

Použití a hodnocení bazalky (*Ocimum basilicum*) a bazalkových výrobků v gastronomii

Vít Guiglielmo Mišurec

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vít Guiglielmo Mišurec**
Osobní číslo: **T17064**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Použití a hodnocení bazalky (*Ocimum basilicum*) a bazalkových výrobků v gastronomii**

Zásady pro vypracování

1. Studium dostupné literatury a provedení literární rešerže na dané téma.
2. Charakteristika, použití a hodnocení bazalky a bazalkových výrobků.
3. Chemická analýza vybraných odrůd čerstvé bazalky a bazalkových výrobků.
4. Zpracování výsledků a diskuze.

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

Seznam doporučené literatury:

[1] HILTUNEN, Raimo a Yvonne HOLM. Basil: The Genus Ocimum. Amsterdam: CRC Press, 1999, 152 s. ISBN 9780203303771.

[2] SANDRA, Berriolo a Biaghetti ROSANNA. Il libro del basilico: tutti gli ocimum del mondo. Albenga: Edizioni del Delfino Moro, 2003, 208 s. ISBN X001453495.

Vědecké zdroje uvedené v databázích Web of Science, SCOPUS, knižní odborné publikace aj.

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

Datum zadání bakalářské práce: **3. února 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 3. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí;
- 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 autorského zákona 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 samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....

podpis studenta

Abstrakt

Cílem mé bakalářské práce bylo stanovení obsahu fenolických látek a antioxidační aktivity u listů vybraných kultivarů Bazalky pravé (*Ocimum basilicum*) a u směsí kultivaru Ohře s rostlinnými surovinami (česnek, máta, rukola, špenát). Výsledky měření byly podle relevantních kritérií porovnávány a vyhodnocovány. Nejvyšší obsah fenolických látek v případě čerstvých listů byl stanoven v Ohři, v případě mražených listů u Salad leaf. Směs s nejvyšším obsahem fenolických látek byla směs s mátou, u stejné směsi byl prokázána nejvyšší stabilita obsahu fenolických látek. Stejných výsledků se dosáhlo při porovnávání antioxidační aktivity.

Klíčová slova: *ocimum basilicum*, bazalka pravá, antioxidační aktivita, fenolické látky

Abstract

The aim of this thesis was to determine the total phenolic content and antioxidant activity in the leaves of selected cultivars of sweet basil (*Ocimum basilicum*) and in mixtures of cultivar Ohře with raw plant materials (garlic, mint, rocket, spinach). The measurement results were compared and evaluated according to the relevant criteria. The highest total phenolic content in the case of fresh leaves was detected in Ohře, in the case of frozen leaves in Salad leaf. The mixture with the highest total phenolic content was the mixture with mint, and the same mixture showed the highest stability of total phenolic content. The same results were obtained when comparing antioxidant activity.

Keywords: *ocimum basilicum*, sweet basil, antioxidant activity, phenolic compounds

Chtěl bych zde poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Jiřímu Mlčkovi, Ph.D. za věnovaný čas, odborné vedení, dostupnost, všechny komentáře a poznámky a za trpělivost. Dále za trpělivost děkuji své ženě, která vždy vyslechla mé nekonečné komentáře ohledně této práce a díky tomu jsem přišel na mnohé detaily.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O BAZALCE	10
1.1 HISTORICKÉ ROZŠÍŘENÍ.....	10
1.2 TAXONOMIE A ROZDĚLENÍ.....	11
1.2.1 <i>Ocimum basilicum</i> - Bazalka pravá	11
1.2.2 <i>Ocimum americanum</i> - Bazalka americká	12
1.2.3 <i>Ocimum gratissimum</i> - Bazalka vytrvalá	13
1.2.4 <i>Ocimum × citriodorum</i> - Bazalka citronová	13
1.3 VYUŽITÍ V GASTRONOMII.....	13
1.4 VYUŽITÍ V LÉČITELSTVÍ A MEDICÍNĚ	14
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ BAZALKY	15
2.1 ANTIOXIDANTY	15
2.2 FENOLICKÉ LÁTKY	15
2.3 ESENCIÁLNÍ OLEJE	15
II PRAKTICKÁ ČÁST	17
3 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	18
4 MATERIÁL	19
5 METODIKA	20
5.1 STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU FENOLICKÝCH LÁTEK	20
5.2 STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	21
6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ	22
6.1 OBSAH FENOLICKÝCH LÁTEK	22
6.2 CELKOVÁ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA	24
7 DISKUSE	28
ZÁVĚR	32
SEZNAM OBRÁZKŮ	33
SEZNAM TABULEK	34
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	35

ÚVOD

Bazalka je jeden z velmi důležitých stavebních kamenů světové gastronomie. Jeho sláva je především zásluhou italské gastronomie, svoje důležité místo však má i v gastronomii thajské, indonéské, francouzské či brazilské.

Rozšíření bazalky po celém světě dalo vzniknout desítkám kultivarů, které se liší tvarem, barvou a velikostí listů, výškou rostliny, chutí či vůní. Podle místa původu jsou odolnější více či méně vůči vyšším teplotám či teplotní nestálosti. Tyto vlastnosti ovlivňují chování rostliny a změny obsahu chemických látek při skladování, přičemž mnohé látky mají pozitivní účinek na lidské zdraví, ať to jsou fenolické látky nebo jiné nefenolické antioxidanty. Proto je snaha optimalizovat skladování bazalky tak, aby docházelo co k nejmenším úbytkům těchto chemických látek.

Způsob skladování sklizené bazalky závisí mimo jiné i na očekávané trvanlivosti. Pro dlouhodobější skladování se preferuje uchovávat bazalku v mraženém stavu, pro krátkodobé, několikadenní skladování se může bazalka přímo zpracovat do produktu, který několik dní vydrží v chladničce. Vliv na množství účinných látek a na jejich stabilitu, kromě odrůdy bazalky, mají další komponenty produktu. Asi nejčastější evropskou kombinaci tvoří bazalka z česnekem, dále se vídají i kombinace s rukolou, špenátem nebo mátou. Je však otázkou, zda je cílem podpořit chemickou stabilitu produktu, nebo jen výsledný produkt něčím nastavit.

Z bazalky se využívají především listy, které především díky esenciálním olejům dodávají chuť jídlům i nápojům. V posledních letech se však po velkém úspěchu semen šalvěže (známé pod jejím mayským jménem chia) začaly objevovat i semena bazalky, která jsou skvělým zdrojem polynenasycených mastných kyselin. Navrátivše k listům bazalky, esenciální oleje z nich extrahované mohou mít mnohé pozitivní účinky na lidské zdraví. Snižuje cholesterol v krvi, diabetům pomáhá redukovat hladinu krevního cukru, chrání náš žaludek před vředy. Pravidelná konzumace bazalky, jak listů, tak semen, je tak přínosná pro všechny, především pro klasického českého konzumenta.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O BAZALCE

Bazalka, král záhonu si zaslouží svatořečení. Takto začal italský novinář svůj článek věnovaný této královské rostlině a nedá se říct, že by přeháněl. Královský původ nese ve svém jménu, které přes středo-latinský *basilicum* vede k řeckému βασιλεύς (král) [1]. Bazalka však nesahá pouze ke králům, ale až k bohům, bývala totiž součástí balzámu mumii. Své místo si za tisíce let využívání zasloužila v léčitelství, kosmetice a především gastronomii a bez nadsázky by si zasloužila stát se „svatou“ [2].

1.1 Historické rozšíření

V dnešní době je bazalka spojována především s Itálií a italskou kuchyní, a není to náhodou, jelikož bazalka je součástí italské kultury přes stovky let. Archeobotanické výzkumy dokonce dokazují užívání bazalky pro parfémy a lékařství v antických Pompejích v roce 79 n. l., přesto bazalka není původně evropská plodina. Předpokládá se, že se bazalka je původně africká bylina, která zde roste v místech do 1800 metrů nad hladinou moře. Až 60 druhů rostlin rodu *Ocimum* zde byly nalezeny růst ve svém přirozeném prostředí při výzkumech během 19. století. Z Afriky se dál do Eurasie dostala spolu s člověkem, jelikož je bazalka odolná vůči delším cestám a už v té době se využívala jako fytotherapeutikum. Dále pak z Persie se šířila dál Asií i směrem do Evropy díky obchodníkům. A je to právě oblast Persie a Sindhu, kde je *O. basilicum* domorodou rostlinou, jak zmiňuje George Watt v jednom ze svých zpráv z cest roku 1891. Co se týče bazalky v Evropě, podle legendy ji přivezl Alexandr Veliký do Řecka, odkud se dále dostala do Říma, do dalších jižních zemí a poté do zbytku Evropy. Do zbytku světa, především Brazílie, se bazalka rozšířila pomocí portugalských kolonizátorů a následovně migranty z Itálie, Německa i Polska. Bazalka se v Brazílii dobře uchytila v divoké přírodě a vznikly i nové druhy [3].



Obr. 1.1: Bazalka pravá se svým typickým tvarem listů a sytě zelenou barvou [4]

1.2 Taxonomie a rozdělení

Jak bylo v předchozí části zmiňováno, bazalku představuje řada druhů a poddruhů, které jsou zařazeny do čeledi hluchavkovitých, podčeledi *Nepetoideae*. Všechny se projevují čtverhranným průřezem stonku, vstřícným a křížmostojným postavením listů. *Ocima* a další zástupci podčeledi se vyznačují silně aromatickými látkami [5].

Kromě několika dalších aspektů se druhy a poddruhy liší ve vzrůstu rostliny, velikosti, struktury a četnosti listů, vůni, chuti, obsahu esenciálních olejů nebo i barvě, v závislosti na těchto rozdílech jednotlivé druhy mají své hlavní využití.

1.2.1 *Ocimum basilicum* - Bazalka pravá

Druh s největším počtem kultivarů a poddruhů je Bazalka pravá. Je to taky nejčastější a nejdostupnější druh. Zpravidla se jedná o jednoletou rostlinu vzrůstu do 60 cm, jasně zelená (kromě několika poddruhů, které jsou fialové) [5]. Poddruhů je na desítky, zmíněny budou pouze nejzajímavější.

O. basilicum „Ohře“ Československý kultivar dorůstající do výšky 50 cm, jasně zelený, příjemně a typicky aromatický, s většími listy a bílými květy [6].

