměřuje na sledování obsahu polyfenolických sloučenin ve vybraných druzích microgreens (brokolice a ředkvičky) v průběhu jejich růstu a za odlišných pěstebních podmínek. Hlavním cílem bylo vyhodnotit vliv typu osvětlení a prostředí na dynamiku akumulace bioaktivních látek. Celkový obsah polyfenolů (TPC) byl stanoven spektrofotometricky metodou Folin-Ciocalteu, antioxidační aktivita byla hodnocena pomocí radikálových testů DPPH a ABTS a pro detailní profilování jednotlivých fenolických sloučenin byla využita metoda vysokotlaké kapalinové chromatografie (HPLC-DAD). Výsledky ukazují, že kontrolované pěstební podmínky vedly k vyšším hodnotám TPC i antioxidační aktivity, zatímco působení světelného stresu pod LED osvětlením vedlo ke zvýšení některých individuálních fenolových kyselin. Studie potvrzuje, že fáze růstu a vnější podmínky významně ovlivňují fenolický profil microgreens, přičemž jejich konzumace může být přínosná z hlediska nutriční prevence.

Klíčová slova: microgreens, polyfenoly, antioxidační aktivita, TPC, DPPH, ABTS, HPLC

ABSTRACT

This thesis focuses on the monitoring of polyphenolic compounds in selected microgreens species (broccoli and radish) during their growth under different cultivation conditions. The main objective was to evaluate the impact of lighting and environmental settings on the dynamics of bioactive compound accumulation. Total polyphenol content (TPC) was determined spectrophotometrically using the Folin-Ciocalteu method, antioxidant activity was assessed via DPPH and ABTS radical scavenging assays, and the profile of individual phenolic compounds was analyzed by high-performance liquid chromatography (HPLC-DAD). The results showed that controlled growth conditions led to higher TPC and antioxidant activity, while light stress from LED lighting stimulated the accumulation of some individual phenolic acids. The study confirms that both growth stage and external environmental factors significantly influence the phenolic profile of microgreens, supporting their potential as nutritionally valuable functional foods.

Keywords: microgreens, polyphenols, antioxidant activity, TPC, DPPH, ABTS, HPLC

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda upřímně poděkovala všem, kteří mě na cestě k dokončení této diplomové práce podporovali a motivovali.

Především děkuji vedoucí mé práce, doc. Ing. Daniele Sumczynski, PhD. za její trpělivost, vstřícnost a ochotu věnovat mi čas navzdory tomu, že moje orientace v odborné problematice zpočátku nebyla silnou stránkou. Velmi si vážím toho, že mě citlivě a trpělivě provedla všemi úskalími výzkumné i praktické části práce a že mě podpořila.

Velké díky patří také mé rodině, především partnerovi a dětem, za jejich pochopení, trpělivost a podporu v obdobích, kdy jsem musela studium stavět na první místo. Bez jejich lásky a zázemí by nebylo možné tuto práci dokončit.

Děkuji rovněž mým spolužačkám, Zuzaně B. a Anně K., které mi byly velkou oporou nejen po odborné stránce, ale také lidsky – za sdílení radostí i krizových chvil během studia.

V neposlední řadě patří mé poděkování také odborným konzultantům z firmy MoraviaLab, kteří mi poskytli cenné rady, technickou pomoc i praktické zázemí pro realizaci experimentální části práce.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CHARAKTERISTIKA MICROGREENS	13
1.1 NEJČASTĚJI VYUŽÍVANÁ SEMENA PRO PĚSTOVÁNÍ.....	15
1.2 VYBRANÉ ČELEDI MICROGREENS	16
1.2.1 Brassicaceae	17
1.2.2 Apiaceae	18
1.2.3 Amaranthaceae	18
1.2.4 Lamiaceae	19
1.2.5 Fabaceae	20
1.2.6 Asteraceae	21
2 PĚSTEBNÍ SYSTÉMY A ENVIROMENTÁLNÍ FAKTORY	22
2.1 DŮLEŽITÉ ASPEKTY PRO PĚSTOVÁNÍ MICROGREENS	22
2.2 PĚSTOVÁNÍ NA SUBSTRÁTU	24
2.3 HYDROPONICKÉ PĚSTOVÁNÍ.....	24
2.4 AQUAPONICKÉ PĚSTOVÁNÍ	25
2.5 VERTIKÁLNÍ PĚSTOVÁNÍ.....	26
2.6 OSVĚTLENÍ.....	27
3 BIOAKTIVNÍ SLOUČENINY	29
3.1 PŘÍRODNÍ FENOLICKÉ LÁTKY.....	29
3.1.1 Flavonoidy.....	31
3.1.2 Neflavonoidy	31
METODY MEŘENÍ.....	33
3.2 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	33
• FOLIN-CIOCALTEŮV TEST.....	33
• DPPH.....	34
• ABTS.....	34
3.3 CHROMATOGRAFICKÉ STANOVENÍ POLYFENOLICKÉHO PROFILU MICROGREENS	35
• VYSOKOÚČINNÁ KAPALINOVÁ CHROMATOGRAFIE (HPLC- DAD).....	35
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	36
4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	37
5 METODIKA	38
5.1 POMŮCKY, CHEMIKÁLIE A PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ	38
5.1.1 Chemikálie	38
5.1.2 Pomůcky.....	38

5.1.3	Přístrojové vybavení.....	38
5.2	CERTIFIKACE A KVALITA POUŽITÝCH SEMEN.....	39
5.3	PODMÍNKY PĚSTOVÁNÍ MICROGREENS.....	39
5.4	FOTODOKUMENTACE RŮSTU MICROGREENS	42
5.5	PŘÍPRAVA FENOLICKÝCH EXTRAKTŮ BROKOLICE A ŘEDKVIČKY.....	44
5.6	METODA FOLIN-CIOCALTEU	44
5.7	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU SE ZHÁŠENÍM RADIKÁLU DPPH.....	45
5.8	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY SE ZHÁŠENÍM RADIKÁLU ABTS.....	45
5.9	STANOVENÍ POLYFENOLICKÉHO PROFILU METODOU HPLC.....	46
5.10	STATISTICKÁ ANALÝZA	46
6	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	48
6.1	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ (TPC)	48
6.1.1	Srovnání celkového obsahu polyfenolů (TPC) v průběhu dnů	48
6.2	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU SE ZHÁŠENÍM RADIKÁLŮ DPPH.....	52
6.2.1	Srovnání antioxidační aktivity metodou s DPPH v průběhu dnů.....	52
6.3	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU SE ZHÁŠENÍM ABTS RADIKÁLŮ.....	55
6.3.1	Srovnání antioxidační aktivity metodou s ABTS v průběhu dnů.....	55
6.4	VYSOKOÚČINNÁ KAPALINOVÁ CHROMATOGRAFIE (HPLC).....	59
	ZÁVĚR.....	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ	75
	SEZNAM TABULEK.....	76
	SEZNAM GRAFŮ	77
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	78
	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

ÚVOD

Polyfenoly tvoří rozsáhlou a strukturálně rozmanitou skupinu sekundárních metabolitů rostlinného původu, které v rostlinách plní zejména ochrannou funkci vůči biotickým i abiotickým stresovým faktorům. Tyto látky přispívají k celkové stabilitě rostlinného organismu, podílejí se na obranných reakcích proti patogenům, regulují růstové procesy a ovlivňují barvu, chuť i vůni rostlinných produktů. Z hlediska výživy člověka jsou polyfenoly studovány především pro své biologické účinky, jako je antioxidační, protizánětlivá, antimikrobiální a antiproliferační aktivita. Díky těmto vlastnostem jsou považovány za důležité bioaktivní složky stravy s potenciálem přispět k prevenci civilizačních onemocnění.

Se zvyšujícím se zájmem o nutričně hodnotné a funkční potraviny roste i poptávka po rostlinných produktech s vysokým obsahem fytonutrientů. V této souvislosti se do popředí vědeckého i spotřebitelského zájmu dostávají tzv. microgreens – mladé výhonky rostlin sklizené ve fázi vývoje mezi klíčením a plným vývinem listů, přibližně 7 až 21 dní po zasetí. V porovnání s dospělými rostlinami vykazují microgreens výrazně vyšší koncentrace mnoha bioaktivních látek, včetně vitaminů, minerálních prvků, chlorofylu, karotenoidů a zejména polyfenolů. Díky rychlému růstu, nenáročnosti na pěstební prostor a krátké vegetační době jsou microgreens vhodným modelem pro studium biosyntézy těchto látek v časných vývojových fázích rostlin.

Vzhledem k tomu, že obsah polyfenolických sloučenin v rostlinách výrazně kolísá v závislosti na druhu, odrůdě, fázi růstu a podmínkách prostředí, je cílem této diplomové práce sledovat vývoj obsahu polyfenolů ve vybraných druzích microgreens během růstu. Dále je zkoumán vliv různých pěstebních podmínek na míru akumulace těchto látek. Získaná data mohou přispět k optimalizaci pěstitelských strategií a zároveň poskytnout podklady pro vývoj potravin s vyšší nutriční hodnotou.

K hodnocení obsahu fenolických sloučenin byla využita kombinace několika analytických přístupů. Celkový obsah polyfenolů byl stanoven spektrofotometricky metodou Folin-Ciocalteu (TPC), antioxidační aktivita byla měřena pomocí radikálových testů s DPPH a ABTS a k identifikaci a kvantifikaci jednotlivých fenolických sloučenin byla využita vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC). Tyto metody umožňují detailní sledování změn ve fenolickém složení microgreens v průběhu jejich růstu a poskytují ucelený pohled na vztah mezi pěstebními podmínkami a obsahem těchto bioaktivních látek.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA MICROGREENS

Definice microgreens je mnoho, ale jednoduše je lze charakterizovat jako nově vznikající potravinářské produkty. Jsou to mladé zelené rostliny, které jsou pěstované pro své plně vyvinuté kotyledony, které se nacházejí v pestré paletě barev, textur a chutí (Gunjal a Singh, 2024).

Fenotypicky je lze popsat jako rostliny s kotyledony, stonky s počátečními pravými listy. Je pro ně typická krátká doba růstu a díky tomu je můžeme sklízet v rozmezí 6–15 dní po vzejití sazenic. Microgreens nám umožňují použití širokého spektra pěstebních médií jako je půda, směs kokosu s rašelinou nebo bezpůdné klíčící média, která se jeví jako ideální způsob pěstování (Balík et al., 2024).

Mimo širokou škálu pěstebních médií lze volit i pěstební techniky, jako je vnitřní, venkovní nebo kontrolované prostředí. Rychlý růstový cyklus (7–21 dní) a minimální prostorové požadavky dělá z microgreens ideální volbu například pro domácí pěstování (Gunjal a Singh, 2024).

Vše výše zmíněné odpovídá náročnosti dnešní doby, kdy je kladen důraz na ekologické zemědělství a zdravou výživu. Díky tomu může být pěstování microgreens popularizováno mezi obyvateli venkovských, městských i příměstských oblastí, a to jak pro domácí potřebu, tak i pro komerční využití (Rizvi et al., 2023). Ze zdravotního hlediska jsou microgreens pozoruhodným objevem. Jedná se o skupinu potravin s vyšší nutriční hodnotou než jejich zralé protějšky a díky tomu je lze rozhodně doporučit pro každodenní konzumaci (Rizvi et al., 2023). Díky tomu je zcela na místě, že microgreens budí zájem spotřebitelů. Zejména šéfkuchaři a nároční strávníci je začínají preferovat. Jsou skvělými pomocníky pro ozdobení salátů, polévek, sendvičů a dalších pochutin a není náhodou, že se zcela přirozeně stávají běžným zdrojem zeleniny pro vegetariány a vegany (Bhaswant et al., 2023).

Přehledné srovnání mezi klíčky, microgreens, baby zeleninou a dospělými rostlinami z hlediska doby růstu, způsobu sklizně či potřeby světla je uvedeno v Tabulce 1.

Tabulka 1 Srovnání klíčků, microgreens, baby zeleniny a dospělých rostlin (Bhaswant et al., 2023)

Podmínky růstu	Klíčky	Microgreens	Baby zelenina	Dospělé rostliny
Výška rostliny	5–8 cm	3–10 cm	10–15 cm	několik cm
Doba růstu	3–10 dní	7–21 dní	20–40 dní	měsíce
Kultivační systém	nevyžadují, pěstují se ve vodě nebo vlhku	viz kapitola 2 způsoby pěstování	vyžaduje médium	vyžaduje půdu
Světelné podmínky	ne	ano	ano	ano
Agrochemikálie	ne	ne	nutné	nutné
Spotřeba vody	malá	malá	vysoká	střední
Stupeň vzrůstu v období sklizně	částečný, pouze vyklíčená semena	plný vývoj děložních listů s jedním nebo více pravými listy	plný vývoj rostliny s pravými listy	plný vývoj rostliny, která může nést ovoce nebo zeleninu
Způsob sklizně	žádná – zcela jedlé	odstranění kořínků	odstranění kořenů	odstranění kořenů

1.1 Nejčastěji využívaná semena pro pěstování

Mikrozelenina (microgreens) představuje specifickou skupinu rostlin, které jsou pěstovány jak v malém měřítku, tak i v rámci velkovýroby komerční zeleniny a jedlých květín. Vzhledem k rostoucí poptávce po této plodině se začala k jejímu pěstování využívat široká škála rostlinných druhů běžně pěstovaných jako zelenina. Tyto druhy náleží do různých botanických čeledí, mezi které patří (Bhaswant et al., 2023):

Tabulka 2 Taxonomické čeledi obecných microgreens (Turner et al., 2020)

Čeď	Běžně pěstované microgreens
<i>Alliaceae</i>	pažitka, jarní cibulka, šalotka, cibule, česnek
<i>Amaranthaceae</i>	špenát, amarant, červená řepa, mangold, orach a magenta spreen
<i>Apiaceae</i>	celer, koriandr, kerblík, fenykl, petržel, mrkev a kopr
<i>Asteraceae</i>	salát, endivie, slunečnice, girlanda chryzantéma, šungiku, <i>Tagetes</i> (měsíček)
<i>Brassicaceae</i>	hořčice, kapusta, brokolice, květák, ředkvičky, tatsoi, wasabi, rukola, řeřicha, kedlubna, mizuna, tuřín, savojská kapusta, komatsuna, pak choi, kogane, lichořeřišnice, růžičková kapusta, rapini, rutabaga
<i>Cucurbitaceae</i>	okurka
<i>Fabaceae</i>	sladký hrášek, vojtěška, pískavice řecké seno, adzuki, fava
<i>Lamiaceae</i>	máta, bazalka, chia a meduňka
<i>Oxalidaceae</i>	dřevní šťovík, jetel
<i>Poaceae</i>	kukuřice, citronová tráva
<i>Polygonaceae</i>	pohanka
<i>Portulacaceae</i>	claytonia, portulaka

Zvyšující se zájem o pěstování různých genotypů microgreens souvisí s jejich jedinečnými vlastnostmi, jako jsou rozmanitost vzhledu, chutě, textury, složení fytochemických látek a nutriční hodnota. Chuť jednotlivých druhů microgreens se může výrazně lišit – některé jsou hořké, kořeněné, jemné, nevýrazné nebo dokonce kyselé. Mezi další běžně využívané

roslinné druhy pro produkci microgreens patří obiloviny (oves, pšenice, tvrdá pšenice, kukuřice, ječmen, rýže), olejnaté rostliny (např. slunečnice) a dokonce i rostliny, jako je len. Kromě toho se pěstují také aromatické byliny, například pažitka, koriandr a kmín (Bhaswant et al., 2023).

Nicméně vedle běžně pěstovaných microgreens z druhů zeleniny mírného pásma, jako jsou brokolice, řeřicha nebo fazole, se v poslední době stále více zaměřujeme na tropické druhy, které mohou být cenově přijatelné a snadněji dostupné pro širokou veřejnost. Mezi tropické druhy, které se ukazují jako slibné pro pěstování microgreens, patří například ragi nebo koňský gram. Tyto druhy mají výhodu nejen v nižší ceně semen, ale také v jejich přizpůsobivosti tropickým podmínkám, což umožňuje jejich pěstování bez náročných podmínek kontrolovaného prostředí. Význam těchto druhů spočívá také v jejich vysoké koncentraci bioaktivních sloučenin. Tropické microgreens tedy představují potenciální nástroj pro zajištění nutriční bezpečnosti, zejména v oblastech, kde jsou ekonomické a klimatické podmínky výhodnější pro jejich pěstování (Arya et al., 2023).

Při výběru vhodných druhů microgreens jsou zohledňovány agronomické i obchodní aspekty (Bhaswant et al., 2023). Komerční a domácí produkce microgreens zahrnuje řadu faktorů, jako je výběr vhodných druhů, volba pěstebních systémů a substrátů, kvalita semen, proces výsevu a klíčení, zavlažování a hnojení, sklizeň, zajištění fytosanitární kvality a správné postupy pro skladování po sklizni (Ebert, 2022). Další hlediska výběru zahrnují estetické a senzorické vlastnosti, jako je tvar, barva (zelená, žlutá, fialová, červená, karmínová a vícebarevná), struktura (šťavnatá, křupavá) a trvanlivost.

Pěstování microgreens se tak stává významnou součástí moderního zemědělství a přináší široké možnosti využití nejen v gastronomii, ale také v oblasti zdravé výživy a funkčních potravin (Bhaswant et al., 2023).

1.2 Vybrané čeledi microgreens

V následující části jsou představeny vybrané rostlinné čeledi, které jsou běžně využívány k pěstování microgreens. Jednotlivé čeledi se liší nejen botanickou charakteristikou, ale také nutričním složením a obsahem biologicky aktivních látek. Součástí popisu je stručný přehled zástupců a jejich vzhledových a chuťových vlastností.

1.2.1 Brassicaceae

Odrůdy jako brokolice, kapusta, květák a ředkvička patří do skupiny deseti hospodářsky nejvýznamnějších druhů zeleniny. Konzumace vzrostlých rostlin je v dnešní době zcela běžná, ale vzhledem ke stále se zvyšujícímu tlaku na zdravý životní styl je častější konzumace jejich microgreens kvůli množství fytochemikálií, které obsahují (Šola et al., 2024). Druhy z této čeledi jsou bohaté na bioaktivní sloučeniny a vitamíny, zvláště pokud jsou konzumovány v podobě microgreens. Díky tomu lze právě tuto čeleď považovat za potraviny funkčního charakteru, které nabízí četné podpůrné zdravotní benefity (Alloggia et al., 2025).

Zde uváděná studie byla zaměřena na profilování osmi druhů z čeledi *Brassicaceae* (červené zelí, květák, kapustu, pak choi, brokolici, hořčici, růžičkovou kapustu a rukolu). Cílem bylo analyzovat změny v obsahu glukosinolátů a fenolických sloučenin během trávení a fermentace ve střevě. Microgreens byly vypěstovány v komerčních podmínkách, sklizeny a ihned zmrazeny v kapalném dusíku při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a z každého druhu byly připraveny tři repliky. Následně vzorky prošly třemi fázemi trávení, a to v ústech, žaludku a střevech, vše simulováno pomocí specifických enzymů a pH podmínek. Pevné zbytky po trávení byly fermentovány za použití lidských fekálních mikrobiot, aby se napodobilo prostředí tlustého střeva. Následně byly vzorky podrobeny ultrazvukové extrakci za použití methanolu a kyseliny mravenčí a dále analyzovány metodou UHPLC/QTOF-MS. Na základě těchto metod bylo zjištěno, že glukosinoláty a fenolické sloučeniny byly přítomny ve všech testovaných microgreens, ale jejich obsah se během trávení a fermentace významně měnil. Trávení v tenkém střevě vedlo k poklesu koncentrace glukosinolátů (GL) v důsledku enzymatického rozkladu, zatímco fermentace umožnila částečnou přeměnu některých metabolitů, což zdůrazňuje význam střevní mikrobioty v dalším využití těchto sloučenin. Analýza ukázala, že fenolické sloučeniny spojené primárně s rukolou vykazovaly vyšší rozlišovací schopnost mezi druhy než GL, které byly typické především pro květák a červené zelí. Nejvýraznějšími zástupci však byly brokolice a hořčice, jelikož obsahovaly nejvyšší množství glukosinolátů i po fermentaci, což ukazuje na jejich vysoký bioaktivní potenciál. Tyto výsledky poskytují nový pohled na metabolické změny bioaktivních sloučenin během trávení a fermentace, což pomáhá lépe pochopit biologickou dostupnost a možné zdravotní přínosy microgreens jako funkčních potravin (García-Pérez et al., 2024).

1.2.2 Apiaceae

Tato botanická čeleď je rozšířena především v severních mírných oblastech a ve vysokých nadmořských výškách tropických částí světa. Typicky jsou tyto rostliny aromatické a bohaté na pryskyřice a oleje, které nacházíme v celé rostlině od kořenů až po plody (Giordano et al., 2022). Patří zde velké množství nejdůležitějších zástupců zeleniny a léčivých plodin, jako jsou mrkev, celer, koriandr, fenykl nebo kmín (Wang et al., 2022).

Autoři níže uvedené studie metodou hmotnostní spektrometrie detekovali 17 fenolických sloučenin ve čtyřech microgreens čeledi *Apiaceae*. Z toho bylo zastoupeno 12 fenolových kyselin a 5 flavonoidů. Bylo zde zjištěno, že obsah celkových fenolických látek měl nejvyšší anýz s hodnotami 11 450 µg/g, dále pak kopr a kmín s lehce klesající tendencí koncentrací, a to 11 250 a 10 470 µg/g (Giordano et al., 2022).

Celkově se testované microgreens významně lišily v obsahu jednotlivých fenolických sloučenin, ale u všech zastoupených rostlin byla kyselina chlorogenová s nejvyššími koncentracemi 9480, 5450, 7040 a 7995 µg/g (kerblík, kmín, anýz, kopr) a stejně v tomto pořadí byla zjištěna koncentrace kyseliny feruloylchinové od hodnot 491 až po 2980 µg/g. Závěrem by se dalo zhodnotit, že čeleď *Apiaceae* disponuje vyšším celkovým obsahem polyfenolů než microgreens z čeledí *Lamiaceae*, *Brassicaceae* nebo *Amaranthaceae* (Giordano et al., 2022).

1.2.3 Amaranthaceae

Amarantové microgreens pocházejí z rostlin rodu *Amaranthus*, který zahrnuje více než 70 druhů využívaných pro potravinářské účely. Pro pěstování microgreens se nejčastěji používají druhy jako amarant trojbarevný (*Amaranthus tricolor*), amarant indický (*Amaranthus gangeticus*) nebo amarant krvavý (*Amaranthus cruentus*). Tyto microgreens se sklízí přibližně 10 až 14 dní po vyklíčení, kdy rostliny dosahují optimálního nutričního profilu a atraktivního vzhledu. Vyznačují se jemnými listy a výrazným zabarvením, které může přecházet od sytě zelené až po červené a fialové odstíny. Amarantové výhonky jsou oblíbené nejen pro svou dekorativnost, ale především pro vysoký obsah vitamínů, minerálních látek a dalších bioaktivních složek, které z nich činí hodnotnou součást zdravého jídelníčku. Amarantové microgreens jsou cenným zdrojem vitamínu K, vitamínu C a železa, které hrají klíčovou roli při srážlivosti krve, správné funkci imunitního systému a tvorbě červených krvinek. Dále obsahují i bílkoviny důležité pro regeneraci a opravu tkání. Díky vysokému obsahu vlákniny podporují zdravé trávení. Pravidelná konzumace těchto

microgreens může přispět k posílení imunity, zlepšení stavu kostí a celkovému trávení (Microgreens world, *n.d.*).

1.2.4 Lamiaceae

Velká část druhů této čeledi se používá v lidovém léčitelství i v moderním průmyslu. Je velmi ceněna pro své aromaterapeutické, kulinářské a farmaceutické využití, a to právě díky své schopnosti produkovat aromatické oleje. Mezi hlavní bioaktivní složky rostlin z čeledi *Lamiaceae* patří těkavé olejové sloučeniny, dále flavonoidy a hydroxyskořicové kyseliny. Tyto látky byly identifikovány v nejrozšířenějších druzích této čeledi, mezi které se řadí mimo bazalku také meduňka, oregano, máta peprná, rozmarýn, šalvěj a tymián (Ratray a Van Wyk, 2021).

Bazalka (*Ocimum basilicum*) představuje významný zdroj fytonutrientů, mezi které patří provitamin A, vitamín C, vápník, hořčík, draslík, zinek a železo. Kromě těchto obsahuje také široké spektrum sekundárních metabolitů, jako jsou silice, trísloviny, fenoly (z nich hlavně flavonoidy antokyany), dále karotenoidy a steroidy. Vědecké studie potvrzují, že bazalka disponuje řadou biologických aktivit, včetně protizánětlivých účinků, antioxidační aktivity, analgetických vlastností, schopnosti snižovat horečku, hepatoprotektivních účinků a protinádorové aktivity. Dále bylo prokázáno, že může přispívat k prevenci diabetu, ochraně krevních cév, snižování stresu a posilování imunitního systému. Vzhledem k těmto mnohostranným přínosům se pěstování bazalky jako microgreens jeví jako perspektivní možnost pro zlepšení nutriční hodnoty stravy a využití jejích biologicky aktivních látek. Přestože je bazalka široce využívána v kulinářství a medicíně, rozmanitost jejích kultivarů a genotypů vyžaduje další výzkum, který by umožnil identifikovat optimální varianty pro pěstování ve formě microgreens. Zkoumání těchto aspektů může přispět k maximalizaci zdravotních přínosů bazalky a jejímu efektivnějšímu využití v potravinářském i farmaceutickém průmyslu (Fayezizadeh et al., 2023).

