

Stanovení vybraných analytických parametrů cibule

Bc. Jaroslav Pohořelský

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jaroslav POHOŘELSKÝ**
Osobní číslo: **T10526**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Stanovení vybraných analytických parametrů cibule**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika cibule, druhy a chemické složení.
2. Vlastností, zdravotní účinky a využití cibule.
3. Přehled analytických parametrů a metody jejich stanovení.

II. Praktická část

1. Stanovení sušiny a refraktometrické sušiny vybraných druhů cibule.
2. Stanovení celkového obsahu kyselin a hrubé vlákniny cibule.
3. Stanovení celkového obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity metodou DPPH ve vybraných druzích cibule.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] Briggs, M. **Česnek a cibule – Mnohostranné, užitečné a zdraví prospěšné.** Praha: Libri, 2009. 160 s. ISBN 978-80-7321-494-4.

[2] Končic, M., Jug, M. Antioxidant and bioadhesive properties of onions (*Allium L.*, Alliaceae) processed under acidic conditions. *International Journal of Food Properties.* 2011, 14, 92-101. ISSN 1094-2912.

[3] Prugar, J. a kol. **Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí.** Praha: VÚPS, 2008. 346 s. ISBN 978-80-86576-28-2.

[4] Lachman, J. et al. Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa L.*) varieties. *Horticultural Science (Prague).* 2003, 30, 142-147.

[5] Slimestad, R., Fossen, T., Vagen, I.M. Onions: a source of unique dietary flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2007, 55, 10067-10080.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Soňa Škrovánková, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce:

11. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: POHOŘECKÝ JAROSLAV

Obor: TECHNOLOGIE
HYGIENA
A EKONOMIKA
VÝROBY POTRAVIN

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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.

Ve Zlíně 13.5.2013

.....


¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *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, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

³⁾ *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, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce charakterizuje cibuli, její různé druhy, složení a zdravotní účinky. Popisuje metody stanovení vybraných analytických parametrů.

Praktická část je zaměřena na stanovení sušiny, rozpustné sušiny, celkového obsahu kyselin, hrubé vlákniny, polyfenolických látek metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem a antioxidační aktivity s DPPH u vybraných druhů cibule (žluté, bílé, červené, růžové a šalotky).

Klíčová slova: cibule, hrubá vláknina, polyfenoly, antioxidační aktivita, DPPH

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis characterizes onions, their types and composition, and health profits of onion consumption. Methods for the determination of selected analytical parameters are also described.

The practical part is focused on the determination of the content of dry matter, reflective index, total acidity, crude fiber, polyphenols with Folin-Ciocalteu agent, and antioxidant activity with DPPH, for selected types of onions (yellow, white, red, pink and shallots).

Keywords: onion, crude fiber, polyphenols, antioxidant activity, DPPH

Děkuji vedoucí mé diplomové práce Ing. Soni Škrovánkové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, skvělý přístup, cenné rady a podnětné připomínky, které mi poskytla při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Martě Severové za v pomoc laboratořích a při zpracování praktické části. Chtěl bych také poděkovat rodině a přátelům za všestrannou podporu během celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CIBULE	12
1.1 CHARAKTERISTIKA.....	12
1.2 BOTANICKÝ POPIS CIBULE.....	13
1.3 KVALITA.....	14
1.4 SKLADOVÁNÍ.....	14
1.5 ZPRACOVÁNÍ CIBULE.....	15
1.6 ŠKŮDCI A CHOROBY.....	15
2 DRUHY CIBULE	18
2.1 CIBULE ŽLUTÁ.....	19
2.2 CIBULE BÍLÁ.....	19
2.3 CIBULE ČERVENÁ.....	20
2.4 CIBULE RŮŽOVÁ.....	20
2.5 CIBULE ŠALOTKA.....	21
2.6 CIBULE ZIMNÍ – SEČKA.....	22
2.7 CIBULE PERLOVKA.....	23
2.8 CIBULE POSCHOĐOVÁ.....	23
3 SLOŽENÍ A ZDRAVOTNÍ ÚČINKY CIBULE	24
3.1 SLOŽENÍ.....	24
3.2 ZDRAVOTNÍ ÚČINKY.....	27
4 ANTIOXIDANTY	29
4.1 POLYFENOLY.....	29
4.1.1 Kvercetin.....	30
4.2 KYSELINA ASKORBOVÁ – VITAMÍN C.....	31
5 METODY STANOVENÍ	32
5.1 STANOVENÍ SUŠINY A VLNKOSTI.....	32
5.1.1 Přímé metody stanovení sušiny – nepřímé metody stanovení vlhkosti.....	32
5.1.2 Nepřímé metody pro stanovení sušiny – přímé metody stanovení vlhkosti.....	33
5.2 STANOVENÍ OBSAHU KYSELIN.....	33
5.3 STANOVENÍ VLÁKNINY.....	33
• Neenzymaticko-gravimetrické metody stanovení obsahu vlákniny.....	34
5.4 STANOVENÍ POLYFENOLICKÝCH LÁTEK.....	34
5.5 STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY.....	35
5.5.1 Eliminace radikálu.....	35
5.5.1.1 Metody hodnotící eliminaci syntetických radikálu.....	35
5.5.1.2 Metody hodnotící eliminaci kyslíkových radikálu.....	36
5.5.2 Metody hodnotící eliminaci lipidové peroxidace.....	37
5.5.3 Metody založené na hodnocení redoxních vlastností látek.....	37
• Metody chemické.....	37

5.5.4	Metody elektrochemické	37
II	PRAKTICKÁ ČÁST	38
6	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	39
7	MATERIÁL A POUŽITÉ PŘÍSTROJE.....	40
7.1	ANALYZOVANÉ VZORKY CIBULE	40
7.2	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	40
7.3	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY	40
8	METODIKA STANOVENÍ.....	42
8.1	STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY A VLHKOSTI.....	42
8.2	STANOVENÍ REFRAKTOMETRICKÉ SUŠINY	43
8.3	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU KYSELIN	43
8.4	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	44
8.5	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ	45
8.6	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	46
9	VÝSLEDKY A DISKUZE	47
9.1	STANOVENÍ SUŠINY A VLHKOSTI	47
9.2	STANOVENÍ REFRAKTOMETRICKÉ SUŠINY	48
9.3	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU KYSELIN	49
9.4	STANOVENÍ OBSAHU HRUBÉ VLÁKNINY	50
9.5	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ	52
9.5.1	Stanovení kalibrační přímky na standard kyseliny gallové.....	53
9.6	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	57
9.6.1	Stanovení kalibrační přímky na standard kyseliny askorbové.....	60
	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	72
	SEZNAM PŘÍLOH.....	73

ÚVOD

Cibule patří do čeledi Liliaceae a je pěstovaná pro svou podzemní část a některé druhy i pro svou nať. V České republice se dostala mezi nejoblíbenější druhy zelenin a je nezbytnou součástí přípravy většiny jídel.

Cibule je významná pro své kulinární použití a také léčivé vlastnosti. Už ve starých hliněných tabulkách Sumerů, bibli, staroegyptských papyrech či v knihách starověké Číny a Indie je zmíněno užití cibule, a to v souvislosti s jejími léčivými účinky. Hojně se cibule vyskytovala ve středoasijských stepích, kde rostla divoce. Její domestikace začala až na území dnešního Afghánistánu, Íránu a Pákistánu. Nyní se cibule pěstuje téměř ve všech zeměpisných šířkách, a stala se z ní skutečně univerzální plodina.

Jsou známy různé druhy cibule. Nejznámější jsou cibule žlutá, červená, bílá a šalotka. Každý druh cibule je specifický výrazností své chuti, aroma a barvou. To určuje, jaké bude její další kulinární zpracování.

Cibule je významný zdroj antioxidantů, vitaminů a minerálních látek. Obsahuje velké množství polyfenolických látek, flavonoidů, především kvercetinů, který má významné zdravotní účinky spočívající v jeho antioxidační aktivitě. Z vitaminů je hojně zastoupen vitamin C a z minerálních látek je v cibuli nejvíce draslíku, železa, manganu a zinku. Cenné u této zeleniny jsou i její antimikrobní vlastnosti díky látce dialk(en)ylsulfínát. Této vlastnosti se nejvíce využívá při konzervaci jiných potravin.

Experimentální část pojednává o zkoumání obsahu vybraných látek v různých druzích cibule. Zkoumán byl obsah sušiny (sušení při 105 °C), rozpustné sušiny (orientační obsah sacharózy refraktometricky), hrubé vlákniny (hydrolyticky použitím slabé kyseliny a slabé zásady), polyfenolických látek (spektrofotometricky s Folin-Ciocalteuovým činidlem), titrační kyselost a antioxidační aktivita (spektrofotometricky s DPPH).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CIBULE

Cibule se používala jako potravina, koření i lék od nepaměti. Předpokládá se, že lidé ji jedli a používali jako lék už v prehistorických dobách, kdy ještě neznali písmo.

Cibule pochází ze západní Asie z oblasti dnešního Íránu, Afgánistánu a Pákistánu, kde dosud rostou některé její plané druhy. Její potravinové a léčivé kultury vznikly v Číně a v Indii. Odtamtud se cibule rozšířila do celého světa. Byla pěstována a oblíbena už ve Starém Egyptě, Řecku, později Římě, odkud se její pěstování rozšířilo do celé Evropy [1, 2].

1.1 Charakteristika

Rod cibulovitých *Allium* obsahuje více než 300 rozdílných druhů. Užitečnou částí je nejčastěji vlastní cibule (*Bulbus allii capae*), ale také nať a listy cibule. Pro kuchyňské účely se nejvíce používají různé druhy cibule, šalotka, pórek, svazčítá, česnek a pažitka. Přestože některé z těchto rostlin existují i v plané podobě, většina typů této zeleniny jsou známy pouze jako pěstované druhy. Všechny druhy tohoto rodu spojuje jejich charakteristická štiplavá vůně a chuť. Vyznačují se vysokým obsahem silic, které brzdí růst bakterií, případně je ničí. Vytvářejí cibule složené ze zdužnatělých listů, či souboru zdužnatělých listů zásobními látkami [3,4].

Cibule kuchyňská je u nás po hlávkovém zelí nejrozšířenější a nejdůležitější zeleninou, bez které si nedokážeme představit přípravu mnoha pokrmů. Současná produkce je kolem 44 milionů tun za rok a ve světě je druhou nejvýznamnější plodinou po rajčatech. Má desítky místních i vyšlechtěných odrůd s chutí od sladké po štiplavou, s barvou od bělavé, žluté, hnědé až po červenou a s rozmanitými tvary od plochého, přes kulovitý po protáhlý. U nás pěstované odrůdy cibule patří spíše k polosladkým až sladkým [5, 6, 7].

Cibule se vyskytují v různých zeměpisných šířkách a nadmořských výškách v Evropě, Asii, Severní Ameriky a Afriky. Světová produkce cibule se zvýšila nejméně o 25 % za posledních 10 let. Odhadovaná roční světová produkce cibule je téměř 47 milionů tun v roce 2000. Hlavními produkčními oblastmi jsou Čína, Indie, Spojené státy, Rusko, Turecko a Írán [8,9].

1.2 Botanický popis cibule

Cibulové zeleniny patří do skupiny čeledi liliovitých (*Liliaceae*). V botanickém systému patří mezi jednoděložné cizosprašné rostliny. Je to dvouletá až vytrvalá rostlina.

Cibule není v pravém slova smyslu kořen, nýbrž podzemní pupen, který se skládá z dužnatých lístků navrstvených na sebe. Kořen je svazčitý, postranní kořeny vyrůstají ze spodní části stonku a jsou přibližně stejně velké. [10]

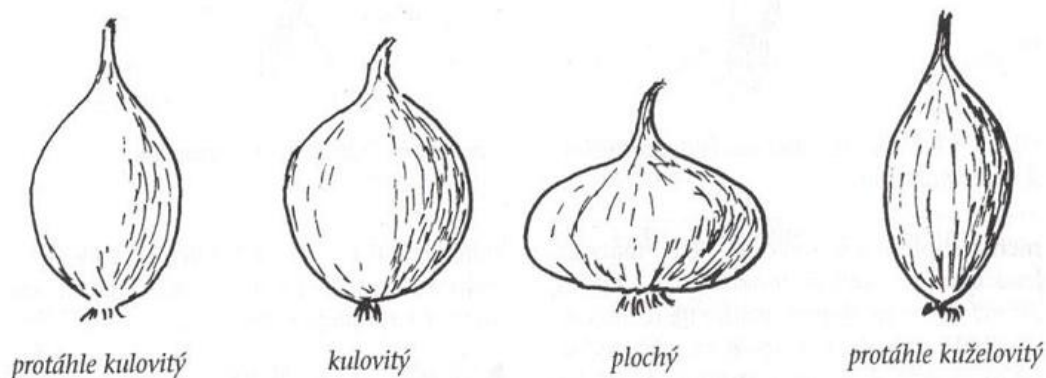
Cibule je přeměněnou částí stonku. Uvnitř skrývá všechny nadzemní orgány, které z ní během vegetačního období vyrůstají (stonek, listy). Zvenčí jsou tyto orgány kryté zdužnatělými šupinami. Mají dvojí funkci – chrání vnitřní růstová pletiva a orgány a jsou zásobárnou živin, které se do cibule stěhují z listů. Cibule jako zásobní orgán se začne vytvářet až za vyšších teplot, zdužnatěním báze listů, kdy dochází k hromadění glycidů. Zdužnatělé šupiny cibulí jsou chráněny kožovitou nebo papírovou slupkou, bránící především ztrátě vody. Na spodní straně z tzv. podpučí vyrůstá svazek krátkých dužnatých kořínků. Druhým rokem vyrůstá dutý stvol zakončený kulovitým okolíkem s drobnými květy [11, 12, 13].

Jedná se o bylinné rostliny vytvářející pouze přizemní listy, které jsou jednoduché, oblé, lysé, často s výraznou voskovou vrstvičkou (ojíněním). Květní stonky jsou nestejně vysoké, duté i plné. Mimo květů se někdy v okolíkách vytvářejí dužnaté útvary označované jako pacibulky. Rostliny mají výraznou charakteristickou vůni způsobenou obsahem silic obsahující disulfidy, allylsulfid. Kořeny cibulovin jsou absorpční a jsou rozmístěny pouze ve vrchní vrstvě půdy; výjimku tvoří pouze pór, u něhož kořeny mohou dosáhnout i hloubky 50 cm [11].

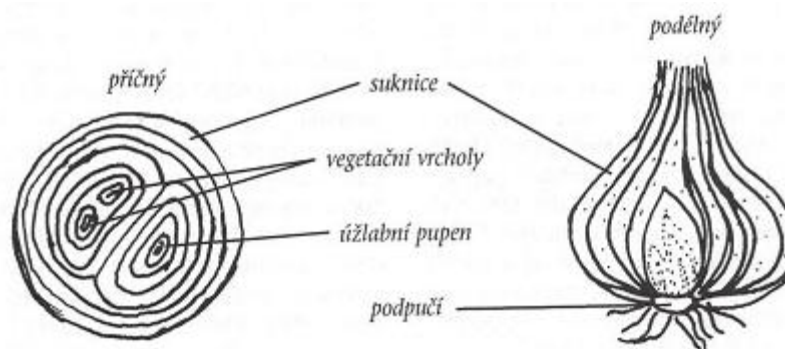
Tvar cibule je sukničitý, zploštěle kulovitý o velikosti až 10 cm. Z cibule vyrůstají dlouhé, velmi úzké listy a vysoká, dutá lodyha, ve spodní polovině nafouklá, končící nahoře typickým kulovitým květenstvím [14].

K pěstování jsou nejvhodnější rovinaté či svažité pozemky s jižní nebo jihovýchodní expozicí s písčitohlinitými nebo hlinitopísčítými půdami s pH 6,5 – 7,5. Nejnáročnější na závlahu je pór, zatímco ostatní cibuloviny náročné na závlahu nejsou [11].

