

Stanovení antioxidačního účinku významných aromatických rostlin

Adam Hudeček

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Adam Hudeček
Osobní číslo:	T22155
Studijní program:	B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace:	Technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Stanovení antioxidačního účinku významných aromatických rostlin

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část:

Charakteristika aromatických rostlin.

Složení a vlastnosti vybraných rostlin této skupiny.

Popis antioxidantů a metod využívaných pro stanovení antioxidačního účinku.

II. Praktická část:

Stanovení antioxidační aktivity vybraných aromatických rostlin spektrofotometrickými metodami.

Stanovení obsahu polyfenolů vybraných aromatických rostlin spektrofotometricky.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Proestos, C., Varzakas, T. Aromatic Plants: Antioxidant Capacity and Polyphenol Characterisation. *Foods*, 2017, 6, 28.
- [2] Tajner-Czopek, A., Gertchen, M., Rytel, E., Kita, A., Kucharska, A.Z., Sokół-Łętowska, A. Study of Antioxidant Activity of some Medicinal Plants Having High Content of Caffeic Acid Derivatives. *Antioxidants (Basel)*. 2020, 9, 412.
- [3] Gonçalves, S., Moreira, E., Grosso, C. et al. Phenolic profile, antioxidant activity and enzyme inhibitory activities of extracts from aromatic plants used in Mediterranean diet. *J. Food Sci. Technol.* 2017, 54, 219–227.
- [4] Velíšek, J., Hajšlová, J. Chemie potravin II.. Tábor: Osis, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Soňa Škrovánková, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **1. ledna 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 28. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

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

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně, dne

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Teoretická část bakalářské práce je zaměřena na popis vybraných aromatických rostlin (kopr vonný, libeček lékařský, česnek medvědí, koriandr setý), jejich chemické složení, biologické účinky a využití. Dále je zaměřena na popis antioxidantů a metod využívaných ke stanovení antioxidační aktivity a celkového obsahu polyfenolů. V praktické části je práce zaměřena na stanovení celkového obsahu polyfenolů s využitím Folin–Ciocalteuova činidla a také na stanovení antioxidační aktivity pomocí spektrofotometrických metod s ABTS a DPPH ve vodných extraktech vybraných aromatických rostlin, extrahovaných při teplotách 70 °C a 85 °C.

Klíčová slova: aromatické rostliny, polyfenoly, antioxidační aktivita, DPPH, ABTS

ABSTRACT

The theoretical part of the bachelor thesis is focused on the description of selected aromatic plants (dill, lovage, wild garlic, coriander), their chemical composition, biological properties and usage. It also focuses on the description of antioxidants and methods used to determine the antioxidant activity and total polyphenol amount. In the practical part, the thesis is focused on the determination of total polyphenols using Folin–Ciocalteu reagent and also on the determination of antioxidant activity by spectrophotometric methods with ABTS and DPPH in aqueous extracts of selected aromatic plants extracted at 70 °C and 85 °C.

Keywords: aromatic plants, polyphenols, antioxidant activity, DPPH, ABTS

Rád bych poděkoval vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Soně Škrovánkové, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, trpělivost a za čas, který mi věnovala při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat paní Renatě Zelinové za výpomoc v laboratoři při zpracování praktické části.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CHARAKTERISTIKA AROMATICKÝCH ROSTLIN	13
1.1 LIBEČEK LÉKAŘSKÝ	13
1.1.1 Chemické složení	14
1.1.2 Biologické účinky a využití	15
1.2 KOPR VONNÝ.....	15
1.2.1 Chemické složení	16
1.2.2 Biologické účinky a využití	17
1.3 ČESNEK MEDVĚDÍ.....	17
1.3.1 Chemické složení	18
1.3.2 Biologické účinky a využití	19
1.4 KORIANDR SETÝ	19
1.4.1 Chemické složení	20
1.4.2 Biologické účinky a využití	21
2 ANTIOXIDANTY	22
2.1 FENOLICKÉ SLOUČENINY	23
2.1.1 Fenolické kyseliny	23
2.1.2 Třísloviny	23
2.1.3 Flavonoidy.....	24
2.2 KAROTENOIDY	25
2.3 METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	25
2.3.1 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH.....	26
2.3.2 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS.....	27
2.4 METODY STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ	28
2.4.1 Stanovení celkového obsahu polyfenolů pomocí Folin–Ciocalteuova činidla.....	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
3 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	31
4 MATERIÁL A PŘÍSTROJE.....	32
4.1 MATERIÁL.....	32
4.2 PŘÍSTROJE A POMŮCKY.....	33
4.3 CHEMIKÁLIE.....	33
5 METODIKA STANOVENÍ.....	34
5.1 PŘÍPRAVA EXTRAKTŮ AROMATICKÝCH ROSTLIN	34

5.2	STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÝCH POLYFENOLŮ POMOCÍ FOLIN-CIOCALTEUOVA ČINIDLA	34
5.2.1	Kalibrační křivka pro kyselinu gallovou	35
5.3	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY POMOCÍ METODY DPPH	36
5.3.1	Kalibrační křivka pro trolox (DPPH)	36
5.4	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY POMOCÍ METODY ABTS	37
5.4.1	Kalibrační křivka pro trolox (ABTS)	38
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	40
6.1	STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÝCH POLYFENOLŮ POMOCÍ FOLIN-CIOCALTEUOVA ČINIDLA	40
6.2	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY POMOCÍ METODY DPPH	43
6.3	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY POMOCÍ METODY ABTS	46
6.4	KORELACE MEZI OBSAHEM CELKOVÝCH POLYFENOLŮ A ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITOU.....	49
ZÁVĚR.....		52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		55
SEZNAM OBRÁZKŮ		63
SEZNAM TABULEK.....		64
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		65

ÚVOD

Aromatické rostliny jsou často nazývány a chápány jako byliny, bylinky nebo koření. Velké množství z nich pochází z Blízkého východu, kde jsou využívány přibližně od roku 5000 př. n. l. primárně kvůli jejich významným léčivým, zdravotně podpůrným vlastnostem a také z důvodu antimikrobiálního (konzervačního) účinku a také kvůli jejich aroma, vůni a chuti. V dnešní době mají uplatnění i jako složky kosmetických produktů, v krmivech pro zvířata nebo také v biotechnologiích.

K rostlinám vykazujícím antioxidační účinky, zkoumaným v této práci, patří libeček lékařský (*Levisticum officinale*), kopr vonný (*Anethum graveolens* L) a koriandr setý (*Coriandrum sativum* L.), které patří do čeledi miříkovitých (*Apiaceae*), a česnek medvědí jako zástupce čeledi amarylkovitých (*Amaryllidaceae*). Antioxidanty patří k látkám, které jsou schopny zabránit a zpomalovat nechtěné oxidační procesy v lidském těle. K oxidačnímu poškození dochází hlavně u bílkovin, tuků a nukleových kyselin. To může mít za následek rozvoj diabetes, rakoviny, kardiovaskulárních, neurodegenerativních, ledvinových a dalších potíží. Mezi antioxidanty zastoupené v rostlinách patří fenolické sloučeniny, karotenoidy, tokoferoly, kyselina askorbová, organosírové sloučeniny a další.

Libeček se v gastronomii typicky využívá pro přípravu polévek. Silice rostlin z čeledi miříkovitých jsou typické přítomností ftalidů, které kromě antioxidační aktivity, vykazují i protizánětlivé nebo neuroprotektivní vlastnosti. Antioxidační aktivita kopru je způsobena primárně fenolickými sloučeninami. Je využíván hlavně v kuchyni (např. do omáček) a společně s česnekem a koriandrem se v lidovém léčitelství používají při léčbě trávicích potíží. Jeho silice mají vliv na snížení celkového cholesterolu, triacylglycerolů a LDL-cholesterolu. Koriandr je jedno z nejčastěji používaných koření na světě. Čerstvé listy jsou primárně využívány do polévek, omáček nebo salátů a semena se využívají k přípravě masa. Hlavní složkou jeho silice je linalool, který hraje významnou roli v analgetickém účinku koriandru. Medvědí česnek je využíván proti kardiovaskulárním nemocem, co bylo potvrzeno i moderními studiemi. Také je charakteristický obsahem organosírových sloučenin v silicích, které se podílí na antioxidační a neuroprotektivní aktivitě.

Jejich antioxidační aktivitu lze stanovit spektrofotometrickými, chromatografickými nebo elektrochemickými metodami. Spektrofotometrické metody využití v této práci (s DPPH a ABTS činidly) fungují na principu vychytávání volných radikálů a následném měření absorbance.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA AROMATICKÝCH ROSTLIN

V Evropě je nyní využíváno více než 2000 druhů aromatických rostlin, z čehož velká část je původem z Evropy, přičemž jistá část pochází z Blízkého východu. Mezi nejznámější aromatické rostliny využívané i v České republice patří oregano, rozmarýn, šalvěj, tymián, máta nebo česnek. Část těchto rostlin má zdroj ze sběru v přírodě [1,2].

Aromatické rostliny obsahují mnoho významných chemických látek s různým využitím a účinkem. Patří sem látky jako alkaloidy nebo polypeptidy, chinony, polyfenoly, flavonoidy. Některé z těchto složek vykazují protizánětlivé, antimikrobiální, antioxidační, fungicidní nebo antiparazitické vlastnosti. Mezi některými těmito sloučeninami může docházet i k synergickému účinku, který zvyšuje jejich biochemickou aktivitu, u některých naopak k účinku antagonistickému [1,2,3].

V rámci této bakalářské práce jsou zkoumány tyto vybrané aromatické rostliny, které jsou více charakterizovány v následujících kapitolách 1.1 až 1.4.

1.1 Libeček lékařský

Libeček lékařský, latinský název *Levisticum officinale*, je vytrvalá dvouděložná rostlina patřící do čeledi miříkovité (latinsky *Apiaceae*). Pochází z jihozápadní Asie a jižní Evropy, Libeček je využíván hlavně kvůli svému aroma, které připomíná vůni celeru kombinovaného s petrželí a s nádechem anýzu. Kvůli jeho aroma je v mnoha zemích nazýván jako “Maggi” rostlina. Dříve byl více využíván v gastronomii do polévek, dušených a masových pokrmů, ale v dnešní době většina lidí jeho využití v kuchyni vůbec nezná. Také je významný jako léčivá rostlina [5, 6, 7].

Daří se mu na slunečných horských svazích. Má vysokou, mohutnou, rýhovanou větvenou lodyhu dosahující výšky 1,8–2,5 m. Listy jsou tmavě zelené, lesklé, 2–3-krát zpeřené, zubaté, řapíkaté, a přízemní a dolní listy jsou až 0,7 m dlouhé. Horní lodyžní listy jsou menší a jednoduše zpeřené. Řapíky jsou duté a u báze tlustší. Květy tvoří zeleno-žluté okolíčky v průměru 2–3 mm. Šedo-hnědý oddenek libečku sahá do hloubky až 0,5 m a je zakončen hlavním kořenem. Pěstování libečku není příliš náročné, preferuje teploty od 6 °C do 18 °C a roční srážky až 1500 mm. Vyžaduje slunečné podmínky, ale v příliš teplých oblastech potřebuje stín [5, 6].



Obrázek 1: Libeček lékařský [4]

1.1.1 Chemické složení

Chemické složení rostliny se může velmi lišit v závislosti na mnoha faktorech, mezi které patří např. konkrétní druh, pěstební podmínky, způsob hnojení, její použité části, zralost nebo délka růstu rostliny. Podobně jako ostatní aromatické rostliny vykazuje čerstvý libeček nízkou energetickou hodnotu, má vysoký obsah vody. Sacharidy jsou nejvíce zastoupenou nutritivní složkou, malé množství bílkovin a nejméně zastoupené jsou tuky. Obsah volně rozpustných cukrů je nízký a většinu tvoří sacharóza a glukóza. Tuky jsou primárně tvořeny polynenasycenými mastnými kyselinami. Byla zjištěna přítomnost šesti organických kyselin, z čehož většinu tvoří kyselina šťavelová. Silice libečku je charakteristická přítomností ftalidů. Ftalidy jsou malá skupina látek nacházející se především u rostlin čeledi *Apiaceae*. Tyto látky jsou v tradiční medicíně spojovány s antioxidačními, protizánětlivými nebo neuroprotektivními účinky. Mezi další hojně zastoupené látky patří terpeny, které u silic listů libečku často tvoří majoritu jejich složení, zatímco v silicích kořenů byly většinou v převaze právě ftalidy. Z fenolických látek se zde nachází například kyselina vanilinová [7, 8, 9].

1.1.2 Biologické účinky a využití

Libeček je znám především díky jeho využití v kuchyni jako ingredience při přípravě různých pokrmů. Je popisován jako hodnotná součást lidské stravy, díky jeho obsahu bioaktivních látek. Mezi tyto bioaktivní látky patří především fenolické sloučeniny, a to například fenolové kyseliny, flavonoidy, třísloviny, chinony, lignany a další. Libeček je po staletí znám jako rostlina s diuretickými, karminativními a spasmolytickými účinky. Mimo jiné také působí antioxidačně, antibakteriálně, protizánětlivě a může pomoci například při léčbě dyslipidémie. Dále se libeček využívá v parfémtech, nápojích nebo v tabákovém průmyslu [10,11,12].

1.2 Kopr vonný

Kopr vonný, latinsky *Anethum graveolens* L., je jednoletá aromatická rostlina pocházející z čeledi miříkovitých (latinsky *Apiaceae*), stejně jako libeček. Pravděpodobně pochází ze Středomoří a Asie. V Egyptě byl používán již před 5000 lety a jeho stopy byly nalezené i v římských ruinách ve Velké Británii. Díky jeho aroma a zdravotním účinkům je dnes využíván primárně v kuchyni [13].

Pěstován je celosvětově. Dorůstá výšky až 1 m a má vzpřímenou, matně zelenou, dutou lodyhu s podélnými, světle zelenými pruhy. Má zelené, dlouhé, tenké, třikrát až čtyřikrát dělené listy na zpeřené části. Květy jsou žluté, malé a uspořádány do okolíku. Z dlouhého větvenovitého hlavního kořene vede několik vedlejších kořenů. Plody jsou hnědé, okřídlené, oválné s jednou plochou stranou a dvěma rýhami. Chuť semen připomíná kmín a má příjemnou aromatickou vůni. Kopr preferuje teplo, slunečno a bohatou, dobře odvodněnou, kyprou půdu s pH v rozmezí 5,3–7,8. Je vhodná předplodina pro kukuřici, zelí, salát a cibuli, ale inhibuje růst mrkve [13, 14].



Obrázek 2: Kopr vonný [15]

1.2.1 Chemické složení

Chemické složení kopru závisí na zkoumané části rostliny. Mezi primární látky nacházející se v silicích patří monoterpenové uhlovodíky, které představují 80 % celkového obsahu silic listů. Další významnou látkou, která se podílí na aroma kopru je anethofuran, který tvoří více než 16 % obsahu silic listů. V listech se jedná hlavně o α -felandren, který tvoří téměř 63 % obsahu. α -felandren je velmi často se vyskytující cyklický monoterpen v silicích rostlin. Je to bezbarvá až slabě nažloutlá látka s pepřovou, dřevitou a bylinnou vůní. Silice bohaté na tento monoterpen byly potvrzené jako potenciální biopesticidy, larvicidy a repelenty hmyzu. I v květech kopru tvoří většinu obsahu silic monoterpenové uhlovodíky, kde α -felandren tvoří kolem 30 % obsahu a limonen tvoří 33 % obsahu. Je zde i vyšší obsah anethofuran. V silicích semen kopru byla hlavní složkou karvon, ovšem v květech jeho obsah tvoří pouze 10 % a v listech se nenachází [16, 17].

Další zastoupené látky v semenech kopru jsou mastné kyseliny (hlavně mononenasycené), bílkoviny, sacharidy, flavonoidy, fenolové kyseliny a kyselina petroselinová. Kopr je také označen jako bohatý zdroj karotenoidů. Chemické složení může být ovlivněno i výškou rostliny nebo obdobím, kdy byla rostlina pěstována. Kopr pěstovaný v letním období obsahoval silice s významnějšími antimikrobiálními vlastnostmi než kopr, který byl pěstován během zimního období. Tyto antimikrobiální vlastnosti jsou přisuzovány převážně fenolickým sloučeninám [14, 18, 19].

1.2.2 Biologické účinky a využití

Kopr je využíván především v kuchyni, kde se používá například pro přípravu a dochucení omáček, dušených pokrmů, ryb, salátů, rýže, polévek nebo nakládaných okurek [20].