Ve vybrané studii z roku 2019 byly vyhodnocovány koncentrace prvků jako draslík, sodík a hořčík, kde bazalka fialová vykazovala nejvyšší obsah hořčíku a bazalka zelená nejnižší poměr sodík/draslík. Ve srovnání s čeledí *Brassicaceae* není antioxidační aktivita microgreens *Lamiaceae* tak vysoká. Pokud však hovoříme o hodnotách LAA (lipofilní antioxidační aktivitě) je zde výrazná výjimka u bazalky nachové. Studie potvrdila vysoký obsah fenolů u některých druhů čeledi *Lamiaceae*, a to zejména u bazalky zelené (3510

μg/g), ale i zde byly také zaznamenány výrazné odrůdové rozdíly (Kyriacou et al., 2019). Analýza z roku 2016 srovnávající tři druhy microgreens pěstovaných v hydroponickém systému, kde figurovala bazalka, mangold a rukola, stanovovala obsahy minerálních prvků a obsahy dusičnanů, chlorofylu, karotenoidů, fenolů a antokyanů. Z hlediska prvků byly zjištěny významné rozdíly mezi druhy pouze u některých, a to K, kde vykazovala bazalka nejnižší koncentraci, obsah Fe byl u bazalky nejvyšší a obsahem Ca se bazalka zařadila na prostřední příčku. Všechny ostatní parametry (N, P a Mn) byly bez výrazných rozdílů. Fenolický profil neukázal mezidruhovému rozdíly, ale pro koncentrace celkových fenolů měřená metodou Folin-Ciocalteuho byla hodnota u bazalky a rukoly velmi podobná, cca kolem 298 μg/g GAE FW (Bulgari et al., 2017).

1.2.5 *Fabaceae*

Čeled *Fabaceae* (bobovité) zahrnuje širokou škálu luštěnin, které jsou celosvětově ceněny pro svůj vysoký obsah rostlinných bílkovin, vlákniny, esenciálních vitamínů a minerálních látek. V kontextu microgreens představují druhy z této čeledi oblíbenou volbu jak pro domácí pěstování, tak i pro komerční účely, zejména díky jednoduché kultivaci, krátké době růstu a významnému nutričnímu potenciálu. Mezi nejčastěji pěstované microgreens z této čeledi patří hrách, cizrna, čočka a různé druhy fazolí, jako je fazole mungo nebo adzuki (AGROPORADENSTVO, *n.d.*).

Hrách (*Pisum sativum*) vytváří dlouhé výhonky s jemnými listy a nasládlou oříškovou chutí. Obsahuje vysoké množství vlákniny, bílkovin, provitamínu A (např. β-karotenu), vitamínů C a K, dále minerálních prvků jako železo, vápník, hořčík, fosfor a draslík. Cizrna (*Cicer arietinum* L.) se vyznačuje jemně oříškovou chutí a lze ji pěstovat v substrátu i hydroponicky. Je bohatá na rostlinné bílkoviny, železo, vápník a vlákninu a díky obsahu antioxidantů přispívá k ochraně buněk před oxidačním stresem. Čočka (*Lens culinaris* Medik.) má jemnou chuť a vysoký obsah vitamínů skupiny B (včetně folátu), C a E, karotenoidů a draslíku. Klíčením se navíc snižuje obsah antinutriční kyseliny fytové, což zlepšuje vstřebávání minerálních látek. Fazole adzuki (*Vigna angularis*) a mungo (*Vigna radiata*) jsou další významní zástupci – mají jemnou, často sladkou chuť a vynikají vysokým obsahem rostlinných bílkovin, vlákniny, provitamínu A, vitamínů (B, C, E) a minerálních prvků (draslík, fosfor, vápník, hořčík, zinek). Jsou velmi dobře využitelné v kuchyni, a to jak ve studené, tak teplé úpravě, a díky nenáročnosti na prostor a podmínky patří k oblíbeným plodinám pro domácí i komerční pěstování. Celkově lze říct, že microgreens z čeledi

Fabaceae jsou hodnotným doplňkem stravy, který spojuje příznivé nutriční vlastnosti s kulinární všestranností (AGROPORADENSTVO, *n.d.*).

1.2.6 *Asteraceae*

Microgreens z čeledi *Asteraceae*, mezi něž patří například čekanka (*Cichorium intybus*) a hlávkový salát (*Lactuca sativa*), představují významnou skupinu druhů s potenciálem pro rozšíření nutričně hodnotné nabídky funkčních potravin. Ve srovnání s častěji zkoumanými microgreens z čeledi *Brassicaceae* byly tyto druhy méně zastoupeny v odborné literatuře, avšak novější studie potvrzují jejich vysoký obsah draslíku a karotenoidů, čímž se řadí mezi cenné rostlinné zdroje těchto látek. Například kultivar salátu „Trocadero“ (LT) a odrůda čekanky „Molfetta“ (CM) vykazovaly vysoký obsah draslíku, zatímco karotenoidový profil byl nejvýraznější právě u microgreens hvězdnicovitých ve srovnání s ostatními druhy. Z hlediska vitaminů vykazovala microgreens salátu „Bionda da taglio“ (LB) spolu s brokolicí nejvyšší koncentrace α -tokoferolu. Nutriční hodnota microgreens této čeledi tak spočívá především v jejich obsahu lipofilních antioxidantů a minerálních živin, které jsou u některých genotypů zastoupeny ve vyšších koncentracích než u jejich zralých protějšků (Paradiso et al., 2018).

Dále bylo zjištěno, že u microgreens z čeledi *Asteraceae* dochází při určitém stresu k deprivaci živin před sklizní, ke zvýšení koncentrace fenolických látek, což může vést k posílení jejich antioxidačních vlastností. Například v microgreens hlávkového salátu se obsah celkových fenolů za těchto podmínek zvýšil, zatímco u jiných čeledí, jako je *Brassicaceae*, byl tento efekt méně výrazný nebo opačný. Z tohoto důvodu je možné u *Asteraceae* cílenou úpravou pěstebních podmínek posílit zdravotně prospěšné vlastnosti výsledného produktu. Tyto druhy se tak jeví jako vhodní kandidáti nejen pro běžnou konzumaci, ale i pro vývoj funkčních potravin či dietních doplňků zaměřených na prevenci oxidačního stresu (Gupta et al., 2023).

2 PĚSTEBNÍ SYSTÉMY A ENVIROMENTÁLNÍ FAKTORY

Microgreens lze pěstovat několika různými způsoby, přičemž každý má své výhody a nevýhody. Lze použít různá pěstební média, která se volí podle typu plodiny a zavlažovacího systému. Obvykle se používají substráty o hloubce 1,5 až 5,0 cm, přičemž nejčastější jsou rašelina a kokosové vlákno, zejména v hydroponických systémech. Alternativou jsou syntetické materiály, jako je rockwool nebo polyethylentereftalát (PET), které však mají omezené možnosti ekologické likvidace. Pro udržitelnější pěstování lze využít i přírodní vláknité materiály, například celulózovou buničinu, bavlnu, konopná vlákna nebo potravinářskou pytlavinu. Některé plodiny rostou přímo na těchto podložkách, zatímco jiné po vyklíčení vyžadují doplnění bezsubstrátovým médiem. Výběr vhodného pěstebního systému je klíčový pro dosažení optimálních výnosů a kvality microgreens (ENSSLE, 2020).

Klíčení je jednoduchý a rychlý způsob akumulace bioaktivních sloučenin v zelenině. Během něj se zvyšuje koncentrace bioaktivních sloučenin a klíčky mají vyšší biopotenciál než původní semena. Kvalitativně a kvantitativně se jejich obsah liší v závislosti na fázi vývoje rostliny (Šola et al., 2024).

2.1 Důležité aspekty pro pěstování microgreens

V souvislosti s výběrem vhodných semen je nutno zvážit hustotu osiva, kterou chceme použít na plochu. Toto hraje velmi důležitou roli pro dosažení kvalitních microgreens. Dále pak samozřejmě jejich ošetření může hrát významnou roli pro procento vyklíčení a hmotnost finálních rostlin. Světelné podmínky se liší v souvislosti s pěstovaným druhem a konkrétní odrůdou. Bylo prokázáno, že červené a modré světlo s vlnovými délkami 625–740 či 430–500 nm zvyšují koncentrace karotenoidů a fotosyntetické pigmenty. Sklízňové podmínky jsou pro všechny druhy microgreens stejné a to tak, že jsou ořezány rostlinky bez kořenového systému. Je nutno myslet na možnosti kontaminace média, a proto se jej během růstu dotýkáme minimálně. Posklízňové úpravy zahrnují vyčištění, ochlazení rostlin na teplotu cca 5 °C a zabalení, aby se zabránilo kontaminaci. A samozřejmě zacházení v souladu se všemi doporučeními, které souvisí se správnými výrobními postupy pro zachování hygieny a dobré kvality produktu (Bhaswant et al., 2023).

Tabulka 3 Důležité podmínky/požadavky zvažované pro pěstování microgreens (Bhaswant et al., 2023)

Proměnné	Podmínky/požadavky
Semena	- Kvalita semen a hustota osiva. - Ošetření semen ovlivňuje procento klíčení a hmotnost výhonků.
Světlo	- Intenzita světla dle druhu ovlivňuje růst. - Červené (730 nm) a modré (445 nm) světlo zvyšují obsah karotenoidů a fotosyntetických pigmentů, optimum je 440 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. - Nízká hodnota toků fotosynteticky aktivních fotonů (Photosynthetic Photon Flux) PPF (110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) brání normálnímu vývoji a obsahu živin v microgreens, zatímco vysoké hodnoty PPF (545 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) způsobily mírné fotonapětí (fotooxidaci).
Pěstební médium	- Pěstuje se hlavně v systému jako vermikulit, perlit, rašelina a prach z kokosových vláken. - Živný roztok, obsahující všechny základní složky pro růst. - hydroponie se základními živinami.
Sklizeň	Microgreens se sklízí nůžkami, nožem nebo automatickými řezačkami, aniž by došlo ke kontaktu s pěstebním médiem, čímž se minimalizuje kontaminace
Po sklizni	- Microgreens se vyčistí, ochladí na 5 °C a zabalí do polyethylenových sáčků, aby se zabránilo kontaminaci. - Zacházejte v souladu se všemi doporučenými správné výrobní praxe (SVP). - Balení ve sterilních místnostech a udržování sterilních podmínek zvyšuje trvanlivost microgreens.

2.2 Pěstování na substrátu

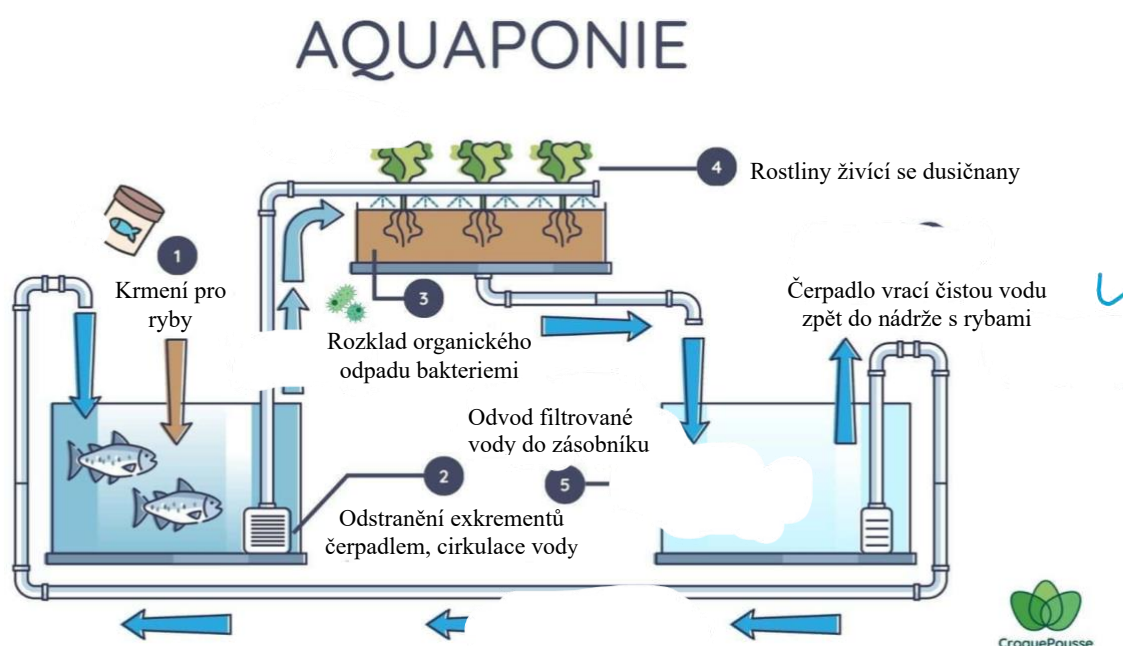
Ideální substrát by měl udržovat optimální vlhkost potřebnou pro klíčení semínek, zároveň však musí umožňovat odvod přebytečné vody do podmisky. Důležitá je také jeho vzdušnost, která usnadňuje zakořeňování. Kromě toho může použitý substrát ovlivnit i výslednou chuť rostlin. Inertní substráty, jako je perlit, jsou skvělou alternativou k organickým substrátům, protože minimalizují riziko kontaminace patogeny a zároveň poskytují dobré podmínky pro růst microgreens. Perlit je lehký, vzdušný a má schopnost zadržovat vodu, což pomáhá udržet optimální vlhkost pro klíčení semen. Dalšími běžně používanými inertními substráty jsou vermikulit, rockwool (minerální vlna) nebo hydrogelové podložky. Pokud jde o organické substráty, kokosová vlákna jsou velmi oblíbenou volbou, protože jsou obnovitelná, mají dobré drenážní vlastnosti a jsou relativně levná. Směsi písku a textilních vláken se také testují, ale mohou mít omezené živinové vlastnosti, což znamená, že pěstované rostliny mohou vyžadovat doplňkovou výživu (Fabek Uher et al., 2023).

2.3 Hydroponické pěstování

Hydroponické systémy jsou často využívány pro pěstování microgreens zejména v městských farmách a skleníkových podmínkách. Domácí pěstitelé obvykle používají pěstební rohože umístěné v plastových tácech, které vyžadují každodenní ruční zavlažování (ENSSLE, 2020).. Systém hydroponie je technologie, díky které jsme schopni lépe kontrolovat zásobování vodou a živinami pro rostliny. Díky tomuto způsobu je možné docílit lepší produktivity rostlin a snížení používání pesticidů. Využívá minerální roztoky hnojiv a bohaté zdroje kyslíku k pěstování rostlin bez nutnosti substrátu (Bito et al., 2013). Kromě toho umožňuje hydroponický způsob pěstování vyšší kontrolu nad růstovým prostředím a kvalitou výsledného produktu, čímž přispívá k udržitelnosti produkce. Vhodným doplňkem je využití přírodních vláknitých materiálů jako celulósová buničina či konopná vlákna, které snižují ekologickou zátěž oproti syntetickým substrátům (ENSSLE, 2020). Některé studie však naznačují, že microgreens pěstované na organických substrátech, jako je vermikompost, mohou mít vyšší obsah určitých živin ve srovnání s těmi pěstovanými hydroponicky. Například výzkum ukázal, že microgreens salátu a zelí pěstované na vermikompostu měly vyšší koncentrace minerálů než ty pěstované hydroponicky, přičemž obě varianty překonaly nutriční hodnoty zralé zeleniny zakoupené v obchodě. Tato zjištění naznačují, že volba pěstebního média může významně ovlivnit nutriční profil microgreens (Bito et al., 2013).

2.4 Aquaponické pěstování

Akvaponie kombinuje hydroponii (pěstování rostlin ve vodě bez půdy) a akvakulturu (chov ryb) do uzavřeného recirkulačního systému. Tento systém umožňuje efektivní využití vody a živin, čímž minimalizuje odpad a zajišťuje udržitelnou produkci potravin. V postpandemické éře, kdy je důraz na lokální a ekologické potraviny silnější než kdy dříve, může akvaponie nabídnout soběstačné a ekonomicky výhodné řešení pro městské i venkovské oblasti (Okomoda et al., 2023). Princip fungování aquaponického systému je znázorněn na následujícím schématu (Obr. 1).



Obrázek 1 Schéma aquaponického pěstování (CroquePousse, n.d.)

Výsledky nedávné studie autorů de Souza Sá et al., potvrzují potenciál aquaponických systémů nejen pro udržitelnou produkci zeleniny, ale i pro integrovaný chov sladkovodních živočichů. Ve studii byl testován model spojující pěstování microgreens (*Eruca sativa*, *Brassica oleracea*, *Amaranthus paniculatus* a *Beta vulgaris*) s chovem krevet *Macrobrachium amazonicum* v recirkulačním systému. Microgreens pěstované s využitím odpadní vody z chovu krevet dosahovaly signifikantně vyšších výnosů než kontrolní skupiny zavlažované čistou vodou. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo u brukvovitých druhů, přičemž *Brassica oleracea* vykázala výnos až 2180,69 g/m². Studie také potvrdila zlepšení nutriční kvality rostlin, vyšší koncentraci dusičnanů a zvýšenou elektrickou vodivost vody v důsledku přítomnosti živočišné složky systému. Kromě toho krevety dosahovaly vysoké

míry přežití (90 %) a ziskového růstu během 13denní kultivace, což ukazuje na vhodnost tohoto typu integrace i z hlediska akvakulturní efektivity. Důležitým zjištěním byla nutnost pečlivého monitorování parametrů vody, jako je pH, koncentrace rozpuštěného kyslíku a amoniaku, které významně ovlivňují vývoj rostlin i živočichů. Tato práce poskytuje cenné důkazy o tom, že integrovaný chov *M. amazonicum* s produkcí microgreens v systému s kokosovým substrátem může představovat životaschopný model pro ekologickou, prostorově úspornou a výnosnou produkci funkčních potravin v tropických oblastech (Guerreiro et al., 2024).

2.5 Vertikální pěstování

Pěstitelé microgreens často využívají vertikální uspořádání táců k optimalizaci využití prostoru. Tato metoda je vhodná pro pěstování jak v půdě, tak bez substrátu a efektivně využívá dostupný prostor. Při jejím použití je však třeba zvážit vhodnost pěstebního prostředí a možnost bezpečného přístupu do vyšších pater regálů (ENSSLE, 2020).

Díky tomuto prostorově úspornému řešení je možné pěstovat microgreens i v menších městských interiérech, jako jsou firmy, gastronomická zařízení nebo komunitní prostory. Takový způsob pěstování navíc minimalizuje plýtvání vodou a dalšími zdroji, obejde se bez chemických postřiků a je šetrný k životnímu prostředí, čímž přispívá k udržitelnému způsobu produkce čerstvých potravin (MicrogreensFarm na míru, *n.d.*).

V rámci této diplomové práce byly vzorky microgreens získány z kontrolovaného prostředí laboratoří MoraviaLab s.r.o. (Ostrava, ČR), kde byla aplikována technologie vertikálního pěstování (Obr. 2). Tento moderní systém využívá vícepodlažní konstrukci s optimalizovaným osvětlením, řízenou teplotou a vlhkostí, čímž umožňuje celoroční produkci bez závislosti na klimatických podmínkách. Díky eliminaci vnějších vlivů, jako jsou kolísání denního světla, teplotní výkyvy nebo kontaminace z okolního prostředí, lze v tomto systému dosáhnout vysoké míry reprodukovatelnosti a standardizace podmínek pro růst rostlin. Tato stabilita je zásadní zejména pro analytické účely, protože umožňuje sledovat rozdíly v obsahu bioaktivních látek, konkrétně polyfenolických sloučenin, s minimálním rušením vnějšími proměnnými. Vertikální pěstování se v posledních letech ukazuje jako perspektivní technologie pro produkci microgreens nejen ve výzkumu, ale i v komerční sféře, a to zejména v městských farmách, kde představuje efektivní řešení z hlediska prostoru, zdrojů a výnosu. (MicrogreensFarm na míru, *n.d.*; MoraviaLab s.r.o., 2025)



Obrázek 2 Vertikální pěstební systém MoraviaLab s.r.o. (MoraviaLab s.r.o., 2025)

2.6 Osvětlení

Producenti microgreens často preferují pěstování v interiéru místo denního přirozeného světla. Řízený systém osvětlení nabízí četné výhody, jako je zvýšení výnosu pěstování, lepší kvalitativní vlastnosti rostlin a ochrana pěstebního prostředí. Zároveň také světlo hraje významnou roli při tvorbě fytochemikálií v microgreens (Gunjal et al., 2024). Světlo je klíčovým faktorem pro růst rostlin, jelikož poskytuje energii nezbytnou pro fotosyntézu. Světelné diody (LED) jsou dnes nejrozšířenějším zdrojem osvětlení a představují slibnou, efektivní a ekologicky šetrnou technologii pro pěstování microgreens. Navíc jsou ekonomické a snadno ovladatelné, což umožňuje přesné nastavení intenzity a spektra světla. Bylo prokázáno, že vztah mezi kvalitou světla a reakcí rostlin závisí na konkrétní odrůdě a růstové fázi (Dereje et al., 2023). Ve studii z roku 2023, která hodnotila vliv světelných režimů na koncentraci bioaktivních sloučenin u řepky bylo použito červeno-modré světlo (RB) a širokospektrální bílé světlo (W). Pro hodnocení byly zvoleny hodnoty celkových polyfenolů, flavonoidů a antioxidační kapacita extraktů z rostlin pěstovaných v těchto dvou podmínkách. Pomocí metody FRAP bylo zjištěno, že celková antioxidační kapacita extraktů byla výrazně vyšší v zelenině, u které bylo použito RB osvětlení ve srovnání se zeleninou, které byly pěstovány pod UV světlem. To jasně ukazuje, že použití RB světla zvyšuje antioxidační kapacitu microgreens. Mimo jiné bylo prokázáno, že koncentrace celkových fenolických látek a flavonoidů byla stejně tak vyšší u microgreens osvětlených RB světlem. Výběr vhodného osvětlení má signifikantní vliv na kvalitu a množství bioaktivních sloučenin

a je zde tedy možné říct, že červeno-modré světlo je nejvhodnější volbou (Paolillo et al., 2023; Seth et al., 2025).

Tabulka 4 Požadavky na světelné podmínky (kvalita a kvantita) různých microgreens (Seth et al., 2025)

Přirozené světlo/sluneční světlo Fotoperioda: 10–11,5 hodin Intenzita světla: 2500–4400 lux Teplota: 12–35 °C Relativní vlhkost: 65–90 % Čeleď: <i>Brassicaceae</i>, <i>Apiaceae</i>, <i>Fabaceae</i>, <i>Asteraceae</i>, <i>Brassicaceae</i>, <i>Chenopodiaceae</i>, <i>Amaryllidaceae</i>	Bílé fluorescenční světlo Fotoperioda: 12 hodin Intenzita světla: 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ Teplota: 24–25/18–20 °C (den/noc) Relativní vlhkost: 60–70% Čeleď: <i>Brassicaceae</i>
LED světlo Fotoperioda: 12–17 hodin Intenzita světla: 30–300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ Teplota: 18–30/17–18 °C (den/noc) Relativní vlhkost: 65–80 % Čeleď: <i>Brassicaceae</i>, <i>Poaceae</i>, <i>Chenopodiaceae</i>, <i>Apiaceae</i>, <i>Fabaceae</i>, <i>Asteraceae</i>, <i>Lamiaceae</i>	Vysokotlaké sodíkové lampy Fotoperioda: 12–16 hodin Intenzita světla: 420 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ Teplota: 20–24/17–22 °C (den/noc) Relativní vlhkost: 60–80% Čeleď: <i>Amaranthaceae</i>, <i>Apiaceae</i>, <i>Brassicaceae</i>, <i>Lamiaceae</i>, <i>Asteraceae</i>

3 BIOAKTIVNÍ SLOUČENINY

Benefity plynoucí z rostlinné stravy jsou neoddiskutovatelné a počet výzkumů na toto téma výrazně roste. Moderní společnost si již uvědomuje, jaké výhody nám rostlinná výživa poskytuje a hledá způsoby, jak z toho profitovat (Mihaylova et al., 2024). Bioaktivní sloučeniny jsou charakterizovány schopností vyvolávat biologickou aktivitu, která přispívá k metabolickým změnám a má pozitivní vliv na lidské zdraví. Tyto účinky mohou zahrnovat zlepšení určitých fyziologických funkcí nebo snížení rizika vzniku některých onemocnění. Mezi příklady těchto sloučenin, patří minerální látky, vitamíny a další látky známé jako fytochemikálie. Mezi fytochemikálie se řadí například kyselina listová, karotenoidy, terpenoidy, fenolické sloučeniny, glukosinoláty a fytosteroly (Fernández-Ochoa et al., 2022).