Cibule se může pěstovat ze semene nebo ze sazečky. Výhodnější je pěstování ze sazečky. Má asi o měsíc kratší vegetační dobu naproti tomu cibule pěstovaná ze semena, špatně klíčí. Sazečka je malá cibulka o průměru 0,6 až 1,5 cm [6].



Obr. 1 Cibule, základní tvary [11]



Obr. 2 Průřez cibulí [11]

1.3 Kvalita

Cibule i pór jsou podle platných jakostních norem tříděny na dvě jakostní třídy. Do I. jakostní třídy je u všech druhů zařazen takový produkt, který je bez nečistot, cizích látek, nepoškozený mrazem, bez nadměrné povrchové vlhkosti, bez napadení hnilobou nebo plísní, bez cizích pachů, tvarově i odrůdově jednotný. Do II. jakosti patří takové produkty, které jsou tvarově, odrůdově, barevně nejednotné, s lehkými otlaky, s počátky rašení nejvýše 10 %. Ani u II. jakosti se nesmí vyskytovat hniloba, plíseň a mrazové poškození [11].

1.4 Skladování

Základním předpokladem na cibuli určenou pro skladování je dobrá vyzrálost. Další podmínkou je dobrý stav cibule bez viditelného napadení chorobami a škůdci a bez mechanického poškození. Takto nevyhovující cibule je nutné použít k přímému konzumu,

případně k usušení. Dobře vyžrálá cibule má 2-3 obalové suknice pro odrůdu charakteristicky zbarvené. Optimální skladovací podmínky jsou uvedeny v tabulce 1 [11].

Tab. 1. Optimální skladovací podmínky [11]

Druh	Teplota min. °C	Teplota max. °C	Vlhkost v %	Větrání	Uchovatelnost (dny)
Cibule	-3	2	65-75	silné	150-240
Pór	-1	1	85-90	slabé	30-60

1.5 Zpracování cibule

Cibule je u nás nejrozšířenější zeleninou, která slouží ke zlepšování chuti masitých a jiných pokrmů. Je silně aromatická, proto se jí i jejich listů používá ke kořenění při vaření. Používají se její cibule, oloupané od vrchních uschlých vrstev, nejčastěji nakrájené, řidčeji se využívá i cibulová nať. Syrová cibule má pálivou chuť. Vařenou cibuli mohou obsahovat některé zeleninové polévky. Osmažená cibule se používá jako základ pro cibulovou jíšku, která se používá jako základ mnoha pokrmů [1, 15].

Její spotřeba je vyrovnaná po celý rok díky její výborné skladovatelnosti a širokému spektru odrůd s různou dobou skladování a způsobem využití. Konzumuje se syrová jako součást různých salátů nebo konzervářsky zpracovaná. Cibule a pór se s úspěchem suší. Zejména sušený pór je jednou ze základních surovin pro výrobu hotových polévek. Cibuli perlovku je nutné konzervovat v kyselých nálevech, neboť její skladování je velmi omezené. Cibule může být mírně toxická v rozkrojeném stavu delším než 24 hodin [11, 14].

Do budoucna je možné počítat s mírným poklesem její spotřeby a větším zájmem o různé speciální odrůdy, zvláště barevné červené, hnědé i bílé cibule [11].

1.6 Škůdci a choroby

Při pěstování cibule, se musí dát pozor na škůdce a předcházet chorobám, které ji napadají. Je třeba dávat pozor při zacházení, aby nedošlo k poškození, aby rozrušená pletiva cibule nepřilákaly škůdce nebo řádně připravit a ošetřit půdu před sázením a předejít nákaze cibulovin [16].

Jedná se o fyziologické poruchy způsobující například předčasné vyrůstání při skladování, ovlivněné zdravotním stavem (např. cibule virózní vyrůstají dříve a rychleji, cibule nedostatečně vysušené rovněž) [11].

Škůdci, které cibuli napadají, jsou: květilka cibulová, háďátko zhoubné a vrtalka.

- Květilka cibulová (*Delia antiqua*) – Cibuli napadají larvy květilky. Květilka je hmyz podobný mouše, která na jaře klade vejce do krčku rostliny. Vylíhlé larvy pak cibule provrtávají a zničí ji. Cibule pak vadnou a zapáchají [11, 16].
- Háďátko zhoubné (*Ditylenchus ipsaci*) – Háďátka jsou mikroskopičtí červi v půdě, kteří napadají listy a cibule. Napadení se projevuje zhoršeným růstem, zduřením listů a deformací [11, 16].
- Vrtalka – Vrtalky jsou larvy malých mušek, které vyžírají v listech světlé klikaté chodbičky. Napadené rostliny postupně vadnou a odumírají.

Choroby cibule: plíseň cibulová, virová žlutá zakrslost, krčková hniloba, bílá hniloba a rez cibulová.

- plíseň cibulová – Původcem napadení je houba *Peronospora destructor*. Projevuje se šedozelenými podlouhlými skvrny, listy odumírají a opadnou. Vlákná podhoubí se šíří hluboko do tkáně rostliny. Cibule jsou poté malé, nevyzrálé a špatně skladovatelné. Plíseň cibulová je celosvětově nejzávažnější chorobou cibule kuchyňské, která dokáže v krátké době epidemicky napadnout rozsáhlé plochy a způsobovat značné ztráty. Cibule se ochraňují před touto plísní fungicidy [11, 16, 17].
- virová žlutá zakrslost – Patří mezi virózy. Na listech napadených rostlin se vyskytují žluté pruhy. Napadené rostliny se jeví jako zakrslé. Cibule jsou menší a špatně dozrávají. Jedná se o závažnou chorobu zejména vegetativně množené šalotky, ale i cibule kuchyňské [11, 17].
- krčková hniloba – Původcem je houba *Botrytis allii*. Tato choroba se projevuje hnitím a měknutím od krčku po sklizni ojedinele i v průběhu sklizně. Je nejčastější chorobou skladované cibule kuchyňské a šalotky [17].
- rez cibulová – Původce *Puccinia dulcii*. Na listech cibule se tvoří úzké několik mm dlouhé kupky rzi. Následně blednou listy a zpomaluje se růst. Růst rzi podporuje, pokud je v půdě málo draslíku [11, 16].

- bílá hniloba – Původce *Sclerotium cepivorum*. Napadené listy rostliny zežloutnou a zvadnou, kořeny jsou potaženy bílým myceliem, později vzniká černá sklerocia, které přežívají v půdě [11,16].

2 DRUHY CIBULE

Existuje několik jedlých druhů rodu *Allium*. Nejznámější Cibule kuchyňská (*Allium cepa*). Dalšími druhy jsou: Cibule zimní neboli sečka (*Allium fistulosum*), pór (*Allium porrum*), cibule šalotka (*Allium ascalonicum*), česnek (*Allium sativum*) a pažitka (*Allium schoenoprasum*). Všechny druhy jsou hojně využívány jak v domácnostech, tak v potravinářském průmyslu [5, 18].

Existuje několik druhů cibule, které se liší palčivostí a nejčastěji se rozlišují podle velikosti a barvy. Odrůdy cibule jsou velmi různorodé co do velikosti, tvaru i barvy cibulí, ranosti, schopnosti skladování. Přehled odrůd cibule je uveden v tabulce 2. [19]

Tab. 2. Přehled odrůd cibule [20]

Odrůda	Typ	Barva slupky	Tvar	Sušina [%]	Hmotnost [g]
Jarní odrůdy					
OBO	jarní	žlutá	vyšší kulovitý	10,4	400
LUSY	jarní	žlutohnědá	kulovitý	12	130
ALICE	jarní	žlutá	kulovitý	12,4	130
DAGMAR	jarní	bronzová	kulovitý	11,6	140
ŠTUTGARTSKÁ	jarní	žlutá	ploché	15,2	115
VŠETANA	jarní	žlutá	vřetenovitý	14,6	120
WELINA	jarní	žlutá	kulovitý	10	125
ALBIENKA	jarní	bílá	ploše kulovitý	14	105
AGOSTANA	jarní	bílá	kulovitý	11,2	148
KARMEN	jarní	červená	ploše kulovitý	13,8	109
ELISTA	jarní	bronzová	oválný	13	110
Ozimé odrůdy					
AX 6587	ozimá	žlutá	kulovitý	10	95
FREDO F1	ozimá	žlutá	kulovitý	10	100
AUGUSTA	ozimá	žlutá	ploše kulovitý	10,5	110
HIBERNA	ozimá	žlutá	ploše kulovitý	12,1	150

2.1 Cibule žlutá

Allium cepa L. - je nejběžnější druh cibule. Je charakteristická světle hnědou slupkou nazelenalou až světle žlutou dužninou. Existuje mnoho různých typů, žlutá cibule je však většinou prostě známá pod jménem španělská bez ohledu na zemi původu. Pro kuchyňské účely se španělské cibule velmi dobře hodí, neboť jsou velké, kulaté a nepříliš ostré [3].

Další typy žluté cibule jsou cibule hnědé, vyznačují se tlustou hnědou slupkou, a francouzské cibule, které mají výraznější, poněkud pikantnější chuť. Několik druhů žluté cibule je oblíbeno pro jemnou, nasládlou dužninu, jako např. *vidalia* ze severozápadních států USA. Žluté cibule se hodí pro většinu kuchyňských účelů [3].



Obr. 3. Cibule žlutá [21]

2.2 Cibule bílá

Tyto cibule bývají většinou střední až velké a mají bílou papírovou vnější slupku a bílou dužninu. Stejně jako cibule žluté a červené se liší velikostí barvou, chutí a vůní. Mívají obvykle výraznou chuť i vůni. Bílé cibule mají všestranné kuchyňské použití. Syrové se jedí málo, kvůli jejich silné výraznosti chuti a vůně [3].



Obr. 4. Cibule bílá [22]

2.3 Cibule červená

Právě tak jako je tomu u žlutých cibulí, i červené cibule se liší tvarem a velikostí, ale pro všechny je charakteristická lesklá, purpurově červená slupka. Dužnina těchto cibulí je bílá, ale okraje každé vrstvy mají načervenalý nádech. Červené cibule mívají mnohem jemnější sladší chuť a vůni než cibule žluté a často se používají syrové. Pokud se plátky červené cibule promíchají s octem, uvolní se jejich barva. Hodí se na pečení, avšak na smažení se nehodí, protože nemá tak výraznou chuť a vůni jako jiné typy cibule [3].



Obr. 5. Cibule červená [23]

2.4 Cibule růžová

Je jedna z méně rozšířených cibulí. Barvu má světle růžovou a přitom světle hnědou slupku, jako cibule žlutá. Při krájení ani chuťově není tolik štiplavá, jako žlutá a bílá cibule. Růžová cibule původem z Bretaně je jemná a lehce nasládlá. Použitím je vhodnější do studené kuchyně, přesto má uplatnění i při tepelném zpracování [24].



Obr. 6. Cibule růžová [25]

2.5 Cibule šalotka

Allium ascalonicum – šalotka, zvaná, někdy jako množilka. Šalotka tvoří významný poddruh cibule, tvoří hnízdovité trsy 5 – 9 cibulí na společném podpůči. Většinou je menší než běžné cibule a skládá se z tenčích vrstev, které obsahují méně vody. Šalotky mají nízký obsah vody, takže se mohou lehce při tepelné úpravě spálit nebo ztvrdnout. Má jemnější chuť, hodí se lépe pro konzum v čerstvém stavu, dává sice nízký výnos, má ale výbornou skladovatelnost, protože šalotka má převážně vyšší obsah sušiny i cukrů než ostatní cibule. Ačkoliv je šalotka uváděna jako samostatný druh, potvrzuje se možnost jejího křížení s cibulí kuchyňskou. Šalotka je vlastně vegetativně se rozmnožující se forma kuchyňské cibule [3, 5, 11, 26].



Obr. 7. Cibule šalotka (banánová) [27]

Šalotek je mnoho druhů [3]:

- **banánové šalotky** – největší druh, jméno získal díky svému prodlouženému tvaru, tento typ šalotky má hladkou, rezavě nahnědlou slupku a o poznání jemnější chuť a vůni než ostatní šalotky
- **růžové šalotky** – tyto šalotky s velmi výraznou chutí a vůní jsou oblíbené ve Francii, mají načervenalou slupku a narůžovělou dužninu, mají křupavou konzistenci a pronikavou, nikoli však ostrou, chuť a vůni, hodí se pro tepelnou úpravu a užití za syrova
- **hnědé šalotky** – u nás se vyskytují pravděpodobně nejčastěji, jsou malé se světle hnědou slupkou, mají všestranné použití, vyznačují se mírnou příjemnou chutí a vůní

- **červené šalotky** – jsou oblíbené v jihovýchodní Asii, mají velmi silnou až výjimečně silnou chuť a obvykle se používají v kořeněných pastách, mají nízký obsah vody a díky tomu se hodí na smažení
- **bramborová cibule** – tento druh je příbuzný šalotkám, je odolnější než ostatní druhy cibule, tvoří shluky malých cibulek se žlutou slupkou, je známá především v Anglii a Irsku odkud se dostala do Ameriky, dnes se považuje spíše za zvláštnost, má všestranné využití
- **čínské šalotky** – je to odlišný druh (*Allium chinense*), který vůbec nepatří k šalotkám, je to divoký druh pěstovaný v Číně, pěstují se zejména na nakládání

2.6 Cibule zimní – sečka

Allium fistulosum L. - také je známá pod názvem ošlejš. Pěstuje se nikoliv pro cibule, ale pro nať a stvoly. Název této cibule je odvozen od možnosti sežínání natě podobně jako u pažitky. Nať obrůstá a lze ji sklídit 3 až 4krát za vegetaci. Cibule zimní se nazývá podle mrazuvzdornosti. Pochází z Dálného východu. Velmi rozšířená je rovněž v Japonsku, Mongolsku, v zemích Střední Asie a na Sibiři. Cibule zimní je vytrvalá rostlina, vytvářející trsy drobných cibulek. Rostliny jsou 0,3 až 0,5 m vysoké s trubkovitými, sytě zelenými listy. Mají jemnou chuť [11, 26].



Obr. 8. Cibule zimní – sečka [28]

2.7 Cibule perlovka

Allium ampeloprasum L. f. holmense - roste planě ve středomoří i na pobřeží Černé Hory jako velmi vytrvalá zelenina, botanicky příbuzná s pórem. Netvoří cibuli, ale pouze cibule postranní. Cibulky jsou kulovité, bílé barvy a rostou ve shlucích. V trsu se tvoří 30 až 60, někdy až 100 cibulí o průměru 5 až 6 mm. Listy jsou rovné, ploché, užší, nikdy ne trubkovité, tvarem připomínají listy póru. Charakteristická chuť perlovky je nasládlá, jemná, mírně pálivá, příjemně aromatická. Způsobuje ji silice s vysokým podílem alylbisulfidu [11, 19].



Obr. 9. Cibule perlovka [29]

2.8 Cibule poschod'ová

Allium proliferum Schard. – cibule se jmenuje poschod'ová proto, že vytváří na vysokém stvolu v patrech skupinky cibulek. Jedná se o velmi málo rozšířenou cibulovou zeleninu, která je mrazuvzdorná a je více rozšířená v oblastech s krátkou vegetační dobou. Pěstuje se jako naťová zelenina. Ve druhém roce vytváří 15 až 20 listů vysokých 0,3 až 0,4 m. Poschod'ová cibule tvoří drobné cibulky na konci stonku, a jak rostou a těžknou, ohnou stonek k zemi, kde cibulka zakoření. Je známá také jako česnekocibule [11].



Obr. 10. Cibule poschod'ová [29]

3 SLOŽENÍ A ZDRAVOTNÍ ÚČINKY CIBULE

Cibulové zeleniny obsahují řadu zdraví prospěšných složek. Konkrétní účinky závisí na tom, zda se cibule konzumuje syrová nebo jakým způsobem je připravená. Existují také značné rozdíly mezi různými odrůdami cibule a póru. Je dokázáno, že cibule obsahuje účinné antibiotikum, takže její užívání před zavedením antibiotik, například penicilinu, bylo naprosto oprávněné. Konzumace cibule či česneku má pozitivní účinky na zdraví dlouhodobě [16].

