



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra biologie

Diplomová práce

Vliv kuchyňských úprav na obsah fenolických látek v miříku celeru (*Apium graveolens*)

Vypracovala: Bc. Johana Šírká

Vedoucí práce: Ing. Štěpánka Chmelová, Ph.D.

České Budějovice 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne:

.....

Johana Šíroká

Poděkování

Děkuji Ing. Štěpánce Chmelové, Ph.D. za pomoc, kterou mi poskytla při vypracování této diplomové práce, za věnovaný čas a neocenitelné rady. Velmi si cením jejího vstřícného přístupu.

Děkuji také doc. Ing. Evě Dadákové, Ph.D. za odbornou pomoc při laboratorním zjišťování fenolických látek.

Abstrakt:

Fenolické látky byly zjišťovány v rostlině celeru miříku (*Apium graveolens*) u třech odrůd. Sledování fenolických látek probíhalo v čerstvém stavu rostliny, v rostlině, která prošla varem, ve výluhu z povaření a v usušené rostlině. V této diplomové práci jsou shrnuty výsledky, které byly naměřeny, metodika vztahující se k provedení měření i popis pěstování těchto rostlin.

Z výsledků vyplývá, že nejmenší množství fenolických látek má extrakt z uvařené rostliny celeru. Nejvíce fenolických látek obsahuje nať celeru jak v čerstvém, tak v sušeném stavu. U celeru byly identifikovány ještě tři fenolické látky - Apigenin, Kemferol a Luteolin.

Klíčová slova: fenolické látky, celer miřík (*Apium graveolens*), Folin-Ciocalteu činidlo, metoda HPLC

Abstract:

Phenolic substances were detected in the celery (*Apium graveolens*) in three species. Monitoring the phenolics were accomplished in the raw state of the plant, in the plant that was cooked, in the stock and in the dried state. In this master's thesis are summarized results that were measured, methodology relating to the measurement as well as a description of cultivation of those plants. From the results arise that the smallest amount of phenolic substances has an extract from cooked celery. The biggest amount of phenolic substances is in the raw celery's stalk as well as in the dried celery. In the celery were identified another three phenolics – Apigenin, Kaempferol, and Luteolin.

Keywords: phenolic substances, celery (*Apium graveolens*), Folin-Ciocalteu agent, method HPLC

Obsah

1	Úvod a cíle práce.....	1
2	Teoretická část.....	2
2.1	Rostlinné metabolity	2
2.2	Fenolické látky.....	2
2.2.1	Fenolické látky a jejich vlastnosti.....	3
2.2.2	Rozdělení fenolických látek	4
2.2.3	Znaky základních skupin fenolických látek.....	5
2.2.4	Vznik fenolických látek	11
2.2.5	Metody stanovení fenolických látek.....	13
2.3	Mířík celer (<i>Apium graveolens</i>).....	14
3	Metodika práce.....	23
3.1	Rostlinný materiál.....	23
3.2	Úprava materiálu k analýzám	24
3.3	Kuchyňské úpravy	25
3.4	Metoda stanovení celkových fenolických látek s činidlem Folin-Ciocalteu	26
3.5	Metoda HPLC	27
3.6	Použité chemikálie a přístroje.....	29
4	Výsledky.....	31
4.1	Celkový obsah fenolických látek.....	31
4.1.1	Celer bulvový, řapíkatý, listový – čerstvý	31
4.1.2	Celer bulvový, řapíkatý, listový – extrakt po povaření.....	33
4.1.3	Celer bulvový, listový, řapíkatý – výluh po povaření	34
4.1.4	Celer bulvový, listový, řapíkatý – sušený.....	36
4.2	Stanovené látky fenolické povahy v celeru řapíkatém, naťovém a bulvovém.....	37
4.2.1	Apigenin	38
4.2.2	Kemferol	39
4.2.3	Luteolin.....	40
5	Diskuze.....	43
6	Závěr.....	45
7	Seznam literatury.....	46

1 Úvod a cíle práce

Ve své diplomové práci se zabývám stanovením fenolických látek v odrůdách celeru. Celer je rostlina z čeledi miříkovitých a má široké uplatnění v gurmánství. Celer se používá již od 16. století. V Čechách se vždy používal nejvíce celer bulvový, v současnosti získává na oblibě i celer řapíkatý či celer listový. Já sama celer a všechny jeho odrůdy v kuchyni využívám. Nejčastěji při vaření, buď ve formě koření, či uvařenou čerstvou rostlinu. Proto mě možnost jeho zkoumání a laboratorního testování v rámci diplomové práce zaujala a následně jsem si toto téma pro svou diplomovou práci vybrala.

Diplomovou práci jsem rozdělila na dvě části. První část je teoretická, kde se zabývám fenolickými látkami a popisuji jejich rozdělení, výskyt a vlastnosti. V této části také popisuji pěstování celeru, čeleď miříkovité a využití jednotlivých odrůd celeru. V druhé - praktické části prezentuji výsledky, které jsem zjistila při laboratorním testování.

Cílem této práce a současně výzkumnou otázkou bylo zjistit, jak nejčastěji používané kuchyňské úpravy (vaření a sušení) ovlivňují obsahy fenolických látek ve třech odrůdách celeru – celer bulvový, celer řapíkatý a celer listový. Pro stanovení obsahu celkových fenolů byla zvolena spektrofotometrická metoda s použitím činidla Folin-Ciocalteau. Pro identifikaci konkrétních fenolických látek v celeru byla použita metoda vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC).

2 Teoretická část

2.1 Rostlinné metabolity

V rostlinných organismech probíhá velké množství reakcí, při kterých dochází ke vzniku sloučenin. Tyto sloučeniny se dělí podle své úlohy na primární a sekundární metabolity (Inderjit a kol., 1999). Primární metabolity jsou sloučeniny, jež se podílejí na stavbě, růstu a vývoji organismu. Absolutně nezbytné jsou pro vznik a pro udržení organismu při životě (Pichersky, 2000). Úlohu primárních metabolitů splňují sacharidy, lipidy, proteiny a nukleové kyseliny. Sekundárními metabolity jsou takové látky, které rostlina vytváří na základě reakce na určitý podnět vyvolaný okolním prostředím. Tuto reakci mohou vyvolat například výkyvy teploty, infekce, výskyt býložravců, který představuje pro rostlinu nebezpečí, ale i snaha o dosažení lepšího opylení, či lepší schopnosti odolávat konkurenci ve svém okolí. Sekundární metabolity se nacházejí ve všech vyšších rostlinách a řadí se do nich terpenické látky, alkaloidy, fenolické látky a polyamidy (Berhow a Vaughn, 1999).

2.2 Fenolické látky

Fenolické látky se shromažďují ve vakuolách, kde se nacházejí většinou ve velkém množství. Vakuoly s obsaženými látkami se vyskytují ve všech částech rostlinného organismu. Mohou být například v listech, plodech i kořenech. V období, kdy docházelo k přesunu rostlin z vody na pevninu, se fenolické látky projeví jako velmi důležité, neboť například lignin a suberin mají ochrannou a stavební funkci, a proto byl přesun usnadněn. Další funkce, které plní fenolické sloučeniny, mohou být například ovlivnění vůně, vzhledu, mimo jiné ovlivňují i barvu květu a plodů (Míka a kol., 2001).

Hlavním znakem těchto substancí a sloučenin je aromatické jádro, které umí uměle vyrábět pouze mikroorganismy a rostliny. V každém fenolu se musí vyskytovat minimálně jeden aromatický kruh a aspoň jedna hydroxylová skupina. U těchto látek se setkáváme s různorodostí spočívající v tom, že může být fenolická látka, která má podobu elementární molekuly s jedním aromatickým jádrem nebo naopak se složitou stavbou v podobě polymerů. Rozmanitost chemického složení jmenovaných látek zahajují jednoduché molekuly s jedním aromatickým jádrem a uzavírají ji složité, vysoce komplexní polymery jako například lignin či třísloviny (Velíšek, Cejpek, 2008). V knize Fenolické látky v

lučních rostlinách, autoři uvedli, že je objeveno zatím 4500 těchto polymerů a výzkumy neustále přicházejí na další nové (Míka a kol., 2001).

2.2.1 Fenolické látky a jejich vlastnosti

Fenolické látky se zařazují mezi sekundární metabolity, jak již bylo zmíněno v kapitole Rostlinné metabolity, což znamená, že nemají přímo vliv na to, jak rostlina roste nebo jakým způsobem se vyvíjí (Croteau a kol., 2010).

Zmiňované látky se nacházejí ve velkém množství potravin. V potravinách, které jsou rostlinného původu, nebo vznikají s použitím rostlin, například whisky, jsou vnímány v podobě vonných i chuťových látek či v podobě barviv (Velíšek, 2002). Tato barviva, která se vyskytují v potravině, mohou mít barvu bílou, žlutou, modrou či červenou a všemožné odstíny těchto barev (Valentová, 2012). Pocit trpké chuti v ústech vyvolávají například flavolany a vůni v nás evokují kumariny (Velíšek, Hajšlová, 2009).

Množství, v jakém se fenolické látky v rostlině objevují, se odvíjejí od toho, jaké vlastnosti má její odrůda, a jak se vyvíjí. Faktory, které mají vliv na koncentraci fenolických látek, nejsou pouze vnitřní, ale jsou to i vnější faktory, jako je například podnebí a nadmořská výška, to jakým způsobem je rostlina hnojena, jak je pěstována, sklízena a ostatní vlivy, jenž mohou rostlinu ovlivnit. Pokud rostlina vyrůstá v těžších podmínkách pro její vývoj, bude se výskyt fenolických látek zvyšovat v důsledku obrany rostliny, naopak pokud se rostlina bude pěstovat v podmínkách, kde téměř není ohrožena vnějšími faktory, nebude mít takovou potřebu vytvářet sekundární metabolity (Kouřimská a kol., 2014).

Obsah polyfenolů v rostlinných organismech je z velké části ovlivněn klimatickými podmínkami. Faktor, který tento obsah ovlivňuje je například typ půdy, pobyt na slunci, srážky, podmínky ve skleníku, na poli nebo hydroponie. Známým faktem je to, že když rostlina dozrává, snižuje se množství fenolických kyselin a zároveň se zvyšuje množství antokyanů (Macheix a kol., 1990).

Jelikož mají fenolické látky antioxidační vlastnosti, které se projevují více než u vitamínu C, E a karotenoidů, často se využívají v oboru lékařství. Využití nacházejí

v léčích používaných pro léčbu onemocnění cévní soustavy, nebo se také používají v léčích s diuretickými, antiseptickými a spasmolytickými vlivy (Zloch, 2003; Míka a kol., 2001).

2.2.2 Rozdělení fenolických látek

Každá fenolická látka se chová a projevuje zvláštním způsobem a podle něj je můžeme rozřadit do určitých skupin. Podle povahy je můžeme dělit do dvou skupin, které se nazývají flavonoidní (antokyanidy, flavonoly, flavonoidy, dihydroflavonoly) a neflavonoidní (stilbeny, těkavé fenoly, hydroxyskořicové a hydroxybenzoové kyseliny a jejich deriváty). Podle toho jakými smysly je možné je vnímat, rozlišujeme tyto látky na vonné (zejména kumariny), chuťové látky (jednoduché fenoly a polyfenoly) a na barviva (flavonoidy, stilbeny, lignany, xantiny a některé chinony) (Velíšek, 2002; Jarošová, 2012).

Z hlediska chemického složení je můžeme dělit podle toho, jaký mají počet uhlíků. Takto je dělí například Velíšek (2002). Ten také uvádí, že fenolické látky s šesti uhlíky patří do skupiny nazývané jednoduché fenoly a benzochinony, fenolické látky s devíti uhlíky se řadí do skupiny fenypropenů či kumarinů a fenolových kyselin. Pokud mají tyto látky uhlíků více jak 30, jde o skupinu lignin a flavolany. Příklady ostatních skupin jsou uvedeny v tabulce s názvem Tabulka 1.

Počet uhlíků	Základní skelet	Skupina
6	C_6	jednoduché fenoly, benzochinony
7	C_6-C_1	fenolové kyseliny
8	C_6-C_2	acetofenoly, fenyloctové kyseliny
9	C_6-C_3	fenolové (skořicové) kyseliny, fenypropeny, kumariny
10	C_6-C_4	naftochinony
13	$C_6-C_1-C_6$	xantony
14	$C_6-C_2-C_6$	stilbeny, antrochinony
15	$C_6-C_3-C_6$	flavonoidy, izoflavonoidy
18	$(C_6-C_3)_2$	lignany, neolignany
30	$(C_6-C_3-C_6)_2$	bioflavonoidy
n	$(C_6-C_3)_n$	lignin
n	$(C_6-C_3-C_6)_n$	flavolany

Tabulka 1: Hlavní skupiny fenolových sloučenin (Velíšek, 2002)

2.2.3 Znamky základních skupin fenolických látek

Hlavními skupinami jsou chápány ty skupiny, které jsou uvedeny v přílohách v tabulce 1. Jedná se o látky: jednoduché fenolické látky, fenolické kyseliny, flavonoidy, isoflavonoidy, kumariny, stilbenoidy, trísloviny, ligniny, lignany, suberiny a xanthony.

Jednoduché fenolické látky a fenolické kyseliny

Latechol, quajakol, floroglucinol jsou látky spadající do skupiny jednoduchých fenolů, které se v rostlinných organismech nenacházejí příliš často. V hojnějším množství se může vyskytovat látka hydrochinon (např. medvědice lékařská, či rojovník bahenní) (Míka, 2001; Luštinec, Žárský, 2003).

Nejzákladnějšími fenolickými kyselinami jsou kyselina benzoová a skořicová a jejich odvozené sloučeniny. Tyto látky se lehce rozpouštějí v polárních organických rozpouštědlech. Rozpouštědla jsou látky, které jsou schopné rozpouštět jiné látky, což má za následek vznik roztoku. Polární rozpouštědla jsou ta, jež dokáží rozpustit polární látky (takové látky, ve kterých lze rozpoznat zápornou a kladnou část, kladné a záporné části se k sobě navzájem přitahují), nejběžnější polární látkou je voda, v níž se snadno rozpouštějí například soli, další může být například ethanol (Hájek, Klikorka, Votinský, 1989).

Pokud se kyselina benzoová, skořicová nebo jejich deriváty dostanou do kontaktu se zásaditým prostředím, začnou být kyseliny ještě více nestabilní a zvyšuje se proces oxidace (děj, při kterém dochází k zvyšování oxidačního čísla částice) (Míka a kol., 2001).