Obrázek 3 Biologický potenciál microgreens (Partap et al., 2023)

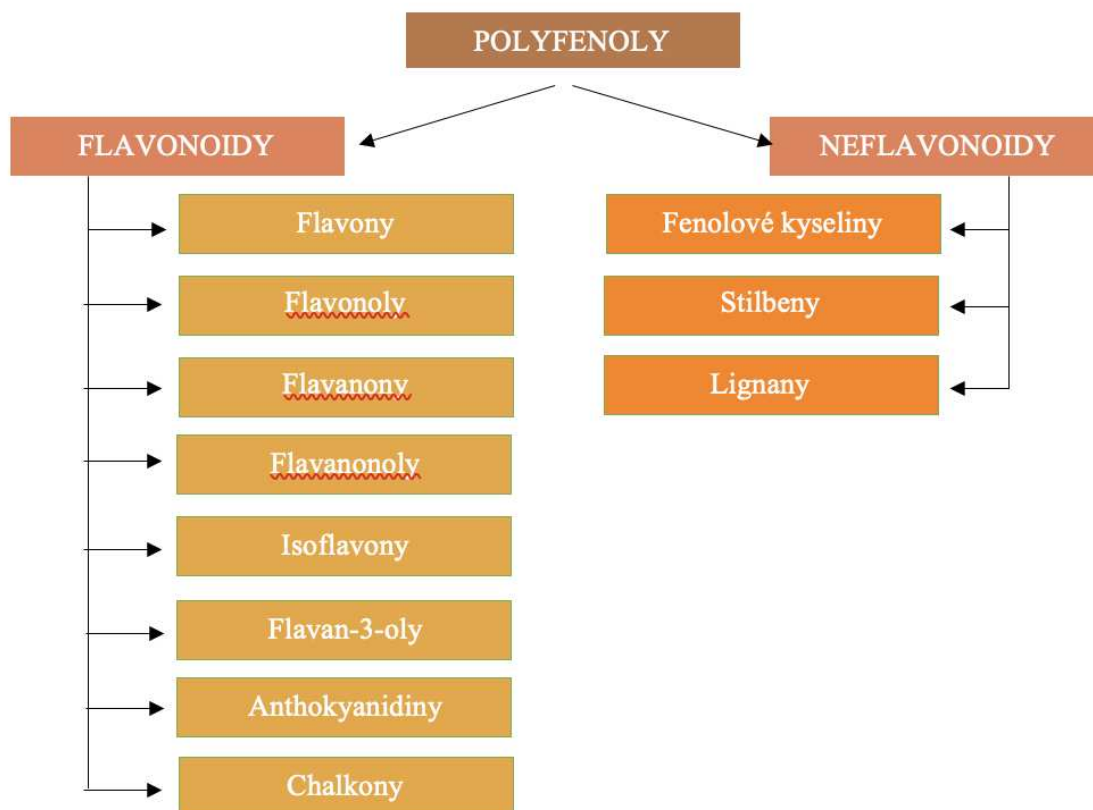


3.1 Přírodní fenolické látky

Fenolové sloučeniny hrají v rostlinách významnou roli, nejen v obranných reakcích proti patogenům, ale také v ochraně před stresovými faktory, jako je UV záření nebo mechanické poškození. Kromě jejich bioaktivních vlastností, které zahrnují antioxidační, protizánětlivé a antimikrobiální účinky, mohou fenolové sloučeniny také ovlivnit růst rostlin a jejich interakce s okolním prostředím (García-Tenesaca et al., 2024). Jedná se o sekundární metabolity rostlin, které hrají klíčovou roli pro podporu lidského zdraví, významným způsobem ovlivňují senzorické znaky rostlin, jako jsou, chuť, aroma a barva (Dereje et al., 2023). Flavonoidy jsou v rostlinách hojně přítomné, zejména v druzích rodu *Brassica* (např. kapusta, brokolice), kde jsou nejběžnější podskupinou flavonoly a antokyany, které jsou známy pro své antioxidační účinky. Mezi další skupiny fenolických látek patří fenolické

kyseliny (hydroxyskořicové a hydroxybenzoové), které tvoří důležitou skupinu látek s potenciálními zdravotními výhodami (Cartea et al., 2011).

Obrázek 4 Členění fenolických sloučenin (Mukherjee a Chakraborty, 2021)



3.1.1 Flavonoidy

Biosyntéza flavonoidů je primárně řízena fenypropanoidní dráhou. Tyto sloučeniny se nacházejí v listech, květech, plodech a sazenicích. Flavonoidy jsou známé svými vlastnostmi v oblasti buněčného signalizování, antitrombogenními a neuroprotektivními účinky. Dále mají dobře prokázané účinky, jako jsou protizánětlivé, antivirové, antialergické, antihypertenzní, antikarcinogenní a hepatoprotektivní (Cartea et al., 2011).

Flavonoly jsou nejrozšířenější skupinou flavonoidů v rostlinné říši a v potravinách, přičemž hlavním zástupcem je kvercetin. Vyskytují se převážně ve vnějších pletivech rostlin a jejich biosyntéza je stimulována světlem. Flavony, jako luteolin a apigenin, jsou méně rozšířené, ale významné z hlediska antioxidačních a protizánětlivých účinků, přičemž hojně se vyskytují například v petrželi a celeru. Flavanony, zastoupené zejména naringeninem, hesperetinem a eriodiktyolem, jsou typické pro citrusové plody a vykazují antioxidační i protizánětlivé vlastnosti. Isoflavony, především genistein a daidzein, jsou obsaženy v luštěninách (zejména sóje) a fungují jako fytoestrogeny s vlivem na hormonální rovnováhu. Antokyany jsou vodorozpustná barviva odpovědná za červené, modré a fialové zabarvení plodů a zeleniny; vykazují silnou antioxidační aktivitu a významné účinky proti chronickým onemocněním. Flavanoly, mezi něž patří katechin a epikatechin, se vyskytují např. v čaji, čokoládě a jablkách, a spolu s jejich polymerními formami – proantokyanidiny – přispívají k antioxidační kapacitě a trpké chuti některých potravin (Giovannini a Brighenti, *n.d.*).

3.1.2 Neflavonoidy

Mezi neflavonoidní polyfenoly řadíme především fenolové kyseliny, stilbeny a lignany, které se od sebe liší strukturou i biologickou funkcí. Fenolové kyseliny lze rozdělit na deriváty kyseliny benzoové (např. kyselina gallová, protokatechuová) a deriváty kyseliny skořicové (např. kyselina ferulová a kávová). Tyto látky se vyskytují ve zvýšeném množství především v sušeném ovoci. Stilbeny jsou dalším typem neflavonoidů, z nichž nejznámější je resveratrol, přítomný ve formě *cis*- a *trans*-izomerů. V rostlinách funguje jako fytoalexin s antifungálními vlastnostmi, který napomáhá jejich obraně proti patogenům, zejména houbovým. Lignany vznikají oxidativní dimerizací dvou fenypropanových jednotek a patří mezi významné bioaktivní látky rostlinného původu. Hlavním dietárním zdrojem lignanů jsou lněná semena, která obsahují biologicky aktivní formy jako secoisolariciresinol a matairesinol (Mukherjee a Chakraborty, 2021).

Fenolové kyseliny

Fenolové kyseliny patří mezi přírodní sloučeniny s jednou karboxylovou skupinou. Dělí se na dvě hlavní podskupiny: hydroxybenzoové a hydroxyskořicové kyseliny. Mezi běžné hydroxyskořicové kyseliny patří kyselina chlorogenová, ferulová, kávová, *p*-kumarová a sinapová. Naopak vanilová, *p*-hydroxybenzoová, protokatechinová a syringová kyselina patří mezi hydroxybenzoové. Fenolové kyseliny se syntetizují fenylypropanoidovou cestou a mohou se vyskytovat ve volné, rozpustné konjugované i nerozpustné vázané formě. Po absorpci v gastrointestinálním traktu dochází k intenzivní metabolizaci kávové a ferulové kyseliny v lidském těle. Výzkumy ukázaly, že kyselina kávová má pozitivní účinky na různé druhy rakoviny, stejně jako na diabetes, obezitu a metabolický syndrom (Mihaylova et al., 2024).

Stilbeny

Stilbeny, mezi nimiž dominuje resveratrol, se v potravě vyskytují v malém množství, nejčastěji ve formě glykosidů. Resveratrol je produkován rostlinami jako obrana proti patogenům a nachází se zejména ve slupce červených hroznů, čímž přispívá k jeho obsahu v červeném víně a hroznové šťávě. Je známý svými antioxidačními a protinádorovými účinky (Giovannini a Brighenti, *n.d.*).

Lignany

Lignany vznikají spojením dvou fenylypropanových jednotek a hlavním dietárním zdrojem je lněné semínko, které obsahuje vysoké množství secoisolariciresinolu. Ve střevě jsou lignany metabolizovány na enterodiol a enterolakton, které mají biologickou aktivitu. Zájem o lignany roste zejména díky jejich možnému využití v prevenci a léčbě nádorových onemocnění (Giovannini a Brighenti, *n.d.*).

METODY MEŘENÍ

3.2 Spektrofotometrické stanovení antioxidační aktivity

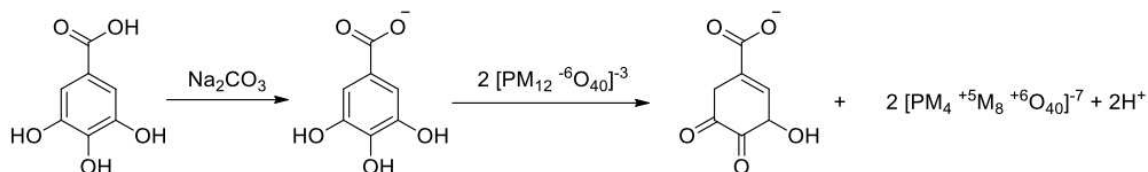
Antioxidační aktivita představuje schopnost jednotlivých sloučenin či směsí látek zpomalovat nebo zcela inhibovat oxidační degradaci jiných molekul, typicky například peroxidaci lipidů. V rámci hodnocení antioxidačního účinku je vhodné rozlišovat dva základní pojmy – antioxidační kapacitu a reaktivitu. Zatímco antioxidační kapacita vyjadřuje trvání účinku daného antioxidantu, jeho reaktivita charakterizuje rychlost nástupu antioxidačního procesu při určité koncentraci látky (Šulc et al., 2007).

V oblasti chemické analýzy a biologického hodnocení kvality rostlinných produktů byla v posledních letech vyvinuta řada metod umožňujících stanovit tzv. celkovou antioxidační aktivitu vzorku (TAC – total antioxidant capacity). Tyto metody jsou založeny na různých principech, často se výrazně liší v mechanismu účinku, a v praxi se uplatňují v celé řadě modifikací. V následující části budou blíže představeny dvě nejčastěji používané metody – se zhášením radikálů ABTS a DPPH, které patří mezi kolorimetrické radikálové testy a slouží k hodnocení schopnosti vzorku eliminovat tyto radikály (Šulc et al., 2007).

- **FOLIN-CIOCALTEŮV TEST**

Folin–Ciocalteuův test (FC) je běžně používaná kolorimetrická metoda pro stanovení celkového obsahu fenolických sloučenin (TPC, total phenolic content) v potravinách a rostlinných extraktech. Přestože byl původně vyvinut pro analýzu proteinů, později se osvědčil jako účinný nástroj pro kvantifikaci polyfenolů, zejména ve víně, a stal se standardní metodou v oblasti výživy, potravinářství i farmacie. Metoda je založena na reakci fenolických látek s Folin–Ciocalteuovým činidlem za tvorby modře zbarveného komplexu, jehož intenzita se měří spektrofotometricky. Díky své dostupnosti a jednoduchosti je široce využívána v laboratorní praxi i v oficiálních analýzách, například v Evropské unii pro hodnocení obsahu fenolů ve vínech (Munteanu a Apetrei, 2021).

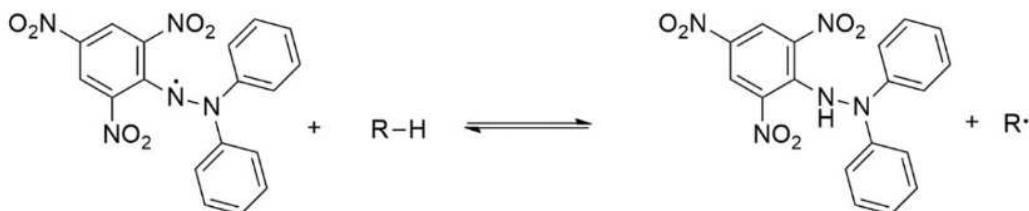
Obrázek 5 Reakce fenolických sloučenin s kyselinami v alkalickém prostředí (Munteanu a Apetrei, 2021)



• DPPH

Metoda se zhášením radikálu DPPH je běžně používaný kolorimetrický test, který umožňuje měřit schopnost antioxidantů vychytávat volné radikály. Využívá stabilní radikál DPPH•, jenž má výrazně fialovou barvu, která se po redukci antioxidantem mění na žlutou. Pokles absorbance se měří spektrofotometricky, obvykle při 517 nm. DPPH• je rozpustný v organických rozpouštědlech a reakce probíhá zpravidla při 37 °C ve tmě po dobu 30 minut. Výsledky poskytují informaci o schopnosti testované látky neutralizovat volné radikály (Bessada et al., 2015).

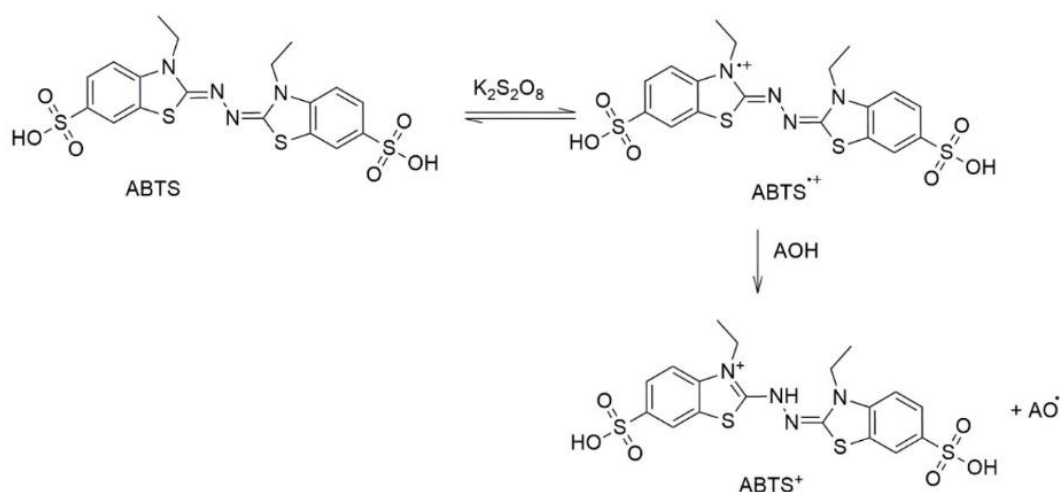
Obrázek 6 Reakce radikálu DPPH s donorem vodíku (Munteanu a Apetrei, 2021)



• ABTS

Metoda se zhášením radikálu ABTS patří mezi citlivé a široce používané spektrofotometrické techniky pro hodnocení celkové antioxidační aktivity vzorku. Je založena na schopnosti antioxidantů redukovat stabilní radikál ABTS•⁺, který vzniká oxidací ABTS pomocí například persíranu draselného. Tato reakce vede ke snížení intenzity zelenomodrého zabarvení, které se měří při vlnové délce 734 nm. Díky rozpustnosti radikálu ve vodných i organických rozpouštědlech umožňuje metoda stanovit antioxidační kapacitu jak hydrofilních, tak lipofilních látek. Výsledky se běžně vyjadřují jako ekvivalenty troloxu (TEAC – trolox equivalent antioxidant capacity) (Bessada et al., 2015).

Obrázek 7 Vznik radikálu ABTS^{•+} a následná reakce s antioxidantem (Munteanu a Apetrei, 2021)



3.3 Chromatografické stanovení polyfenolického profilu microgreens

- **VYSOKOÚČINNÁ KAPALINOVÁ CHROMATOGRAFIE (HPLC-DAD)**

Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) je široce používaná separační a analytická metoda pro identifikaci a kvantifikaci fenolických sloučenin v rostlinném materiálu. Běžně bývá spojena s detektory diodového pole či MS detektory, které umožňují přesnou analýzu různých tříd fenolických látek. HPLC systém se skládá z čerpadla (mobilní fáze), kolony (stacionární fáze) a detektoru. Princip separace vychází z rozdílné afinity jednotlivých sloučenin k mobilní a stacionární fázi, přičemž často bývá použita gradientová eluce – tedy postupné změny složení mobilní fáze (např. voda a acetonitril) pro dosažení lepší separace. Díky těmto vlastnostem je HPLC spolehlivým nástrojem pro analýzu bioaktivních sloučenin v přírodních produktech (Shi et al., 2022).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem této práce bylo analyzovat fenolický profil vybraných vzorků microgreens v průběhu růstu pomocí metod chemické analýzy. Konkrétně byly stanovovány následující parametry:

- a) Celkový obsah polyfenolických látek (TPC) – kvantifikace polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuovy metody.
- b) Antioxidační aktivita – hodnocení schopnosti vzorků eliminovat volné radikály DPPH a ABTS.
- c) Stanovení profilu polyfenolických sloučenin – analýza provedená pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC).

Tyto analýzy umožnily srovnat dynamiku změn v obsahu polyfenolů během růstového cyklu a posoudit antioxidační schopnost látek obsažených v microgreens.

5 METODIKA

5.1 Pomůcky, chemikálie a přístrojové vybavení

5.1.1 Chemikálie

Pro jednotlivé analýzy byly použity následující chemikálie:

Methanol p.a. (Lachner, s.r.o., ČR)

Redestilovaná voda

Folin-Ciocalteuovo činidlo (Penta, ČR)

Na_2CO_3 (20%) (Lukeš, ČR)

DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl) (Sigma Aldrich, Francie)

Trolox (Sigma Aldrich, Francie)

ABTS (2,2'-azinobis-(3ethyl-2,3dihydrobenzothiazol-6-sulfonová kyselina) (Sigma Aldrich, Francie)

$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (Lachner, s.r.o., ČR)

Kyselina octová (CH_3COOH) (Penta, ČR)

Octan sodný (CH_3COONa) (Penta ČR)

5.1.2 Pomůcky

Pro jednotlivé analýzy byly použity následující pomůcky:

Lékovky

Eppendorfký

Vialky

Běžné laboratorní sklo (odměrná baňka, pipeta, kádinka, zkumavky)

5.1.3 Přístrojové vybavení

Pro jednotlivé analýzy bylo použito následující přístrojové vybavení:

Analytické váhy Voyager PRO VP214C (OHAUS Corporation, Pine Brook, USA)

Ultrazvuková lázeň PS 04000A, Notus-Powersonic s.r.o., Slovenská republika

Spektrofotometr WPA S1200+ (Bio-chrom, s.r.o., SK)

Odstředivka Velocity 13 μ , Dynamics Scientific Ltd., Livingston, UK

Laboratorní mikropipety

Vysokotlaká kapalinová chromatografie (HPLC) – kapalinový chromatograf Dionex 3000, Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, USA

5.2 Certifikace a kvalita použitých semen

Semena použitá pro pěstování microgreens brokolice a ředkvičky byla poskytnuta firmou MoraviaLab s.r.o., která je získala od společnosti Golinucci Organic S.r.l. se sídlem v Itálii. Ke každému druhu byl dodán certifikát o mikrobiologické nezávadnosti, vystavený společností Sicural s.r.l., akreditovanou italskou laboratoří. Z těchto dokumentů vyplývá, že testované šarže splňují požadavky na bezpečnost semen určených k přímé konzumaci v čerstvém stavu. Certifikáty se týkají šarží:

- Broccoli Calabrese, Lot BM7131
- Radish Vulcano, Lot BM7179

Výsledky mikrobiologických testů neprokázaly přítomnost závažných patogenů (např. *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp.). Hodnoty běžné mikroflóry a plísní odpovídaly přirozenému rozsahu pro daný typ osiva. Osivo brokolice vykazovalo velmi nízký počet mikroorganismů (540 CFU/g při 30 °C), zatímco u ředkvičky byly hodnoty vyšší, avšak stále v mezích hygienické bezpečnosti. Všechny parametry splňují požadavky pro pěstování výhonků a microgreens v laboratorních i domácích podmínkách. (Certificate of Analysis – Broccoli Calabrese, Lot BM7131; Radish Vulcano, Lot BM7179)

5.3 Podmínky pěstování microgreens

Experiment byl realizován za tří rozdílných podmínek pěstování, které měly za cíl simulovat běžné domácí prostředí i profesionální kontrolované podmínky a porovnat jejich vliv na obsah bioaktivních látek v microgreens.

Denní světlo – běžné domácí podmínky: Tato varianta probíhala v prostředí s přirozeným denním osvětlením, umístěna poblíž okna se stabilním přístupem slunečního světla, bez umělého osvětlení či řízené regulace dalších faktorů. Cílem bylo simulovat jednoduché pěstování dostupné domácím pěstitelům bez speciálního vybavení.

UV lampa – běžné domácí podmínky: Druhá varianta rovněž probíhala v domácím/laboratorním prostředí, avšak s použitím umělého osvětlení (UV/LED lampa) se specifickým spektrem určeným k podpoře fotosyntézy a růstu rostlin. Tato metoda umožnila ovlivnit intenzitu a délku světelné periody, čímž bylo možné částečně eliminovat závislost na přirozeném denním světle.

Kontrolované podmínky (MoraviaLab s.r.o.): Ve třetí variantě byly rostliny pěstovány v profesionálním kontrolovaném prostředí vertikální farmy MoraviaLab (Ostrava, ČR). Pěstební proces zde probíhal pod dohledem odborného týmu firmy, který zajišťoval přesně řízené podmínky včetně konstantní teploty, vlhkosti, světelného režimu i přísunu živin. Tato varianta sloužila jako referenční z hlediska standardizace a reprodukovatelnosti výsledků, neboť minimalizovala vnější vlivy a poskytovala optimální prostředí pro růst microgreens.

V rámci experimentu byly použity vzorky microgreens brokolice a ředkvičky od firmy MoraviaLab s.r.o., které byly věnovány pro účely analýzy.

Zahájení experimentu pro všechny vzorky probíhalo stejným způsobem. První tři dny byly vzorky v naprostém temnu pouze zavlažovány. Poté byly rozděleny dle podmínek pěstování na denní světlo, pod lampu a v kontrolovaném prostředí se zahájilo svícení. Následně probíhal od pátého do devátého dne sběr a sušení sklizeného microgreens při pokojových podmínkách (20,9–25,3 °C), u všech vzorků stejně. Následně se vzorky nechaly volně ložené přibližně 48 hodin sušit na papíře a poté se pomocí mixéru rozmělnily do formy prášku. Podmínky pěstování jednotlivých variant jsou shrnuty v Tabulce 4.

Tabulka 5 Pěstební podmínky pro jednotlivé varianty

	Okno	Lampa	Laboratoř
Místo	Místnost s denním světlem	Místnost bez přístupu denního světla	Vertikální pěstební prostředí
Teplota vzduchu	21,9 ± 0,3 °C	21,75 ± 0,78 °C	22,2 °C
Vlhkost vzduchu	34,6 %	41 %	41 %
Osvětlení	Den/Noc, leden	Světlo/Tma 16:8, LED	Světlo/Tma 16:8, LED
Substrát	Celulóza	Celulóza	Celulóza
Zavlažování	Zálivka a postřik	Zálivka a postřik	Aeroponie

Hlavní specifikace použitých světel: Model: GP-GL02-25W, výkon: 25W. LED Typ 3 s barevným spektrem MIX (2100K:3000K:660nm = 1:1:1). Doporučené použití: Microgreens a saláty s instalační vzdáleností mezi světly a rostlinami: 30–40 cm.

Světelné spektrum hraje roli při růstu microgreens, protože jejich krátký vegetační cyklus (většinou 7–21 dní) vyžaduje přesně cílenou světelnou stimulaci. Teplá bílá složka spektra (2100 K) poskytuje měkké nažloutlé světlo, které je vhodné pro klíčení a počáteční růst, včetně vývoje kořenového systému. Neutrální bílá (3000 K), blízká přirozenému dennímu světlu, podporuje rovnovážný růst listové i kořenové části a stimuluje fotosyntézu v dalších fázích vývoje. Vlnová délka 660 nm spadající do červené oblasti spektra významně urychluje růst a zvyšuje obsah chlorofylu, čímž přispívá k vyšší produkci biomasy. Kombinace těchto složek ve vyváženém poměru (1:1:1) zajišťuje optimální světelné podmínky pro všechny růstové fáze. Tato konfigurace umožňuje rostlinám efektivní fotosyntézu, čímž dochází k rychlému klíčení, rovnoměrnému vývoji a zvýšené nutriční kvalitě. Barevné spektrum pozitivně ovlivňuje nejen rychlost růstu, ale i výslednou chuť, barvu a obsah bioaktivních látek v microgreens. Tyto poznatky byly potvrzeny experimenty provedenými ve spolupráci s laboratoří Moravia Lab s.r.o. (MoraviaLab s.r.o., 2025).