V lidovém léčitelství bývají semena kopru využívána k uvolnění zažívacích potíží. U silic kopru byl zjištěn významný vliv na pokles celkového cholesterolu, triacylglycerolů a LDL-cholesterolu a také na zvýšení HDL-cholesterolu. Silice a extrakty kopru také vykazují antimikrobiální aktivitu, která by dle mnoha autorů mohla být ovlivněna furanokumariny v kopru. Antimykotická aktivita silic byla zjištěna vůči *Candida albicans*, *Penicillium islandicum* a *Aspergillus flavus*. Mimo jiné může kopr působit protizánětlivě, antioxidačně, analgeticky, má vliv na ochranu žaludeční sliznice, zvýšení hladiny progesteronu. Díky obsahu tříslovin může snížit závažnost menstruačních bolestí. Silice jsou také využívány jako součást kosmetiky, parfémů, mýdel a čistících prostředků. Karvon z kopru zvyšuje efektivitu zahradnického insekticidu parathion [14, 20–21, 22].

1.3 Česnek medvědí

Česnek medvědí, latinsky *Allium ursinum* L., je vytrvalá jednoděložná aromatická rostlina patřící do čeledi amarylkovité (latinsky *Amaryllidaceae*). Je využíván jako koření a po staletí je v tradiční medicíně využíván proti kurdějím, horečkám, střevním potížím a pro vyvolání pocitu hladu. Ve středověké medicíně byl využíván proti kardiovaskulárním nemocem a tento účinek byl popsán i v moderních studiích [23, 24].

Česnek medvědí je široce rozšířen v Evropě a Asii, ovšem neroste v nadmořských výškách větších než 1900 m. Nejlépe roste ve stínu, polostínu a hlinitopísčité vlhké, ale dobře odvodněné půdě bohaté na živiny. Přesto, že preferuje vysokou vlhkost vzduchu, může být nalezena i v poměrně vysušené půdě během letních měsíců. Jedná se o cibulnatý geofyt, jehož cibule je úzká, podlouhlá, dlouhá až 6 cm a občas se kolem ní tvoří dceřiné cibule, která je důležitá pro vegetativní rozmnožování. Má kontraktilní kořeny, které mohou v měkké půdě sahát do hloubky až 27 cm. Česnek medvědí má trojhrannou, vzpřímenou lodyhu, která dorůstá výšky až 50 cm. Na vrchu stonku je polokulovité květenství uspořádané do okolíku, které se skládá z 3–30 sněhově bílých, hvězdovitých květů. Ty jsou obklopené toulcem složeným z 2–3 listenů až do rozkvetu. Česnek má pouze 2–3 listy. Ty jsou ploché, hladké, kopinaté až eliptické, široké 20–64 cm a jsou menší než stonek. Listy mají dobře vyvinutou čepel, která je špičatá na vrcholu a postupně zúžená do řapíku u báze.

Různé ekotypy česneku se mohou výrazně lišit v šířce listů, v počtu květů v květenství a v délce řapíku a lodyhy [23, 24].



Obrázek 3: Česnek medvědí [25]

1.3.1 Chemické složení

Obsah bioaktivních látek se může měnit v závislosti na podmínkách růstu, jako je teplota, vlhkost, nadmořská výška, ale také například na zralosti a využívané části medvědího česneku. Společně s flavonoidy a saponiny jsou organosírové sloučeniny nejčastěji zjištěnou skupinou sekundárních metabolitů česneku a jsou nejběžněji izolovány ve formě silic. Organosírové sloučeniny jsou zodpovědné za specifickou vůni a aroma česneku. Byla u nich potvrzena biologická aktivita a byl u nich pozorován vliv na lidské zdraví (např. antimikrobiální a neuroprotektivní). Jedná se ovšem o tepelně nestabilní látky, jejichž množství je při tepelné úpravě sníženo. U těchto organosírových sloučenin se největší podíl jejich obsahu nachází v silicích medvědího česneku. Mezi tyto sloučeniny patří především disulfidy, trisulfidy a tetrasulfidy. Konkrétně se jedná hlavně o allylmetyltrisulfid, diallyltrisulfid, diallyldisulfid, allylmetyldisulfid nebo dimetyltrisulfid [26, 27, 28, 29].

Medvědí česnek je i dobrý zdroj fenolických látek. Listy česneku obsahují volné formy kyseliny gallové, ferulové a vanilinové, zatímco ve vázané formě se zde nachází kyselina *p*-kumarová, kyselina ferulová a vanilinová. Cibule česneku obsahuje volnou formu kyseliny *p*-hydroxybenzoové a vanilinové. Ve vázané formě se v cibuli nachází kyselina *p*-kumarová a ferulová [27].

1.3.2 Biologické účinky a využití

V dnešní době se medvědí česnek běžně používá v kuchyni. Může být konzumován čerstvý, vařený nebo i jako druh pesta. Často se přidává do různých polévek, gnocchi, rizota, ravioli nebo třeba jako koření na ochucení tvrdých sýrů nebo pomazánek. Cibule medvědího česneku může být využita podobně jako běžného kuchyňského česneku [23].

Medvědí česnek je sbírán po staletí jako součást potravy i přírodní lék pro kardiovaskulární, respirační a gastrointestinální potíže. Bylo zjištěno, že medvědí česnek zpomaluje tvorbu krevních sraženin, má kardioprotektivní účinky a vliv na snížení krevního tlaku. Antimikrobiální, protizánětlivé, antimykotické a antioxidační účinky byly u medvědího česneku také určeny. Byl stanoven i potencionální spasmolytický účinek extraktů medvědího česneku. Ve studii provedené in vitro vykazoval extrakt medvědího česneku vliv na cytotoxickou aktivitu [30, 31].

1.4 Koriandr setý

Koriandr setý, latinsky *Coriandrum sativum* L., je jednoletá bylina patřící do čeledi miříkovité (latinsky *Apiaceae*). Koriandr byl jedním z prvních používaných typů koření a vzhledem jeho kulinárním a zdravotním účinkům je využíván už více než 3000 let. Pochází ze Středomoří a je široce pěstován v Rusku, střední Evropě, severní Africe a Asii. V tradiční medicíně je využíván pro léčbu trávicích potíží (průjem, nadýmání, bolest břicha a zvracení) [32, 33].

V závislosti na podmínkách pěstování zraje koriandr 65-120 dní, dorůstá do výšky 20–140 cm. Má vzpřímenou, tenkou, větvenou lodyhu. Horní listy jsou oválné, mírně laločnaté, jemné a jemně dělené, zatímco spodní listy jsou širší, nedělené a trojčetné. Hlavní stonek i každé větvení je zakončeno složeným okolíkem, který je tvořeno 3–10 okolíčky. Každý okolíček je tvořen 10–50 pětičetnými malými květy, které jsou zbarvené růžově a bíle. Kořen koriandru je vřetenovitý. Plody jsou globulární až oválné a jsou tvořené ze dvou suchých perikarpů o průměru 6 mm. Může být pěstován v široké škále půd, ale půda by měla být bohatá na živiny a dobře odvodněná. Vůně různých částí koriandru se výrazně mění v důsledku zrání rostliny. Proto je důležité, aby byl koriandr sklizen během správné fáze zrání, která ovlivňuje následnou kvalitu vůně koření a obsažených silic [32, 33].



Obrázek 4: Koriandr setý [34]

1.4.1 Chemické složení

Koriandr obsahuje širokou škálu fotochemikálií, mezi které patří silice, polyfenoly, mastné kyseliny, steroly, tokoferoly, tokotrienoly, karotenoidy a další. Silice mohou být extrahovány z listů, stonků, květů, perikarpu, semen a kořenů koriandru. Složení silic se může lišit v závislosti na části použité rostliny, období sklizně, genotypu, podmínkách pěstování a dalších faktorech. Mezi zjištěné látky obsažené v silicích patří dekanal, dodekanal, fytol, limonen, γ -terpinen nebo linalool, u kterého bylo zjištěno několik bioaktivních účinků, mezi které patří například antimikrobiální účinek vůči *Campylobacter*. Linalool je monoterpenový alkohol, který se díky svému aroma často využívá do různých hygienických a kosmetických produktů. Také se využívá do čistících domácích prostředků, vosků nebo jako mezičlánek při výrobě syntetického vitamínu E. Mastné kyseliny koriandru jsou koncentrované především v semenech a většinu tvořily nenasycené mastné kyseliny jako kyselina petroselinová, linolová nebo olejová. Karotenoidy se nacházejí hlavně v listech a jejich obsah je vyšší u zralejších rostlin. Nachází se zde více než 20 obsažených fenolických sloučenin jako například deriváty kumarinu, rutin, apigenin, katechin, luteolin, hesperidin nebo kyselina gallová, ferulová, kávová a salicylová [35, 36, 37].

1.4.2 Biologické účinky a využití

Koriandr je jedno z nejběžněji používaných koření na světě. Každá část rostliny má odlišné aroma díky odlišnému složení silic. Čerstvé listy se využívají pro přípravu polévek, omáček a salátů, zatímco drcené nebo celá semena jsou využívány například k přípravě masa. V thajské kuchyni jsou kořeny a semena využívány pro přípravu kari past. Využívá se i jako složka různých mýdel, krémů, pleťových vod nebo parfémů [38].

Bylo zjištěno, že obsah linaloolu v silicích koriandru hraje významnou roli u analgetického účinku rostliny. U linaloolu byl stanoven i protirakovinný účinek, kde mírně inhiboval rychlé množení buněk. U silic a extraktů koriandru bylo zjištěno, že by mohli být užitečné pro léčbu epilepsie. Antioxidační aktivita silic a extraktů koriandru je zapříčiněna jejich redoxním potenciálem, který hraje významnou roli v adsorpci a neutralizaci volných radikálů a zhasení reaktivních forem kyslíku. U silic a extraktů koriandru byly potvrzeny sedativně-hypnotické účinky, přičemž se předpokládá, že většina látek zodpovědných za hypnotický účinek je primárně přítomno ve vodném roztoku. Dále byla zjištěná aktivita podporující paměť, u které se předpokládá, že je způsobená přítomností silic a antioxidantů, které snižují vystavování mozkových buněk oxidačnímu stresu. Mimo jiné byl u koriandru zjištěn například i protizánětlivý, hypoglykemický, hypolipidemický, antimikrobiální a antimykotický účinek [39].

2 ANTIOXIDANTY

Během běžných metabolických dějů v lidském těle vzniká řada reaktivních forem kyslíku a dusíku. Mezi ně patří látky s radikálovou povahou jako jsou hydroxyly, superoxid, oxid dusný, oxid dusičitý a také látky, které sice nepatří mezi radikály, ale mají významný vliv na stabilitu potravin a lidské zdraví, jako je peroxid vodíku nebo singletový kyslík. Přesto, že mají některé důležité role v lidském organismu (např. signální funkce), jejich přítomnost by měla být regulována antioxidačním obranným systémem. V situaci, kdy je jejich rovnováha narušena ve prospěch oxidačních složek, může dojít k oxidačnímu poškození biomolekul v těle (bílkoviny, lipidy nebo nukleové kyseliny). To může přispívat k rozvoji některých onemocnění jako diabetes, kardiovaskulární, neurodegenerativní a ledvinové problémy, rakovina a další zdravotní komplikace. Jako biomarkery oxidačního stresu se dnes nejčastěji uvádí malondialdehyd a isoprostany u lipidů, karbonylové deriváty u proteinů a 8-hydroxy-2'-deoxyguanosin u nukleových kyselin [40, 41].

K látkám schopným zabránit a zpomalovat nechtěnou oxidaci biologicky významných substrátů patří antioxidanty. Antioxidanty se klasifikují jako látky enzymatické nebo neenzymatické povahy, rozpustné ve vodě nebo v tucích, primární a sekundární, přírodní a syntetické, nebo jako endogenní a exogenní. Primární antioxidanty především přerušují reakce volných radikálů pomocí darování atomů vodíku. Sekundární antioxidanty zhášejí singletový kyslík, rozkládají peroxidy na neradikálové formy, absorbují ultrafialové záření, působí jako chelátory kovů nebo inhibují oxidativní enzymy. Sekundární antioxidanty mohou působit synergicky s primárními [40, 41].

Přestože si lidské tělo některé antioxidanty umí syntetizovat, tak jiné je vhodné přijímat prostřednictvím stravy. Mezi významné dietní zdroje antioxidantů patří ovoce, zelenina, byliny a koření. K antioxidantům, které se přirozeně vyskytují v rostlinných zdrojích, bylinách patří například fenolické sloučeniny, flavonoidy, karotenoidy, tokoferoly, askorbová kyselina, organosírové sloučeniny nebo některé alkaloidy. Kromě zdravotních benefitů bývají antioxidanty běžně využívány k prodloužení trvanlivosti potravin, i jako složky doplňků stravy a léčiv [41, 42].

2.1 Fenolické sloučeniny

Fenolické sloučeniny jsou velká skupina sekundárních metabolitů rostlin. Je známo více než 8000 fenolických sloučenin, které se nachází v řadě druhů zeleniny, ovoce, koření, obilovin, luštěnin a ořechů. Jedná se o sloučeniny, které obsahují alespoň jedno aromatické jádro a alespoň jednu hydroxylovou funkční skupinu. V rostlinách obecně plní ochrannou funkci před ultrafialovým zářením a před patogeny, parazity a predátory. Mimo jiné přispívají k barvě a chuti rostliny. Na hořké a svíravé chuti některého ovoce a ovocných šťáv se podílí právě fenolické sloučeniny. Mezi hlavní skupiny fenolických sloučenin patří flavonoidy, fenolické kyseliny, třísloviny, lignany a stilbeny [43, 44].

Fenolické sloučeniny mohou být extrahovány z čerstvých, mražených nebo sušených rostlin. Před extrakcí se obvykle melou, drtí a homogenizují. Mezi rozpouštědla, které se využívají k extrakci fenolických sloučenin patří metanol, etanol, aceton, etylacetát a jejich kombinace, s různým podílem vody. Daná volba extrakčního činidla ovlivňuje množství extrahovaných látek a rychlost extrakce [45].

2.1.1 Fenolické kyseliny

Fenolické kyseliny mohou být děleny do dvou hlavních skupin. První skupinou jsou kyseliny hydroxybenzoové, kde patří například kyselina gallová, vanilinová nebo syringová. Druhou skupinu tvoří kyseliny hydroxyskořicové, jako například kyselina ferulová, kávová nebo *p*-kumarová. Hydroxybenzoové kyseliny se nachází převážně v olejnatých semenech, cereáliích, kávě, malinách, ostružinách, rybízu. Hlavním zdrojem hydroxyskořicových kyselin je káva, třešně, cereálie, broskve, špenát, citrusová šťáva, rajčata, brambory nebo mandle. Bylo zjištěno, že kyselina kávová a chlorogenová vykazují antioxidační a kardioprotektivní aktivitu. U kyseliny gallové bylo zjištěno, že u tukové tkáně potlačuje lipogenezi, zlepšuje inzulinovou signalizaci a současně působí proti zvýšené zánětlivé reakci a oxidačnímu stresu [44].

2.1.2 Třísloviny

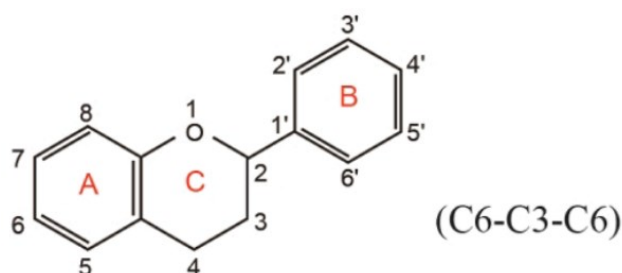
Třísloviny jsou skupina polyfenolů, které se nachází v různých částech rostlin a bylin. Dělí se do dvou hlavních skupin, na hydrolyzovatelné a kondenzované třísloviny. Hydrolyzovatelné se dále dělí na gallotaniny a ellagotaniny. Gallotaniny po hydrolýze produkují kyselinu gallovou a glukózu, zatímco ellagotaniny po hydrolýze produkují kyselinu ellagovou. Mezi hlavní zdroje tříslovin patří guarana, čaj, káva a kakao. Různé

druhy ovoce, zeleniny, cereálií, luštěnin, bylin a koření jsou také známy jako dobrý zdroj tříslovin. U tříslovin byla zjištěna antioxidační, protizánětlivá, protirakovinná, antimikrobiální nebo také antivirotická aktivita. U tříslovin byly ovšem zjištěny i některé nežádoucí účinky, mezi které se řadí například antinutriční, mutagenní nebo hepatotoxická aktivita [46].

2.1.3 Flavonoidy

Flavonoidy jsou skupina polyfenolů nacházející se především v květech, listech a semenech rostlin. U rostlin hrají flavonoidy důležitou roli u mnoha biologických vlastností. Podílí se na vývoji, růstu, zrání a barvě rostliny nebo se také podílí například na ochraně před bakteriemi, houbami či ultrafialovým zářením. Základní skelet (C6–C3–C6) molekul flavonoidů je znázorněn na obrázku 5. Nejběžnější podskupiny flavonoidů, které lze nalézt v přírodě jsou antokyany, flavony, flavonoly, flavonony, isoflavony, flavanoly a další. Vlastnosti flavonoidů záleží na uskupení metoxylových, hydroxylových a glykosidových funkčních skupin na základním skeletu [44, 47].