Cibule je důležitým zdrojem látek, jako jsou fenolové kyseliny, flavonoidy, seskviterpeny, thiosulfanáty, organické sirmé látky a antokyaniny. Chemické složení cibule se liší v závislosti na druhu a kultivační technice. Z druhů cibule je nejbohatší na polyfenoly, flavonoidy, flavonoly a tanin cibule červená [30].

Jedny z prospěšných složek obsažených v cibuli jsou flavonoidy pro svoje antioxidační účinky. V cibulových rostlinách se vyskytují dvě hlavní skupiny flavonoidů: antokyany a flavonoly. Medicína se o ně zajímá jako o možné prostředky k prevenci rakoviny a srdečních chorob. Mění reakci těla na viry, alergeny a rakovinotvorné látky a vykazují antimikrobiální, protizánětlivé a protirakovinné účinky [16].

3.1 Složení

Sušina cibule se převážně skládá z glycidů – cukrů, pektinových látek, vlákniny a hemicelulózy.

V cibuli jsou četné cukry – glukóza, fruktóza, arabinóza, xyloza, manóza, sacharóza, rafinóza a další. Vnitřní suknice mají více cukrů než vnější. Obsah cukrů v cibuli je závislý na odrůdě, podmínkách vnějšího prostředí a způsobech agrotechniky. Hlavními rezervními sacharidy jsou glukofruktany. Obsah pektinů se uvádí 0,5 % [31].

Typické aroma a ostrá chuť cibule jsou podmíněny silicí, jejímiž složkami jsou sloučeniny obsahující síru. V rodu *Allium* byly zjištěny tři desítky esenciálních složek arómatu, zejména: thioly, sulfidy (mono-, di-, tri-, tetra-, pentasulfidy), alkyl thiokarboxylové kyseliny, S-alkylestery, thiofeny, trithiolany a jiné sirmé sloučeniny, acetaly, alkoholy, aldehydy, ketony, estery, kyseliny, furany aj. Celkem bylo identifikováno v cibulové zelenině přes 90 vonných látek [5].

Poraněná pletiva cibule vydávají charakteristický dráždivý pach, způsobený silicemi s obsahem síry, které mají často silné antibiotické vlastnosti. Působením enzymu allinasy vznikají mimo jiných také alliciny s charakteristickým pachem. S-alkyl-L-cysteinsulfoxidy byly lokalizovány v cytoplazmě, zatímco allinasa ve vakuolách. Při krájení či jiném poškození rostliny dochází k rychlému rozkladu těchto aminokyselin za tvorby pyruvátu, amoniaku a alk(en)ylsulfenové kyseliny, jejíž kondenzací vznikají příslušné dialk(en)ylsulfináty, které vykazují antimikrobní vlastnosti. Hlavními složkami aroma vařené cibule jsou 2-methyl-2-butenal a 2-methyl-2-pentanal. Charakteristickými složkami aroma smažené cibule jsou dimethylthiofeny, zejména 2,4- a 3,4-dimethylthiofen [32].

Za přítomnosti thiaminu (vitaminu B₁) vznikají vzájemnou reakcí s Aliciny allithiaminy, které jsou v organismu rychleji a lépe resorbovány než samotný thiamin. Příklad syrové cibule může značně zlepšit využití thiaminu přítomného v ostatní potravě. Z tohoto hlediska je možno považovat allinasu za dieteticky nejdůležitější faktor rodu *Allium* [5].

Některé druhy cibulové zeleniny obsahují, zejména ve slupkách, barvotvorné složky. Z jednotlivých flavonoidů byly nalezeny: kvercetin a isorhamnetin. Množství antokyaninů ve slupkách červených odrůd přesahuje 200 mg/kg a flavonoidy bývá až 900 mg/kg [5].

Z dalších bioaktivních složek jsou přítomny deriváty sirných aminokyselin, jejichž distribuce v jednotlivých částech rostlin je rozdílná, nejvíce je jich ve vnitřních vrstvách, tj. v jedlých částech. Cibule má na lidský organismus stimulační, ochranný a údajně i afrodiziakální vliv. Cibulová zelenina obsahuje též pektiny, slizovité látky a fytoncidy, které se uplatňují při regulaci mikroflóry celého zažívacího traktu. Charakteristický pro cibulovou zeleninu je rovněž značný obsah sacharidů (sacharosa, fruktany a polysacharidy), kromě škrobu, který u toho rodu zcela chybí. Selen (jeho obsah lze ovlivnit hnojením) ve spojení s vitamínem E podstatně zesiluje antioxidační účinky [5, 32, 33].

Listy cibule a póru jsou důležitým zdrojem vitamínu C a karotenu. Z minerálních látek základní místo zauímají draslík, železo, mangan, zinek [31].

Nutriční hodnota cibulové zeleniny nespočívá jen ve vysokém obsahu vitamínů, ale také v širokém spektru minerálních látek a dalších látek specifických právě pro tyto zeleniny, jako jsou například silice.

Už ve středověku byla cibule využívána coby léčivá rostlina pro své antibakteriální vlastnosti. Vysoký obsah fytoncidů, zvláště ve zralých cibulích, má antibakteriální účinek

na bakterie a plísně. Vyšší antibakteriální aktivitu mají cibule fialové a červené, nejnižší bílé [11].

Hodně se využívá antibakteriální vlastností cibule. Ve všech částech rostlin jsou obsaženy protibakteriální látky tzv. fytoncidy, které mají inaktivační účinek na bakterie, plísně a nejjednodušší jednobuněčné organismy. Antibakteriální vlastnosti cibule se využívají v lékařství a veterinární medicíně, rovněž k prodloužení uchovatelnosti potravin, např. při nakládání potravin s cibulí apod. [31].

Tab. 3. Přehled obsahu základních látek u cibule a šalotky v g/kg [11]

g/kg	Cibule	Šalotka
Sušina	120	102
Bílkovina	17	17
Lipidy	3	2
Sacharidy	96	33
Popeloviny	5,8	6,2
Vláknina	14	14

Tab. 4. Přehled obsahu minerálních látek u cibule a šalotky v mg/kg [11]

mg/kg	Cibule	Šalotka
Vápník	420	240
Železo	6,5	8
Sodík	11,6	100
Hořčík	11,5	40
Fosfor	350	500
Draslík	1680	1800
Zinek	6,5	4
Síra	740	510
Měď	0,8	0,5
Selen	0,01	0,01
Jód	0,03	0,03

Tab. 5 Přehled obsahu vitamínů u cibule a šalotky v mg/kg [11]

mg/kg	Cibule	Šalotka
A	0,17	-
B ₁	0,36	0,4
B ₂	0,47	0,6
B ₆	1,2	2
C	70	100
E	2	3,1

Tab. 6. Energetická hodnota cibule a šalotky [11]

Druh	Cibule	Šalotka
kJ/Kg	2010	860

3.2 Zdravotní účinky

V minulosti se cibule hojně využívala v lidovém léčitelství. I v současné době se doporučuje a využívá například při chorobách dýchacích cest, revmatických a cévních chorobách. Uvádí se, že konzumace syrové cibule působí jako sedativum [11].

Každá cibule je malou továrnou na Alicin a jiné sirnaté sloučeniny, které silně antibakteriálně účinkují zejména na sliznice, preventivně působí proti infekcím a chrání jemné, citlivé epitelové buňky (vnější vrstvu sliznic). Při vdechování cibulového aroma se dezinfikují sliznice v nosní i ústní dutině hltanu [1].

Působí protizánětlivě a léčivě v oblasti ledvin a močového měchýře. Silice, určité bílkoviny a flavonoidy působí ke snižování krevního tlaku a hladiny tuků v krvi. Cibule povzbuzuje chuť, preventivně působí proti chorobným změnám cév, pomáhá při poruchách prokrvování. Kvercetin obsažený v cibuli působí protiskleroticky, protizánětlivě a napomáhá rozšiřovat cévy [1].

Léčivé účinky cibule [1, 14, 16]:

- působí preventivně proti infekcím
- dezinfikuje hltan, dutinu nosní a ústní
- snižuje krevní tlak
- snižuje cukr v krvi

- pomáhá při poruchách prokrvování
- povzbuzuje chuť k jídlu a trávení
- prevence onemocnění cév
- posiluje imunitní systém
- podílí se na krevtvorbě
- povzbuzuje tvorbu hormonů
- posiluje srdce a krevní oběh, prevence arteriosklerózy

4 ANTIOXIDANTY

Antioxidanty jsou látky, které prodlužují údržnost potravin tak, že je chrání před znehodnocením způsobenou oxidací, jejímž projevem je žluknutí přítomných tuků a dalších snadno se oxidujících látek. Oxidace lipidů vyvolává v potravinách další chemické změny, které mohou negativně ovlivnit jejich výživovou hodnotu, hygienicko-technologickou a senzorickou hodnotu, které se projevují změnou barvy, chuti a vůně. Antioxidanty nejen že snižují nebo úplně blokují činnost volných radikálů v těle. Činnost antioxidantů je vzájemně propojena a tvoří celý systém ochrany proti působení volných radikálů [32, 34].

Volné radikály mohou atakovat biomolekuly nebo jejich biomembránu, čemuž brání antioxidanty. Za antioxidanty se považují všechny látky, které vykazují $pH=7$ negativnější potenciál než $+0,816$ (redoxpotenciál O_2). Molekula antioxidantu musí reagovat s volnými radikály rychleji, než volné radikály reagují s lipidem a produkty reakce s volnými radikály nesmí být prooxidanty. Přírodní antioxidanty nesmí způsobovat ztrátu chuti nebo barvy, musí být netoxické a rozpustné v lipidech [35].

Cibule vykazuje díky obsahu flavonoidních látek a askorbové kyseliny značný antioxidační účinek při srovnání s kvercetinem.

4.1 Polyfenoly

Polyfenoly (fenolové kyseliny, flavonoidní aj. látky) patří k velmi významné skupině rostlinných antioxidantů. Za polyfenoly jsou obecně považovány organické fenolické látky s více než jednou hydroxylovou skupinou v molekule. Existuje několik skupin rostlinných fenolů, u kterých je znám nebo se předpokládá antioxidační účinek. Jedná se především o látky přírodního původu, které jsou tvořené regulovanou biosyntézou v rostlinách [33, 36, 37].

Polyfenolické látky jsou přírodní látky, které jsou přítomny v každém jejím orgánu jako sekundární metabolity. Struktura a typ těchto látek jsou pro jednotlivé druhy rostlin charakteristické. V poslední době je těmto látkám věnována značná pozornost z hlediska odborníků na výživu a zdraví člověka. Výzkum rostlinných polyfenolů stojí v popředí zájmu řady vědních oborů [38].

Obecně se má za to, že polyfenolické sloučeniny pomáhají lidskému organismu bojovat proti tzv. civilizačním chorobám a významně se podílejí na jeho detoxikaci. Cibule kuchyňská je jedním z největších zdrojů těchto látek [38].

- Flavonoidy

Flavonoidy jsou účinné antioxidanty v důsledku jejich schopnosti eliminovat volné radikály mastných kyselin a kyslíku. Cibule je jeden z nejbohatších zdrojů flavonoidů v lidské stravě.

Flavonoidy jsou deriváty difenylpropanu a sekundární metabolity, které jsou obsaženy v potravinách rostlinného původu. Zájem o flavonoidy vyvolala jejich potencionální role v prevenci rakoviny. Flavonoidy jsou silné antioxidanty a "zachytávače" volných radikálů, které se podílí na poškození buněk a tvorbě nádorů. Flavonoidy vykazují řadu biochemických a farmakologických účinků, především protizánětlivé a antialergické. Antioxidanty flavonoidního charakteru (např. kvercetin) inhibují oxidaci a cytotoxicitu LDL lipoproteinů a snižují také jejich atherogenicitu a následující riziko koronárních srdečních onemocnění [35, 39].

Flavonoidy tvoří především anthokyanidiny, flavonoly, flavony, katechiny a flavanony. Důležitými zdroji flavonoidů v lidské výživě jsou zelenina, ovoce a nápoje. Denní příjem celkových flavonoidů je odhadován až na 1 g/den. Hlavními flavonoly v lidské výživě jsou kvercetin, kempferol, myricetin, z flavonů to jsou luteolin a apigenin, které se nejvíce podílejí na antikancerogenicitě potravin rostlinného původu [35, 39].

4.1.1 Kvercetin

Kvercetin patří mezi významné antioxidační látky. Je jedním z nejsilnějších biologicky aktivních rodiny flavonoidů. Chemickou strukturou patří mezi flavonoly, které se nachází v ovoci a zelenině. Hlavní zdroje kvercetinu jsou žlutá a červená cibule, červené hrozny, brokolice.

Kvercetin je pravděpodobně hlavním důvodem léčebných účinků cibule. Kvercetin je jednou z nejsilnějších protirakovinných látek. Zneškodňuje rakovinotvorné látky, zabraňuje poškození buněčné DNA a působení enzymů, které podněcují růst nádoru. Kvercetin působí i proti zánětům, bakteriím, houbovým infekcím a virům. Účinkuje i tak, že pomocí modulace imunitního systému tlumí alergické reakce (protože potlačuje

uvolnění histaminu z buněk), čímž podle všeho pomáhá bojovat s alergiemi, jako je například senná rýma. Inhibuje také oxidaci kyseliny askorbové a tím prodlužuje její účinek. Kvercetin je chemicky podobný kromolynu, antialergickému léku, o němž je známo, že blokuje histamin [40].

Kvercetin se tepelnou přípravou nebo mrazením neničí [40].

4.2 Kyselina askorbová – vitamín C

Kyselina askorbová se řadí mezi vitaminy, které mají antioxidační účinek. Kyselina L-askorbová je ve vodě rozpustná. Vyskytuje se především v potravinách rostlinného původu. Nejbohatším zdrojem je čerstvé ovoce a zelenina.

Mezi antioxidační vlastnosti askorbové kyseliny patří reakce s aktivními formami kyslíku, respektive s volnými radikály a reakce s oxidovanými formami vitamínu E, které zabezpečují ochranu vitamínu E a lipidů membrán před oxidací. Ochrannou funkci má i pro labilní formy listové kyseliny. Inhibuje také tvorbu nitrosaminů a působí tak jako modulátor mutogeneze a karcinogeneze.

Díky svým antioxidačním vlastnostem se kyselina askorbová používá jako potravinářské aditivum. Jako antioxidant se používá také ve vodě rozpustná sůl askorbové kyseliny askorbát sodný a lipofilní 6-palmitoyl-L-askorbová kyselina.

Nejenom kyselina askorbová, ale i její isomery a deriváty můžou reagovat s volnými radikály. Dochází tedy k brzdění řetězové autooxidační reakce, a proto účinně působí jako antioxidanty. Kyselina askorbová je účinnější, pokud se použije v kombinaci s tokoferoly.

V mechanismu řetězové autooxidační reakci kyselina askorbová reaguje s peroxylovým radikálem mastné kyseliny nebo s alkoxylovým radikálem. Vzniká askorbylradikál, který již není schopen vyvolat další řetězovou reakci a disproportionuje se na askorbovou a dehydroaskorbovou kyselinu [41].

5 METODY STANOVENÍ

5.1 Stanovení sušiny a vlhkosti

Sušinou rozumíme všechny složky, které jsou v potravinách obsaženy kromě vody a plynů.

Způsoby stanovení sušiny a vlhkosti v potravinářských produktech:

Na stanovení sušiny a vlhkosti se využívají fyzikálně – chemické a chemické principy. Požadavky na přesnost, rychlost, časovou nenáročnost a použitelnost metod jsou rozdílné a často omezené druhem analyzovaného materiálu, účelem použití analýzy, jakostními normami a vynaloženými náklady (na přístroje a technické vybavení laboratoří).

Metody stanovení sušiny a vlhkosti se rozlišují na přímé a nepřímé. V zásadě platí, že přímé metody na stanovení vlhkosti jsou nepřímé metody pro stanovení sušiny a naopak. K metodám založeným na fyzikálním principu patří stanovení vody sušením, destilací a měření elektrometrických údajů (vodivost, dielektrická konstanta), termická analýza [52].