O. basilicum var. *thyrsiflora* „Thai“ Thajská bazalka se na první pohled liší tvarem listů či zbarvením stonků do červena. Její chuť a vůně se víc podobá anýzu či lékořici, proto se tato odrůda více hodí k sladkým dezertům. Po stránce odolnosti je více tolerantní vůči vyšším teplotám, lépe si tedy zachovává svoje chuťové vlastnosti při sušení, ale méně odolává chladu, proto se nehodí pro dlouhodobé uchovávání v lednici [7, 8].

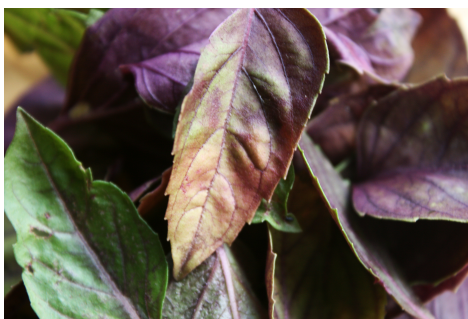


Obr. 1.2: *O. basilicum* var. *thyrsiflora* [9]

O. basilicum „Sweet green“ Kultivar podobný Ohři, středně velké lístky, lesklé a vypouklé, chuť je typická a sladší.

O. basilicum „Salad leaf“ Hlavním znakem tohoto kultivaru jsou velmi široké listy s typicky zeleným zbarvením a chutí. Oproti Ohří a Sweet Green je však intenzita nižší, proto se vhodnější více pro saláty a jiné pokrmy, kde se bazalka konzumuje přímo za syrova.

O. basilicum var. *purpureum* „Purple opal“ Jak název napovídá, tento kultivar se vyznačuje svým fialovým zbarvením. Spíš než pro chuť je využívána pro svoje estetické vlastnosti. Barva je dána vysokým obsahem antokyanů v listech, který se pohybuje v rozmezí 15-19 mg na 100 g čerstvé rostliny [10].



Obr. 1.3: *O. basilicum* var. *purpureum* [11]

O. basilicum „Genovese“ Janovská bazalka (Basilico genovese) je italský kultivar, který má dokonce chráněné označení původu deklarované Evropskou unií. Tento kultivar bazalky má vyšší vzrůst, střední hustotu listů, tvar listů je eliptický. Chuť je typická a intenzivní s absolutní absencí mátového aroma. Smí se pěstovat pouze v provinciích Janova, Savony a Imperie [12].

O. basilicum var. *cinnamomum* „Cinnamon“ Thajská bazalka byla výrazná svojí lékořicovo-anýzovou chutí, tento kultivar je pro změnu výrazný silným skořicovým aromatem. Důvod je vyšší množství methylcinnamátu, který se nejvíce vyskytuje právě ve skořici. Vzhledově je podobný thajské bazalce, má tedy do červenofialova zbarvený stonek a květy.

1.2.2 *Ocimum americanum* - Bazalka americká

Americká bazalka se využívá především v medicíně, má drobnější listy a citronovější nádech. I když se jedná o jiný druh, stále se dá využít v kuchyni. Přes svůj název rostlina je původem z Afriky, ale zabydlela se i v Americe.

1.2.3 *Ocimum gratissimum* - Bazalka vytrvalá

Velmi aromatický druh je bazalka vytrvalá. Významnou vlastností je oproti ostatním druhům bohatost na esenciální oleje, který je využíváný v medicíně. V gastronomii je využíváný hlavně v Thajsku a Indonésii [5].

1.2.4 *Ocimum × citriodorum* - Bazalka citronová

Zkřížením bazalky pravé a bazalky americké vznikla bazalka citronová. Díky své citronové chuti je velmi oblíbená v arabské, indonéské, filipínské, malajské a thajské kuchyni. Citronová bazalka má drobnější lístky a dorůstá do výšky 40 cm.

V této práci se zkoumají pouze některé kultivary Bazalky pravé, a to Ohře, Thai, Sweet green, Salad leaf a Purple opal. Ostatní kultivary a druhy jsou zmíněné pro zajímavost a zobrazení různorodosti zdánlivě jednoduché bazalky.

1.3 Využití v gastronomii

Bazalka hraje nezastupitelnou roli v mnohých kuchyních a stala se symbolem nejen italské kuchyně, ale i italského vlastenectví. Právě zelená bazalka doplňovala v italské trikolóře mozzarella a rajčata na pravděpodobněji nejznámější pizze Margheritě, která se pojmenovala právě na počest královny Markéty Savojské (it. Margherita di Savoia), jak praví pravděpodobně smyšlený příběh z dob sjednocení Itálie [13]. Pravdou však zůstává, že tato trikolórová kombinace se stala jednou z nejoblíbenějších pro pizzu, gnocchi, risotta, zeleninu a také těstoviny. S těstovinami je také úzce spojená neméně známá pochutina z bazalky, a to janovské bazalkové pesto. Jeho historie je více jasnější, než v případě pizzy Margherity. Středověká Ligurie byla chudá na exotické koření, které si střežilo Benátky, ale za to velmi bohatá na bylinky a tak vznikla tradice využívání bylinek, která několik set let poté vyústí ve výrobu studených bylinkových omáček, které se rozšíří do celého světa. Právě janovské pesto se vyrábí z bazalky, česneku, olivového oleje, piniových oříšků, sýrů parmigiano reggiano a pecorino sardo, a mořské soli. Zvykle se na toto pesto používá odrůda *O. basilicum* "Genovese".

Když opustíme Itálii, tak v sousední Francii je bazalka součástí asi nejznámější kořenící bylinnou směsí - provensálského koření, využitelná pro ochucování ryb, mas i zeleniny a často se objevuje ve francouzských receptech i jako součást marinád. Podobné bylinné marinády se vyskytují i Rusku, Thajsku či Brazílii. Ve stejných zemích se bazalka využívá a i pro recepty bezmasé. Raritou mohou být recepty s bazalkou jako krokodýlí nudličky (Austrálie), dušená zelenina s ještěřčím masem (Brazílie), pštroší carpaccio či žabí karbanátky (Itálie).

Jelikož se bazalka dobře snoubí s citronem, v poslední době se často vídají sorbety

či limonády s touto chuťovou kombinací. Nicméně v dezertech se bazalka kombinuje i s jinými ovoci, jako hrušky, jahody či rybíz. V nápojích se bazalka vyskytuje krom zmiňovaných limonád v čajích, vínech, pivu, pálenkách či likérech [3].

1.4 Využití v léčitelství a medicíně

V moderní době byly bazalce potvrzeny mnohé účinky, které byly známé i ve středověku a jeho pověst byla na úrovni rulíku či náprstníku. V Anglii 17. století se bazalka věšela nad dveře, aby odpuzovala hmyz, což se později vědecky dokázalo jako oprávněné [14]. Pozitivní účinky poznali nejen Evropané, ale i léčitelé v jiných koutech světa. V Indii se pomocí *O. gratissimum* léčily močové infekce, kvasinková infekce kojenců či revmatismus, stejný druh bazalky byl v Brazílii používán jako stimulant, antiemetikum, byl využíván při problémech s meteorismem, anémií, zápachem z úst, trávením, horečkou, při bolestech hlavy, krku či břicha, kašli, teplotě. Na Kubě se používala pro podporu tvorby mateřského mléka. S podobnými účinky, jako *O. gratissimum*, se léčitelé z Indie potkali i u *O. santum* či *O. canum*, šamani z Amazonie popsali podobně blahodárné účinky u *O. micranthum* [3]

Staletí primitivních medicínských postupů a praktik dali základ k moderní vědě, jakou známe dnes. Využívše znalostí léčitelů v kombinaci s novými postupy se potvrdili a vyvrátili účinky bazalky na zdraví člověka. Extrakty a esenciální olej z *O. basilicum* vykazují mnohé pozitivní účinky. Působí jako analgetikum s účinky podobné aspirinu, ochraňuje srdce i játra a zlepšuje spánek i paměť, může působit pozitivně proti rakovině, je antimikrobiálně, antimykobakteriálně, antivirotický, larvicidně a antiparazitický aktivní a je potvrzena i významná antioxidační aktivita [15, 16]. Z pohledu výživy je bazalka přínosná díky schopnosti redukovat množství celkové cholesterolu, triglyceridů a LDL-cholesterolu a zároveň hladina HDL-cholesterolu se významně nezvyšuje [17]. Kromě cholesterolu se po podání extraktu z bazalky zpozorovalo snížení hladiny glukosy v krvi u diabetických myší aniž by se změnila bazální hladina inzulinu a při pravidelném podávání se projevil i dlouhodobější efekt [18]. Bazalkový extrakt má, závěrem výčtu benefitů, také schopnost chránit trávicí trakt před tvorbou žaludečních vředů způsobené některými léky, alkoholem nebo stresem, případně již vytvořené vředy pomáhá redukovat [19].

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ BAZALKY

Listy *O. basilicum* obsahují 0,5-1,5 % esenciálních olejů, přibližně 5 % tříslovin a sitosterolů, přes 92 % rostliny tvoří volná nebo vázaná voda. Listy obsahují do 1 % tuků, 0,17 % oleanalové kyseliny, přítomna je i kyselina ursolová. Chemické složení listů bude dále probráno v následujících podkapitolách, za zmínku ovšem stojí semena *O. basilicum*. Semena obsahují 25 % tuků, z nichž více než polovinu tvoří kyselina α -linolenová, dále jsou bohatým zdrojem vlákniny, minerálů, vitaminů, obsahují také antioxidanty a fenolické látky [5, 20].

2.1 Antioxidanty

Pro zdraví či potravinářské technologie jsou velmi důležitou skupinou látky, které zabraňují oxidaci v potravině či v lidském těle. Hlavní skupiny látek antioxidantů podle chemického složení jsou fenolické antioxidanty, které jsou v bazalce obsaženy především v jejím esenciálním oleji, a endioly [21]. Endiolové antioxidanty reprezentuje především kyselina askorbová a její soli a deriváty. Ta v rámci své antioxidační aktivity reaguje s reaktivními formami kyslíku, čímž se zpomaluje i oxidace lipidů, nebo s radikály mastných kyselin a alkoxylovými radikály. Účinnost reakcí s lipidovými radikály se dá zvýšit přítomností tokoferolů, které naopak od kyseliny askorbové jsou rozpustné v tucích [21].