Hlavní specifikace kontrolovaného pěstebního prostředí (Controlled Environment Agriculture, CEA): Kontrolované pěstební prostředí představuje systém, v němž jsou růstové podmínky rostlin řízeny a optimalizovány za pomoci moderních technologií. Cílem je dosažení maximální kvality, výnosu a stability produkce bez ohledu na počasí, roční období či geografickou lokalitu. Je možné zajistit pěstování plodin celoročně a nezávisle na vnějších podmínkách. Mezi faktory, které jsou řízeny, patří světlo – jeho intenzita, délka osvětlení a spektrální složení, často za použití LED osvětlení. Dále je důležitá stabilní regulace teploty (během dne, noci), optimální vlhkost vzduchu přizpůsobená jednotlivým růstovým fázím rostlin, a efektivní proudění vzduchu zajišťující prevenci výskytu plísní a rovnoměrné mikroklima. Tento způsob pěstování přináší maximalizaci výnosu a kvality produkce, úsporu vody a půdy díky vyšší efektivitě vstupů, možnost celoroční produkce bez závislosti na klimatických podmínkách a významné snížení potřeby pesticidů díky uzavřenému prostředí. Kontrolované pěstební systémy umožňují rozvoj městského zemědělství, například formou střešních či indoor farem, a představují tak udržitelnou alternativu pro produkci čerstvých potravin v urbanizovaných oblastech (zdroj: Moravia Lab s.r.o.).

5.4 Fotodokumentace růstu microgreens

V této kapitole je prezentována detailní vizuální dokumentace růstu dvou vybraných druhů microgreens – ředkvičky (*Raphanus sativus*) a brokolice (*Brassica oleracea* var. *italica*). Pro každý z nich jsou vedle sebe zobrazeny snímky po 5., 6., 7., 8. a 9. dni pěstování, což umožňuje sledovat morfologické změny v čase a porovnat dynamiku vývoje těchto dvou kultivarů. Fotografie byly pořízeny za standardizovaných světelných a teplotních podmínek, aby zachytily skutečný průběh klíčení, růstu kotyledonů a prvních pravých listů.



Obrázek 8 Ředkvička a brokolice 5. den růstu



Obrázek 9 Ředkvička a brokolice 6. den růstu



Obrázek 10 Ředkvička a brokolice 7. den růstu



Obrázek 11 Ředkvička a brokolice 8. den růstu



Obrázek 12 Ředkvička a brokolice 9.den růstu

5.5 Příprava fenolických extraktů brokolice a ředkvičky

Z každého sušeného vzorku microgreens, který byl sklizen v rozmezí 5-9 den růstu byla na analytických vahách odvážena hmotnost $1,50 \pm 0,01$ g, která byla umístěna do tmavých skleněných lékovek pro minimalizaci světelné degradace fenolických sloučenin. K extrakci bioaktivních látek byl použit 80% metanol jako extrakční rozpouštědlo v množství 20 ml. Extrakce probíhala v ultrazvukové lázni po dobu 60 minut, přičemž teplota extrakčního činidla nepřesáhla 40 °C. Po extrakci byl vzorek extraktu převeden do zkumavek o objemu 5 ml (Eppendorf). Vzorky byly následně centrifugovány při $22\,300\times g$ po dobu 10 minut. Získaný supernatant byl opatrně oddělen Pasteurovou pipetou a uskladněn v eppendorfkách v lednici při 8 °C, kde byl skladován max po dobu tří dnů do analýzy pro spektrofotometrické stanovení. Pro analýzu metodou HPLC byl čerstvě připravený supernatant bezprostředně po centrifugaci převeden do vialek, přičemž před plněním byl přefiltrován přes stříkačkový syringe filtr nylon o velikosti pórů 0,22 μm za účelem odstranění případných jemných částic nečistot.

5.6 Metoda Folin-Ciocalteu

Stanovení celkových polyfenolů bylo provedeno pomocí Folin-Ciocalteuovy metody, jejíž princip je popsán v kapitole 4.1. Nejprve byl připraven slepý vzorek smícháním 5 ml redestilované vody, 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla a 1,5 ml 20% roztoku Na_2CO_3 v odměrné baňce o objemu 10 ml, která byla následně doplněna redestilovanou vodou po rysku. Při vlastním stanovení byl do odměrné baňky s destilovanou vodou nejdříve přidán extrakt vzorku (jehož objem byl stanoven individuálně podle typu vzorku a pohyboval se v objemech od 50 do 100 μl), následně byla přidána stejná množství činidel jako u slepého vzorku. Po doplnění redestilovanou vodou do konečného objemu byla směs inkubována v temnu po dobu 30 minut při laboratorní teplotě. Následně byla měřena absorbance na spektrofotometru WPA S1200 při vlnové délce 765 nm (Bafumo et al., 2024). Kalibrační křivka byla sestrojena jako závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové (0–800 mg/l), kdy bylo postupován stejně jako u vzorku, jen byla přidána daná koncentrace standardu kyseliny gallové. Výsledné hodnoty celkových polyfenolů byly přepočteny dle rovnice lineární regrese na mg GAE/g.

5.7 Stanovení antioxidační aktivity metodou se zhášením radikálu DPPH

Zásobní roztok byl připraven rozpuštěním 0,024 g DPPH ve 100 ml metanolu. Pro přípravu pracovního roztoku bylo odměřeno 10 ml zásobního roztoku a doplněno 45 ml metanolu. Roztok byl důkladně promíchán. Do jednotlivých zkumavek bylo pipetováno po 4 ml pracovního roztoku DPPH, ke kterému byl přidán extrakt vzorku. Objem přidaného extraktu byl optimalizován na základě intenzity zabarvení reakční směsi – čím výraznější bylo odbarvení, tím menší objem extraktu byl použit – bylo použito množství od 20 do 30 μ l. Reakční směsi byly inkubovány ve tmě po dobu 1 hodiny při laboratorní teplotě. Následně byla měřena absorbance na spektrofotometru při vlnové délce 515 nm. Před vlastní analýzou byla stanovena absorbance slepého vzorku (metanol) a pracovního roztoku DPPH bez přídavku extraktu (A_0). Výsledky byly vyjádřeny jako procento inaktivace radikálů, přepočítané dle vztahu 1, kde A_0 je absorbance pracovního roztoku a A_1 je absorbance vzorku. Kalibrační křivka byla sestrojena jako závislost inaktivace (%) na koncentraci standardu troloxu (0–160 μ g/ml) a postup při měření byl shodný se vzorkem. Z rovnice lineární regrese byla hodnota antioxidační aktivity vyjádřena jako mg TE/g.

$$\text{Inaktivace [\%]} = ((A_0 - A_1) / A_0) \times 100 \quad (1)$$

5.8 Stanovení antioxidační aktivity se zhášením radikálu ABTS

Příprava radikálového roztoku ABTS

Pro generaci radikálového kationtu $\text{ABTS}^{+\bullet}$ bylo přesně odváženo 0,09 g ABTS a rozpuštěno v 50 ml redestilované vody. K tomuto roztoku byl přidán 1 ml roztoku peroxodisíranu draselného ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) o koncentraci 0,06 mol/l. Směs byla inkubována v temnu při laboratorní teplotě po dobu 16 hodin, aby došlo k úplné tvorbě radikálů.

Příprava pufru

Octanový pufr o pH 4,3 byl připraven smícháním 11,44 ml kyseliny octové (0,2 mol/l) a 13,61 g octanu sodného rozpuštěného v 500 ml redestilované vody. Konečný pufr vznikl smísením 1 l roztoku kyseliny octové s 465,2 ml roztoku octanu sodného.

Příprava reakční směsi a měření

Reakční směs byla připravena smícháním 1365 ml octanového pufru s 35 ml aktivovaného ABTS roztoku. Absorbance této směsi byla změřena při $\lambda = 734$ nm (A_0). Následně bylo do 4 ml této směsi přidáno 5–100 μ l extraktu vzorku, v závislosti na intenzitě reakce. Směs byla inkubována ve tmě po dobu 30 minut, poté byla změřena absorbance při 734 nm (A_1).

Výpočet antioxidační aktivity

Procentuální inaktivace radikálu ABTS⁺• byla vypočtena podle stejného vztahu 1, jako u zhášení radikálu DPPH, stejně tak proběhla kalibrace pomocí troloxu, kdy jeho koncentrace byla 0–0,4 mg/ml. Výsledek byl vyjádřen taktéž v ekvivalentech troloxu.

5.9 Stanovení polyfenolického profilu metodou HPLC

K analýze polyfenolického profilu microgreens byla využita kapalinová chromatografie. Vzorky byly analyzovány na přístroji HPLC (Thermo Scientific Dionex Ultimate 3000; MA, USA) sestávajícího z Thermo Scientific Dionex UltiMate 3000 detektoru diodového pole typu DAD-3000RS, UltiMate 3000 rychlého separačního autosampleru, binárního čerpadla HP-300RSG-3x a selekce podle HP-300RSG-3 me. Kolona Kinetex C18 (150 × 4,6 mm; 2,6 µm, Phenomenex, distributor Chromservis, Praha, Česká republika) byla použita při 30 °C (Kotásková et al., 2016).

Pro separaci byla využita kolona Kinetex C18 (150 × 4,6 mm; částice 2,6 µm; Phenomenex, ČR), která byla temperována na 30 °C. Mobilní fáze byla tvořena dvěma rozpouštědly: A – redestilovaná voda s 1 % kyseliny octové, a B – směs redestilované vody, acetonitrilu a kyseliny octové v poměru 67:32:1. Průtok mobilní fáze byl konstantní po celou dobu analýzy a nastaven na 1 ml/min. Gradientový eluční program měl následující průběh: 0 min – 10 % B, 0–10 min – zvýšení na 20 % B, 10–16 min – na 40 %, 16–20 min – na 50 %, poté pokles na 0 % B (25–27 min) a následně opětovné zvýšení na 70 % mezi 30. a 40. minutou. V závěrečné fázi (40–45 min) se koncentrace B vrátila zpět na výchozích 10 %. Detekce probíhala při vlnové délce 275 nm. Kalibrační křivky byly zkonstruovány v rozmezí 0,05–150,0 µg/ml a vykazovaly vynikající linearitu s korelačními koeficienty vyššími než 0,9996. Identifikace jednotlivých fenolických látek byla založena na porovnání retenčních časů a metodě standardního přídatku. Získaná data byla zpracována pomocí softwaru Chromeleon™ 7.2 (Thermo Scientific, MA, USA) (Sumczynski et al., 2017).

5.10 STATISTICKÁ ANALÝZA

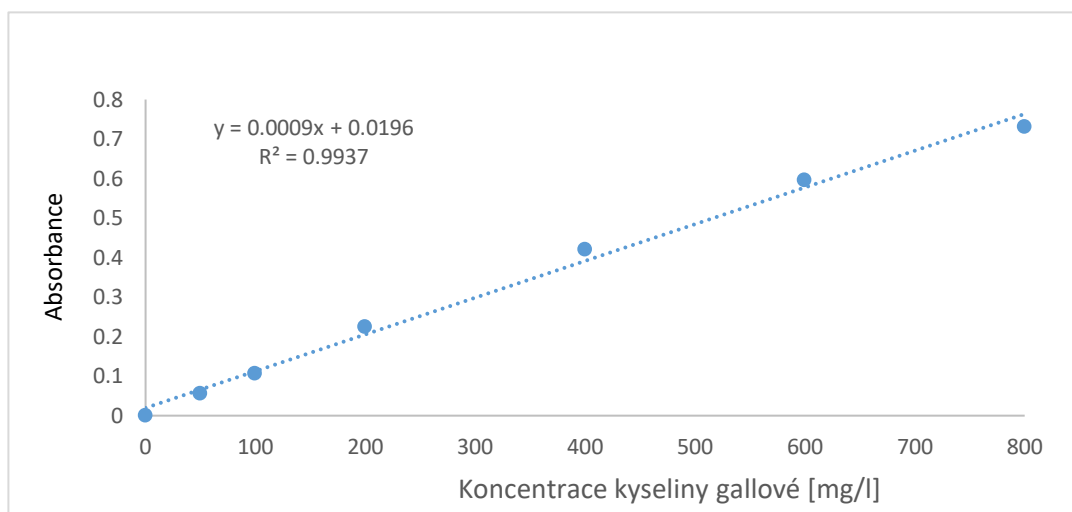
Naměřené hodnoty jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr ± standardní odchylka (SD), přičemž každé stanovení bylo provedeno v několika opakováních (3–8) u téhož vzorku. Pro posouzení statisticky významných rozdílů mezi jednotlivými dny růstu byl použit

parametrický t -test pro porovnání středních hodnot dvou nezávislých skupin (Studentský t -test). Hladina statistické významnosti byla stanovena na 5 % ($p < 0,05$). Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) (Sumczynski et al., 2017).

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

6.1 Stanovení celkového obsahu polyfenolů (TPC)

Stanovení celkového obsahu polyfenolů metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem proběhlo u 50 extraktů vzorků microgreens sušené brokolice a ředkvičky. Celkově 25 vzorků brokolice a 20 vzorků ředkvičky pěstovaných v pokojových podmínkách a 5 laboratorně. Naměřené hodnoty byly poté přepočítány na standard kyseliny gallové a byly vyjádřeny jako ekvivalent kyseliny gallové v miligramech na gram vzorku. Pro sestavení kalibrační křivky byly použity standardní roztoky kyseliny gallové v koncentracích 50, 100, 200, 400, 600 a 800 mg/l, které byly proměřeny stejným způsobem jako vzorky. Kalibrační křivka byla vytvořena na základě závislosti absorbance na koncentraci kyseliny gallové a regresní rovnice byla využita k výpočtu koncentrace celkových polyfenolů ve vzorcích. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalenty kyseliny gallové (mg GAE/g). Kalibrační křivka je zobrazena v Grafu 1.



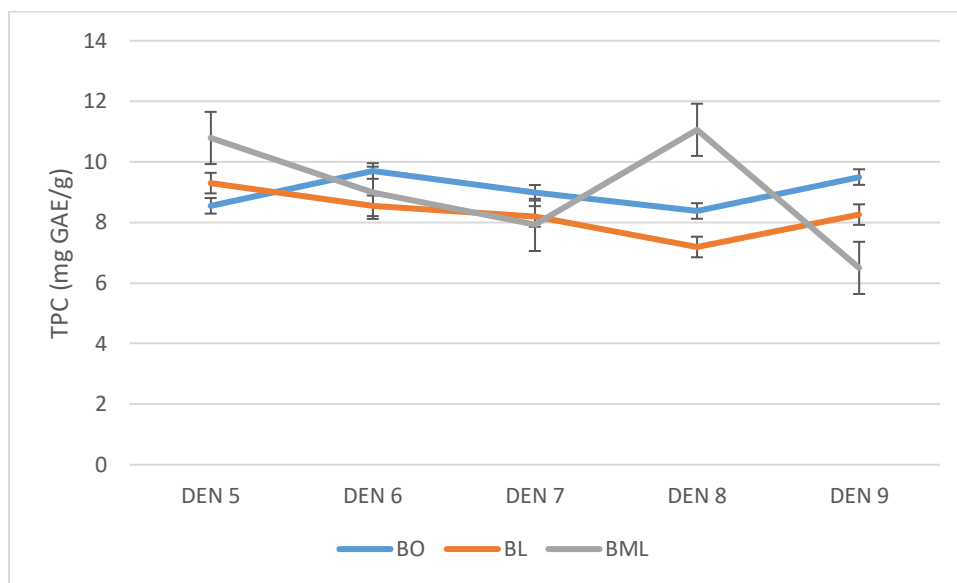
Graf 1 Kalibrační závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové

6.1.1 Srovnání celkového obsahu polyfenolů (TPC) v průběhu dnů

Extrakty analyzovaných vzorků microgreens byly připraveny ze sušeného rostlinného materiálu, který byl sbírán postupně od 5. do 9. dne růstu. Vzorky brokolice a ředkvičky byly pěstovány v podmínkách na okenním parapetu, pod LED lampou v pokojových podmínkách a také v kontrolovaných podmínkách Moravia Lab s.r.o.

- **Srovnání TPC u vzorků brokolice (okno, lampa, kontrolované podmínky)**

Ve vzorcích brokolice pěstované po dobu 5 až 9 dní byl sledován vývoj celkového obsahu polyfenolů (TPC), přičemž byly porovnávány dvě varianty podmínek pěstování: na okenním parapetu (BO, brokolice okno) a pod umělým osvětlením (BL, brokolice lampa) viz Graf 2. Všechny vzorky byly po sklizni vysušeny a analyzovány ve třech až čtyřech replikacích pro každý den a podmínku.



Graf 2 Porovnání TPC u vzorků brokolice v průběhu 5 dnů

Ve vzorcích brokolice pěstovaných v odlišných podmínkách (BO – na okenním parapetu, BL – pod umělým osvětlením, BML – v kontrolovaném prostředí) byl v průběhu pěti dnů sledován vývoj celkového obsahu polyfenolů (TPC) (Graf 2). U vzorků pěstovaných na okně (BO) byl pozorován nárůst obsahu TPC během šestého dne pěstování, následovaný postupným poklesem až do osmého dne a následným opětovným zvýšením devátý den. Podobný trend byl zaznamenán i u vzorků pěstovaných pod umělým osvětlením (BL), kde však byl pokles hodnot TPC mezi šestým a osmým dnem výraznější. Vzorky pěstované v kontrolovaném prostředí (BML) vykazovaly obecně vyšší hodnoty TPC po celé sledované období, přičemž nejvyšší obsah byl zaznamenán v osmém dni pěstování. Vyšší hodnoty TPC u varianty BL v počátečních dnech mohou souviset s vlivem světelného stresu v důsledku působení intenzivního umělého osvětlení, které stimuluje syntézu sekundárních metabolitů (Idris et al., 2018). Navýšení TPC v šestém dni pěstování (druhý den sklizně) u varianty BO může být spojeno s vrcholem syntézy fenolických látek, ke kterému dochází v raných fázích vývoje rostlin (Pajak et al., 2014). Poslední den sklizně naznačuje stabilizaci metabolických procesů v rostlině, spojenou s nástupem tvorby listů a změnou růstových fází, což

je doprovázeno zvýšením produkce sekundárních metabolitů jako odpověď na stres (Isah, 2019).

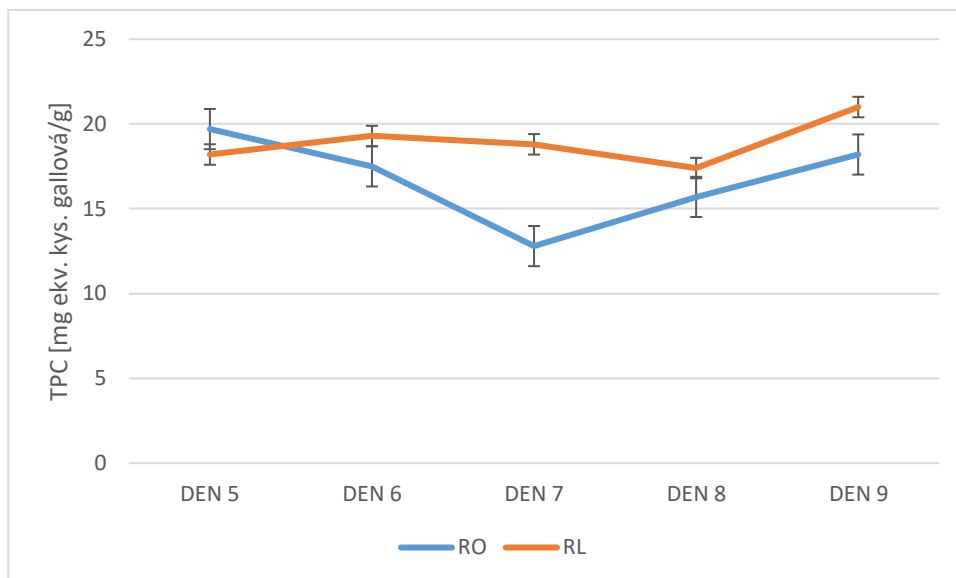
Naopak rostliny pěstované v kontrolovaném prostředí vykazovaly konzistentně vyšší obsah TPC po celou dobu experimentu. Tento výsledek lze přisoudit stabilitě pěstebních podmínek (teplota, vlhkost, fotoperioda, světelné spektrum) a absenci vnějších stresorů, které by mohly negativně ovlivnit růst či metabolismus rostlin. Přesto může mírný stres, jako je světelná zátěž nebo mírné kolísání podmínek, vést k adaptivní metabolické odpovědi rostliny ve formě zvýšené biosyntézy antioxidantů (Kyriacou et al., 2019; Le et al., 2020)(Le et al., 2020).

Dále je důležité poznamenat, že obsah polyfenolů v microgreens může být ovlivněn nejen pěstebními podmínkami, ale také genetickými faktory a vývojovým stádiem rostliny. Studie ukazují, že různé odrůdy brokolice mohou vykazovat odlišné profily polyfenolů a že obsah těchto sloučenin se může měnit během růstu rostliny (Di Bella et al., 2020).

Z hlediska praktického využití těchto poznatků je zřejmé, že optimalizace pěstebních podmínek může být klíčová pro zvýšení nutriční hodnoty microgreens. Kontrolované prostředí umožňuje přesné nastavení faktorů, které podporují biosyntézu polyfenolů, což může vést k produkci funkčních potravin s vyšším obsahem zdraví prospěšných látek.

- **Srovnání TPC u vzorků ředkvičky (okno, lampa)**

Ve vzorcích ředkvičky pěstované po dobu 5 až 9 dní byl sledován vývoj celkového obsahu polyfenolů (TPC), přičemž byly porovnávány dvě varianty podmínek pěstování: na okenním parapetu (RO) a pod umělým osvětlením (RL) (Graf 3). Všechny vzorky byly po sklizni vysušeny a analyzovány ve třech až čtyřech replikacích pro každý den a podmínku.



Graf 3 Porovnání TPC u vzorků ředkvičky (okno, lampa) v průběhu dnů

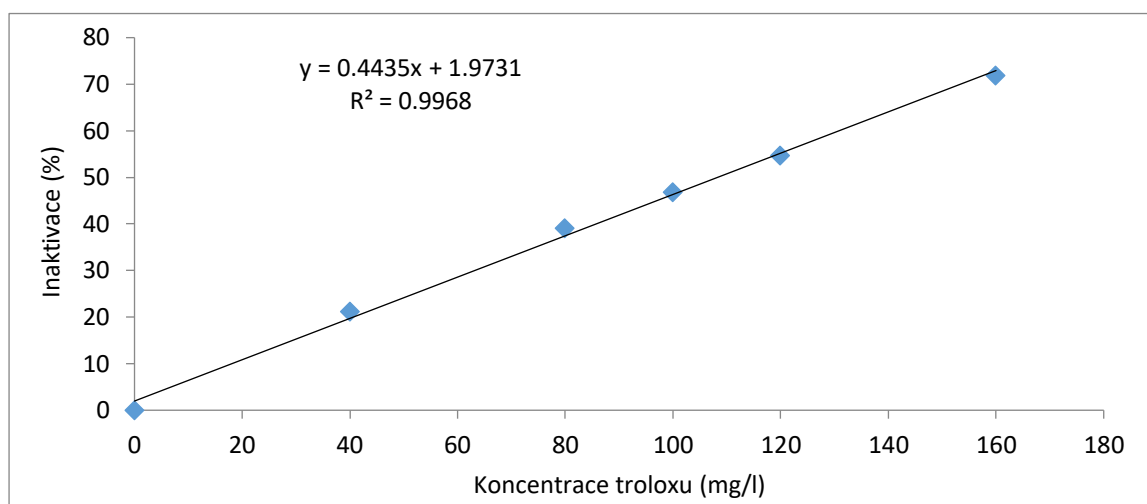
Vývoj celkového obsahu fenolických látek (TPC) byl sledován u ředkvičky pěstované v odlišných podmínkách – na okenním parapetu (RO) a pod umělým osvětlením (RL) – v průběhu pěti dnů pěstování (Graf 3). Na základě spojnicového grafu je patrné, že hodnoty TPC u obou variant v průběhu času kolísaly, přičemž u varianty RL bylo ve většině dní dosaženo vyšších hodnot než u varianty RO.

V prvních dnech pěstování byly hodnoty TPC u obou variant srovnatelné, avšak od šestého dne se začal u vzorků pěstovaných pod lampou (RL) projevovat stabilnější obsah fenolických látek, zatímco u vzorků na okně (RO) byl patrný mírný pokles. Nejnižších hodnot (RL) bylo dosaženo osmý den, nicméně varianta RL si i v tomto období zachovala vyšší koncentraci. Devátý den byl zaznamenán opětovný nárůst obsahu fenolů, přičemž u RL bylo dosaženo nejvyšší hodnoty v celém sledovaném období.

Vyšší obsah TPC u varianty RL může být přičítán vlivu konstantního umělého osvětlení, které poskytovalo optimální podmínky pro syntézu sekundárních metabolitů (Idris et al., 2018). Studie ukazují, že kvalita a intenzita světla hraje klíčovou roli v biosyntéze fenolických látek, přičemž modrá a červená složka spektra výrazně podporují produkci antioxidantů (Paolillo et al., 2023). Stabilnější a vyšší obsah TPC u varianty RL by tak mohl být důsledkem světelné stimulace, která podporovala ochranné metabolické dráhy rostlin i v pozdějších fázích růstu.