5.1.1 Přímé metody stanovení sušiny – nepřímé metody stanovení vlhkosti

Nejpoužívanější metodou pro stanovení sušiny a vlhkosti je sušení při 105°C do konstantního úbytku hmotnosti (rozdíl tlaků par vody nad povrchem a uvnitř materiálu).

Rychlost sušení ovlivňuje druh vzorku, tvar částic, tloušťka vrstvy a velikost navážky, teplota, vlhkost, rychlost a směr proudění sušícího média.

Nejčastější změny vlivem sušení potravin se týkají cukrů, bílkovin, tuků a jejich štěpných produktů.

Teplota, při které se vzorky suší je většinou 105°C. Lepšího efektu sušení se dosáhne i při použití horkovzdušné sušárny s nucenou cirkulací vzduchu.

Při stanovení vody sušením je důležitá homogenizace vzorku, aby se zvýšila difúze vody do povrchových vrstev, hlavně u tuhých materiálů. Pro urychlení doby sušení se vzorek promíchává s propraným mořským pískem. Tímto zásahem se zvětší povrch, vzorek je roztažen do tenčí vrstvy tím, že jsou písková zrnka obalena vzorkem. V případě sušení vzorků s vysokým obsahem cukrů se doporučuje přidat do vysušovacích misek asi 10 ml ethylalkoholu, který zvyšuje propustnost buněčných membrán a tím zlepšuje difúzi vody. Termolabilní látky (nižší teploty) sušíme ve vakuových sušárnách [52].

5.1.2 Nepřímé metody pro stanovení sušiny – přímé metody stanovení vlhkosti

Destilační metody

Z přímých metod pro stanovení vody se používá destilace vody s nemísitelnými organickými rozpouštědly toluen, xylen (nemísitelnost s vodou).

Chemické metody

Patří se metoda Fisherova a Karbidová. [52]

5.2 Stanovení obsahu kyselin

V roztocích (a také plynném stavu) jsou molekuly karboxylových kyselin asociovány vodíkovými vazbami. Kyselost karboxylových kyselin je podmíněna přítomností karboxylové skupiny, která ovlivňuje disociaci hydroxyly. Sílu kyselin vyjadřuje disociační konstanta, která závisí na teplotě a druhu rozpouštědla. Na disociaci mají značný vliv také okolní funkční skupiny. Nejrozšířenější jsou kyselina jablečná, vinná, citrónová, šťavelová a mléčná. Stanovení kyselin je proto ukazatelem stavu potravin, resp. její jakosti [41, 54].

Pro dělení směsi kyselin a jejich identifikaci se v potravinářské analytice využívají převážně chromatografické metody. Metodu frakční destilace lze použít při dělení směsi těkavých organických kyselin. Titračně se v praxi určují veškeré volné organické kyseliny. Spotřeba alkalického hydroxidu se může přepočítat na kyselinu, která převažuje [54, 55].

Principem zjištění titrační kyselosti (acidimetrie) je, tj. neutralizace hydroxidem o známé normalitě za použití vhodného indikátoru, např. lakmusu, fenolftaleinu aj. Volba indikátoru záleží na tom, při jakém pH dochází ke změně barvy a na tom, jakou kyselinu titrujeme [53].

5.3 Stanovení vlákniny

Již v roce 1859 byla stanovena hrubá vláknina pomocí dvouступňové hydrolýzy ve slabě zásaditém a slabě kyselém prostředí. V roce 1959 byla tato metoda modifikována a pomocí reakční směsi cetyltrimetylamonium bromidu s kyselinou sírovou byla stanovena

acidodetergentní vláknina a pomocí neutrálně-detergentního tenzidu laurylsulfátu sodného upraveného na pH 7, neutrálně-detergentní vláknina.

Enzymatické metody jsou založené na hydrolýze vzorku pomocí proteolytických, amylolytických a celulolytických enzymu. V roce 1984 byla vyvinuta enzymatická metoda na stanovení celkové vlákniny (TDF, Total Dietary Fiber), která zahrnuje i vlákninu rozpustnou ve vodě. Metoda je založena na rozpuštění jednoduchých cukru v 78 % etylalkoholu a následném odstranění škrobu pomocí *amylázy* [42, 43].

- **Neenzymaticko-gravimetrické metody stanovení obsahu vlákniny**

Tímto způsobem se stanovuje hrubá vláknina, tj. celulóza, lignin a částečně hemicelulóza. Ke stanovení množství vlákniny se váží zbytek, který zůstal po extrakci některými činidly. Patří sem van Soestova metoda, pomocí které se stanoví neutrálně-detergentní vláknina (celulóza, hemicelulóza, lignin) a acido-detergentní vláknina (celulóza, lignin). Gravimetrické metody jsou založeny na principu vážení zbytku vzorku po extrakci činidly [42, 43].

5.4 Stanovení polyfenolických látek

Ke stanovení obsahu polyfenolů v potravinách se používají dvě metody [44]:

a) Stanovení polyfenolů chromatograficky, především pak metodou HPLC.

Chromatograficky se stanoví předem definované složky. Nevýhodou této metody je, že některé polyfenoly mohou uniknout při stanovení. Většinou to jsou polyfenoly neznámé struktury či špatně dělitelné směsi.

b) Stanovení polyfenolů pomocí reakce s Folin-Ciocalteuovým činidlem.

Metoda stanovení polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuova činidla byla poprvé použita v 50. letech 20. století a má mnoho modifikací.

Tato metoda je založena na principu oxidace nebo redukce fenolových látek při reakci s Folin-Ciocalteuovým činidlem, které se skládá s wolframu sodného, kyseliny orthofosforečné, kyseliny chlorovodíkové, molybdenanu sodného, síranu lithného a bromu.

Nevýhodou této metody je, že toto činidlo je redukováno i jinými látkami než jsou polyfenoly, například kyselinou askorbovou. Proto jsou výsledky stanovení celkových polyfenolů

při použití HPLC nižší než při použití Folinova-Ciocalteuova činidla, přičemž skutečná hodnota leží patrně někde mezi výsledky obou stanovení.

Pro stanovení celkových polyfenolů se připraví reakční směs, kde probíhá oxidace fenolických látek v alkalickém prostředí a ze žlutého zbarvení fosfowolframové heteropolykyseliny a kolorimetrickým měřením výsledného komplexu vzniká modré zbarvení. Toto modré zbarvení má maximální absorpci závislou na kvalitativním či kvantitativním složení fenolických směsí a měří se pomocí spektrofotometru při 750 nm po uplynutí 20 min. Obvykle se k reakční směsi přidává uhličitan sodný. Jako standard lze použít kyselinu gallovou rozpuštěnou v destilované vodě [45, 46].

5.5 Stanovení antioxidační aktivity

Vzhledem k tomu, že nízkomolekulární antioxidanty působí různými mechanismy, existuje široká škála metod pro jejich stanovení. Nejčastějším mechanismem inhibice je přímá reakce s radikály (zhášení, vychytávání) nebo reakce s přechodnými kovy. Přesnější chemické vymezení mechanismu jejich účinku je však často problematické. Obecně mohou být metodiky rozděleny do dvou skupin – na metody hodnotící schopnost eliminovat radikály a metody posuzující redoxní vlastnosti látek.

5.5.1 Eliminace radikálu

Tyto metody hodnotí schopnosti vzorku vychytávat volné radikály. Radikály jsou v reakční směsi záměrně vytvářeny nebo jsou do ní přidávány. Po chemické stránce se jedná o radikály kyslíkové (hydroxyl, peroxy, superoxidový anion-radikál) nebo syntetické stabilní radikály (DPPH•, ABTS•+, galvinoxyl). Zvláštní skupinu tvoří metody testující schopnost inhibovat nebo zpomalovat lipidovou peroxidaci.

5.5.1.1 Metody hodnotící eliminaci syntetických radikálu

Eliminace syntetických radikálu je hodnocena pomocí ABTS•+ (metoda TEAC), existuje metoda používající DPPH•, metoda používající galvinoxyl či metoda využívající jiných stabilních radikálu.

Metoda využívající ABTS•+ je jednou ze základních a nejpoužívanějších metod pro stanovení celkové antioxidační aktivity (TAA). Touto metodou se zjišťuje schopnost vzorku zhášet kation-radikál ABTS•+ (2,2'-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)). Na základě změn absorpčního spektra ABTS•+ se spektrofotometricky sleduje

zhášení radikálu (nejčastěji při 734 nm). Tato metoda je jednoduchá, rychlá a má široké uplatnění, od hodnocení antioxidační aktivity látek různého původu až po směsné vzorky.

Metoda používající DPPH• je považována za jednu ze základních metodik pro posouzení antiradikálové aktivity čistých látek i různých směsných vzorku. Spočívá v reakci testované látky se stabilním radikálem difenylpikrylhydrazylem – DPPH• (1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl). Při reakci dochází k redukci radikálu za vzniku DPPH-H (difenylpikrylhydrazin).

Reakce je nejčastěji sledována spektrofotometricky. Pokles absorbance při 517 nm se měří buď po uplynutí určitého konstantního času nebo se pracuje v kinetickém režimu. Reakci je možno sledovat i metodou elektronové spinové rezonance (ESR) nebo HPLC. U barevných vzorku je výhodné využití HPLC, při které je hodnocen pík radikálu DPPH•, na rozdíl od spektrofotometrie je zde zabarvení vzorku eliminováno. U směsných vzorků se radikálová aktivita někdy vyjadřuje v ekvivalentech askorbové kyseliny nebo v jednotkách standardu Troloxu. Jsou používány aplikace na TLC, vhodné pro screening radikálové zhašecí aktivity směsných vzorku. Podobnou modifikací je kombinace testu se separací látek ze směsi metodou HPLC, kdy látky rozdělené na koloně reagují kontinuálně s DPPH• a spektrofotometricky se detekuje pík radikálu.

K metodám využívajícím reakci antioxidantu se stabilními radikály patří také **test s galvinoxylem** (2,6-di-*tert*-butyl-4-[(3,5-di-*tert*-butyl-4-oxocyklohexa-2,5-dien-1-yliden) methyl] fenoxyl). Princip metody spočívá v redukci stabilního radikálu galvinoxylu látkami poskytujícími vodík podobně jako při testu DPPH•. Reakce se sleduje spektrofotometricky při vlnové délce 428 nm nebo na základě elektronové spinové rezonance. Pro hodnocení schopnosti látek poskytovat vodíkový atom nebo elektron se používá také syntetický volný radikál Fremyho sul (nitrosodisulfonan draselný), detekce a hodnocení reakce se provádí pomocí ESR [60, 61].

5.5.1.2 Metody hodnotící eliminaci kyslíkových radikálu

Při použití **metody ORAC** (oxygen radical absorbance capacity) se v testovaném systému generují kyslíkové radikály a hodnotí se schopnost testované látky zpomalit nebo zastavit radikálovou reakci. Detekce je založena na sledování úbytku fluorescence –fykoerytrinu (-PE) po ataku radikály [56,57].

5.5.2 Metody hodnotící eliminaci lipidové peroxidace

Lipidová peroxidace vyvolaná volnými radikály je jedním z nejvýznamnějších patologických pochodů v organismu. Při studiu látek s antiradikálovými účinky se proto řada metod zaměřuje přímo na testování inhibičních účinku na lipidovou peroxidaci. Látky potlačující lipidovou peroxidaci mohou eliminovat jak iniciační kyslíkové radikály ($\text{OH}\cdot$), tak sekundárně vznikající radikálové meziprodukty (peroxyl, alkoxy) a mohou též působit jako látky chelatující ionty přechodných kovů. Navíc je účinek antioxidantu *in vivo* ovlivněn jeho lipofilností [58, 59].

5.5.3 Metody založené na hodnocení redoxních vlastností látek

Neenzymové antioxidanty mohou být charakterizovány jako redukční činidla, která reagují s oxidanty, redukují je a tím je inaktivují. Z tohoto pohledu lze antioxidační aktivitu posuzovat na základě redukční schopnosti látky.

- **Metody chemické**

Na principu redoxní reakce je založena metoda FRAP (ferric reducing antioxidant potential). Při této metodě redukují antioxidanty ze vzorku komplex Fe^{3+} -2,4,6-tri(2-pyridyl-1,3,5-triazin) (Fe^{3+} -TPTZ). Mírou antioxidační aktivity vzorku je nárůst absorbance při 593 nm odpovídající množství komplexu Fe^{2+} -TPTZ. Metoda FRAP tak odráží pouze schopnost látek redukovat ion Fe^{3+} a s celkovou antioxidační aktivitou vzorku nemusí pozitivně korelovat [63].

5.5.4 Metody elektrochemické

Redoxní vlastnosti látek je možno hodnotit cyklickou voltametrií, která indikuje schopnost látek odštěpovat elektrony. Při této metodě se na pracovní elektrodu vkládá potenciálový pulz s určitou rychlostí polarizace a současně se sledují proudové odezvy v roztoku studované látky. Je prokázáno, že v řadě případů hodnoty EA korelují s antioxidační aktivitou látek určenou jinými metodami, např. s lipoperoxidací, DPPH. HPLC metoda s elektrochemickou detekcí umožňuje velmi přesnou a citlivou detekci elektroaktivních látek. Hodnocení antioxidačních vlastností látek pomocí HPLC-ECD koreluje s různými jinými metodami na testování celkové antioxidační aktivity látek, např. s metodou DPPH [64, 65].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

- Cílem teoretické části bylo popsat cibuli a její různé druhy jako potravinu. Uvést jaké má vlastnosti, chemické složení a také jaké má zdravotní účinky na lidský organismus. A v neposlední řadě popsat, jak se stanovují vybrané analytické parametry u této potraviny.
- Cílem praktické části bylo stanovit vybrané analytické parametry cibule žluté, bílé, červené, růžové a cibule šalotky. Byly stanoveny tyto analytické parametry: obsah sušiny a vody, obsah hrubé vlákniny, celková kyselost, spektrofotometrický obsah polyfenolů s Folin-Ciocalteuovým činidlem a standardem kyseliny gallové a antioxidační aktivita pomocí metody DPPH.

7 MATERIÁL A POUŽITÉ PŘÍSTROJE

7.1 Analyzované vzorky cibule

V práci bylo analyzováno pět druhů cibule:

Tab. 7. Analyzované vzorky cibule

Druh cibule	Původ	Producent	Jakost
žlutá	ČR	Blanická bramborářská s.r.o.	I.
bílá	Španělsko	Les Produits Du Soileil S.A.	I.
červená	Holandsko	Les Produits Du Soileil S.A.	I.
růžová	Francie	Les Produits Du Soileil S.A.	I.
šalotka (banánová)	Francie	Les Produits Du Soileil S.A.	I.

7.2 Použité chemikálie

- fenolftalein
- hydroxid sodný (MACH Chemikálie s.r.o., ČR)
- kyselina sírová p.a. (Penta, ČR)
- aceton (Penta, ČR)
- etanol (Sigma, Německo)
- kyselina šťavelová dihydrát (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- kyselina chlorovodíková p.a. (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- Folin-Ciocalteuovo činidlo (Penta, ČR)
- uhličitan sodný p.a. (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- kyselina gallová p.a. (Sigma, Německo)
- standard kyseliny askorbové (Fluka – Chemika, Švýcarsko)
- DPPH – difenylpikrylhydrazyl (Aldrich, USA)

7.3 Použité přístroje a pomůcky

- běžné laboratorní sklo a pomůcky
- analytické váhy (Ohaus, Voyager Pro, USA)

- laboratorní sušárna (Venticel 111 Comfort, BMT a.s., ČR)
- spektrofotometr (Spekol 11, Česká republika a Libra S6 Biochrom, Velká Británie)
- digitální refraktometr (Hanna Instruments, HI 96801, ČR)
- třepačka
- lednice
- filtrační papír
- dávkovací stříčka (Hamilton, USA)
- muflová pec (VEB ELEKTRO BAD FRANKENHAUSEN)
- ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer (ANKOM Technology, USA)

8 METODIKA STANOVENÍ

Byly provedeny analýzy následujících chemických parametrů - vlhkosti a sušiny, celkového obsahu kyselin, hrubé vlákniny, celkového obsahu fenolických látek a antioxidační aktivity u pěti druhů cibule.