Hlavní biologická aktivita, která byla rozsáhle testovaná u flavonoidů, je antioxidační aktivita. Mimo antioxidační aktivitu flavanoly vyvolávají uvolnění oxidu dusnatého do krve, což může zmírnit poškození cév kuřáků po konzumaci nápojů obsahujících flavanoly. Antokyany hrají esenciální roli v rozkladu cholesterolu a prevenci kardiovaskulárních onemocnění u lidí. Také jsou využívány jako potravinářská barviva. Flavanony se nachází skoro výhradně v citrusových plodech a mohou například zvýšit aktivitu katalázy, superoxid dismutázy, glutathionperoxidázy a dalších antioxidačních enzymů. Flavonoly mají kardioprotektivní, antimikrobiální, antivirotickou a protirakovinnou aktivitu a jsou obsaženy v zelenině a ovoci, jako je brokolice, cibule, špenát a jablka. Isoflavony se běžně vyskytují v luštěninách a působí jako fytoestrogeny. Flavony jsou jedna z největších skupin flavonoidů a mezi hlavní flavony patří apigenin a luteolin. Apigenin vychytává volné radikály a působí jako regulátor antioxidační obrany buněk slinivky břišní [47].



Obrázek 5: Základní skelet flavonoidů [47]

2.2 Karotenoidy

Karotenoidy jsou červené, žluté a oranžové tetraterpeny složené z izoprenových jednotek tvořící strukturu, která je obvykle sestavená z 40 uhlíků. Jedná o především o lipofilní látky. Dnes je známo více než 1200 karotenoidů, z čehož více než 1120 je tvořeno strukturou právě z 40 uhlíků. Karotenoidy jsou produkovány všemi fotosyntetizujícími organismy s tím, že i některé nefotosyntetizující prokaryoty a houby je umí syntetizovat. Živočichové až na výjimky neprodukují karotenoidy, ale jsou odkázáni na jejich příjem v potravě. Barevné ovoce a zelenina jsou hlavním zdrojem karotenoidů. Dělí se do dvou základních skupin na karoteny (např. lykopen, α - a β -karoten) tvořené uhlíky a vodíky, a na xantofyly, které navíc obsahují i kyslík. Xantofyly se dělí na hydroxylové (lutein, zeaxantin), epoxidové (neoxantin, violaxantin) a karbonyly (kantaxantin, astaxantin). Barva, tvar, reaktivita a fotochemické vlastnosti karotenoidů jsou primárně způsobeny schopností karotenoidů tvořit konjugované dvojné vazby. V rostlinách slouží k ochraně před fotooxidativním poškozením a podílí se také na systému fotosyntézy. Dále hrají důležitou roli ve tvorbě fytohormonů, které jsou klíčové regulátory růstu, vývoje a stresové odpovědi rostlin [48,49].

Mezi zdravotní účinky karotenoidů patří regulace oxidačního stresu, zvýšení funkce imunitního systému a snížení rizika vzniku degenerativních chronických onemocnění, jako je degenerace svalů spojená s věkem, kardiovaskulární onemocnění, diabetes 2. typu, některé druhy rakoviny a další. Karotenoidy také přitahují pozornost jako podporovatelé kognitivních funkcí a jako fotoochrana kůže. Při suplementaci více než 20 mg čistého nebo syntetického β -karotenu denně lidem, kteří měli vyšší šanci výskytu rakoviny (kuřáci, lidé vystavovaní azbestu), bylo ovšem zjištěno, že došlo ke zvýšení rizika rakoviny a úmrtnosti [48,49].

2.3 Metody stanovení antioxidační aktivity

Metody hodnocení antioxidantů prostřednictvím stanovení antioxidační aktivity se mohou dělit podle mechanismu chemické reakce. První skupinou jsou metody HAT (Hydrogen Atom Transfer), které jsou založené na přenosu vodíku. Druhou skupinu tvoří metody SET (Single Electron Transfer), u kterých dochází k přenosu samotného elektronu [50].

Mezi SET metody se řadí metoda FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), která funguje na principu na redukci železitých komplexů na modré železnaté komplexy v kyselém prostředí, kde se měří absorbance spektrofotometricky při vlnové délce 593 nm. Další SET metody jsou RP (Reduction Power) a CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant

Power). U metody CUPRAC dochází k redukci měďnatých komplexu na měďné, kde se měří absorbance při vlnové délce 450 nm. Tuto metodu lze využít pro stanovení hydrofilních i hydrofobních antioxidantů [50, 51].

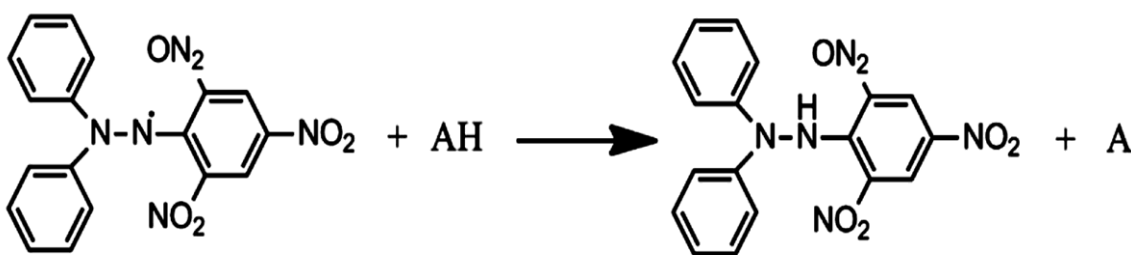
Do HAT metod patří metoda založená na zachycování peroxidových radikálů TRAP (Total Peroxyl Radical Trapping Antioxidant Parameter), metoda TOSC (Total Oxyradical Scavenging Capacity), která stanovuje celkovou kapacitu vychytávání oxyradikálů a také metoda ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity), která stanovuje kapacitu absorbance kyslíkových radikálů [50, 51].

Mezi metody založené na principu přenosu atomů vodíku i samotných elektronů patří metody DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl) a ABTS (využívající kyselinu 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonovou), které jsou více popsány v kapitolách 2.3.1. a 2.3.2 [51, 52].

Jednotlivé metody vyhodnocení antioxidační aktivity se dělí na spektrometrické, elektrochemické a chromatografické. Mezi spektrometrické metody se řadí metody uvedené výše v této kapitole. Mezi elektrochemické metody se může zařadit voltametrie, amperometrie nebo biamperometrie. Mezi chromatografické metody využívané k stanovení antioxidační aktivity patří především vysokoúčinná kapalinová chromatografie, HPLC (High Performance Liquid Chromatography) [50, 51].

2.3.1 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Jedná se o metodu založenou na principu vychytávání volných radikálů, u které se využívá stabilního volného radikálu DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl). Stabilita tohoto radikálu je dána delokalizací nepárového elektronu. Tato delokalizace elektronu navíc způsobuje tmavě fialové zbarvení molekuly a maximální absorbanci etanolového roztoku při 517 nm. Když je roztok DPPH smíchán s roztokem látek schopných darovat atom vodíku, dojde k redukci radikálu DPPH na DPPH-H. Při této redukci dochází k úbytku volného radikálu DPPH a barva roztoku se mění z tmavě fialové do světle žluté. To má za následek pokles absorbance, která se stanovuje při vlnové délce 517 nm. Pro stanovení se obvykle používá metanolové a etanolové rozpouštědlo, ovšem metanol se vzhledem k jeho toxickým vlastnostem nepreferuje [52].



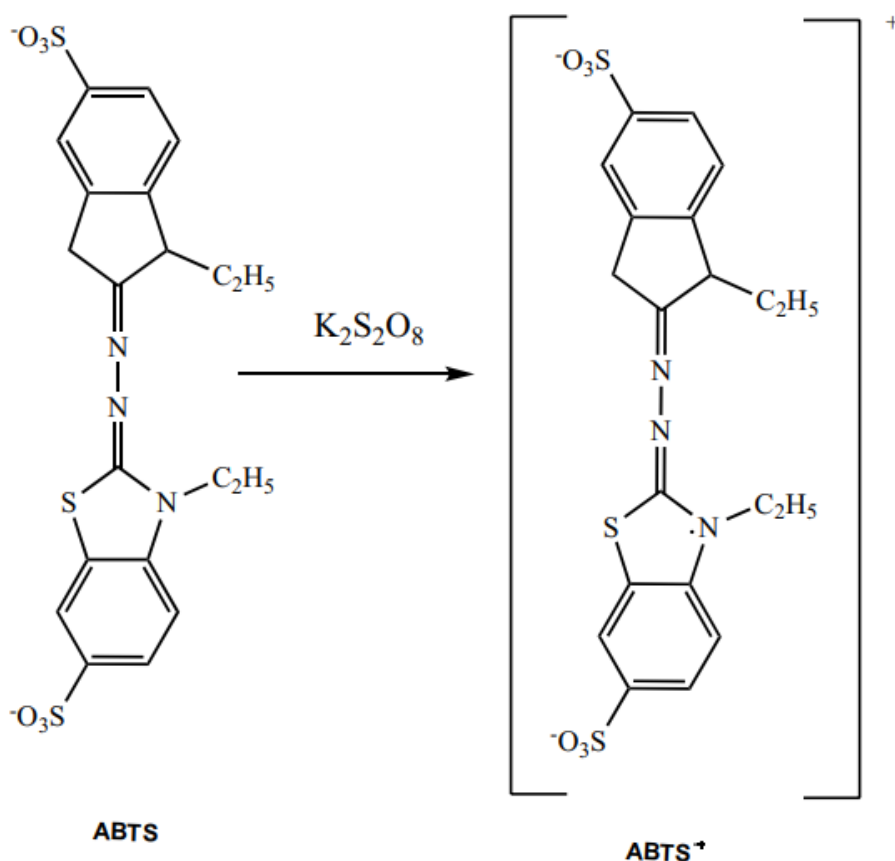
Obrázek 6: Reakce radikálu DPPH s antioxidantem [53]

V porovnání s ostatními metodami stanovení antioxidační aktivity se jedná o rychlou a levnou metodu. Nevýhodou je potřeba velkého množství čerstvě připraveného činidla DPPH. Tato metoda bývá využívána např. pro stanovení antioxidačních vlastností extraktů rostlin, bylin nebo i jednotlivých fenolických sloučenin [52, 53].

2.3.2 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Tato metoda, také známá jako TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), slouží ke stanovení antioxidační aktivity. Měří se schopnost antioxidantů zhášet $\text{ABTS}^{\cdot+}$ (kationtový radikál kyseliny 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonové)). Tento radikál je generován silnou oxidací ABTS (kyselina 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonová)). Dříve se pro tuto oxidaci používal metmyoglobin společně s peroxidem vodíku, ovšem později byl nahrazen peroxodisíranem (např. peroxodisíran draselný, obrázek 7) nebo peroxid vodíku společně s peroxidázami. Tento kationtový radikál je modrozelený chromofor s maximální absorbancí při 734 nm. V přítomnosti antioxidantů dojde k neutralizaci $\text{ABTS}^{\cdot+}$ a postupnému odbarvení roztoku, čímž dochází k poklesu absorbance, která se následně měří spektrofotometricky. Antioxidanty neutralizují radikál jak metodou přenosu jednotlivého elektronu (SET), tak i metodou přenosu atomu vodíku (HAT) [53, 56].

Stanovení může být provedeno u hydrofilních i hydrofobních látek ve vodě a organických rozpouštědlech. Výhodou je i možnost provedení stanovení v širokém rozmezí pH. Nevýhodou generování $\text{ABTS}^{\cdot+}$ pomocí peroxodisíranu draselného je doba reakce, která může trvat až 16 h [54, 55].



Obrázek 7: Oxidace ABTS pomocí peroxodisíranu draselného [55]

2.4 Metody stanovení celkového obsahu polyfenolů

2.4.1 Stanovení celkového obsahu polyfenolů pomocí Folin–Ciocalteuova činidla

Tato metoda se využívá ke stanovení celkového obsahu polyfenolů (TPC), kde dojde k oxidaci fenolických sloučenin působením Folin–Ciocalteuova činidla. Toto činidlo je složeným komplexem fosfomolybdenové a fosfowolframové kyseliny. Tento komplex kyselin má žluté zbarvení v oxidované formě, ovšem po jeho redukci dojde k změně zbarvení do modra. Toto zbarvení je zapříčiněno přesunem jednotlivých elektronů (SET) při redukci tohoto komplexu fenolickými sloučeninami v alkalickém prostředí (nejčastěji uhlíčitanu sodného), kde dojde ke vzniku chromogenu. Následně se spektrofotometricky měří intenzita zbarvení při vlnové délce 750–765 nm, kde intenzita zbarvení koreluje s obsahem fenolických sloučenin ve vzorku [55, 56, 57].

Jako referenční standard je nejčastěji využívána kyselina gallová a výsledek je následně vyjádřen jako ekvivalent kyseliny gallové. Někdy se výsledky můžou vyjádřit i na jiný druh standardu, jako ekvivalent katechinu, kyseliny kávové, vanilinové, ferulové nebo chlorgenové [51, 55].

Tato metoda se často využívá pro stanovení TPC vodných extraktů bylin, koření nebo ovoce. U lipofilních antioxidantů je využití této metody limitováno. Při stanovení TPC může být výsledek ovlivněn přítomností dalších redukčních činidel, které mohou reagovat s Folin–Ciocalteuovým činidlem. Mezi tyto látky lze zařadit například kyselinu askorbovou, aminokyseliny nebo redukující cukry. Přesnost stanovení je dále ovlivněna faktory, jako je pH, teplota nebo doba reakce [51, 55, 57].

II PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo stanovit vliv extrakčních teplot na celkový obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu vodných extraktů ze sušených i čerstvých aromatických rostlin.

V teoretické části bylo cílem:

- charakterizovat vybrané aromatické rostliny (kopr vonný, libeček lékařský, česnek medvědí, koriandr setý) a popsat jejich složení a vlastnosti. Dále popsat látky s antioxidační aktivitou a také jednotlivé spektrofotometrické metody stanovení celkového obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity.

V praktické části bylo cílem:

- připravit vodné extrakty ze sušených a čerstvých aromatických rostlin při dvou teplotách, 70 °C a 85 °C, a následně stanovit obsah celkových polyfenolů pomocí spektrofotometrické metody s Folin-Ciocalteuovým činidlem a také stanovit jejich antioxidační aktivitu pomocí dvou spektrofotometrických metod, s využitím činidel ABTS a DPPH.

4 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

4.1 Materiál

V bakalářské práci byly připraveny extrakty ze čtyř sušených vzorků rostlin: kopru vonného (*Anethum graveolens*), libečku lékařského (*Levisticum officinale*), česneku medvědího (*Allium ursinum*) a koriandru setého (*Coriandrum sativum*). Také byly analyzovány čerstvé rostliny kopru a koriandru. Celkem bylo k analýze použito 12 sušených vzorků a 2 čerstvé vzorky.

Tabulka 1: Vzorky aromatických rostlin

Název rostliny	Označení vzorku	Část rostliny	Forma	Země původu	Trvanlivost
Kopr vonný	K1	Nat'	Sušená	Rakousko	4/2026
	K2	Nat'	Sušená	ČR	2/2026
	K3	Nat'	Sušená	Rumunsko	4/2026
	KČ	Nat'	Čerstvá	ČR	10/2024
Libeček lékařský	L1	Nat'	Sušená	Rakousko	5/2026
	L2	Nat'	Sušená	ČR	6/2026
	L3	Nat'	Sušená	ČR	6/2026
Česnek medvědí	Č1	List	Sušená	ČR	4/2026
	Č2	List	Sušená	ČR	1/2026
	Č3	List	Sušená	ČR	2/2026
Koriandr setý	KO1	List	Sušená	Rakousko	6/2026
	KO2	List	Sušená	ČR	9/2026
	KO3	List	Sušená	ČR	12/2025
	KOČ	Nat'	Čerstvá	ČR	10/2024

4.2 Přístroje a pomůcky

- Laboratorní sklo
- Teploměr
- Analytické váhy Voyager PRO VP214C (OHAUS Corporation, Pine Brook USA)
- Filtrační papír KA4 (LABICOM, ČR)
- Spektrofotometr WPA S1200+ (Biochrom, s.r.o., SK)
- Třepačka (Vortex CHS, ČR)

4.3 Chemikálie

- Demineralizovaná voda
- Folin-Ciocalteuovo činidlo (Penta, ČR)
- Uhličitan sodný (Lukeš, ČR)
- Kyselina gallová (Sigma Aldrich, Francie)
- Acetátový pufr s $\text{pH} = 5,5$ (Lukeš, ČR)
- DPPH (Sigma Aldrich, Francie)
- Etanol (Penta, ČR)
- Trolox (Sigma Aldrich, Francie)
- ABTS (Sigma Aldrich, Francie)
- Peroxodisíran draselný (Lancher, ČR)
- Octanový pufr s $\text{pH} = 4,3$ (Penta, ČR)

5 METODIKA STANOVENÍ

5.1 Příprava extraktů aromatických rostlin

Pro stanovení obsahu celkových polyfenolů a antioxidační metody dle metody ABTS a DPPH byly připraveny vodné extrakty vzorků aromatických rostlin (kopru vonný, libeček lékařský, česnek medvědí, koriandr setý). Pro přípravu extraktů byla použita demineralizovaná voda o teplotě 70 °C a 85 °C.