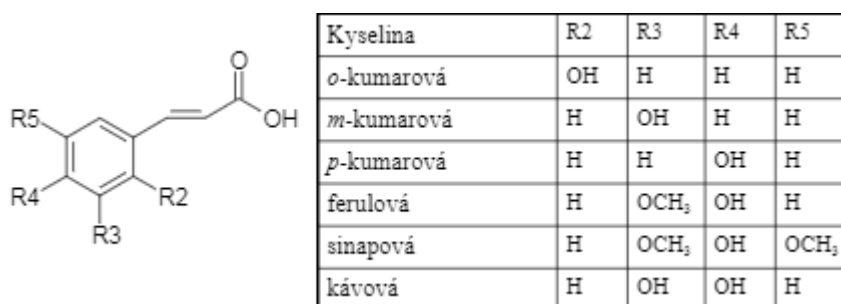
Na webové stránce Bezpecnostpotravin.cz v roce 2019, která je vytvořena ve spolupráci s ministerstvem zemědělství a jejíž účelem je informovat veřejnost o bezpečnosti potravin je kyselina benzoová charakterizovaná jako nejprimitivnější kyselina s aromatickým jádrem. Pokud jsou standardní podmínky, což se projevuje teplotou $t = 0^{\circ}\text{C}$ a tlakem $p = 101,325 \text{ kPa}$ je kyselina bezbarvá až bílá a krystalická. V přírodě se vyskytuje v pryskyřicích nebo plodech rostlin (jablka, švestky). Patří mezi chemické látky, které mají za úkol zabránit rozkladu a jiných nežádoucích přeměn, k jakým by mohlo dojít působením mikrobů. Vkládají se do nápojů, ovocných výrobků (sirupů, marmelád, sušeného ovoce), nakládané zeleniny, salátových zálivek, hořčice, kečupů, omáček, do pekařských výrobků

a chemicky vykynutého těsta a některých druhů koření s pH pod 4,5. V těle se kyselina mění na kyselinu hippurovou, která se vylučuje močí.



Obrázek 1: Deriváty kyseliny benzoové (Bárta, 2016)

Kyselina skořicová vytváří bílé krystalky. V rostlinách se vyskytují především její deriváty, a to většinou vázané k sacharidové části nebo ke kyselině chininové, šikimátové nebo tartarové (Harmatha, 2005).



Obrázek 2: Deriváty kyseliny skořicové (Bárta, 2016)

Flavonoidy

Flavonoidy jsou látky, které vznikly odvozením od základní chemické sloučeniny flavanu. Strukturu flavanoidu vytváří patnáct uhlíků se dvěma fenolovými jádry a jedním kyslíkatým heterocyklem (Hampl, Lapčík, 1996; Keresteš a kol., 2011).

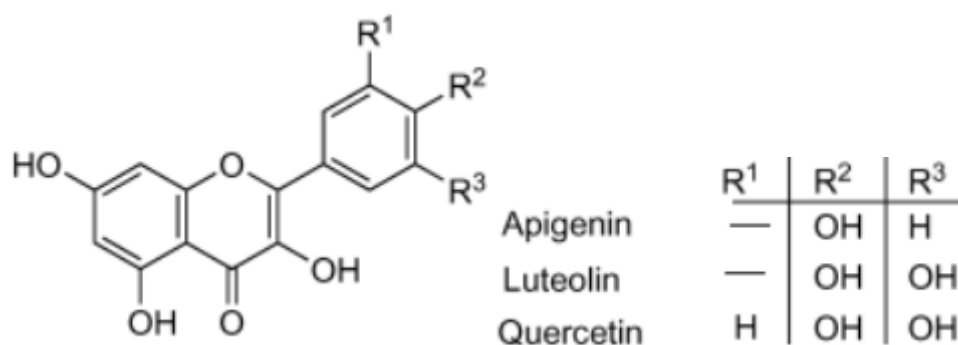
Flavonoidy patří do sekundárních metabolitů a vyskytují se jako rostlinná barviva. V rostlinném organismu se nacházejí především v centrální vakuole, kutikule, pokožkových buňkách na listu a v silici. Primární funkcí těchto rostlinných barviv je přitahování opylovačů a organismů, které rostlině slouží k roznosu semen. Některé flavonoidy se projevují jako pestrobarevné zbarvení listů, tím se chrání před UV zářením (Winkel-Shirley, 2002).

Pro životní pochody uvnitř organismu jsou nejzásadnější anthokyaniny, flavonoly, flavony a flavanony.

Na webovém portálu Studiumchemie.cz, který je podporován Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy v roce 2019 jsou popisovány anthokyaniny tak, že se projevují modrou, zelenou či červenou barvou plodů, květů nebo jiných částí rostlin. Můžeme je najít například v květech pomněnky, vlčího máku, růží, černého rybízu nebo ptačího zobu. V listech se projevují například u červeného zelí. Jakou barvou se projeví tato látka, rozhoduje její prostředí a jeho pH. Pokud se nachází v prostředí, které je zásadité, projeví se modrou nebo zelenou barvou, pokud je vystavena kyselému prostředí, bude mít barvu červenou. Anthokyaniny jsou v rostlinách tvořeny cukernou a necukernou složkou, tyto formy se nazývají glykosidy.

Flavonoly jsou látky, které jsou ve skupině flavanoidů velmi hojné. Stavba je podobná jako u anthokyaninů, rozdíl je v tom, že flavonoidy mají centrální kruh, na který je připojen kyslík. Flavonoly se projevují odstínem žluté barvy a nacházejí se například ve květech. Nejvíce rozšířený flavonol je kvercetin, který se využívá ve farmacii. Má například protizánětlivé, antioxidační nebo protinádorové účinky (Luštinec, Žárský, 2003; Krejčíková, 2012).

Flavony nejsou tolik hojné. Jsou obsaženy především v citrusových plodech a oranžádových šťávách. Ale například apigenin a luteolin se nachází v celeru a petrželi. Obě tyto látky mají protizánětlivé účinky (Luštinec, Žárský, 2003)



Obrázek 3: Deriváty flavonů (https://www.researchgate.net/figure/Representative-structure-of-apigenin-luteolin-and-quercetin_fig1_274125693)

Flavanoly jsou látky, které se projevují především jako chuťové. Některé z flavanolů mají protirakovinotvorné účinky nebo působí proti kardiovaskulárním nemocem (Fiedorová, 2008).

Isoflavonoidy

Isoflavonoidy jsou látky řadící se k fytoalexinům, což jsou látky, které se v rostlinných organismech v běžné situaci nevyskytují. Vyskytovat se začínají až ve chvíli, kdy se rostlina setká s nějakou škodlivinou, například při napadení houbami nižšího řádu nebo UV záření. Fytoalexiny jsou tedy látky, které si rostlina vytváří za účelem obrany. Dokáží se značnou rychlostí vytvořit téměř ve všech částech rostliny, zejména pak v listech, plodech či kořenech (Luštinec, Žárský, 2003).

Podporu při tvorbě fytoalexinů vytváří elicitory, které se většinou nenacházejí v těle rostliny, ale většinou se do rostliny nebo na ni dostanou formou postřiků nebo je uvolňují houbové patogeny atd. Elicitory jsou tedy pro rostlinu stresory, které začnou dávat znamení pro syntézu fytoalexinů (Řepková, 2013).

Kumariny

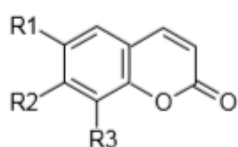
Kumariny, stejně jako flavanoidy, patří k sekundárním metabolitům. Název kumarin, což je název pro samotnou sloučeninu kumarinu i pro její deriváty, vznikl díky tomu, že na začátku devadesátých let byla sloučenina kumarin objevena a separována

z plodů slivoně vonné (*Dipteryx odorata*, *Fabaceae*), které se lidově říká „coumarou“. Plody této slivoně tvarem připomínají fazolky dlouhé 25-30 cm a používají se jako koření (Bruneton, 1999).

V dnešní době je známo přes tisíce derivátů kumarinu, které se ve velkém množství nacházejí v rostlinné říši. Najít je můžeme například u čeledi bobovité (*Fabaceae*), miříkovité (*Apiaceae*) nebo lipnicovité (*Poaceae*).

V přírodě kumariny mají za funkci ochránit rostlinu proti hmyzu a v menší míře i proti hlodavcům, často se kumarin používá jako deratizační jed (Bruneton, 1999).

U člověka při požití velkého množství může nastat krvácení či bolest hlavy. V lékařství se používá například k výrobě Warfarinu (Bruneton, 1999).



Sloučenina	R1	R2	R3
kumarin	H	H	H
umbeliferon	H	OH	H
herniarin	H	OCH ₃	H
eskuletin	OH	OH	H
skopoletin	OCH ₃	OH	H
fraxetin	OCH ₃	OH	OH

Některé glykosidy:

skopolin (skopoletin-7-glukosid)

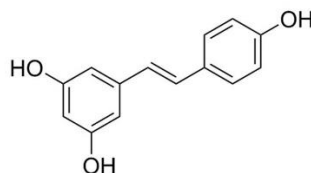
eskulin (eskuletin-6-glukosid)

Obrázek 4: Kumariny (Bárta, 2016)

2.2.3.1 Stilbeny

Stilbeny jsou vcelku primitivní sloučeniny a v rostlinném organismu se projevují jako fytoalexiny. Jsou velice citlivé na světlo a oxidací reagují na vzdušný kyslík (Jeandet a kol., 2010). Objevují se například v čeledi révovité (*Vitaceae*), borovicovité (*Pinaceae*), bobovité (*Fabaceae*), Lipnicovité (*Poaceae*), šachorovité (*Cyperaceae*). Jejich funkce je především ochrana proti mikroorganismům, hmyzu nebo proti jiným rostlinám, což dokáží tak, že sníží schopnost rostliny růst nebo sníží jejich fotosyntézu. Stilbeny se tedy začínají

vytvářet, pokud se rostlina setká se škodlivými látkami, či s konkurencí jiných rostlin (Mikeš, 2009, Adrian a kol., 2000).



resveratrol

Obrázek 5: Derivát stilbenů (Bárta, 2016)

Třísloviny

Třísloviny patří do skupiny polyfenolů. Třísloviny se projevují především chuťově, a to štiplavou chutí. Rostlinný organismus se pomocí těchto látek brání před okusováním herbivory. Rostlina zvyšuje tvorbu tříslovin, pokud dojde k porušení pletiv. Tyto látky se nacházejí ve všech částech rostliny – kůra, plody, listy, květy, oddenky. Využití těchto látek je ve farmacii. Mají schopnost srážet kožní bílkoviny tím, že vytvářejí koagulační membrány. Díky tomu dochází k útlumu dráždivosti a snížení bolestivosti, zabraňuje se vzniku zánětů, tlumí se otoky a drobná krvácení. Třísloviny se nacházejí například v dubové kůře nebo osemení jírovce maďalu (Ryplová, 2014).

Třísloviny mají velkou molekulární hmotnost, ale jsou rozpustné ve vodě. Tyto látky se dělí na hydrolyzované a kondenzované třísloviny. Rozdělují se podle toho, zda jde o estery či polymery. Do hydrolyzovaných tříslovin patří estery kyseliny gallové, tato skupina se dále dělí do dvou podskupin. Do kondenzovaných patří polymery flavonoidních látek, které mají strukturu 3-hydroxyflavanu. Kondenzované třísloviny se vyskytují v souvislosti s lidskou potravou častěji, jelikož se nacházejí v běžně prodávaném ovoci (Ree a kol., 2019).

Ligniny

Z ohledu na stavbu je v rostlině z fenolických látek nejzásadnější právě lignin. Důvodem je to, že dokáže nasýtit buněčné stěny (Ryplová, 2014). Tím je zpevní a vyztuží. Nachází se v buněčných stěnách cévnatých rostlin (Míka a kol., 2001).

Lignany

Lignany jsou většinou fytoestrogeny, mají schopnost kontrolovat růst rostliny a pomáhají rostlinu chránit před škodlivinami. Lignany se vyskytují v rostlinách, ale i v žaludku, kde jsou tvořeny mikrobiálními organismy (Havlík, Marounek, 2012).

Suberin

Suberiny jsou hydrofobní látky, které brání rostlinná pletiva před nadměrnou ztrátou vody a škodlivinami (Havlík, Marounek, 2012). Řadí se mezi vosky a nacházejí se především v kořeni a kmenech vyšších rostlin. Jsou součástí korku, což je vnější část kůry. Suberin v této části je nejhojnější ze všech látek zde obsažených (Kolattukudy, 2002).

Xanthony

Xanthony jsou žluté pigmenty, mají antibakteriální, protizánětlivé a antivirové účinky. Některé xanthony zabraňují shlukování krevních destiček (Míka a kol., 2001). Nejvíce a nejčastěji se vyskytujícím zástupcem xanthonů je gentisin, což je sloučenina, která má žluté zbarvení. Gentisin je derivát xanthonu, dvou hydroxylových skupin a s jednou methoxylovou skupinou (Ernst, 2003)

2.2.4 Vznik fenolických látek

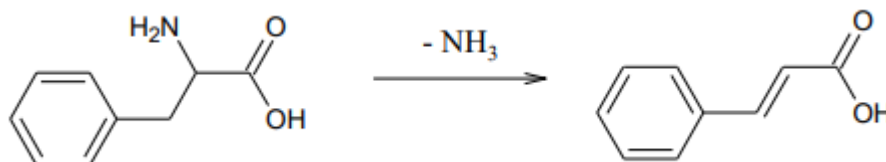
Tvorba látek, které jsou tvořeny především rostlinami jako jsou flavonoidy, stilbeny, hydroxyskořicové a benzoové kyseliny, probíhá soubornou sítí cest, jež postupují po šikimátové, polyketidové a flavonoidní dráze (Crozier, Clifford, Ashihara, 2006)

Šikimátová dráha

Šikimátová dráha jde od základních sacharidů, které již dál nelze dělit až ke vzniku dvou aromatických aminokyselin - tyrosinu a fenylalaninu (Míka a kol. 2001). Fenolické sloučeniny často vznikají šikimátovou cestou. Zásadní látky, které jsou na začátku šikimátové cesty, jsou erytroza-4-fosfát a fosfoenolpyruvát. Erytroza-4-fosfát a fosfoenolpyruvát jsou látky, které vznikají při fotosyntetickému slučování cukrů. Zhušťování erytroza-4-fosfátu a fosfoenolpyruvátu, po němž dochází k řadě jiných reakcí,

během nichž vzniká kyselina šikimová, jinak také šikimát. Je to meziproduct, kvůli kterému se šikimátová dráha takto jmenuje (Heldt, 1997; Macholán, 1998).

Odebráním aminokyseliny aminoskupiny ($-\text{NH}_2$) od molekuly fenylalaninu vznikne kyselina trans-skořicová. Z kyseliny skořicové se za přítomnosti dalších reakcí, utvářejí jiné fenolické látky (Buchanan, 2015).



Obrázek 6: Deaminace fenylalaninu za vzniku kyseliny trans-skořicové působením fenylalanin-amoniak lyasy (PAL) (Bojková, 2010)

Polyketidová dráha

Polyketidová dráha je cesta, na jejímž začátku je acetát, jež dokáže vytvořit poly-b-ketoestery. Poly-b-ketoester, jejichž řetězce jsou různě dlouhé, vyžadují cyklizaci. Výsledkem této dráhy jsou polycyklické sloučeniny, jako jsou isokumariny, xanthony, chinony, depsidy aj. Tato polyketidová cesta se nevyskytuje příliš často (Míka a kol., 2001).

Fenylpropanoidová dráha

Fenylpropanoidová dráha je postavena na základě šikimátové a polyketidové dráhy. Je typická tím, že při ní dochází k tvorbě flavonoidů. Enzym, který je nejzásadnější se nazývá chalkon-syntáza. Stojí na začátku této cesty a jeho funkcí je propojovat p-kumaryl-CoA s třemi molekulami malonyl-CoA. Obě dvě látky dají pryč dva atomy kyslíku a produkt, který vznikne touto reakcí, se nazývá naringenin- chalkon. Z naringeninu se cesta rozděluje na menší větve, toto rozdělení vede k syntéze několika tříd flavonoidů, zahrnující isoflavony, flavanoly, flavony, flavonoly, flavan-3-oly a antokyaniny (Crozier, Clifford, Ashihara, 2006).