8.1 Stanovení obsahu sušiny a vlhkosti

Sušina představuje pevný zbytek po odstranění vody a těkavých látek, získaný vysušením navážky vzorku při dané teplotě za podmínek stanovení. Vhodně upravený vzorek se suší při 105 °C a po vysušení do konstantní hmotnosti (tzn. poslední dvě vážení se nesmí lišit více jak o 1 mg) se zváží [47].

Sušení bylo provedeno v předsušených a zvážených hliníkových miskách. Do misek bylo naváženo na analytických vahách 5 g vzorku s přesností na 0,0001 g a misky vloženy do sušárny vyhřáté na 105 °C a sušení provedeno do konstantního úbytku hmotnosti. Po vysušení a zchládnutí v exsikátoru byly misky zváženy na analytických vahách.

Obsah vlhkosti v % byl vypočten podle vzorce:

$$v = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100$$

kde: m_0 - hmotnost vysušené prázdné misky [g]

m_1 - hmotnost misky s navážkou vzorku před vysušením [g]

m_2 - hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g]

Obsah sušiny cibule v %:

$$S = 100 - v$$

8.2 Stanovení refraktometrické sušiny

Refraktometrická sušina představuje orientační obsah rozpustné sušiny neboli sacharosy ve vzorku.

Na čočku digitálního refraktometru byla nanesena vylisovaná šťáva z analyzovaných vzorků cibule. Měřená hodnota se zobrazí v %. Výsledná hodnota je průměr ze tří měření.

8.3 Stanovení celkového obsahu kyselin

Stanovení bylo provedeno alkalimetry, tedy titrací odměrným roztokem hydroxidu sodného na indikátor fenolftalein. Celkový obsah kyselin byl u analyzovaných vzorků vyjádřen jako obsah kyseliny jablečné.

Pro stanovení byla vzata navážka 25 g rozmělněného vzorku cibule navážené na analytických vahách s přesností na 0,0001 g. Vzorek bylo třeba vyloužit destilovanou vodou o teplotě 80 °C a poté se nechal odstát na 15 minut za občasného míchání. Kvantitativně byl pak převeden do 250 ml odměrné baňky a doplněn destilovanou vodou po rysku a pak byl zfiltrován. Z filtrátu bylo odpipetováno 50 ml do titrační baňky, přidalo se 3 - 5 kapek fenolftaleinu a titrovalo se roztokem hydroxidu sodného do trvale růžového zbarvení.

Hydroxid sodný byl standardizován na kyselinu šťavelovou. Jeho přesná koncentrace byla 0,1016 mol.dm⁻³.

Celkový obsah kyselin vyjádřených jako kyselina jablečná v % se vypočítá ze vztahu:

$$CK = \frac{a \cdot c \cdot M / 2 \cdot f_p}{n}$$

kde: a – spotřeba odměrného roztoku NaOH [ml]

c – přesná koncentrace roztoku NaOH [mol.dm⁻³]

M – molová hmotnost kyseliny jablečné (134,09 [g.mol⁻¹])

f_p – poměrový faktor (5)

n – navážka vzorku [g]

8.4 Stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina (CF – Crude Fiber) je vlastně nerozpustná část vlákniny, která je složena z celulózy a ligninu. Pro její stanovení je použito slabé kyseliny a slabé zásady v zařízení ANKOM²²⁰ Fiber analyzer.

Filtrační sáčky byly vymyty v acetonu a poté se nechaly na vzduchu odvětrat. Sáčky pak byly označeny popisky vzorků a zvažily se prázdné. Na analytických vahách s přesností na 0,0001 g byl do připravených příslušně označených sáčků 1 g vzorku. Sáčky se zatavily, jejich obsah byl rovnoměrně roztřepán do souvislé vrstvy, aby došlo k rovnoměrné extrakci rozpustné vlákniny. Jeden sáček zůstal prázdný tzv. korekční sáček. Sáčky pak byly vloženy do jednotlivých oddílů nosiče, na poslední se dalo závaží a nosič byl vložen do přístroje. Poté byl do přístroje nalit roztok H_2SO_4 o koncentraci $0,1275 \text{ mol.l}^{-1}$. Bylo uzavřeno víko a zapnuto míchání a topení na $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Po 45 minutách byl vypnut ohřev a míchání a kyselina byla vypuštěna. Pak byl třikrát proveden proplach horkou vodou. Do přístroje byl nalit roztok NaOH o koncentraci $0,313 \text{ mol.l}^{-1}$. Bylo opět zapnuto míchání a ohřev a po 45 minutách se horký louh vypustil. Pak byl proveden opět 3x proplach horkou vodou na 5 minut. Na závěr byl proveden proplach studenou vodou kvůli ochlazení. Sáčky byly vyjmuty z přístroje a na filtračním papíře byla vytlačena ze sáčků přebytečná voda. Vysušené sáčky pak byly zality v kádince acetonem na 2 – 3 minuty. Po vyjmutí z kádinky se aceton ze sáčků vytlačil a nechaly se odvětrat. Pak byly vloženy do sušárny vyhřáté na teplotu $105 \text{ }^\circ\text{C}$ a sušily se po dobu 4 hodin. Usušené sáčky byly vloženy do exsikatoru a po vychladnutí byly zvaženy. Zvážené sáčky poté byly vloženy do vyžíhaných a zvážených kelímků a byly spáleny v elektrické peci při teplotě $550 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 4 hod. Po spálení se kelímky s popelem, nechaly vychladnout a pak byly zvaženy.

Hrubá vláknina CF v % byla vypočtena podle vzorce:

$$CF = \frac{(h_3 - h_1 c_1) - (h_4 - h_1 c_2)}{h_2} \cdot 100$$

kde: $c_1 = \frac{h_s}{h_1}$ $c_2 = \frac{h_p}{h_1}$

kde: h_1 – hmotnost prázdného sáčku [g]

h_2 – hmotnost navážky vzorku v [g]

- h_3 – hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g]
- h_4 – hmotnost popela po spálení vysuš. sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g]
- c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze
- c_2 – korekce hmotnosti sáčku po spálení
- h_5 – hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g]
- h_p – hmotnost popele prázdného sáčku [g]

8.5 Stanovení celkového obsahu polyfenolů

Stanovení celkových polyfenolů bylo provedeno pomocí modifikace spektrofotometrické metody, s použitím Folin-Ciocalteova činidla [48]. Toto činidlo je jasně žlutý roztok, který obsahuje wolframan sodný, molybdenan sodný, kyselinu fosforečnou, kyselinu chlorovodíkovou, síran lithný, brom a vodu. Standardem byla kyselina gallová [49].

Reakcí za přítomnosti polyfenolů s Folin-Ciocalteovým činidlem vzniká barevný produkt, jehož absorbance je maximální při vlnové délce 765 nm.

Stanovení obsahu polyfenolů bylo provedeno jednak ve vodném prostředí, ale i v slabě kyselém prostředí (5 mM HCl).

Cibule byly očištěny, nakrájeny najemno a pečlivě rozmačkány. Z takto připravených vzorků byla odebrána navážka 5 g na analytických vahách s přesností na 0,0001 g. Vzorky byly dále extrahovány:

- v horké vodě o 80 °C – vodné prostředí.
- v 5 mM roztoku HCl – slabě kyselé prostředí.

Extrakce byla provedena v 50 ml odměrných baňkách za stálého míchání 1 hodinu na třepačce. Pak byly extrakty kvantitativně doplněny na 50 ml a po promíchání zfiltrvány.

Do zkumavky byl pak dávkován 1 ml vzorku, 1 ml Folin-Ciocalteova činidla, 1 ml 10 % Na_2CO_3 . Směs byla pečlivě promíchána a inkubována 1 hodinu ve tmě. Po inkubaci byla měřena absorbance při 760 nm proti slepému pokusu. U slepého pokusu byla místo vzorku dávkována voda u druhého způsobu 5mM kyselina chlorovodíková. U každého vzorku byly provedeny tři měření. [48]

Celkový obsah polyfenolů byl vyhodnocen pomocí rovnice regrese kalibrační křivky standardu kyseliny gallové a vyjádřen jako ekvivalent kyseliny gallové v mg/100g.

8.6 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

K stanovení byla použita spektrofotometrická metoda s využitím DPPH [48] a standardu kyseliny askorbové.

Principem této spektrofotometrické metody je reakce antioxidantů obsažených ve vzorku s radikálem látky DPPH (difenylpicrylhydrazylem). Dochází k reakci, kdy je radikál zredukován na DPPH-H (difenylpicrylhydrazin). Roztok DPPH je tmavě fialové barvy a při reakci dochází ke změně barvy až k odbarvení a snížení absorbance. Absorbance se měří při 517 nm. Antioxidační aktivita se vyjadřuje v $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ekvivalentu kyseliny askorbové.

Příprava extraktů vzorků cibule byla provedena stejně jako u stanovení polyfenolů v kapitole 8.5. Po zfiltrování extraktů a doplnění vodou a HCl do 50 ml odměrných baněk bylo extrakt nutné extrakty ještě zředit – 1 ml extraktu do 10 ml baňky. Poté se do připravených zkumavek dávkovaly 2 ml extraktu a 2 ml 0,16 mM DPPH v ethanolu. Poté následovala inkubace 30 minut ve tmě při pokojové teplotě. Zároveň se vzorky byl měřen kontrolní vzorek (kontrol), který se skládal z 2 ml rozpouštědla (voda nebo HCl) a 2 ml DPPH. Slepý pokus pro každý měřený druh cibule, proti kterému bylo měřeno, se skládal z 2 ml extraktu z dané cibule a 2 ml etanolu. Reakční směsi byly uloženy na 30 minut do tmy, promíchány a následně byly měřeny absorbance při 517 nm po uplynutí této reakční doby.

Antioxidační aktivita vybraných druhů cibule stanovená metodou DPPH byla vyjádřena v μg ekvivalentu kyseliny askorbové na ml extraktu vzorku a přepočtena i na $\mu\text{g/g}$ sušiny. Vycházelo se z kalibrační přímky pro kyselinu askorbovou.

Výpočet inaktivace v %:

$$I = \frac{A_K - A_{Vz}}{A_K} \cdot 100$$

Kde: A_K - absorbance kontrolního vzorku

A_{Vz} - absorbance extrahovaného vzorku

9 VÝSLEDKY A DISKUZE

9.1 Stanovení sušiny a vlhkosti

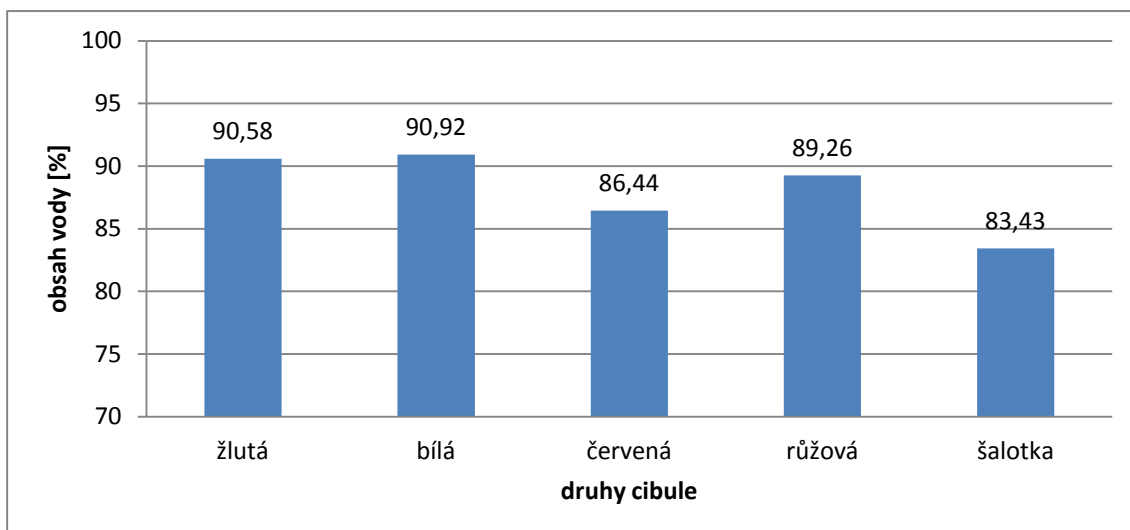
Důležitým jakostním znakem je obsah sušiny. Její stanovení bylo provedeno u pěti druhů cibule. Výsledky stanovení jsou (průměrné hodnoty ze 3 stanovení a směrodatná odchylka) jsou uvedeny v tabulce 9.

Tab. 8. Obsah sušiny ve vybraných vzorcích cibule

cibule	Sušina (%)	s
žlutá	9,4	0,6
bílá	9,1	0,2
červená	13,6	0,2
růžová	10,7	0,4
šalotka	16,6	1,8

Rozsah stanovených hodnot sušiny analyzovaných vzorků cibule leží v rozmezí 9,08 –16,57 %, průměrná hodnota je 11,88 %. Nejvyšší podíl sušiny byl stanoven u cibule šalotky, cibule červené a růžové. Kováčiková a kol. [50] uvádějí v potravinových tabulkách průměrný obsah sušiny cibule 12,4 %, což odpovídá našemu vzorku. Cibule šalotka a cibule červená měly obsah sušiny mírně vyšší.

Obr. 18. uvádí porovnání obsahu vody u analyzovaných vzorků cibule v grafu. Druhy cibule s největší vlhkostí jsou cibule bílá (90,92 %) a žlutá (90,58 %). Podle tabelovaných hodnot v potravinářských tabulkách [50] je průměrný obsah vody v cibuli 87,6 % (sušina 12,4 %). Naměřené hodnoty vlhkosti námi analyzovaných vzorků cibule se pohybují okolo této hodnoty.



Obr. 11. Průměrné hodnoty obsahu vody ve vybraných vzorcích cibule v %

9.2 Stanovení refraktometrické sušiny

U pěti analyzovaných druhů cibule byla stanovena refraktometrická sušina. Výsledky jsou průměrné hodnoty ze 3 stanovení a směrodatná odchylka, které shrnuje tabulka 10.

Tab. 9. Obsah refraktometrické sušiny
ve vybraných vzorcích cibule

vzorek	refraktometrická sušina (%)	s
žlutá	9,1	0,1
bílá	9,1	0,3
červená	12,6	1,1
růžová	8,7	0,3
šalotka	15,5	0,6

Rozsah obsahu refraktometrické sušiny u cibule je od 8,7 – 15,5 %. Největší množství bylo zjištěno u cibule šalotky (15,5%) a u červené cibule (12,6 %). Průměrný obsah refraktometrické sušiny všech vzorků cibule byl 11 %.

9.3 Stanovení celkového obsahu kyselin

Celkový obsah kyselin u vzorků cibule byl vyjádřen jako obsah kyseliny jablečné, která je podle Potravinových tabulek [50] převládající kyselinou (0,18 %). V tabulce 11 jsou shrnuty výsledky průměrné hodnoty ze 3 stanovení a směrodatná odchylka.

Tab. 10. Obsah kyselin ve vybraných vzorcích cibule vyjádřených jako kyselina jablečná v %

vzorek cibule	obsah kyselin (%)	s
žlutá	0,18	0,01
bílá	0,14	0,01
červená	0,25	0,01
růžová	0,18	0,01
šalotka	0,20	0,01

Výsledky ukázaly, že nejvyšší kyselost má cibule červená (0,25 %) a také šalotka (0,20 %). Ostatní druhy cibule mají obsah kyselin blízké tabelované hodnotě, která se pohybuje průměrně okolo 0,18 %, jak uvádějí Potravinové tabulky [50]. Nejmenší obsah kyselin byl stanoven u cibule bílé (0,14 %). Průměrný obsah kyselin u měřených vzorků cibule byl 0,19 %, což je opět hodnota velmi blízká tabelované hodnotě.