6.2 Stanovení antioxidační aktivity metodou se zhášením radikálů DPPH

Stanovení antioxidační aktivity (AOA) metodou se zhášením radikálů DPPH bylo provedeno u 50 extraktů vzorků microgreens sušené brokolice a ředkvičky. Celkově 25 vzorků brokolice a 20 vzorků ředkvičky pěstovaných v pokojových podmínkách a 5 pěstovaných v kontrolovaném prostředí. Stanovení antioxidační aktivity bylo provedeno dle postupu, který je uveden v kapitole 7.3. Poté byla antioxidační aktivita vypočítána z rovnice lineární regrese. Pro kvantifikaci antioxidační aktivity byla sestavena kalibrační křivka na základě standardních roztoků troloxu v koncentracích 40, 80, 100, 120 a 160 mg/l. Každý standard byl zpracován stejným způsobem jako vzorky. Výsledky byly vypočteny na základě lineární regrese závislosti % inaktivace na koncentraci troloxu (Graf 4).



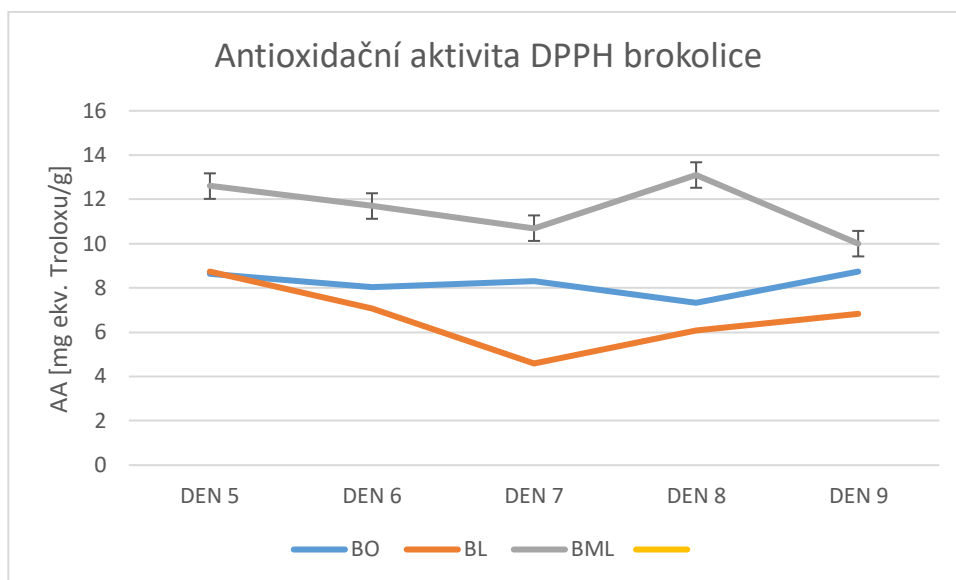
Graf 4 Kalibrační závislost úbytku absorbance (%) na koncentraci troloxu

6.2.1 Srovnání antioxidační aktivity metodou s DPPH v průběhu dnů

Postup přípravy extraktů byl shodný jako u stanovení celkového obsahu fenolických látek (TPC), tedy z vysušeného rostlinného materiálu sklizeného od 5. do 9. dne růstu.

- **Antioxidační aktivita brokolice (okno, lampa, kontrolované podmínky)**

Antioxidační aktivita (AOA) byla stanovena metodou se zhášením radikálů DPPH u sušených microgreens brokolice, pěstovaných po dobu devíti dnů ve dvou různých podmínkách: na parapetu (BO) a pod umělým osvětlením (BL) a v kontrolovaných laboratorních podmínkách (BML) (Graf 5).

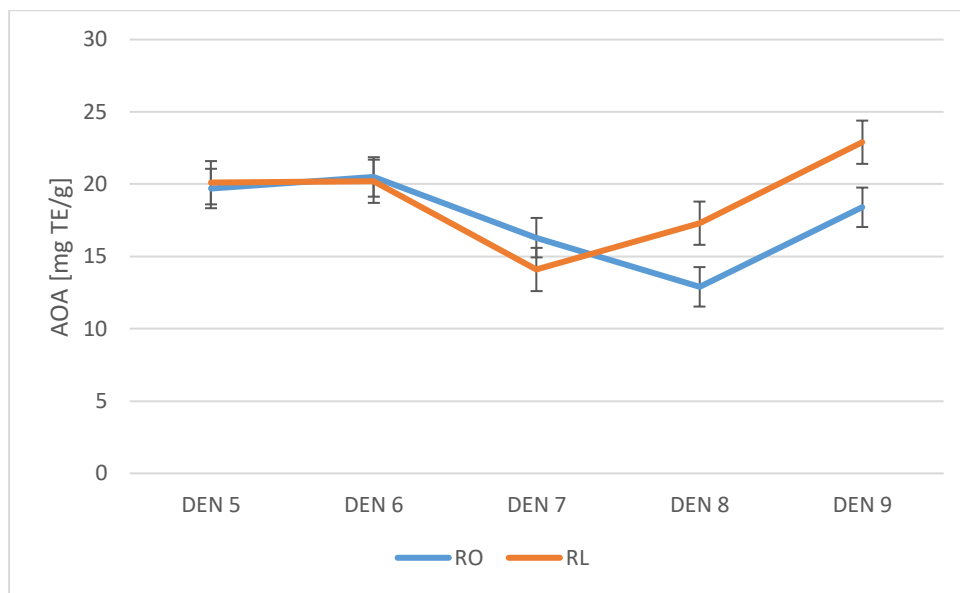


Graf 5 Porovnání antioxidační aktivity metodou DPPH u brokolice

Ve vzorcích brokolice pěstovaných na parapetu (BO), pod LED osvětlením (BL) a v kontrolovaném prostředí (BML) byla sledována změna antioxidační aktivity (DPPH) v průběhu devíti dnů růstu (Graf 5). Nejvyšší antioxidační aktivitu vykazovaly po celou dobu vzorky pěstované v kontrolovaných podmínkách (BML), přičemž hodnoty se pohybovaly mezi 10 až 13 mg TE/g. Tento výsledek odpovídá poznatkům, že stabilní podmínky pěstování a optimalizované osvětlení mohou stimulovat vyšší syntézu fenolických sloučenin a antioxidantů (Bian et al., 2015). Vzorky pěstované na parapetu (BO) a pod LED osvětlením (BL) vykazovaly v průběhu sledovaného období nižší hodnoty AOA, přičemž u BL byla AOA systematicky nejnižší, zejména v 7. dni růstu, kde byla zaznamenána hodnota přibližně 4,5 mg TE/g. Tento pokles by mohl být způsoben tím, že umělé světelné podmínky nemusí dostatečně stimulovat tvorbu fenolických sloučenin, jelikož nepokrývají plné spektrum přirozeného denního světla, které je pro biosyntézu těchto bioaktivních látek zásadní (Hooks et al., 2021). Naopak vzorky BO zaznamenaly ke konci sledovaného období (9. den) výrazné zvýšení antioxidační aktivity, čímž téměř dosáhly hodnot kontrolovaných podmínek, což může souviset s indukcí stresových reakcí rostlin na přirozené změny v intenzitě a spektru denního světla (Isah, 2019). Výsledky tedy naznačují, že stabilní a optimalizované světelné podmínky, typické pro kontrolované prostředí, pravděpodobně podporují vyšší syntézu antioxidantů s vyšší hodnotou AOA v brokolici, zatímco umělé osvětlení bez spektrální optimalizace (BL) může mít na syntézu těchto látek méně příznivý vliv.

- **Antioxidační aktivita ředkvičky (okno, lampa)**

Antioxidační aktivita byla stanovena metodou se zhášením DPPH radikálů u sušených microgreens ředkviček pěstovaných po dobu devíti dnů ve dvou různých podmínkách: na parapetu (RO) a pod umělým osvětlením (RL). Výsledky jsou vyjádřeny jako mg ekvivalentu troloxu na gram sušiny (mg TE/g) (Graf 6).



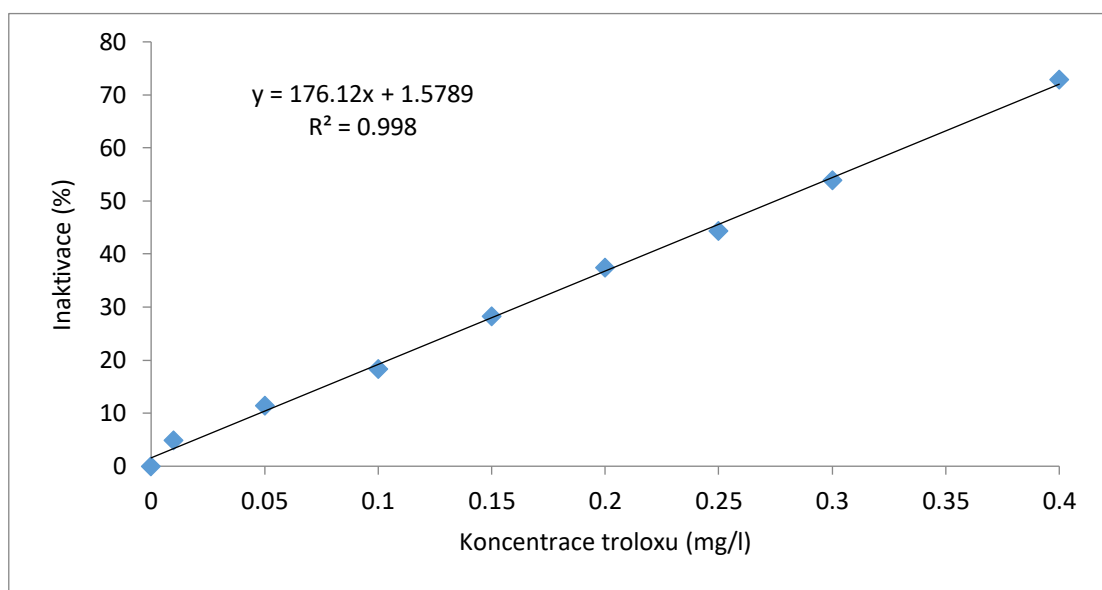
Graf 6 Porovnání antioxidační aktivity metodou DPPH u ředkvičky

Ve vzorcích ředkvičky byla antioxidační aktivita (AOA) na počátku sledovaného období (den 5) poměrně vysoká, přičemž hodnoty se pohybovaly kolem 19–20 mg TE/g a rozdíly mezi variantami pěstovanými na okně (RO) a pod LED osvětlením (RL) byly minimální. Tento trend přetrvával i v den 6, kdy došlo k mírnému poklesu AOA, avšak stále bez výrazného rozdílu mezi variantami. K poklesu v antioxidační aktivitě v průběhu dnů 6 až 7 může docházet v souvislosti s vývojovými změnami rostlin a možným nedostatečným podnětem k tvorbě antioxidantů při umělých světelných podmínkách, které nemusí plně simulovat spektrální složení přirozeného denního světla, jež je zásadní pro biosyntézu fenolických sloučenin (Hooks et al., 2021; Bian et al., 2015; Bian et al., 2015). Na den 8 bylo pozorováno mírné zvýšení AOA u obou variant, pravděpodobně v důsledku reaktivace syntézy sekundárních metabolitů. V den 9 byla zaznamenána nejvyšší antioxidační aktivita v celé sérii, přičemž RL dosahovala vyšších hodnot než RO, což naznačuje, že kontrolované světelné podmínky mohou podporovat akumulaci antioxidačních látek v pozdějších fázích růstu (Hooks et al., 2021). Celkově lze konstatovat, že varianta pěstovaná pod LED světlem (RL) si zachovávala vyšší antioxidační kapacitu zejména na konci růstového období, což potvrzují i dřívější studie zabývající se vlivem spektrálního složení světla na produkci

antioxidantů u zeleninových plodin (Abdouli et al., 2023). Dále je nutno poznamenat, že na hodnotách AOA se jistě nepodílejí jen fenolické látky, ale také chlorofyl, karotenoidní či xantofylová barviva, vitamin C a další antioxidanty, které se také v microgreens syntetizují s růstem rostliny (Jayaraman a Ramasamy, 2024).

6.3 Stanovení antioxidační aktivity metodou se zhášením ABTS radikálů

Stanovení antioxidační aktivity metodou se zhášením radikálů ABTS bylo provedeno u 50 extraktů vzorků microgreens sušené brokolice a ředkvičky. Celkově 25 vzorků brokolice a 20 vzorků ředkvičky pěstovaných v pokojových podmínkách a 5 laboratorně. Stanovení antioxidační aktivity bylo provedeno dle postupu, který je uveden v kapitole 7.4. Na základě kalibrační křivky sestavené z měření standardních roztoků troloxu (40, 80, 100, 120 a 160 mg/ml) byla pomocí lineární regrese stanovena antioxidační aktivita zkoumaných vzorků. Výsledky byly vyjádřeny v miligramech ekvivalentu troloxu na gram vzorku (mg TE/g vzorku) (Graf 7).



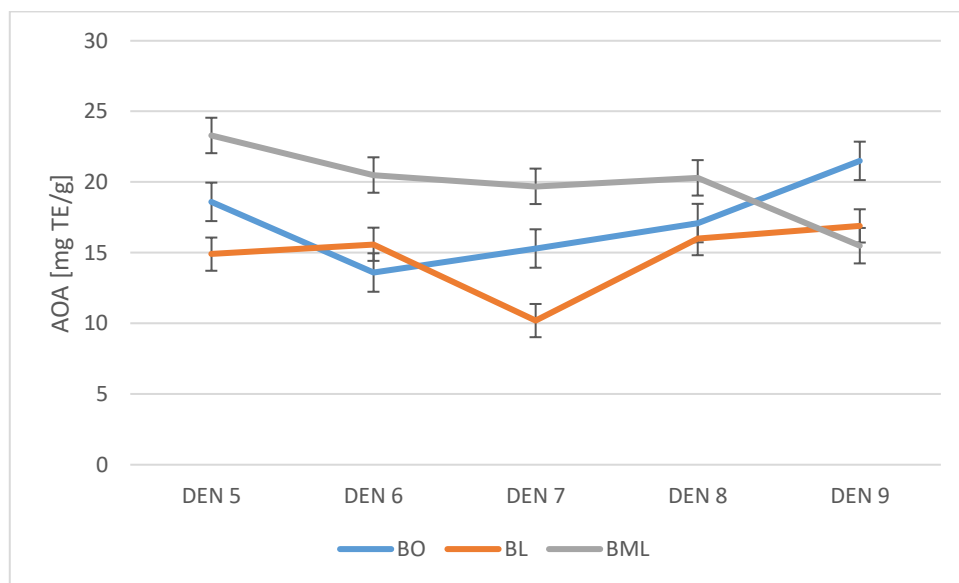
Graf 7 Kalibrační závislost inaktivace (%) na koncentraci Troloxu

6.3.1 Srovnání antioxidační aktivity metodou s ABTS v průběhu dnů

Extrakty analyzovaných vzorků microgreens byly připraveny ze sušeného rostlinného materiálu, který byl sbírán postupně od 5. do 9. dne růstu. Vzorky brokolice a ředkvičky byly pěstovány v podmínkách na okenním parapetu, pod LED lampou v pokojových podmínkách a také v kontrolovaných podmínkách Moravia Lab s.r.o.

- **Antioxidační aktivita brokolice (okno, lampa, kontrolované podmínky)**

Hodnocení antioxidační aktivity (AA) brokolice metodou ABTS probíhalo u vzorků pěstovaných na okně (BO) a pod lampou (BL) a také za kontrolovaných podmínek (BML) v průběhu pěti dní. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalenty troloxu v mg/g čerstvé hmoty a ukázaly výrazné rozdíly nejen mezi jednotlivými dny, ale také mezi oběma světelnými podmínkami (Graf 8).

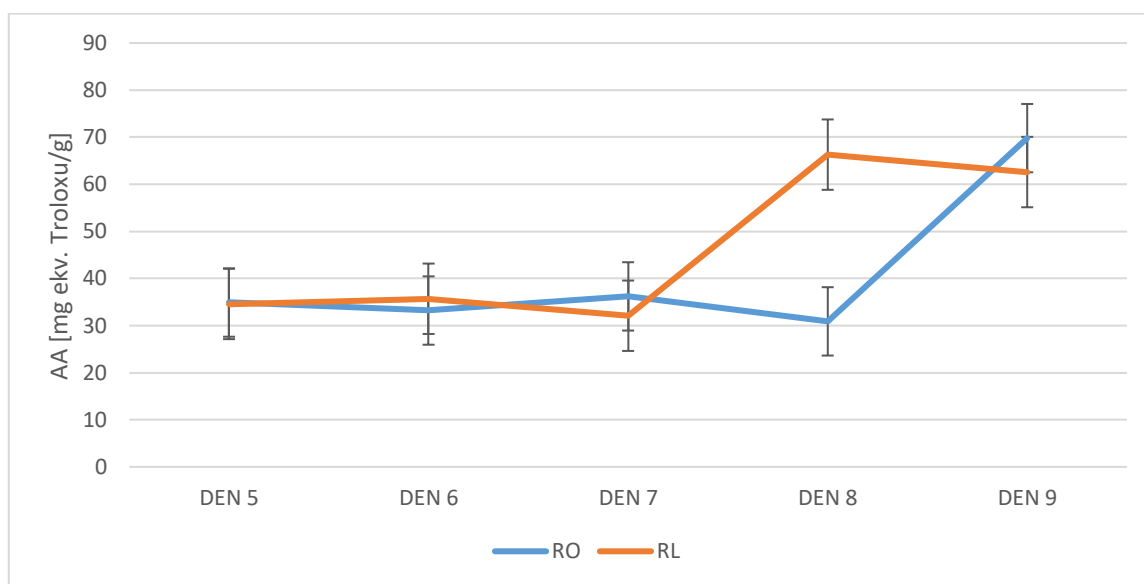


Graf 8 Porovnání antioxidační aktivity metodou ABTS u brokolice

V průběhu sledovaného období vykazovala antioxidační aktivita měřená metodou ABTS u všech tří variant nejvyšší hodnoty. Na 5. den pěstování – kontrolní prostředí (BML) dosáhlo 23,3 mg TE/g, vzorky na okně (BO) 18,6 mg TE/g a pod LED osvětlením (BL) 14,9 mg TE/g. Na 6. den došlo u BO k výraznému poklesu na 13,6 mg TE/g, zatímco u BL aktivita stoupla na 15,6 mg TE/g a u BML klesla na 20,5 mg TE/g. Den 7 přinesl další propad v BL (10,2 mg TE/g), BO se mírně zotavilo na 15,3 mg TE/g a BML kleslo na 19,7 mg TE/g. Od 8. dne se všechny varianty opět vzpamatovaly – BO dosáhlo 17,1 mg TE/g, BL 16,0 mg TE/g a BML 20,3 mg TE/g. Na závěr (9. den) vzrostla antioxidační kapacita BO na 21,5 mg TE/g, BL na 16,9 mg TE/g, zatímco BML poprvé v průběhu období kleslo na 15,5 mg TE/g, což naznačuje, že pěstování pod umělým světlem nemusí plně simulovat syntézu fenolických sloučenin potřebných pro antioxidační obranu (Bian et al., 2015). Naproti tomu vzorky z kontrolovaného prostředí (BML) si i přes mírné poklesy udržely nejvyšší hodnoty AOA, což svědčí o příznivém vlivu stabilního prostředí a optimálního světelného spektra (Hooks et al., 2021). Od osmého dne došlo u všech skupin k mírnému zvýšení AA, přičemž BML opět vykazovalo nejvyšší hodnoty (22,4 mg TE/g), zatímco BO mírně stoupl na 17,1

mg TE/g a BL na 15,1 mg TE/g. Závěrečný den byl charakteristický poklesem hodnot u BL a stabilizací u BO, zatímco u BML došlo k mírnému snížení, ale aktivita zůstala nejvyšší ze všech variant. Tyto výsledky podporují tvrzení, že umělé světelné podmínky bez dostatečné spektrální komplexity mohou vést k nedostatečné stimulaci biosyntézy bioaktivních látek (Abdouli et al., 2023), zatímco pěstování v kontrolovaných podmínkách s vhodným spektrem podporuje vyšší a stabilnější antioxidační kapacitu v průběhu celého růstu.

- **Antioxidační aktivita ředkvičky (okno, lampa)**



Graf 9 Porovnání antioxidační aktivity metodou ABTS u ředkvičky

Vývoj antioxidační kapacity u ředkvičkových microgreens vykázal tři fáze: na dnech 5–6 zůstává aktivita na úrovni 34–35 mg TE/g, nejspíše odrážející základní syntézu fenolických sloučenin během děložního stádia. Den 7 přináší krátkodobý pokles na přibližně 31 mg TE/g, což může souviset s přechodem rostliny z energeticky úsporné fáze klíčení do fáze intenzivnější biosyntézy v prvních pravých listech. Na dny 8–9 pak připadá strmý nárůst antioxidační kapacity – na hodnoty okolo 63–67 mg TE/g – reflektující akcelеровanou akumulaci hydroxycinnamátů (kyselina ferulová) a flavonoidů (Stajčić et al., 2024).

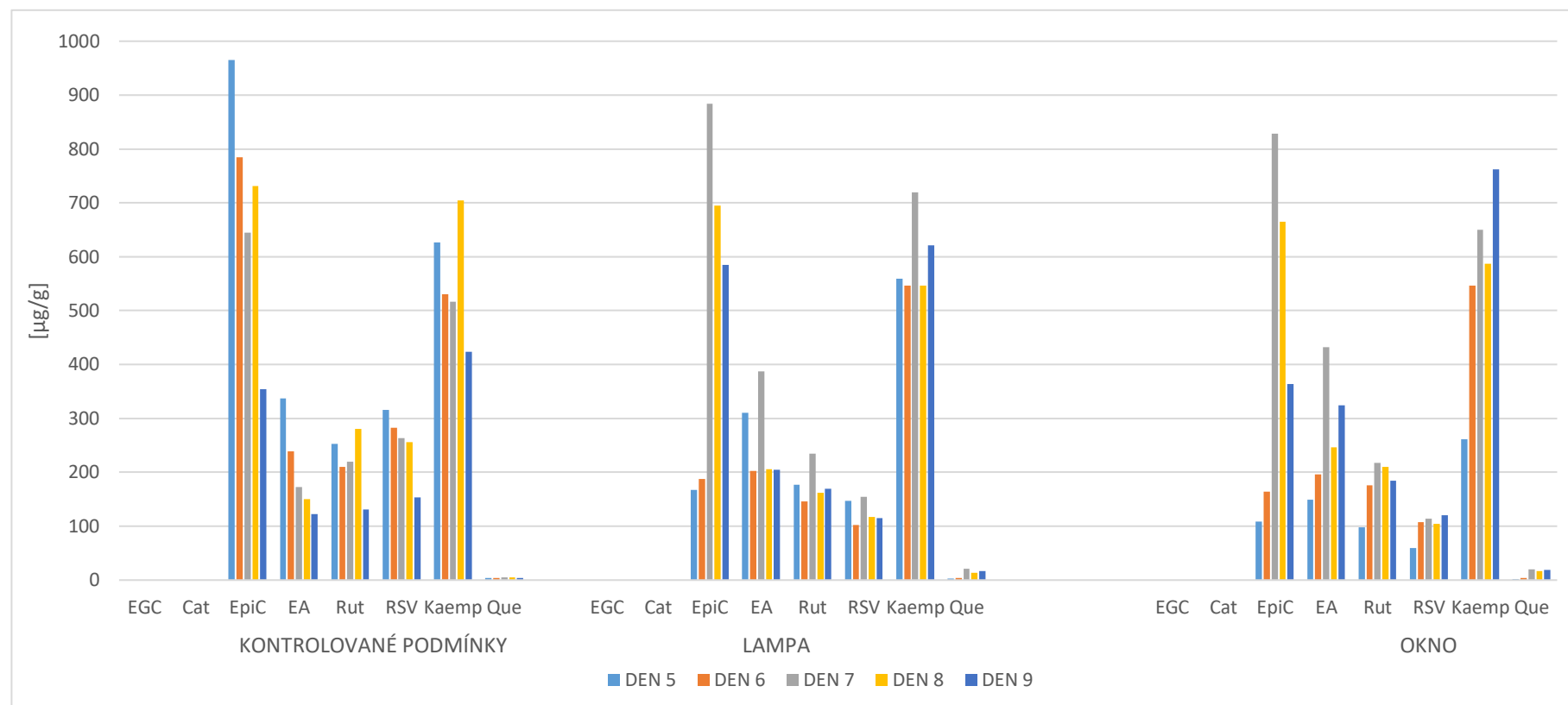
Wojdyło et al. (2020) ve studii pěti druhů zeleninových microgreens (včetně daikonu) zaznamenali srovnatelný vzestup v antioxidační aktivitě jak v DPPH, tak v ABTS testech, který koreluje s růstem fenolových kyselin (např. kyselina ferulová, kumarová) (Wojdyło et al., 2020).

Praktickým důsledkem těchto poznatků je, že pro maximalizaci antioxidačního potenciálu ředkvičkových microgreens se jeví jako optimální sklizeň v osmém dnu růstu, kdy

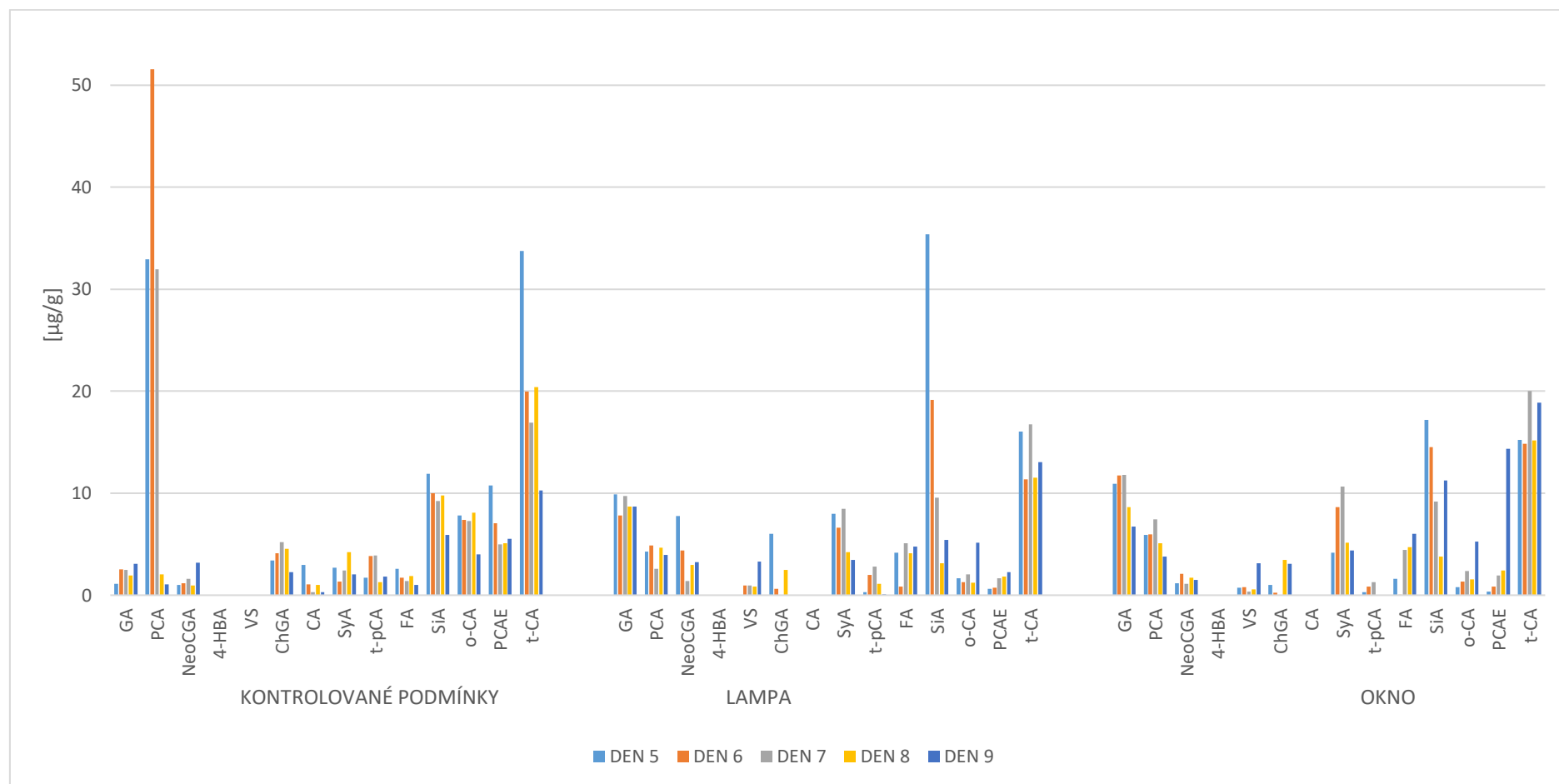
se dosahuje vrcholu koncentrace bioaktivních fenolických sloučenin, než dojde k možnému přeměření metabolitů či počátku senescence rostlin. To potvrzuje nutnost časově přesně definovat fázi sklizně v závislosti na požadovaném bioaktivním profilu.

6.4 VYSOKOÚČINNÁ KAPALINOVÁ CHROMATOGRRAFIE (HPLC)

Profil fenolických látek byl stanoven metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) pomocí chromatografu Dionex Ultimate 3000.



Graf 10 Obsah flavonoidů v brokolici microgreens pěstované za různých podmínek v průběhu růstu (5–9 den)



Graf 11 Obsah fenolických kyselin v brokolici microgreens pěstované za různých podmínek v průběhu růstu (5–9 den)

HPLC analýza umožnila detailní sledování změn v obsahu individuálních flavonoidů a fenolických kyselin v průběhu růstu microgreens brokolice ve třech různých podmínkách: kontrolované prostředí (BML), umělé LED osvětlení (BL) a přirozené světlo z okna (BO). Mezi nejvýznamnější detekované flavonoidy patřily epikatechin (EpiC), kyselina elagová (EA), rutin (Rut), resveratrol (RSV) a kaempferol (Kaemp), na rozdíl od flavonoidů nelze mezi fenolickými kyselinami jednoznačně určit dominantní sloučeniny, neboť jejich koncentrace se výrazně lišily v závislosti na použitém způsobu pěstování.

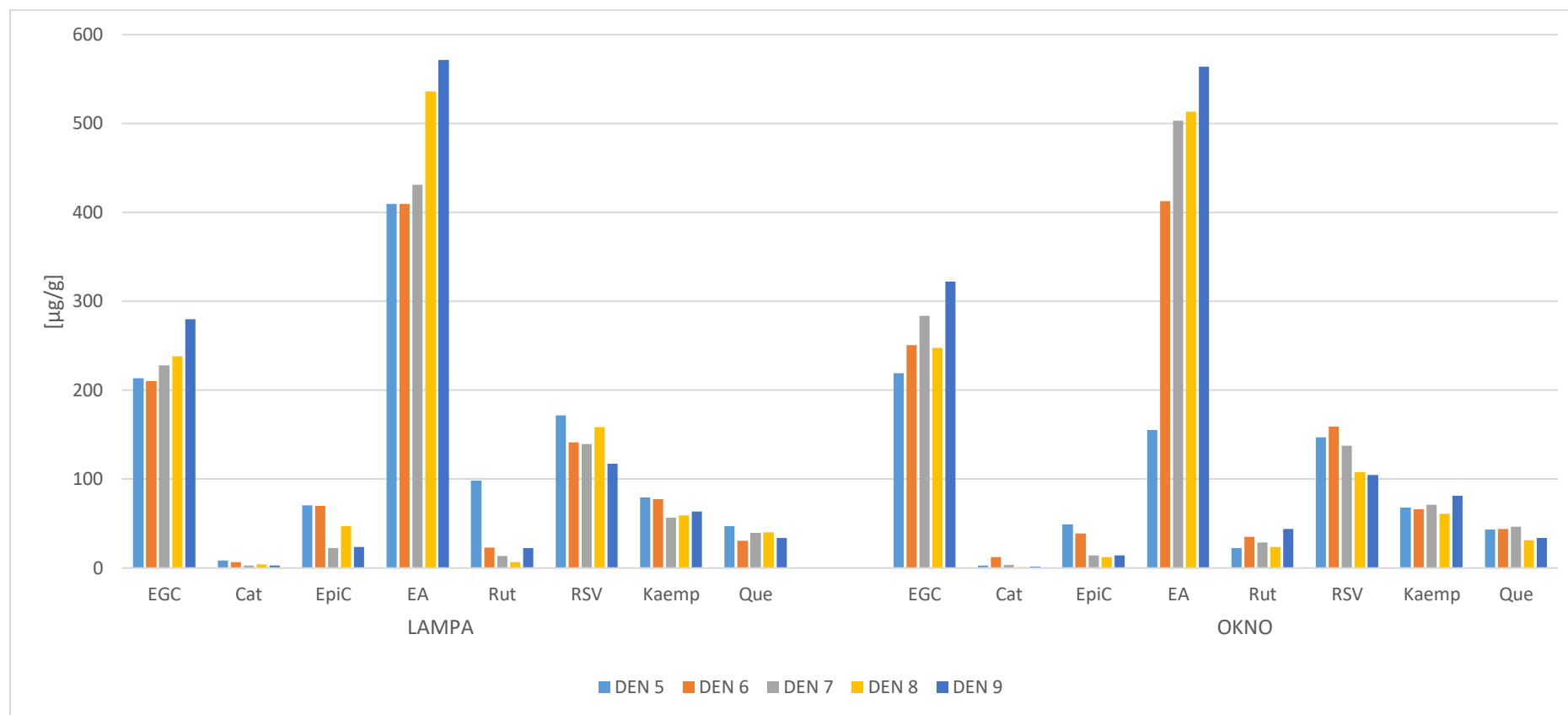
Ve flavonoidovém profilu bylo patrné, že obsah většiny sloučenin kulminoval buď v den 7 nebo den 9. Zejména kaempferol vykazoval výrazný nárůst ve vzorcích pěstovaných u okna v den 9, zatímco v kontrolovaném prostředí byl jeho obsah vyrovnanější, ale stabilně vyšší než v podmínkách s LED osvětlením. Podobný trend byl pozorován i u rutinu a resveratrolu, jejichž hodnoty dosahovaly maxima mezi dny 7 a 9. Naopak obsah katechinu byl nejvyšší spíše v dřívějších fázích růstu (den 5 a 6), což naznačuje jeho možnou úlohu v rané obranné odpovědi rostliny (Li et al., 2022).

Ačkoliv je v literatuře uváděno, že dva hlavní flavonolové glykosidy přítomné v růžičkách brokolice jsou kvercetin a kaempferol (Cartea et al., 2011), ve vzorcích microgreens byl kvercetin detekován pouze ve velmi nízkých koncentracích, případně zcela chyběl. Tento rozdíl může souviset s vývojovým stádiem – zatímco růžičky reprezentují plně vyvinutou část rostliny, microgreens jsou sklizeny ve fázi děložních listů, kdy ještě nemusí být syntéza kvercetinu aktivována v takové míře. Tento nesoulad může být dále ovlivněn i jinými faktory, jako jsou pěstební podmínky nebo konkrétní složení světelného spektra. Podle Magdalena Michalczyk (2025) může syntézu specifických flavonolů zásadně ovlivnit typ osvětlení, přičemž některé flavonoidy vykazují vyšší produkci pod UV nebo modrým světlem. Nízký výskyt kvercetinu tak může být výsledkem jak fyziologických odlišností microgreens, tak i rozdílů v podmínkách kultivace či technických limitů detekce velmi nízkých koncentrací (Michalczyk a Oliveira, 2025).

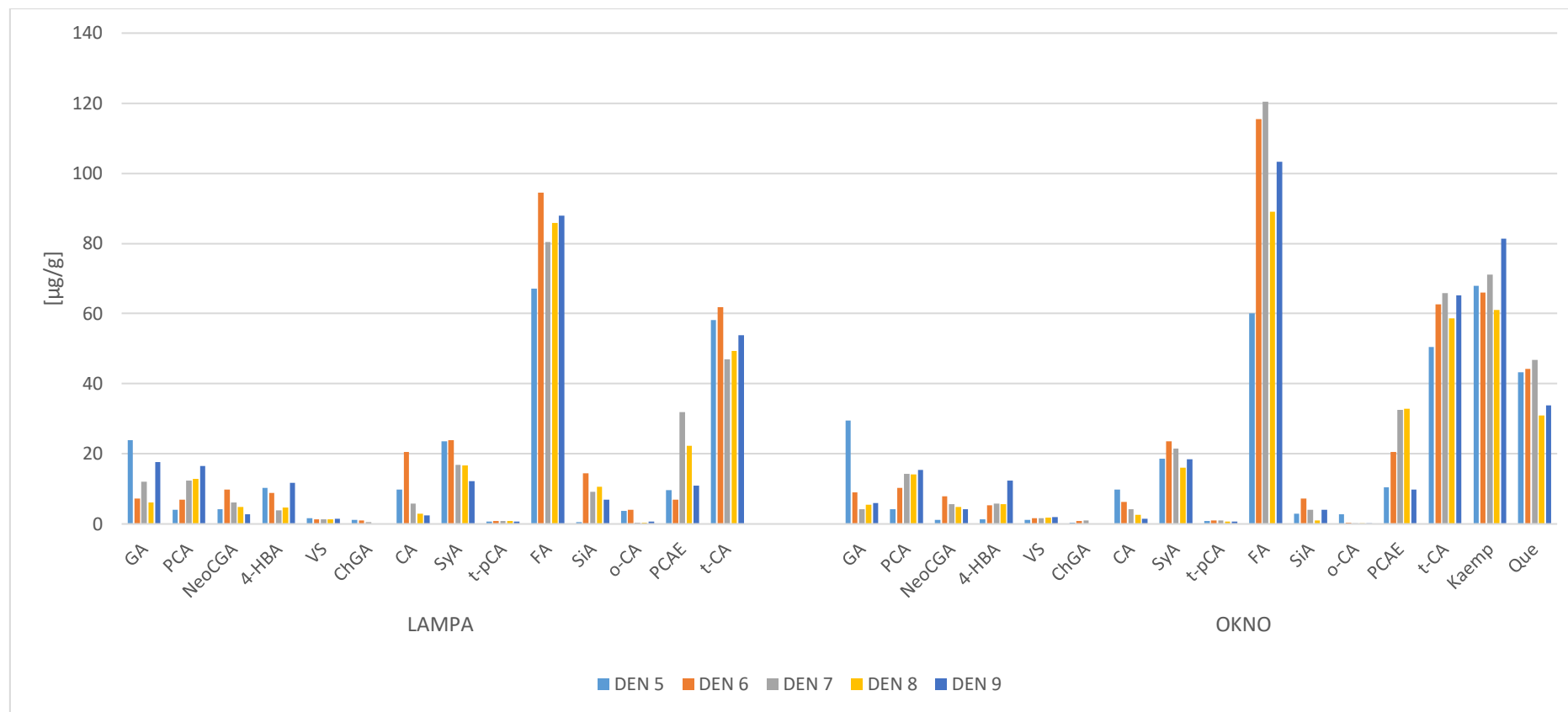
U fenolických kyselin bylo zřejmé, že některé sloučeniny (např. kyselina protokatechová, syringová a *trans-p*-kumarová) byly ve vyšší míře syntetizovány zejména v kontrolovaných podmínkách. To může být důsledkem vyšší metabolické aktivity rostlin ve stabilním prostředí (Paško et al., 2018).

Celkově lze konstatovat, že růstové podmínky měly výrazný vliv na syntézu jednotlivých polyfenolických sloučenin. Přirozené světlo z okna mělo stimulační efekt především na obsah kaempferolu, zatímco kontrolované prostředí podpořilo akumulaci některých fenolických kyselin. Tyto poznatky potvrzují výsledky předchozích studií, které poukazují na to, že světelné podmínky významně ovlivňují fenolovou kompozici brokolicových výhonků (Pérez-Balibrea et al., 2008)

Z hlediska výživové hodnoty microgreens brokolice lze říct, že období mezi 7. až 9. dnem růstu představuje nejvhodnější sklizňové okno pro získání výhonků s maximálním obsahem antioxidantů. Tyto výsledky zároveň naznačují potenciál pro optimalizaci pěstebních podmínek za účelem cíleného ovlivnění nutričního profilu výhonků.



Graf 12 Obsah flavonoidů v ředkvičce microgreens pěstované za různých podmínek v průběhu růstu (5–9 den)



Graf 13 Obsah fenolických kyselin v ředkvičce microgreens pěstované za různých podmínek v průběhu růstu (5–9 den)

Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že pěstování ředkvičkových microgreens pod LED osvětlením (RL) oproti přirozenému světlu (RO) vedlo k diferencované produkci jednotlivých fenolických kyselin a flavonoidů. Změny byly patrné napříč jednotlivými dny růstu (den 5–9), i když u většiny látek nebyly statisticky signifikantní (všechny hodnoty nesou stejný index "a") viz. příloha II.

Podobný trend byl pozorován u protokatechové kyseliny, kde byl její obsah v RL stabilně vyšší ve dnech 6–8 než v RO, např. 10,3 µg/g (RL) vs. 6,88 µg/g (RO) v 6. dni. Tento rozdíl naznačuje, že LED osvětlení může podporovat akumulaci této kyseliny v ranější fázi růstu, která je známa svými antioxidačními a ochrannými vlastnostmi (Semaming et al., 2015). U kyseliny ferulové, která hraje důležitou roli v obraně buněk a má antioxidační účinky, byly hodnoty obecně vyšší v RL, zejména v 6. a 7. dni (např. 116 a 120 µg/g), zatímco v RO ve stejných dnech dosahovaly 94,5 a 80,4 µg/g. Tento nárůst podporuje hypotézu, že specifické světelné spektrum LED (zejména červená a modrá složka) pozitivně ovlivňuje syntézu derivátů kyseliny skořicové (Cartea et al., 2011).

Mezi flavonoidy dominoval epigallokatechin (EGC), který v obou podmínkách dosahoval vysokých hodnot. V RL se jeho koncentrace na 9. den zvýšila až na 322 µg/g, zatímco v RO činila 280 µg/g. I když rozdíly nejsou tak markantní, naznačují, že EGC je silně exprimován bez ohledu na typ osvětlení, ale LED může jeho syntézu mírně zesílit.

Významná odlišnost byla pozorována u ellagové kyseliny, která v RO prudce rostla v průběhu dní a kulminovala v 9. dni (571 µg/g), zatímco v RL zůstal její obsah výrazně nižší v ranějších dnech (např. jen 13,1 µg/g ve dni 6). Tento rozdíl může být důsledkem rozdílné exprese biosyntetických drah závislých na světelném režimu, kde přirozené světlo pravděpodobně spouští vyšší syntézu tríslovin (Liu et al., 2023).

Naopak u resveratrolu, známého svými silnými antioxidačními vlastnostmi, byly rozdíly mezi RO a RL méně výrazné a neprokazují jednoznačný trend. Jeho obsah kolísal během dní, přičemž v RO byl nejvyšší ve dni 8 (159 µg/g) a v RL ve dni 5 (147 µg/g).

Celkově lze říci, že LED světlo ovlivnilo syntézu některých specifických fenolických a flavonoidních látek, především v raných fázích růstu, avšak ne všechny látky reagovaly na světelné podmínky stejně. Získané výsledky podporují zjištění předchozích studií, že světelné spektrum a intenzita světla jsou klíčové faktory modulující expresi genů zodpovědných za sekundární metabolismus (Li a Kubota, 2009)

U flavonoidů byla nejvyšší rozdílná hladina zaznamenána u epikatechin gallátu (EA), který dosáhl pod lampou výrazně vyšších hodnot než na okně, zejména v 9. dni, kdy rozdíl přesáhl 150 jednotek. Rovněž obsah epigallokatechinu (EGC) byl po celou dobu pěstování vyšší při osvětlení LED, což lze vysvětlit stimulací syntézy katechinových derivátů v důsledku intenzivnějšího světelného stresu. Podobně tomu bylo i u resveratrolu (RSV) a kvercetinu (Que), jejichž biosyntéza je spojována s aktivací obranných mechanismů v rostlinách (Bian et al., 2015; Livadariu et al., 2023). Naopak u flavonoidů, jako jsou katechin (Cat) a epikatechin (EpiC), nebyly pozorovány výrazné rozdíly mezi sledovanými podmínkami.

V případě fenolických kyselin byl nejvýraznější rozdíl zaznamenán u kyseliny ferulové (FA), kde hodnoty v podmínkách lampy dosáhly maxima ve dnech 7 a 8. Tato kyselina je známá svou antioxidační funkcí a významem při posilování buněčných stěn, přičemž její syntéza může být výrazně ovlivněna světelným spektrem (Cartea et al., 2011). Zvýšený obsah byl dále pozorován u *trans-p*-kumarové kyseliny (*t*-CA), jejíž koncentrace rovněž narůstala směrem ke 9. dni růstu. Naopak některé látky, jako chlorogenová kyselina (ChGA) či kyselina sinapová (SiA), nevykazovaly mezi podmínkami tak výrazné rozdíly.

Získaná data potvrzují, že cílené LED osvětlení může stimulovat biosyntézu fenolických sloučenin, zejména těch s antioxidačními vlastnostmi. To je v souladu se závěry studií, které uvádějí pozitivní vliv světelného spektra (zejména modré a červené složky) na akumulaci sekundárních metabolitů u různých druhů microgreens (Li a Kubota, 2009).

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo komplexně posoudit vývoj obsahu polyfenolických sloučenin a antioxidační aktivity u microgreens brokolice (*Brassica oleracea* var. *italica*) a ředkvičky (*Raphanus sativus*), a to v průběhu pěti dnů růstu (den 5–9) za tří různých pěstebných podmínek – přirozené světlo (okno), umělé LED osvětlení (lampa) a kontrolované laboratorní prostředí (MoraviaLab). K hodnocení byla použita spektrofotometrická stanovení celkového obsahu polyfenolů (TPC), antioxidační aktivity (DPPH, ABTS) a kapalinová chromatografie (HPLC) pro detailní rozbor jednotlivých flavonoidů a fenolových kyselin.

V rámci spektrofotometrických analýz bylo zjištěno, že celkový obsah polyfenolů (TPC) kolísal v průběhu sledovaného období a mezi pěstebními variantami. Nejvyšší hodnoty TPC byly u brokolice pozorovány při pěstování v kontrolovaném prostředí (BML), zejména 7. a 8. den. Oproti tomu u ředkvičky nebyly rozdíly mezi podmínkami tak výrazné, ačkoli mírně vyšší TPC bylo naměřeno pod LED osvětlením (RL).

Hodnoty antioxidační aktivity (DPPH a ABTS) částečně korelovaly s výsledky TPC. U brokolice i ředkvičky byla zaznamenána vyšší antioxidační aktivita ve dnech 6–8, což pravděpodobně souvisí s aktivací fenyylpropanoidové dráhy během intenzivního růstu. U DPPH metody byly u brokolice nejvyšší hodnoty naměřeny u vzorků z kontrolovaného prostředí (BML), zatímco u ABTS metody vykazovala ředkvička pouze mírné rozdíly mezi podmínkami RO a RL.

Kromě celkového obsahu polyfenolů byla HPLC analýzou identifikována řada konkrétních flavonoidů a fenolických kyselin, jejichž koncentrace a dynamika v čase se výrazně lišila nejen mezi druhy, ale i mezi pěstebními variantami.

U brokolice byl dominantní sloučeninou ellagová kyselina, jejíž obsah se výrazně zvyšoval v průběhu růstu, zejména v kontrolovaném prostředí. Tento vývoj může souviset s obrannými mechanismy rostliny a expozicí stresu v laboratorních podmínkách. Významné hodnoty byly dále naměřeny u epikatechin gallátu (EA), epigallokatechinu (EGC) a kvercetinu. Fenolové kyseliny jako kyselina ferulová, *p*-kumarová nebo protokatechová byly ve vyšší koncentraci zastoupeny pod LED světlem.

U ředkvičky byl obsah flavonoidů rovněž nejvyšší pod LED osvětlením. Hodnoty epigallokatechinu a resveratrolu byly pod lampou stabilně vyšší než na okně. Z fenolických kyselin vykazovala největší rozdíly ferulová a protokatechová kyselina, u nichž byl

zaznamenán nárůst koncentrace především ve dnech 6–8. Významnou sloučeninou byla rovněž kyselina gallová, jejíž hladina se v některých případech zvyšovala u přirozeného světla, což může odrážet přirozený fotoperiodický stres. Spojitost mezi světelnými podmínkami a syntézou těchto látek byla v souladu s literaturou, která poukazuje na aktivační vliv modré a červené složky LED světla na fenypropanoidovou dráhu (Al Murad et al., 2021).

Výsledky této práce ukazují, že jak druh rostliny, tak i světelné podmínky pěstování výrazně ovlivňují množství polyfenolů i jednotlivých bioaktivních sloučenin během růstu microgreens. V průběhu sledovaných pěti dnů se ukázalo, že některé látky dosahují maxima ve střední fázi růstu (den 6–8), což může být důležité pro optimalizaci doby sklizně. LED osvětlení se jeví jako vhodná volba pro pěstování microgreens s vyšším obsahem antioxidačních látek, avšak jeho efekt je závislý na konkrétním druhu rostliny.

Tato práce přispívá k lepšímu pochopení vývoje fenolického profilu a antioxidační aktivity u brokolice a ředkvičky v raných růstových fázích. Získané poznatky mohou sloužit jako základ pro další výzkum optimalizace pěstování microgreens za účelem zvýšení nutriční hodnoty a zdravotního přínosu těchto plodin. Zároveň potvrzují význam environmentálních podmínek pro kvalitu rostlinného materiálu a podtrhují důležitost přesného časování sklizně pro maximální biologickou účinnost.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ABDOULI, Dhekra; SOUFI, Sihem; BETTAIEB, Taoufik a WERBROUCK, Stefaan P. O., 2023. Effects of Monochromatic Light on Growth and Quality of *Pistacia vera* L. Online. *Plants*. Roč. 12, č. 7. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants12071546>. [cit. 2025-04-28].
- AGROPORADENSTVO. *Mikrobylinky a ich prínos pre výživu človeka*. Online. Dostupné z: <https://www.agroporadenstvo.sk/index.php?pl=128&article=3375>. [cit. 2025-04-14].
- AL MURAD, Musa; RAZI, Kaukab; JEONG, Byoung Ryong; SAMY, Prakash Muthu Arjuna a MUNEEER, Sowbiya, 2021. Light Emitting Diodes (LEDs) as Agricultural Lighting: Impact and Its Potential on Improving Physiology, Flowering, and Secondary Metabolites of Crops. Online. *Sustainability*. Roč. 13, č. 4. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su13041985>. [cit. 2025-05-03].
- ALLOGGIA, Florencia P.; BAFUMO, Roberto F.; RAMÍREZ, Daniela A.; HEREDIA MARTÍN, Juan P.; MAZA, Marcos A. et al., 2025. Enhancement of yield and functional quality of Brassica microgreens: Effects of fertilization and substrate. Online. *Food Chemistry*. Roč. 470. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142594>. [cit. 2025-02-03].
- ARYA, K.S.; KUTTY, M. Sangeeta a PRADEEPKUMAR, T., 2023. Microgreens of tropical edible-seed species, an economical source of phytonutrients- insights into nutrient content, growth environment and shelf life. Online. *Future Foods*. Roč. 8. ISSN 26668335. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100262>. [cit. 2025-02-24].
- BAFUMO, Roberto F.; ALLOGGIA, Florencia P.; RAMIREZ, Daniela A.; MAZA, Marcos A.; FONTANA, Ariel et al., 2024. Optimal Brassicaceae family microgreens from a phytochemical and sensory perspective. Online. *Food Research International*. Roč. 193. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114812>. [cit. 2025-04-03].
- BALIK, Sibel; DASGAN, Hayriye Yildiz; IKIZ, Boran a GRUDA, Nazim S., 2024. The Performance of Growing-Media-Shaped Microgreens: The Growth, Yield, and Nutrient Profiles of Broccoli, Red Beet, and Black Radish. Online. *Horticulturae*. Roč. 10, č. 12. ISSN 2311-7524. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10121289>. [cit. 2025-02-05].
- BESSADA, Sílvia M.F.; BARREIRA, João C.M. a OLIVEIRA, M. Beatriz P.P., 2015. Asteraceae species with most prominent bioactivity and their potential applications: A review. Online. *Industrial Crops and Products*. Roč. 76, s. 604-615. ISSN 09266690. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.073>. [cit. 2025-04-03].
- BHASWANT, Maharshi; SHANMUGAM, Dilip Kumar; MIYAZAWA, Taiki; ABE, Chizumi a MIYAZAWA, Teruo, 2023. Microgreens—A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits. Online. *Molecules*. Roč. 28, č. 2. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules28020867>. [cit. 2025-02-07].
- BIAN, Zhong Hua; YANG, Qi Chang a LIU, Wen Ke, 2015. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. Online. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015-03-30, roč. 95, č. 5, s. 869-877. ISSN 00225142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6789>. [cit. 2025-04-28].
- BITO, Tomohiro; OHISHI, Noriharu; HATANAKA, Yuka; TAKENAKA, Shigeo; NISHIHARA, Eiji et al., 2013. Production and Characterization of Cyanocobalamin-Enriched Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown Using Hydroponics. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013-04-24, roč. 61, č. 16, s. 3852-3858. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf305033s>. [cit. 2025-02-03].

- BULGARI, Roberta; BALDI, Ada; FERRANTE, Antonio a LENZI, Anna, 2017. Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. Online. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2017-04-03, roč. 45, č. 2, s. 119-129. ISSN 0114-0671. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1259642>. [cit. 2025-02-06].
- CARTEA, María Elena; FRANCISCO, Marta; SOENGAS, Pilar a VELASCO, Pablo, 2011. Phenolic Compounds in Brassica Vegetables. Online. *Molecules*. Roč. 16, č. 1, s. 251-280. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules16010251>. [cit. 2025-02-03].
- Certificate of Analysis – Broccoli Calabrese, Lot BM7131; Radish Vulcano, Lot BM7179*. Online. GOLINUCCI ORGANIC SRL / MORAVIA LAB. Golinucci organic. Dostupné z: <https://www.golinucciorganic.it/en/certifications/>. [cit. 2025-04-11].
- CROQUEPOUSSE. *L'hydroponie à la portée de tous*. Online. Dostupné z: <https://www.croquepousse.com/hydroponie-ou-aquaponie/>. [cit. 2025-04-21].
- DEREJE, Belay; JACQUIER, Jean-Christophe; ELLIOTT-KINGSTON, Caroline; HARTY, Mary a HARBOURNE, Niamh, 2023. Brassicaceae Microgreens: Phytochemical Compositions, Influences of Growing Practices, Postharvest Technology, Health, and Food Applications. Online. 2023-06-16, roč. 3, č. 6, s. 981-998. ISSN 2692-1944. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00040>. [cit. 2025-02-03].
- DI BELLA, Maria Concetta; NIKLAS, Agnieszka; TOSCANO, Stefania; PICCHI, Valentina; ROMANO, Daniela et al., 2020. Morphometric Characteristics, Polyphenols and Ascorbic Acid Variation in Brassica oleracea L. Novel Foods: Sprouts, Microgreens and Baby Leaves. Online. *Agronomy*. Roč. 10, č. 6. ISSN 2073-4395. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agronomy10060782>. [cit. 2025-05-03].
- EBERT, Andreas W., 2022. Sprouts and Microgreens—Novel Food Sources for Healthy Diets. Online. *Plants*. Roč. 11, č. 4. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants11040571>. [cit. 2025-02-24].
- ENSSLE, Nicole, 2020. *Microgreens: Market Analysis, Growing Methods and Models*. MSc Thesis. California: California state university.
- FABEK UHER, Sanja; RADMAN, Sanja; OPAČIĆ, Nevena; DUJMOVIĆ, Mia; BENKO, Božidar et al., 2023. Alfalfa, Cabbage, Beet and Fennel Microgreens in Floating Hydroponics—Perspective Nutritious Food? Online. *Plants*. Roč. 12, č. 11. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants12112098>. [cit. 2025-02-03].
- FAYEZIZADEH, Mohammad Reza; ANSARI, Naser Alemzadeh; SOURESTANI, Mohammad Mahmoudi a HASANUZZAMAN, Mirza, 2023. Biochemical Compounds, Antioxidant Capacity, Leaf Color Profile and Yield of Basil (*Ocimum sp.*) Microgreens in Floating System. Online. *Plants*. Roč. 12, č. 14. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants12142652>. [cit. 2025-02-07].
- FERNÁNDEZ-OCHOA, Álvaro; CÁDIZ-GURREA, María de la Luz; FERNÁNDEZ-MORENO, Patricia; ROJAS-GARCÍA, Alejandro; ARRÁEZ-ROMÁN, David et al., 2022. Recent Analytical Approaches for the Study of Bioavailability and Metabolism of Bioactive Phenolic Compounds. Online. *Molecules*. Roč. 27, č. 3. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules27030777>. [cit. 2025-02-03].
- GARCÍA-PÉREZ, Pascual; TOMAS, Merve; RIVERA-PÉREZ, Araceli; PATRONE, Vania; GIUBERTI, Gianluca et al., 2024. Exploring the bioaccessibility of polyphenols and glucosinolates from Brassicaceae microgreens by combining metabolomics profiling and computational chemometrics. Online. *Food Chemistry*. Roč. 452. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139565>. [cit. 2025-02-06].
- GARCÍA-TENESACA, Marilyn M.; LLUGANY, Mercè; BOADA, Roberto; SÁNCHEZ-MARTÍN, María-Jesús a VALIENTE, Manuel, 2024. Phytochemical Profile, Bioactive

- Properties, and Se Speciation of Se-Biofortified Red Radish (*Raphanus sativus*), Green Pea (*Pisum sativum*), and Alfalfa (*Medicago sativa*) Microgreens. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2024-03-06, roč. 72, č. 9, s. 4947-4957. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c08441>. [cit. 2025-02-03].
- GIORDANO, Maria; PETROPOULOS, Spyridon A.; KYRIACOU, Marios C.; GRAZIANI, Giulia; ZARRELLI, Armando et al., 2022. Nutritive and Phytochemical Composition of Aromatic Microgreen Herbs and Spices Belonging to the Apiaceae Family. Online. *Plants*. Roč. 11, č. 22. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants11223057>. [cit. 2025-02-05].
- GIOVANNINI, Claudio a BRIGHENTI, Silva. Polyphenols: dietary sources and bioavailability. Online. Roč. 2007, article 4, s. 348-361. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/5642981_Polyphenols_dietary_sources_and_bioavailability. [cit. 2025-04-15].
- GUNJAL, Mahendra a SINGH, Jyoti, 2024. Assessment of bioactive compounds, antioxidant properties and morphological parameters in selected microgreens cultivated in soilless media. Online. *Scientific Reports*. Č. 14, article 23605, s. 17. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-024-73973-w>. [cit. 2024-12-09].
- GUNJAL, Mahendra; SINGH, Jyoti; KAUR, Jaspreet; KAUR, Sawinder; NANDA, Vikas et al., 2024. Microgreens: Cultivation practices, bioactive potential, health benefits, and opportunities for its utilization as value-added food. Online. *Food Bioscience*. Roč. 62. ISSN 22124292. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105133>. [cit. 2025-02-03].
- GUPTA, Astha; SHARMA, Tripti; SINGH, Surendra Pratap; BHARDWAJ, Archana; SRIVASTAVA, Deepti et al., 2023. Prospects of microgreens as budding living functional food: Breeding and biofortification through OMICS and other approaches for nutritional security. Online. *Frontiers in Genetics*. 2023-1-25, roč. 14. ISSN 1664-8021. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1053810>. [cit. 2025-05-03].
- HOOKS, Triston; MASABNI, Joseph; SUN, Ling a NIU, Genhua, 2021. Effect of Pre-Harvest Supplemental UV-A/Blue and Red/Blue LED Lighting on Lettuce Growth and Nutritional Quality. Online. *Horticulturae*. Roč. 7, č. 4, s. 223-234. ISSN 2311-7524. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7040080>. [cit. 2025-04-28].
- IDRIS, Aisha; LINATOC, Alona Cuevas; ABU BAKAR, Mohd Fadzelly; IBRAHIM TAKAI, Zakiyyu a AUDU, Yunusa, 2018. Effect of Light Quality and Quantity on the Accumulation of Flavonoid in Plant Species. Online. *Journal of Science and Technology*. 2018-12-01, roč. 10, č. 3. ISSN 22298460. Dostupné z: <https://doi.org/10.30880/jst.2018.10.03.006>. [cit. 2025-04-28].
- ISAH, Tasiu, 2019. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. Online. *Biological Research*. Roč. 52, č. 1. ISSN 0717-6287. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40659-019-0246-3>. [cit. 2025-04-28].
- JAYARAMAN, Sudharshini a RAMASAMY, Thirumurugan, 2024. Metabolomics and bioactive attributes of fenugreek microgreens: Insights into antioxidant, antibacterial and antibiofilm potential. Online. *Food Bioscience*. Roč. 60. ISSN 22124292. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104316>. [cit. 2025-05-03].
- KYRIACOU, Marios C.; EL-NAKHEL, Christophe; GRAZIANI, Giulia; PANNICO, Antonio; SOTERIOU, Georgios A. et al., 2019. Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. Online. *Food Chemistry*. Roč. 277, s. 107-118. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.098>. [cit. 2025-02-06].
- LE, Thanh Ninh; SAKULSATAPORN, Napat; CHIU, Chiu-Hsia a HSIEH, Pao-Chuan, 2020. Polyphenolic Profile and Varied Bioactivities of Processed Taiwanese Grown

- Broccoli: A Comparative Study of Edible and Non-Edible Parts. Online. *Pharmaceuticals*. Roč. 13, č. 5. ISSN 1424-8247. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ph13050082>. [cit. 2025-05-03].
- LI, Qian a KUBOTA, Chieri, 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. Online. *Environmental and Experimental Botany*. Roč. 67, č. 1, s. 59-64. ISSN 00988472. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.06.011>. [cit. 2025-05-02].
- LI, Xiwang; ZHANG, Jin; LIN, Songbo; XING, Yuxian; ZHANG, Xin et al., 2022. (-)-Catechin, epicatechin and epigallocatechin gallate are important inducible defensive compounds against *Ectropis grisescens* in tea plants. Online. Roč. 45, č. 2, s. 496-511. ISSN 0140-7791. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/pce.14216>. [cit. 2025-05-03].
- LIU, Yongliang; SINGH, Sanjay K.; PATTANAIK, Sitakanta; WANG, Hongxia a YUAN, Ling, 2023. Light regulation of the biosynthesis of phenolics, terpenoids, and alkaloids in plants. Online. *Communications Biology*. Roč. 6, č. 1. ISSN 2399-3642. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s42003-023-05435-4>. [cit. 2025-05-02].
- LIVADARIU, Oana; MAXIMILIAN, Carmen; RAHMANIFAR, Behnaz a CORNEA, Calina Petruta, 2023. LED Technology Applied to Plant Development for Promoting the Accumulation of Bioactive Compounds: A Review. Online. *Plants*. Roč. 12, č. 5. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants12051075>. [cit. 2025-05-02].
- MICROGREENS WORLD. *Amaranth Microgreens: Tiny Greens, Big Health Benefits*. Online. Dostupné z: <https://microgreensworld.com/amaranth-microgreens-nutrition/>. [cit. 2025-04-14].
- MicrogreensFarm na míru*. Online. MoraviaLab. Dostupné z: <https://www.moravialab.cz/>. [cit. 2025-04-15].
- MIHAYLOVA, Dasha; DIMITROVA-DIMOVA, Maria a POPOVA, Aneta, 2024. Dietary Phenolic Compounds—Wellbeing and Perspective Applications. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. Roč. 25, č. 9. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms25094769>. [cit. 2025-02-05].
- MICHALCZYK, Magdalena a OLIVEIRA, Mozaniel, 2025. Methods of Modifying the Content of Glucosinolates and Their Derivatives in Sprouts and Microgreens During Their Cultivation and Postharvest Handling. Online. *International Journal of Food Science*. Roč. 2025, č. 1. ISSN 2356-7015. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/ijfo/2133668>. [cit. 2025-05-02].
- MoraviaLab s.r.o.*, 2025. Online. Dostupné z: <https://www.moravialab.cz/>. [cit. 2025-05-03].
- MUNTEANU, Irina Georgiana a APETREI, Constantin, 2021. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. Roč. 22, č. 7. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>. [cit. 2025-04-07].
- OKOMODA, Victor Tosin; OLADIMEJI, Sunday Abraham; SOLOMON, Shola Gabriel; OLUFEAGBA, Samuel Olabode; OGAH, Samuel Ijabo et al., 2023. Aquaponics production system: A review of historical perspective, opportunities, and challenges of its adoption. Online. Roč. 11, č. 3, s. 1157-1165. ISSN 2048-7177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3154>. [cit. 2025-02-03].
- PAJAŁ, Paulina; SOCHA, Robert; GAŁKOWSKA, Dorota; ROŻNOWSKI, Jacek a FORTUNA, Teresa, 2014. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. Online. *Food Chemistry*. Roč. 143, s. 300-306. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.064>. [cit. 2025-04-28].
- PAOLILLO, Ida; COSTANZO, Giulia; DELICATO, Antonella; VILLANO, Filippo; ARENA, Carmen et al., 2023. Light Quality Potentiates the Antioxidant Properties of

- Brassica rapa Microgreen Extracts against Oxidative Stress and DNA Damage in Human Cells. Online. *Antioxidants*. Roč. 12, č. 10. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox12101895>. [cit. 2025-02-06].
- PARADISO, Vito Michele; CASTELLINO, Maria; RENNA, Massimiliano; GATTULLO, Concetta Eliana; CALASSO, Maria et al., 2018. Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. Online. 2018-11-14, roč. 9, č. 11, s. 5629-5640. ISSN 2042-6496. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/C8FO01182F>. [cit. 2025-05-03].
- PARTAP, Mahinder; SHARMA, Diksha; HN, Deekshith; THAKUR, Meenakshi; VERMA, Vipasha et al., 2023. Microgreen: A tiny plant with superfood potential. Online. *Journal of Functional Foods*. Roč. 107. ISSN 17564646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105697>. [cit. 2025-02-25].
- PAŠKO, Paweł; TYSZKA-CZOCHARA, Małgorzata; GALANTY, Agnieszka; GDULA-ARGASIŃSKA, Joanna; ŻMUDZKI, Paweł et al., 2018. Comparative Study of Predominant Phytochemical Compounds and Proapoptotic Potential of Broccoli Sprouts and Florets. Online. *Plant Foods for Human Nutrition*. Roč. 73, č. 2, s. 95-100. ISSN 0921-9668. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0665-2>. [cit. 2025-05-02].
- PÉREZ-BALIBREA, Santiago; MORENO, Diego A a GARCÍA-VIGUERA, Cristina, 2008. Influence of light on health-promoting phytochemicals of broccoli sprouts. Online. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008-04-15, roč. 88, č. 5, s. 904-910. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3169>. [cit. 2025-05-02].
- RATTRAY, Ryan D. a VAN WYK, Ben-Erik, 2021. The Botanical, Chemical and Ethnobotanical Diversity of Southern African Lamiaceae. Online. *Molecules*. Roč. 26, č. 12. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules26123712>. [cit. 2025-02-07].
- RIZVI, Anamta; SHARMA, Monica a SAXENA, Sangeeta, 2023. Microgreens: A Next Generation Nutraceutical for Multiple Disease Management and Health Promotion. Online. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Roč. 70, č. 2, s. 311-332. ISSN 0925-9864. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10722-022-01506-3>. [cit. 2025-02-09].
- SEMAMING, Yoswaris; PANNENGPETCH, Patchareewan; CHATTIPAKORN, Siriporn C. a CHATTIPAKORN, Nipon, 2015. Pharmacological Properties of Protocatechuic Acid and Its Potential Roles as Complementary Medicine. Online. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. Roč. 2015, s. 1-11. ISSN 1741-427X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2015/593902>. [cit. 2025-05-02].
- SETH, Tania; MISHRA, Gyan Prakash; CHATTOPADHYAY, Arup; DEB ROY, Partha; DEVI, Mridula et al., 2025. Microgreens: Functional Food for Nutrition and Dietary Diversification. Online. *Plants*. Roč. 14, č. 4. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants14040526>. [cit. 2025-02-25].
- SHI, Linghong; ZHAO, Wanrong; YANG, Zihong; SUBBIAH, Vignasini a SULERIA, Hafiz Ansar Rasul, 2022. Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities. Online. *Environmental Science and Pollution Research*. Roč. 29, č. 54, s. 81112-81129. ISSN 0944-1344. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23337-6>. [cit. 2025-04-07].
- STAJČIĆ, Slađana; ČETKOVIĆ, Gordana; TUMBAS ŠAPONJAC, Vesna; TRAVIČIĆ, Vanja; ILIĆ, Petar et al., 2024. Bioactive Compounds and the Antioxidant Activity of Selected Vegetable Microgreens: A Correlation Study. Online. *Processes*. Roč. 12, č. 8. ISSN 2227-9717. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/pr12081743>. [cit. 2025-05-05].
- SUMCZYŃSKI, Daniela; KOTÁSKOVÁ, Eva; ORSAVOVÁ, Jana a VALÁŠEK, Pavel, 2017. Contribution of individual phenolics to antioxidant activity and in vitro digestibility of wild rices (*Zizania aquatica* L.). Online. *Food Chemistry*. Roč. 218, s. 107-115. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.060>. [cit. 2025-04-08].

- ŠOLA, Ivana; VUJČIĆ BOK, Valerija; POPOVIĆ, Maja a GAGIĆ, Sanja, 2024. Phytochemical Composition and Functional Properties of Brassicaceae Microgreens: Impact of In Vitro Digestion. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. Roč. 25, č. 21. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms252111831>. [cit. 2024-12-09].
- ŠULC, M.; LACHMAN, J.; HAMOUZ, K.; ORSÁK, M.; DVOŘÁK, P. et al., 2007. Selection and Evaluation of Methods for Determination of Antioxidant Activity of Purple- and Red-Fleshed Potato Varieties. Online. *Chemické listy*. Roč. 101, č. 7, article 7, s. 584-591. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/1776/1776>. [cit. 2025-04-07].
- TURNER, Ellen R.; LUO, Yaguang a BUCHANAN, Robert L., 2020. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. Online. *Journal of Food Science*. Roč. 85, č. 4, s. 870-882. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15049>. [cit. 2025-02-24].
- WANG, Xiao-Jing; LUO, Qing; LI, Tong; MENG, Ping-Hong; PU, Yu-Ting et al., 2022. Origin, evolution, breeding, and omics of Apiaceae: a family of vegetables and medicinal plants. Online. *Horticulture Research*. 2022-01-05, roč. 9. ISSN 2052-7276. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/hr/uhac076>. [cit. 2025-02-07].
- WOJDYŁO, Aneta; NOWICKA, Paulina; TKACZ, Karolina a TURKIEWICZ, Igor Piotr, 2020. Sprouts vs. Microgreens as Novel Functional Foods: Variation of Nutritional and Phytochemical Profiles and Their In vitro Bioactive Properties. Online. *Molecules*. Roč. 25, č. 20. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules25204648>. [cit. 2025-05-05].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma aquaponického pěstování (CroquePousse, <i>n.d.</i>)	25
Obrázek 2 Vertikální pěstební systém MoraviaLab s.r.o. (MoraviaLab s.r.o., 2025)	27
Obrázek 3 Biologický potenciál microgreens (Partap et al., 2023)	29
Obrázek 4 Členění fenolických sloučenin (Mukherjee a Chakraborty, 2021)	30
Obrázek 5 Reakce fenolických sloučenin s kyselinami v alkalickém prostředí (Munteanu a Apetrei, 2021)	34
Obrázek 6 Reakce radikálu DPPH s donorem vodíku (Munteanu a Apetrei, 2021)	34
Obrázek 7 Vznik radikálu ABTS•+ a následná reakce s antioxidantem (Munteanu a Apetrei, 2021)	35
Obrázek 8 Ředkvička a brokolice 5. den růstu	42
Obrázek 9 Ředkvička a brokolice 6. den růstu	42
Obrázek 10 Ředkvička a brokolice 7. den růstu	43
Obrázek 11 Ředkvička a brokolice 8. den růstu	43
Obrázek 12 Ředkvička a brokolice 9. den růstu	43

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Srovnání klíčků, microgreens, baby zeleniny a dospělých rostlin (Bhaswant et al., 2023)	14
Tabulka 2 Taxonomické čeledi obecných microgreens (Turner et al., 2020).....	15
Tabulka 3 Důležité podmínky/požadavky zvažované pro pěstování microgreens (Bhaswant et al., 2023).....	23
Tabulka 4 Požadavky na světelné podmínky (kvalita a kvantita) různých microgreens (Seth et al., 2025).....	28
Tabulka 4 Pěstební podmínky pro jednotlivé varianty	40

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Kalibrační závislost absorpance na koncentraci kyseliny gallové	48
Graf 2 Porovnání TPC u vzorků brokolice v průběhu 5 dnů	49
Graf 3 Porovnání TPC u vzorků ředkvičky (okno, lampa) v průběhu dnů	51
Graf 4 Kalibrační závislost úbytku absorpance (%) na koncentraci troloxu	52
Graf 5 Porovnání antioxidační aktivity metodou DPPH u brokolice	53
Graf 6 Porovnání antioxidační aktivity metodou DPPH u ředkvičky	54
Graf 7 Kalibrační závislost inaktivace (%) na koncentraci Troloxu	55
Graf 8 Porovnání antioxidační aktivity metodou ABTS u brokolice	56
Graf 9 Porovnání antioxidační aktivity metodou ABTS u ředkvičky	57
Graf 10 Obsah flavonoidů v brokolici microgreens pěstované za různých podmínek v průběhu růstu (5–9 den)	59
Graf 11 Obsah fenolických kyselin v brokolici microgreens pěstované za různých podmínek v průběhu růstu (5–9 den)	60
Graf 12 Obsah flavonoidů v ředkvičce microgreens pěstované za různých podmínek v průběhu růstu (5–9 den)	63
Graf 13 Obsah fenolických kyselin v ředkvičce microgreens pěstované za různých podmínek v průběhu růstu (5–9 den)	64

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BO	Brokolice pěstovaná na okně (parapetu)
BL	Brokolice pěstovaná pod lampou
BML	Brokolice pěstovaná v kontrolovaném prostředí (MoraviaLab)
RO	Ředkvička pěstovaná na okně (parapetu)
RL	Ředkvička pěstovaná pod lampou
TPC	Total Phenolic Content
DPPH	2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl
ABTS	2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Vysokoúčinná kapalinová chromatografie)
TE	Trolox ekvivalent (používá se při vyjádření antioxidační aktivity)
AOA	Antioxidační aktivita
SD	Směrodatná odchylka
LED	Light Emitting Diode
GAE	Gallic Acid Equivalents
GA	kyselina gallová
PCA	kyselina protocatechová (3,4-dihydroxybenzoic acid)
NeoCGA	kyselina neochlorogenová
4-HBA	4-hydroxybenzoic acid
EGC	Epigallocatechin
Cat	Katechin
VS	kyselina vanilová
ChGA	kyselina chlorogenová
CA	kyselina kávová
SyA	kyselina syringová

EpiC	Epicatechin
t-pCA	kyselina trans-p-kumarová
FA	kyselina ferulová
SiA	kyselina sinapová
EA	kyselina ellagová
Rut	Rutin
<i>o</i>-CA	kyselina trans-o-kumarová (t-2-hydroxycinnamic acid)
PCAE	Protocatechuic acid ethyl ester
RSV	Resveratrol
<i>t</i>-CA	kyselina trans-cinnamová
Kaemp	Kaempferol
Que	Kvercetin

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Statistická analýza (t-test) pro metody TPC, DPPH A ABTS

Příloha P II: Statistická analýza (t-test) pro metodu HPLC - BROKOLICE

Příloha P III: Statistická analýza (t-test) pro metodu HPLC - ŘEDKVIČKA

PŘÍLOHA P I: STATISTICKÁ ANALÝZA (T-TEST) PRO SPEKTROFOTOMETRICKÉ METODY

Srovnání obsahu fenolů (TPC) v microgreens brokolice pěstované na parapetu, pod lampou
a v kontrolovaném prostředí

	DEN 5 (mg TE/g)	DEN 6 (mg TE/g)	DEN 7 (mg TE/g)	DEN 8 (mg TE/g)	DEN 9 (mg TE/g)
BO	8,55 ± 2,13 ^a	9,70 ± 1,05 ^a	9,00 ± 0,85 ^a	8,4 ± 0,8 ^a	9,5 ± 0,7 ^a
BL	9,30 ± 0,6 ^a	8,55 ± 1,30 ^a	8,2 ± 2,1 ^a	8,3 ± 0,33 ^b	8,3 ± 0,33 ^b
BML	10,8 ± 0,7 ^a	8,90 ± 0,50 ^a	7,9 ± 0,5 ^a	11 ± 2 ^a	6,5 ± 0,5 ^a

Srovnání obsahu fenolů (TPC) v microgreens ředkvičky pěstované na parapetu a pod
lampou

	DEN 5 (mg TE/g)	DEN 6 (mg TE/g)	DEN 7 (mg TE/g)	DEN 8 (mg TE/g)	DEN 9 (mg TE/g)
RO	19,7 ± 0,64 ^b	17,5 ± 1,12 ^a	12,8 ± 0,41 ^a	15,7 ± 0,7 ^a	18,2 ± 1,5 ^a
RL	18,2 ± 0,52 ^a	19,3 ± 0,77 ^b	18,8 ± 1,0 ^a	17,4 ± 0,6 ^b	21,0 ± 0,77 ^a

Aktivita zhášení radikálů DPPH u microgreens brokolice pěstované na parapetu, pod
lampou a v kontrolovaném prostředí

	DEN 5 (mg TE/g)	DEN 6 (mg TE/g)	DEN 7 (mg TE/g)	DEN 8 (mg TE/g)	DEN 9 (mg TE/g)
BO	8,65 ± 0,42 ^a	8,04 ± 0,69 ^b	8,31 ± 1,23 ^b	7,33 ± 0,34 ^b	8,74 ± 0,59 ^b
BL	8,74 ± 0,27 ^a	7,06 ± 0,51 ^a	4,59 ± 0,45 ^a	6,08 ± 0,42 ^a	6,84 ± 0,49 ^a
BML	12,6 ± 0,47 ^a	11,7 ± 0,62 ^a	10,7 ± 1,14 ^a	13 ± 1,21 ^a	10,0 ± 0,92 ^a

Aktivita vychytávání radikálů DPPH microgreens ředkvičky pěstované na parapetu a pod lampou

	DEN 5 (mg TE/g)	DEN 6 (mg TE/g)	DEN 7 (mg TE/g)	DEN 8 (mg TE/g)	DEN 9 (mg TE/g)
RO	19,7 ± 1,19 ^a	20,5 ± 2 ^a	24,4 ± 1 ^b	19,4 ± 1,6 ^a	18,4 ± 1,4 ^b
RL	20 ± 1,5 ^a	20 ± 0,6 ^a	21,2 ± 2,4 ^a	17,3 ± 2 ^a	22,5 ± 2,7 ^a

Aktivita vychytávání volných radikálů ABTS microgreens brokolice pěstované na parapetu a pod lampou

	DEN 5 (mg TE/g)	DEN 6 (mg TE/g)	DEN 7 (mg TE/g)	DEN 8 (mg TE/g)	DEN 9 (mg TE/g)
BO	17 ± 3 ^a	15 ± 2,4 ^a	15,3 ± 1,4 ^b	17,1 ± 1 ^b	17,5 ± 4 ^a
BL	15 ± 1,8 ^a	14 ± 2 ^a	9,7 ± 1,5 ^a	15,1 ± 1,6 ^a	12,6 ± 4,3 ^a
BML	21,5 ± 3 ^b	20,5 ± 1 ^b	19 ± 2,2 ^b	22,4 ± 3,3 ^b	14,7 ± 2 ^b

Aktivita vychytávání volných radikálů ABTS microgreens ředkvičky pěstované na parapetu a pod lampou

	DEN 5 (mg TE/g)	DEN 6 (mg TE/g)	DEN 7 (mg TE/g)	DEN 8 (mg TE/g)	DEN 9 (mg TE/g)
RO	33 ± 3 ^a	34,5 ± 1,5 ^a	32 ± 4 ^a	47 ± 16 ^b	48 ± 1,5 ^b
RL	35 ± 1 ^a	35 ± 0,7 ^a	36 ± 0,6 ^a	66,3 ± 1,3 ^a	70 ± 2 ^a

PŘÍLOHA P II: STATISTICKÁ ANALÝZA (T-TEST) PRO METODU HPLC – BROKOLICE

Kyselina gallová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	10,9 ± 0,21 ^a	11,8 ± 1,01 ^a	11,8 ± 0,25 ^a	8,63 ± 1,12 ^a	6,72 ± 3,13 ^a
BL	9,88 ± 0,29 ^a	7,8 ± 1,16 ^a	9,72 ± 0,47 ^a	8,67 ± 0,76 ^b	8,67 ± 0,88 ^a
BML	1,14 ± 0,28 ^b	2,52 ± 0,16 ^a	2,49 ± 0,15 ^a	1,93 ± 1,16 ^c	3,09 ± 0,24 ^b

Kyselina protokatechová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	5,92 ± 0,94 ^a	5,94 ± 0,58 ^a	7,46 ± 0,09 ^a	5,11 ± 0,4 ^a	3,77 ± 0,45 ^a
BL	4,26 ± 0,41 ^a	4,88 ± 0,4 ^a	2,59 ± 0,65 ^b	4,67 ± 0,1 ^a	3,97 ± 0,3 ^a
BML	32,9 ± 10,8 ^b	51,5 ± 0,74 ^b	31,9 ± 15,4 ^c	2,03 ± 0,64 ^b	1,05 ± 0,07 ^b

Kyselina neochlorgenová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	1,19 ± 0,33 ^a	2,09 ± 1,07 ^a	1,11 ± 0,07 ^a	1,72 ± 0,28 ^a	1,49 ± 0,34 ^a
BL	7,78 ± 0,83 ^b	4,36 ± 0,43 ^b	1,4 ± 0,11 ^b	2,99 ± 0,59 ^b	3,24 ± 1,08 ^b
BML	1,02 ± 0,31 ^a	1,19 ± 0,42 ^a	1,61 ± 0,15 ^b	0,98 ± 0,74 ^a	3,21 ± 0,43 ^b

Kyselina 4-hydroxybenzoová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	0	0	0	0	0
BL	0	0	0	0	0
BML	0	0	0	0	0

Epigallocatechin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	0	0	0	0	0
BL	0	0	0	0	0
BML	0	0	0	0	0

Katechin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	0	0	0	0	0
BL	0	0	0	0	0
BML	0	0	0	0	0

Kyselina vanilová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	0	0	0	0	0
BL	0	0,97 ± 0,2	0,98 ± 0,08	0,85 ± 0,02	3,29 ± 0,25
BML	0	0	0	0,13 ± 0,1	0,1 ± 0,05

Kyselina chlorogenová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	0,99 ± 0,12 ^a	0,27 ± 0,05 ^a	0	3,48 ± 2,01 ^a	3,1 ± 0,2 ^a
BL	6,03 ± 1,44 ^a	0,65 ± 0,03 ^a	0	2,46 ± 0,8 ^a	0
BML	3,38 ± 0,34 ^b	4,13 ± 0,47 ^b	5,19 ± 0,52 ^b	4,57 ± 0,78 ^a	2,28 ± 0,31 ^a

Kyselina kávová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	0	0	0	0	0
BL	0	0	0	0	0
BML	2,95 ± 0,31	1,09 ± 0,04	0,32 ± 0,08	1 ± 1,21	0,29 ± 0,15

Kyselina syringová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	4,17 ± 0,09 ^a	8,65 ± 0,86 ^a	10,65 ± 1,23 ^a	5,17 ± 0,72 ^a	4,41 ± 0,37 ^a
BL	8,06 ± 0,59 ^b	6,61 ± 0,39 ^b	8,54 ± 0,83 ^b	4,23 ± 0,9 ^a	3,45 ± 0,21 ^b
BML	2,68 ± 0,2 ^c	1,34 ± 0,08 ^c	2,43 ± 0,18 ^c	4,24 ± 0,48 ^a	2,06 ± 0,09 ^c

Epikatechin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	108 ± 11,8 ^a	164 ± 36,2 ^a	828 ± 18,03 ^a	664 ± 42,1 ^a	363 ± 23,7 ^a
BL	167 ± 46,9 ^a	187,77 ± 10,8 ^a	884 ± 71,7 ^a	695 ± 4,42 ^a	584 ± 32,2 ^a
BML	1187 ± 63,2 ^a	785 ± 41,3 ^a	644 ± 31,1 ^a	730 ± 278 ^a	354 ± 44,3 ^a

Kyselina trans-p-kumarová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	0,27 ± 0,03 ^a	0,84 ± 0,03 ^a	1,31 ± 0,09 ^a	0	0
BL	0,31 ± 0,29 ^a	2,08 ± 1,15 ^a	2,87 ± 4,47 ^a	1,09 ± 0,15 ^a	0,11 ± 0,007 ^a
BML	1,7 ± 0,18 ^a	3,86 ± 0,14 ^a	3,92 ± 0,36 ^a	1,31 ± 0,53 ^a	1,82 ± 0,08 ^a

Kyselina ferulová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	1,6 ± 0,18 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	4,44 ± 0,37 ^a	4,73 ± 0,67 ^a	6,03 ± 0,62 ^a
BL	4,17 ± 0,21 ^a	0,86 ± 1,24 ^a	5,11 ± 0,25 ^a	4,13 ± 0,08 ^a	4,78 ± 0,37 ^a
BML	2,6 ± 0,25 ^a	1,72 ± 0,18 ^a	1,42 ± 0,04 ^b	1,9 ± 0,64 ^a	1,06 ± 0,03 ^b

Kyselina sinapová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	17,2 ± 0,93 ^a	14,5 ± 1,92 ^a	9,26 ± 0,36 ^a	3,89 ± 2,24 ^a	11,26 ± 0,76 ^a
BL	35,4 ± 1,58 ^a	19,1 ± 3,18 ^a	9,55 ± 0,71 ^a	3,11 ± 0,06 ^a	5,42 ± 2,19 ^a
BML	11,9 ± 1,21 ^a	10,0 ± 0,77 ^a	9,23 ± 0,76 ^a	9,82 ± 3,44 ^a	5,99 ± 0,42 ^a

Kyselina elagová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	149 ± 14,0 ^a	196 ± 1,87 ^a	432 ± 20,39 ^a	246 ± 25,6 ^a	324 ± 16,4 ^a
BL	310 ± 30,8 ^a	202 ± 37,53 ^a	386 ± 10,62 ^a	205 ± 29,48 ^a	204 ± 11,31 ^a
BML	337 ± 23,5 ^a	239 ± 4,06 ^a	172 ± 27,11 ^a	150 ± 0,18 ^a	122 ± 5,73 ^a

Rutin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	98,3 ± 7,8 ^a	176 ± 22,12 ^a	217 ± 7,87 ^a	210 ± 22,65 ^a	184 ± 11,4 ^a
BL	176 ± 6,58 ^a	146 ± 24,1 ^a	234 ± 13,7 ^a	161 ± 9,66 ^a	169 ± 9,25 ^a
BML	252 ± 20,9 ^b	210 ± 15,5 ^b	219 ± 10,5 ^b	280 ± 119 ^b	130 ± 14,2 ^b

Kyselina trans-o-kumarová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	0,77 ± 0,09 ^a	1,36 ± 0,23 ^a	2,38 ± 0,14 ^a	1,54 ± 0,12 ^a	5,28 ± 0,29 ^a
BL	1,65 ± 0,15 ^a	1,3 ± 0,19 ^a	2,07 ± 0,07 ^a	1,24 ± 0,11 ^a	5,15 ± 0,16 ^a
BML	7,84 ± 2,02 ^b	7,4 ± 0,2 ^b	7,3 ± 0,28 ^b	8,11 ± 3,11 ^b	4,01 ± 0,68 ^b

Kyselina protokatechová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	0,38 ± 0,03 ^a	0,83 ± 0,12 ^a	1,91 ± 0,23 ^a	2,41 ± 0,18 ^a	14,34 ± 1,55 ^a
BL	0,64 ± 0,04 ^a	0,75 ± 0,1 ^a	1,66 ± 0,12 ^a	1,81 ± 0,12 ^a	2,26 ± 0,17 ^a
BML	10,7 ± 0,41 ^b	7,08 ± 4,45 ^b	5,02 ± 0,52 ^b	5,15 ± 1,66 ^b	5,52 ± 0,24 ^b

Resveratrol

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	59,7 ± 3,89 ^a	107 ± 9,45 ^a	114 ± 12,0 ^a	104 ± 4,83 ^a	120 ± 9,57 ^a
BL	146 ± 4,76 ^a	102 ± 14,79 ^a	153 ± 8,2 ^a	117 ± 4,65 ^a	115 ± 8,29 ^a
BML	315 ± 24,4 ^b	283 ± 9,54 ^b	263 ± 4,65 ^b	144 ± 0,7 ^b	153 ± 9,75 ^b

Kyselina trans-cinamová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	8,59 ± 153 ^a	14,8 ± 1,88 ^a	19,9 ± 0,32 ^a	15,2 ± 177 ^a	18,9 ± 1,32 ^a
BL	16,0 ± 1,21 ^a	11,3 ± 1,89 ^a	16,7 ± 0,84 ^a	11,5 ± 0,4 ^a	13,0 ± 0,37 ^a
BML	33,7 ± 1,65 ^a	19,9 ± 0,25 ^a	16,9 ± 0,3 ^a	20,4 ± 6,87 ^a	10,3 ± 0,78 ^a

Kampferol

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	261 ± 13,13 ^a	546 ± 45,2 ^a	650 ± 6,05 ^a	587 ± 43,98 ^a	763 ± 54,9 ^a
BL	559 ± 14,6 ^a	547 ± 32,8 ^a	719 ± 26,5 ^a	546 ± 11,0 ^a	621 ± 7,48 ^a
BML	626 ± 24,6 ^a	530 ± 6,37 ^a	516 ± 8 ^a	452 ± 1,89 ^a	424 ± 23,8 ^a

Kvercetin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BO	1,94 ± 0,27 ^a	3,58 ± 0,26 ^a	20,2 ± 0,8 ^a	16,3 ± 1,74 ^a	19,0 ± 1,27 ^a
BL	2,6 ± 0,21 ^a	3,42 ± 0,31 ^a	20,6 ± 1,13 ^a	13,9 ± 0,23 ^a	16,8 ± 0,37 ^a
BML	4,03 ± 0,53 ^a	3,89 ± 0,28 ^a	4,6 ± 0,74 ^a	5,46 ± 1,97 ^a	3,93 ± 0,47 ^a

Horní indexy zatím nejsou doplněny, protože p -hodnoty z t -testů ($BO \times BML = 0,22$ a $BL \times BML = 0,22$) ukazují, že rozdíly nejsou statisticky významné ($p \geq 0,05$), a tedy ke skupinám by patřil stejný index (např. „a“).

PŘÍLOHA P III: STATISTICKÁ ANALÝZA (T-TEST) PRO METODU HPLC - ŘEDKVIČKA

Kyselina gallová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	23,8 ± 9,18 ^a	7,22 ± 1,21 ^a	12,09 ± 1,78 ^a	6,05 ± 0,71 ^a	17,7 ± 0,47 ^a
RL	35,8 ± 2,26 ^a	8,87 ± 0,61 ^a	4,19 ± 1,03 ^a	5,48 ± 0,55 ^a	6,00 ± 0,19 ^a

Kyselina protokatechová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	4,01 ± 0,81 ^a	6,88 ± 0,5 ^a	12,42 ± 1,3 ^a	12,9 ± 0,91 ^a	16,6 ± 3,66 ^a
RL	4,18 ± 3,03 ^a	10,3 ± 0,57 ^a	14,22 ± 2,44 ^a	14,1 ± 0,66 ^a	15,5 ± 0,24 ^a

Kyselina neochlorogenová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	4,18 ± 2,07 ^a	9,83 ± 0,8 ^a	6,2 ± 1,8 ^a	4,91 ± 0,86 ^a	2,7 ± 0,33 ^a
RL	1,19 ± 0,36 ^a	7,9 ± 3,5 ^a	5,57 ± 1,8 ^a	4,8 ± 0,46 ^a	4,23 ± 0,46 ^a

Kyselina 4-hydroxybenzoová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	10,3 ± 0,92 ^a	8,81 ± 0,39 ^a	3,93 ± 0,27 ^a	4,72 ± 0,19 ^a	11,65 ± 0,88 ^a
RL	1,27 ± 1,03 ^a	5,33 ± 1,68 ^a	5,85 ± 0,42 ^a	5,68 ± 1,26 ^a	12,34 ± 0,48 ^a

Epigallocatechin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	213 ± 13,1 ^a	210 ± 6,3 ^a	228 ± 13,3 ^a	280 ± 0,62 ^a	280 ± 13,0 ^a
RL	219 ± 36,9 ^a	250 ± 8,24 ^a	284 ± 18,9 ^a	27,5 ± 5,58 ^a	322 ± 7,75 ^a

Katechin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	8,67 ± 6,42 ^a	6,49 ± 0,33 ^a	2,63 ± 1,73 ^a	4,06 ± 1,34 ^a	2,7 ± 0,19 ^a
RL	2,7 ± 1,48 ^a	12,09 ± 4,67 ^a	3,21 ± 0,39 ^a	1?12 ± 0,12 ^a	1,74 ± 0,06 ^a

Kyselina vanilová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	1,67 ± 0,17 ^a	1,35 ± 0,08 ^a	1,26 ± 0,05 ^a	1,28 ± 0,1 ^a	1,55 ± 0,17 ^a
RL	1,13 ± 0,23 ^a	1,69 ± 0,1 ^a	1,62 ± 0,19 ^a	1,75 ± 0,08 ^a	2,03 ± 0,06 ^a

Kyselina chlorogenová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	1,17 ± 0,51 ^a	0,98 ± 0,98 ^a	0,48 ± 0,11 ^a	0	0
RL	0,33 ± 0,07 ^a	0,86 ± 0,21 ^a	1,01 ± 0,18 ^a	0	0

Kyselina kávová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	9,84 ± 2,52 ^a	20,5 ± 1,04 ^a	5,86 ± 1,07 ^a	2,98 ± 0,77 ^a	2,41 ± 0,34 ^a
RL	9,86 ± 2,67 ^a	6,29 ± 0,45 ^a	4,14 ± 0,46 ^a	2,57 ± 0,27 ^a	1,47 ± 0,13 ^a

Kyselina syringová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	18,2 ± 0,86 ^a	23,91 ± 0,26 ^a	16,8 ± 1,59 ^a	16,7 ± 3,73 ^a	12,2 ± 0,29 ^a
RL	18,6 ± 6,48 ^a	23,5 ± 0,33 ^a	21,4 ± 0,61 ^a	16,0 ± 1 ^a	18,46 ± 0,47 ^a

Epikatechin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	55,4 ± 1,2 ^a	75,1 ± 2,41 ^a	22,3 ± 8,66 ^a	47,0 ± 12,4 ^a	23,7 ± 0,95 ^a
RL	49,1 ± 17,5 ^a	38,8 ± 13,64 ^a	13,9 ± 6,88 ^a	12,4 ± 0,56 ^a	13,9 ± 0,86 ^a

kyselina trans p-kumarová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	0,71 ± 0,27 ^a	0,9 ± 0,08 ^a	0,89 ± 0,08 ^a	0,76 ± 0,05 ^a	0,72 ± 0,05 ^a
RL	0,88 ± 0,73 ^a	0,95 ± 0,07 ^a	0,93 ± 0,07 ^a	0,71 ± 0,06 ^a	0,67 ± 0,01 ^a

Kyselina ferulová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	67,1 ± 27,13 ^a	94,5 ± 4,52 ^a	80,4 ± 6,13 ^a	85,4 ± 2,7 ^a	87,8 ± 3,23 ^a
RL	60,2 ± 18,5 ^a	115 ± 3,40 ^a	120 ± 7,55 ^a	89,2 ± 2,88 ^a	103 ± 1,42 ^a

Kyselina sinapová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	0,45 ± 0,08 ^a	14,4 ± 0,68 ^a	9,19 ± 0,9 ^a	10,5 ± 1,19 ^a	6,94 ± 0,78 ^a
RL	2,86 ± 0,17 ^a	7,27 ± 0,24 ^a	4,08 ± 0,27 ^a	1 ± 0,1 ^a	4,01 ± 0,51 ^a

Kyselina elagová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	409 ± 10,1 ^a	409 ± 24,62 ^a	430 ± 35,5 ^a	536 ± 108 ^a	571 ± 51,1 ^a
RL	155 ± 41,0 ^a	13,1 ± 25,48 ^a	502 ± 36,2 ^a	513 ± 26,5 ^a	564 ± 9,00 ^a

Rutin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	98,3 ± 7,8 ^a	23,0 ± 1,95 ^a	13,6 ± 4,70 ^a	6,75 ± 1,61 ^a	22,6 ± 2,43 ^a
RL	22,5 ± 10,6 ^a	35,21 ± 4,04 ^a	29,0 ± 1,98 ^a	24,3 ± 3,68 ^a	3,93 ± 0,91 ^a

Kyselina trans-o-kumarová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	3,76 ± 1,42 ^a	4,08 ± 0,87 ^a	0,31 ± 0,02 ^a	0,39 ± 0,06 ^a	0,65 ± 0,8 ^a
RL	2,78 ± 1,19 ^a	0,36 ± 0,02 ^a	0,27 ± 0,03 ^a	0,27 ± 0,01 ^a	0,2 ± 0,04 ^a

Kyselina protokatechová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	9,65 ± 4,32 ^a	6,85 ± 0,33 ^a	31,8 ± 4,05 ^a	22,4 ± 6,57 ^a	10,8 ± 0,49 ^a
RL	10,4 ± 3,68 ^a	20,5 ± 7,13 ^a	32,5 ± 4,79 ^a	32,8 ± 2,29 ^a	9,87 ± 0,11 ^a

Resveratrol

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	133 ± 15,0 ^a	141 ± 4,90 ^a	139 ± 23,8 ^a	159 ± 38,63 ^a	117 ± 7,32 ^a
RL	147 ± 60,2 ^a	159 ± 19,5 ^a	137 ± 12,4 ^a	109 ± 3,04 ^a	105 ± 5,76 ^a

Kyselina trans-cinnamová

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	46,1 ± 1,95 ^a	61,8 ± 2,43 ^a	46,9 ± 4,55 ^a	49,4 ± 9,99 ^a	53,8 ± 1,82 ^a
RL	50,5 ± 18,7 ^a	62,6 ± 3,26 ^a	65,8 ± 4,74 ^a	58,7 ± 1,67 ^a	65,2 ± 2,39 ^a

Kampferol

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	62,7 ± 3,01 ^a	77,5 ± 3,15 ^a	56,8 ± 3,73 ^a	59,1 ± 11,95 ^a	63,8 ± 1,24 ^a
RL	67,9 ± 26,17 ^a	65,8 ± 7,45 ^a	71,1 ± 4,93 ^a	61,1 ± 1,9 ^a	81,1 ± 2,13 ^a

Kvercetin

	DEN 5	DEN 6	DEN 7	DEN 8	DEN 9
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
RO	47,4 ± 5,73 ^a	30,5 ± 1,32 ^a	39,4 ± 4,03 ^a	39,9 ± 12,51 ^a	33,8 ± 1,31 ^a
RL	43,2 ± 3,78 ^a	44,2 ± 9,67 ^a	46,8 ± 6,2 ^a	31,02 ± 2,04 ^a	33,8 ± 0,66 ^a