Další cestou, jak dosáhnout vzniku fenolických látek, je nechat působit mikroorganismy fenolových kyselin ligninu a nechat působit termické procesy. Objevují se jako vedlejší produkt mléčného a alkoholového kvašení (Velíšek, 2002).

2.2.5 Metody stanovení fenolických látek

Za nejčastější metody, které se používají pro hodnocení fenolických látek, můžeme označit spektrofotometrii, kapalinovou chromatografii a kolorimetrii.

Spektrofotometrie

Spektrofotometrie je metoda, která dokáže zhodnotit například obsah množství fenolických látek (TPC) nebo obsah flavonoidů aj. Je to analytická metoda, jež spočívá v tom, že se látkou koncentrovaný roztok vystaví různým vlnovým délkám světla a sleduje se jeho pohlcování látkou, tedy rozdíl mezi vysílaným světlem a světlem, které dopadne na detektor potom, co projde roztokem. Přístroj, který se pro toto zjišťování používá, se nazývá spektrofotometr (Nedoma, Koutník, Hrdlička, 1994).

Stanovení látek pomocí Folin-Ciocalteuova činidla

Jde o velmi často používanou metodu, jejímž cílem je zjištění množství fenolických látek pomocí FC činidla. Princip této metody spočívá v tom, že proběhne oxidace fenolických látek v zásaditém prostředí roztoku a vytvoří se modře zabarvené produkty, které pohltní záření o vlnové délce maximálně 765 nm (Waterhous, 2002). Komplikace při použití této metody spočívají v tom, že s FC činidlem reagují i jiné snadno oxidovatelné látky, a tak může dojít ke zkreslení výsledků (Shahidi a Naczka, 2004; Zoecklein et al., 1990)

Kapalinová chromatografie

Kapalinová chromatografie, je metoda, kterou se nejvíce měří obsah isoflavonoidů. Používá se při ní postup, který separuje složky nacházející se ve vzorku. Ty následně analyzuje. Vzorek se vloží mezi dvě fáze, které se nedokáží smísit. Jedna z fází se nazývá stacionární, což je fáze, která je nepohyblivá. Další fáze je pohyblivá, neboli mobilní, která je tvořena kapalinou. Doba, kterou je vzorek v jedné nebo druhé fázi, ovlivňuje schopnost látek ve vzorku slučovat se s jinou částicí nebo látkou. Tato doba se zapisuje do chromatogramu. Následně se podle něj zjišťuje totožnost a určuje množství jednotlivé složky ve vzorku (Klouda, 2003). V současné době se používá hlavně vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC).

Kolorimetrie

Kolorimetrie je metoda, kterou nejčastěji zjišťujeme množství hydroxyskořicových derivátů (THD), ale také obsah kompletního množství polyfenolů a taninů.

Tato metoda se staví na základě zrakového vnímání. Principem je změřit nasycení barevného roztoku tak, že srovnáme barevnost roztoku, u kterého je koncentrace neznámá se vzorkem roztoku, který má totožnou barvu, ale je u něj koncentrace známá. Aby bylo určení přesnější, využívá se přístroj zvaný kolorimetr (Nedoma, Koutník, Hrdlička, 1994).

2.3 Miřík celer (*Apium graveolens*)

Miřík celer je rostlina, která se podle vědecké klasifikace řadí k rodu miřík, čeledi miříkovité, řádu miříkotvarých, třídě vyšší dvouděložné, oddělení krytosemenné, podříši cévnaté rostliny a řiši rostliny.

Čeď miříkovité má některé odrůdy, které řadíme k užitkovým. Tyto rostliny patří do zeleniny, a tu rozdělujeme mezi kořenovou a kořeninovou. Kořenová zelenina se využívá pro svou bulvu či kořen. Tyto části jsou zdužnatělé. Kořeninová zelenina se využívá z důvodu, že nať, listy či stonky jsou velmi aromatické. Obsahují velké množství vonných silic (Kopec, 2006). Mezi představitele kořenové a kořeninové zeleniny patří například mrkev obecná (*Daucus carota*), petržel obecná kořenová (*Petroselinum crispum convar. radicosum* Hill), celer bulvový (*Apium graveolens var. rapaceum*), pastinák setý (*Pastinaca sativa*), krabilice hlíznatá (*Chaerophyllum bulbosum*), sevlák zeleninový (*Sium sisarum*), libeček lékařský (*Levisticum officinale*), andělíka lékařská (*Archangelica officinalis*) (Kopec, 2006).

Rostliny, které se řadí do čeledi miříkovité, mohou být jednoleté, dvouleté i vytrvalé. Vysoké mohou být až 200 cm, to měří například bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), což je planá rostlina. Zelenina z čeledi miříkovitých je vysoká od 30 do 150 cm (Botany, 2008).

Rostliny této čeledi jsou charakteristické dutým stonkem, který je hranatého tvaru, a jsou na něm znatelné rýhy. V koncové části stonku se nacházejí listy, které jsou zpeřené

a málokdy mají celistvý tvar. Stopkovitá část listu má výraznou pochvu (Řepka, Koblížek, 2007).

Květenství má tato čeleď buď jednoduchý nebo složený okolík nebo strobil. Pod okolíkem nebo strboulem se nachází podpůrné listeny, ze kterých je složen obal. Rostliny mají oboupohlavné květy, mohou se však vyskytnout i květy jednopohlavné, tyto květy jsou v obalech organizovány pravidelně, někdy se však mohou vyskytovat květy organizovány souměrně až nerovnoměrně. Barevnost květů může být od bílé až po nažloutlou, není tedy příliš nápadná (Řepka, Koblížek, 2007).

Plod rostlin čeledi miříkovité je dvounažka, pokud dozraje, rozdělí se většinou na dvě půlky. Dvounažka je v téměř všech případech spojena plodonošem a na venkovní straně je vyboulená (Kopecký, 2006).

Čeleď miříkovitá čítá okolo 400 rodů a 3000 druhů rostlin. V České republice se nachází 80 druhů z 50 rodů (Kopecký, 2006).

Miřík celer a jeho odrůdy jsou všechny vyšlechtěny z plané formy celeru, tato forma se liší od užitkových tím, že nemá zdužnatělý kořen. Forma má také trpkou chuť a příliš voní. Tato forma není používána jako potravina. I když jako potravina není vyhovující, lidé již od pradávna znali jeho účinky při léčbě onemocnění. Ve starém Egyptě se planý celer používal při obřadech při pohřbívání, a to zejména kvůli své výrazné vůni, ta byla výraznější než mrtvolný zápach. Při obřadech, k uctívání či pro štěstí závodníků, ale i jako léčivo jej používali také Římané a Řekové. Celer se začal do střední Evropy dostávat při cestách z Itálie v 17. – 18. století. V Čechách se dříve celer nazýval opich, už v roce 1596 tuto rostlinu lze nalézt v Mattioliho Herbáři, jedná se však o planou formu. Nový název celer je přejatý z bavorského slova Zeller (Troničková, 1985). Během několika století docházelo k šlechtění a výsledkem jsou tři odrůdy, které používáme při vaření i v současnosti. Jedná se o odrůdy celer bulvový, řapíkový a natový (Oberbeil, Lentzová, 2003).

Nejoblíbenější odrůdou evropských obyvatel je celer bulvový, nicméně na počátku 21. století získávají na oblibě i ostatní odrůdy. Celer se podobně jako mrkev a petržel využívá pro kuchyňské úpravy. V kuchyni má celer hojné využití. Používá se k přípravě salátů buď ze strouhané bulvy, nebo sekané natě. Dále se také v potravinářství může použít jako vařený, smažený nebo pečený. Pokud se takto upravený celer rozmělní, můžeme ho

podávat smíchaný s bramborami nebo samotný jako pyré. Pokud se smíchá s masem, lze z něj vytvořit náky. Díky své aromatickosti je často přidáván do polévek. Vyrábí se z něj například i pomazánky. Nať, která se usuší, slouží jako koření. Nať a semena obsahují nejvíce celerových silic, které jsou velmi aromatické. Sušená semena, která se nadrtí, se přidávají do celerové soli. Celer se mimo jiné zpracovává sterilizací (Skorňakov a kol., 1991).

V celerové nati, řapících i bulvách se nachází vonné těkavé silice. V nati je nejvíce obsažen především vitamín C, B₁, B₂, PP a vitamín U. Dále jsou v celeru obsaženy pro člověka další důležité látky jako je vápník, železo, draslík, cukry, pektinové látky, asparagin, apiin, colin a furokumarin. Skorňakov, Jeník a Větvička (1991) uvádí, že se celer bulvový pěstoval na 1860 ha, sklízeno bylo 19 t/ha. Co se průměrné spotřeby na obyvatele týkalo, byla spotřeba 1,94 kg za rok. 78 % vypěstovaného celeru se konzumovalo přímo, 12 % se mrazilo a 10 % se sušilo.

Celer má kromě potravinářského průmyslu využití i v léčitelství. Důvodem je vysoký obsah éterických olejů, ty působí proti bakteriálním onemocněním nebo proti kvasinkovým či plísnovým napadení organismu, ať na sliznici v ústech, nosohltanu, žaludku a ve střevěch. V močových cestách napomáhají předcházet zánětům. V žaludku povzbuzují k větší produkci žaludečních šťáv a dokáží vybudit organismus k tomu, aby dokázal zvýšit látkovou přeměnu cukrů. Díky vysokému množství vitamínů je celer vhodný i pro posílení imunity (Bajaj, 1988).

2.3.1.1 Odrůdy miříku celeru (*Apium graveolens*)

Variety miříku celeru jsou doposud známy tři. Celer řapíkatý (*Apium graveolans* var. *dulce*), bulvový celer (*Apium graveolens* var. *rapaceum*), naťový celer (*Apium graveolens* L.var. *secalinum*) liší se dobou růstu rostliny, způsobem sklizně a využitím (Pekárková, 2004).

Celer bulvový (Apium graveolens var. rapaceum)

Celer bulvový (*Apium graveolens* var. *rapaceum*), má dobu růstu dlouhou 210-270 dní. Což je poměrně dlouhá doba a v podnebných podmínkách, které jsou v České

republiky, je nutné tuto odrůdu celeru předpěstovat v pařeništích či sklenicích již od února. Celer bulvový potřebuje ke svému růstu stanoviště, které je slunné a není vystavené větru. Půda by měla být kvalitní humózní, pH by mělo odpovídat hodnotě 6,5 – 7,5. Celer má velkou spotřebu vody, za vegetační období spotřebuje minimálně 600 mm, je tedy nutné, aby měl dostatečnou zálivku. Předpěstované sazenice se vysazují do záhonu přibližně v půlce května, aby se předešlo jejich omrznutí. V záhoně by měly být umístěny tak, aby spon sazenic byl 30 x 40 cm. Zabrání se tak tomu, aby se rostliny omezovaly v růstu. Celer bulvový je rostlina, která je velmi náročná na živiny, proto se půda, do které se vysází, musí již na podzim upravit tak, aby byla vyhovující. Je důležité důkladné hnojení, které by mělo vycházet na každý metr čtvereční 4-5 kilogramu kravského hnoje. Dále je také nutné půdu obohatit vápníkem a dalšími prvky, jakými jsou například chlor, bór a hořčík a další. Pokud se přidávají draselné soli, lze dosáhnout bělejší dužiny. Celer bulvový by se měl sklízet v době přelomu září a října (Pekárková, 2004).

Tato rostlina je charakteristická kulatou bulvou, která vznikala postupným šlechtěním. Kořeny zůstávají pouze na spodu bulvy, což má za následek usnadnění práce při vytrhávání. Šlechtěním se také dosáhlo menší náchylnosti ke vzniku dutin, které se tvořily v bulvě, jemnější chuti a větší odolnosti k chorobám. V roce 2005 se obory zabývající se touto činností snaží o mini varianty, které by se používaly k jednorázovému použití (Pekárková, 2004). Listy rostliny jsou jednoduše zpeřené a mají silné řapíky, které vytvářejí růžici. Povrch listu je hladký a lesklý. Ve druhém roce života rostliny vyrůstá květní stonek, který může dosahovat výšky až 80 cm. Na něm se nachází okolík s bílými květy. Semena jsou dvounažky (Petříková, Hlušek, 2012).

Bulvový celer má ke dni 30. června 2017 zapsaných 11 odrůd. Jedná se o odrůdy Albín, tato odrůda se vyznačuje čistě bílou barvou bulvové dužiny. Odrůda Alpha má dužinu bílou. Další odrůdy jsou Asterix, Beta, Delta, Kvido se vyznačuje nazelenalou bílou dužinou, Maxim smetanově bílá barva bulvy, Monet, Neon, Simeon a Zeta (Eagri, 2017).

Bulvový celer často napadá choroba způsobena houbovou nemocí, nazývá se septoriová skvrnitost listů celeru (*Septoria apicola*). Nemoc se projevuje na čepeli listu, na této části listu vzniknou šedohnědé skvrnky se žlutým lemlem a velkým počtem velmi drobných černých teček – plodniček.

Po nějaké době dojde uprostřed skvrny k hnědnutí a dochází k usychání. Skvrny, které se velmi rychle začínají rozrůstat, mají za následek to, že dojde k odumření listu. Pokud dojde k velmi silnému napadení, odumřou všechny listy, kromě nejmladších srdéčkových listů. Nemoc si vybírá pro napadení první listy starší a následně přechází na listy mladší. Proti této chorobě se dá bránit pomocí chemických přípravků jako například Champion 50 WP, Cuprocaffaro, Difcor 250 EC, Flowbrix. Septoriová skvrnitost listů celeru (*Septoria apiicola*) je přenášena semeny nebo půdou, ve které se pěstovaly nakažené rostliny (kvůli zbytkovým částem nakažené rostliny, které zůstaly v půdě). I toto je důvod, proč by se měla používat kvalitně namořená semena a půda, ve které rostly nakažené rostliny, by se měla začít znovu používat až po čtyřech letech (Rod, 2005).

Další chorobou je strupovitost bulv (*Phoma apiicola*), ta se projevuje hnědými skvrnami na kořenech. Kořeny napadené touto houbovitou chorobou jsou popraskané a korkovatí, vliv se projevuje i na tvaru a velikosti bulv. Prevence a ochrana je téměř totožná s prevencí a ochranou jako u rostlin nakažených septoriovou skvrnitostí listů celeru (*Septoria apiicola*) (Rod, 2005).

Vrtule celerová (*Euleia heraclei*) je hmyz řadící se mezi hmyz dvoukřídlý. Škodlivé jsou pro rostlinu především larvy tohoto okřídleného hmyzu. V listech vykusují chodbičky, které dokáží poškodit list do takové míry, že dojde k jeho uschnutí.

Celer bulvový je ohrožen také mšicí hlohovou a mrkvovou (*Semiaphis daucis*), která má za následek deformaci listů a jejich žloutnutí (Rod, 2005).



Obrázek 8: Celer bulvový

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Knolselderij_\(Apium_graveolens_var._rapaceum\)_%27Dolvi%27j_pg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Knolselderij_(Apium_graveolens_var._rapaceum)_%27Dolvi%27j_pg))

Obrázek 7: Celer bulvový (<https://www.bio-vymetal.cz/celer-bulvovy-bez-nate/sortiment10.html>)

Řapíkatý celer (*Apium graveolens L. var. dulce*)

Řapíkatý celer a jeho pěstování má původ v Itálii. Díky migraci lidí a obchodu docházelo k jeho šíření do Ameriky a následně do Anglie (Malý, 1998). Rostlina, která žije dva roky, se pěstuje především pro užitek z velmi objemných řapíků, které tvoří růžici. Tu vytváří během prvního roku rostliny. Řapíky, tvořící růžici, se vyskytují v barvě žlutozelené až po téměř bílou. Tato varianta celeru nemá oproti bulvovému zdužnatělou bulvu, ale pouze kořeny, které jsou ve shlucích. Květenství je podobné jako u celeru bulvového, je složeno z okolíků a má drobné bílé květy. Plody mají silně vonnou chuť i vůni (Petříková, Hlušek, 2012; Malý, 1998).

Pěstování řapíkatého celeru je náročné z hlediska dodávání velkého množství vody, má spotřebu téměř shodnou s bulvovým celerem, nicméně by půda neměla být neustále zamokřená. Půda by jako u předchozí varianty celeru neměla být kyselá a měla by obsahovat velké množství živin. Řapíkatý celer patří k teplomilným rostlinám, proto je

rizikové ho vystavovat přílišnému chladu a větrným podmínkám (Petříková, Hlušek, 2012).

Tuto variantu celeru je potřeba stejně jako ostatní varianty předpěstovat. Začít by se mělo již v únoru nejpozději v půlce března, jelikož doba předpěstování trvá až 75 dní a teplota by neměla klesnout pod 15°C. Vysadit rostlinu do záhonu se doporučuje až v době, kdy nehrozí přízemní mrazíky. Délka růstu rostliny trvá 110 dní (Kott, Moravec, 1989).

Rostlina je ke sklizni připravena v období přelomu měsíců září a říjen. V tuto dobu je rostlina schopna odolat mrazu až do -5°C. Jakmile je sklizeň hotova, je nutné zastříhnout listy tak, že se odstříhnou listové čepele ve výšce prvního přeslenu (Malý, 1998).

Využití je podobné jako u bulvového celeru. Gastronomie využívá silic, které obsahují sedanolid a jsou velmi aromatické, proto se řapíkatý celer přidává do polévek, salátů či příloh. Důležité zastoupení má v léčitelství, má vysoký obsah vápníku a sodíku, tudíž má diuretické účinky. Obsahuje také významné množství vitamínu C a beta karoten (Petříková, Hlušek, 2012).

Odrůdy celeru řapíkatého jsou v roce 2017 podle Státní odrůdové knihy uvedeny dvě. Je to odrůda Malachit a Nuget (Eagri, 2017).



Obrázek 9: Řapíkatý celer (<https://www.semo.cz/eshop/celer-rapikaty>)

Obrázek 10: Řapíkatý celer (<https://prkynko.cuketka.cz/suroviny/rapi>)

Celer naťový (listový) (Apium graveolens L. var. secalinum)

Původ naťového celeru je ve Středomoří. Lidé tuto rostlinu znali již od 4. stol. př.n.l. Využíván byl jako okrasná rostlina, květina k uctívání sportovců a zastoupení měl i v kuchyni. V současné době je rozšířen po celém světě, nicméně stále převažuje pěstování v přímořských oblastech v západní části Evropy (Petříková, Hlušek 2012).

Stejně jako ostatní variety celeru, i naťový je dvouletá rostlina. V prvním roce rostliny rostou pouze listy, které mají tvar růžice. Výška listů je přibližně 40 cm až 50 cm. Ve druhém roce vyroste lodyha s květem. Rostlina je typická velkým množstvím vzrůstových vrcholů. Větší počet může být ovlivněn brzkým výsevem. Listy se vyznačují tmavou zelenou barvou, měly by být lesklé a hladké. Řapíky jsou tenké. Silice a apiol, který celer obsahuje, jsou velmi aromatické (Petříková, Hlušek 2012).

Rostlina stejně, jako její variety, se musí předpěstovat. Délka předpěstování je však kratší, a to okolo 65-ti dní. Výsev do záhonu by se měl dodržovat ve sponu 0,40 x 0,30 m, nebo 0,3 x 0,3 m (Růžičková, 2012).

Růst rostliny do doby, kdy se může začít sklízet, je 120 dní (Růžičková, 2012). Celer naťový se sklízí především kvůli tomu, aby se sušil. Využívají se listy, ale i celé rostliny. Obsahuje aminokyseliny, vitamíny B a vitamín C. Nať se užívá při urologickém onemocnění, jelikož má močopudný účinek. Používá se i v kožním lékařství. V gurmánství je využíván buď pouze solený a syrový k výrobě salátů, ozdob obložených míst atd., nebo pro tepelnou úpravu (Skorňakov a kol., 1991).

Choroby se u naťového celeru mohou vyskytovat podobné jako u bulvového, kromě chorob napadající bulvy (Duda a kol., 1986).

U celeru naťového jsou zapsány ke dni 30. června 2017 dvě odrůdy. První odrůda je celer naťový Pikant a druhá odrůda se nazývá celer naťový Jemný (Eagri, 2017).



Obrázek 11: Celer naťový (<https://www.ireceptar.cz/zahrada/jak-pestovat-a-sklizet-bulvovy-natovy-a-listovy-celer.html>)

Obrázek 12: Celer naťový (<http://www.ekochalupnik.cz/?p=1377>)

3 Metodika práce

3.1 Rostlinný materiál

Pěstování rostlin, potřebných pro získání vzorového materiálu důležitého pro výzkum této diplomové práce, probíhalo v roce 2018. Rostliny byly pěstovány na pozemku Pedagogické fakulty. Tento pozemek se vyskytuje v Českých Budějovicích a nachází se v areálu kampusu Jihočeské univerzity. Přesné souřadnice místa, kde se pozemek nachází, jsou N 48°58'29.528'', E 14°26'52.057''. Rostliny celeru bulvového, celeru naťového i celeru řapíkatého byly nejprve předpěstovány ze semen ve skleníku. Osivo bylo zakoupeno v běžném obchodním řetězci, který má pobožnost v lokalitě, kde probíhalo pěstování. Toto osivo vyprodukovala firma Semo. Pěstovaná odrůda celeru bulvového se nazývá Maxim, což je pozdní odrůda. Vyznačuje se velkými bulvami, jejichž povrch je hladký. Bulvy mají barvu smetanově bílou a průměrná hmotnost bulev je 540 g. Tato odrůda také dobře odolává septorióze a je šlechtěna tak, aby snadno nedocházelo k vybíhání do květu. Odrůda celeru řapíkatého, který byl použit, se nazývá Malachit. Malachit je odrůda, která má silné, objemné, dlouhé řapíky vzpřímeného vzrůstu. Malachit je oblíbená odrůda, protože má samobělicí typ řapíků. Celer listový je prodáván pouze jeden a to bez udání odrůdy.

Všechny tři odrůdy celeru se pěstovaly na nezakryté ploše a v upravené zemině tak, aby celeru vyhovovala.

Semena všech odrůd celeru se začala předpěstovávat již v únoru, jelikož mají dlouhou vegetační dobu. Musela se udržovat dostatečná vláha, jelikož jsou sazenice, které vzešly ze semen velmi choulostivé. Když dosáhly sazenice dostatečné velikosti, bylo nutné je pikýrovat, aby nedocházelo k jejich útlaku. Každá rostlina měla okolo sebe prostor 3x2 cm. To umožnilo rostlinám zesílit.

Po dalším zesílení sazenic a vyvinutí listů, došlo k dalšímu přepichování. Tentokrát do připravených kelímků. Před tím, než se však sazenice přesadily, zastříhly se kořeny přibližně o jednu třetinu. Rostliny byly na záhon vysazeny přibližně v druhé polovině měsíce května 2018. Před vysazením do zeminy došlo znovu k zastřihnutí kořenů. Příprava zeminy probíhala jejím důkladným prokypřením a odplevelením. Všechny tři odrůdy byly pěstovány za stejných půdních podmínek.

Celer bulvový vyžaduje humózní pudu, proto došlo k přidání přiměřenému množství kompostu z kompostéru do zeminy. Při výsadbě se musela věnovat pozornost tomu, aby se zeminou nezakryly nové listy. Jakmile se rostlina bulvového celeru zasadila do záhonu, byla vytvořena miska, ve které se zadržovala voda při zalévání, které se důkladně a pravidelně provádělo po celou dobu vegetace rostliny. Každá rostlina byla vysázena do sponu 50x50 cm. Během pěstování bulvového celeru docházelo k odlamování starých a polehaných listů. Při sklizni bylo nutné bulvu vyrýpnout rýčem.

Celer řapíkatý se vysazoval jako předpěstovaná sazenice do půdy, která byla upravena stejně jako půda pro celer bulvový. Po celou dobu svého růstu se důkladně zaléval. Do záhonu byl celer řapíkatý vysázen ve sponu 50x50cm. Aby došlo k bělení listů, překrývali jsme řapíky nesoucí listy. U námi pěstované odrůdy se překrývání provádělo z preventivních důvodů. Po sklizení se odstranily kořeny a zároveň se zastříhly listy tak, aby zůstaly řapíky.

Celer naťový byl pěstován za stejných podmínek pro pěstování jako předchozí dvě odrůdy celeru. Rozdíl byl pouze ve velikosti potřebné plochy. Celer naťový byl vysázen ve sponu 40x30 cm. Listy se mohly po vysazení trhat po celou dobu růstu rostliny, nicméně pro výzkum byla nať sklizena stejně jako ostatní odrůdy na konci září.

Celer bulvový, řapíkatý i naťový se sklízeli z univerzitních pozemků na začátku zimního semestru, což je na konci měsíce září. Po sklizni, která proběhla 27. 9. 2018, došlo téměř k okamžitému zpracování vzorků k výzkumu. Z každého záhonu bylo odebráno náhodným výběrem 15 kusů rostlin a z nich pak udělán směsný vzorek.

3.2 Úprava materiálu k analýzám

Rostliny, které byly sklizeny 27. 9. 2018, se povrchově zbavily zbytků nečistot. Následně se odstranily části, které se běžně nekonzumují a ponechaly se části obvykle používané ke konzumaci. U naťového a řapíkatého celeru zůstala nadzemní část a u bulvového celeru, byla zanechána bulva i nať. Pomocí nože byl rostlinný materiál pokrájen na přibližně stejně velké části. Tyto nakrájené části byly silné maximálně 0,5 cm, čímž se urychlilo jejich následné zpracování. Část vzorků se použila přímo na stanovení celkových fenolů a kuchyňské úpravy, část byla použita pro stanovení metodou HPLC.

Bezprostředně po dokončení této činnosti došlo ke zmrazení části materiálu při teplotě -16°C . Do měsíce od doby, kdy byl vzorek odebrán, a došlo k lyofilizaci, což se dá jinak nazvat jako sušení mrazem, při podmínkách 0,1 mbar, -50°C po dobu 24 hodin. Tyto vzorky byly použity pro stanovení metodou HPLC.

U vzorků, které byly lyofilizovány, následně došlo k homogenizaci, která proběhla pomocí laboratorního mlýnku. Materiál, který prošel touto proměnou, se přesunul do nádoby, která byla označena jako vzorkovnice, s víkem s uzavíratelným otvorem. Tato nádoba byla umístěna do mrazicího boxu udržující teplotu -18°C . Za těchto podmínek byl vzorek uchován do doby, než došlo k analýze metodou HPLC.

3.3 Kuchyňské úpravy

Po sklizni se všechny odrůdy celeru, které měly být použity k měření obsahu polyfenolů, podrobily nejběžnějším kuchyňským úpravám, pro které se celer využívá. Jako metody byly zvoleny nejčastější úpravy, a to vaření a sušení.

Vaření spočívalo v tom, že se daná část pokrájeného celeru ohřívána tekutinou, která prochází bodem varu, což je u vody teplota 100°C . Všechny části musí být ponořeny do vařící tekutiny nebo páry. Aby se získal dostatečně silný vývar, využilo se varných sáčků. Ze všech vzorů měřených odrůd celeru se odvážila na technické váze hmotnost 20 g, a tyto vzorky se vložily do sáčků s vodou v poměru 1 : 1, které se uzavřely gumičkou tak, aby se ke vzorku nedostala další voda. Takto připravený vzorek se vložil do teplé vody v kádince, ta se zahřívala, až voda začala vřít. Ve vroucí vodě byl sáček se vzorkem umístěn po dobu delší než 20 minut. Po dvaceti minutách se provedla filtrace obsahu sáčku, tím se připravil vzorek pro měření pevné části – extrakt po povaření. Výluh byl zároveň použit přímo jako další vzorek pro měření výluhu po povaření.

Sušení je další kuchyňskou úpravou, která se používá při přípravě celeru, zejména pro dochucení polévek. Při tomto ději dochází k odpaření vody tak, že ve vzorku téměř žádná nezůstane. Vzorek je tímto také konzervován, a lze jej déle uchovat. Sušení probíhalo při teplotě 105°C v teplovzdušné sušárně ULM, která zahřála okolní vzduch, a došlo k takzvanému sušení teplem.

Další kuchyňské úpravy nebyly praktikovány, protože celer je velmi aromatický a používá se nejvíce jako čerstvá zelenina, či dochucovadlo do polévek, které se vaří či se používá v sušené formě.

3.4 Metoda stanovení celkových fenolických látek s činidlem

Folin-Ciocalteu

Tato metoda, ve spojení se zjištěním fenolických látek, je jednou z nejčastěji používaných metod. Folin-Ciocalteuova činidlo, ve zkrácené formě se toto činidlo nazývá FC činidlo, je výrazně žlutý roztok, který se připraví rozpuštěním 10 g wolframanu sodného a 2,5 g molybdenanu sodného v 70 ml vody. Následně se k rozpuštěným látkám přidá 5 ml 85% kyseliny fosforečné a 10 ml koncentrované HCl. Po deseti hodinách se přidá 15 g síranu litného, 5 ml vody a 1 kapka bromu. Roztok se nechá zchladit přibližně 15 minut a přeneše se do 100 ml vody (Magalhães a kol., 2010).

Příprava extraktu:

Před začátkem provedení analýzy bylo nutné si připravit extrakt. 20 g nakrájeného rostlinného materiálu se smíchalo s 80 ml 60% methanolu v Erlenmeyerově baňce. Baňka, ve které se extrakt připravoval, se utěsnila a překryla celá alobalem. Extrakce probíhala po dobu 24 hodin.

Extrakt se následně zfiltrovaly přes filtrační papír. 1 ml z každého extraktu se pomocí pipety přenesl do 50 ml odměrné baňky s 20 ml destilované vody a následně se přidal 1 ml Folin-Ciocalteuova činidla. Vše se důkladně protřepalo a nechalo 3 minuty usadit. Po odměření 3 minut se přililo 5 ml 20 % roztoku Na_2CO_3 a opět došlo k promíchání a doplnění destilovanou vodou po rysku odměrné baňky. Reakce probíhala po dobu 30 minut, následně se oddělená část extraktu převedla do kyvet a změřila se intenzita zbarvení při vlnové délce 765 nm proti slepému vzorku (nulový obsah kyseliny gallové). Celkový počet čerstvých vzorků byl 12. Dále bylo zpracováno stejné množství vzorků vařeného celeru, výluhu z povařeného celeru a sušeného celeru. Celkem tedy 48 vzorků.

Výsledky se získaly po odečtení z předem připravené kalibrační křivky vytvořené z řady roztoků kyseliny gallové o známé koncentraci. Výsledky byly vyjádřeny jako mg ekvivalenty kyseliny gallové a přepočteny na hmotnost čerstvého vzorku (mg/kg). U každé odrůdy celeru byl stanoven ještě obsah sušiny.

3.5 Metoda HPLC

Touto metodou se stanoví celkový obsah flavonoidních aglykonů, které se uvolní z připraveného materiálu.

Na začátku bylo nutné připravit si v baňce směs. Směs se připraví z 0,25 g usušeného stejnorodého materiálu, 80 mg askorbové kyseliny, 7,5 ml destilované vody, 5 ml 6M HCl a 12,5 ml methanolu. Tato směs se hydrolyzovala pod zpětným chladičem 2 hodiny ve vodní lázni při teplotě 90° C. Po dvou hodinách se baňka se směsí vyndala z vodní lázně a nechala se vychladit. Po vychlazení se do směsi přidaly 2 g NaHCO₃. Jakmile směs v baňce zneutralizovala, přelila se do kyvety sloužící k odstřeďování za pomoci 12,5 ml methanolu a vody. Směs v kyvetě se nechala třikrát po sobě odstředit. Každé odstředění trvalo 10 minut a rychlost byla 3000 otáček za minutu. Do odstředěných látek, které se celým procesem smíchaly a byly přelity do kádinky s objemem 600 ml, se přidala voda tak, aby celkový objem byl 200 ml. Hodnota pH se musela rovnat 3. Toho se docílilo přidáním nasyceného roztoku NaHCO₃. Roztok, u kterého bylo dosaženo těchto hodnot, se přefiltroval. Filtrace proběhla přes filtr ze skleněných vláken za sníženého tlaku. Tekutina, která se získala filtrací kvantitativně, se převedla do 500 ml odměrné baňky.

Než došlo k sorpci na kolonkách SPE, muselo dojít nejdříve k naředění vzorku 5% roztokem methanolu. Jak velké množství 5% roztoku methanolu se do vzorku přidalo, se řídilo potřebou vzorku. Ta se dá odpozorovat získáním zkušeností s obsahem aglykonů a podle obsahu doprovodných látek (barviva). Vzorek připravený tímto postupem se použil pro sorpci na tuhé fázi (SPE). Používaly se kolonky RP-18 (Merck), přizpůsobené promytím 10 ml methanolu a 10 ml vody. Po promytí se kolonka promyla ještě jednou 10 ml vody a se začala sušit pro dobu 20 minut vzduchem, který přes kolonku proudil. Látky, které zůstaly, se za použití 1,4 ml methanolu přemístily do měrné vialky. K výluhu, nacházejícím se v měrné vialce, se dodal roztok kyseliny α -naftyloctové v poměru 2mg/ml v množství 100 μ l.

Použit byl kapalinový chromatograf Agilent 1200 Series Rapid Resolutions (Agilent Technologies, USA) s kolonou Zorbax Eclipse SB-C18 (Agilent) o parametrech 4,6 x 50 mm se zrněním 1,8 μ m. Jako mobilní fáze A byl použit 5% acetonitril, 0,1 % mravenčí kyselina a voda. Mobilní fáze B byla složena z 0,1 % mravenčí kyseliny a acetonitrilu. Analýza probíhala za podmínek, kdy teplota byla 25°C, detekce vzorku při

270 nm, nástřik 5 μ l, průtok mobilní fáze 1 ml/min, délka rozboru trvala 15 minut. Výsledky se vyhodnocovaly podle poměru ploch píků zjišťovaných flavonoidů a vnitřního standardu. Kalibrační závislosti se zařadil obsah. Aby bylo možné zjistit kalibrační závislost, bylo nutné připravit roztoky. Ty vznikly z roztoků, které byly vedeny jako zásobní v pracovním rozsahu 5-100 μ g/ml. Omezení pro zjišťování bylo 1 mg/kg. Hranice pro stanovení byla 5 mg/kg sušiny. Každý vzorek se zkoumal a podstupoval rozbor 3x, aby se výsledek ověřil. Výsledek se stanovil jako aritmetický průměr a zapsala se směrodatná odchylka. Každá látka se porovnávala a rozřazovala podle retenčních časů a porovnávala se spektra zkoumaných látek se spektry standardů. Retenční časy byly u látky Myricetin 1,45 minut, u Morinu 2,79 minut, Luteolin 3,40 minut, Kvercetin 3,48 minut, Apigenin 5,02 minut a u látky Kemferol to bylo 5,40 minut.

Tato metoda byla provedena ve spolupráci s katedrou chemie Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích na jejím pracovišti. Celkem bylo zpracováno 24 vzorků.

Komentář k analytické metodě

Ve zpracovávaném rostlinném materiálu se flavonoidy nacházely především a většinou ve formě glykosidické. V glykosidech, což jsou deriváty sacharidu, se molekula flavonoidní necukerné složky váže na sacharid. Na rozdíl od těchto vázaných složek je obsah aglykonů velmi nízký.

Metoda, která byla zvolena, funguje tím způsobem, že se materiál, který je zkoumán, vystavuje kyselé hydrolyze. Tím se docílí rozštěpení přítomných glykosidů a dojde k uvolnění aglykonu. Tyto aglykony, jež se uvolní, se následně ze vzorku izolují. K izolaci se použila metoda sorpce na tuhé fázi (SPE) a stanovila se po rozdělení metodou HPLC. Díky této metodě bylo vysledováno šest nejvíce se vyskytujících flavonoidních aglykonů, je to myricetin, morin, luteolin, kvercetin, apigenin a kemferol.

Tato metoda byla použita z toho důvodu, že druhy glykosidů každého aglykonu v přírodních materiálech a jejich množství je příliš velké, proto by bylo stanovení jednotlivých obsahů každého z nich velmi náročné. Na rozdíl od toho je počet aglykonů, které glykosidy vytvářejí, menší a značně omezen. Díky tomu se dá lépe posoudit, podle kompletního obsahu příslušných flavonoidních aglykonů, obsah všech forem flavonoidních.

3.6 Použité chemikálie a přístroje

Chemikálie

redestilovaná voda (Premier, USA)
destilovaná voda (Merck, Německo)
 α -naftyloctová kyselina (Lachema, ČR)
L-askorbová kyselina (Merck, Německo)
chlorovodíková kyselina (Lachema, ČR)
methanol (LiChrosolv Reag. Ph. Eur, Merck)
acetonitril (LiChrosolv Reag. Ph. Eur, Merck)
hydrogenuhličitan sodný (Penta, ČR)
EDTA (LachNer, ČR)
gallová kyselina (Merck, Německo)
Folin-Ciocalteu činidlo (Merck, Německo)
mravenčí kyselina (Penta, ČR)

Přístroje a pomůcky

Sada laboratorního skla: (Fisher Scientific, Pardubice, ČR)
Skleněné filtrační zařízení (Sigma Aldrich)
Zkumavky s víčkem s teflonovým těsněním (Merck, Německo)
Analytické váhy AB 204 (Mettler Toledo, Švýcarsko)
Technické váhy Kern (Merck, Německo)
Pipety automatické, objem 20-200 μ l a 100-1000 μ l Transferpette (Treff AG, Švýcarsko)
Kombinovaná lednička s chladničkou (Bosch Cooler, Německo)
Teplovzdušná sušárna ULM (Memmert, Německo)

Magnetické míchadlo (Heidolph, Německo)

SPE kolonky RP-18 (Merck, Německo)

Dávkovač kapalin 5 ml (Sklo Union, ČR)

SPE izolační jednotka (vývojové dílny JU, ČR)

Filtry ze skleněných vláken GF/C (Whatman, Velká Británie)

Filtrační papír Filtrak (Filtrak GmbH, Německo)

Kapalinový chromatograf Agilent 1200 Series Rapid Resolution LC System
(Agilent

Technologies, USA), detektor DAD UV VIS (Agilent Technologies, USA)

Kolona Zorbax SB-C8 (4,6 x 150 mm, zrnitost částic stacionární fáze 5 μm)
(Agilent

Technologies, USA)

Kolona Zorbax SB-C18 (4,6 x 50 mm, zrnitost částic stacionární fáze 1,8 μm)
(Agilent

Technologies, USA)

Biochrom WPA Lightwave II spektrofotometr (WPA Biochrom, UK)

Spektrofotometr Biochrom Libra 11 (Merck, Německo)

3.7 Použité statistické programy

Pro vyhodnocení výsledků do tabulek a grafů byl použit MS Excel 2013.

4 Výsledky

4.1 Celkový obsah fenolických látek

Polyfenolické látky a jejich stanovení se provádělo pomocí přístroje Biochrom Libra S11 při vlnové délce 765 nm. Standard, se kterým se vzorky porovnávaly, byla kyselina gallová. Analýza byla provedena jako první u čerstvých rostlin celeru, což byla výchozí surovina.

Nejdříve se stanovily fenolické látky a jejich celkové množství u bulvy celeru bulvového, řapíku celeru řapíkatého a nakonec listů u celeru listového v syrovém stavu. Následně se celer připravoval dle kuchyňských úprav, které se používají v gastronomii nejčastěji, což je sušení a var po dobu dvaceti minut. Analýza se prováděla i u výluhu z těchto rostlin po povaření. Stanovení bylo provedeno vždy třikrát.

4.1.1 Celer bulvový, řapíkatý, listový – čerstvý

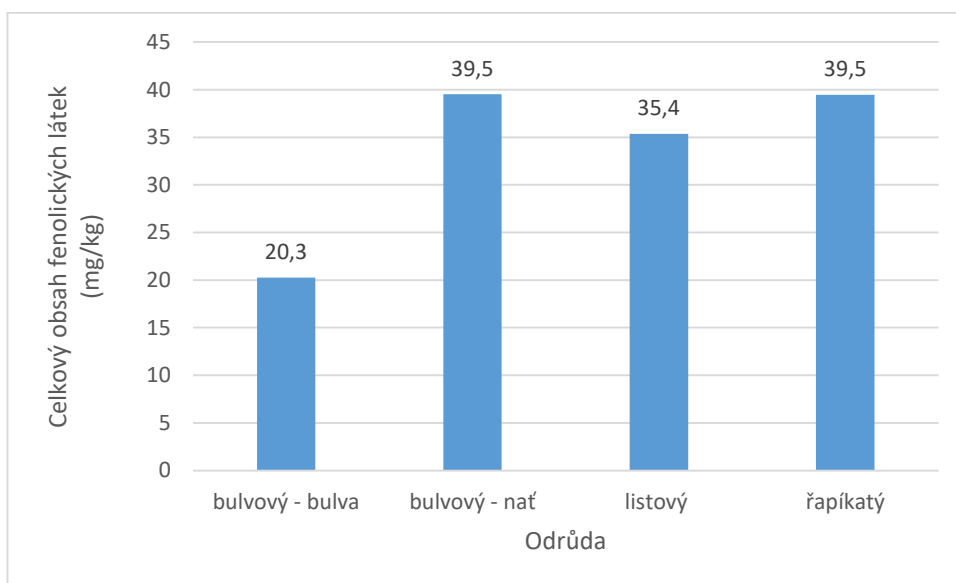
Při tomto testování bylo zjišťováno množství polyfenolů v čerstvém celeru. V tabulce č. 2 jsou zaznamenány výsledky vztahující se k obsahu fenolických látek v celeru v čerstvém stavu.

Celer čerstvý	mg/kg			
	X min	X max	SD	\bar{x}
Bulvový - bulva (Maxim)	1,38	29,8	13,3	20,3
Bulvový - nať (Maxim)	39,0	40,1	0,46	39,5
Listový	34,3	36,0	0,76	35,4
Řapíkatý (Malachit)	39,3	39,6	0,11	39,5

Tabulka č. 2 Obsah polyfenolů v čerstvém celeru bulvovém, řapíkatém a listovém

Z tabulky je patrný znatelný rozdíl mezi celerem bulvovým – bulvou a ostatními měřeními vzorky. U celeru bulvového – bulvy vyšel minimální výsledek množství fenolických látek 1,38 mg/kg, maximální výsledek 29,8 mg/kg a celkový průměr ze všech tří měření vyšel 20,3 mg/kg \pm 13,3 mg/kg. U celeru bulvového – nať vyšlo nejnižší množství fenolických látek ve druhém měření, a to 39,0 mg/kg. Celkový průměr měl hodnotu 39,5 mg/kg \pm 0,46 mg/kg. Celer listový měl minimální naměřenou hodnotu fenolických látek 34,3 mg/kg, nejvyšší hodnota fenolických látek byla 36,0 mg/kg a průměr z měření vyšel 35,4 mg/kg \pm 0,76 mg/kg fenolických látek. Řapíkatý celer byl v obsahu fenolických látek téměř shodný s celerem bulvovým a jeho natí. Minimální hodnota fenolických látek v řapíkatém celeru byla 39,3 mg/kg, maximální hodnota byla 39,6 mg/kg a průměr všech naměřených hodnot byl 39,5 mg/kg \pm 0,11 mg/kg fenolických látek v jednom kilogramu celeru.

Pro lepší přehlednost jsou průměry naměřeného množství fenolických látek v celeru uvedeny v grafu č.1.



Graf č. 1 Množství polyfenolů v čerstvém celeru bulvovém, řapíkatém a listovém

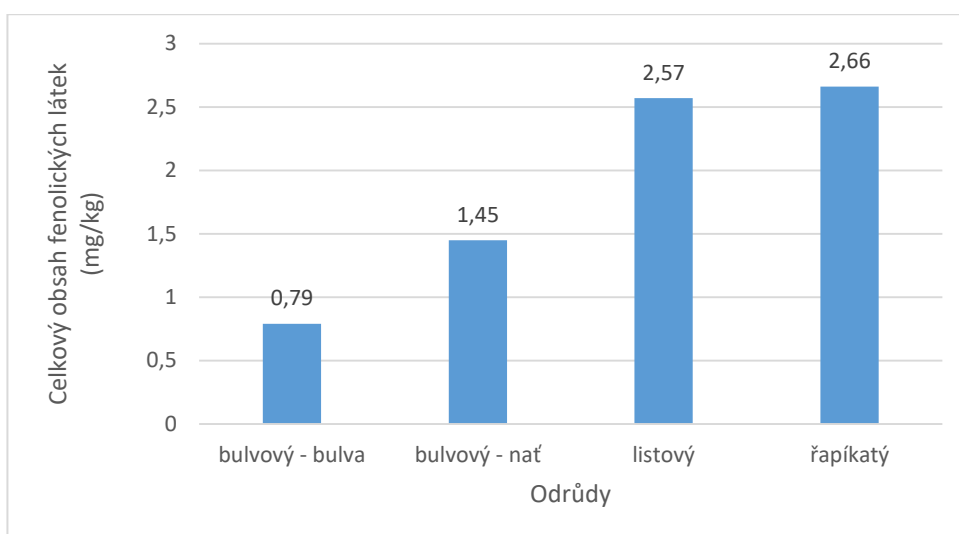
4.1.2 Celer bulvový, řapíkatý, listový – extrakt po povaření

V tabulce č. 3 s názvem Obsah polyfenolů v extraktu po povaření celeru bulvového, listového, řapíkatého jsou znázorněny hodnoty fenolických látek, které jsme měřili v celeru, který se 20 minut vařil v malém množství vody v poměru 1 : 1.

Celer - extrakt po povaření	mg/kg			
	X min	X max	SD	\bar{x}
Bulvový - bulva (Maxim)	0,52	0,94	0,20	0,79
Bulvový – nať (Maxim)	1,45	1,46	0,01	1,45
Listový	2,55	2,60	0,02	2,57
Řapíkatý (Malachit)	2,65	2,66	0,01	2,66

Tabulka č. 3 Obsah polyfenolů v extraktu po povaření celeru bulvového, listového, řapíkatého

Celé měření se opakovalo třikrát a nejnižší hodnota byla naměřena u bulvového celeru a jeho bulvy. Nejnižší množství fenolických látek bylo 0,52 mg/kg a nejvyšší 0,94 mg/kg. Průměr všech naměřených hodnot bulvového celeru – bulvy se rovnal 0,79 mg/kg \pm 0,20 mg/kg. Celer bulvový a jeho nať se v měření příliš neodlišovala. V prvním měření vyšel počet 1,45 mg/kg, což bylo nejméně. Naopak ve druhém měření vyšel počet fenolických látek na 1,46 mg/kg. Průměr vyšel na 1,45 mg/kg \pm 0,01 mg/kg. Velmi znatelný rozdíl byl u listového celeru. Nejnižší množství fenolických látek, které bylo naměřeno, bylo 2,55 mg/kg. Naopak nejvyšší hodnota se rovnala 2,60 mg/kg. Celkový průměr naměřeného množství fenolických látek ve všech třech měřeních byl 2,57 mg/kg \pm 0,02 mg/kg. Řapíkatý celer měl nejvíce fenolických látek ze všech testovaných vzorků vztahujících se k měření v extraktu po povaření. Minimální hodnota byla 2,65 mg/kg. Nejvyšší hodnota se lišila pouze o 0,01 mg/kg. Průměr se rovnal 2,66 mg/kg \pm 0,01 mg/kg. Průměry měření byly pro lepší orientaci zaznamenány do grafu č. 2.



Graf č. 2 Množství polyfenolů v extraktu celeru bulvovém, řapíkatém a listovém po povaření

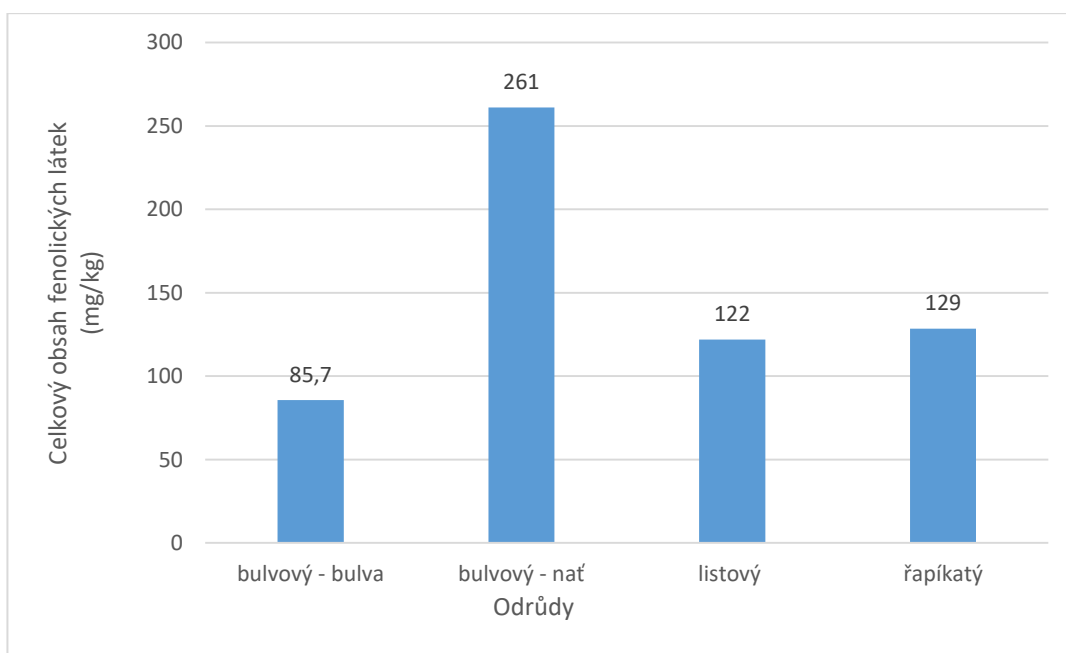
4.1.3 Celer bulvový, listový, řapíkatý – výluh po povaření

Výluh po povaření měl na obsah fenolických látek zásadní vliv, jak je znatelné z tabulky č.4, množství fenolických látek vzrostlo.

Celer - výluh po povaření	mg/kg			
	X min	X max	SD	\bar{x}
Bulvový - bulva (Maxim)	83,3	87,0	1,68	85,7
Bulvový - nať (Maxim)	261	261	0,30	261
Listový	113	139	11,9	122
Řapíkatý (Malachit)	128	129	0,10	129

Tabulka č. 4: Obsah polyfenolů ve výluhu po povaření celeru bulvového, listového a řapíkatého

Celer bulvový-bulva měl ze všech vzorků nejmenší obsah fenolických látek. Průměr naměřených hodnot byl $85,66 \text{ mg/kg} \pm 1,68 \text{ mg/kg}$. Nejméně látek vyšlo ve druhém měření, a to $83,3 \text{ mg/kg}$. Oproti tomu bylo nejvíce látek zjištěno ve třetím měření, a to $87,0 \text{ mg/kg}$. Celer bulvový - nať měl z měření vztahující se k této úpravě nejvyšší hodnoty. Hodnota, která byla nejvyšší ze všech tří opakování, byla 261 mg/kg . Mezi nejnižším a nejvyšším obsahem fenolických látek byl rozdíl $1,31 \text{ mg/kg}$. Průměr zjištěných výsledků obsahů fenolických látek byl $261 \text{ mg/kg} \pm 0,28 \text{ mg/kg}$. U listového celeru byl celkový průměr naměřených hodnot ze tří opakování $122 \text{ mg/kg} \pm 11,9 \text{ mg/kg}$. Nejvyšší hodnota, která byla v těchto opakování naměřena, byla 139 mg/kg , a naopak nejnižší hodnota se rovnala 113 mg/kg . Řapíkatý celer měl hodnotu fenolických látek taktéž vysokou. Nejnižší naměřený výsledek se rovnal 128 mg/kg . Nejvyšší hodnota byla jen o necelé tři desetiny vyšší, rovnala se 129 mg/kg . Průměr byl vypočítán na $129 \text{ mg/kg} \pm 0,09 \text{ mg/kg}$. V následujícím grafu č. 3 jsou průměry všech měřených vzorků zaznamenány.



Graf č. 3 Množství polyfenolů ve výluhu celeru bulvovém, řapíkatém a listovém po povaření

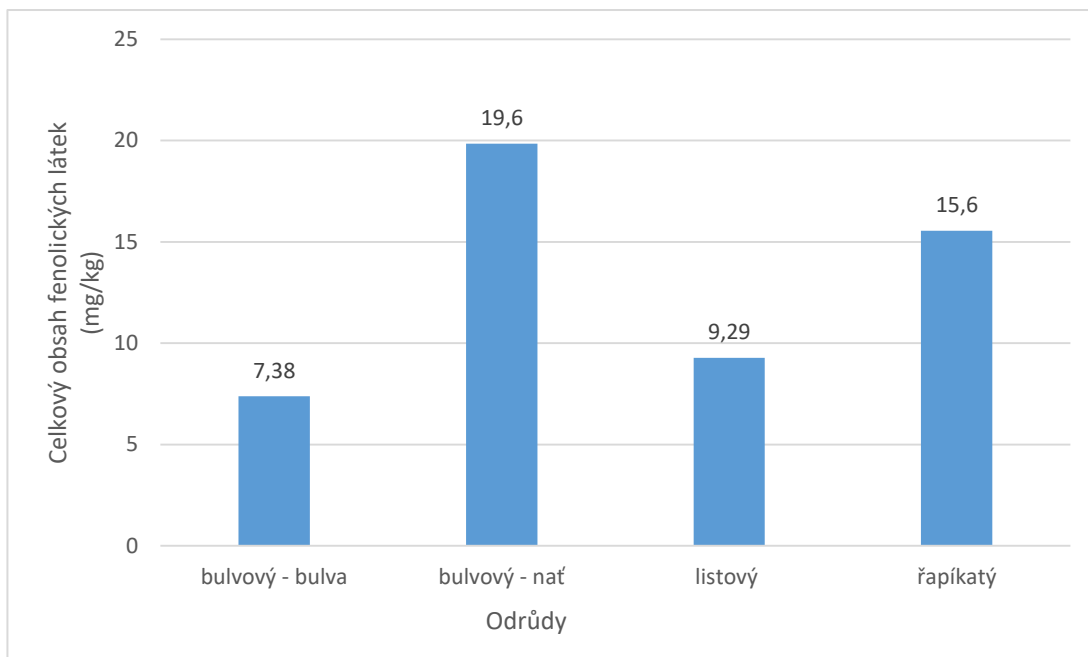
4.1.4 Celer bulvový, listový, řapíkatý – sušený

V tabulce č. 5 s názvem Obsah polyfenolů v sušeném celeru bulvového, listového a řapíkatého jsou znázorněny minimální a maximální hodnoty fenolických látek naměřených v usušeném celeru, dále je uvedena směrodatná odchylka a průměr výsledků všech provedených měření.

Celer sušený	mg/kg			
	X min	X max	SD	\bar{x}
Bulvový - bulva (Maxim)	5,85	8,17	1,08	7,38
Bulvový - nať (Maxim)	19,3	20,1	0,38	19,9
Listový	9,28	9,29	0,01	9,29
Řapíkatý (Malachit)	8,87	18,9	4,73	15,6

Tabulka č. 5: Obsah polyfenolů v sušeném celeru bulvového, listového a řapíkatého

Nejnižší naměřená hodnota u celeru bulvového – bulvy byla 5,85 mg/kg. Nejvyšší hodnota, která byla při opakování naměřena, se rovnala 8,17 mg/kg a průměrný výsledek všech opakování je 7,38 mg/kg \pm 1,08 mg/kg. U celeru bulvového – nať bylo naměřené minimum 19,3 mg/kg, naopak maximum se rovnalo 20,1 mg/kg. Průměr naměřených výsledků všech opakování u nati celeru bulvového byl 19,9 mg/kg \pm 0,38 mg/kg. Celer listový měl nejnižší množství fenolických látek jen o 0,01 mg/kg nižší než jeho maximum. Minimum bylo 9,28 mg/kg a maximální obsah se rovnal 9,29 mg/kg. Průměr ze všech hodnot naměřených u celeru listového při opakování byl 9,23 mg/kg \pm 0,01 mg/kg. V rostlině celeru řapíkatého byla naměřena nejnižší hodnota 8,87 mg/kg. Nejvyšší hodnota se lišila o 10,1 mg/kg, rovnala se 18,9 mg/kg. Průměr výsledků všech měření celeru řapíkatého, který prošel procesem sušení, byl 15,6 mg/kg \pm 4,73 mg/kg.



Graf č. 4 Množství polyfenolů v sušeném celeru bulvovém, řapíkatém a listovém

4.2 Stanovené látky fenolické povahy v celeru řapíkatém, naťovém a bulvovém

Látky fenolické povahy, které se v celeru objevily, byl Apigenin, Luteolin a Kemferol. Tyto látky se objevily u všech testovaných vzorků rostlin. U každého vzorku se provádělo opakování tak, aby došlo k ujištění naměřených hodnot. Minimální a maximální hodnoty jsou zapsány v tabulkách, které se nacházejí u každé látky v následujících podkapitolách. Jsou v nich také zapsány směrodatné odchylky a průměr výsledků získaných testování.

4.2.1 Apigenin

Apigenin byl jednou z látek, která se vyskytovala ve všech částech celeru bulvového a ve všech odrůdách celeru.

Apigenin	mg/kg			
	X min	X max	SD	\bar{x}
bulvový - bulva	1280	1300	10	1290
bulvový - nať	7470	7650	90	7560
listový	4670	5030	180	4850
řapíkatý	3240	3250	5	3245

Tabulka č. 6: Stanovené látky fenolické povahy v celeru řapíkatém, naťovém a bulvovém -Apigenin

Nejvíce se apigenin vyskytoval v nati celeru bulvového, jeho maximální množství bylo 7650 mg/kg. Minimální hodnota, která byla při opakování naměřena, byla 7470 mg/kg. Průměr, získaný výpočtem ze všech zjištěných hodnot při opakování měření v této části rostliny, byl 7560 mg/kg \pm 90 mg/kg. Oproti tomu nejnižší množství apigeninu obsahovala bulva celeru bulvového. Naměřené minimum bylo 1280 mg/kg a maximum 1300 mg/kg. Průměr apigeninu u této odrůdy se rovnal 1290 mg/kg \pm 10 mg/kg. Odrůda, která obsahovala druhé nejvyšší množství fenolické látky apigenin, byl celer listový. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou byl 360 mg/kg. Nejnižší hodnota byla 4670 mg/kg a nejvyšší 5030 mg/kg. Průměr množství v tomto testování byl 4850 mg/kg \pm 180 mg/kg. U rostliny řapíkatého celeru bylo maximum apigeninu 3250 mg/kg a minimum 3240 mg/kg. Průměr vyšel 3245 mg/kg \pm 5 mg/kg.

4.2.2 Kemferol

Kemferol se nacházel taktéž ve všech částech celeru bulvového a ve všech odrůdách celeru. Oproti apigeninu bylo množství velmi nízké.

Kemferol	mg/kg			
	X min	X max	SD	\bar{x}
bulvový - bulva	157	179	11	168
bulvový - nať	696	703	3,5	700
listový	517	539	11	528
řapíkatý	710	717	3,5	714

Tabulka č. 7: Stanovené látky fenolické povahy v celeru řapíkatém, naťovém a bulvovém - Kemferol

Nejvyšších hodnot dosáhl celer řapíkatý, zde bylo naměřeno nejméně 710 mg/kg a nejvíce 717 mg/kg. Průměr hodnot získaných testováním celeru řapíkatého byl 714 mg/kg \pm 3,5 mg/kg. Nejméně kermferolu měla stejně jako u apigeninu bulva celeru bulvového. Minimum 157 mg/kg bylo naměřeno v prvním testování, nejvíce bylo naměřeno při druhém opakování, a to 179 mg/kg. Průměr naměřených hodnot se rovnal 168 mg/kg \pm 11 mg/kg. Druhé nejnižší hodnoty měl celer listový, jeho minimální hodnota dosahovala 517 mg/kg a maximální se rovnala 539 mg/kg a průměr vyšel 528 mg/kg \pm 11 mg/kg. Celer bulvový a jeho nať obsahovala druhé největší množství kermferolu. Naměřené maximum bylo 703 mg/kg a minimum se rovnalo 696 mg/kg. Průměr naměřených hodnot byl 700 mg/kg \pm 3,5 mg/kg.

4.2.3 Luteolin

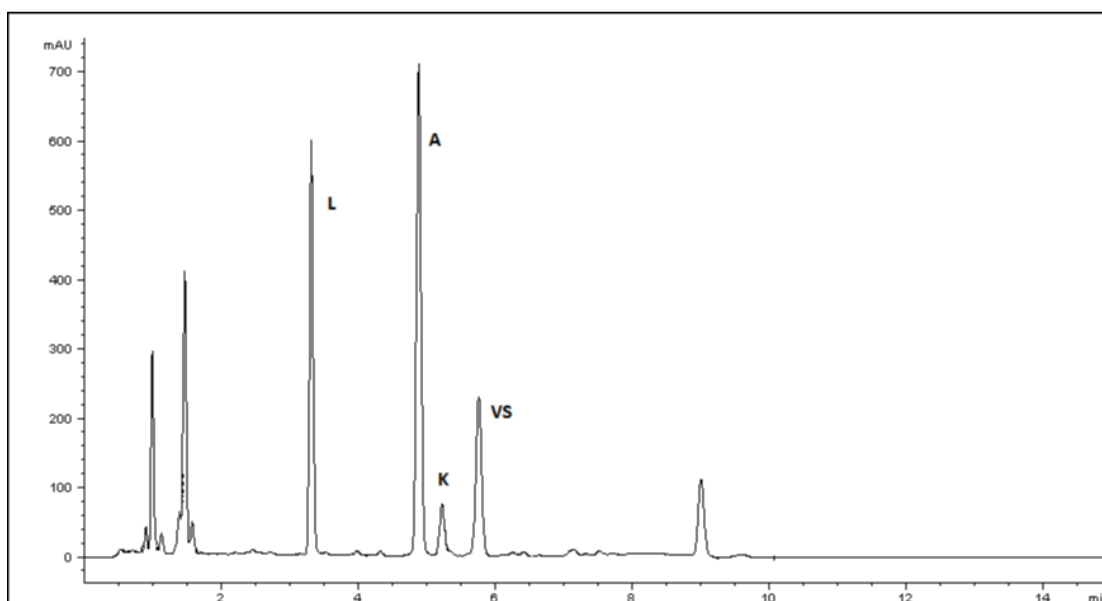
Nejnižší množství luteolinu obsahoval celer bulvový a jeho bulva, ta měla minimální množství. Minimum obsahu této látky dosahovalo hodnoty 80 mg/kg a maximální obsah vyšel při druhém opakování 102 mg/kg, průměr všech výsledků v tomto měření se rovnal 91 mg/kg \pm 11,5 mg/kg.

Luteolin	mg/kg			
	X min	X max	SD	\bar{x}
bulvový - bulva	80	102	12	91
bulvový nať	3770	3830	30	3800
listový	2910	3110	100	3010
řapíkatý	1450	1460	5,0	1455

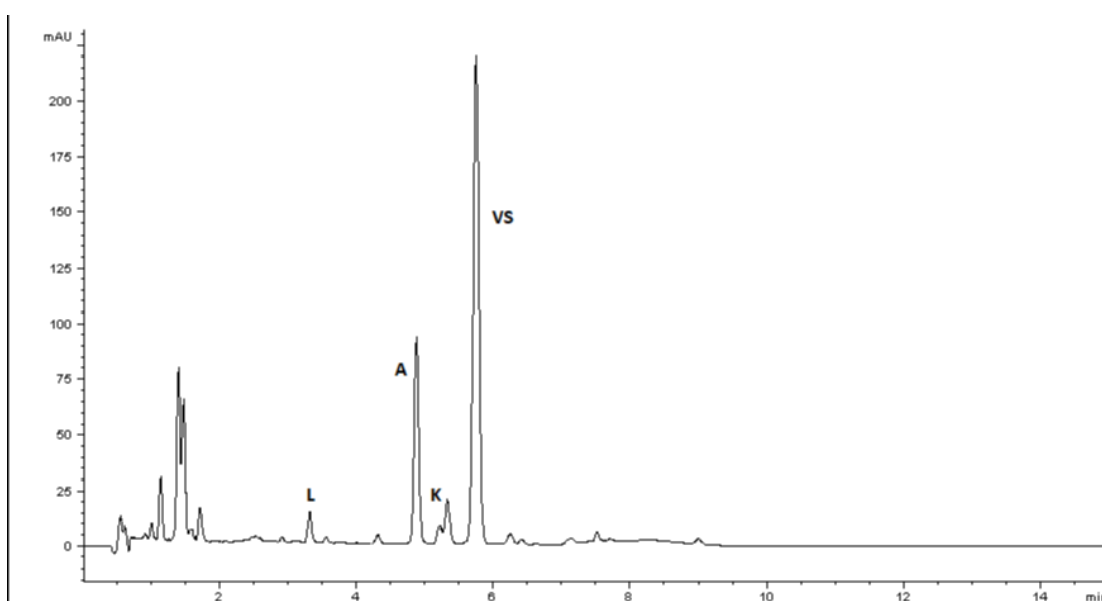
Tabulka č. 8: Stanovené látky fenolické povahy v celeru řapíkatém, naťovém a bulvovém - Luteolin

Stejně jako u apigeninu, nejvíce luteolinu obsahovala nať bulvového celeru, a to 3770 mg/kg v prvním měření, při opakovaném měření vyšla hodnota 3830 mg/kg a průměr obsahu luteolinu všech měření byl 3800 mg/kg \pm 30 mg/kg. U listového celeru vyšla maximální hodnota 3110 mg/kg a minimální 2910 mg/kg. Průměr odpovídal 3010 mg/kg \pm 100 mg/kg. U řapíkatého celeru se hodnoty maximálního a minimálního výsledku lišily o 10 mg/kg. Minimum bylo 1450 mg/kg a maximum 1460 mg/kg. Průměr se rovnal 1455 mg/kg.

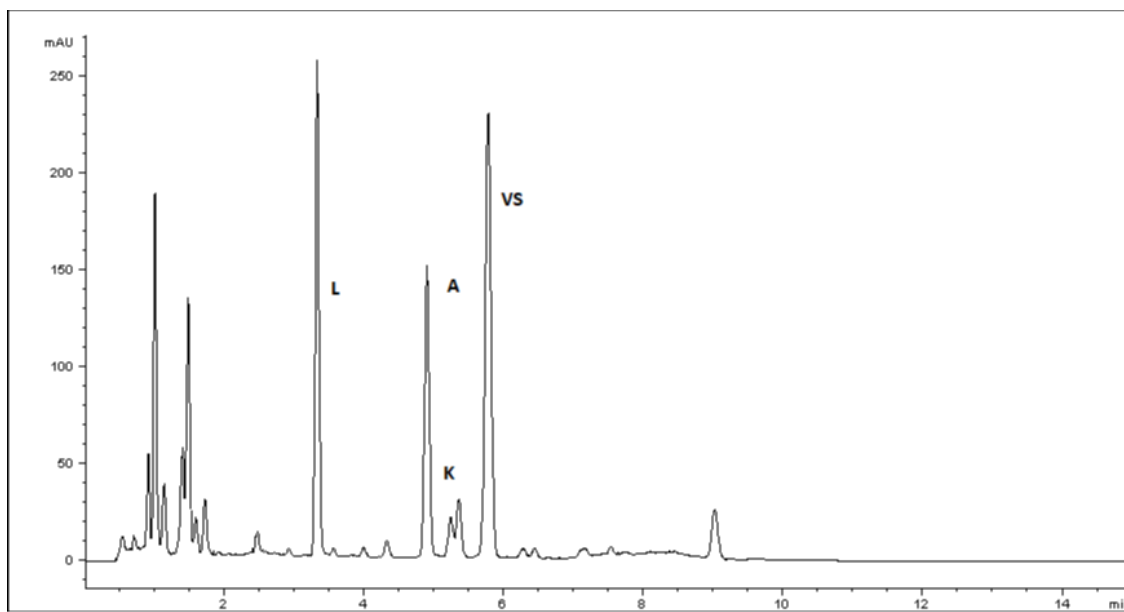
V následujících třech znázorněních jsou zaznamenány hodnoty výše zmiňovaných fenolických látek.



Obrázek 16: Chromatografický záznam analýzy celeru bulvového – list



Obrázek 17: Chromatografický záznam analýzy celeru bulvového –
bulva



Obrázek 18: Chromatografický záznam analýzy celeru řapíkatého

5 Diskuze

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, jaký vliv mají kuchyňské úpravy na obsah fenolických látek v rostlině celeru. Testování proběhlo u celeru bulvového (jeho natě i bulvy), celeru listového a řapíkatého. Kuchyňské úpravy se provedly dvě nejčastější, sušení a vaření a testován byl i čerstvý stav vzorku celeru. Vzorky z čerstvého celeru a jejich průměry obsahu fenolických látek se pohybovaly od 20,3 mg/kg do 39,5 mg/kg. Oproti tomu sušený celer měl hodnoty od 7,38 mg/kg do 19,9 mg/kg. Povařený celer měl hodnoty obsahů fenolických látek od 0,79 mg/kg do 2,66 mg/kg. Výluh, který byl získán po povaření celeru, měl obsah fenolických látek v rozmezí od 85,7 mg/kg do 261 mg/kg. Z výsledků vyplývá, že nejvíce fenolických látek se prokázalo ve výluhu po povaření a nejmenší obsah fenolických látek měl extrakt, ze kterého výluh vznikl. Tato skutečnost, podle mého názoru, byla způsobena tím, že celer byl vařen v malém množství vody, a tím došlo k vyplavení fenolických látek z části rostliny. Odpovídal by tomu i fakt, že v extraktu bylo nalezeno velmi malé množství těchto látek.

Velmi mě překvapilo zjištění, že čerstvý celer měl o téměř šestkrát nižší hodnotu obsahu fenolických látek, než výluh, vzniklý jeho povařením. Je možné, že během vaření došlo k uvolnění látek do extraktu a díky chemickým reakcím, které proběhly při vysoké teplotě, došlo zde k navýšení obsahu fenolických látek. Laxová (2017) ve své práci uvádí stejný poznatek, k jakému jsem došla i v mé práci. Pokud došlo k tepelnému zpracování potraviny, došlo také k navýšení obsahu fenolických látek.

Zajímavým zjištěním je i velký rozdíl obsahu celkových fenolů ve výluhu z celeru mezi celerem bulvovým, jeho bulvou a jeho natí. Z výsledků vyplývá, že bulvový celer - bulva má přibližně třikrát menší hodnotu naměřených obsahů než jeho nat', přitom má původní domněnka byla opačná. Právě nat' se často používá jako koření, musí být tedy velmi výrazná.

Velký pokles fenolických látek nastal po usušení celeru. Čerstvý celer měl průměrné hodnoty fenolických látek od 20,3 mg/kg do 39,5 mg/kg. Naopak usušený celer měl průměrné hodnoty od 7,38 mg/kg do 19,9 mg/kg. Z těchto výsledků by se mohlo usoudit, že zjišťované látky se během sušení ničí a kvůli tomu ubývají. Došlo tedy zřejmě k opačnému efektu než u získávání výluhu. V mé práci se potvrdilo tvrzení, že dochází k degradaci fenolických látek, které uvedli autoři Orphanides, Goulas, Gekas (2013).

V porovnání se zeleninou, kterou testovala Gritzová (2010), měl v průměru celer téměř osmkrát více fenolických látek, a to 33,7 mg/kg.

Gritzová (2010) naměřila v rajčatech 3,04 mg/kg fenolických látek, salátových okurkách 3,27 mg/kg, hrášek obsahoval 2,70 mg/kg fenolických látek a cuketa měla průměrné množství 3,67 mg/kg. Nicméně toto zjištění odpovídá rozdílu chuti i vůně mezi touto zeleninou.

V porovnání s prací autorky Stránské (2017), která porovnávala fenolické látky u rostlin rodu *Allium*, miřík celer oproti česnekovitým rostlinám obsahoval navíc fenolické látky luteolin a apigenin. Rod *Allium* měl navíc látku kvercetin. Miříkovité i česnekovité rostliny obsahovaly látku kemferol.

U drobného ovoce a sirupu z něj, který testovala ve své práci Laxová (2017), se neshoduje žádná zjištěná fenolická látka, s látkou, která se vyskytovala v celeru. U drobného ovoce byl zjištěn flavanol rutin, následovala kyselina chlorogenová a flavanol kvercin.

Děkanová (2010) se ve své práci zabývala fenolickými látkami u rodu *Chenopodium L.* a *Atriplex L.*, výsledky nalezených fenolických látek byly podobné jako u Laxové (2017). Obsažené látky byly flavanol kvercin a flavanol rutin. Nevyskytla se kyselina chlorogenová. Ani u těchto rostlin nebyla zjištěna žádná z fenolických látek, které se vyskytovaly v celeru.

U rodu *Mentha*, který zkoumala ve své práci Životská (2016), byly nalezeny látky flavonoidy a ubichinon. Tato autorka rovněž uvádí, že ve výluhu se zvýšila hodnota fenolických látek.

Kuchyňková (2007) prováděla výzkum vztahující se k fenolickým látkám v brukvovité zelenině. Došla k závěru, že při varu se obsah fenolických látek zvyšuje. Nejvíce fenolických látek měla zelenina, u které proběhla kuchyňská úprava párou. Důvodem je zřejmě přechod fenolických látek v důsledku vysokých teplot do vody. Když se zpracovává potravina za pomoci páry, projde zelenina stejnou teplotou jako u vaření, nicméně nedojde k vyplavení látek.

Ani v ovoci a ani v mátě nebyly nalezeny stejné látky jako v celeru miříku. Miřík celer tak vykazuje jiné majoritní fenolické látky. U každé z porovnávaných prací byl zjištěn nárůst fenolických látek při kuchyňských úpravách oproti čerstvému stavu rostliny, což potvrdilo i naše stanovení.

6 Závěr

V své diplomové práci jsem měla za cíl získat informace o fenolických látkách a zjistit, zda dochází k ovlivnění jejich množství při zvolených kuchyňských úpravách celeru. Kuchyňské úpravy byly provedeny dvě, a to vaření a sušení. U sušení se může jednat i o způsob konzervace. Obě úpravy jsem zvolila proto, že se s nimi v kuchyni setkávám nejčastěji a byly pro mě nejzajímavější.

V první části své diplomové práce se zabývám teorií. Jsou zde popsány fenolické látky a rostlina miřiku celeru. Druhá část se týká metodiky práce a informuje o postupu při měření a o metodách, které byly použity pro vlastní analýzy. V poslední části práce se věnuji interpretaci výsledků a diskuzi k tomuto tématu.

Rostlinný materiál byl pěstován na pozemku Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Byly vybrány tyto odrůdy: bulvový celer odrůda Maxim (použita bulva i nať), řapíkatý celer odrůda Malachit a celer listový (bez uvedení odrůdy). Následně došlo k laboratornímu zpracování získaného rostlinného materiálu. Stanovení obsahu celkových fenolů probíhalo na katedře biologie Pedagogické fakulty spektrofotometrickou metodou s použitím FC činidla. Metodou HPLC byly identifikovány konkrétní fenolické látky ve všech odrůdách- tato stanovení probíhalo ve spolupráci s katedrou chemie ZF JU.

Největší množství fenolických látek bylo zjištěno v sušené nati a to u nati celeru bulvového. Vysoké obsahy fenolických látek byly prokázány také ve výluhu z povaření, nejvíce rovněž v nati celeru bulvového. Ve všech odrůdách celeru byly zjištěny tři majoritní fenolické látky a to Apigenin, Kemferol a Luteolin.

Velmi zajímavé by bylo pokračování analýz a ověření dalších možných kuchyňských úprav a druhů konzervace na množství fenolických látek v této zelenině.

7 Seznam literatury

ADRIAN, M., DOUILLER-BREUIL, A. C., TESSON, L., a kol., 2000: *Stilbene Content of Mature Vitis vinifera Berries in Response to UV-C Elicitation. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, [online]. Dostupné z WWW: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0009910> [cit. 13. března 2019].

BAJAJ, Y. P. S., 1998: *Biotechnology in Agriculture and Forestry* 2. 2. vydání. Berlin: Spinger. 246 s. e-ISBN-13 :978-3-642-61625-9.

BÁRTA J., 2016: *Rostlinné fenolové látky a flavonoidy*. [online]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/14319329-Rostlinne-fenolove-latky-a-flavonoidy.html> [cit. 13. března 2019].

BERHOW, M. A., VAUGHN, S. F. 1999: *Higher plant flavonoids: Biosynthesis and chemical ecology*. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.intechopen.com/books/flavonoids-from-biosynthesis-to-human-health/flavonoids-classification-biosynthesis-and-chemical-ecology> [cit. 13. března 2019]

BOJKOVÁ, 2010: *Studium fenolických kyselin a proteinového složení mouky z lupiny bílé (Lupinus Albus L.)*. Diplomová práce. Olomouc. 92 s.

BOTANY, 2008: *Květena ČR*, [online]: Dostupné z WWW: <http://botany.cz/cs/kvetena-ceske-republiky> [cit. 13. března 2019]

BRUNETON, J., 1995: *Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal plants*. 2. vydání, Paris: Lavoisier Publishing Ing.; Hampshire, England: Intercept Ltd. 1119 s. ISBN 2-7430-0316- 2

BUCHANAN B. B., GRUISSEM W., JONES R. L., 2015: *Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists*. 2. vydání. Rockville: Wiley Blackwell. 1280 s. ISBN 978-0-470-71421-8

CROZIER, A., CLIFFORD, M. N., ASHIHARA, H., a kol., 2006: *Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet*. 1. vydání. John Wiley a Sons 384 s. ISBN: 9781405125093

CROTEAU, R., KUTCHAN, T. M., LEWIS, N. G., 2000: *Natural products (secondary metabolites). Biochemistry and molecular biology of plants*. [online] Dostupné z WWW:

https://www.researchgate.net/publication/312434689_Natural_products_secondary_metabolites_in_Biochemistry_and_molecular_biology_of_plants_edited_by_B_Buchanan_W_Gruissem_and_R_Jones [cit. 13. března 2019]

DĚKANOVÁ, Z., 2010: *Obsah vybraných fenolických látek v některých zástupcích rodů *Chenopodium L.* a *Atriplex L.** Diplomová práce. České Budějovice. 61 s.

DUDA, M., STŘELEČEK, V., 1986: *Lahůdková zelenina*. 1. vydání. Bratislava: Příroda, 224 s. ISBN: 64-070-86

ERNST, E., 2003: *Medicinal and Aromatic Plants—Industrial Profiles. Vol. 31. Hypericum*. 1. vydání. Taylor & Francis. 256 s. ISBN: 9780415369541

FIEDOROVÁ, I., 2008: *Fenolické látkové složky v potravinách*. Bakalářská práce. Brno. 32 s.

GRIZOVÁ, J., 2010: *Stanovení fenolových látek a antioxidační aktivity v zelenině a ovoci a jejich šťávách pěstovaných bio a tradičně*. Diplomová práce. Brno. 60 s.

HAMPL, R., LAPČÍK, O., 1996: *Jíte rádi flavonoidy?* Praha: Vesmír s.r.o. 3(75). ISSN 0042-4544

HAVLÍK, J., MAROUNEK M., 2012: *Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 135 s. ISBN: 978-80-213-2269-1.

HÁJEK, B., KLIKORKA, J., VOTINSKÝ, J., 1989: *Obecná a anorganická chemie*. 2. vydání. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury. 592 s. ISBN: 43.00

HELDT, H., 2010: *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. 4. vydání. Oxford: Oxford University Press. 1264 s. ISBN: 0128102144

HARMATHA, J., 2005: *Strukturní bohatství a biologický význam lignanů a jim příbuzných rostlinných fenylypropanoidů*. Praha: Chem. Listy, 99, str. 622 – 632.

INDERJIT, K. M. M., DAKSHINI L., CHESTER L. F., 1999: *Principles and Practises of Plant Ekology*. Florida: CrC Press. Illinois, 608 s. ISBN: 9780849321160

JAROŠOVÁ, M., 2012: *Separační metody pro stanovení polyfenolických látek ve víně*. Diplomová práce. Brno. 53 s.

JEANDET, P., DELAUNOIS, B., CONREUX, A., a kol., 2010: *Biosynthesis, metabolism, molecular engineering, and biological functions of stilbene phytoalexins in plants*. *Biofactors*, [online]. Dostupné z WWW: <http://doi.wiley.com/10.1002/biof.108> [cit. 2019-04-16]

KERESTEŠ, J., 2011: *Zdravie a výživa ľudí*. 1. vydání. Bratislava: CAD Press. 1040 s. ISBN 978-80-88969-57-0.

KLOUDA, P., 2003, *Moderní analytické metody*. 2. vydání. Ostrava: Pavel Klouda, 132 s. ISBN 80-86369-07-2

KOLATTUKUDY, P. E., 2002: *Suberin from Plants, in Biopolymers. Polyesters I*. [online]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1002/3527600035.bpol3a02> [cit. 2019-04-16]

KOPEC, K., 2010, *Zelenina ve výživě člověka*. 1. vydání. Praha: Grada. 159 s. ISBN: 978-80-247-2845-2

KOTT, L., MORAVEC, J., 1989, *Pěstování a použití méně známých zelenin*. 1. vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 272 s. ISBN: 07-035-89

KOUŘIMSKÁ, L., SABOLOVÁ, M., DVOŘÁKOVÁ, B., a kol., *Antioxidant activity of Lamiaceae herbs grown under organic and conventional farming*. [online]: Dostupné z WWW: <http://sab.czu.cz/?r=5594&mp=sab.detail&sab=86#605> [cit. 2019-04-15]

KREJČÍKOVÁ, A., 2012: *Zajímavé reakce fenolických látek* [online]. Dostupné z WWW: <http://konference.osu.cz/svk/sbornik2012/pdf/budoucnost/didaktika/krejcikova.pdf> [cit. 2016-2015].

KUCHYŇKOVÁ, Š., 2007: *Změny obsahových látek v brukvovité zelenině při různé kulinární úpravě*. Diplomová práce. Brno. 72 s.

LAXOVÁ, L., 2017: *Biologicky aktivní fenolické látky v drobném ovoci*. Diplomová práce. České Budějovice. 57 s.

LUŠTINEC, J., ŽÁRSKÝ V., 2003, *Úvod do fyziologie vyšších rostlin*. 1. vydání. Praha: Karolinum. 266 s. ISBN 80-246-0563-5.

MAGALHÃES, L. M., SANTOS, F., SEGUNDO, C. a kol., 2010: *Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of FolinCiocalteu reducing capacity*. *Talanta*. [online]. Dostupné z WWW: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0039914010007563> [cit. 2019-04-15]

MACHEIX, J., FLEURIET, A., BILLOT, J., 1990, *Fruit phenolics*. 1. vydání. Boca Raton, Fla.: CRC Press. 392 s. ISBN 978-084-9349-683.

MACHOLÁN, L. 1998: *Sekundární metabolity*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. 156 s. ISBN: 80-210-1735-X.

MALÝ, I. a kol., 1998: *Polní zelinářství*. 1. vydání. Praha: Agrospoj, 196 s. ISBN 80-239-4232-8

MÍKA, V. a kol., 2001: *Fenolické látky v lučních rostlinách*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. 116 s. ISBN 80-86555-07-0.

MIKEŠ, O., 2009: *Stanovení vybraných zdravotně prospěšných polyfenolických látek v hroznech révy vinné v podmínkách stresových faktorů*. Disertační práce. Brno. 76 s.

NEDOMA, J., KOUTNÍK V., HRDLIČKA P., 1994: *Anorganická a analytická chemie*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 224 s. ISBN 80-7157-133-4.

OBERBEIL, K., LENTZOVÁ, CH., 2003: *Léčba ovocem a zeleninou*. München: Südwest Verlag, 294 s. ISBN 80-7309-242-5.

ORPHANIDES, GOULAS, GEKAS, 2013: *Effect of Drying Method on the Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Spearmint* [online] Dostupné z WWW: https://www.researchgate.net/publication/257341565_Effect_of_Drying_Method_on_the_Phenolic_Content_and_Antioxidant_Capacity_of_Spearmint [cit. 2019-02 15].

PEKÁRKOVÁ, E., 2004: *Pěstujeme mrkev, ředkvičky, celer a další kořenové zeleniny*. 1. vydání. Praha: Grada, Česká zahrada. 100 s. ISBN 80-247-0744-6

PETŘÍKOVÁ, K., HLUŠEK, J., 2012: *Zelenina: pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*. 1. vyd. Praha: Profi Press. 191 s. ISBN 978-80-86726-50-2.

PICHERSKY E., GANG D. R., 2000. *Genetics and biochemistry of secondary metabolites in plants: an evolutionary perspective* [online] Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1360138500017416> [cit. 2019-02-15].

REE, T., KNANBABAE, K., *Classification and Definition. Natural Product Reports* [online] Dostupné z WWW: <http://xlink.rsc.org/?DOI=b1010611> [cit. 2019-02-15]

ROD, J., 2005: *Obrazový atlas chorob a škůdců zeleniny střední Evropy: ochrana zeleniny v integrované produkci včetně prostředků biologické ochrany rostlin*. 1. vydání. Brno: Biocont Laboratory, 392 s. ISBN 80-901874-3-9.

RŮŽIČKOVÁ, G., 2012: *Léčivé a kořeninové rostliny z čeledi miříkovité*. 1. vydání. Olomouc: Petr Baštan. 124 s. ISBN 978-80-87091-37-1.

RYPLOVÁ, R., 2014: *Fyziologie rostlin*. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita. 113 s. ISBN: 978-80-7394-499-5

ŘEPKA, R., KOBLÍŽEK, J., 2007: *Systematická botanika*. 1. vydání. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 80 s. ISBN 978-80-7375-024-4.

ŘEPKOVÁ J., 2013: *Odolnost rostlin k patogenům* [online] [cit. 2019-02-15]: Dostupné z WWW: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js13/genetika/web/pages/07-rezistence-k-patogenum.html> [cit. 2019-02-15]

SHAHIDI, F., NACZK, M., 2004: *Phenolics in food and nutraceuticals*. 1. vydání. Boca Raton: CRC Press. 576 s. ISBN 1- 58716-138-9.

SKORŇAKOV, S., JELÍNEK, J., VĚTVIČKA, V., 1991: *Zelená kuchyně*. 2. vydání. Praha: Lidové nakladatelství Planeta. 400 s.

STRÁNSKÁ, L., 2017: *Biologicky aktivní fenolické látky ve vybraných zeleninách rodu Allium*, Bakalářská práce. České Budějovice. 71 s.

TRONIČKOVÁ, E., 1985: *Zelenina*. 1. vydání. Praha: ARTIA. 223 s. ISBN: 37-012-85.

VALENTOVÁ, A. *Chempoint. Know-how*. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.chempoint.cz/co-jsou-to-antioxidanty> [cit. 2018-11-12].

VELÍŠEK, J., 2002: *Chemie potravin*. 2. vydání. Tábor: OSSIS. 620 s. ISBN 80-8665901-1.

VELÍŠEK, J., HAJŠOVÁ, J., 2009: *Chemie potravin II.* 3. vydání. Tábor: OSSIS. 644 s. ISBN 978-80-86659-16-9.

VELÍŠEK, J., CEJPEK K., 2008: *Biosynthesis of food components*. 1. vydání. Tábor: OSSIS, 512 s. ISBN 978-80-86659-12-1.

WATERHOUS, A. L., 2002: *Determination of Total Phenolics. Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. [on-line]. Dostupné z WWW: https://www.researchgate.net/publication/278307744_Current_Protocols_in_Food_Analytical_Chemistry [cit. 13. 4. 2019]

WINKEL-SHIRLEY, B., 2002: *Biosynthesis of flavonoids and effects of stress*. *Current Opinion in Plant Biology*. 5(3). 223 s. ISSN: 13695266

ZLOCH, Z., 2003: *Zdravotní efekt polyfenolů z hlediska jejich příjmu a využitelnosti*. *Vojenské listy zdravotnické listy*. 72. 225-229 s.

ZOECKLEIN, B. W., FUGELSANG, K. C., GUMP, B. H., 1990: *Production Wine Analysis*. New York: Van Nostrand Reinhold. 621 s. ISBN: 0-442-23463-5.

ŽIVOTSKÁ, I., 2018: *Faktory ovlivňující kvalitu a množství látek fenolické povahy v rodě Mentha L.* Diplomová práce. Lednice. 76 s.

Použité internetové zdroje dostupné on-line:

<https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92545.aspx> [cit. 2019-04-5]

<https://www.bio-vymetal.cz/celer-bulvovy-bez-nate/sortiment10.html> [cit. 2019-04-17]

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Knolselderij_\(Apium_graveolens_var._rapaceum\)_%27Dolvi%27.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Knolselderij_(Apium_graveolens_var._rapaceum)_%27Dolvi%27.jpg) [cit. 2019-03-15]

<https://docplayer.cz/1559862-Flavonoidy-a-jejich-biologicke-pusobeni.html> [cit. 2019-03-15]

http://eagri.cz/public/web/file/408615/_32017.pdf [cit. 2019-04-10]

<http://ekochalupnik.cz/?p=1377> [cit. 2019-04-15]

<https://www.ireceptar.cz/zahrada/uzitkova-zahrada/jak-pestovat-a-sklizet-bulvovynatovy-a-listovy-celer/> [cit. 2019-04-15]

<https://prkynko.cuketka.cz/suroviny/rapi> [cit. 2019-04-15]

https://www.researchgate.net/figure/Representative-structure-of-apigenin-luteolin-and-quercetin_fig1_274125693 [cit. 2019-04-15]

<https://www.semo.cz/eshop/celer-rapikaty> [cit. 2019-04-15]

<http://studiumchemie.cz/experiment/anthokyany-v-rostlinach/> [cit. 2019-04-15]

<https://theses.cz/id/nravuq/119665-552025047.pdf> [cit. 2019-04-15]