9.4 Stanovení obsahu hrubé vlákniny

Hrubá vláknina patří k základním parametrům zeleniny. Cibule nepatří k nejvýznamnějším zdrojům vlákniny, ale pro své rozsáhlé použití v kulinární přípravě pokrmů může malou mírou přispívat k naplnění konzumace doporučeného obsahu vlákniny.

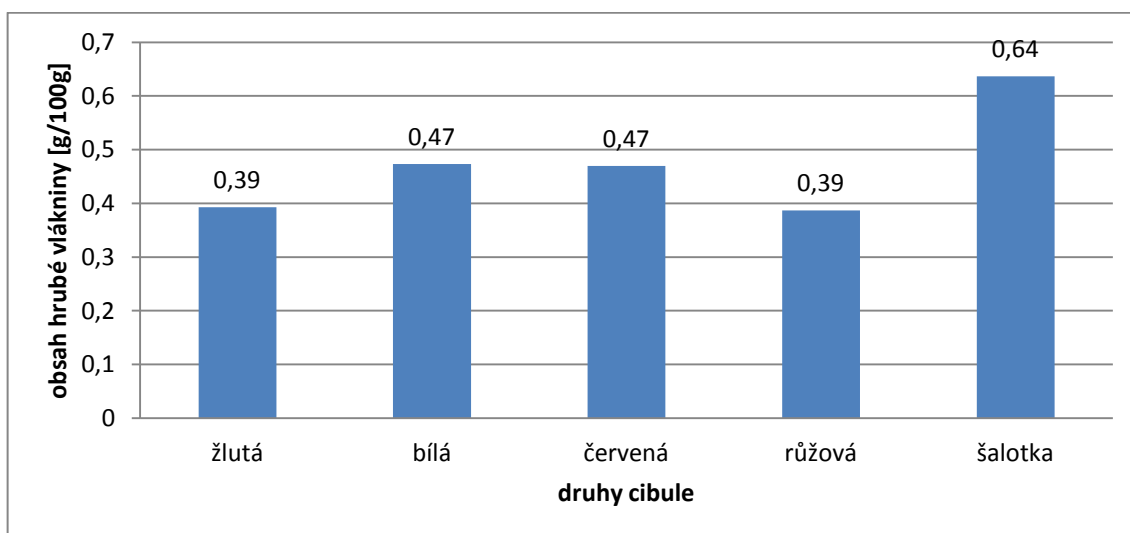
Naměřené hodnoty průměrné hodnoty ze 3 stanovení hrubé vlákniny a směrodatná odchylka u analyzovaných vzorků cibule jsou uvedeny v tabulce 12 a 13. Pro srovnání byly hodnoty vlákniny přepočteny na její obsah v čerstvém stavu do grafu (Obr. 19.).

Tab. 11. Naměřené hodnoty při stanovení hrubé vlákniny

vzorek cibule	Měření	Hmotnost prázdného sáčku h1 [g]	Navážka vzorku h2 [g]	Hmotnost sáčku po hydrolýze h3 [g]	Hmotnost popela h4 [g]
žlutá	1.	0,5187	1,0019	0,5624	0,0088
	2.	0,5039	0,9998	0,5497	0,0097
	3.	0,4966	1,0013	0,5399	0,0086
bílá	1.	0,5013	1,0012	0,5548	0,0083
	2.	0,5043	1,0001	0,5587	0,0086
	3.	0,5157	1,0005	0,5705	0,0089
červená	1.	0,5365	1,0000	0,5728	0,0082
	2.	0,5032	0,9994	0,5418	0,0099
	3.	0,5031	1,0000	0,5382	0,0079
růžová	1.	0,5132	0,9995	0,5497	0,0058
	2.	0,5158	1,0017	0,5513	0,0069
	3.	0,5173	0,9995	0,5533	0,0070
šalotka	1.	0,5114	0,9999	0,5567	0,0120
	2.	0,5002	1,0011	0,5418	0,0096
	3.	0,5394	0,9998	0,5785	0,0092
korekce sáčku		0,4962		0,4986	0,0088

Tab. 12. Obsah hrubé vlákniny ve vysušených vzorcích cibule

vzorek cibule	Hrubá vláknina [%]				s
	1. měření	2. měření	3. měření	průměr	
žlutá	4,15	4,26	4,10	4,17	0,08
bílá	5,16	5,23	5,25	5,21	0,05
červená	3,50	3,52	3,37	3,46	0,08
růžová	3,73	3,51	3,57	3,60	0,11
šalotka	3,99	3,85	3,68	3,84	0,16



Obr. 12. Obsah hrubé vlákniny v čerstvém stavu v g/100g

Z grafu 19 je zřejmé, že pouze cibule šalotka s obsahem 0,64 g/100 g překračuje tabelovanou průměrnou hodnotu 0,59 g/100 g uváděnou Kováčikovou a spol. [32]. Ostatní druhy cibule měly obsah hrubé vlákniny pod touto hodnotou. Nejméně hrubé vlákniny bylo zjištěno u cibule žluté a růžové. Průměrný obsah hrubé vlákniny u všech stanovovaných vzorků cibule je 0,47 g/100 g, což se blíží tabelované hodnotě Kováčikové.

9.5 Stanovení celkového obsahu polyfenolů

Stanovení bylo provedeno dle postupu popsaného v kapitole 8.5. Byly použity dvě rozpouštědla: voda a 5 mM kyselina chlorovodíková. Dosazením naměřených hodnot absorbance vzorku cibule do rovnice regrese kalibrační křivky GA byl zjištěn a vyjádřen obsah celkových polyfenolů, jako μg ekvivalentu kyseliny gallové na mililitr vzorku. Výsledek byl ještě přepočítán na mg ekvivalentu kyseliny gallové na 100 g vzorku. Obě hodnoty (průměrné hodnoty ze 3 stanovení a směrodatná odchylka) jsou uvedeny v tabulce 14. a 15.

Obsah polyfenolů se pohyboval v rozmezí 49,89 až 93,91 mg ekv.GA/100 g. Průměrný obsah polyfenolů u všech zkoumaných vzorků byla 72,47 mg ekv.GA/100 g.

Nejvyšší obsah polyfenolů při použití vody jako extrakčního činidla byl stanoven u cibule šalotky (93,91 mg ekv.GA/100 g) a v cibuli červené (85,23 mg ekv. GA/100 g). Méně polyfenolů bylo nalezeno v cibuli bílé a žluté. Nejnižší obsah polyfenolů byl zjištěn v růžové cibuli (49,89 mg ekv.GA/100 g).

Tab. 13. Výsledky stanovení obsahu celkových polyfenolů ve vodném prostředí

vzorek	CP (μg GA/ml)	Průměr CP (μg GA/ml)	s	CP (mg GA/100g)	Průměr CP (mg GA/100g)	s
žlutá	16,07	16,11	0,10	64,28	64,45	0,41
	16,23			64,92		
	16,04			64,16		
bílá	17,23	17,21	0,06	68,92	68,85	0,23
	17,26			69,04		
	17,15			68,60		
červená	21,01	21,31	0,29	84,04	85,23	1,16
	21,59			86,36		
	21,32			85,28		
růžová	12,14	12,47	0,29	48,56	49,89	1,17
	12,59			50,36		
	12,69			50,76		
šalotka	23,09	23,48	0,35	92,36	93,91	1,41
	23,56			94,24		
	23,78			95,12		

Tab. 14. Výsledky stanovení obsahu celkových polyfenolů v prostředí 5mM HCl

vzorek cibule	CP ($\mu\text{g GA/ml}$)	Průměr CP ($\mu\text{g GA/ml}$)	s	CP (mg GA/100g)	Průměr CP (mg GA/100g)	s
žlutá	14,93	15,02	0,10	59,72	60,07	0,41
	14,99			59,96		
	15,13			60,52		
bílá	13,85	13,80	0,06	55,40	55,21	0,23
	13,82			55,28		
	13,74			54,96		
červená	20,93	20,53	0,36	83,72	82,11	1,43
	20,25			81,00		
	20,40			81,60		
růžová	15,27	15,00	0,25	61,08	59,99	0,99
	14,93			59,72		
	14,79			59,16		
šalotka	21,47	21,72	0,33	85,88	86,88	1,34
	21,59			86,36		
	22,10			88,40		

Obsah polyfenolů se pohyboval v rozmezí 55,21 až 86,88 mg ekv.GA/100 g. Průměrný obsah polyfenolů u všech zkoumaných vzorků byla 68,85 mg ekv.GA/100 g.

Stejně jako ve vodě byl nejvyšší obsah polyfenolů stanoven i při použití druhého extrakčního činidla v cibuli šalotce (86,88 mg ekv. GA/100 g) a červené cibuli (82,11 mg ekv. GA/100 g). Výsledky ostatních druhů cibule se už od sebe obsahem polyfenolů moc nelišily: cibule žlutá, růžová a bílá.

V slabě kyselém prostředí bylo touto metodou celkově naměřeno méně polyfenolů, než tomu bylo ve vodném prostředí. Např. u cibule šalotky činil rozdíl 7,03 mg ekv. GA/100 g. Ze získaných výsledků vyplynul význam extrakčního činidla při stanovení.

Podle Sellappana a kol. [51] obsah polyfenolů se pohybuje v rozmezí 73,33 – 180,84 mg ekv. GA/100g. Nalezené hodnoty jsou na spodní hranici uváděných hodnot.

9.5.1 Stanovení kalibrační přímky na standard kyseliny gallové

Kalibrační přímka pro stanovení celkových polyfenolů byla změřena pomocí standardu kyseliny gallové v pěti koncentracích v rozpětí od 1 až do 20 $\mu\text{g/ml}$ ve vodném a v slabě

kyselém prostředí 5 mM kyseliny chlorovodíkové. Zásobní roztok GA měl koncentraci 100 µg/ml.

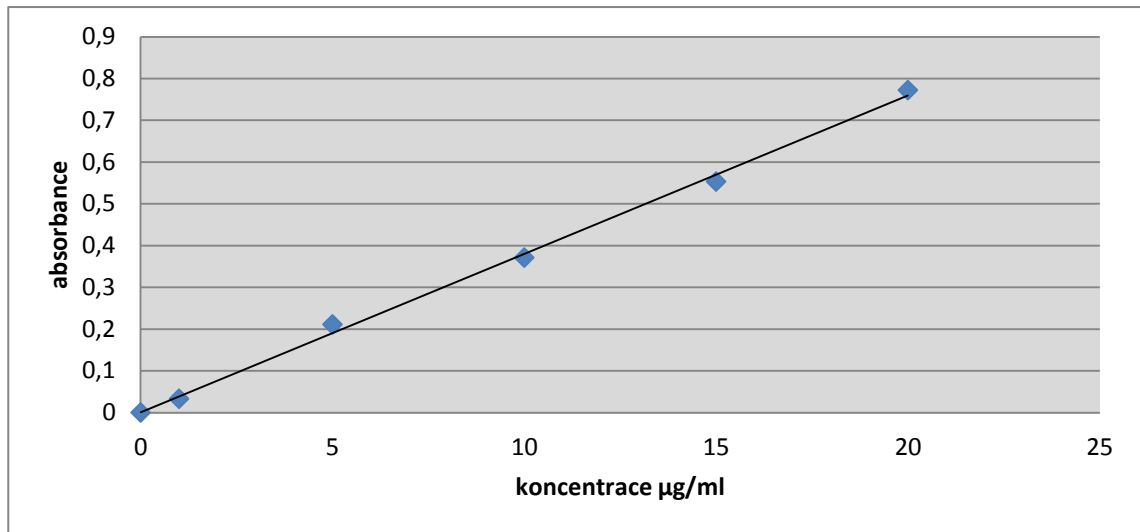
Dávkování reakční směsi bylo provedeno stejným postupem jak u vzorků cibule. Naměřené hodnoty absorbance pro kalibrační řady kyseliny gallové uvádí tab. 15. a 16.

Tab. 15. Naměřené hodnoty pro kalibrační řadu standardu kyseliny gallové – ve vodném prostředí

Koncentrace GA (µg/ml)	Absorbance
20	0,772
15	0,553
10	0,371
5	0,211
1	0,033

Tab 16. Naměřené hodnoty pro kalibrační řadu standardu kyseliny gallové – v prostředí 5mM kyseliny chlorovodíkové

Koncentrace GA (µg/ml)	Absorbance
20	0,702
15	0,547
10	0,364
5	0,195
1	0,039



Obr. 13. Kalibrační přímka kyseliny gallové ve vodném prostředí

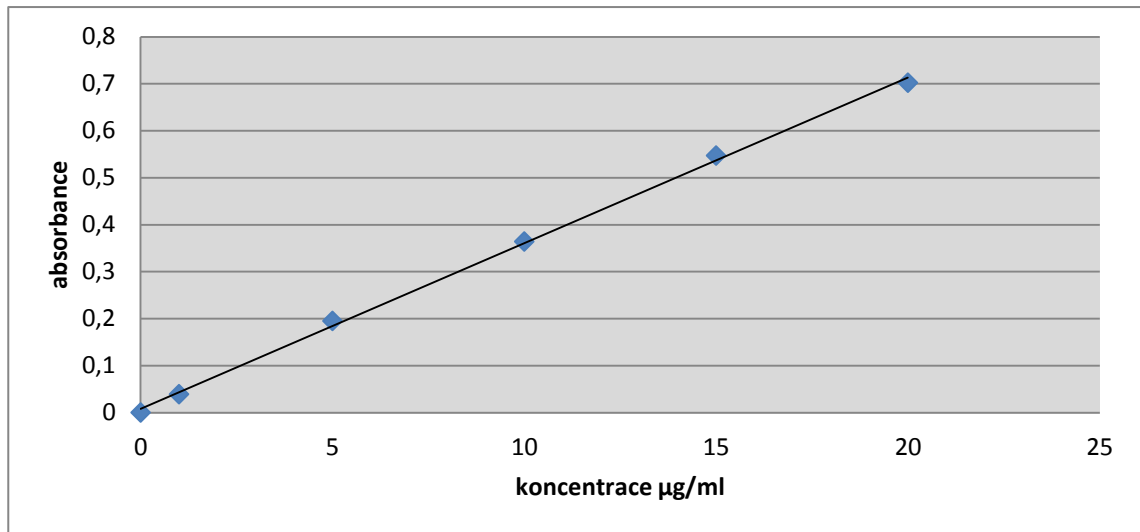
Kalibrační přímka kyseliny gallové ve vodném prostředí má rovnici regrese:

$$y = 0,0379x + 0,0009$$

kde: y – absorbance A

x – koncentrace kyseliny gallové [µg/ml]

Korelační koeficient závislosti koncentrace kyseliny gallové na absorbanci: $R = 0,9979$.



Obr. 14. Kalibrační přímka kyseliny gallové v prostředí 5mM HCl

Kalibrační přímka kyseliny gallové v prostředí 5 mM kyseliny chlorovodíkové má rovnice regrese:

$$y = 0,0353x + 0,0008$$

kde: y – absorbance A

x – koncentrace kyseliny gallové [µg/ml]

Korelační koeficient závislosti koncentrace kyseliny gallové na absorbanci: $R = 0,9989$.

9.6 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Antioxidační aktivita byla stanovena spektrofotometrickou metodou s využitím DPPH. Jako standard byla využita kyselina askorbová. Výsledky (průměrné hodnoty ze 3 stanovení a směrodatná odchylka) vzorků cibule vyjádřené jako μg ekv. kyseliny askorbové na mililitr ve vodném a slabě kyselém prostředí (s 5mM HCl) jsou uvedeny v tabulkách 16. a 17.