2.2 Fenolické látky

Obecně se fenolické sloučeniny se dají definovat jako látky obsahující alespoň jedno benzenové jádro nesoucí minimálně jednu hydroxylovou skupinu, popřípadě jejich funkční deriváty. Tato skupina je obsáhlá a různorodá, několik vlastností mají společných. Fenolické látky jsou často sekundárními metabolity rostlin s antioxidační funkcí, tato vlastnost zelených potravin je velmi žádanou a ceněnou pro zdravou výživu člověka. Hydroxylová skupina fenolických látek se váže na hydroxyperoxidové, superoxidové nebo hydroxylové radikály a tím zabraňuje radikálům způsobovat degenerativní změny v organismu [21, 22].

2.3 Esenciální oleje

Jedním kritériem, jak lze druhy a kultivary bazalky rozlišit, je podle množství a skladby esenciálního oleje. Složení je velice různorodé, dle chemické struktury látek se jedná především o fenolické látky. Klasifikace esenciálních olejů je obecně sestavena podle převažující látky, jako je např. linalool, estragol, methyleugenol nebo methylcinnamát, doporučuje se však klasifikovat kultivar podle všech látek esenciálního oleje s obsahem

větším než 20 % [3, 5].

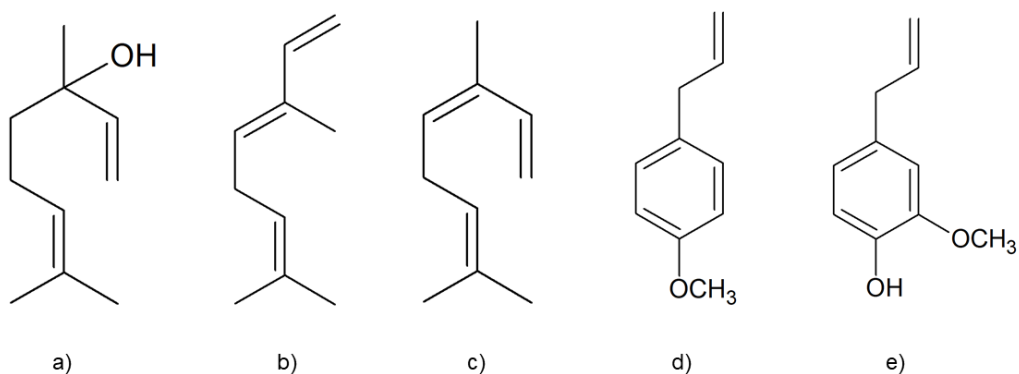
V esenciálním oleji *O. basilicum* se identifikovalo přes 140 chemických látek, netřeba vyzdvihovat důležitost a funkce jednotlivě všech, některé jsou však z pohledu dotyčného druhu vhodné zmínění [5].

Linalool je oxidovaný monoterpen vycházející z myrcenu. Pro všechny druhy rodu *Ocimum* je linalool společnou látkou a ve většině druhů se nachází v majoritním zastoupení. Jedná se o bezbarvou až nažloutlou kapalnou látku s květinovou kořeněnou vůní a kořeněně citrusovou chutí s insekticidními účinky [23].

Ocimeny se v esenciálním oleji *Ocimum* vyskytují v konformaci (Z)- β -ocimen a (E)- β -ocimen. V druhích *O. basilicum* nebo *O. sanctum* je obsah ocimenů nižší, větší procento zastupují v druhu *O. gratissimum*. Tyto monoterpeny jsou využívány v kosmetice díky své sladké bylinné vůni. Předpokládá se, že ocimeny mají pro rostliny funkci ochrany proti houbám [24].

Estragol je charakteristickou látkou pro evropské odrůdy *O. basilicum*. Estragol, neboli methylchavikol, je fenylypropanoid anýzové vůně a za standardních podmínek je bezbarvá kapalina. Jsou mu připisovány protizánětlivé účinky, ale je označován jako potenciální karcinogenní látka. Při konzumaci bazalky by však k nežádaným účinkům docházet nemělo, jelikož antioxidační aktivita ostatních látek vykompenzuje negativní vliv estragolu [25].

Eugenol je nažloutlá kapalina s ostrou hřebíčkovou vůní a výraznou kořeněnou chutí. Eugenol je fenylypropanoid, který je spjatý s květy hřebíčkovce kořeněného, v bazalce však může dosahovat nejvíce obsažené látky esenciálního oleje. Účinky eugenolu na zdraví jsou především pozitivní, funguje jako lokální antiseptikum a anestetikum, je součástí směsi pro zubní výplně [26].



Obr. 2.1: Chemické vzorce linaloolu (a), E- β -ocimenu (b), Z- β -ocimenu (c), estragolu (d) a eugenolu (e).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tato bakalářská práce se zabývá stanovením antioxidační aktivity a celkového obsahu fenolických látek u čerstvých a mražených listů vybraných kultivarů Bazalky pravé (*Ocimum basilicum*). Volba druhů závisela na dostupnosti a na rozdílnosti, každý kultivar je něčím unikátní vůči ostatním. Dále se u vybraného kultivaru porovnává antioxidační aktivita a celkový obsah fenolických látek u různých směsí a vliv několikadenního skladování na tyto chemické vlastnosti. Vzorčky bazalky jsou vypěstovány a za stejných podmínek a ve stejné lokalitě, proto se dá očekávat, že výsledky nebudou ovlivněny podmínkami pěstování. Pro zajímavost se výsledky kultivarů porovnají s bazalkou dostupnou v obchodních řetězcích.

4 MATERIÁL

Vzorky pro výzkum byly dodány genofondovými plochami zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Lednici. Jelikož jsou vzorky ze stejného místa, byly pěstovány se stejnou péčí a stejným složením půdy a výsledky nebudou ovlivněny původem vzorku. Kultivary Bazalky pravé (*Ocimum basilicum*) byly pro výzkum využity následující:

- Ohře
- Purple opal
- Sweet green
- Salad leaf
- Thai.

Jde o kultivary, u kterých se očekávají výraznější rozdíly v naměřených hodnotách. Pro zajímavost se zkoumala i bazalka neznámé odrůdy dostupná v obchodních řetězcích. Další faktor, na který se původně plánoval u všech kultivarů, bylo porovnání vlivu mrazení na bazalku, tudíž srovnání antioxidační aktivity a fenolických látek mezi čerstvou a mraženou bazalkou. Z důvodu technického problému u lednice, kde byla bazalka před zpracováním uchována, se toto srovnání podařilo pouze u kultivarů Ohře a Thai, listy jiných kultivarů byly chladem zničeny.

Další, třetí, bod měření bylo srovnání bazalky Ohře s jejími směsmi. Byli zvoleny takové směsi, které se často vyskytují v gastronomii jako podpora chuti nebo se jimi bazalka částečně nahrazuje. Konkrétně se jedná o česnek, mátu, rukolu a špenát. Tímto měřením se zkoumalo, zda je přidání další ingredience přínosné z pohledu antioxidační aktivity či obsahu fenolických látek. Množství, které se k bazalce přidalo, činilo u česneku 8 % hmotnosti bazalky, u máty a rukoly 5 %, u špenátu 10 %. Množství bylo určeno buď podle receptur, nebo odhadem. V případě česneku se vychází z originální receptury na výrobu bazalkového pesta, v případě máty se vychází z taktéž z receptury pro bazalkové pesto, které ale pochází z nejmenovaného řetězce restaurací. Množství špenátu a rukoly se odhadlo, aby dané množství nebylo sensoricky znatelné ve výrobku. Na konec byly srovnány výsledky měření u vzorků směsí připravené (extrahované) v den měření a vzorků, které byly skladovány po dobu čtyř dní, zaměřiv se na lepší stabilitu antioxidantů a fenolických látek a tím pádem vhodnosti příměsí pro dlouhodobější uchovávání. Pro lepší přehlednost jsou v tabulkách a grafech uváděny zkratky kultivarů a směsí. Jejich přehled je uveden v Tab. 4.1.

Tab. 4.1: Zkratky kultivarů *O. basilicum* a směsí používané v této práci

OH	ohře
PO	purple opal
SG	sweet green
SL	salad leaf
TH	thai
XX	neznámá odrůda z obchodní sítě
OHC	ohře + 8 % česnek
OHM	ohře + 5 % máta
OHR	ohře + 5 % rukola
OHS	ohře + 10 % špenát

5 METODIKA

Z rostliny se využívali pouze listy s minimální řapíkovou částí. Listy se nadržili pomocí keramického hmoždíře, který se jevil jako vhodnou alternativou k robotickému mixéru s kovovými čepelemi. Tento postup byl zvolen, aby nedocházelo k úbytku antioxidantů, a navíc z pohledu úpravy bazalky v kuchyni je hmoždíř tradičnější. Při chystání vzorku směsí bylo k listům přidáno 8 % česneku, 5 % máty, 5 % rukoly nebo 10 % špenátu. Procenta se vztahují ke hmotnosti listů. Po nadrcení se do 2 lahvíček odebralo po přibližně 1 g čerstvé hmotnosti (dále jen FW) a zjistila se přesná hmotnost na analytických vahách. Do lahvíček bylo ihned po zvážení k materiálu přidáno 10 ml extrakčního roztoku, který bych v poměru 30:70 složen z vody a metanolu. Uzavřené lahvíčky se uložili na 60 min do vodní lázně o teplotě 50 °C. Nakonec je obsah lahvíček zfiltróval a uchoval se v lednici pro další měření. V případě vzorků, které se extrahovali až několikadenním odstupem, se nadrcený materiál uchoval v lednici bez přístupu vzduchu. Navážka materiálu do lahvíček a následná extrakce se uskutečnila o 4 dny později.

5.1 Stanovení celkového obsahu fenolických látek

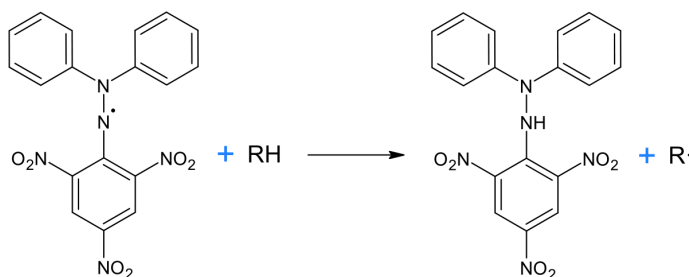
Pro stanovení celkového obsahu fenolických látek byla zvolena spektrofotometrická metoda Folin-Ciocalteu podle Ciccy s modifikacemi [27]. Princip této metody je založený na reakci Folin-Ciocalteuova činidla s fenolickými látkami. Činidlo je bezbarvý až žlutý roztok kyseliny fosforečnomolybdenové a fosforečnowolframové ($H_3PMo_{12}O_{40}$ a $H_3PW_{12}O_{40}$), který se v reakci s fenoly zredukuje na modře zbarvenou směs oxidů molybdenu a wolframu (W_8O_{23}). Koncentrace zredukovaného činidla je úměrné množství absorbovaného modrého světla o vlnové délce $\lambda = 765$ nm.