U sušených vzorků kopru, libečku, česneku a koriandru bylo na analytických vahách naváženo 1,0 g s přesností na 0,0001 g. Čerstvé vzorky kopru a koriandru byly nejprve jemně nakrájeny na menší části a poté bylo na analytických vahách naváženo 1,5 g s přesností na 0,0001 g. Poté byl vzorek kvantitativně převeden do Erlenmayerovy baňky a byl extrahován 100 ml demineralizované vody o teplotě 70 °C a 85 °C a následně se vzorky nechaly extrahovat 10 min na třepačce. Po ochlazení na laboratorní teplotu byly vzorky zfiltrány přes filtrační papír a dle potřeby byly pro následné stanovení celkového obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity dle metody ABTS a DPPH naředěny.

5.2 Stanovení obsahu celkových polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuova činidla

Pro stanovení obsahu celkových polyfenolů (TPC) byla použita metoda s Folin-Ciocalteuovým činidlem u všech vodných extraktech, sušených i čerstvých vzorků připravených dle kapitoly 5.1.

Ke stanovení TPC byla do zkumavek napipetována reakční směs, která byla modifikovaná [58] a předem experimentálně ověřena, v daném množství:

- 0,2 ml vzorku (extraktu)
- 2 ml 10% Folin-Ciocalteuova činidla

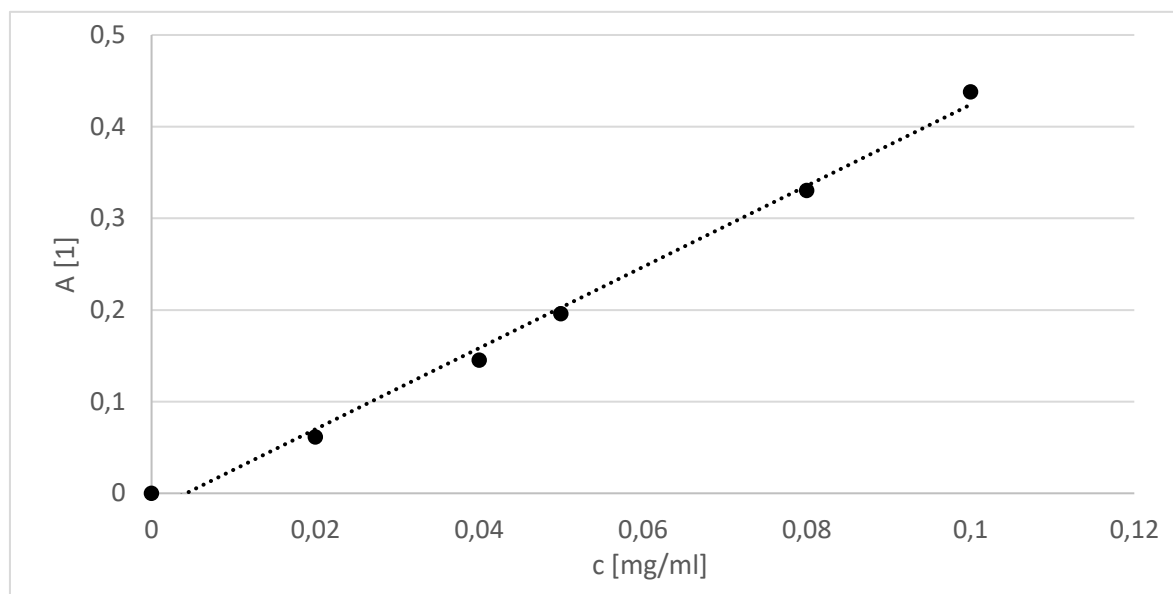
Zkumavky s reakční směsí byly uzavřeny zátkou, promíchány pomocí vortexu a vloženy do tmy, kde zůstaly při laboratorní teplotě po dobu 5 minut. Po uplynulé době byly k reakční směsi přidány 2 ml 10% uhličitanu sodného. Zkumavka byla opět uzavřena zátkou, promíchána na vortexu a vložena při laboratorní teplotě do tmy po dobu 15 minut. Poté byla měřena na spektrofotometru absorbance vzorku při vlnové délce 750 nm. V přítomnosti polyfenolů došlo k reakci a změně zbarvení z původně žlutého na modré. Postup přípravy

slepého vzorku je totožný se vzorkem s tím rozdílem, že místo extraktu vzorku je použito stejné množství demineralizované vody.

Po naměření absorbance byl pomocí kalibrační křivky se standardem kyseliny gallové vypočten celkový obsah polyfenolů ve vzorcích a výsledek byl vyjádřen jako ekvivalent kyseliny gallové v miligramech na gram vzorku.

5.2.1 Kalibrační křivka pro kyselinu gallovou

Pro vytvoření kalibrační křivky byl použit roztok kyseliny gallové o koncentraci 0,2 mg/ml. Z tohoto roztoku byly ředěním připraveny kalibrační roztoky kyseliny gallové o koncentracích: 0,1; 0,08; 0,05; 0,04; 0,02 mg/ml. Postup přípravy reakčních směsí a následné měření absorbance byl stejný jako v kapitole 5.2. Po změření absorbance byla sestavena kalibrační křivka závislosti naměřené absorbance na koncentraci jednotlivých kalibračních roztoků kyseliny gallové.



Obrázek 8: Kalibrační křivka kyseliny gallové

Rovnice lineární regrese stanovená z grafu kalibrační křivky kyseliny gallové:

$$y = 4,4263 \cdot x - 0,0187$$

kde: y – absorbance [1]

x – koncentrace kyseliny gallové [mg/ml]

Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9988$

5.3 Stanovení antioxidační aktivity pomocí metody DPPH

Pro stanovení antioxidační aktivity byla použita metoda DPPH. Stanovení bylo prováděno u všech vodných extraktů sušených i čerstvých vzorků připravených dle kapitoly 5.1.

Ke stanovení antioxidační aktivity byl použit tmavě fialový roztok DPPH o koncentraci 0,2 mmol/l. Do zkumavek byla napipetována modifikovaná a experimentálně ověřena reakční směs [58]:

- 1,5 ml acetátového pufru s pH = 5,5
- 2,75 ml roztoku DPPH
- 0,15 ml vzorku

Zkumavky s reakční směsí byly zazátkovány, promíchány na vortexu a při laboratorní teplotě umístěny do tmy po dobu 60 minut s občasným promícháním. Po uplynutí dané doby byla směs promíchána na vortexu a pomocí spektrofotometru se změřila absorbance reakční směsi při vlnové délce 517 nm. Pro přípravu slepého vzorku byl ve směsi nahrazen roztok DPPH stejným množstvím etanolu. Aby bylo možné stanovit hodnotu inaktivace, byl připraven kontrolní vzorek, který byl změřen na spektrofotometru při vlnové délce 517 nm. Jeho příprava byla totožná s přípravou reakční směsi extraktu rostlin, ale místo extraktu vzorku byla použita demineralizovaná voda.

Po naměření hodnot absorbance měřeného extraktu a kontrolního vzorku byly hodnoty využity k výpočtu inaktivace I [%]:

$$I = [(K - A)/K] \cdot 100$$

I – inaktivace

K – absorbance kontrolního vzorku [1]

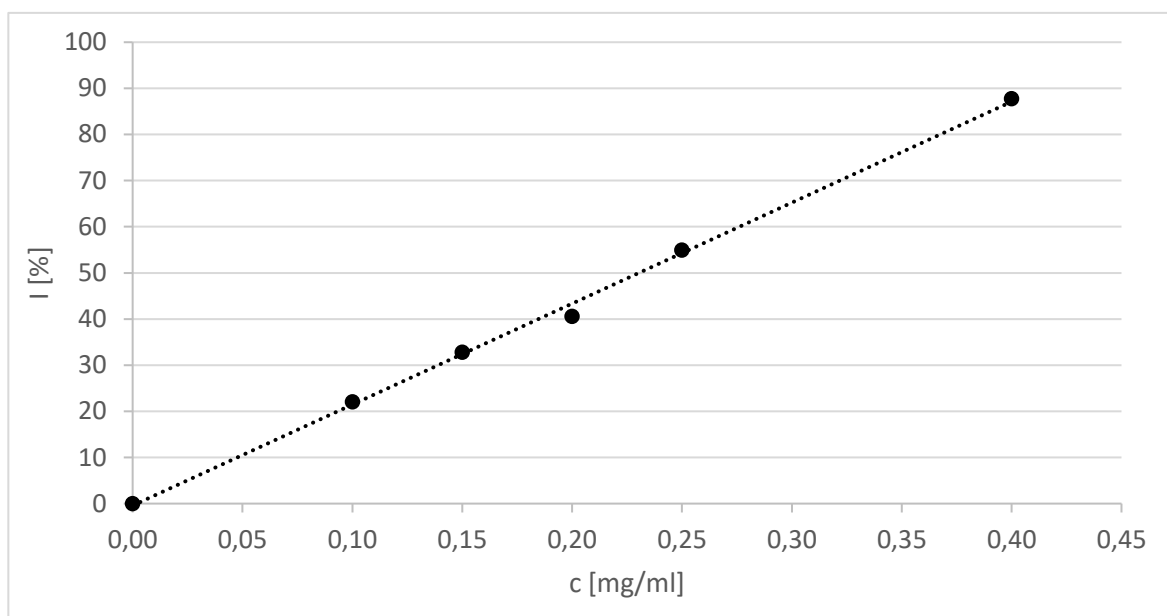
A – absorbance vzorku [1]

Po vypočtení inaktivace byla pomocí kalibrační křivky na standard troloxu vypočtena antioxidační aktivita ve vzorku vyjádřena jako ekvivalent troloxu v miligramech na gram vzorku.

5.3.1 Kalibrační křivka pro trolox (DPPH)

Pro vytvoření grafu kalibrační křivky byl využit roztok troloxu o koncentraci 0,5 mg/ml. Z tohoto roztoku byly ředěním připraveny kalibrační roztoky troloxu o koncentracích: 0,4;

0,25; 0,2; 0,15; 0,1 mg/ml. Postup přípravy reakčních směsí, následné měření absorbance a vypočtení inaktivace bylo stejné jako v kapitole 5.3, ovšem místo extraktů vzorků byly přidány 0,3 ml jednotlivé kalibrační roztoky trolox. Po naměření absorbance a vypočtení inaktivace byla sestavena kalibrační křivka závislosti vypočtené inaktivace na koncentraci jednotlivých kalibračních roztoků troloxu.



Obrázek 9: Kalibrační křivka troloxu pro metodu DPPH

Rovnice lineární regrese stanovená z grafu kalibrační křivky troloxu:

$$y = 218,84 \cdot x - 0,4189$$

kde: y – inaktivace I [%]

x – koncentrace troloxu [mg/ml]

Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9979$

5.4 Stanovení antioxidační aktivity pomocí metody ABTS

Pro stanovení antioxidační aktivity byla využita i metoda ABTS. Stanovení bylo prováděno u všech vodných extraktů ze sušených i čerstvých vzorků připravených dle kapitoly 5.2.

Ke stanovení antioxidační aktivity byl použit modrozelený roztok ABTS. Do zkumavek byla napipetována modifikovaná a experimentálně ověřena reakční směs [58]:

- Roztok ABTS o koncentraci 3,5 mmol/l a peroxodisíran draselný o koncentraci 60 mmol/l v poměru 50:1, roztok je následně uchován ve tmě při pokojové teplotě po dobu 16 hodin
- Roztok vzniklého radikálu kationtu ABTS byl smíchán s octanovým pufrům s pH = 4,3 v poměru 1:39

Do zkumavek bylo napipetováno 8 ml reakční směsi a 0,1 ml extraktu vzorku. Zkumavka byla uzavřena zátkou, promíchána na vortexu a při laboratorní teplotě se ponechala reagovat 30 minut ve tmě. Po uplynulé době se na spektrofotometru změřila absorbance při vlnové délce 734 nm. Jako slepý vzorek byl použit octanový pufr. Pro vypočtení hodnoty inaktivace byla jako kontrolní vzorek použita reakční směs bez extraktu vzorku.

Po naměření hodnot absorbance měřeného extraktu a reakční směsi bez extraktu byly hodnoty využity k výpočtu inaktivace I [%]:

$$I = [(A_0 - A_1)/A_0] \cdot 100$$

I – inaktivace [%]

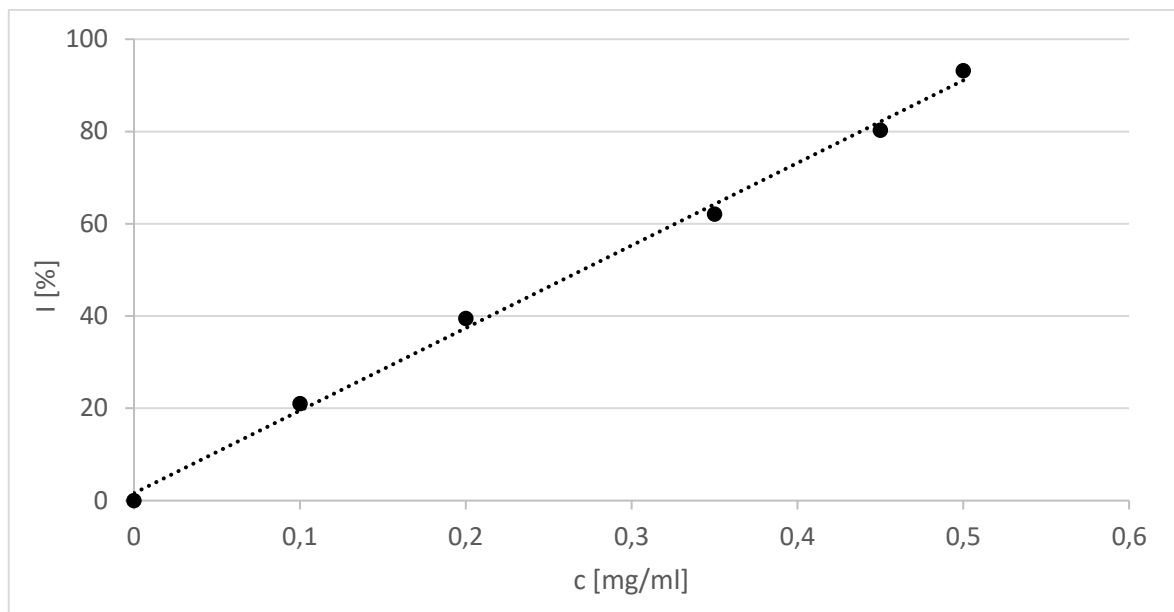
A₀ – absorbance reakční směsi bez přítomnosti vzorku [1]

A – absorbance extraktu [1]

Po vypočtení inaktivace byla pomocí kalibrační křivky na standard trolox vypočtena antioxidační aktivita ve vzorku vyjádřena jako ekvivalent troloxu (TE) v miligramech na gram vzorku.

5.4.1 Kalibrační křivka pro trolox (ABTS)

Graf kalibrační křivky byl vytvořen s využitím roztoku troloxu o koncentraci 0,5 mg/ml. Ředěním tohoto roztoku byly připraveny kalibrační roztoky troloxu o koncentracích: 0,45; 0,35; 0,2; 0,1 mg/ml. Postup přípravy reakčních směsí, následné měření absorbance a vypočtení inaktivace bylo stejné jako v kapitole 5.4. Po naměření absorbance a vypočtení inaktivace byla sestavena kalibrační křivka závislosti vypočtené inaktivace na koncentraci jednotlivých kalibračních roztoků troloxu.



Obrázek 10: Kalibrační křivka troloxu pro metodu ABTS

Rovnice lineární regrese stanovená z grafu kalibrační křivky troloxu:

$$y = 178,95 \cdot x + 0,1,6009$$

kde: y – inaktivace I [%]

x – koncentrace troloxu [mg/ml]

Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9966$

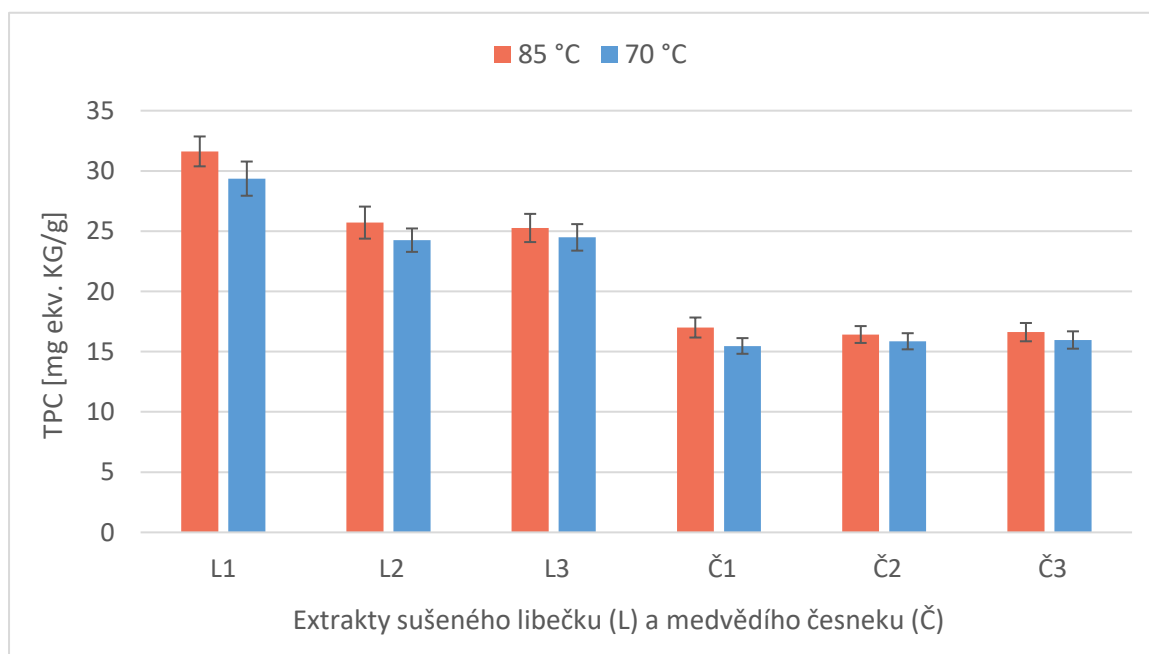
6 VÝSLEDKY A DISKUZE

U extraktů vzorků vybraných aromatických rostlin (kopr vonný, libeček lékařský, česnek medvědí, koriandr setý) bylo provedeno stanovení obsahu celkových polyfenolů (TPC) pomocí Folin-Ciocalteuova činidla a antioxidační aktivity pomocí metod DPPH a ABTS. Vzorky byly extrahovány demineralizovanou vodou o teplotě 85 °C a 70 °C, příprava daných extraktů je popsána v kapitole 5.1.

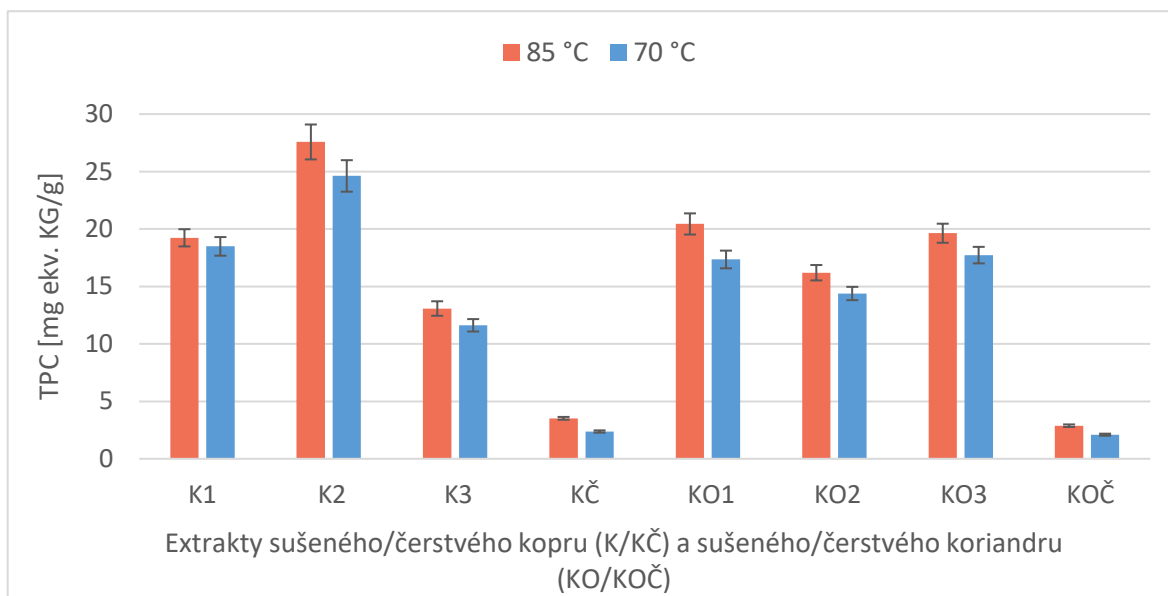
6.1 Stanovení obsahu celkových polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuova činidla

Obsah celkových polyfenolů (TPC) byl stanoven spektrofotometrickou metodou pomocí Folin-Ciocalteuova činidla. Postup pro provedení této metody je popsán v kapitole 5.2, následný přepočet TPC na standard kyseliny gallové (KG) je popsán v kapitole 5.2.1. Stanovení TPC bylo provedeno u vodných extraktů při extrakčních teplotách 85 °C a 70 °C.

Na obrázku 11 jsou zobrazeny hodnoty TPC pro 3 sušené vzorky libečku (L1-L3) a tři vzorky sušeného medvědího česneku (Č1-Č3). Na obrázku 12 jsou zobrazeny hodnoty TPC pro 3 vzorky sušeného kopru (K-K3), 3 vzorky sušeného koriandru (KO1-KO3), 1 vzorek čerstvého kopru (KČ) a 1 vzorek čerstvého koriandru (KOČ).



Obrázek 11: Hodnoty TPC pro libeček lékařský a česnek medvědí



Obrázek 12: Hodnoty TPC pro kopr vonný a koriandr setý

U sušených extraktů vzorků aromatických rostlin se při nižší extrakční teplotě (70 °C) hodnota TPC pohybovala mezi 11,62 – 29,36 mg ekv. kyseliny gallové/g. Při nižší extrakční teplotě byla největší průměrná hodnota TPC 26,03 mg/g naměřena u vzorků libečku, zatímco nejmenší průměrná hodnota TPC 15,77 mg/g byla zjištěna u vzorků medvědího česneku. Průměrná hodnota TPC libečku byla při extrakci u 70 °C o 65,1 % vyšší než průměrná hodnota česneku extrahovaného při stejné teplotě. TPC sušených vzorků koriandru a kopru se při této teplotě pohyboval mezi hodnotami česneku a libečku, kde kopr měl průměrnou hodnotu TPC 18,24 mg/g a koriandr 16,49 mg/g. U extraktu louhovaném při 70 °C vynikal u kopru vzorek K2, který měl o 35,0 % vyšší TPC, než byla průměrná hodnota TPC vzorků kopru. Vzorek s nejmenší hodnotou TPC při 70 °C byl vzorek sušené natě kopru K3 původem z Rumunska, a vzorek s největší hodnotou byl vzorek sušené natě libečku L1 původem z Rakouska.

Při vyšší extrakční teplotě (85 °C) se hodnota TPC u sušených vzorků pohybovala v rozmezí 13,08 – 31,62 mg/g. Nejvyšší průměrná hodnota TPC (27,53 mg/g) byla při 85 °C opět naměřena u vzorků libečku a nejnižší průměrná hodnota TPC (16,68 mg/g) byla naměřena u vzorků medvědího česneku. Průměrná hodnota TPC libečku byla o 65,0 % vyšší než průměrná hodnota TPC česneku medvědího extrahovaného za stejné teploty. Při 85 °C byla průměrná hodnota TPC vzorků kopru 19,96 mg/g a pro vzorky koriandru byla 18,75 mg/g. I při této teplotě vynikal vzorek kopru K2, který měl o 38,1 % větší TPC, než byl průměrný TPC kopru. Při této teplotě měl opět vzorek libečku L1 největší hodnotu TPC a vzorek kopru K3 naopak nejmenší.

Vyšší extrakční teplota v průměru zvýšila TPC sušených vzorků o 8,7 %. Vyšší hodnota TPC při 85 °C v porovnání s hodnotou TPC při nižší extrakční teplotě byla zaznamenána u všech vzorků. U sušených vzorků se nejvíc změnila hodnota TPC vlivem vyšší extrakční teploty u vzorků koriandru, u kterých došlo k nárůstu hodnoty TPC v průměru o 13,7 %, zatímco k nejmenšímu nárůstu došlo u libečku, kde hodnota TPC vzrostla v průměru pouze o 5,6 %.

Čerstvé vzorky natě kopru a koriandru původem z Česka vykazovaly výrazně menší hodnotu TPC. Hodnota TPC čerstvého kopru byla pro nižší teplotu extrakce 2,38 mg/g a pro vyšší teplotu byla 3,52 mg/g, což je 48,4% nárůst TPC oproti nižší teplotě. Pro čerstvý vzorek koriandru byla hodnota TPC při obou teplotách o trochu menší a to 2,10 mg/g při nižší teplotě a 2,88 mg/g při vyšší teplotě, což je nárůst hodnoty TPC o 37,5 % vlivem vyšší teploty. Čerstvý vzorek kopru měl při vyšší teplotě extrakce o 82,3 % nižší hodnotu TPC oproti průměrné hodnotě TPC sušených vzorků kopru při dané teplotě. U nižší teploty byl u kopru tento pokles 87,0 %. Podobně byl na tom i čerstvý koriandr, u kterého došlo k poklesu TPC o 84,6 % při vyšší extrakční teplotě a o 87,3 % při nižší teplotě v porovnání s průměrnými hodnotami TPC sušených vzorků koriandru při daných teplotách. Tento vysoký pokles TPC byl zapříčiněn vysokým obsahem vody a nízkým obsahem sušiny v čerstvých vzorcích.

Ulewicz-Magulska a Wesolowski [59] provedli stanovení TPC u vodných extraktů sušených listů libečku, extrahovaných vroucí vodou po dobu 10 minut. Ke stanovení použili metodou s využitím Folin-Ciocalteuova činidla. Celkový obsah polyfenolů byl u jejich vzorků v průměru 16,71 mg ekv. KG/g sušeného vzorku (DW). Provedli stanovení TPC i u sušených kořenů libečku, kde výsledné TPC bylo o dost nižší a to 6,28 mg ekv. KG/g DW. Obě hodnoty jsou nižší, než byla hodnota TPC libečku námi stanovaná.

Celkový obsah polyfenolů u medvědího česneku stanovili Škrovánková a kol. [60]. Pro jejich stanovení byly použity čerstvé vzorky medvědího česneku, které extrahovali hodinu pomocí kyseliny chlorovodíkové. Pro stanovení využili metodou s Folin-Ciocalteuovým a průměrná zjištěná hodnota TPC byla $416 \pm 14,3$ mg ekv. KG/100 g DW. Stanovení TPC česneku využitím metody s Folin-Ciocalteuovým činidlem provedli také Lachowicz a kol. [61]. Vzorky byly extrahovány pomocí metanolu, který byl okyselen kyselinou chlorovodíkovou. Extrakce byla provedena 20 minut ultrazvukem. Došli k závěru, že kromě květů česneku byl u ostatních měřených částí rostliny (cibule, listy, stonek) vyšší obsah TPC v plném stádiu zralosti. Nejvyšší průměrný TPC 42.6 mg ekv. KG/100 g čerstvého vzorku

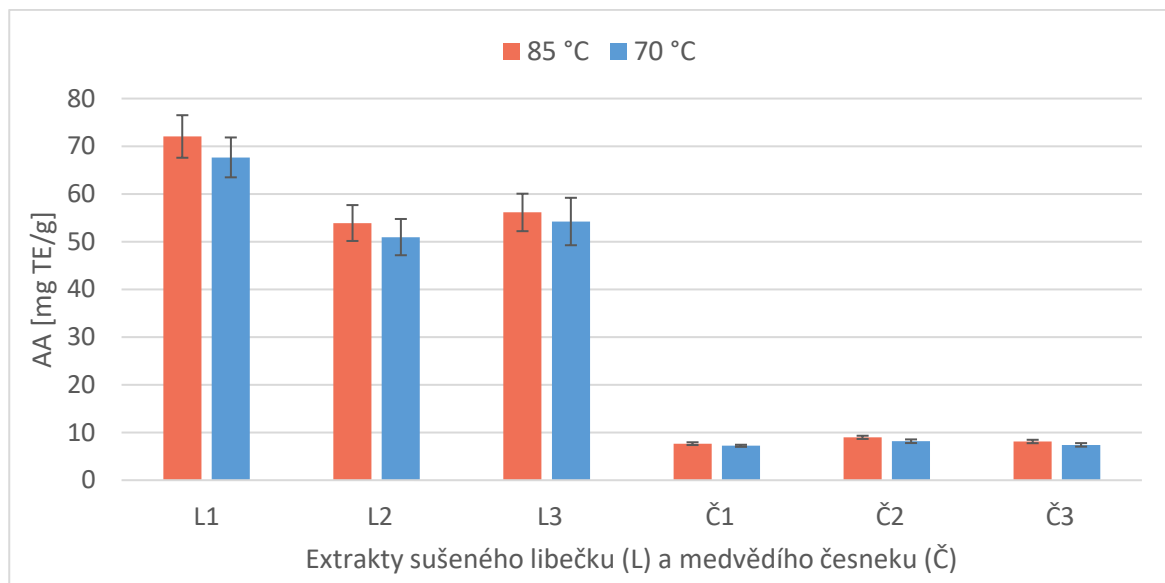
(FW) měly listy a nejnižší průměrné hodnoty TPC 6,5 mg ekv. KG/100 g FW dosahovaly cibule česneku.

Lisiewska a kol. [18] porovnávali TPC kopru v závislosti na výšce rostliny (20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm a 60 cm). TPC zjišťovali u listu bez řapíku, listu s řapíkem, řapíku, stonku a také celé natě. Vzorky byly extrahované 20-minutovým vařením v 80% etanolu pod zpětným chladičem. Zjistili, že čím vyšší byla rostlina, tím větší byl TPC u všech měřených vzorků, kromě vzorků stonku a celé natě. Nejvyšší hodnoty dosahovali listy bez řapíku z 60 cm kopru, kde TPC bylo 331 mg ekv. KG/100 g FW.

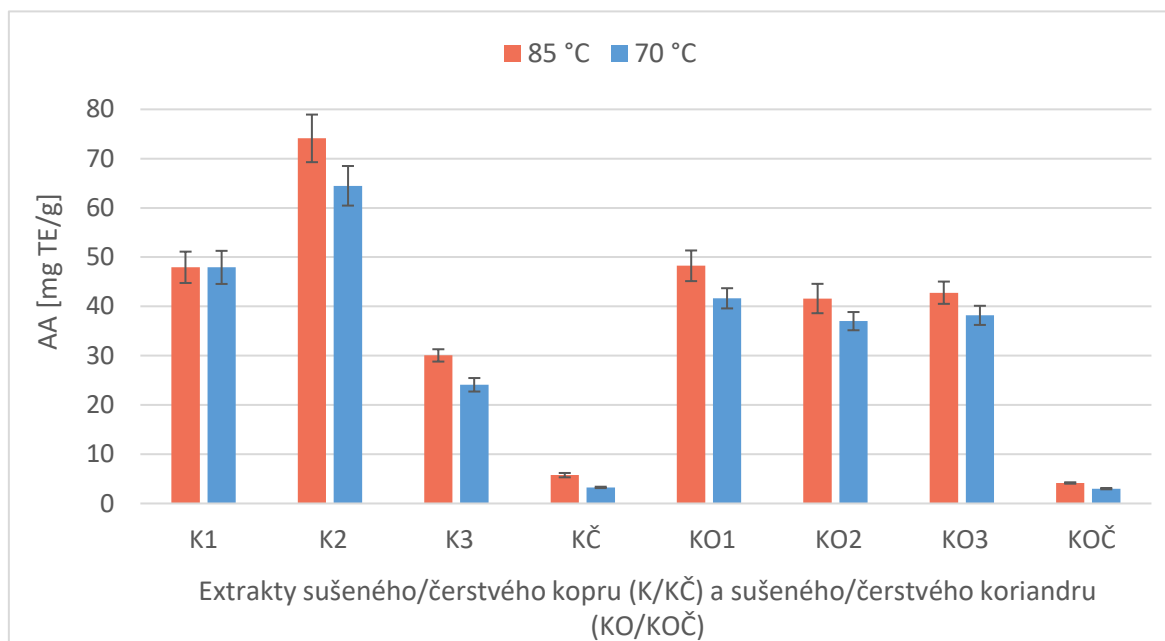
Msaada a kol. [62] porovnávali TPC metanolových extraktů sušených vzorků koriandru z různých zemí (Tunisko, Sýrie, Egypt). Vzorky byly v metanolu extrahovány 30 minut s mícháním. Ke stanovení využili metodu s Folin-Ciocalteuovým činidlem, kde nejvyšších hodnot TPC dosahoval koriandr ze Sýrie a to 1,09 mg ekv. KG/g DW. TPC koriandru z Tuniska bylo 1,00 mg/g a Egyptský koriandr měl TPC 0,94 mg/g. Tyto hodnoty jsou nižší než námi naměřené hodnoty TPC koriandru. Rozdíl může být způsoben jiným zdrojem rostliny pěstované za odlišných podmínek, použitím odlišného rozpouštědla a také odlišnými podmínkami stanovení TPC.

6.2 Stanovení antioxidační aktivity pomocí metody DPPH

Antioxidační aktivita (AA) byla stanovena pomocí spektrofotometrické metody DPPH, jejíž postup provedení je popsán v kapitole 5.3. Následný přepočet AA na standard troloxu je popsán v kapitole 5.3.1. Tato metoda byla provedena u všech sušených i čerstvých extraktů připravených při teplotách 85 °C a 70 °C. Na obrázku 13 a 14 jsou zobrazeny výsledné hodnoty AA pro vzorky kopru, libečku, česneku medvědího a koriandru, které byly použity i v předchozí kapitole.



Obrázek 13: Hodnoty AA pro libeček lékařský a česnek medvědí – metoda DPPH



Obrázek 14: Hodnoty AA pro kopr vonný a koriandr setý – metoda DPPH

Antioxidační aktivita (AA) zjištěná pomocí metody DPPH se u sušených vzorků pohybovala v rozmezí 8,12 – 74,11 mg TE/g při vyšší extrakční teplotě. Při této teplotě měl největší hodnotu AA vzorek sušené natě kopru K2 původem z Česka a nejnižší hodnotu měl vzorek sušených listů medvědího česneku Č3 původem z Česka.

Pro nižší teplotu extrakce se AA pohybovala v rozmezí 7,41 – 67,67 mg/g, kde vzorek libečku L1 měl nejvyšší hodnotu AA, zatímco vzorek listů medvědího česneku Č1 původem z Česka měl AA nejnižší.

U vyšší extrakční teploty byla nejvyšší průměrná hodnota AA 60,70 mg/g naměřená u vzorků libečku a nejnižší 8,26 mg/g u vzorků česneku. Při této teplotě byla průměrná AA vzorků libečku o 635,3 % vyšší než průměrná hodnota AA vzorků česneku.

Vzorky libečku měly nejvyšší průměrnou hodnotu AA 56,62 mg/g i u nižší extrakční teploty a nejnižší průměrnou hodnotu AA 7,60 mg/g při této teplotě měly vzorky medvědího česneku. Průměrná hodnota AA vzorků libečku při 70 °C byla o 658,4 % vyšší než u vzorků česneku při stejné teplotě extrakce. Vzorky česneku měly několikanásobně menší AA i v porovnání se sušenými vzorky kopru a koriandru. Vzorky kopru měly v průměru AA 50,75 mg/g při 85 °C a 45,50 mg/g při 70 °C. Vzorek kopru K2 měl o 46,2 % větší AA, než byla průměrná AA vzorků kopru při vyšší teplotě a o 41,7 % při nižší teplotě. Vzorky koriandru měly v průměru trochu menší AA a to konkrétně 44,21 mg/g při 85 °C a 38,95 mg/g při nižší teplotě.

U všech měřených vzorků byla naměřená větší hodnota AA při použití teploty extrakce 85 °C. V průměru se u sušených vzorků zvýšila AA působením vyšší extrakční teploty o 10,1 %. Největší nárůst AA nastal u kopru a koriandru, kde působením teploty 85 °C došlo k nárůstu AA v průměru o 13,4 % u koriandru a 13,2 % u kopru, zatímco k nejmenšímu nárůstu AA došlo u libečku, u kterého došlo k nárůstu v průměru o 5,3 %.

Stejně jako u výsledků TPC stanovených v kapitole 6.1 došlo k výraznému poklesu hodnot TPC čerstvých vzorků v porovnání se sušenými vzorky, tak i u stanovení AA došlo k výraznému poklesu AA čerstvých vzorků. Vzorek čerstvého kopru měl hodnotu AA 5,75 mg/g při teplotě extrakce 85 °C mg/g a při teplotě 70 °C hodnota AA činila 3,26 mg/g, tudíž vlivem vyšší extrakční teploty došlo pro tento vzorek k nárůstu AA o 76,2 %. U čerstvého koriandru byla AA 4,16 mg/g při 85 °C a 3,01 mg/g při 70 °C, což tvoří 38,2 % nárůst AA vlivem vyšší teploty extrakce. Čerstvý kopr měl při 85 °C o 88,7 % nižší AA než průměr AA sušených vzorků kopru při této teplotě extrakce. Při 70 °C byl tento pokles u čerstvého kopru 92,8 %. Při 85 °C měl čerstvý koriandr o 90,6 % nižší AA než průměr AA sušených vzorků koriandru, zatímco při 70 °C byl tento pokles 92,3 %. Tento pokles byl opět zapříčiněn nízkým obsahem sušiny v čerstvých vzorcích.

Stanovení AA libečku metodou DPPH provedli Ulewicz-Magulska a Wesolowski [59], kteří stanovili AA ve vodných extraktech sušených listů libečku připravených 10-minutovou extrakcí pomocí vroucí vody. Výsledek byl vyjádřen jako procentuální inhibice radikálu DPPH. Výsledná inhibice byla v průměru 14,23 %. AA v listech libečku stanovili také Tajner-Czopek a kol. [63]. Ti k extrakci použili demineralizovanou vodu a 50% etanol.

Etanolvý extrakt vykazoval vyšší AA (182,19 mg TE/g DW) než vodný extrakt (49,24 mg TE/g DW). Hodnota AA vodného extraktu se blížila námi stanovené AA libečku.

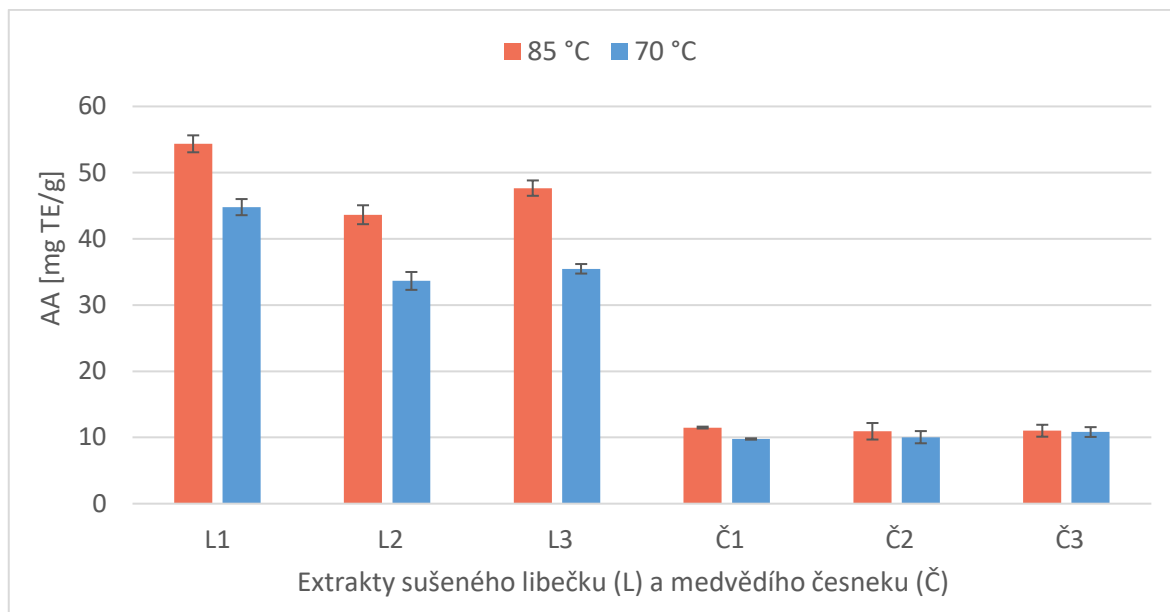
Škrovánková a kol. [60] stanovili AA u metanolového extraktu čerstvého medvědího česneku pomocí metody DPPH. Vzorek byl extrahován 5 hodin mícháním na třepače a následně 20 minut pomocí ultrazvuku. Výsledek byl vyjádřen jako ekvivalent troloxu na 100 gramů sušiny a jeho průměrná hodnota byla 62,7 mg TE/100 g DW. Stanovení AA česneku metodou DPPH také provedli Kovačević a kol. [28]. Vzorky byly před extrakcí lyofilizovány. Extrahovány byly metanolem pomocí ultrazvuku po dobu 20 minut. Vzorky česneku pocházely z 8 různých lokalit v Chorvatsku a průměrná hodnota AA listů byla 5,00 μ mol TE/g DW. U cibule česneku byla AA téměř dvojnásobná (9,80 μ mol TE/g DW).

Stanovení AA kopru a libečku metodou DPPH provedli Noir a kol. [64]. Ke stanovení použili čerstvé vzorky původem z Rumunska, které extrahovali hodinu ultrazvukem v metanolu při pokojové teplotě. AA libečku byla 1462,52 mg TE/100 g FW. Stejně jako námi zjištěná AA kopru byla i zde jeho AA nižší než AA libečku a to 1125,93 mg TE/100 g FW. Obě hodnoty byly nižší než námi stanovené AA. Tenhle rozdíl mohl být zapříčiněn původem rostliny, rozdílnou metodou extrakce a použitím odlišného rozpouštědla.

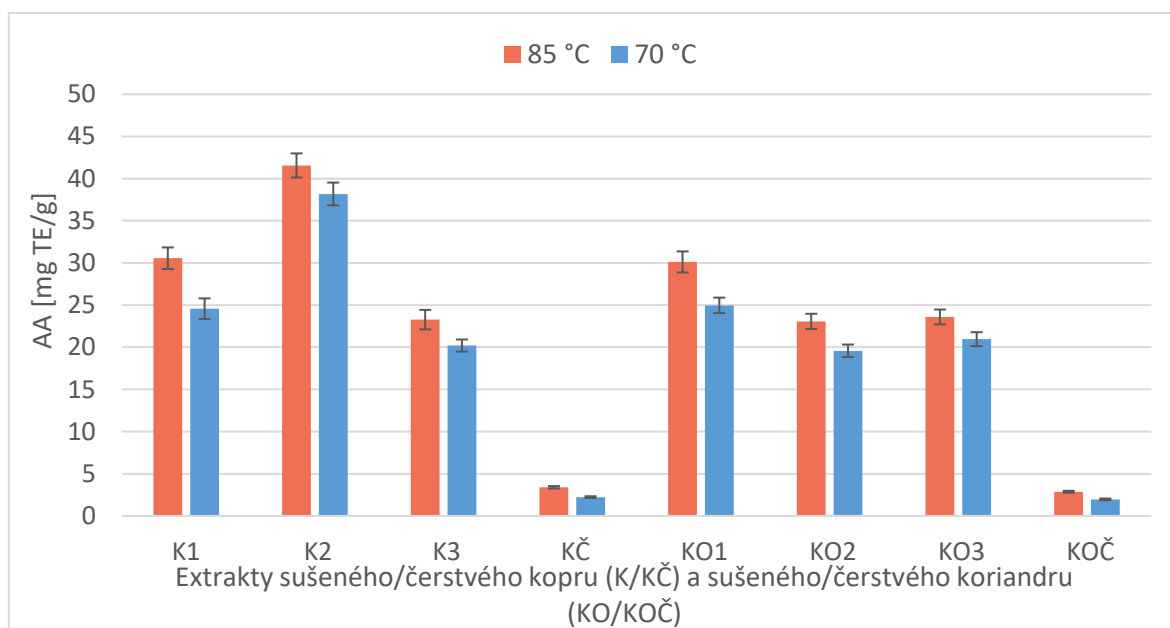
Ashiq a kol. [65] stanovili AA listů, květů a semen koriandru sušených v mikrovlnné troubě. Vzorky byly extrahovány 40 minut ultrazvukem v 80% etanolu při teplotě 30 °C. Nejvyšších hodnot AA (253,45 mg ekv. KG/100 g DW) dosahovaly listy koriandru. Poté následovaly semena (246,14 mg/100 g) a nejmenší AA (188,90 mg/100 g) měly květy.

6.3 Stanovení antioxidační aktivity pomocí metody ABTS

Antioxidační aktivita (AA) byla také stanovena spektrofotometrickou metodou ABTS, jejíž postup i následný přepočet na standard troloxu jsou popsány v kapitolách 5.4 a 5.4.1. Všechny extrakty připravené při teplotách 85 °C a 70 °C byly využity pro stanovení AA pomocí této metody. Výsledné hodnoty AA stejných vzorků kopru, libečku, česneku a koriandru, které byly použity i pro stanovení TPC pomocí Folin-Ciocalteuova činidla a AA metodou DPPH v předchozích dvou kapitolách, jsou zobrazeny na obrázcích 15. a 16.



Obrázek 15: Hodnoty AA pro libeček lékařský a česnek medvědí – metoda ABTS



Obrázek 16: Hodnoty AA pro kopr vonný a koriandr setý – metoda ABTS

U sušených vzorků rostlin byla pomocí ABTS naměřená AA v rozmezí 10,94 – 54,35 mg TE/g při vyšší teplotě extrakce (85 °C), a 9,77 – 44,79 mg/g při nižší teplotě extrakce (70 °C). Při vyšší teplotě dosahoval nejvyšší průměrné AA (48,55 mg/g) libeček, zatímco nejnižší průměrnou AA (11,15 mg/g) měl medvědí česnek.

Konkrétní vzorek s nejvyšší AA při vyšší teplotě byl libeček L1 a nejnižší AA měly listy medvědího česneku Č2 z Česka. U nižší teploty opět dosahoval nejvyšší průměrné AA (37,97 mg/g) libeček L1, který měl za této teploty nejvyšší AA, a nejnižší medvědí česnek

Č1. Průměrná AA libečku byla za obou teplot extrakce mnohem větší než AA česneku a to o 335,5 % při 85 °C, a o 271,9 % při 70 °C. Druhou největší průměrnou AA (31,79 mg/g) měl kopr za vyšší teploty extrakce a 27,65 mg/g za nižší teploty. Stejně jako v předchozích dvou měřeních vynikal u kopru vzorek K2, který se lišil oproti průměrné hodnotě AA kopru o 30,7 % při 85 °C a o 38,1 % při 70 °C. Koriandr měl mírně nižší AA než kopr, přesněji 25,59 mg/g při 85 °C a 21,83 mg/g při 70 °C, ovšem i tak byla AA koriandru víc než dvakrát větší než AA medvědího česneku. Výsledky se shodovaly s měřením AA metodou DPPH v kapitole 6.2, kde nejvyšší AA měli u obou měření vzorky libečku, následoval kopr, koriandr a výrazně nejmenší AA ze všech vzorků vykazoval medvědí česnek.

I u metody ABTS vykazovaly všechny vzorky extrahované při 85 °C vyšší AA než vzorky extrahované za nižší teploty. V průměru se jednalo o 17,8% navýšení AA při extrakci sušených vzorků za vyšší teploty. K nejvýraznějšímu průměrnému nárůstu AA 28,5 % došlo působením vyšší teploty u vzorků libečku. Naopak nejmenší rozdíl 9,5 % nastal u vzorků česneku.

U stanovení AA metodou ABTS, vykazovaly čerstvé vzorky menší AA než vzorky sušené z důvodu nízkého obsahu sušiny, jako tomu bylo i v předchozích dvou měřeních u čerstvých vzorků. Pro teplotu extrakce 85 °C byla AA kopru 3,40 mg/g a pro nižší teplotu extrakce 2,23 mg/g. Nárůst AA čerstvého kopru vlivem vyšší teploty extrakce pro kopr byl 52,2 %, zatímco u koriandru, kde za vyšší teploty byla AA 2,87 mg/g, a za nižší teploty 1,97 mg/g, došlo působením vyšší teploty k nárůstu AA o 45,6 %. Při porovnání čerstvých vzorků s průměrnými hodnotami AA sušených vzorků došlo u kopru k poklesu AA o 89,3 % při 85 °C, a o 91,2 % při 70 °C. U koriandru byl pokles AA téměř totožný, kde při 85 °C tento pokles činil 88,8 % a při 70 °C 90,1 %. Tento pokles AA je velmi podobný výsledkům stanovení AA metodou DPPH v předchozí kapitole.

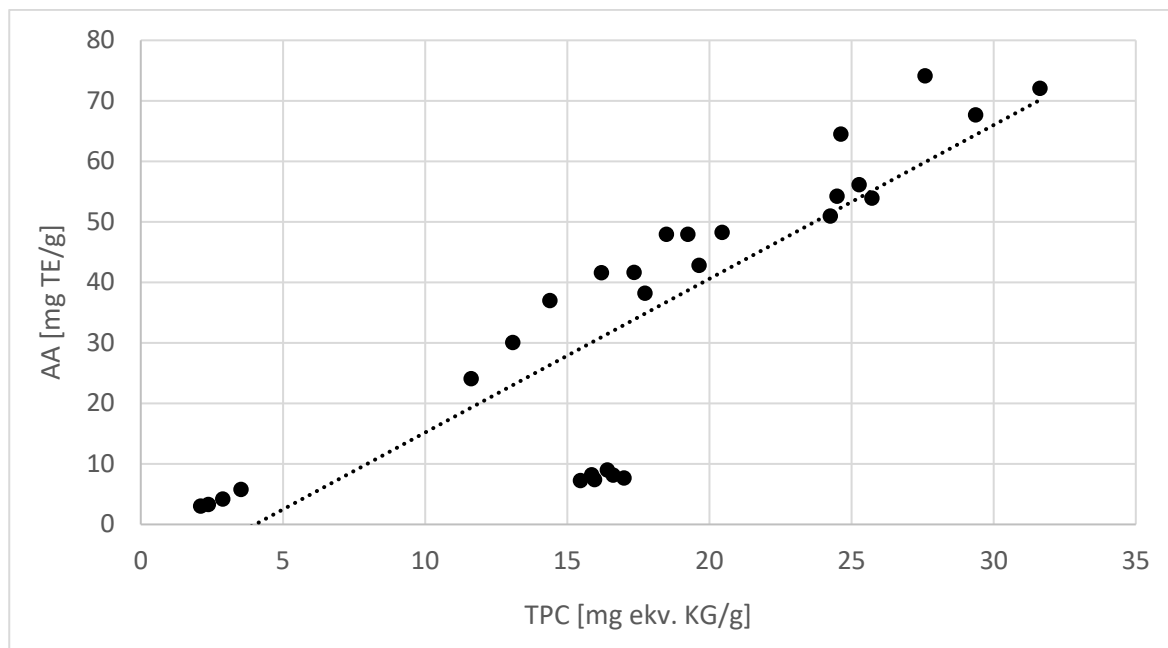
U libečku stanovili Ulewicz-Magulska a Wesolowski [59] AA metodou ABTS. Stanovení proběhlo u sušených listů libečku a sušených kořenů libečku extrahovaných demineralizovanou vroucí vodou. AA byla u sušených listů v průměru 1,34 mmol TE/g DM. U sušených kořenů byla AA nižší (0,88 mmol TE/g DM).

Stanovení AA metanolových extraktů čerstvých vzorků medvědího česneku pomocí metody ABTS provedli Škrovánková a kol. [60]. Vzorky byly extrahovány 5 hodin na třepačce a následně 20 minut ultrazvukem. Výsledná hodnota AA byla 1809 mg TE/100 g DW.

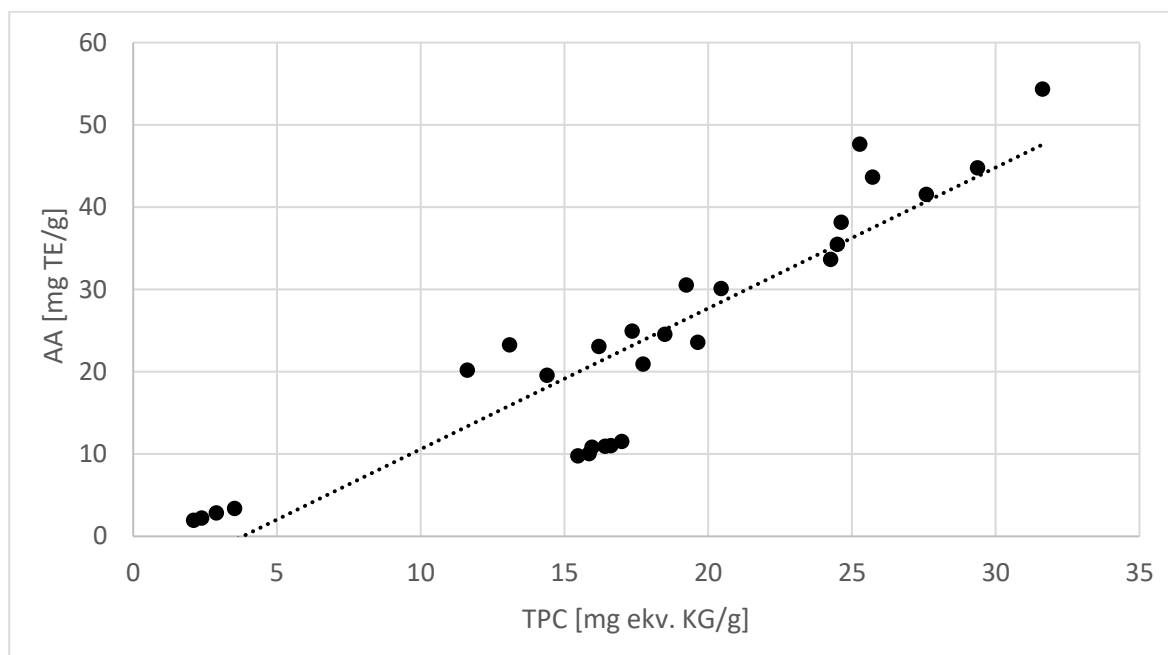
El-Zeaddi a kol. [66] zkoumali vliv předsklizňového ošetření kopru a koriandru třemi kyselinami (jablečná, šťavelová a acetylsalicylová kyselina) v různých koncentracích (1 mM, 2 mM, 3 mM) na bioaktivitu a antioxidační aktivitu. Stanovením AA metodou ABTS zjistili, že u kontrolního vzorku koriandru bez ošetření byla AA 1,55 mmol TE/100 g DW. Největší vliv na AA koriandru mělo ošetření koriandru 3 mM kyselinou šťavelovou (3,30 mmol TE/100 g DW), zatímco u ostatních kyselin byly hodnoty buď stejné nebo nižší. Na AA kopru měla pozitivní vliv pouze 1 mM kyselina jablečná, kde byla AA 28,4 mmol TE/100 g DW oproti kontrolnímu vzorku s AA 6,74 mmol TE/100 g DW. Byly použity i metody FRAP a ORAC, kde u koriandru došlo k nárůstu AA použitím všech různě koncentrovaných kyselin.

6.4 Korelace mezi obsahem celkových polyfenolů a antioxidační aktivitou

Korelační analýza byla provedena pro zjištění vzájemného vztahu mezi obsahem celkových polyfenolů a antioxidační aktivitou stanovenou metodou DPPH v kapitole 6.2. Také byla provedena korelační analýza mezi obsahem celkových polyfenolů a antioxidační aktivitou stanovenou metodou ABTS v kapitole 6.3. Korelace byla provedena pro všechny měřené vzorky v předešlých kapitolách, které byly extrahované v demineralizované vodě při teplotách 85 °C a 70°C. Grafy korelační závislosti jsou zobrazeny na obrázcích 17 a 18.



Obrázek 17: Závislost mezi TPC a AA (DPPH)

Korelační koeficient: $R^2 = 0,8428$ 

Obrázek 18: Závislost mezi TPC a AA (ABTS)

Korelační koeficient: $R^2 = 0,9030$

Při stanovení korelační závislosti mezi TPC a AA stanovené metodou DPPH u všech měřených vodných extraktů vybraných rostlin (libeček lékařský, česnek medvědí, kopr vonný, koriandr setý) byl zjištěn korelační koeficient $R^2 = 0,8428$. Jedná se tedy o vysokou kladnou lineární korelaci. Lze tedy konstatovat, že s vyšším obsahem celkových polyfenolů se u daných aromatických rostlin zvyšuje i jejich antioxidační aktivita. Obdobný trend je patrný i u korelační závislosti mezi TPC a AA stanovenou metodou ABTS. I u této korelace jde o kladnou lineární závislost s hodnotou korelačního koeficient $R^2 = 0,9030$. I v tomto případě má obsah polyfenolů daných rostlin vliv na hodnotu jejich antioxidační aktivity, kdy se zvýšením množství těchto látek dochází také k růstu AA.

ZÁVĚR

Vybrané aromatické rostliny (libeček lékařský, kopr vonný, česnek medvědí, koriandr setý) jsou díky svým biologickým účinkům využívány v tradičním lékařství po staletí. Mezi jejich významné zdravotní účinky patří schopnost obsažených antioxidantů zabránit a zpomalovat nechtěné oxidační procesy v potravinách, kde jsou přidány, nebo v lidském těle. V potravinářství jsou také využívány kvůli jejich chuti, vůni a také kvůli jejich antimikrobiálním, konzervačním účinkům. Díky jejich aromatickým složkám se používají při výrobě různých kosmetických a čistících přípravků. Silice libečku se využívají i v tabákovém průmyslu.

Cílem práce bylo stanovit obsah celkových polyfenolů (TPC) spektrofotometrickou metodou s využitím Folin-Ciocalteuova činidla a antioxidační aktivitu (AA) spektrofotometrickými metodami s DPPH a ABTS u vodných extraktů sušených a čerstvých vzorků vybraných aromatických rostlin, které byly extrahovány při teplotách 70 °C a 85 °C.

Při stanovení TPC bylo zjištěno, že při obou teplotách extrakce dosahoval u sušených vzorků nejmenších hodnot polyfenolů medvědí česnek, následoval kopr a koriandr. Nejvyšších hodnot TPC dosahoval libeček, který oproti česneku obsahoval v průměru o 65,1 % více polyfenolů. Obdobné zjištění bylo určeno i u stanovení AA metodami DPPH a ABTS, u kterých dosahovaly největších hodnot opět extrakty z libečku a nejmenší AA vykazovaly extrakty z medvědího česneku, které měly výrazně menší antioxidační aktivitu i v porovnání s koprem a koriandrem. Čerstvé vzorky kopru a koriandru dosahovaly mnohem menších hodnot TPC a AA než sušené vzorky daných rostlin, a to až o 91,9 %. Tento pokles byl dán vyšším obsahem vody a nižším obsahem sušiny v čerstvých vzorcích.

Bylo zjištěno, že vyšší teplota extrakce (85 °C) měla za následek zvýšení TPC i AA, kde u sušených vzorků došlo k největším změnám u koriandru, u kterého se tyto hodnoty zvýšily v průměru o 14,7 %, zatímco k nejmenším změnám došlo u medvědího česneku (v průměru do 10 %). U čerstvých vzorků došlo vlivem vyšší teploty k větším změnám TPC a AA, v průměru téměř o 50 %.

Korelační analýzou mezi TPC a AA (stanovená metodou DPPH i ABTS) bylo určeno, že obsah celkových polyfenolů vodných extraktů měl vliv na hodnotu antioxidační aktivity, kdy vyšší TPC souvisel s vyšší AA. V obou hodnoceních se jednalo o vysokou kladnou lineární korelaci.

Výsledná AA a TPC mohou být ovlivněny mnoha faktory, mezi které patří metoda stanovení, použité rozpouštědlo, doba a teplota extrakce, podmínky pěstování rostliny, genotyp nebo použitá část a zralost rostliny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PANDEY, A. K; PRAFULLA, K; JAYANT, S. M. a PRABHAKAR, M, 2020. Distribution of aromatic plants in the world and their properties. Online. In: FLOROU-PANREI, P; CHRISTIAKI, E a GIANNENAS, I (ed.). *Feed Additives: Aromatic Plants and Herbs in Animal Nutrition and Health*. Elsevier, s. 89-114. ISBN 978-012814700-9.
- [2] CHRISTIAKI, E; BONOS, E; GIANNENAS, I a FLOROU-PENERI, P, 2012. Aromatic Plants as a Source of Bioactive Compounds. Online. *Agriculture*. Roč. 2, č. 3, s. 228-243. ISSN 20770472. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agriculture2030228>.
- [3] FIERASCU, R. C; BAROI, A. M; FIERASCU, I a ORTAN, A, 2021. Selected Aspects Related to Medicinal and Aromatic Plants as Alternative Sources of Bioactive Compounds. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. Roč. 22, č. 4, s. 1-20. ISSN 16616596. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms22041521>.
- [4] *Libeček lékařský*. Online, obrázek. In: Reiki-cz. Dostupné z: <https://www.reiki-cz.com/herba/herbar.php?id=56>.
- [5] MIRAJALILI, M. H a BEHESHTI, S, 2012. Lovage. Online. In: K. V., Peter (ed.). *Handbook of Herbs and Spices*. 2. Woodhead Publishing, s. 371-390. ISBN 978-0-85709-040-9
- [6] VENSKUTONIS, P. R., 2016. Lovage (*Levisticum officinale* Koch.) Oils. Online. In: PREEDY, V. R. (ed.). *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Academic Press, s. 539-549. ISBN 978-0-12-416641-7.
- [7] SPRÉA, R. M; FERNANDES, Â; FINIMUNDY, T. C; PEREIRA, C; ALVES, M. J et al., 2020. Chemical and bioactive characterization of the aromatic plant *Levisticum officinale* W.D.J. Koch: a comprehensive study. Online. *Food and Function*. Roč. 11, č. 2, s. 1292-1303. ISSN 20426496. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/c9fo02841b>.
- [8] SPENCE, C, 2023. Lovage: A neglected culinary herb. Online. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. Roč. 33. ISSN 1878450X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100764>.
- [9] SPRÉA, R. M; FERNANDES, Â; FINIMUNDY, T. C; PEREIRA, C; ALVES, M. J et al., 2020. Lovage (*Levisticum officinale* W.D.J. Koch) roots: A source of bioactive compounds towards a circular economy. Online. *Resources*. Roč. 9, č. 7. ISSN 20799276. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/RESOURCES9070081>.

- [10] SANTOS, P. A. G; FIGUEIREDO, A. C; OLIVEIRA, M. M; BARROSO, J. G; PEDRO, L. G et al., 2005. Growth and essential oil composition of hairy root cultures of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch (lovage). Online. *Plant Science*. Roč. 168, č. 4, s. 1089-1096. ISSN 01689452. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.12.009>.
- [11] JAKUBCZYK, A; ZŁOTEK, U; SZYMANOWSKA, U; RYBCZYŃSKA-TKACZYK, K; JEĐDERKA, K et al., 2020. In vitro Antioxidant, Anti-inflammatory, Anti-metabolic Syndrome, Antimicrobial, and Anticancer Effect of a Acids Isolated from Fresh Lovage Leaves [*Levisticum officinale* Koch] Elicited with Jasmonic Acid and Yeast Extract. Online. *Antioxidants*. Roč. 9, č. 6, s. 1-24. ISSN 20763921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9060554>.
- [12] GHAEDI, N; POURABOLI, I a ASKARI, N, 2020. Antidiabetic properties of hydroalcoholic leaf and stem extract of *Levisticum officinale*: An implication for α -amylase inhibitory activity of extract ingredients through molecular docking. Online. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. Roč. 19, č. 1, s. 231-250. ISSN 17350328. Dostupné z: <https://doi.org/10.22037/ijpr.2020.15140.12901>. [cit. 2025-05-01].
- [13] SONALI, J a SHEKHAWAT, G, 2010. *Anethum graveolens*: An Indian traditional medicinal herb and spice. Online. *Pharmacognosy Reviews*. Roč. 4, č. 8, s. 179-184. ISSN 09762787. Dostupné z: <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70915>.
- [14] CHARLES, D. J, 2012. Dill. Online. In: *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*. Springer, s. 281-286. ISBN 978-1-4614-4310-0.
- [15] *Kopr.* Online, obrázek. In: *Gresik*. Dostupné také z: <https://www.gresik.cz/herbar/kopr/353/>.
- [16] RĂDULESCU, V; POPESCU, M. L a ILIEȘ, D, 2010. Chemical composition of the volatile oil from different plant parts of *Anethum graveolens* L. (Umbelliferae) cultivated in Romania. Online. *Farmacia*. Roč. 58, č. 5, s. 594-600. ISSN 00148237.
- [17] TAJNER-CZOPEK, A; GERTCHEN, M; RYTEL, E; KITA, A; KUCHARSKA, A. Z et al., 2020. Alpha-Phellandrene and Alpha-Phellandrene-Rich Essential Oils: A Systematic Review of Biological Activities, Pharmaceutical and Food Applications. Online. *Antioxidants*. Roč. 9, č. 5. ISSN 20763921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9050412>.

- [18] LISIEWSKA, Z; KMIĘCIK, W a KORUS, A, 2006. Content of vitamin C, carotenoids, chlorophylls and polyphenols in green parts of dill (*Anethum graveolens* L.) depending on plant height. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. Roč. 19, č. 2-3, s. 134-140. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.04.009>.
- [19] VOKK, R; LÕUGAS, T; METS, K a KRAVETS, M, 2011. Dill (*Anethum graveolens* L.) and parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) from Estonia: Seasonal differences in essential oil composition. Online. *Agronomy Research*. Roč. 9, č. 2, s. 512-520. ISSN 1406894X.
- [20] GUPTA, R; ANWER, M. M a SHARMA, Y. K, 2012. Dill. Online. In: K. V., Peter (ed.). *Handbook of Herbs and Spices*. Woodhead Publishing, s. 275-285. ISBN 978-0-85709-039-3.
- [21] HEIDARIFAR, R; MEHRAN, N; HEIDARI, A; TEHRAN, H. A; KOOHBOR, M et al., 2014. Effect of Dill (*Anethum graveolens*) on the severity of primary dysmenorrhea in compared with mefenamic acid: A randomized, double-blind trial. Online. *Journal of Research in Medical Sciences*. Roč. 19, č. 4, s. 326-330. ISSN 17351995.
- [22] AL-SNAFI, A. E, 2014. The pharmacological importance of *Anethum graveolens*. A review. Online. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. Roč. 6, č. 4, s. 11-13. ISSN 09751491.
- [23] SOBOLEWSKA, D; MAKOWSKA-WĄS, J a PODOLAK, I, 2015. *Allium ursinum*: botanical, phytochemical and pharmacological overview. Online. *Phytochemistry Reviews*. Roč. 14, č. 1, s. 81-97. ISSN 15687767. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11101-013-9334-0>.
- [24] OSZMIAŃSKI, J; KOLNIAK-OSTEK, J a WOJDYŁO, A, 2013. Characterization and content of flavonol derivatives of *Allium ursinum* L. plant. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Roč. 61, č. 1, s. 176-184. ISSN 15205118. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf304268e>.
- [25] *Medvědí česnek*. Online, obrázek. In: Serafin byliny. Dostupné také z: https://serafinbyliny.cz/herbar/bylinkar_2/medveddi-cesnek_207.
- [26] RADULOVIĆ, N. S; MILTOJEVIĆ, A. B; STOJKOVIĆ, M. B a BLAGOJEVIĆ, P. D, 2015. New volatile sulfur-containing compounds from wild garlic (*Allium ursinum* L.,

Liliaceae). Online. *Food Research International*. Roč. 78, s. 1-10. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.11.019>.

[27] TOMŠIK, A; PAVLIĆ, B; VLADIĆ, J; RAMIĆ, M; BRINDZA, J et al., 2016. Optimization of ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from wild garlic (*Allium ursinum* L.). Online. *Ultrasonics Sonochemistry*. Roč. 29, s. 502-511. ISSN 13504177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.11.005>.

[28] KOVAČEVIC, T. K; MAJOR, N; SIVEC, M; HORVAT, D; KRPAN, M et al., 2023. Phenolic Content, Amino Acids, Volatile Compounds, Antioxidant Capacity, and Their Relationship in Wild Garlic (*A. ursinum* L.). Online. *Foods*. Roč. 12, č. 2110. ISSN 23048158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12112110>.

[29] PUTNIK, P; GABRIĆ, D; ROOHINEJAD, S; BARBA, F. C; GRANATO, D et al., 2019. An overview of organosulfur compounds from *Allium* spp.: From processing and preservation to evaluation of their bioavailability, antimicrobial, and anti-inflammatory properties. Online. *Food Chemistry*. Roč. 276, s. 680-691. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.068>.

[30] PAVLOVIĆ, D. R; VELJKOVIĆ, M; STOJANOVIĆ, N. M; GOČMANAC-IGNJATOVIĆ, M; MIHAILOV-KRSTEV, T et al., 2017. Influence of different wild-garlic (*Allium ursinum*) extracts on the gastrointestinal system: spasmolytic, antimicrobial and antioxidant properties. Online. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. Roč. 69, č. 9, s. 1208-1218. ISSN 00223573. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jphp.12746>.

[31] STANISAVLJEVIĆ, N; SOKOVIĆ BAJIĆ, S; JOVANOVIĆ, Ž; MATIĆ, I; TOLINAČKI, M et al., 2020. Antioxidant and Antiproliferative Activity of *Allium ursinum* and Their Associated Microbiota During Simulated in vitro Digestion in the Presence of Food Matrix. Online. *Frontiers in Microbiology*. Roč. 11. ISSN 1664302X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.601616>.

[32] SHARMA, M. M a SHARMA, R. K, 2012. Coriander. Online. In: K. V., Peter (ed.). *Handbook of Herbs and Spices*. Woodhead Publishing, s. 216-249. ISBN 978-0-85709-039-3.

[33] FAROOQ, A; ANWAR, F; GILANI, A. H; HAMID, A. A; SAARI, N et al., 2013. Coriander (*coriandrum sativum* L.): A potential source of high-value components for functional foods and nutraceuticals- a review. Online. *Phytotherapy Research*. Roč. 27, č. 10, s. 1439-1456. ISSN 10991573. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ptr.4897>.

- [34] *Koriandr setý*. Online, obrázek. In: Zdravopedie. Dostupné z: <https://zdravopedie.cz/prirodni-lekarna/bylinky/koriandr-sety>.
- [35] WEI, Jing-Na; LIU, Zheng-Hui; ZHAO, Lin-Lin; ZHAO, Yun-Ping; XUE, Tian-Kai et al., 2019. Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. Online. *Food Chemistry*. Roč. 286, s. 260-267. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.171>.
- [36] AL-KHAYRI, J. M; BANADKA, A; NANDHINI, M; NAGELLA, P; AL-MSSALLEM, M. Q et al., 2023. Essential Oil from *Coriandrum sativum*: A review on Its Phytochemistry and Biological Activit. Online. *Molecules*. Roč. 28, č. 2. ISSN 14203049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules28020696>.
- [37] APROTOSOAIE, A. C; HÂNCIANU, M; COSTACHE, I. I a MIRON, A, 2014. Linalool: A review on a key odorant molecule with valuable biological properties. Online. *Flavour and Fragrance Journal*. Roč. 29, č. 4, s. 193-219. ISSN 08825734. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ffj.3197>.
- [38] PRACHAYASITTIKUL, V; RUCHIRAWAT, S; PRACHAYASITTIKUL, S a PRACHAYASITTIKUL, V, 2018. Coriander (*Coriandrum sativum*): A promising functional food toward the well-being. Online. *Food Research International*. Roč. 105, s. 305-323. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.019>.
- [39] LARIBI, B; KOUKI, K; M'HAMDI, M a BETTAIEB, T, 2015. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. Online. *Fitoterapia*. Roč. 103, s. 9-26. ISSN 0367326X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.03.012>. [37]
- [40] PISOSCHI, A. M a POP, A, 2015. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. Online. *European Journal of Medicinal Chemistry*. Roč. 97, s. 55-74. ISSN 02235234. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.04.040>.
- [41] DEMIRCI-ÇEKİÇ, S; AVAN, A. N; UZUNBOY, S; ÖZKAN, G; ÇAPANOĞLU, E et al., 2022. Biomarkers of Oxidative Stress and Antioxidant Defense. Online. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. Roč. 209. ISSN 07317085. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2021.114477>.
- [42] YASHIN, A; YASHIN, Y; XIA, X a NEMZER, B, 2017. Antioxidant activity of spices and their impact on human health: A review. Online. *Antioxidants*. Roč. 6, č. 3. ISSN 20763921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox6030070>.

- [43] DAL, J a MUMPER, R. J, 2010. Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Online. *Molecules*. Roč. 15, č. 10, s. 7313-7352. ISSN 14203049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>.
- [44] ZHANG, Y; CAI, P; CHENG, G a ZHANG, Y, 2022. A Brief Review of Phenolic Compounds Identified from Plants: Their Extraction, Analysis, and Biological Activity. Online. *Natural Product Communications*. Roč. 17, č. 1. ISSN 1934578X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1934578X211069721>.
- [45] ALARA, O. R; ABDURAHMAN, N. R a UKAEGBU, C. I, 2021. Extraction of phenolic compounds: A review. Online. *Current Research in Food Science*. Roč. 4, s. 200-214. ISSN 26659271. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>.
- [46] SHARMA, K; KUMAR, V; KAUR, J; GOYAL, A; SHARMA, R et al., 2021. Health effects, sources, utilization and safety of tannins: a critical review. Online. *Toxin Reviews*. Roč. 40, č. 4, s. 432-444. ISSN 15569543. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1662813>.
- [47] DUAN, Y; RODRIGUES DOS REIS, A; EDUARDO MELO SANTIAGO, F; DE FIGUEIREDO, M. A; ZHOU, S et al., 2021. Source type Journal ISSN 03088146 DOI 10.1016/j.foodchem.2020.127997 View more Genotypic variation of flavonols and antioxidant capacity in broccoli. Online. *Food Chemistry*. Roč. 338. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127997>.
- [48] RODRIGUEZ-CONCEPCION, M; AVALOS, J; BONET, M. L; GOMEZ-GOMEZ, L; HORNERO-MENDEZ, D et al., 2018. A global perspective on carotenoids: Metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. Online. *Progress in Lipid Research*. Roč. 70, s. 62-93. ISSN 01637827. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2018.04.004>.
- [49] SAINI, R. K; PRASAD, P; LOKESH, V; SHANG, X; SHIN, J et al., 2022. Carotenoids: Dietary Sources, Extraction, Encapsulation, Bioavailability, and Health Benefits—A Review of Recent Advancements. Online. *Antioxidants*. Roč. 11, č. 4. ISSN 20763921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox11040795>.
- [50] CHAVES, N; SANTIAGO, A a ALÍAS, J. C, 2020. Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: Analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used. Online. *Antioxidants*. Roč. 9, č. 1. ISSN 20763921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9010076>.

- [51] MUNTEANU, J. G a APETREI, C, 2021. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. Roč. 22, č. 7. ISSN 16616596. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>.
- [52] GULCIN, Í a ALWASEL, S. H, 2023. DPPH Radical Scavenging Assay. Online. *Processes*. Roč. 11, č. 8. ISSN 22279717. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/pr11082248>.
- [53] SIRIVIBULKOVIT, K; NOUANTHAVONG, S a SAMEENOI, Y, 2018. Paper-based DPPH assay for antioxidant activity analysis. Online. *Analytical Sciences*. Roč. 34, č. 7, s. 795-800. ISSN 09106340. Dostupné z: <https://doi.org/10.2116/analsci.18P014>.
- [54] CHRISTODOULOU, M. C; ORELLANA PALACIOS, J. C; HESAMI, G; JAFARZADEH, S; LORENZO, J. M et al., 2022. Spectrophotometric Methods for Measurement of Antioxidant Activity in Food and Pharmaceuticals. Online. *Antioxidants*. Roč. 11, č. 11. ISSN 20763921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox11112213>.
- [55] GULCIN, Í, 2020. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. Online. *Archives of Toxicology*. Roč. 94, č. 3, s. 651-715. ISSN 03405761. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>.
- [56] RAPOSO, F; BORJA, R a GUTIÉRREZ-GONZÁLEZ, J. A, 2024. A comprehensive and critical review of the unstandardized Folin-Ciocalteu assay to determine the total content of polyphenols: The conundrum of the experimental factors and method validation. Online. *Talanta*. Roč. 272. ISSN 00399140. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2024.125771>.
- [57] LAWAG, I. L; NOLDEN, E. S; SCHAPER, A. A. M; LIM, L. Y a LOCHER, C, 2023. A Modified Folin-Ciocalteu Assay for the Determination of Total Phenolics Content in Honey. Online. *Applied Sciences (Switzerland)*. Roč. 13, č. 4. ISSN 20763417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app13042135>.
- [58] KUNCOVÁ, S, 2022. Ovlivnění obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity v extraktech rozmarýnu a oregana. Diplomová. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [59] ULEWICZ-MAGULSKA, B a WESOŁOWSKI, M, 2023. Antioxidant Activity of Medicinal Herbs and Spices from Plants of the Lamiaceae, Apiaceae and Asteraceae

Families: Chemometric Interpretation of the Data. Online. *Antioxidants*. Roč. 12, č. 2039. ISSN 20763921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox12122039>.

[60] ŠKROVÁNKOVÁ, S; MLČEK, J; SNOPEK, L a PLANETOVÁ, T, 2018. Polyphenols and antioxidant capacity in different types of garlic. Online. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*. Roč. 12, č. 1, s. 267-272. ISSN 1337-0960. Dostupné z: <https://doi.org/10.5219/895>.

[61] LACHOWICZ, S; KOLNIAK-OSTEK, J; OSZIMANSKI, J a WISNIEWSKI, R, 2017. Comparison of Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Bear Garlic (*Allium ursinum* L.) in Different Maturity Stages. Online. *Journal of Food Processing and Preservation*. Roč. 41, č. e12921. ISSN 1745-4549. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12921>.

[62] MSAADA, K; JAMIE, M. B; BACHROUCH, O; SRITI, J; TAMMAR, S et al., 2017. Antioxidant activity of methanolic extracts from three coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit varieties. Online. *Arabian Journal of Chemistry*. Roč. 10, s. S3176-s3183. ISSN 18785352. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.12.011>.

[63] TAJNER-CZOPEK, A; GERTCHEN, M; RYTEL, E; KITA, A; KUCHARSKA, A. Z et al., 2020. Study of antioxidant activity of some medicinal plants having high content of caffeic acid derivatives. Online. *Antioxidants*. Roč. 9, č. 5. ISSN 20763921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9050412>.

[64] NOUR, V; TRANDAFIR, I a COSMULESCU, S, 2017. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Nutritional Quality of Different Culinary Aromatic Herbs. Online. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. Roč. 45, č. 1, s. 178-184. ISSN 0255-965X. Dostupné z: <https://doi.org/10.15835/nbha45110678>.

[65] HUSSAIN, A; ARIF, M. R; AHMED, A; FIAZ, I; ZULFIGAR, N et al., 2024. Evaluation of Leaves, Flowers, and Seeds of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) through Microwave Drying and Ultrasonic-Assisted Extraction, for Biologically Active Components. Online. *Journal of Food Processing and Preservation*. Roč. 2024. ISSN 01458892. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2024/2378604>.

[66] EL-ZAEDDI, H; CALÍN-SÁNCHEZ, Á; NOWICKA, P; MARTÍNEZ-TOMÉ, J; NOGUERA-ARTIAGA, L et al., 2017. Preharvest treatments with malic, oxalic, and acetylsalicylic acids affect the phenolic composition and antioxidant capacity of coriander, dill and parsley. Online. *Food Chemistry*. Roč. 226, s. 179-186. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.067>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Libeček lékařský	14
Obrázek 2: Kopr vonný.....	16
Obrázek 3: Česnek medvědí	18
Obrázek 4: Koriandr setý	20
Obrázek 5: Základní skelet flavonoidů	24
Obrázek 6: Reakce radikálu DPPH s antioxidantem	27
Obrázek 7: Oxidace ABTS pomocí peroxodisíranu draselného	28
Obrázek 8: Kalibrační křivka kyseliny gallové	35
Obrázek 9: Kalibrační křivka troloxu pro metodu DPPH.....	37
Obrázek 10: Kalibrační křivka troloxu pro metodu ABTS.....	39
Obrázek 11: Hodnoty TPC pro libeček lékařský a česnek medvědí.....	40
Obrázek 12: Hodnoty TPC pro kopr vonný a koriandr setý	41
Obrázek 13: Hodnoty AA pro libeček lékařský a česnek medvědí – metoda DPPH	44
Obrázek 14: Hodnoty AA pro kopr vonný a koriandr setý – metoda DPPH.....	44
Obrázek 15: Hodnoty AA pro libeček lékařský a česnek medvědí – metoda ABTS	47
Obrázek 16: Hodnoty AA pro kopr vonný a koriandr setý – metoda ABTS.....	47
Obrázek 17: Závislost mezi TPC a AA (DPPH).....	50
Obrázek 18: Závislost mezi TPC a AA (ABTS).....	50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vzorke aromatických rostlin	32
--	----

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TPC	Total polyphenol content (celkový obsah polyfenolů)
AA	Antioxidační aktivita
DPPH	2,2–difenyl–1–pikrylhydrazyl
ABTS	kyselina 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonová)
ABTS ^{·+}	kationtový radikál kyseliny 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonové)
KG	Kyselina gallová
TE	Ekvivalent troloxu
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power (metoda založená na redukci železitého komplexu na železnatý)
ORAC	Oxygen Radical Absorbance Capacity (kapacita absorbance kyslíkových radikálů)
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (antioxidační kapacita stanovená na ekvivalent troloxu)
TOSC	Total Oxyradical Scavenging Capacity (celková kapacita vychytávání oxyradikálů)
RP	Oxygen Radical Absorbance Capacity (kapacita absorbance kyslíkových radikálů)
CUPRAC	Cupric Reducing Antioxidant Power (Antioxidační schopnost redukovat měďnatý kationt)
SET	Single Electron Trasnfer (přesun samotného elektronu)
HAT	Hydrogen Atom Transfer (přesun atomů vodíku)
DW	Dry Weight (hmotnost sušiny)
FW	Fresh Weight (hmotnost čerstvého vzorku)
HDL	High Density Lipoproteins (lipoproteiny s vysokou hustotou)
LDL	Low Density Lipoproteins (lipoproteiny s nízkou hustotou)