*Tab. 17. Výsledky inaktivace kyseliny askorbové
ve vodném prostředí*

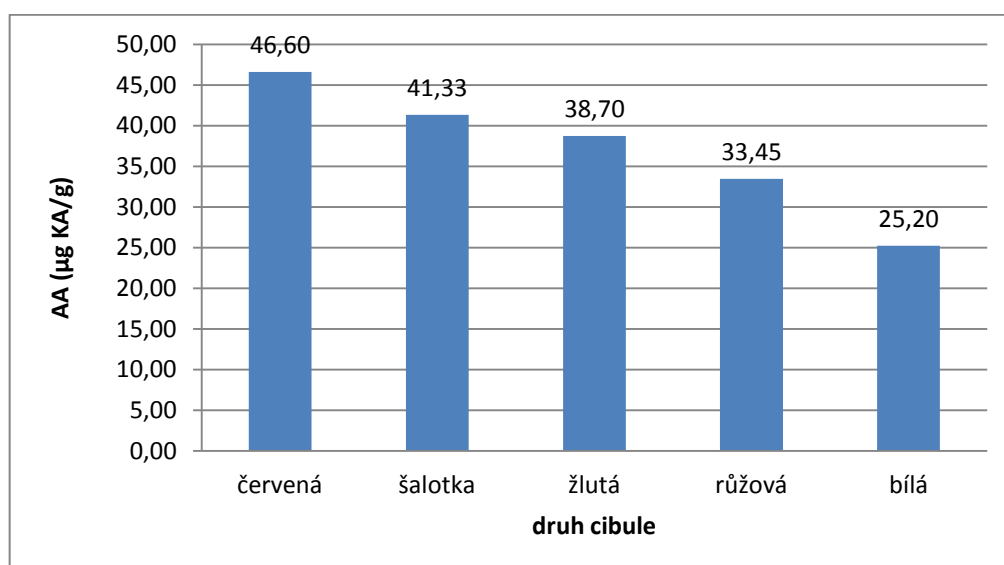
vzorek cibule	AA (μg ekv. KA/g)		
	μg KA/g	průměr	s
žlutá	38,8	38,7	0,08
	37,9		
	39,4		
bílá	27,2	25,2	0,17
	24,0		
	24,4		
červená	46,9	46,6	0,04
	46,7		
	46,2		
růžová	34,5	33,4	0,27
	35,4		
	30,4		
šalotka	42,4	41,3	0,36
	44,3		
	37,3		

Tab. 18. Výsledky inaktivace kyseliny askorbové

v prostředí 5mM HCl

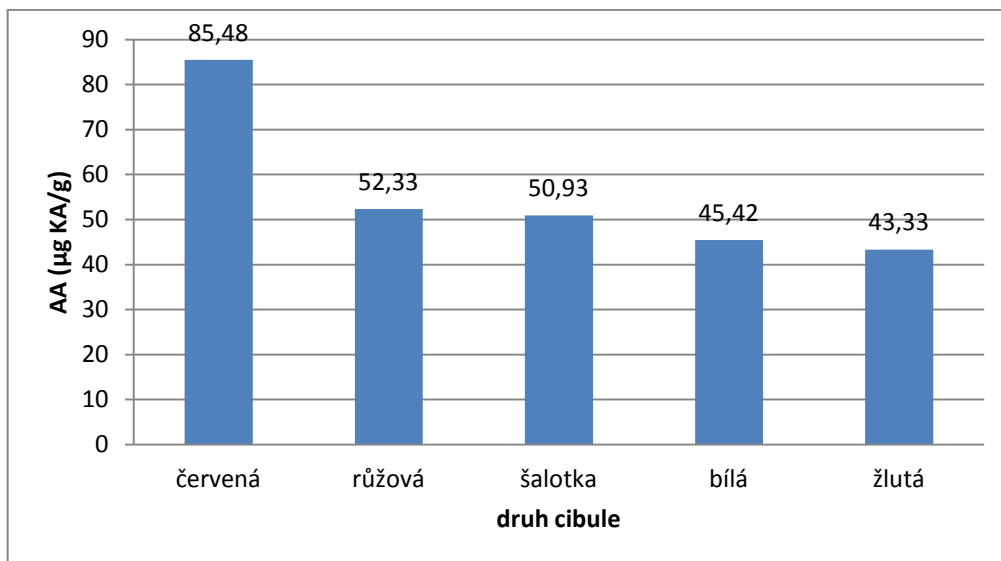
vzorek cibule	AA(μg ekv. KA/g)		
	μg KA/g	průměr	s
žlutá	45,8	43,3	0,22
	42,6		
	41,6		
bílá	49,0	45,4	0,33
	44,8		
	42,5		
červená	89,8	85,5	0,37
	83,1		
	83,6		
růžová	55,4	52,3	0,27
	50,5		
	51,1		
šalotka	48,3	50,9	0,29
	54,0		
	50,4		

Obr. 19. a 20. je zobrazeno sestupně pořadí AA vybraných vzorků cibule jako ekvivalent kyseliny askorbové v μg/g vzorku ve vodné nebo slabě kyselém prostředí.



Obr. 15. Antioxidační aktivita vybraných vzorků cibule

(ekv. KA v μg/g) ve vodném prostředí



Obr. 16. Antioxidační aktivita vybraných vzorků cibule (ekv. KA v µg/g)
v prostředí 5mM HCl

Obsah antioxidačních látek ve vodném prostředí se pohyboval v rozmezí 25,20 až 46,60 µg ekv.KA/g. Průměrný obsah antioxidačních látek u všech zkoumaných vzorků ve vodném prostředí byl 37,06 µg ekv.KA/g.

Ve vodném prostředí bylo zjištěno nejvíce antioxidačních látek v cibuli červené (46,60 µg ekv. KA/g) a šalotce (41,33 µg ekv. KA/g). Cibule žlutá obsahovala těchto látek již o něco méně a nejméně bylo stanoveno v cibuli bílé.

Obsah antioxidačních látek v slabě kyselém prostředí se pohyboval v rozmezí 43,33 až 85,48 µg ekv.KA/g. Průměrný obsah antioxidačních látek u všech zkoumaných vzorků ve vodném prostředí byl 55,50 µg ekv.KA/g.

V slabě kyselém prostředí 5 mM kyseliny chlorovodíkové byla největší antioxidační aktivita zjištěna u cibule červené (85,48 µg ekv. KA/g). Ostatní cibule, co se odpovídajících množství antioxidačních látek týče, už na tom byly podobně: cibule růžová, cibule šalotka, cibule bílá a žlutá.

V extraktech cibule slabě kyselého prostředí bylo celkově zjištěno více antioxidačních látek, než tomu bylo ve vodném prostředí. Je to dáno tím, že se antioxidační látky lépe extrahují v kyselějším prostředí. Například u cibule červené činil rozdíl 38,88 µg ekv. KA/g.

Významným antioxidantem u cibule je kyselina askorbová, proto byla použita jako standard. Kovačiková a spo. [50] uvádí obsah kyseliny askorbové v cibuli 5 – 10 mg/100 g.

9.6.1 Stanovení kalibrační přímky na standard kyseliny askorbové

Kalibrační přímka pro vyhodnocení antioxidační aktivity byla stanovena pomocí standardu kyseliny askorbové v pěti koncentracích v rozpětí od 2 až do 8 $\mu\text{g/ml}$ ve vodném a v šesti koncentracích v rozpětí od 0,8 do 8 $\mu\text{g/ml}$ v slabě kyselém prostředí 5 mM kyseliny chlorovodíkové. Pro příslušné koncentrace kyseliny askorbové byla vypočteny inaktivace.

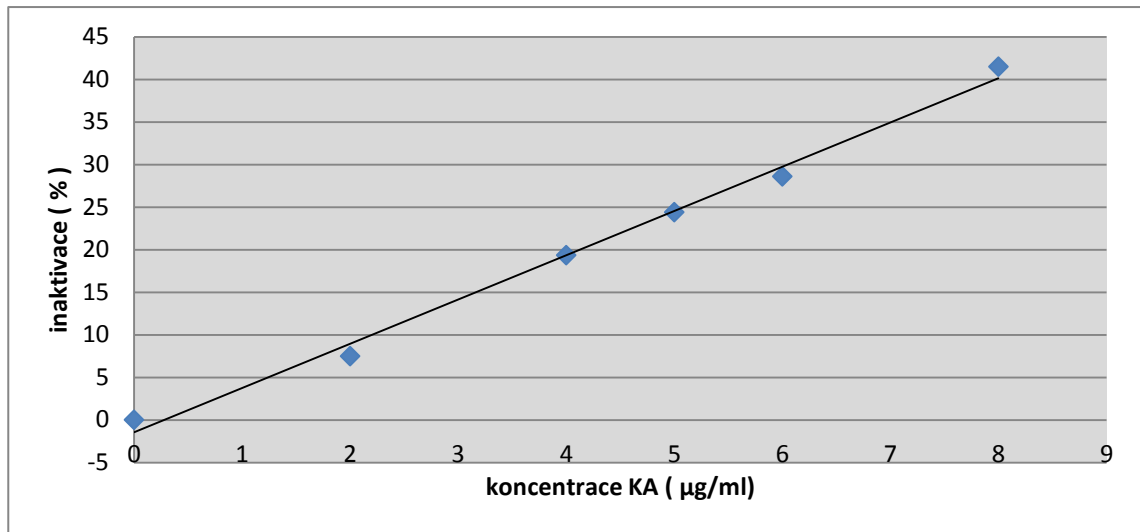
Hodnoty inaktivace uvádí tabulka 7. a 8. Z naměřených hodnot byly sestrojeny kalibrační přímky (Obr. 16. a 17.).

Tab. 19. Hodnoty inaktivace u příslušných koncentrací KA – ve vodném prostředí

Koncentrace KA ($\mu\text{g/ml}$)	Inaktivace (%)
8	41,48
6	28,59
5	24,39
4	19,34
2	7,48

Tab. 20. Hodnoty inaktivace u příslušných koncentrací KA – v prostředí 5mM kyseliny chlorovodíkové

Koncentrace KA ($\mu\text{g/ml}$)	Inaktivace (%)
8	63,63
6	44,86
4	28,12
2	12,20
1	6,12
0,8	3,88



Obr. 17. Kalibrační přímka inaktivace KA ve vodném prostředí

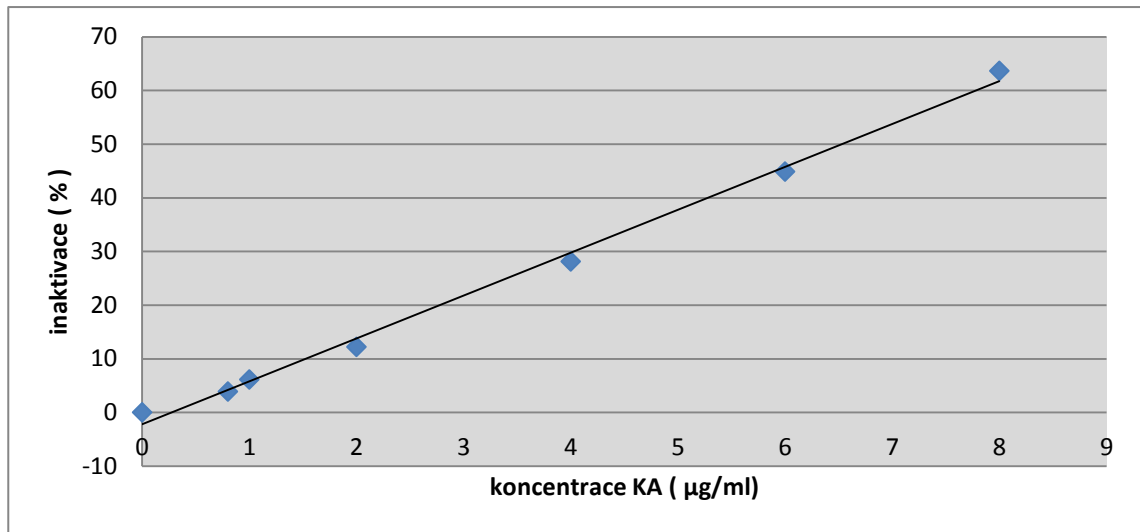
Kalibrační přímka kyseliny askorbové ve vodném prostředí má rovnici regrese:

$$y = 5,1996x - 1,4516$$

kde: y – inaktivace [%]

x – koncentrace kyseliny askorbové [μg/ml]

Korelační koeficient závislosti koncentrace kyseliny askorbové na inaktivaci: $R = 0,9933$.



Obr. 18. Kalibrační přímka inaktivace KA v prostředí 5mM HCl

Kalibrační přímka kyseliny askorbové v prostředí 5mM kyseliny chlorovodíkové má rovnici regrese:

$$y = 7,9951x - 2,2118$$

kde: y – inaktivace [%]

x – koncentrace kyseliny askorbové [$\mu\text{g/ml}$]

Korelační koeficient závislosti koncentrace kyseliny askorbové na inaktivaci: $R = 0,9958$.

ZÁVĚR

Cibule je rostlina, která je konzumována člověkem už od pradávna. Má velkou hodnotu nejen jako chutná potravina, ale i jako lék. Svým složením oplývá vysokým obsahem látek důležitých pro organismus člověka, a to vitaminy, minerály a antioxidantními látkami.

Nejvýznamnější je obsah antioxidantních látek, které zamezují nebo inhibují oxidaci tuků a jiných snadno oxidovatelných látek a prodlužují takto údržnost potravin. Antioxidanty se vyskytují v cibuli ve formě různých polyfenolických látek, vitamínu E a kyseliny askorbové, u kterých je nejvýznamnější obsah flavonoidů, především flavonolu kvercetinu. Kvercetin vykazuje významnou antioxidantní aktivitu a léčivé účinky. Například působí proti tvorbě rakovinových látek, protizánětlivě, proti růstu bakterií a virů a také jako antialergikum. Z vitamínů je v cibuli nejvíce vitamínu C a E. Minerální látky jsou v cibuli nejvíce zastoupeny draslíkem, sírou a fosforem. Cibule je i významná i obsahem fytoncidních látek. Jsou to těkavé sirné aromatické látky, které se uvolňují při porušení pletiv cibule, které mají baktericidní účinky. Této vlastnosti se využívá v konzervárenství.

Tato práce se také zabývala rozbořem vybraných druhů cibule a to cibule žluté, bílé, červené, růžové a šalotky. U těchto druhů byl stanoven obsah sušiny, celkový obsah kyselin, hrubé vlákniny, obsah polyfenolických látek a antioxidantní aktivita.

Sušina byla stanovována klasickou metodou sušením do konstantní hmotnosti. Nejvyšší podíl sušiny byl stanoven u cibule šalotky (16,57 %) a cibule červené (13,56 %). Nejméně sušiny měly cibule bílá (90,92 %) a žlutá (90,58 %).

Celkový obsah kyselin byl zjištěn alkalimetrickou titrací a vyjádřen v % na převažující kyselinu jablečnou. Podle našich zjištění má nejvyšší kyselost cibule červená (0,25 %) a také šalotka (0,20 %). Nejmenší obsah kyselin bylo stanoveno u cibule bílé (0,14 %).

Hrubá vláknina byla analyzována na přístroji Ankom²²⁰ Fiber Analyzer. Nejvyšší obsah hrubé vlákniny v čerstvém stavu byl u cibule šalotky (0,64 g/100 g). Ostatní cibule se od šalotky výrazně lišily nižším obsahem, kdy nejméně hrubé vlákniny obsahovaly obě cibule žlutá i růžová (0,39 g/100 g).

Při stanovení obsahu polyfenolických látek a antioxidantní aktivity byly použity dva způsoby extrakce, a to v destilované vodě a v 5mM kyselině chlorovodíkové.

Pro stanovení celkových polyfenolů byla použita fotometrická metoda s Folin-Ciocalteuovým činidlem a standardem kyseliny gallové. Nejvyšší obsah polyfenolů extrahovaných

v destilované vodě byl u cibule šalotky (93,91 mg ekv. GA/100 g) a v cibuli červené (85,23 mg ekv. GA/100 g). Nejnižší obsah polyfenolů byl zjištěn v růžové cibuli (49,89 mg ekv. GA/100 g). U druhého extrakčního činidla 5mM kyseliny chlorovodíkové byl nejvyšší obsah polyfenolů v cibuli šalotce (86,88 mg ekv. GA/100 g) a červené cibuli (82,11 mg ekv. GA/100 g). Nejméně polyfenolů bylo zjištěno u cibule bílé (55,21 mg ekv. GA/100 g).