Před měřením vzorku byl nachystán 20% roztok uhličitanu sodného. Pro vlastní měření se do odměrné baňky o objemu 10 ml postupně přidá 0,1 ml (v případě slabé reakce

0,2 ml) extraktu z bazalky a do přibližně poloviny se doplní destilovaná voda. Dále se do baňky přidá 0,5 ml Folin-Ciocalteu činidla a 1,5 ml připraveného roztoku Na_2CO_3 , nutně v tomto pořadí. Nakonec se baňka doplní destilovanou vodou. Po 30 min se změří absorbance vzorku. Měří se proti blanku připraveným stejným postupem s vynecháním extraktu. Pro zjištění koncentrace fenolických látek se provedla kalibrace na kyselinu gallovou. Pro každý vzorek proběhlo 8 měření. Výsledek je udán jako hmotnost kyseliny gallové vztaženou na 100 g FW vzorku m_g .

5.2 Stanovení antioxidační aktivity

Pro stanovení antioxidační aktivity byla zvolena spektrofotometrická metoda DPPH podle Brand-Williamse s modifikacemi [28]. Princip této metody je založen na reakci stabilního volného radikálu 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylu, zkráceně DPPH. V reakci DPPH s antioxidantem na Obr. 5.1 se radikál eliminuje a z fialového DPPH vznikají bezbarvé produkty.



Obr. 5.1: Reakce DPPH s antioxidantem

V této metodě se tedy roztok odbarvuje, koncentrace antioxidantů a jejich aktivita je tím pádem úměrná úbytku absorbance, v případě DPPH absorbance světla o vlnové délce $\lambda = 515$ nm. Úbytek absorbance δA se vyjádří podle vzorce

$$\delta A = \frac{A_0 - A}{A_0}, \quad (5.1)$$

kdy A_0 je absorbance slepého vzorku.

Před měřením se přichystá pracovní metanolový roztok DPPH. Pro měření se do zkumavky odměří 4 ml pracovního roztoku a přidá se extrakt. Objem přidaného extraktu byl primárně určen na 20 μl , některé vzorky obsahovali málo antioxidantů a množství přidaného vzorku byl zvýšen na 70 nebo 210 μl . Jako slepý vzorek se bere čistý pracovní roztok, vzorek má nejvyšší absorbanci. Pro zjištění koncentrace antioxidačních látek se provedla kalibrace na kyselinu askorbovou. Každý vzorek byl proměřen 4krát. Výsledek je vyjádřen jako ekvivalent kyseliny askorbové změřená v g na 100 g FW vzorku m_a .

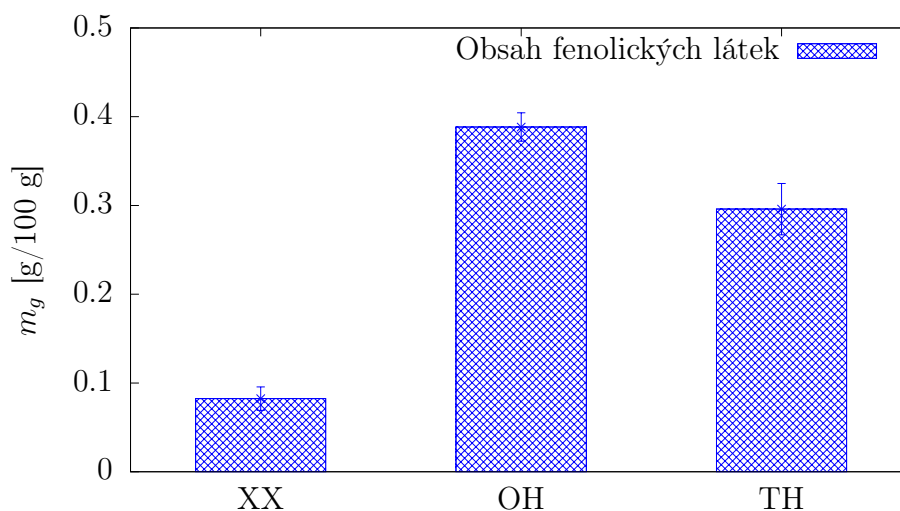
6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

6.1 Obsah fenolických látek

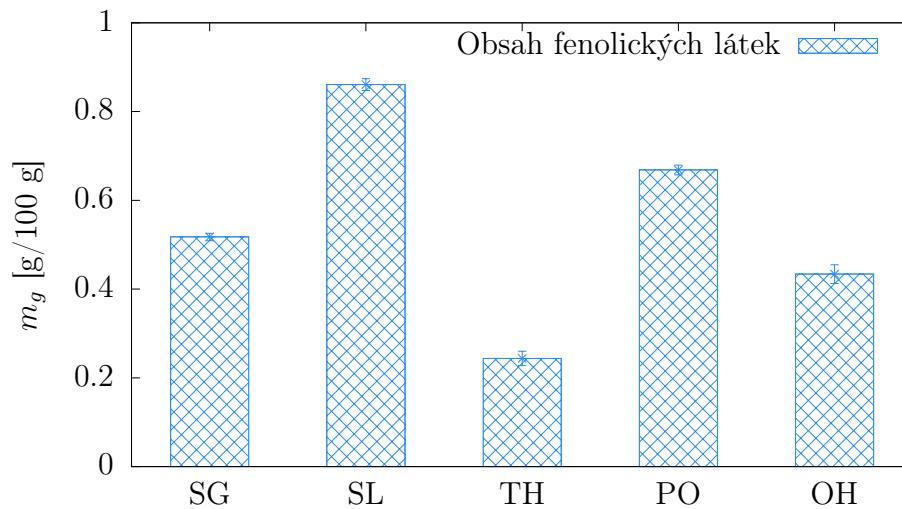
Výsledky měření jsou rozděleny podle relevantních charakterů vzorků. Získané hodnoty jsou vyneseny do sloupcových grafů a hodnoty jsou udávány v gramech kyseliny gallové na 100 g FW vzorku s vyznačenými směrodatnými odchylkami.

V grafu na Obr. 6.1 jsou vyneseny naměřené hodnoty bazalek, které byly v čerstvém stavu. Z důvodu špatného skladování ostatní kultivary nebyly vhodné k měření. Pro čerstvou Ohři a Thai byly hodnoty 0,3884 a 0,2989 g/100 g FW, pro bazalku z obchodní sítě hodnota byla 0,08233 g/100 g FW. V porovnání čerstvých kultivarů vychází v obsahu lépe Ohře nad Thai, oba kultivary však obsahují výrazně více fenolických látek než bazalka z obchodní sítě, a to až 5krát. Hodnoty pro kultivary v mraženém stavu jsou znázorněny v grafu na Obr. 6.2. Pro jednotlivé kultivary v pořadí Sweet green, Salad leaf, Thai, Purple opal a Ohře bylo zjištěno množství fenolických látek 0,5175, 0,8607, 0,2439, 0,6684 a 0,4338 g/100 g FW. Porovnávajíc tyto kultivary, nejvyšší obsah fenolických látek vykazuje Salad leaf, který obsahuje přibližně 3,5krát více fenolických látek než Thai s nejnižším obsahem.

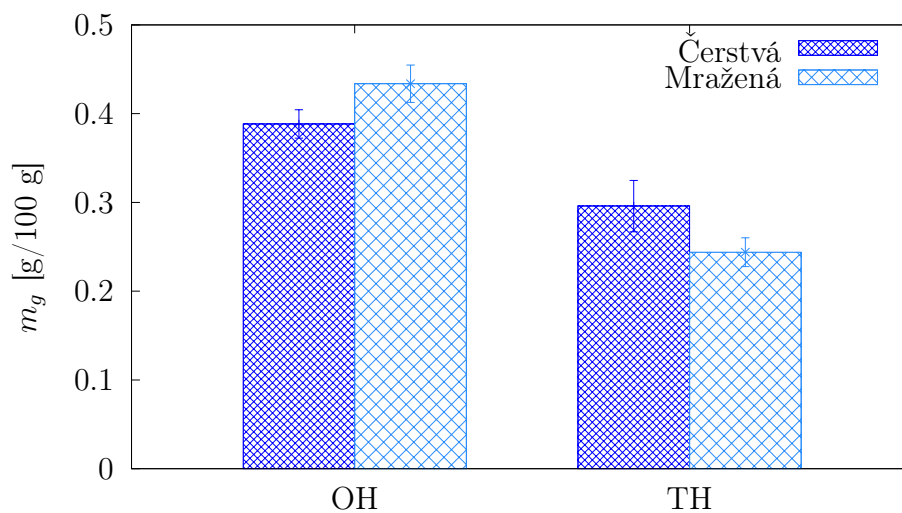
V grafu na Obr. 6.3 jsou vedle sebe vyneseny hodnoty kultivarů, jejichž hodnoty jsou pro čerstvý i mražený stav. Podle hodnot se měřené kultivary, Ohře a Thai chovají každá jinak. Ohře, která čerstvá vychází 0,3884 g/100 g FW, v mraženém stavu vykazuje vyšší obsah fenolických látek, a to 0,4338 g/100 g FW. Pro kultivar Thai v čerstvém a mraženém stavu se získaly hodnoty 0,2959 a 0,2439 g/100 g FW.



Obr. 6.1: Obsah fenolických látek v různých odrůdách čerstvé bazalky

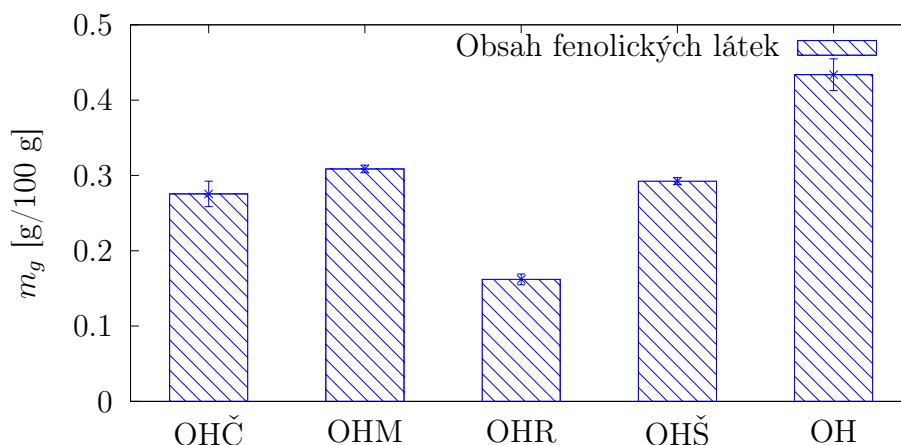


Obr. 6.2: Obsah fenolických látek v různých odrůdách mražené bazalky



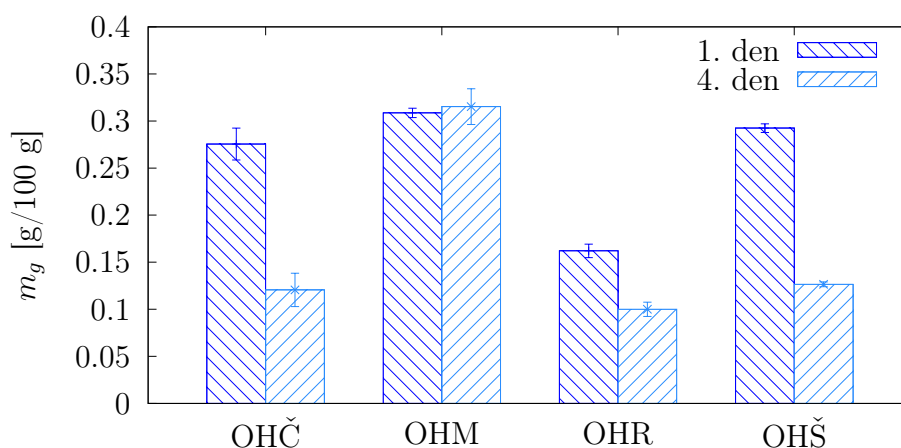
Obr. 6.3: Porovnání obsahu fenolických látek u odrůd Ohře a Thai v čerstvém a v mraženém stavu

Obr. 6.4 již znázorňuje směsi kultivaru Ohře v porovnání s čistou Ohří. Z pohledu obsahu fenolických látek vychází ve všech případech Ohře lépe. Směs s rukolou, špenátem, mátou a česnekem vychází 0,1621, 0,2924, 0,3086 a 0,2755 g/100 g FW, oproti tomu čistá Ohře vychází 0,4338 g/100 g FW. Z porovnání směsí je zřejmé, že směs s rukolou je z pohledu obsahu fenolických látek nejhorší, ostatní tři směsi jsou si blízké.



Obr. 6.4: Obsah fenolických látek v různých směsích kultivaru Ohře

Vliv skladování na směsi je vyneseno v grafu na Obr. 6.5. Ohře s česnekem změnila obsah z 0,2755 na 0,1206 g/100 g FW, čili se obsah fenolických látek snížil o více než 50 %. Podobný vliv skladování lze pozorovat u Ohře se špenátem, kdy se obsah snížil z 0,2924 na 0,1266 g/100 g FW. Stabilnější se jeví směs s rukolou, kde se obsah klesl z 0,1621 na 0,1 g/100 g FW. Nejstabilnější směs z pohledu fenolických látek vychází směs s mátou, kdy se hodnota o přibližně 2 % zvýšila z 0,3086 na 0,3153 g/100 g FW. Zároveň je mátová směs po skladování směs s nejvyšším obsahem fenolických látek.

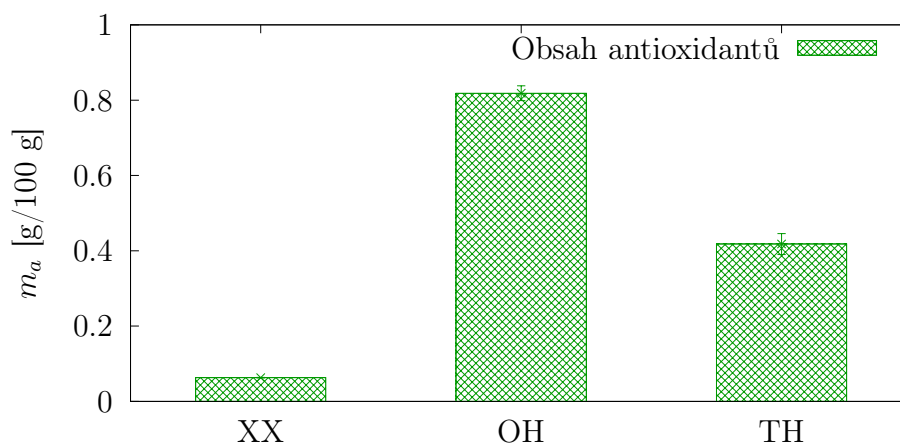


Obr. 6.5: Porovnání obsahu fenolických látek u směsí kultivaru Ohře v den přípravy a po čtyřdenním uchování v chladničce

6.2 Celková antioxidační aktivita

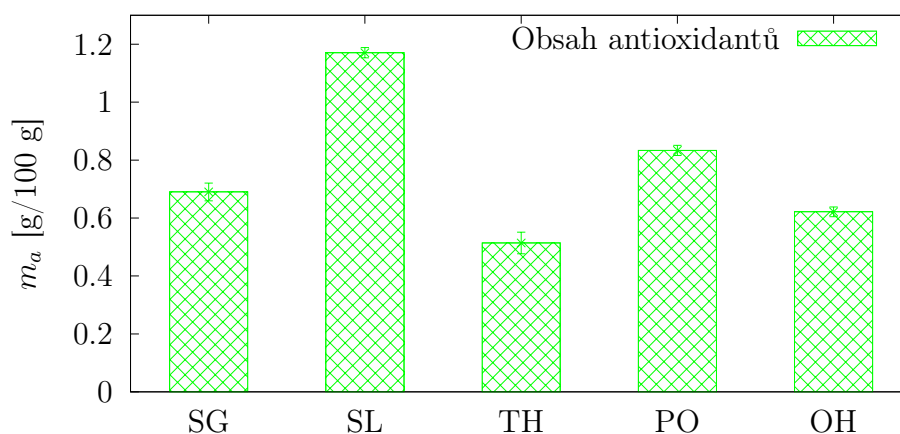
Stejně jako v případě fenolických látek, tak i antioxidační aktivita jednotlivých vzorků je vynesena do sloupcových grafů rozdělena podle relevantních charakterů vzorků. Hodnoty jsou pro antioxidační aktivitu udávány v gramech kyseliny askorbové na 100 g FW vzorku a u výsledků je znázorněna směrodatná odchylka.

Antioxidační aktivita u kultivarů v čerstvém stavu, znázorněna na grafu na Obr. 6.6, jasně vychází lépe u české Ohře s 0,8184 g/100 g FW, což je skoro 2krát více než u Thai s 0,4179 g/100 g FW. Bazalka z obchodní sítě obsahuje pouhých 0,063 g/100 g FW, což odpovídá třináctině antioxidační aktivity Ohře.



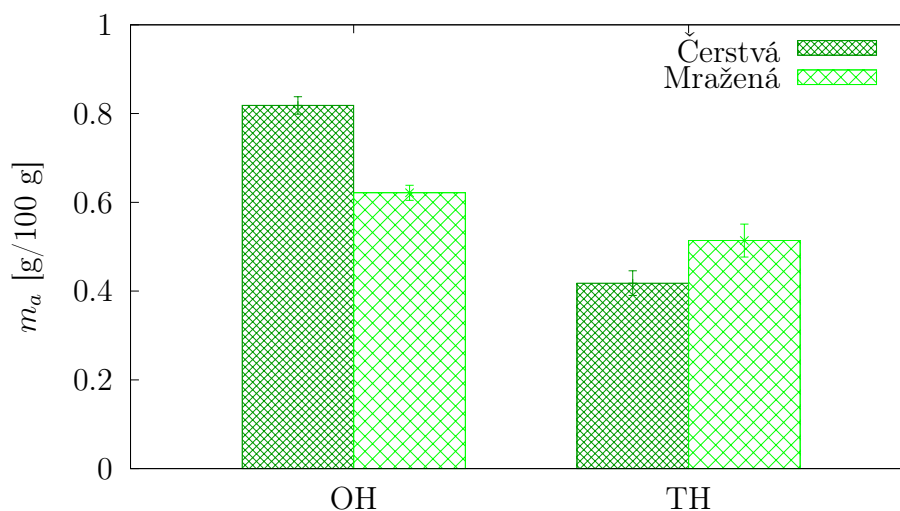
Obr. 6.6: Obsah antioxidantů v různých odrůdách čerstvé bazalky

Podle grafu na Obr. 6.7 u kultivarů v mraženém stavu byla hodnota pro Sweet green, Salad Leaf, Thai, Purple opal a Ohří antioxidační aktivita 0,6901, 1,171, 0,5139, 0,8335 a 0,6215 g/100 g FW. Kultivar s nejvyšším obsahem antioxidantů, Salad leaf, má více než 2krát vyšší antioxidační aktivitu než nejméně aktivní Thai.



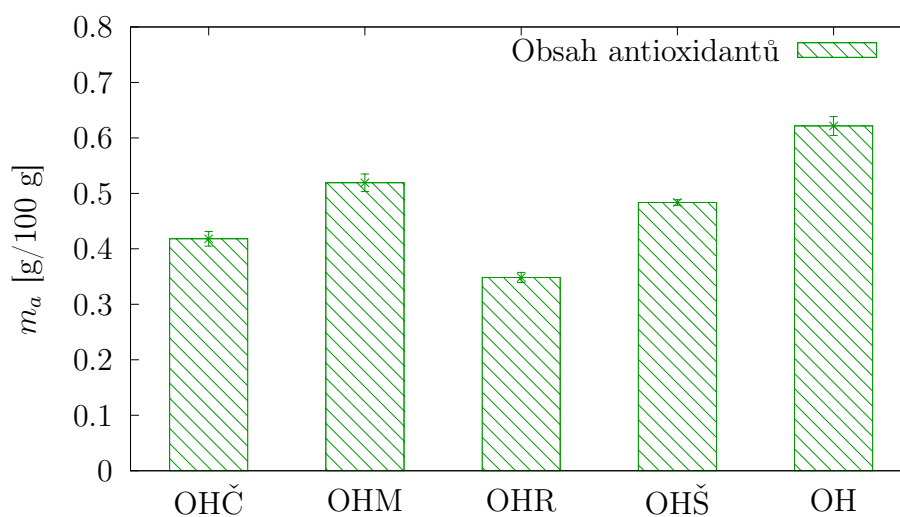
Obr. 6.7: Obsah antioxidantů v různých odrůdách mražené bazalky

I u antioxidační aktivity vychází rozdílné chování u kultivarů měřených v čerstvém i mraženém stavu. Na grafu na Obr. 6.8 jsou vyneseny hodnoty pro český kultivar, jehož aktivita se snížila z 0,8184 na 0,6215 g/100 g FW, a Thai, jehož aktivita se vlivem mrazu naopak zvýšila z 0,4179 na 0,5139 g/100 g FW. Byť u Thai antioxidační aktivita zmrazením vzrostla, je stále nižší než u mražené české Ohře.



Obr. 6.8: Porovnání obsahu antioxidantů u odrůd Ohře a Thai v čerstvém a v mraženém stavu

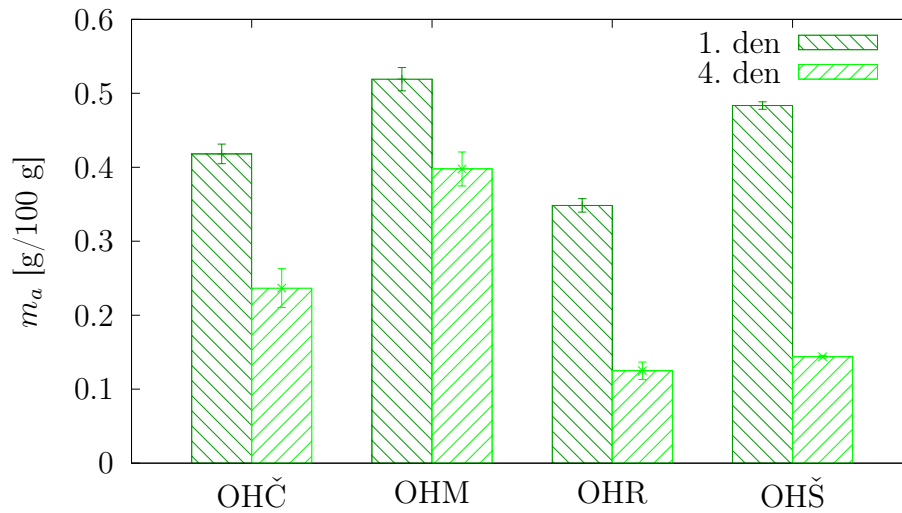
V grafu na Obr. 6.9 jsou vyneseny antioxidační aktivity směsí českého kultivaru v porovnání s čistým kultivarem. Přídavek česneku, máty, rukoly a špenátu aktivitu snížil, konkrétně v uvedeném pořadí 0,4181, 0,5191, 0,3485 a 0,4835 g/100 g FW, oproti 0,6215 g/100 g FW Ohře. Mezi směsmi nejlépe vychází máta, nejhůře dopadla rukola.



Obr. 6.9: Obsah antioxidantů v různých směsích kultivaru Ohře

Vliv skladování se výrazně projevil i u antioxidační aktivity, znázorněný na grafu na Obr. 6.10. Nejvýrazněji skladování ovlivnilo směs se špenátem, kde obsah antioxidantů klesl o 70 % z 0,4835 na 0,144 g/100 g FW, podobně se změnila aktivita i u rukoly, kdy se z 0,3485 snížila na 0,1249 g/100 g FW, což odpovídá poklesu 64 %. Přibližně 43% ztráty byly naměřeny u česnekové směsi, kdy obsah antioxidantů klesl z 0,4181

na 0,2367 g/100 g FW. Nejstabilnější vychází mátová směs se ztrátami kolem 23 %, konkrétně aktivita klesla z 0,5191 na 0,3978 g/100 g FW.



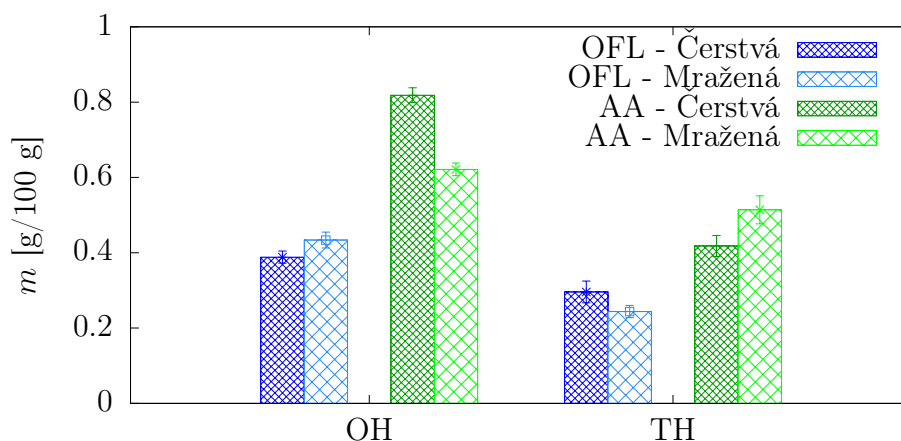
Obr. 6.10: Porovnání obsahu antioxidantů u směsí kultivarů Ohře v den přípravy a po čtyřdenním uchování v chladničce

7 DISKUSE

Byly proměřeny metanolové extrakty z pěti různých kultivarů Bazalky pravé (*Ocimum basilicum*), a to Sweet green, Salad leaf, Thai, Purple opal a Ohře, z bazalky dostupné v obchodních řetězcích a ze směsí kultivaru Ohře s česnekem, mátou, rukolou nebo špenátem. U všech extraktů se spektrofotometricky stanovil obsah fenolických látek pomocí Folin-Ciocalteuovým činidlem a antioxidační aktivita využitím metody s radikálem DPPH. Byly pozorovány změny jak obsahu fenolických látek, tak antioxidační aktivity v závislosti na kultivaru, stavu rostliny, typu směsi nebo na skladování. Jelikož se rostliny vypěstovaly ve stejných podmínkách, neočekává se vliv pěstování na rozdílnost výsledků. Součástí antioxidantů je i většina fenolických látek, zpravidla proto antioxidační aktivita je vyšší, než obsah fenolických látek.

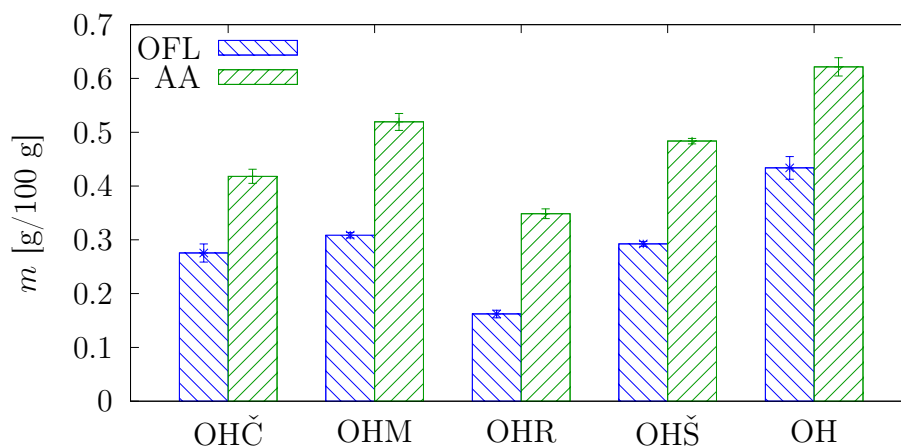
V porovnání čerstvých kultivarů vychází lépe česká Ohře nad kultivarem Thai jak z pohledu fenolických látek, tak i v antioxidační aktivitě, která je více než 2krát vyšší. Oba kultivary pak velmi přesahují neznámou bazalku z obchodní sítě, která dosahovala velmi nízkých hodnot, obsah fenolických látek byl stanoven na 0,08233 g/100 g FW, antioxidační aktivita byla zjištěna 0,063 g/100 g FW. Zjištěné hodnoty v této práci jsou nízké i v porovnání s výzkumem týmu Tomomiho Shigy [30], který pro neznámou bazalkou pěstovanou pod umělým bílým světlem zjistil obsah fenolických látek ekvivalentní přibližně 0,25 g kyseliny gallové na 100 g FW a antioxidační aktivitu ekvivalentní přibližně 0,1 g kyseliny askorbové na 100 g FW. Jak u bazalky z obchodní sítě, tak u bazalky z výzkumu Shigy lze vypočítat antioxidační aktivitu nižší než obsah fenolických látek, u všech měřených specifických kultivarů v této práci je obsah fenolických látek vyšší než antioxidační aktivita. Javanmardi ve své práci zkoumal íránské kultivary *O. basilicum*, celkový obsah fenolických látek reprezentovaný ekvivalentním množstvím kyseliny gallové uvádí v rozmezí 0,23-0,67 g/100 g FW, antioxidační aktivitu odpovídající ekvivalentu kyseliny askorbové určil v rozmezí 0,018-0,062 g/100 g FW. [31, 32]. Kwee při analýze vybraných kultivarů *O. basilicum* stanovil obsah fenolických látek v rozmezí 0,061-0,09 g/100 g FW a antioxidační aktivitu mezi 0,076 a 0,292 g/100 g FW [32, 33]. Všechny zmíněné výzkumy vykazují výsledky porovnatelné s výsledky této práce a provedené měření se dá považovat za správné.

Při porovnávání mražených listů bazalky se proměřily všechny kultivary. Obsah fenolických látek se pohybuje v rozsahu od 0,2439 do 0,8607 g/100 g FW, antioxidační aktivita byla zjištěna v podobně širokém rozsahu v hodnotách od 0,5139 do 1,171 g/100 g FW. V obou případech nejnižší hodnoty vykazoval Thai, nejvyšší obsah obsahoval naopak Salad Leaf. Tento rozdíl může záviset s plochou jednotlivých listů, jelikož Thai má listy nejmenší ze zkoumaných kultivarů, naopak Salad leaf je má největší, tím pádem je poměr funkčních listových čepelí ku stavební a vodivé žilnatině a řapíkům vyšší.



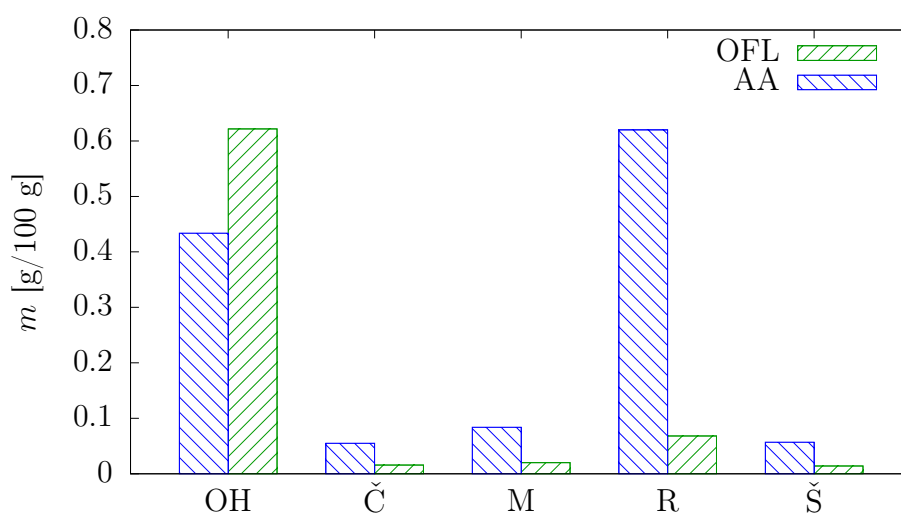
Obr. 7.1: Porovnání obsahu fenolických látek (OFL) a aktivity antioxidantů (AA) u kultivarů Ohře a Thai v čerstvém a mraženém stavu

Změnu antioxidační aktivity a obsahu fenolických látek vlivem mražení je pro lepší přehled vyneseno společně do grafu na Obr. 7.1. Výsledkem je totiž opačné chování těchto dvou kultivarů. Zamrazením listů a uchovávání v mrazáku způsobilo menší zvýšení obsahu fenolických látek u české Ohře, u Thai se naopak snížil. Naopak se chovala antioxidační aktivita, ta u Ohře výrazněji klesla, a to o přibližně 24 %, u Thai podobně antioxidační aktivita naopak stoupla, o přibližně 23 %. Tento rozdíl v chování mezi kultivary je pravděpodobně zaviněn jejich charakteristikami, kdy Ohře je původní v mírném pásmu a dá se tedy předpokládat, že je méně náchylná k výkyvům teplot a odolnější vůči nižším teplotám. Thai je naopak odolnější vůči teplu, při sušení si zachovává více sensorických látek než jiné kultivary, je však citlivá na nižší teploty a nelze ji dobře uchovávat v chladu [7, 8]. Je tedy zřejmé, že obě rostliny jinak reagují na teplotní stres.



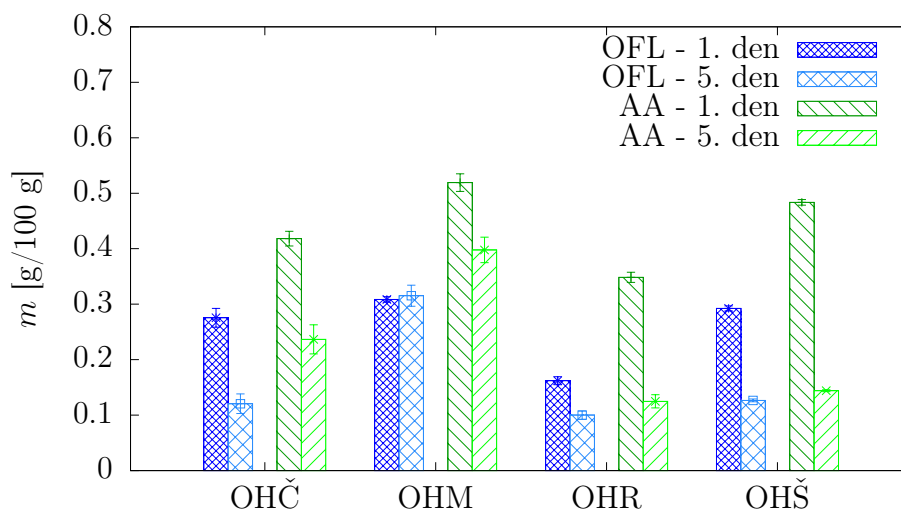
Obr. 7.2: Porovnání obsahu fenolických látek (OFL) a aktivity antioxidantů (AA) u směsí kultivarů Ohře.

Vliv přidanych rostlinnych surovin na chemické vlastnosti byl ve všech případech negativní. Antioxidační aktivita u směsí Ohře s česnekem, mátou, rukolou nebo špenátem klesla na hodnoty v rozmezí 0,3485-0,5191 g/100 g FW, obsah fenolických látek směsí se snížil na hodnoty od 0,1621 do 0,3086 g/100 g FW. Největší pokles byl zaznamenán u rukoly, o něco lépe vyšel česnek, který by se očekával, že alespoň jeden z měřených vlastností pozitivně ovlivní. V grafu na Obr. 7.3 jsou vyneseny hodnoty antioxidační aktivity a obsahu fenolických látek pro jednotlivé komponenty směsí. Hodnoty pro česnek, mátu, rukolu a špenát jsou získány s externích odborných zdrojů [34, 35, 36, 37, 38]. Obsah fenolických látek je u všech surovin výrazně nižší, koncentrace ve směsích je výsledně nižší z důvodu "naředění" vzorku. Podobně se tak dá uvažovat i v případě antioxidantů kromě rukoly. Podle Dobrinas je antioxidační aktivita čerstvé rukoly vyšší, než mražené Ohře. Výsledkem přesto je snížení antioxidační aktivity, možný důvod je špatná kvalita použité suroviny, u které nevíme, za jakých podmínek a jak dlouho skladování probíhalo před použitím pro tuto práci. Vliv skladování směsí v chladničce



Obr. 7.3: Porovnání obsahu fenolických látek (OFL) a aktivity antioxidantů (AA) u jednotlivých složek směsí.

bez přístupu vzduchu a světla na změnu aktivity antioxidantů a obsah fenolických látek se velmi lišil podle příměsí. Nejstabilnější směs byla s mátou. Snížení antioxidační aktivity bylo pouze kolem 23 % a obsah fenolických látek se dokonce lehce zvýšil, a to o 2 %. Tento nárůst může být způsoben chybou při přípravě vzorků, nicméně i v případě chyby se dá říct, že obsah fenolických látek je při několikanásobném skladování stabilní. U ostatních směsí se to ovšem říct nedá, směs s rukolou po 4 dnech skladování ztratila 38 % fenolických látek, u česnekové a špenátové směsí se obsah fenolických látek zredukoval o přibližně 56 %. Hodnota obsahu fenolických látek u tří ztrátových směsí po skladování obsahoval 0,1-0,1266 g ekvivalentu kyseliny gallové na 100 g FW. Ztráty na antioxidantech byly výrazné u všech směsí. Jak bylo již zmíněno, mátová



Obr. 7.4: Porovnání obsahu fenolických látek (OFL) a aktivity antioxidantů (AA) u směsí kultivarů Ohře první den a po čtyřdenním skladování.

směs vykazovala ztráty antioxidační aktivity kolem 23 %, následuje ji česnek s 43% úbytkem, rukola s 64% úbytkem a procentuálně se nejvíce snížila antioxidační aktivita u špenátové směsi, a to o 70 %, kvantitativně však nejhorší výsledky vykazuje rukola.

ZÁVĚR

Zaměření této bakalářské práce bylo stanovení obsahu fenolických látek a antioxidační aktivity jednotlivých kultivarů druhu *Ocimum basilicum* v čerstvém a mraženém stavu a směsí vybraného kultivaru s dalšími rostlinnými surovinami.

Jak fenolické látky, tak antioxidanty jsou citlivé na teplotní změny a díky jejich biochemickým vlastnostem je jejich vysoký obsah v potravinách velmi ceněný. Proto je zapotřebí hledat optimální způsoby skladování při kterém bude docházet k minimálním ztrátám.

Množství a pestrost fenolických látek a antioxidantů je i v rámci jednoho druhu velmi závislé na kultivaru - na velikosti a barvě rostliny, původu a podmínkách pěstování, jakož to platí pro všechny živé systémy. Měřené rostliny nejsou konstantou, jejich chemické složení se mění i v průběhu růstu, proto srovnávání výsledků s dalšími pracemi je především orientačního charakteru, nežli snahou docílit stejných výsledků.

Výsledkem této práce jsou následující závěry:

- Kultivar Ohře obsahoval nejvyšší obsah fenolických látek, a to 0,3884 g/100 g FW, i nejvyšší antioxidační aktivitu z měřených kultivarů v čerstvém stavu rovnající se 0,8184 g/100 g FW.
- Změny v obsahu fenolických látek v mražené bazalce oproti čerstvému stavu pozitivně vyšla u Thai, změny v antioxidační aktivitě v mražené bazalce oproti čerstvému stavu pozitivně vyšla u Ohře.
- Nejvyšší obsah fenolických látek v mražené bazalce obsahoval Salad leaf, a to 0,8607 g/100 g FW. Salad leaf vykazoval i nejvyšší antioxidační aktivitu ze všech mražených bazalek, a to 1,171 g/100 g FW.
- Nejvyšší obsah fenolických látek byl zjištěn v rámci směsí v případě máty odpovídající hodnotě 0,3086 g/100 g FW, nejvyšší antioxidační aktivitu, rovnající se 0,5191 g/100 g FW, vykazovala také směs s mátou.
- Jako nejstabilnější směs se ukázala směs s mátou. Po čtyřech dnech skladování v chladničce bez přístupu vzduchu se obsah fenolických látek zvýšil o 2 %, antioxidační aktivita se snížila o 23 %.

Výsledky ukázaly zajímavé chování jak při skladování ve zmraženém stavu, tak i u směsí. Prohloubením a rozšířením analýzy by se mohlo dosáhnout velmi užitečných výsledků, proto ať je tato práce inspirací pro další výzkum.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1.	Bazalka pravá se svým typickým tvarem listů a sytě zelenou barvou [4]	10
Obr. 1.2.	<i>O. basilicum</i> var. <i>thyrsiflora</i> [9]	11
Obr. 1.3.	<i>O. basilicum</i> var. <i>purpureum</i> [11]	12
Obr. 2.1.	Chemické vzorce linaloolu (a), E- β -ocimenu (b), Z- β -ocimenu (c), estragolu (d) a eugenolu (e).	16
Obr. 5.1.	Reakce DPPH s antioxidantem	21
Obr. 6.1.	Obsah fenolických látek v různých odrůdách čerstvé bazalky	22
Obr. 6.2.	Obsah fenolických látek v různých odrůdách mražené bazalky	23
Obr. 6.3.	Porovnání obsahu fenolických látek u odrůd Ohře a Thai v čerstvém a v mraženém stavu	23
Obr. 6.4.	Obsah fenolických látek v různých směsích kultivaru Ohře	24
Obr. 6.5.	Porovnání obsahu fenolických látek u směsí kultivaru Ohře v den přípravy a po čtyřdenním uchovávání v chladničce	24
Obr. 6.6.	Obsah antioxidantů v různých odrůdách čerstvé bazalky	25
Obr. 6.7.	Obsah antioxidantů v různých odrůdách mražené bazalky	25
Obr. 6.8.	Porovnání obsahu antioxidantů u odrůd Ohře a Thai v čerstvém a v mraženém stavu	26
Obr. 6.9.	Obsah antioxidantů v různých směsích kultivaru Ohře	26
Obr. 6.10.	Porovnání obsahu antioxidantů u směsí kultivaru Ohře v den přípravy a po čtyřdenním uchovávání v chladničce	27
Obr. 7.1.	Porovnání obsahu fenolických látek (OFL) a aktivity antioxidantů (AA) u kultivarů Ohře a Thai v čerstvém a mraženém stavu	29
Obr. 7.2.	Porovnání obsahu fenolických látek (OFL) a aktivity antioxidantů (AA) u směsí kultivarů Ohře	29
Obr. 7.3.	Porovnání obsahu fenolických látek (OFL) a aktivity antioxidantů (AA) u jednotlivých složek směsí	30
Obr. 7.4.	Porovnání obsahu fenolických látek (OFL) a aktivity antioxidantů (AA) u směsí kultivarů Ohře první den a po čtyřdenním skladování	31

SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1. Zkratky kultivarů *O. basilicum* a směsí používané v této práci 20

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] REJZEK, J. *Český etymologický slovník*. 3rd ed. LEDA, 2015. 824 p. ISBN 978-80-7335-393-3.
- [2] PAPA, P. Basilico, il Re dell'orto merita la santificazione. *Il manifesto* [online]. 2018 [cited 2020-03-28]. Available from <https://ilmanifesto.it/basilico-il-re-dellorto-merita-la-santificazione/>.
- [3] BERRIOLO, S. *Il libro del basilico: Tutti gli Ocimum del mondo*. 1st ed. Albenga: Edizioni del Delfino Moro, 2003. 208 p. ISBN X001453495.
- [4] AUTOR NEUVEDEN. Green leaves in macro lens [online]. [cit. 20.5.2020]. Dostupný na WWW: <https://www.pikrepo.com/feora/green-leaves-in-macro-lens>
- [5] HILTUNEN, R., HOLM, Y. *BASIL: The Genus Ocimum* [online]. Amsterdam: harwood academic publishers, 1999. 170 p. ISBN 0-203-30377-6.
- [6] GRIN Czech release 1.10.3. <https://grinczech.vurv.cz/gringlobal/accessiondetail.aspx?id=36027> (accessed March 29, 2020).
- [7] Bazalka thajská (lat. *Ocimum basilicum* var. *thyriflora*) | Asijské bylinky. <https://www.asijskebylinky.cz/bazalka-thajska/> (accessed March 29, 2020).
- [8] Bazalka thajská - *Ocimum basilicum* thai - pěstování. <https://www.semena.cz/bazalka/602-bazalka-thajska-bazalka-exoticka-ocimum-basilicum-thai-50-ks.html> (accessed March 29, 2020).
- [9] RISACHER. File:Thai basil with flowers.jpg [online]. [cit. 20.5.2020]. Dostupný na WWW: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thai_basil_with_flowers.jpg
- [10] SIMON, J. E. Basil: A Source of Aroma Compounds and a Popular Culinary and Ornamental Herb. In JANICK, J. (ed.). *Perspectives on New Crops and New Uses*. Alexandria, VA: ASHS Press, 1999, ISBN 0-9615027-0-3.
- [11] DOMBROWSKI, Quinn. File:Dark opal basil.jpg [online]. [cit. 20.5.2020]. Dostupný na WWW: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dark_opal_basil.jpg
- [12] REGOLAMENTO (UE) N. 611/2010 DELLA COMMISSIONE. *recante approvazione di modifiche minori del disciplinare di una denominazione registrata nel registro delle denominazioni di origine protette e delle indicazioni geografiche protette [Basilico Genovese (DOP)]*. Bruxelles, 2010. 6 p.

- [13] NOWAK, Z. Folklore, Fakelore, History. *Food, Culture & Society* [online]. 2014, vol. 17, no. 1, p. 103–124. DOI: 10.2752/175174414X13828682779249. Available from <https://doi.org/10.2752/175174414X13828682779249>.
- [14] Chang, Ch. L.; Cho, I. K. Insecticidal Activity of Basil Oil, trans-Anethole, Estragole, and Linalool to Adult Fruit Flies of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae*. *J. Econ. Entomol.* **2009**, *102*, 203–209.
- [15] BILAL, A., et al. Phytochemical and pharmacological studies on *Ocimum basilicum* Linn - A review. *IJCRR*, 2012, vol. 04, p. 73–83.
- [16] MUEEN, A. Ch., et al. Biological and Pharmacological Properties of the Sweet Basil (*Ocimum basilicum*). *British Journal of Pharmaceutical Research*, 2015, vol. 7, p. 330–339. DOI: 10.9734/BJPR/2015/16505.
- [17] AMRANI, S., et al. Hypolipidaemic Activity of Aqueous *Ocimum basilicum* Extract in Acute Hyperlipidaemia Induced by Trito WR-1339 in Rats and its Antioxidant Property. *Phytother. Res.*, 2006, vol. 20, p. 1040–1045. DOI: 10.1002/ptr.1961.
- [18] ZEGGWAGH, N. A., et al. Anti-hyperglycaemic and Hypolipidemic Effects of *Ocimum basilicum* Aqueous Extract in Diabetes Rats. *American Journal of Pharmacology and Toxicology*, 2007, vol. 2, p. 123–129. DOI: 10.3844/ajptsp.2007.123.129
- [19] SINGH, S. Evaluation of gastric anti-ulcer activity of fixed oil of *Ocimum basilicum* Linn. and its possible mechanism of action. *Indian J. Exp. Biol.*, 1999, vol. 36, p. 253–257.
- [20] NIRALI, C. S., et al. Formulation, Sensory, Chemical and Nutritional Attributes of Star fruit, Muskmelon and Orange Squash with Basil Seed. *International Journal of Science and Research*, 2017, vol. 6, no. 9, p. 1135–1142.
- [21] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin*. 3rd ed. Tábor: OSSIS, 2009. 1246 p. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [22] SKINNER, M., HUNTER, D. (ed.). *Bioactives in Fruit: Health Benefits and Functional Foods*. 1st ed. Wiley, 2013. ISBN 9781118635551.
- [23] Linalool | C₁₀H₁₈O - PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6549> (accessed May 18, 2020).
- [24] beta-Ocimene | C₁₀H₁₆ - PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281553> (accessed May 18, 2020).

- [25] Estragole | C₁₀H₁₂O - PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8815> (accessed May 18, 2020).
- [26] Eugenol | C₁₀H₁₂O₂ - PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3314> (accessed May 18, 2020).
- [27] CICCIO, N., et al. A reproducible, rapid and inexpensive Folin–Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchem. J.*, 2009, vol. 91, p. 107–110.
- [28] BRAND-WILLIAMS, W., et al. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 1995, vol. 28, p. 25–30.
- [29] GORE, M. G. (ed.). *Spectrophotometry & Spectrofluorimetry*. Oxford University Press, 2000. ISBN 0 19 963813 6.
- [30] SHIGA, T., et al. Effect of light quality on rosmarinic acid content and antioxidant activity of sweet basil, *Ocimum basilicum* L.. *Plant Biology*, 2009, vol. 26, p. 255–259.
- [31] JAVANMARDI, J., STUSHNOFF, C., LOCKE, E., VIVANCO, J. M. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. *Food Chem.*, 2003, vol. 83, p. 547–550.
- [32] DANSO-BOATENG, E. Effect of drying methods on nutrient quality of Basil (*Ocimum viride*) leaves cultivated in Ghana. *International Food Research Journal*, 2013, vol. 20, no. 4, p. 1569–1573.
- [33] KWEE, E. M. Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chem.*, 2011, vol. 128, p. 1044–1050.
- [34] LU, X., et al. Determination of Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Garlic (*Allium sativum*) and Elephant Garlic (*Allium ampeloprasum*) by Attenuated Total Reflectance-Fourier Transformed Infrared Spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, 2011, vol. 59, p. 5215–5221.
- [35] KAUR, Ch., KAPOOR, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2002, vol. 37, p. 153–161.
- [36] PROTEGGENTE, A. R. et al. The Antioxidant Activity of Regularly Consumed Fruit and Vegetables Reflects their Phenolic and Vitamin C Composition. *Free Radical Res.*, 2002, vol. 32, no. 2, p. 217–233.

- [37] DOBRINAS, S., et al. Total Phenolic Content and HPLC Characterization of Some Culinary Herbs. *Journal of Science and Arts*, 2017, vol. 39, no. 2, p. 321–330.
- [38] PAYNE, A. C., et al. Antioxidant assays – consistent findings from FRAP and ORAC reveal a negative impact of organic cultivation on antioxidant potential in spinach but not watercress or rocket leaves. *Food Science & Nutrition*, 2013, vol. 1, no. 6, p. 439–444.