Antioxidační aktivita byla zjištěna pomocí metody DPPH, kde reaguje radikál DPPH• s antioxidanty obsaženými ve vzorku a srovnán se standardem kyseliny askorbové.

Antioxidační aktivita byla ve vodném prostředí největší v cibuli červené (46,60 μg ekv. KA/g) a šalotce (41,33 μg ekv. KA/g). Nejnižší byla stanovena v cibuli bílé (25,20 μg ekv. KA/g). V slabě kyselém prostředí 5mM kyseliny chlorovodíkové byla největší antioxidační aktivita zjištěna u cibule červené (85,48 μg ekv. KA/g). U žluté cibule byla nejmenší (43,33 μg ekv. KA/g). V slabě kyselém prostředí byl celkově zjištěn vyšší obsah antioxidačních látek, než tomu bylo ve vodném prostředí. Je to dáno tím, že se antioxidační látky lépe extrahují v kyselejších prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] OBERBEIL, Klaus a Christiane LENTZOVÁ. *Léčba ovocem a zeleninou*. Praha: Fortuna Print, 2001. 80-7309-242-5.
- [2] *Ovoce a zelenina z naší zahrádky*. Časopis Praktická žena. 1997. s. 28-29. ISSN 0231-6471.
- [3] INGRAMOVÁ, Christine. *Světová encyklopedie - Všechno o jídle*. 1. čes. vyd. Praha: Fortuna Print, 2006. ISBN 80-7321-251-X.
- [4] HRABĚ, J., O. ROP a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Zlín: UTB ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-372-2.
- [5] PRUGAR, J. a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: VÚPS, 2008. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [6] KLIKOVÁ, Gabriela. *Biozahrada*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992. ISBN 80-209-0210-4.
- [7] DOLEJŠÍ, Antonín. *Zelenina na zahrádce*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 1986. 07-012-86.
- [8] SLIMESTAD, R., FOSSEN, T., VAGEN, I.M. *Onions: a source of unique dietary flavonoids*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, 55, 10067-10080.
- [9] GRIFFITHS, G., TRUEMAM, L. CROWTHER, T., THOMAS, B. and SMITH, B. *Onion – A global benefit to health*. *Phytother. Res.* 2002, 16, 7, 603-615.
- [10] PAMPLONA-ROGER, George D. *Encyklopedie léčivých rostlin*. 1. vydání. Praha: Těšínské papírárny, s.r.o., 2008. ISBN 978-80-7172-119-2.
- [11] MALÝ, Ivan. *Pěstujeme cibuli, česnek, hrách a další cibulové a luskové zeleniny*. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0635-0.
- [12] HRABĚ, Jan a Aleš Komár. *Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin III. Část*. Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 2003. ISBN 80-7231-107-7.
- [13] ŠTURSA, Jan a Pavel ŽILÁK. *Cibulovité a hlíznaté rostliny*. Praha: Aventinum, 1997. ISBN 80-85277-78-6.
- [14] JANČA, Jiří a Josef A. ZENTRICH. *Herbář léčivých rostlin*. Praha: Eminent, 1994. ISBN 80-85876-02-7.
- [15] [cit. 2013-04-03] Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Cibule_kuchy%C5%88sk%C3%A1
- [16] BRIGGS, Margaret. *Česnek a cibule - Mnohostranné, užitečné a zdraví prospěšné*. Praha: Libri, 2009. ISBN 978-80-7321-494-4.

- [17] ROD, Jaroslav. *Choroby zeleniny a brambor*. Praha: Květ, 1997. ISBN 80-85362-30-9.
- [18] RANKEN, M. D., KILL, R. C., BAKER, C. G. J. *Food Industries Manual*. 24.vyd. London: Chapman & Hall, 1997. 718 s. ISBN 0-7514-0404-7
- [19] PEKÁRKOVÁ, Eva. *Když zelenina neroste*. Líbeznice: Víkend, 2001. ISBN 80-7222-154-X.
- [20] *Tabulka odrůd cibule*. [cit. 2013-06-03] Dostupné z WWW: <http://www.semo.cz/proficz/index.php?s=&druh=3&Cibule->
- [21] *Obrázek cibule žluté*. [cit. 2013-06-03] Dostupné z WWW: <http://www.farmanemcova.cz/eimages/1000x800/Cibule.jpg>
- [22] *Obrázek cibule bílé*. [cit. 2013-06-03] Dostupné z WWW: http://www.food2u.cz/rs/upload/produkty/zelenina/thumbs/th_cibule_bila_800x600.jpg
- [23] *Obrázek cibule červené*. [cit. 2013-06-03] Dostupné z WWW: http://www.food2u.cz/rs/upload/produkty/zelenina/thumbs/th_cibule_cervena_800x600.jpg
- [24] [cit. 2013-06-03] Dostupné z WWW: <http://www.bydlet.cz/305343-recepty-zcibule-cibule-jako-prirodni-lek-i-vytecna-potravina/>
- [25] *Obrázek cibule růžové*. [cit. 2013-06-03] Dostupné z WWW: http://www.rosannaonions.com/storage/rosannapinkonions.jpg?__SQUARESPACE_CACHERVERSION=1349342250432
- [26] KOTT, Leon a Jiří MORAVEC. *Pěstování a použití méně známých zelenin*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 1989. 07-035-89.
- [27] *Obrázek cibule šalotky*. [cit. 2013-07-03] Dostupné z WWW: http://www.food2u.cz/rs/upload/produkty/zelenina/thumbs/th_salotka_800x600.jpg
- [28] *Obrázek cibule zimní a poschod'ové*. [cit. 2013-07-03] Dostupné z WWW: <http://www.prirodnizahrada.cz/Cibule.htm>
- [29] *Obrázek cibule perlovky*. [cit. 2013-25-03] Dostupné z WWW: <http://www.pluska.sk/thumb/images/gallery/izahradkar/pestujeme-rastliny/zelenina-a-ovocie/2012/05/perlovka.jpg?w=325&h=182&ip=5>
- [30] *Zhodnocení vlivu červené cibule na antioxidační aktivitu*. [cit. 2013-25-03] Dostupné z WWW: <http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=print&val=122498>
- [31] ŠAPIRO, D.K. a kol. *Ovoce a zelenina ve výživě člověka*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988. 232 s. ISBN 5-7860-0431-7.

- [32] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin III*. 1.vyd. Tábor: Osis, 1999. ISBN 80-902391-5-3.
- [33] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin I*. 1.vyd. Tábor: Osis, 1999. ISBN 80-902391-3-7.
- [34] *Antioxidaty pro zdraví* [cit. 2013-04-04] Dostupné z WWW: http://www.viscojis.cz/teens/index.php?option=com_content&view=article&id=131:115&catid=56&Itemid=106
- [35] *Flavonoidní antioxidanty a askorbová kyselina cibule*. [cit. 2013-05-04] Dostupné z WWW: <http://www.agris.cz/clanek/97457?print=True>
- [36] CHINOY, J. J. *The role of ascorbic acid in growth, Diferentiation and metabolism of plants*. Springer. 1984. ISBN 9024729084
- [37] CHRPOVÁ, D., KOUŘIMSKÁ, L., GORDON, M. H., HEŘMANOVÁ, V., ROUBÍČKOVÁ, I., PÁNEK, J. Antioxidant activity of selected phenols and herbs used in diets for medical conditions. *Czech J.Food Sci.* 2010, roč. 28, č. 4, s. 317-325.
- [38] PRONĚK, D., LACHMAN, J., SCHRAML, J. *Identifikace polyfenolických antioxidantů v rostlinném materiálu prostřednictvím simulace a NMR spektroskopie*. Česká zemědělská univerzita v Praze
- [39] LACHMAN, J. et al. Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Horticultural Science* (Prague). 2003, 30, 142-147.
- [40] *Kvercetin* [cit. 2013-05-04] Dostupné z WWW: <http://mojebylinky.cz/bylinkova-poradna/rostliny-bylinky/kvercetin>
- [41] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin II*. 1.vyd. Tábor: Osis, 1999. ISBN 80-902391-4-5.
- [42] ZAMRAZILOVÁ, E. *Vláknina potravy - význam ve výživě a v klinické medicíně*. Praha: Avicenum, 1989. 80 s. ISBN 08-092-89.
- [43] KOVÁCIKOVÁ, E., VOJTAŠÁKOVÁ, A., MOSNÁCKOVÁ, J., PASTOROVÁ, J., HOLCÍKOVÁ, K., SIMONOVÁ, E., KOŠICKÁ, M. *Vláknina v potravinách*. Bratislava: Výzkumný ústav potravinářský, 2003. 30 s. ISBN 80-89088-27-9.
- [44] SCALBERT, A., WILLIAMSON, G. *Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols*. *The Journal of Nutrition*. 2000, roč. 130, č. 8, s. 2073-2085. ISSN 0022-3166.
- [45] ZLOCH, Z., J. ČELÁKOVSKÝ a A. AUJEZDSKÁ. *Stanovení obsahu polyfenolů a celkové antioxidační kapacity v potravinách rostlinného původu*. Plzeň: ÚHLF UK, 2004.
- [46] KULISIC, T., RADONIC, A., KATALINIC, V., MILOS, M. *Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil*. *Food Chemistry*, 2004. roč. 85, č. 4, s. 633-640.

- [47] DAVÍDEK, Jiří a kol. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 2. Vydání. Praha: SNTL, 1981. 720 s. Typ. číslo L18-C3-II-84/88 282.
- [48] KONČIČ', Marijana Zovko and Mario JUG. Antioxidant and bioadhesive properties of onions (*Allium L.*, Alliaceae) processed under acidic conditions. *International Journal of Food Properties*. 2011, 14, 92-101. ISSN 1094-2912.
- [49] [cit. 2013-05-04] Dostupné z WWW: <http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Sigma/Datasheet/6/47641dat.Par.0001.File.tmp/47641dat.pdf>
- [50] KOVAČÍKOVÁ, E., A. VOJTAŠŠÁKOVÁ a K. HOLČÍKOVÁ. *Potravinové tabulky, Ovoce a zelenina*. Bratislava, 1997. ISBN 80-85330-33-4.
- [51] SELLAPPAN, S. and AKOH, Casimir C. *Flavonoids and antioxidant capacity of Georgia-Grown vidalia onions*. J. Agric. 2002, 50, 5338-5342
- [52] [cit. 2013-05-04] Dostupné z WWW: <http://www.primat.cz/utb-ft/predmety/chemie-potravin-q12932/voda-v-potravinach-m99797/nelzestahnout/#primat>
- [53] [cit. 2013-05-04] Dostupné z WWW: http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/navody/Titrkys.pdf
- [54] JANÍČEK, G., ŠANDERA, K., HAMPL, B. *Rukověť potravinářské technologie*. Praha: SNTL, 1962. 744 s. ISBN 04-810-62.
- [55] KUBÁŇ, Vlastimil, KUBÁŇ, Petr. *Analýza potravin*. 1. vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 203 s. ISBN 978-80-7375-036-7.
- [56] CAO G., SOFIC E: J. Agric. Food Chem. 44, 3426 1996.
- [57] DAPKEVICIUS A., VAN BEEK T. A., Niederländer H. A. G.: J. Chromatogr., A. 912, 73. 2001.
- [58] VAN DER SLUIS A. A., DEKKER M., VERKERK R., JONGEN W. M. F.: J. Agric. Food Chem. 48, 4116. 2000.
- [59] YAMANAKA N., ODA O., NAGAO S.: FEBS Lett. 405, 186. 1997.
- [60] CANO A., ACOSTA M., ARNAO M. B.: *Redox Rep*. 5, 365. 2000.
- [61] RICE-ENANS C., MILLER N.J., BOLWLL, P.G.: *Free Radical Res*. 22, 375 1995.
- [62] GRIFFITHS, G., TRUEMAM, L. CROWTHER, T., THOMAS, B. and SMITH, B. *Onion – A global bendit to health*. Wiley InterScience, 2002. Res. 16, 603-615.
- [63] OU B., HUANG D., HAMPSCH-WOODILL M., FLANAGAN J.A., Deemer E. K.: J. Agric. Food Chem. 50, 1322. 2002.

[64] RAPTA, P., MIŠÍK, V., STAŠKO, A., VRÁBEL I. *Free Radical Biol. Med.* 18, 901. 1995.

[65] NAKAMURA, T., NISHI, H., KOKUSENYA, Y., SATO, T. *Chem.Pharm. Bull.* 46, 1388. 1998

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AA	Antioxidační aktivita
LDL	Low Density Lipoprotein
TLC	Tenkvrstvá chromatografie
HPLC	Vysoce účinná kapalinová chromatografie
DPPH	Difenylpikrylhydrazyl
ABTS	2,2-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát).
TAA	Total Antioxidant Activity
ORAC	oxygen radical absorbance capacity

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Cibule, základní tvary	13
Obr. 2 Průřez cibulí	13
Obr. 3. Cibule žlutá	18
Obr. 4. Cibule bílá	18
Obr. 5. Cibule červená	19
Obr. 6. Cibule růžová	19
Obr. 7. Cibule šalotka (banánová)	20
Obr. 8. Cibule zimní – sečka	21
Obr. 9. Cibule perlovka	22
Obr. 10. Cibule poschoďová	22
Obr. 11. Průměrné hodnoty obsahu vody ve vybraných vzorcích cibule v %	47
Obr. 12. Obsah hrubé vlákniny v čerstvém stavu v g/100g	50
Obr. 13. Kalibrační přímka kyseliny gallové ve vodném prostředí	54
Obr. 14. Kalibrační přímka kyseliny gallové v prostředí 5mM HCl	55
Obr. 15. Antioxidační aktivita vybraných vzorků cibule (ekv. KA v $\mu\text{g/g}$) ve vodném prostředí	57
Obr. 16. Antioxidační aktivita vybraných vzorků cibule (ekv. KA v $\mu\text{g/g}$) v prostředí 5mM HCl	58
Obr. 17. Kalibrační přímka inaktivace KA ve vodném prostředí	60
Obr. 18. Kalibrační přímka inaktivace KA v prostředí 5mM HCl	61

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Optimální skladovací podmínky	14
Tab. 2. Přehled odrůd cibule	17
Tab. 3. Přehled obsahu základních látek u cibule a šalotky v g/kg	25
Tab. 4. Přehled obsahu minerálních látek u cibule a šalotky v mg/kg	25
Tab. 5. Přehled obsahu vitaminů u cibule a šalotky v mg/kg	26
Tab. 6. Energetická hodnota různých cibulovin	26
Tab. 7. Analyzované vzorky cibule	39
Tab. 8. Obsah sušiny ve vybraných vzorcích cibule	46
Tab. 9. Obsah refraktometrické sušiny ve vybraných vzorcích cibule	47
Tab. 10. Obsah kyselin ve vybraných vzorcích cibule vyjádřených jako kyselina jablečná v %	48
Tab. 11. Naměřené hodnoty při stanovení hrubé vlákniny	49
Tab. 12. Obsah hrubé vlákniny ve vysušených vzorcích cibule	50
Tab. 13. Výsledky stanovení obsahu celkových polyfenolů ve vodném prostředí	51
Tab. 14. Výsledky stanovení obsahu celkových polyfenolů v prostředí 5mM HCl	52
Tab. 15. Naměřené hodnoty pro kalibrační řadu standardu kyseliny gallové – ve vodném prostředí	53
Tab. 16. Naměřené hodnoty pro kalibrační řadu standardu kyseliny gallové – v prostředí 5mM kyseliny chlorovodíkové	53
Tab. 17. Výsledky inaktivace kyseliny askorbové ve vodném prostředí	56
Tab. 18. Výsledky inaktivace kyseliny askorbové v prostředí 5mM HCl	57
Tab. 19. Hodnoty inaktivace u příslušných koncentrací KA – ve vodném prostředí	59
Tab. 20. Hodnoty inaktivace u příslušných koncentrací KA – v prostředí 5mM kyseliny chlorovodíkové	59

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY