

# **Stanovení základních analytických parametrů červené řepy a vodnice**

Bc. Gabriela Velková

---

Diplomová práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Gabriela Velková**  
Osobní číslo: **T12864**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Stanovení základních analytických parametrů  
červené řepy a vodnice**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakteristika červené řepy, pěstování, složení, vlastnosti a využití
2. Popis vodnice, pěstování, složení, vlastnosti
3. Metody stanovení základních analytických parametrů

### II. Praktická část

1. Stanovení sušiny, refraktometrické sušiny, celkového obsahu kyselin a hrubé vlákniny, antioxidační aktivity a celkového obsahu polyfenolů ve vzorcích červené řepy
2. Stanovení sušiny, celkového obsahu kyselin a hrubé vlákniny, antioxidační aktivity a celkového obsahu polyfenolických látek ve vzorcích vodnice

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. Chemie potravin II. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.

[2] VULIC, J., ČANADANOVIC-BRUNET, J., CETKOVIC, G., TUMBAS, V., DJILAS, S., ČETOJEVIC-SIMIN, D., ČANADANOVIC, V. Antioxidant and cell growth activities of beet root pomace extracts. Journal of Functional Foods, 2012, 4, 670-678.

[3] FERNANDES, F., VALENTAO, P., SOUSA, C., PEREIRA, J. A., SEHRRRA, R. M., ANDRADE, P. B. Chemical and antioxidative assessment of dietary turnip (Brassica rappa var. rappa L.). Food Chemistry, 2007, 105, 1003-1010.

[4] WOOTTON-BEARD, P., RYAN, L. A beetroot juice shot is significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. Journal of Functional Foods, 2011, 3, 329-334.

[5] BRIGGSOVÁ, M. Červená řepa, mangold a špenát. 1. vyd. Praha: Fortuna Libri 2009. 159 s. ISBN 978-80-7321-493-7.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Soňa Škrovánková, Ph.D.**

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**10. ledna 2014**

Termín odevzdání diplomové práce:

**25. dubna 2014**

Ve Zlíně dne 3. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: VELKOVÁ GABRIELA

Obor: THEVP

## 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 obhajoby <sup>1)</sup>;
- 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. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít 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 15.4.2014

Velkova'

<sup>1)</sup> 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 nevýdělečně 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.

<sup>2)</sup> 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, užije-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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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 přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Teoretická část této diplomové práce se zabývá charakteristikou červené řepy a vodnice, jejich pěstováním, chemickým složením a vlastnostmi. Jsou zde také popsány metody, které byly použity v praktické části. V praktické části byl stanoven obsah sušiny a refraktometrické sušiny, titrační kyselost a obsah hrubé vlákniny ve vzorcích vodnice a červené řepy. Dále byla zjišťována antioxidační aktivita a celkový obsah polyfenolů v čerstvých a skladovaných vzorcích červené řepy a vodnice.

Klíčová slova: červená řepa, vodnice, analytické parametry, antioxidační aktivita, polyfenoly

## **ABSTRACT**

The theoretical part of the thesis deals with the characterization of beetroot and turnip, their cultivation, chemical composition and properties. The methods used in the practical part are also described. In the practical part the content of dry matter, soluble solids, titratable acidity and crude fiber in samples of beetroots and turnips were determined. Furthermore, the antioxidant activity and the total polyphenol content were determined in fresh and stored samples of beetroot and turnips.

Keywords: beetroot, turnip, analytical parameters, antioxidant activity, polyphenols

Chtěla bych poděkovat své vedoucí práce Ing. Soni Škrovánkové, Ph.D. za cenné rady při psaní diplomové práce a odbornou pomoc při práci v laboratoři. Dále bych chtěla také poděkovat paní laborantce Lence Škubalové za pomoc a ochotu při práci v laboratoři. Poděkování patří i mojí rodině a mému příteli za trpělivost a povzbuzení.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ČERVENÁ ŘEPA</b> .....	<b>12</b>
1.1 PĚSTOVÁNÍ ČERVENÉ ŘEPY.....	13
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....	17
1.3 VLASTNOSTI.....	22
1.4 VYUŽITÍ .....	23
<b>2 VODNICE</b> .....	<b>25</b>
2.1 PĚSTOVÁNÍ.....	26
2.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....	28
2.3 VLASTNOSTI.....	31
2.4 VYUŽITÍ .....	32
<b>3 METODY STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH ANALYTICKÝCH PARAMETRŮ</b> .....	<b>34</b>
3.1 METODY STANOVENÍ SUŠINY .....	34
3.2 METODY STANOVENÍ REFRAKTOMETRICKÉ SUŠINY .....	34
3.3 METODY STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU KYSELIN .....	35
3.4 METODY STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY .....	35
3.4.1 Stanovení hrubé vlákniny podle Henneberga a Stohmanna.....	35
3.5 METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY .....	36
3.5.1 Metoda TEAC .....	36
3.5.2 Metoda ABTS .....	37
3.5.3 Metoda FRAP.....	37
3.5.4 Metoda DPPH .....	37
3.6 METODY STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ.....	38
3.6.1 Metoda Folin-Ciocalteu (FC).....	38
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>40</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>41</b>
<b>5 MATERIÁL A PŘÍSTROJE</b> .....	<b>42</b>
5.1 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY.....	43
5.2 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	43
<b>6 METODIKA STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH ANALYTICKÝCH PARAMETRŮ</b> .....	<b>45</b>
6.1 STANOVENÍ SUŠINY VZORKŮ .....	45
6.2 STANOVENÍ REFRAKTOMETRICKÉ SUŠINY .....	45
6.3 STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU KYSELIN .....	46
6.4 STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY .....	46
6.5 STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	48
6.6 STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ POMOCÍ FOLIN-CIOCALTEUOVA ČINIDLA .....	49
<b>7 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>51</b>



7.1	STANOVENÍ SUŠINY .....	51
7.2	STANOVENÍ REFRAKTOMETRICKÉ SUŠINY .....	52
7.3	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU KYSELIN .....	53
7.4	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY .....	55
7.5	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	56
7.5.1	Stanovení antioxidační aktivity u červené řepy .....	58
7.5.2	Stanovení antioxidační aktivity u vodnice .....	60
7.5.3	Porovnání antioxidační aktivity červené řepy a vodnice .....	63
7.6	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ .....	63
7.6.1	Stanovení celkového obsahu polyfenolů u červené řepy .....	65
7.6.2	Stanovení celkového obsahu polyfenolů u vodnice .....	67
7.6.3	Porovnání celkového obsahu polyfenolů červené řepy a vodnice .....	68
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>70</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>		<b>72</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>79</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>80</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>81</b>

## ÚVOD

Červená řepa (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* convar. *crassa*) je známá již od dob Mezopotámie. Byla vyšlechtěna z přímořské řepy (*Beta maritima*), která planě roste na pobřeží Středozemního moře a na některých místech Asie. Ve starověkém Římě byly využívány spíše listové variety, zatímco ve starověkém Řecku se zabývali šlechtěním řepy pro její bulvy.

Červená řepa se pěstuje jako jednoletá rostlina. Díky různým odrudám lze vypěstovat řepy různých barev, tvarů a velikostí. Konzumní částí jsou listy a bulvy. Nejznámějším pokrmem z červené řepy je polévka boršč. Šťáva z červené řepy má antioxidační účinky. Šťávy z řepy se používají také jako součást léčebných kúr, při poruchách jater a krvetvorby. Dále má řepa pozitivní účinky na imunitu.

Červená řepa se vyznačuje typickou zemitou chutí, kterou způsobuje přítomný bicyklický alkohol geosmin. Dále se na její chuti podílí organické kyseliny, kde převažuje kyselina šťavelová. Řepa je dobrým zdrojem železa, které pozitivně působí na krvetvorbu a zlepšuje okysličování tkání. Dále řepa obsahuje řadu polyfenolů a betalainová barviva, které vykazují antioxidační účinky.

Vodnice (*Brassica rapa* var. *esculenta*) byla vyšlechtěna z plané brukve řepáku (*Brassica rapa* L.). Nejprve byla rostlina využívána jako olejnína, později se šlechtily pro bulvy. Vodnice byla často využívána v dřívějších dobách jako potravina a také jako krmivo pro hospodářská zvířata. Pěstování této rostliny není náročné ve vyšších polohách, kdy rostlina snese teploty až do  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Konzumní částí vodnice jsou bulvy a listy. V některých zemích se konzumují mladé výhonky s poupaty, které jsou zelené a neotevřené.

Vodnice obsahuje vitamin C a vlákninu. Dále se zde vyskytují glukosinoláty, což jsou látky obsahující síru a dusík. Glukosinoláty tvoří sekundární metabolity, které mohou mít pozitivní ale i negativní vliv na lidský organizmus. Glukosinoláty se v pletivu nacházejí s enzymem myrozinázou. Při mechanickém poškození bulvy se začnou tvořit sekundární metabolity glukosinolátů a vznikají sloučeniny s různými vlastnostmi. V bulvách jsou přítomny také polyfenolické látky, které mají antioxidační účinky.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ČERVENÁ ŘEPA

Červená řepa, latinsky *Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* convar. *esculenta*, synonymum *B. vulgaris* convar. *crassa*, patří do čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*). Botanicky se řadí do stejného rodu jako řepa krmná (*Beta vulgaris* var. *alba*), řepa cukrovka (*Beta vulgaris* var. *altissima*) a mangold (*Beta vulgaris* var. *cicla*). Z užitkového hlediska, tedy dle charakteru rostlinných orgánů, pro které se pěstuje, je červená řepa zařazena do kořenové zeleniny [1,2,3].

Červená řepa má také alternativní názvy jako je např. řepa salátová, tento název je přesnější z toho pohledu, že existují různé barvy bulev řepy – od bílé přes žlutou až po sytě červenou. V angličtině se červená řepa nazývá také několika alternativními způsoby např. „red beet“, „beetroot“ nebo „garden beet“ [1].

Společným předkem všech řep neboli buráků je slanomilná, jednoletá řepa přímořská *Beta vulgaris* subsp. *maritima*. Je to planá řepa, která roste kolem pobřeží Evropy, na severu Afriky, na Blízkém východě a na některých územích Asie. Jako užitková rostlina se stala řepa již v Mezopotámii. Tehdy byla pěstována především pro listy. Později byly linie řepy diferencovány do dvou linií – do listové a kořenové. Ve starověkém Římě byly popisovány různé variety listové řepy, zatímco ve starověkém Řecku se spíše zajímali o kořeny řepy, a selektovaným výběrem kořenů se Řekové významně podíleli na vzniku dnešní podoby řep. Plané řepy kvetou již prvním rokem, takže důležitým krokem byl přesun kvetení do druhého roku. Tento krok byl prováděn několik staletí za použití různých agrotechnických způsobů, dobou výsevů a také zde měly vliv klimatické podmínky. Bulvy červené řepy byly šlechtěny tak, aby byly méně tuhé a vláknité, jako je to u krmné řepy a řepy cukrovky. Červená řepa se rozšířila do východní Asie při obchodních cestách. Kolem roku 850 př. n. l. dorazila do Číny, kde byla oblíbená kvůli listům. V 15. a 16. století byla řepa v Itálii dále šlechtěna a odtud se pak dostala do celé Evropy a později i do Ameriky. V této době se bulvy používaly spíše ke konzumaci než k lékařským účelům. První popis červené řepy tzv. římské je datováno v roce 1558 v Německu a do roku 1576 se tato odrůda dostala do Anglie. Německo se pak stalo centrem dalšího šlechtění červené řepy, jelikož zde byly ideální podmínky pro její pěstování. V 18. a 19. století byla řepa zapsána do seznamu pro pěstitele zeleniny, který měl význam jako dnešní katalog semen [2,4,5,6,7,8].

Obliba červené řepy se rozšířila do Polska, Ruska, Litvy a na Ukrajinu a potom na některé části Skandinávie. Byla hojně využívána pro konzum a v této době vznikl asi nejznámější recept s červenou řepou – polévka zvaná boršč. Dále je řepa oblíbenou zeleninou v Americe. U nás se pěstuje na zahradách a na polích pro domácí užití i pro potřeby konzervářského průmyslu [7,9].

Popis rostliny červené řepy je uveden na Obr. 1.



Obr. 1. Popis červené řepy. (1) bulva, (2) listy, (3) květ, (4) klubička se semeny [10].

### 1.1 Pěstování červené řepy

Červená řepa je dvouletá rostlina. Pro bulvy se řepa pěstuje jako jednoletá. Pro semena se řepa pěstuje do druhého roku. Pokud však působí nízké teploty na začátku vývoje, může rostlina kvést už v prvním roce. Existují však odrůdy, které byly speciálně vyšlechtěny pro pěstování ve vyšších polohách. Červená řepa snáší nižší letní teploty a vyšší relativní vlh-

kost vzduchu. Půda pro výsev by měla být dobře propustná a lehká s pH v rozmezí 6,5 – 7,5 [2,6,11].

Kromě pěstování pro bulvy se červená řepa může sádit jako součást okrasných záhonů. Pro toto využití je vhodná odrůda ‚*Bull’s Blood*‘, která vytváří atraktivní červeno-zelenou růžici listů [6].

V prvním roce rostlina vytváří přízemní růžici řapíkatých listů, které mohou mít zelenou až červenofialovou barvu. Bylo zjištěno, že zelenolisté typy jsou produktivnější. Zdužnatěním kořene pak vzniká bulva, která částečně vyčnívá nad povrch půdy. Bulva se skládá z hlavy (epikotyl), který nese růžici listů, krku (hypokotyl) a z kořene (radix). Ve druhém roce rostlina vytváří rozvětvené semenice s drobnými nazelenalými kvítky a později semena, která jsou uložena v plodenství zvaném klubičko [3,8].

Obrázek klubička je uveden na Obr. 2.



*Obr. 2. Klubičko se semeny červené řepy [12].*

Semena červené řepy jsou uspořádána v „klubičku“, které je souplodím 2 - 4 semen, proto je nezbytné mladé rostliny později vyjednotit. V dnešní době jsou také vyšlechtěny odrůdy, které obsahují v klubičku 1 semeno pro snadnější jednocení. Označují se jako tzv. monogermální neboli jednozárodečné odrůdy. Tyto odrůdy mívají v názvu obsaženou předponu nebo slovo ‚*mono*‘. Hmotnost 1000 klubiček je 15 – 22 g, u monogermálních odrůd je hmotnost klubiček až poloviční. Semena řepy klíčí okolo teploty 10 °C a klíčivost si zachovávají až po dobu 6 let [2,6,8,11].

Výsev červené řepy probíhá od poloviny dubna do poloviny června, obecně výsev může začít, pokud teplota půdy dosáhne alespoň 7 °C a poslední výsev se může provést asi 10 týdnů před příchodem prvních mrazů. Odrůdy odolné proti předčasnému vybíhání do květu se mohou vysévat počátkem jara, později se může provádět výsev i ostatních odrůd. Pro ranější sklizeň se může řepa vysévat časně zjara pod netkanou textilií, do pařeniště nebo pod střechou do truhlíků či sadbovačů. Pro průběžné sklizení červené řepy se doporučuje vysévání v intervalu 2 – 4 týdnů [6,11,13].

Semena vzhází asi po 1 – 2 týdnech od výsevu. Po vytvoření prvních 2 – 3 lístků se doporučuje rostlinky jednotlivit na vzdálenost 7 – 15 cm od sebe. Vzdálenost jednocení záleží na velikosti požadovaných bulev. V průběhu pěstování je důležitá závlhka v suchých letních obdobích a okopávání [2,8,11].

Řepa nesnáší přímé hnojení chlévským hnojem. Protože bulvy červené řepy snadno kumulují nitráty (nejvíc ze všech kořenových zelenin pěstovaných u nás), vyžadují nízké dávky dusíku. Dusíkaté hnojiva se aplikují ve dvou dávkách, první při přípravě pozemku a druhá dávka po vyjednocení a okopání. Při nedostatku bóru se aplikuje Borax v dávce 20 – 30 kg/ha. Vhodné místo pro pěstování je polostín anebo slunné stanoviště [8,14].

Řepě mohou škodit vrabci, larvy osenic, mšice, padání klíčících rostlin, skvrnitost listů houbového původu a nedostatek bóru a hořčíku. Padání klíčících rostlin způsobují některé druhy hub z rodu *Phytophthora*, které způsobují tmavnutí a hnití kořene klíčících rostlin. Těmto organismům svědčí vysoká vlhkost. Nedostatek bóru se projevuje hnědými kruhy uvnitř bulvy a nedostatek hořčíku se projevuje jako žluté skvrny mezi žilkami listů [6,11].

Červená řepa se sklízí, v různých fázích zralosti od malých bulviček s průměrem do 3 cm až po vyzrálé bulvy, které narostou asi za 7 – 13 týdnů po výsevu. Při pozdější sklizni mohou být bulvy dřevnaté až nepoživatelné. Pozdní odrůdy se sklízí před příchodem mrazů. Bulvám se odkrouť listy, při odříznutí listů by mohla vytéct z kořene šťáva. Bulvy lze skladovat na chladném a vlhkém místě, protože snadno vysychají. Bulvy, které jsou nějakým způsobem poškozeny, je lepší ihned zpracovat. Pro sklad bulev červené řepy jsou vhodná místa, kde nemrzne. Bulvy se mohou skladovat v krabicích s vlhkou rašelinou, pískem nebo pilinami. Přes celou zimu bulvy vydrží ve sklepě v lískách s pískem nebo rašelinou při teplotě 0 – 1 °C při 95 % relativní vlhkosti vzduchu. V chladničce v polyetylenových sáčkách vydrží po dobu několika týdnů. Průběžně by se měla provádět

kontrola bulev a odstranění plesnivých, hnilých, případně jinak poškozených bulev [1,6,8,11].

Bulvy červené řepy se vyskytují v různých tvarech: kulaté (zaoblené), špičaté (protažené) a oválné (zploštělé) [6].

Mezi kulaté odrůdy se mohou řadit např. *„Boltardy“* - tato odrůda dobře vzchází a netvoří předčasně květy a je vhodná pro pěstování v kontejnerech. *„Bonel“* – dává vysoké výnosy, ale vzchází dlouhou dobu. *„Detroit 2 Little Ball“* – tvoří tmavě červené malé bulvy, které jsou vhodné k přímému konzumu, zavařování, či nakládání. Tato odrůda je vhodná pro pozdní výsev a skladování. Odrůda *„Monopoly“* – je monogermální a netvoří předčasně květ. Bulvy této odrůdy se vyznačují hrubší pokožkou. Odrůda *„Regala“* je vhodná pro pěstování v nádobách [6].

Ze špičatých odrůd se může pěstovat např. *„Cheltenham Green Top“*. Tato odrůda vytváří dlouhé kořeny s hrubou pokožkou a je vhodná pro skladování. Byla také vyšlechtěna monogermální odrůda *„Cheltenham Mono“* pro snadnější jednocení. Tyto odrůdy nevybíhají předčasně do květu a jsou zvláště vhodné pro strouhání, díky lepší manipulaci s kořenem podlouhlého tvaru [6].

Odrůda *„Albina Vereduna“* vytváří bílé bulvy řepy, které mají tenkou pokožku a sladkou dužninu. Tato odrůda může předčasně tvořit květ a je nevhodná ke skladování. Odrůdy, které tvoří malé bulvy lze najít pod názvy *„Pronto“*, *„Action“* a *„Monaco“*. *„Barbabetola di Chioggia“* se řadí mezi tradiční italské odrůdy. Na řezu bulev se objevují soustředné bílé a červené kroužky a při vaření se barva bulvy mění na světle růžovou. *„Burpee's Golden“* je zajímavá tím, že bulvy mají oranžovou pokožku a žlutou dužninu. Je dobrá pro skladování a nevybíhá předčasně do květu. Odrůdy *„Egyptian“* (*„Egyptian Turning Rooted“*, *„Egyptian Flat“*, *„D'Egypte“*) byly jako první červené řepy pěstovány v Americe [6].

Některé odrůdy červené řepy jsou zobrazeny na Obr. 3.





Obr. 3. Odrůdy červené řepy. Bílá – ‚Albina Vereduna‘, oranžová – ‚Burpee’s Golden‘, červeno-bílá - ‚Chioggia‘ [15].

## 1.2 Chemické složení

Největší podíl v bulvě řepy zaujímá voda. Vadnutí červené řepy se projeví při 7 % ztrátě vody výparem. Dále červená řepa obsahuje sacharidy, vlákninu, bílkoviny a minerální látky a vitaminy. Z minerálních látek je zde nejvyšší obsah draslíku 2410 mg/kg, sodíku 860 mg/kg a fosforu 450 g/kg. Řepa může být dobrým zdrojem manganu 7,0 mg/kg, železa 8,9 mg/kg a jódu 0,066 mg/kg. Vysoký obsah železa v červené řepě má pozitivní vliv na produkci bílých a červených krvinek a zintenzivňuje přívod kyslíku k tkáním. Z vitaminů obsahuje řepa nejvíce vitamínu C 114 mg/kg. Řepa je také dobrým zdrojem vitamínu B<sub>6</sub> 2,24 mg/kg, B<sub>2</sub> 0,50 mg/kg a B<sub>9</sub> 1,5 mg/kg. Červená řepa je dobrým zdrojem vitamínu B<sub>9</sub>, který má preventivní ochranné účinky proti defektům neurální trubice, kardiovaskulárním onemocněním a rakovině [7,16,17,18,19,20]

Nutriční hodnoty syrové bulvy červené řepy jsou uvedeny v Tab. 1.

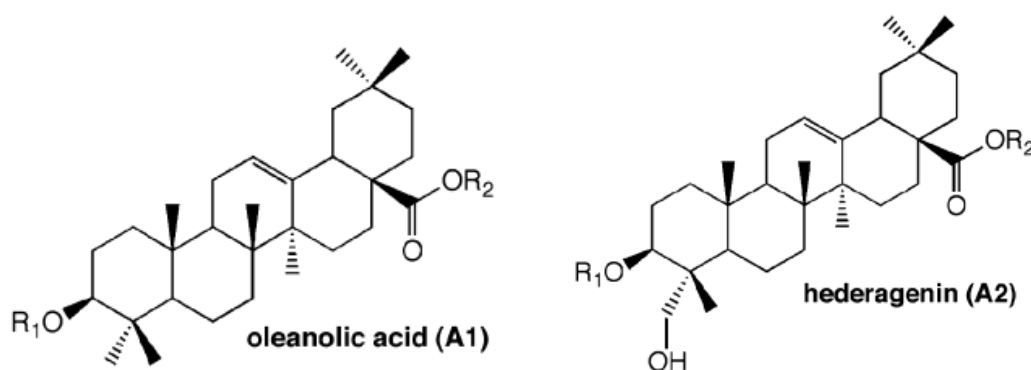
Tab. 1. Složení syrové bulvy červené řepy [19]

	Obsah
<b>Energetická hodnota [kJ/100 g]</b>	201,0
<b>Voda [g/100g]</b>	89,1
<b>Sacharidy [g/100g]</b>	10,6
<b>Bílkoviny [g/100g]</b>	1,8
<b>Lipidy [g/100g]</b>	0,1

Vůně a celkové aroma červené řepy způsobuje přítomný bicyklický alkohol geosmin (trans-1,10-dimetyl-trans-9-dekalol), který je původcem typické „zemité“ příchuti. Geosmin je nestabilní terpenoidní sekundární metabolit, který je produkována některými půdními mikroorganismy. Mechanismus vzniku a funkce geosminu v bulvě zatím není známo. Nejvyšší koncentraci geosminu lze nalézt u odrůd ‚Bull’s Blood‘, ‚Chioggia‘ a u cukrové řepy. Při pěstování řepy ve sterilní půdě byla koncentrace geosminu vyšší u odrůdy ‚Chioggia‘  $135 \pm 30,6 \mu\text{g}/\text{kg}$  rostlinného pletiva v porovnání s odrůdou ‚Bull’s Blood‘  $65,2 \pm 25,9 \mu\text{g}/\text{kg}$  rostlinného pletiva. Lidé jsou extrémně citliví na vnímání geosminu, člověk je schopen zaznamenat aroma geosminu ve vodě v koncentraci 10 – 12 dílů geosminu na bilion dílů vody. Nejvyšší koncentrace geosminu, až 6x vyšší, se nachází ve vnější části bulvy (asi 2 mm vrstva), zde se nachází asi jen 26 % z celkového obsahu geosminu v řepě, zbylých 74 % se nachází uvnitř bulvy v nižších koncentracích. Vyšší koncentrace geosminu ve vnějších částech bulvy řepy může naznačovat, že geosmin je absorbován povrchem kořenů z půdy a následně je transportován dovnitř bulvy. Kromě externího zdroje geosminu, může být geosmin produkován endogenně přítomnými mikroorganismy. Nicméně při pokusech pěstování červené řepy ve sterilní půdě a ze sterilních semen, byl geosmin detekován i v těchto rostlinách, tudíž lze říct, že pletiva rostliny červené řepy jsou schopny syntézy geosminu bez přítomnosti mikroorganismů. Při získávání šťávy z červené řepy lze geosmin odstranit destilací. Dále se na aroma podílí kyselina isosokořicová [16,17,21,22]

V červené řepě se vyskytuje triterpenoidní saponin, kdy hlavním saponinem (hydrofóbní aglykon saponinu) je oleanolová kyselina, dále pak hederagenin. Struktura oleanolové kyseliny a hederageninu jsou uvedeny na Obr. 4. Obsah saponinů byl zjišťován ve třech odrůdách červené řepy: ‚Red Sphere‘, ‚Rocket‘ a ‚Wodan‘. Nejvyšší obsah saponinů byl na-

měřen v odrůdě ‚Red Sphere‘ 12,2 mg/g sušiny, v odrůdě ‚Rocket‘ je koncentrace o 15 % nižší a u odrůdy ‚Wodan‘ o 37 % nižší než u odrůdy ‚Red Sphere‘. Nejvíce se zde nachází saponin s oleanolovou kyselinou, kde je na R<sup>1</sup> navázán komplex glukózy s glukuronovou kyselinou a na R<sup>2</sup> je navázána glukóza. Tento saponin vykazuje antifungální a antibakteriální účinky. Obsah tohoto saponinu má pozitivní vliv na skladovatelnost červené řepy. Ve zkoumaných odrůdách tento saponin představuje 68 – 79 % ze všech saponinů. Tento saponin zastupuje v řepě nejvyšší obsah saponinů ve všech zkoumaných odrůdách. Další druhy saponinů se obsahově liší podle odrůdy. Obsah saponinů v červené řepě je závislý na odrůdě, stáří a na pěstebních podmínkách (teplota, světlo, závlivka) [23,24].



Obr. 4. Struktura oleanolové kyseliny a hederageninu [24].

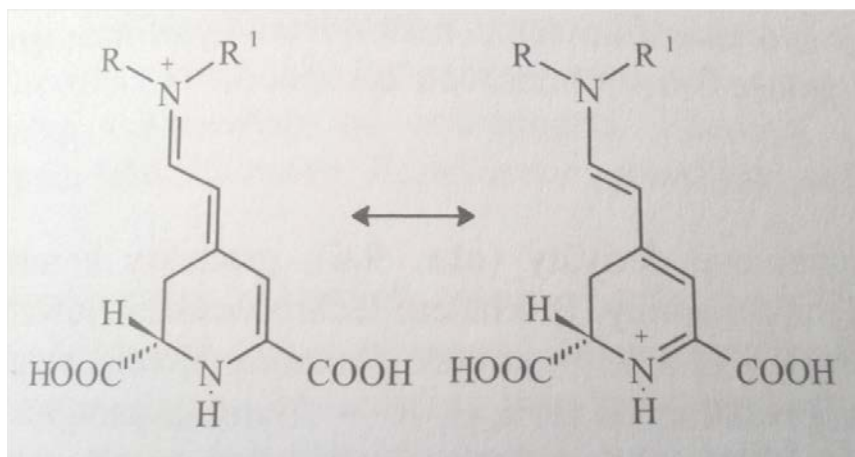
Semena, listy a bulvy červené řepy mají značný obsah polyfenolů. Koncentrace polyfenolů je závislá na stupni vývoje rostliny. Fenolické látky řepy zahrnují různé druhy molekul, jako jsou fenolové kyseliny, flavonoidy a fenolické amidy zahrnující betalainová barviva [17].

Z fenolových kyselin obsahuje červená řepa 4-hydroxybenzoovou kyselinu, kyselinu kávovou, chlorogenovou, cinnamovou, vanillovou a trans-ferulovou. 4-hydroxybenzoová kyselina představuje nejvyšší podíl ze všech fenolických kyselin v červené řepě, která je dále následována kyselinou cinnamovou, vanillovou, chlorogenovou, trans-ferulovou a kávovou kyselinou. Obsah těchto fenolických kyselin se pohybuje v rozmezí od 0,12 – 0,47 mg/kg sušiny extraktu červené řepy. Další fenolové kyseliny, které červená řepa obsahuje, jsou kyselina ferulová, protokatechuová kys., vanillová kys., p-kumarová kys. a syringová kyselina [17,25,26].

V červené řepě lze nalézt barviva, jako jsou: chlorofyly, karotenoidy, flavonoidy a betalainy [7].

Z flavonoidů byla zjištěna přítomnost katechin hydrátu, epikatechinu a rutinu v odrůdě *Detroit Dark Red*. V dalších čtyřech odrůdách byly nalezeny další flavonoidy – betagarin, betavulgarin, kochliofilin a dihydroxyisorhamnetin [17].

Červená řepa obsahuje velké množství betalainů. Na Obr. 5 je uvedena obecná struktura betalainů. Betalainy se vyskytují pouze v některých rostlinách, mezi které patří kromě červené řepy např. opuncie a muchomůrka červená. Poprvé byla betalainová barviva objevena v červené řepě, odtud získala své pojmenování. Většinou se vyskytují v kořenu červené řepy, ale v menší míře se mohou také nacházet v červených částech listů a stonků. Je to skupina ve vodě rozpustných barviv obsahujících dusík, které jsou odvozeny od kyseliny betalamové. Betalainová barviva se dělí do dvou skupin: žluto-oranžové betaxantiny a červeno-fialové betakyany. Obsah betakyanů v červené řepě se pohybuje od 0,04 – 0,21 % a obsah betaxantinů od 0,02 – 0,14 %. Převažujícím betakyanovým barvivem je betanin (betanidin-5-O- $\beta$ -glukosid). Aglykon od betaninu je betanidin. Betanin obsahuje ve své molekule aminoskupinu, která má funkci donoru elektronů a molekula tak působí jako antioxidant. Koncentrace betaninu v červené řepě je 300 – 600 mg/kg červené řepy. Hlavním zástupcem žluto-oranžových barviv betaxantinů je v červené řepě vulgaxantin I. Červené barvivo řepy bývá extrahováno a využívá se v potravinářství pod kódem E162, známé jako betalainová červeň nebo betanin. Barviva obsažená v bulvě mají příznivý vliv na pružnost cév. Betakyany svojí barvou připomínají antokyany, proto se dříve nazývali jako dusíkaté antokyany. Betanin byl objeven až ve dvacátých letech 20. století a poprvé byl vyroben jako barvivo v šedesátých letech 20. století [7,16,17,23,27].



Obr. 5. Základní struktura betalainů.  $R, R^1$  – alifatické substituenty nebo součásti dusíkatých heterocyklů [23].

Potravinářské barvivo betanin může měnit odstín při vyšších teplotách, proto není vhodný do všech potravin. Použití barviva je také omezeno jeho citlivostí na světlo a vlhkost. Optimální pH pro použití barviva je 3,5 – 7,0. Při vyšším pH se barvivo mění z červené na modrou. Proto se používá spíše do kyselých potravin s krátkou dobou trvanlivosti. Často se toto barvivo používá k obarvení zmrzlin, bonbonů a jiných sladkostí, lze ho také nalézt v nápojích, marmeládách, mléčných výrobcích, masných výrobcích, v naložené zelenině a dalších. Barvivo se získává extrakcí rozdrcené řepy. Následuje zkoncentrování a buď přímý prodej výrobci potravin jako šťáva nebo koncentrát či prášek. Prášek se vyrábí lyofilizací. Více koncentrované barvivo lze získat fermentací kvasinkami. Takto získaný produkt obsahuje 5 – 7x větší množství betacyanů než nefermentovaný [7,28].

V červené řepě se nacházejí tyto fenolické amidy (*N-trans*-feruloyltyramin a *N-trans*-feruloylhomovanilylamin). Těmto látkám je věnována velká pozornost a probíhají pokusy pro jejich syntézu. Jsou to totiž látky, které mohou být použity jako antioxidační a protinádorové činidla díky své radikálově zhášecí aktivitě a fotoprotektivní schopnosti [17].

Bulvy červené řepy obsahují organické a anorganické kyseliny. Na chuti se mohou podílet kyselina jablečná, vinná, citronová a šťavelová. V bulvách červené řepy mohou být obsaženy i ve formě solí jako jsou šťavelany (oxaláty) a dusičnany (nitráty), které zde působí jako antinutriční složka a také přispívají k tvorbě ledvinových kamenů. Dusičnany se v těle (v horní části gastrointestinálního traktu) přeměňují asi z 25 % na dusitany. Dusitany mohou dále reagovat s aminy nebo amidy a mohou vznikat nitrososloučeniny, které jsou známé pro své kancerogenní účinky. Při průmyslové výrobě šťávy z červené řepy se obsah

dusičnanů může redukovat fermentační technologií. Dusičnany ale mají také pozitivní vliv, když se v těle redukují na oxid dusnatý. Tato redukce probíhá různými mechanismy za přítomnosti např. askorbátů nebo polyfenolů. Fyziologická nebo patologická hypoxie (nedostatek kyslíku v tkáních), kterou způsobuje oxid dusnatý, má efekt na vazodilataci a snížení krevního tlaku. Šťáva z červené řepy má tudíž vliv na redukci krevního tlaku a proto se může použít pro zlepšení sportovní výkonnosti [7,17].

### 1.3 Vlastnosti

Červená řepa je již po dlouhou dobu využívána pro její pozitivní účinky na zdraví. Používá se především ke stimulaci krve tvorby a imunitního systému, dále pro ochranu ledvin, jater a střev před působením toxických látek. Dále červená řepa vykazuje antiseptické a cholerektické účinky a má pozitivní vliv na žaludeční sliznici. Šťávy z čerstvých kořenů nebo listů se používají pro léčbu nádorů trávicího systému, plic, jater, prsu, prostaty a dělohy. Dále se šťáva může použít i pro léčbu hemoroidů [6,17,29,30].

V moderní medicíně jsou pozitivní účinky řepy přisuzovány betalainům. Betalainové molekuly mají schopnost chránit buňky před oxidačním stresem, mají protizánětlivé a protinádorové účinky. Bylo prokázáno, že betanin inhibuje aktivitu cyklooxygenázy (COX). Tento enzym katalyzuje přeměnu arachidonové kyseliny na prostaglandiny, které napomáhají k rozvoji zánětu, zvýšení teploty a vnímání bolesti. Betanin při koncentraci 100 µg/ml inhiboval 97 % COX. Protinádorové účinky byly pozorovány u myši, kterým byl podáván betanin rozpuštěný ve vodě. Myším byla nejprve injekčně podaná látka, která podporuje růst nádorů. Po 5 týdnech byl myším podáván roztok betaninu o koncentraci 2,5 mg/100 ml. Výsledek poukazuje na to, že u myši, které přijímali betanin byl o 60 % nižší výskyt nádorů na plicích než u myši, které pili obyčejnou vodu. Byly také prokázány radioprotektivní účinky betalainů, při ozařování laboratorních myši  $\gamma$ -paprsky [17,31,32].

Polyfenoly v červené řepě zhasí volné radikály a zabraňují aktivnímu kyslíku a volným radikálům v oxidaci biologických molekul. Fenolické kyseliny obsažené v řepě jsou účinné antioxidanty a také vykazují antibakteriální, antivirové, protinádorové, protizánětlivé a vazodilatační účinky. Fenolické kyseliny jsou také užitečné při řízení vzniku zánětu, kdy nastartují imunitní systém a zlepší krevní cirkulaci [25,26].

Obsah nutričních a látek vykazujících protirakovinné účinky v červené řepě (vláknina, pektin, minerální látky a betalainy) byly studovány při přípravě, pasteraci a při skladování šťávy z červené řepy. Po oloupání řepy byl snížen obsah pektinu, vlákniny a barviv. Oloupané bulvy byly blanširovány (105 °C, 30 min). Během výroby šťávy z červené řepy byl studován obsah betalainů. Obsah betaninu poklesl během blanširování o 0,2 %, po oloupání o 0,4 %, po rozmělnění a homogenizaci o 7,8 %, po pasteraci o 41,5 %, po skladování (20 °C, 1 měsíc) o 18,8 % a po skladování (5 °C, 1 měsíc) o 15,6 %. Obsah vulgaxanthinu I. se po blanširování snížil o 15,9 %, po oloupání o 1,2 %, po rozmělnění a homogenizaci o 15,4 %, po pasteraci o 24,9 %, po skladování (20 °C, 1 měsíc) o 6,3 % a po skladování (5 °C, 1 měsíc) o 8,84 %. Šťáva z červené řepy vyrobená tímto způsobem má stejný obsah minerálních látek a obsahuje asi 30 – 50 % betalainů ve 100 g oproti syrové bulvě červené řepy [33].

## 1.4 Využití

Konzumní částí červené řepy jsou bulvy a mladé listy. Červenou řepu lze konzumovat syrovou, pokud se sklízí malé nepřerostlé bulvy, které jsou šťavnatější. Dále lze řepu kuchyňsky upravovat vařením, pečením, grilováním, smažením nebo dušením. Očištěné bulvy se vaří vždy vcelku. Červená řepa by se neměla před vařením loupat, ani by se neměl odkrajovat kořínek a hlava, jinak by se šťáva vyluhovala do vody. Po uvaření se bulvy loupají a konzumují teplé i studené. Ve Francii je součástí obchodního sortimentu řepa, která byla připravená v popelu nebo dřevěném uhlí. Tato příprava dává bulvám neobvyklou chuť. Často se červená řepa také používá do salátů a polévek. Nejznámější polévkou je boršč, jež má červené zbarvení ze šťávy červené řepy, která je zde nakrájena na kostky. Součástí polévky je i ostatní zelenina (zelí, brambory, mrkev a další) a vepřové a hovězí maso. Suroviny pro boršč se mohou lišit podle různých variací receptu. Při podávání se boršč zdobí zakysanou smetanou. Nejčastěji se však červená řepa krájí a steriluje ve sladkokyselém nálevu. Mladé listy lze konzumovat syrové v salátech nebo se listy mohou upravit dušením [2,7,8,12,13].

Z bulv červené řepy se připravuje šťáva, o které se předpokládá, že preventivně chrání před srdečními onemocněními, rakovinou a depresí. Při přípravě šťávy z červené řepy se pro lepší chuť může přidávat i jiné ovoce a zelenina, nejčastěji to bývá mrkev a jablko.

V dnešní době jsou na trhu i práškové koncentráty pro výrobu řepné šťávy. Dále lze koupit sušenou řepu a řepné lupínky [7].

Šťáva z červené řepy a polévka boršč jsou uvedeny na Obr. 6.



*Obr. 6. Využití červené řepy. Zleva: šťáva z červené řepy, mrkve a jablka; polévka boršč [34,35].*



## 2 VODNICE

Vodnice má latinský název *Brassica rapa* L. var. *esculenta* L. a patří do čeledi brukvovité (*Brassicaceae*). Užitkově se třídí do kořenové zeleniny, kam se z čeledi brukvovitých řadí také ředkvička, ředkev a tuřín. Vodnice má také několik dalších názvů jako je okrouhlice nebo ředkev vodnice [2].

Vodnice pravděpodobně vznikla z plané brukve řepáku (*Brassica rapa* L.), který rostl v hornatých oblastech africké části Středomoří zejména v Alžírsku. Planá forma – brukev řepák se vyskytuje po celém Středomoří, v Číně a roste také v méně hostinných podmínkách Sibíře. Nejprve se pěstovala na semena jako olejnina, později se vybíraly a šlechtily odrůdy se zbytnělým kořenem. Ve Starověkém Řecku a Římě byla pěstována jako zelenina a krmivo. Ve starověkém Římě znali 15 barevných odstínů vodnice. Tehdy se podle významnosti řadila na přední místo hned za obilninami a révou vinnou. Odtud byla rozšířena do celé Evropy. Ve středověku již byla vodnice v Evropě běžnou plodinou. V roce 1541 byla vodnice vyvezena do Kanady a v roce 1609 se dostala až do Virginie. Stala se tak oblíbenou zeleninou obyvatel Ameriky [3,5,6,36,37].

Na Britských ostrovech byla vodnice součástí některých zvyků. Na severu Irsko se z vodnice vyřezávaly lampy, které se používají při oslavách Halloweenu (31. říjen), na Shetlandských ostrovech se z vodnice vykrajovaly plátky ve tvaru dopisu, které se házely do věder s vodou, aby na sebe zamilovaní lidé upozornili. Vodnice často nahrazovala brambory, které v té době ještě nebyly přístupné. Vodnice byla také využívána jako krmivo pro dobytek v dobách neúrody a válek [2,5,6].

Postupně byly vyšlechtěny různé tvary bulv – kulovité, válcovité, zploštělé a dlouze vřetenovité. Zbarvení bulvy může být také různé – bílá, žlutá, oranžová, nafialovělá, šedá černá nebo může být i dvoubarevná, kdy horní část (hlava) bulvy může být zelená, červená, fialová nebo bronzová s bílou nebo žlutou spodní částí. Dužnina bývá bílá vodnatá, žlutá nebo oranžová dužnina je hutnější. Nejčastěji se vyskytují bulvy bílé s fialovou nebo zelenou hlavou, u žlutomasých převládají zelenohlavé nebo celé žluté [1,12,37].

Vodnice může být často zaměněna za tuřín. Tuřín je však odlišný botanický druh rodu *Brassica*. Vodnice má na rozdíl od tuřínu kratší vegetační dobu, rostlina má jemnější stav-

bu, semena jsou drobnější a listy jsou trávově zelené. Tuřín má listy tmavé nebo s namodralým nádechem [8,37].

Vodnice byla velmi důležitou plodinou v Alpských oblastech po celá staletí. Hlavní využití vodnice je jako zelenina pro lidi a krmivo pro zvířata. Mléčně kvašená vodnice byla důležitým pokrmem v zimních obdobích. Význam vodnice byl zde tak velký, že byla znázorněna i na rodových erbech. V dnešní době význam vodnice poklesl a v této oblasti vodnici pěstuje jen několik málo zemědělců. V České republice se vodnice vyskytuje zřídka. Příčinou opomíjení vodnice v České republice může být její ostřejší chuť starších odrůd a malá dostupnost jemných, kvalitních novodobých odrůd. Velmi oblíbená je ve Francii a široký sortiment lze nalézt i v Anglii, Skandinávii, na Islandě a v Kanadě. Často bývá konzumována také v Indii a zemích Dálného východu [8,14,37,38].

## 2.1 Pěstování

Vodnice je dvouletá rostlina, která v prvním roce vytváří růžici laločnatých, světle zelených listů a zesílený kořen – bulvu. Ve druhém roce vytváří květenství drobných žlutých kvítků. Květenstvím je šešule s kulovitými semeny. Semena jsou hnědočervené barvy, kulovité s průměrem 1 mm. Semena mají 90% klíčivost. Hmotnost 1000 semen jsou 2 g. Semena mohou klíčit již při teplotách 2 – 5 °C. Klíčivost zůstává zachována po dobu 3 – 6 let. Při pěstování pro semeno se doporučuje letní výsev koncem srpna, kdy rostliny přežívají a ve druhém roce kvetou bez tvorby bulv [2,8,11,37].

Rozlišují se čtyři formy odrůd:

- forma májová – jsou to rané a nejčastěji pěstované odrůdy s bílou, mírně zploštělou bulvou.
- forma podzimní – odolnější vůči nízkým teplotám, jsou pěstovány v severnějších oblastech. Mívají větší kulovité bulvy se zelenou nebo červenou hlavou.
- forma teltofská – tato forma vytváří malé bulvy, které jsou žlutavé s výraznou chutí a vyšším obsahem silic a sacharidů. Bulvy této formy jsou dobře skladovatelné.
- forma řapíkatá – užitkovou částí jsou řapíky. Jsou to rané, bohatě olistěné odrůdy, které tvoří malou bulvu a silně zdužnatělé listové řapíky [1,2,8].

Vodnice je nenáročná na klimatické podmínky. Výhodou vodnice je dobrá odolnost proti předčasnému vybílání do květu. Snáší chladno i mráz do - 7 °C. Nejlépe však roste při

teplotách 12 – 20 °C, při vyšších teplotách je potlačen růst kořenů. Vodnice má krátkou vegetační dobu 6 – 18 týdnů. Mladé rostliny začínají vzcházet asi po 7 – 10 dnech. Výsev raných odrůd se může provést časně zjara, jakmile se dá půda zpracovávat. Semena raných odrůd se vysévají do řádků přímo do půdy asi 2 – 2,5 cm hlubokých, a po vzejití se jednotí na vzdálenost asi 10 – 20 cm dle požadovaných velikostí bulv. Pozdnější odrůdy se vysévají od poloviny do konce léta do řádků hlubokých 2 cm a vzdálených od sebe 30 cm. Vzešlé rostliny se pak jednotí na vzdálenost 15 – 23 cm. Semenáčky se jednotí, jakmile rostlina vytvoří dva pravé listy. Při pěstování pro list se vodnice nemusí jednotit [1,2,6,8,11,37].

Půda pro výsev by měla být na dostatečně osvětleném místě, měla by být dobře propustná a stále vlhká. Příliš kyselé půdy je třeba povápnit tak, aby výsledné pH bylo v rozmezí 5,5 – 7,0. Příznivě na růst vodnice působí také zvýšená vzdušná vlhkost. Vodnice roste špatně ve volných půdách, proto je nutné půdu uhrabat a utlačit hráběmi nebo lehce ušlapat. V létě na lehkých a nedostatečně zavlažovaných půdách mohou bulvy vodnice zhořknout. Nevhodné je sadit vodnici do půd po košťálovinách, ředkvičce a ředkvi [6,8,37].

Záhony by se měly udržovat bez plevelu a v suchých obdobích by se měly zalévat. V suchých obdobích vodnice spotřebuje asi 9 litrů vody/m<sup>2</sup> záhonu. Takové množství vody by mělo zajistit správnou velikost bulvy, ale může se tím snížit intenzita chuti bulv. Rostliny mohou být poškozeny brouky dřepčíky, kteří napadají převážně klíčící rostliny a listy vyvinutých rostlin. Larvy dřepčků jsou asi 3 mm dlouhé a černě zbarvené se žlutými skvrnami. Přesazované rostliny vodnice jsou citlivé na okus kořenů larvami květilky ředkvičkové. Kořen může být napaden plísní kořenomorkou, které se daří v přemokřených a kyselějších půdách [1,6,11].

Vodnice lze také pěstovat ve větších nádobách, se zajištěným odtokem vody, které se naplní kompostovanou zemínou a zbytky organického materiálu. Takto je vhodné pěstovat odrůdy, které rychle dozrávají [6].

Pro nepřetržitou sklizeň se doporučuje vysévat v dvoutýdenních až třítýdenních intervalech. Rostliny raných odrůd rostou rychleji a dají se sklídit asi za 6 týdnů. Zrychlit jejich růst se dá při pěstování pod fólií, netkanou textilií nebo v pařeništi. Pro skladování se pěstují podzimní formy. Sklízet se můžou až do listopadu. Bulva má být vyvinutá, ale ne dřevnatá. Malé odrůdy se sklízají mladé, aby byly křehké. Pro přímý konzum se sklízí ve velikosti golfového míčku, bulvy určené pro vaření se nechají dorůst do velikosti tenisové-

ho míčku. Řapíkaté odrůdy vodnice pěstované pro list se řezou 2,5 cm nad povrchem, jakmile listy dosáhnou výšky 10 – 15 cm. Pro postupný výsev se doporučuje sadit řapíkaté odrůdy od března do května a sklízet za 4 týdny [1,2,6,8,11].

Výnos vodnice je okolo 1 – 8 kg bulev/ m<sup>2</sup>, u jarních odrůd to je v průměru 1 – 1,5 kg/ m<sup>2</sup>, u podzimních 1,5 – 2,5 kg/ m<sup>2</sup>. Odpad při kuchyňském zpracování bulev je 9 – 16 % z hmotnosti bulvy [37].

Vodnici lze skladovat ve sklepech v písku, zemině nebo polyetylenových pytlích, popřípadě ve venkovních krechtech zakrytých slámou, kde vydrží po dobu až čtyř měsíců. Optimální teplota pro skladování by se měla pohybovat okolo 0 °C. Před uložením se odkrutí listy a očistí se bulvy od hrubých nečistot. Rané odrůdy jsou určeny k přímé spotřebě, ale také je lze přechovávat v chladničce několik dní [1,8,11,12,37].

Mezi rané odrůdy se může řadit *„Purple Top Milan“*. Tato odrůda vytváří malé bílé, lehce zploštělé, purpurově zbarvené bulvy s bílou dužninou. Odrůda *„Snowball“* je rychle dozrávající se zkrácenými listy a bílou bulvou. Mezi pozdnější odrůdy patří např. *„Goldball“*, která tvoří malé kulaté bulvy nažloutlé barvy [6].

Některé odrůdy vodnice jsou zobrazeny na Obr. 7.



Obr. 7. Odrůdy vodnice (zleva): *„Snowball“*, *„Purple Top Milan“*, *„Des Vertus Marteau“*, *„Goldball“* [39].

## 2.2 Chemické složení

Čerstvá vodnice si zachovává vzhled do výparu 5 % vody. Listy mají podobné složení jako listy špenátu, ale neobsahují kyselinu šťavelovou. Obsah vlákniny v bulvách vodnice je

2,5 %. Nejvyšší obsah z minerálních látek má ve vodnici draslík 2800 mg/kg, dále vápník 480 mg/kg, fosfor 410 mg/kg a chlor 390 mg/kg. Z vitaminů je zde nejvyšší obsah vitamínu C 170 mg/kg a vitamínu B<sub>3</sub> 4 mg/kg. Z organických kyselin se ve vodnici vyskytuje nejvíce kyselina jablečná, která zastupuje téměř 80 % kyselin v bulvě. Dále se zde vyskytuje kyselina citronová, ketoglutarová a fumarová [14,16,19,40].

Nutriční hodnoty syrové bulvy vodnice jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2. Složení syrové bulvy vodnice [19].

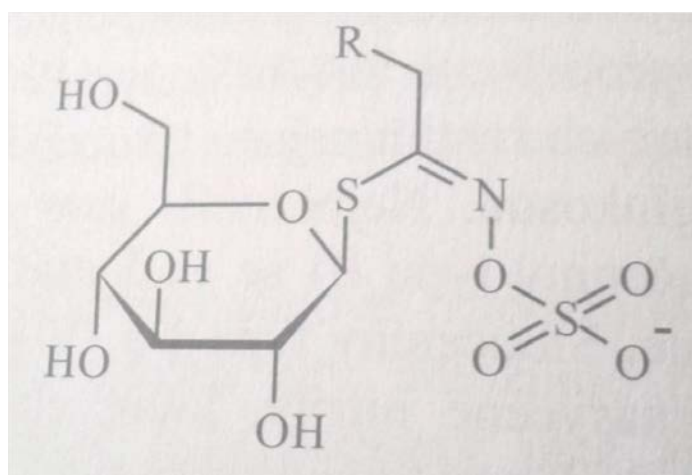
	<b>Obsah</b>
<b>Energetická hodnota [kJ/100 g]</b>	98,0
<b>Voda [g/100g]</b>	91,2
<b>Sacharidy [g/100g]</b>	4,7
<b>Bílkoviny [g/100g]</b>	0,9
<b>Lipidy [g/100g]</b>	0,3

Listy řapíkatých odrůd vodnice obsahují okolo 90 % vody, 7,13 % sacharidů, 1,5 % bílkovin a 0,30 % lipidů. Energetická hodnota na 100 g listů je 134 kJ a obsah vlákniny v listech je 3,2 g/100 g. Z minerálních látek je zde nejvíce zastoupen draslík 296 mg/100 g, vápník 190 mg/100 g, fosfor 42 mg/100 g, sodík 40 mg/100 g a hořčík 31 mg/100 g. Z vitaminů zaujímá největší podíl vitamin C 60 mg/100 g, potom vitamin B<sub>3</sub> 0,60 mg/100 g, vitamin A jako karoten 0,579 mg/100 g, vitamin B<sub>6</sub> 0,263 mg/100 g a vitamin K 0,251 mg/100 g [37,41].

Z polyfenolů se v bulvě vodnice vyskytuje nejvíce kyselina sinapová a její deriváty, dále flavonoly a chlorogenová kyselina a její deriváty. V listech vodnice je stejný poměr těchto sloučenin, ale oproti bulvě je v listech vyšší obsah kyseliny sinapové a jejích derivátů [42].

Glukosinoláty jsou skupina látek obsahujících síru a dusík. Hojně se vyskytují v zeleninách z čeledi brukvovitých. Obecná struktura glukosinolátů je uvedena na Obr. 8. Postranní řetězec R určuje charakter sloučenin a také druh jejich degradačních produktů. Biosyntéza glukosinolátů v rostlinách souvisí s procesy absorpce z kořenů a s fotoredukci síranových a dusičnanových iontů v listech. Glukosinoláty tvoří sekundární metabolity, které se podílí

na chuti a vůni zeleniny a vykazují příznivé, ale i negativní biologické účinky pro lidi. Ve vodnici se vyskytují alifatické glukosinoláty: progoitrin (2-hydroxybut-3-en-1-yl), glukonapin (but-3-en-1-yl), glukonapoleiferin (2-hydroxypent-4-en-1-yl), glukobrassikanapin (pent-4-en-1-yl), glukoaalyssin (5-methylsulfinylpentyl), glukoeucin (4-methylthiobutyl), glukorafanin (4-methylsulfinylbutyl), sinigrin (prop-2-en-1-yl). Dále se zde vyskytují aromatické glukosinoláty: glukonasturtiin (2-fenylethyl), glukosibarin (2-hydroxy-2-fenethyl); a indolové glukosinoláty: 4-hydroxyglukobrassicin (4-hydroxy-3-indolylmethyl), 4-methoxyglukobrassicin (4-methoxy-3-indolylmethyl), glukobrassicin (3-indolylmethyl) a neoglukobrassicin (1-methoxy-3-indolylmethyl). Nejvyšší obsah v bulvách vodnice zaujímá glukonasturtiin až 54,4 % ze všech glukosinolátů, následuje progoitrin – 11,6 %, glukobrasikanapin – 10,9 % a neoglukobrassicin – 5,5 % ze všech glukosinolátů. Ostatní glukosinoláty představují méně než 20 % z celkového obsahu glukosinolátů ve vodnici. Celkový obsah glukosinolátu ve vodnici se pohybuje od 742 do 1336 mg/kg bulvy. Obsah glukosinolátů závisí na pěstebních podmínkách, na odrůdě a hlavně na dešťových srážkách a na teplotě při pěstování. Při málo častých srážkách a za vysokých teplot obsah glukosinolátů ve vodnici roste [23,27,43,44,45].



Obr. 8. Obecná struktura glukosinolátů [23].

Samotné glukosinoláty nejsou pravděpodobně zdraví škodlivé ani prospěšné. Biologické účinky vykazují pouze jejich produkty vzniklé degradací [27].

V rostlinném pletivu jsou glukosinoláty doprovázeny enzymem myrozinázou. Glukosinoláty jsou poměrně stabilní v neporušených pletivech, ale při mechanickém poškození ple-

tiv, jako je např. drcení, řezání, žvýkání atd., se hydrolyzují působením endogenního enzymu myrozinázy na různé bioaktivní a rozkladné těkavé produkty jako jsou isothiokyanáty, indoly, nitrily a další. Enzymatickou hydrolyzou glukosinolátů vznikají různé produkty a jejich výskyt závisí na spoustě faktorů jako je např. pH, obsah glukosinolátů v substrátu, ošetření rostliny před hydrolyzou a další. Např. isothiokyanáty se tvoří při fyziologickém pH, nitrily vznikají v kyselějším pH. Nitrily také vznikají ve větším množství v čerstvých tkáních než v tepelně ošetřených. Isothiokyanáty odvozené od glukosinolátů vykazují ostrou nebo hořkou chuť a podílí se tak na organoleptických vlastnostech vodnice. [23,27].

Při tepelném opracování zeleniny dochází k inaktivaci enzymů včetně myrozinázy. V závislosti na čase a teplotě se glukosinoláty částečně rozkládají a k velkým ztrátám také dochází výluhem. Některé produkty vznikající z glukosinolátů jsou těkavé nebo termolabilní a po uvaření zeleniny se může výrazně změnit aroma. Přibližně třetina až polovina původního obsahu glukosinolátů zůstává během tepelného opracování nezměněna [23].

### 2.3 Vlastnosti

Bulvy vodnice mají nízkou energetickou hodnotu, a relativně vysoký obsah vlákniny. Tohoto se často využívá při různých dietách. Dále má vodnice vysoký obsah vitamínu C a antioxidantů, které omezují činnost volných radikálů a škodlivých oxidačních reakcí. Tato kombinace je prospěšná pro snížení rizika obezity, vysokého krevního tlaku, diabetu a rakoviny žaludku, pankreatu, konečníku a plic. V arabských zemích je vodnice používána při chronické gastritidě, zánětu žlučníku, přítomnosti žlučkových kamenů, zácpě, při jaterních poruchách a jako prevence před rakovinou. Výskyt glukorafaninu v některých odrůdách vodnice má pozitivní účinek na lidské zdraví, tento alifatický glukosinolát je totiž prekurzorem sulforafanu, který má významné protirakovinné účinky. Glukosinolát progoitrin vykazuje u zvířat snížení funkce štítné žlázy, ale u člověka tento účinek nebyl prokázán [8,46,47,48,49].

V Galícii (severozápadní Španělsko) je vodnice nejčastěji konzumovanou zeleninou ze všech zemědělských plodin. Nejčastěji jsou zde konzumovány listy a mladé výhonky (vrcholy) s poupaty, které jsou zelené a zavřené, a okolními listy. Tyto části bývají nejčastěji upravovány vařením a konzumují se jako doplněk k masu. Listy a poupata mají typickou

hořkou a pálivou chuť, která je odlišná od ostatní zeleniny z čeledi brukvovité (zelí, brokolice, květák, a další) [50,51].

V listech a poupatech byly studovány vlivy vaření různými metodami na obsah polyfenolů, glukosinolátů a vitamínu C. Bylo studováno vaření v páře (15 minut), vysokotlaké vaření (5 minut) a běžné vaření ve vodě (15 minut). V listech se po uvaření celkový obsah polyfenolů snížil o 15 % při vaření v páře, o 72 % při běžném vaření a o 75 % při vysokotlakém vaření. V poupatech se obsah polyfenolů snížil o 35 % při vaření v páře a o 73 % při běžném vaření. Obsah glukosinolátů v listech se snížil o 14 % při vaření v páře, o 60 % při běžném vaření a o 61 % při vysokotlakém vaření. U poupat se snížil obsah glukosinolátů o 25 % při vaření v páře a o 63 % při běžném vaření. Obsah vitamínu C byl snížen nejvíce z uvedených měřených látek. Obsah vitamínu C v poupatech je 46 mg/100 g a v listech 62 mg/100 g. Vzorky byly před měřením uchovávány zmrazené, tudíž i tímto opatřením se obsah vitamínu C snížil oproti čerstvým vzorkům asi na 96 % původního množství. Obsah vitamínu C se po vaření v páře snížil o 64 %, při vysokotlakém vaření a běžném vaření nebyl vitamin C detekován vůbec. V jiné studii je uvedeno, že obsah vitamínu C v listech se snížil o 61 % při blanšírování (krátkodobé povaření) 2 minuty [50,51].

## 2.4 Využití

Z bulev vodnice se může připravovat šťáva. Šťávy z vodnice se převážně připravují v kombinaci s jinou zeleninou nebo s bylinkami. Šťáva z vodnice, potočnice lékařské, kozího mléka a lesního medu se využívá na léčbu dýchacích cest. Šťáva z vodnice a potočnice lékařské se také aplikuje na abscesy [29].

Konzumní částí jsou bulvy a listy. Dále se mohou konzumovat zelené poupata s okolními listy, ze kterých se připravuje sauté (pokrm připravený restováním na minimálním množství tuku) se směsí horkého olivového oleje a česneku s rýží. Bulvy vodnice mají výraznou pepřovou příchuť. Chuť Bulev bývá nejčastěji přirovnána k chuti ředkvičky. Lze je konzumovat jako syrové (rané odrůdy). Pozdnější odrůdy je nutné před úpravou zbavit vnější slupky. Vodnice se také může nakládat do solných nálevů. Dále se může konzumovat mléčně kvašená. Surové bulvy je také možno kuchyňsky upravovat: dusit, péct, vařit, grilovat nebo smažit. Ve Francii se plátky vodnice polévají cukrem rozpuštěným v másle a podávají se silnějšími plátky šunky nebo s jinými surovinami. V Indii a Pákistánu se z ní



připravuje pokrm zvaný „shabdeg“ – maso s kari a dalším kořením. Kromě bulev je také možno konzumovat mladé listy jako syrové do salátů nebo různě upravené jako např. špenát. Listy mají jemnou chuť [1,2,6,8,13,37,40,52,53,54].

Některé pokrmy z vodnice jsou uvedeny na Obr. 9.



*Obr. 9. Pokrmy z vodnice. Vlevo - Shabdeg, vpravo - koláč s vodnicí [55,56].*

### 3 METODY STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH ANALYTICKÝCH PARAMETRŮ

#### 3.1 Metody stanovení sušiny

Stanovení vody v potravinách je důležité z hlediska údržnosti potravin a z ekonomického hlediska. Po odstranění vody ve vzorku zůstává sušina, která obsahuje další složky [57].

Metod pro stanovení sušiny ve vzorku je několik. Patří sem destilační metody, chemické metody (metoda K. Fischera), plynová chromatografie, spektrometrie v blízké infračervené oblasti (NIR), spektrometrie nukleární magnetické rezonance (NMR), dielektrimerie, vážkové stanovení sušiny a refraktometrické stanovení sušiny. Nejčastěji je využíváno gravimetrické stanovení sušiny [57].

Při vážkovém stanovení sušiny se vzorek běžně suší při 105 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Toto stanovení sušiny má několik nevýhod jako je výpar těkavých látek, dehydratace některých složek a oxidace lipidů. Vážková metoda je nenáročná a nejjednodušší metoda pro zjišťování sušiny ve vzorcích. Není potřeba žádné přípravy chemikálií, obsluha je nutná při přípravě vzorku a při jeho vážení před a po vysušení v sušárně. Homogenizace vzorku před sušením je však specifická pro typ proměřovaného materiálu [57,58].

#### 3.2 Metody stanovení refraktometrické sušiny

Refraktometrie patří mezi optické metody, při kterých se měří index lomu viditelného elektromagnetického záření. Paprsek elektromagnetického záření mění svou rychlost a svůj směr při přechodu z určitého prostředí do prostředí jiných optických vlastností. Velikost změn pak závisí na vlastnostech prostředí (kvalitativnímu a kvantitativnímu prostředí do prostředí jiných optických vlastností), na vlnové délce záření a na teplotě [59].

Přístroje, které měří index lomu, se nazývají refraktometry. Existují různé typy refraktometrů – Abbeův refraktometr, Pulfrichův refraktometr. Dále sem patří refraktometry, které jsou konstruované pro různé účely. Ty mají buď otočný hranol, nebo dalekohled. Stupnice je obvykle dvojitá, jedna je v hodnotách indexu lomu a druhá v procentech sušiny analyzovaného materiálu (cukerné a ovocné šťávy, marmelády, sirupy, máslo atd.). Dále se využívají i ponorné a ruční refraktometry [60].

Základní metodou je používání Abbého refraktometru. V dnešní době však existují různé automatické nebo elektronické zařízení tohoto typu refraktometru. I u těchto elektronických a automatických zařízení je však nutné provést některé manuální nastavení pro správný průběh a výsledky měření. Pro použití těchto zařízení je potřeba, aby byl vzorek ve formě roztoku. V některých zařízeních je možno nastavit stupnici na hodnoty °Brix. V dnešní době však existují i digitální automatické refraktometry, které na displeji ukazují přepočítané hodnoty v jednotkách °Brix, které vyjadřují obsah cukru v roztoku [58].

### 3.3 Metody stanovení celkového obsahu kyselin

Titrační kyselost odpovídá celkové koncentraci titrovatelných kyselin ve vzorku. Titruje se vodný extrakt vzorku 0,1 M NaOH. Provádí se titrace s vizuální indikací, kdy se použije fenolftalein, nebo v případě barevných extraktů se měří pH titrovaného extraktu, kdy je určena hodnota bodu ekvivalence na pH 8,1, po které se přestane titrovat. Tato hodnota byla empiricky zjištěna a používá se pro stanovení celkových kyselin u zeleniny. Výsledek se vyjadřuje jako obsah převažující kyseliny [61].

### 3.4 Metody stanovení hrubé vlákniny

Vláknina je část potravy, která je odolná vůči hydrolýze trávicími enzymy v trávicím traktu člověka. Jako „hrubá vláknina“ jsou označovány celulóza a lignin. Pod pojmem „potravinová vláknina“ jsou zařazeny ještě pektiny a hemicelulózy a pojem „vláknina“ zařazuje ještě další složky, jako jsou rostlinné gumy a slizy [62].

Metody stanovení vlákniny se dělí na 3 skupiny: neenzymaticko-gravimetrické, enzymaticko-gravimetrické a enzymaticko-chemické, kam se dále řadí metody enzymaticko-kolorické a enzymaticko-chromatografické [62].

#### 3.4.1 Stanovení hrubé vlákniny podle Henneberga a Stohmanna

Toto stanovení patří mezi neenzymaticko-gravimetrické metody a je to nejstarší a nejčastěji využívaná metoda, která vznikla v roce 1859. Používá se zde několikanásobná extrakce

zředěnou kyselinou a zásadou, kdy následuje zjišťování hmotnosti zbytku po vysušení. Od tohoto zbytku se poté odečte hodnota hmotnosti popela po spálení [63].

### 3.5 Metody stanovení antioxidační aktivity

V praxi se využívá několika metod zjišťování antioxidační aktivity, nejčastěji jsou používány metody využívající přímou reakci s radikály (vychytávání, zhášení) nebo reakci s přechodnými kovy. Obecně se metody mohou dělit do dvou skupin na metody hodnotící schopnost eliminovat radikály (metody DPPH, TEAC, ORAC, PCL) a na metody, které posuzují redoxní vlastnosti látek (metody FRAP, voltametrie, HPLC-ECD). Kromě těchto chemických metod je možno zjišťovat antioxidační aktivitu fyzikálními metodami, které nesledují chemickou reakci nebo změny obsahu látek, nýbrž změnu fyzikálních vlastností, které tyto procesy doprovází např. elektronová spinová rezonance, stanovení redoxního potenciálu nebo chemiluminiscence [64,65,66].

Metody založené na eliminaci radikálů spočívají v hodnocení schopnosti proměřovaného vzorku vychytávat volné radikály. Tyto radikály mohou být do reakční směsi přidávány nebo v reakční směsi vznikají. Z chemického hlediska může jít o kyslíkové radikály (superoxidový anion-radikál, hydroxyl, peroxy) nebo se jedná o stabilní syntetické radikály (DPPH, ABTS, galvinoxyl). Dále se zde mohou řadit metody, které testují schopnost inhibovat nebo zpomalovat lipidovou peroxidaci [64].

#### 3.5.1 Metoda TEAC

Nejčastěji používanou metodou je metoda TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity). Tato metoda určuje antioxidační aktivitu vzorku ekvivalentní určitému množství standardu Troloxu (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina). Pro čisté látky je metoda TEAC definována jako milimolární koncentrace Troloxu, která vyjadřuje antioxidační aktivitu testovaného vzorku o koncentraci 1 mmol/l. Směsné vzorky se hodnotí jako látkové množství Troloxu odpovídající aktivitě 1 g nebo 1 ml vzorku. Tato metoda může být využita pro měření čistých látek, vodných roztoků a nápojů [66].

### 3.5.2 Metoda ABTS

Základem metody využívající schopnost antioxidantů zhaset radikálový kationt ABTS (2,2-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazolin-6-sulfonát) je generování tohoto kationtu. K tomu se využívají např. peroxidisíran draselný, oxid manganičitý, AAPH (2,2-azobis(2-amidinopropan)dichlorid) nebo systém peroxid vodíku/peroxidáza [66].

### 3.5.3 Metoda FRAP

Metoda FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) je založena na principu redoxní reakce, kde se využívá schopnost antioxidantů redukovat železité ionty, které jsou téměř bezbarvé a po redukci vytváří barevné produkty. Při této metodě nejsou zachyceny polyfenolické látky, které reagují s koplexem pomalu, dále je metoda omezena tím, že probíhá při nízkém pH [66].

### 3.5.4 Metoda DPPH

DPPH (1,1-difenyl-2-pikrylhydrazyl) je stabilní radikál, který se vyznačuje svou typickou tmavě fialovou barvou. Oblast maximální absorbance se pohybuje od 515 do 520 nm. Tato metoda byla poprvé popsána v roce 1958, kdy bylo zjištěno, že byl DPPH radikál redukován thiolovou skupinou obsaženou v aminokyselině cysteinu a jinými aktivními složkami. Metoda DPPH je technicky nenáročná a vyžaduje pouze použití UV-VIS spektrofotometru. Přítomnosti vodíku jako elektronového donoru se antioxidant zhasějící volné radikály projeví na intenzitě absorpce, která se sníží a roztok DPPH změní barvu v závislosti na počtu zachycených elektronů [67].

Tato metoda se používá pro stanovení antioxidační aktivity čistých látek i směsných vzorků. Podstata je v reakci testované látky s radikálem DPPH, kdy dochází k redukci radikálu za vzniku DPPH-H (difenylpikrylhydrazin). Reakce je nejčastěji sledována spektrofotometricky, dále může být sledována metodou elektronové spinové rezonance nebo vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC). Při sledování reakce spektrofotometrem je pokles absorbance měřen po uplynutí určitého konstantního času anebo se pracuje v kinetickém režimu. Použití detekce HPLC, při které se hodnotí pík DPPH se používá hlavně u barevných vzorků, kdy se na rozdíl od spektrofotometrie zabarvení vzorku eliminuje [64].

Antioxidační aktivita se u směsných vzorků vyjadřuje v ekvivalentním množství kyseliny askorbové nebo v jednotkách standardu Troloxu [64].

### 3.6 Metody stanovení celkových polyfenolů

Pro analýzu fenolických látek se buď měří celkový obsah fenolických látek, nebo se zjišťuje kvantifikace specifické skupiny nebo třídy fenolických sloučenin. Kvantifikace fenolických látek je ovlivněna chemickou povahou analytu, zvolenou metodou, výběrem standardu a možná přítomnost rušivých látek. Pro stanovení celkového obsahu polyfenolů existuje několik metod. Řadí se sem metoda Folin-Denis (FD), metoda Folin-Ciocalteu (FC), manganistanová titrace, kolorimetrie se solemi železa a ultrafialová absorbance [68].

Prvním krokem k analýze polyfenolů je extrakce látek z proměřovaného materiálu. Kvalita extrakce je závislá na mnoha faktorech jako jsou typ rozpouštědla, čas extrakce a teplota, dále chemické složení a vlastnosti zkoušeného materiálu. Rozpustnost fenolických látek je závislá na chemické povaze přítomných polyfenolů. Kromě fenolických látek do extraktu mohou přecházet látky, které nemají fenolický charakter (sacharidy, proteiny). Z tohoto důvodu není možné využívat univerzálního postupu pro extrakci všech fenolických látek [68].

#### 3.6.1 Metoda Folin-Ciocalteu (FC)

Tato metoda je založena na přenosu elektronů v alkalickém prostředí z fenolových sloučenin na fosfomolybdenovou a fosfowolframovou kyselinu, kdy se vytvoří modré komplexy, které jsou zjišťovány spektrofotometricky při vlnové délce 750 – 760 nm [68].

Jako standard je často využívána kyselina gallová, kdy se obsah celkových polyfenolů vyjadřuje v jejích ekvivalentech. Kyselina gallová je relativně levná a v sušené formě je stabilní. Pokud se převede do roztoku tak postupně oxiduje, tato reakce se zvyšuje za vyšších teplot. Při uchovávání standardu kyseliny gallové ve formě roztoku se doporučuje, aby byla uložena v plné nebo téměř plné láhvi, která je mezi jednotlivými použitími neprodyšně uzavřena a je uložena v chladničce. Dalšími standardy by mohly být použity jakékoliv fenolické látky, ale pro harmonizaci výsledků je lepší používat kyselinu gallovou, která je používána nejčastěji [58,68].

Vzhledem k tomu, že je metoda FC založena na chemické redukci činidla, je možné že některé látky přítomné v extraktu budou zkreslovat výsledky. Významným zástupcem rušivé látky je oxid siřičitý, dále to mohou být aromatické aminy, vysoká koncentrace cukru a kyselina askorbová. Metoda FC nereaguje na oxid siřičitý samotný, ale pouze v přítomnosti fenolických sloučenin. Předpokládá se, že fenoly jsou oxidovány FC a poté jsou redukovány oxidem siřičitým. Interference není konstantní, proto není možné navrhnout přesné korekční faktory, i když byly dříve korekční faktory navrženy. Kyselina askorbová je rušivým elementem zvláště v ovoci, kdy jsou navrženy některé korekce pro určité druhy ovoce [58,68].

Obecně platí, že spektrofotometrické metody jsou jednoduché a rychlé. Ale vzhledem ke složitosti fenolových sloučenin a jejich různé reaktivitě, nejsou výsledky těchto metod srovnatelné s výsledky jiných metod. Metoda FC je citlivá na látky, které ruší reakci, tudíž může poskytovat vyšší nebo nižší hodnoty fenolických látek v proměřovaném vzorku [58].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 4 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části diplomové práce byl popis a charakteristika červené řepy a vodnice, jejich pěstování, vlastnosti a využití. Dále byly popsány metody stanovení základních analytických parametrů, které byly prováděny v praktické části diplomové práce.

Náplní praktické části bylo stanovení obsahu sušiny, refraktometrické sušiny, celkové kyselosti a hrubé vlákniny ve vzorcích červené řepy a vodnice. Dále byla zjišťována antioxidační aktivita v průběhu skladování vzorků červené řepy a vodnice metodou DPPH a celkový obsah polyfenolů spektrofotometricky pomocí Folin-Ciocalteuova činidla.

## 5 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

Pro analýzy byly použity vzorky červené řepy a vodnice. Konkrétně se jednalo o 9 vzorků červené řepy a 5 vzorků vodnice. Vzorky červené řepy a vodnice představují kořenovou část rostliny – bulvu. Vzorky, 3 kusy od každého druhu, byly skladovány po dobu dvou měsíců v chladničce, za běžných podmínek, v polyetylenových sáčcích za přístupu vzduchu, při teplotě  $8\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . Specifikace vzorků je uvedena v Tab. 3 a v Tab. 4.

Tab. 3. Charakteristika vzorků červené řepy

Vzorek	Odrůda, popis,	Původ
ČŘ-1	,Crosby Egyptian', vlastní produkce, říjen 2013	ČR, Hodonínsko
ČŘ-2	,Betina', vlastní produkce, říjen 2013	ČR, Hodonínsko
ČŘ-3	vlastní produkce, říjen 2013	SR, Trenčínsko
ČŘ-4	vlastní produkce, říjen 2013	ČR, Vyškovsko
ČŘ-5	bioprodukce, J. Košař, říjen 2013	ČR, Zlínsko
ČŘ-6	bioprodukce, P. Weidenthaler, říjen 2013	ČR, Zlínsko
ČŘ-7	Bioprodukce, J. Štěrbá, obchodní síť Albert, listopad 2013	ČR
ČŘ-8	obchodní síť Billa, Zlín, listopad 2013	Španělsko
ČŘ-9	obchodní síť Kaufland, Zlín, listopad 2013	ČR

Tab. 4. Charakteristika vzorků vodnice

Vzorek	Odrůda, popis,	Původ
V-1	,Tokyo', vlastní produkce, říjen 2013	ČR, Hodonínsko
V-2	,Snowball', vlastní produkce, říjen 2013	ČR, Hodonínsko
V-3	bioprodukce, J. Košař, říjen 2013	ČR, Zlínsko
V-4	obchodní síť Billa, Zlín, pro- sinec 2013	Itálie
V-5	obchodní síť Kaufland, Zlín, prosinec 2013	ČR

## 5.1 Použité přístroje a pomůcky

- běžné laboratorní sklo a pomůcky
- nůž, struhadlo
- hliníkové misky
- analytické váhy OHAUS, Voyager Pro, USA
- sušárna VENTICELL 111 - Komfort, BMT a.s., ČR
- spektrofotometr Spekol 11, Carl Zeiss – JENA, SRN
- pH metr Gryf 209, ČR
- muflová pec MLW, SRN
- digitální refraktometr HI 96801, ČR
- filtrační sáčky F57, ANKOM, USA
- analyzátor ANKOM 200/220 Fiber analyzer, USA

## 5.2 Použité chemikálie

- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (P. Lukeš, Uherský Brod)
- NaOH (Mach Chemikálie, s.r.o., Ostrava)
- aceton (P. Lukeš, Uherský Brod)
- DPPH (difenylpikrylhydrazyl) – (Sigma-Aldrich, Francie)
- acetátový pufr (pH = 5,5)

- kyselina askorbová (Fluka-Chemika, Švýcarsko)
- kyselina gallová (Sigma-Aldrich, Francie)
- etanol (P. Lukeš, Uherský Brod)
- demineralizovaná voda
- Folin-Ciocalteuovo činidlo (Penta, Praha)
- roztok  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (P. Lukeš, Uherský Brod)
- fenolftalein
- kyselina šťavelová

## 6 METODIKA STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH ANALYTICKÝCH PARAMETRŮ

### 6.1 Stanovení sušiny vzorků

Sušina vzorků byla stanovována kontrolní metodou. Do vysušené a zvážené prázdné hliníkové misky bylo naváženo 5 g vzorku, z různých částí bulvy, s přesností na 4 desetinná místa. Misky se vzorky byly vloženy do sušárny a bylo provedeno předsušení při 55 °C po dobu 24 hodin. Následně probíhalo sušení při teplotě 105 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Výsledky byly zjišťovány ze tří stanovení pro každý vzorek a byla vypočtena průměrná hodnota každého stanovení a směrodatná odchylka. Měření sušiny se provádělo v měsíčním časovém intervalu po dobu dvou měsíců.

Obsah sušiny  $S$  [%] byl vypočítán podle vzorce:

$$S = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \cdot 100$$

$m_1$  – hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g]

$m_2$  – hmotnost prázdné misky [g]

$m_3$  – hmotnost vzorku [g]

### 6.2 Stanovení refraktometrické sušiny

Stanovení refraktometrické sušiny bylo prováděno u vzorků červené řepy pomocí digitálního refraktometru. Červená řepa byla zbavena vnější slupky, byly použity různé části bulvy, které se dezintegrovaly na struhadle, a změřila se refraktometrická sušina získané šťávy. Výsledky byly zjištěny ze tří stanovení pro každý vzorek a byla vypočtena průměrná hodnota každého stanovení a směrodatná odchylka. Digitální refraktometr poskytuje hodnoty ve stupních Brix [°BX], které vyjadřují g sacharózy ve 100 g vzorku.

### 6.3 Stanovení celkového obsahu kyselin

Pro stanovení celkového obsahu kyselin (CK) byla použita potenciometrická titrace pomocí pH metru. Vzorky byly zbaveny vnější slupky, byly použity různé části bulvy, které se dezintegrovaly na struhadle. Bylo naváženo 20 g vzorku, s přesností na 4 desetinná místa, který se kvantitativně převedl do 200 ml odměrné baňky. Následně bylo odebráno 50 ml pro titraci. Jako odměrný roztok byl připraven 0,1 M NaOH, který byl standardizován na roztok kyseliny šťavelové za použití indikátoru fenolftaleinu. Do titrovaného vzorku byla ponořena měřící elektroda a byla provedena titrace vzorku. Bod ekvivalence byl stanoven na hodnotu pH 8,1, což je hodnota obecně používaná pro zjišťování titrační kyselosti barevných druhů zeleniny a zeleninových výrobků. Přesná hodnota v bodě ekvivalence byla spočtena extrapolací na pH 8,1. Titrace byla prováděna pro každý vzorek třikrát a byla vypočtena průměrná hodnota a směrodatná odchylka. Celkový obsah kyselin se udává podle převládající kyseliny v zelenině, u červené řepy – kyselina šťavelová, u vodnice – kyselina jablečná.

CK [g/100 g] se vypočítá podle vzorce:

$$CK = \frac{V \cdot c_{NaOH} \cdot \frac{1}{2} \cdot M_k \cdot f}{m_v} \cdot 100$$

V – spotřeba odměrného roztoku NaOH z titračního stanovení a z extrapolace [l]

$c_{NaOH}$  – přesná koncentrace odměrného roztoku NaOH [mol/l]

$M_k$  – molární hmotnost převládající kyseliny

[kyselina šťavelová – 90,03 g/mol, kyselina jablečná = 134,09 g/mol]

f – poměrový faktor [4]

$m_v$  – hmotnost vzorku [g]

### 6.4 Stanovení hrubé vlákniny

Pro stanovení hrubé vlákniny byl použit analyzátor ANKOM.

Filtrační sáčky F57 byly vyprány v acetonu a odvětrány v digestoři. Do sáčku byl navážen 1 g vysušeného vzorku, s přesností na 4 desetinná místa, a sáček byl zataven. Jeden filtrační sáček byl zataven prázdný, pro stanovení korekcí. Sáčky byly umístěny do zavěšovače a do analyzátoru. Do přístroje byl nalit 0,1275 M roztok kyseliny sírové. Bylo zapnuto míchání a vyhřívání na 45 minut. Po uplynutí této doby byl roztok vypuštěn. Následně byla na propláchnutí (3x) do analyzátoru nalita horká voda, zapnuto míchání a vyhřívání a po 5 minutách byla voda vypuštěna. Potom byl do přístroje nalit 0,313 M roztok hydroxidu sodného. Následovalo zapnutí míchání a vyhřívání po dobu 45 minut a po této době byl roztok z analyzátoru vypuštěn. Poté byl analyzátor 3x vypláchnut horkou vodou stejným způsobem jako po použití kyseliny sírové. Po konečném vyprání horkou vodou byl obsah v analyzátoru zchlazen vodou studenou a sáčky byly z přístroje vyjmuty. Přebytečná voda byla vymačkána na filtračním papíře. Následně byly filtrační sáčky vloženy do acetonu na 3 minuty. Poté byly ponechány na odvětrání v digestoři. Sáčky potom byly vysušeny při 105 °C po dobu 2 hodin. Po vysušení byly sáčky vloženy do exsikátoru a po vychladnutí byly zváženy. Sáčky byly vloženy do vyžíhaných a předem zvážených keramických kelímků a následovalo spalování v muflové peci při 550 °C po dobu 5 hodin. Po ochlazení v exsikátoru byly kelímky zváženy, opět s přesností na 4 desetinná místa. Stanovení hrubé vlákniny se pro každý vzorek opakovalo dvakrát a byla vypočtena průměrná hodnota.

Obsah hrubé vlákniny [%] se vypočte podle vzorce:

$$HV = \frac{(m_3 - m_1c_1) - (m_4 - m_1c_2)}{m_2} \cdot 100$$

HV – obsah hrubé vlákniny [%]

$m_1$  – hmotnost sáčku [g]

$m_2$  – hmotnost navážky vzorku [g]

$m_3$  – hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g]

$m_4$  – hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g]

$c_1$  – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze

$c_2$  – korekce hmotnosti sáčku po spálení

Výpočet korekcí:

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad c_2 = \frac{m_P}{m_1}$$

$m_S$  – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolyze [g]

$m_P$  – hmotnost popela sáčku [g]

## 6.5 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Antioxidační aktivita byla stanovována metodou DPPH.

Byl připraven vodný extrakt červené řepy a vodnice. Bulvy byly zbaveny nejedlých částí a následně z různých míst bulvy bylo nastrouháno dostatečné množství vzorku. Bylo naváženo 5 g vzorku, s přesností na 4 desetinná místa, který byl rozmělněn v třecí misce s 25 ml vody. Následně byl roztok převeden do 50 ml odměrné baňky a doplněn vodou po rysku. Poté se roztok extrahoval v temnu po dobu 20 minut. Extrakt byl zfiltrován přes filtrační papír a dále byla připravena reakční směs. Takto byly připraveny 3 vzorky z každého vzorku řepy a vodnice.

Experimentálně zjištěná reakční směs s filtrátem vzorku se skládala z 0,1 ml filtrátu vzorku, 1 ml acetátového pufru o pH 5,5 a 1,9 ml 0,2 mmol/l DPPH. Dále byl připraven kontrolní vzorek, který místo filtrátu vzorku obsahoval 0,1 ml demineralizované vody. Slepý pokus, proti kterému se měřilo, obsahoval stejné složky jako reakční směs s filtrátem vzorku, ale místo DPPH obsahoval 1,9 ml etanolu. Následně se zkumavky uzavřely a vložily do temna. Směs se nechala 1 hodinu reagovat za průběžného protřepání zkumavek.

Po ukončení doby reakce byly vzorky měřeny na spektrofotometru. Vlnová délka byla nastavena na 515 nm. Pro každý vzorek byly provedeny 3 měření a byla vypočtena průměrná hodnota a směrodatná odchylka.

Pro zjištění antioxidační aktivity (inaktivace) v průběhu skladování byly vzorky proměřovány s odstupem měsíce po dobu dvou měsíců od zakoupení, či sklizení zeleniny.



Hodnota inaktivace [%]:

$$I = \frac{K - A}{A} \cdot 100$$

I – hodnota inaktivace [%]

K – absorbance kontrolního vzorku při 515 nm

A – absorbance vzorku s filtrátem při 515 nm

Hodnota inaktivace byla přepočtena na mg ekvivalentu kyseliny askorbové na 100 g jedlého podílu. Pro přepočet na tuto hodnotu byla proměřena a sestavena kalibrační křivka kyseliny askorbové.

Pro sestavení kalibrační křivky byl připraven zásobní roztok kyseliny askorbové o koncentraci 0,3 g/l. Ředěním byly připraveny následující roztoky, které byly poměřovány: 0,225; 0,18; 0,165; 0,15; 0,105; 0,075; 0,03; 0,015 a 0,003 g/l.

Reakční směs obsahovala 0,1 ml roztoku kyseliny askorbové o příslušné koncentraci, 1 ml acetátového pufru (pH 5,5), 1,9 ml 0,2 mmol/l DPPH. Kontrolní vzorek obsahoval místo kyseliny askorbové demineralizovanou vodu. Slepý vzorek obsahoval stejné složky jako reakční směs s roztokem kyseliny askorbové, jen DPPH bylo nahrazeno 1,9 ml etanolu.

Z proměřených hodnot kalibrační křivky byly vypočteny hodnoty inaktivace a sestaven graf závislosti inaktivace na koncentraci kyseliny askorbové. Následně byla sestrojena spojnice trendu a byla zjištěna rovnice regrese a hodnota spolehlivosti.

Z regresní rovnice a příslušných hodnot byly výsledky proměřovaných vzorků přepočteny na mg ekvivalentu kyseliny askorbové ve 100 g jedlého podílu zeleniny.

## 6.6 Stanovení celkových polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuova činidla

Z bulev byla odstraněna slupka a následně z různých míst bulvy bylo nastrouháno dostatečné množství vzorku. Bylo naváženo 5 g vzorku, s přesností na 4 desetinná místa, který byl rozmělněn v třecí misce s 25 ml vody. Poté byl roztok převeden do odměrné baňky, která byla doplněna po rysku vodou. Odměrná baňka byla uzavřena a vložena do tmy, kde

se ponechala po dobu 1 hodiny. Po uplynutí 1 hodiny byl extrakt zfiltrován a filtrát použit ke stanovení. Z každého vzorku řepy a vodnice byly připraveny 3 kusy vzorků.

Reakční směs obsahovala 0,1 ml filtrátu, 1 ml demineralizované vody, 1 ml 10 % roztoku Folin-Ciocalteuova činidla. Zkumavka byla uzavřena a dána do temna na 5 minut za občasného promíchání. Poté byl do zkumavky přidán 1 ml 10 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , zkumavka byla opět uzavřena a vložena do tmy. Za občasného promíchání se směs nechala reagovat 15 minut. Byl připraven také slepý pokus, stejným způsobem jako směs s filtrátem, kdy filtrát nahradila voda.

Poté byly vzorky proměřovány na spektrofotometru při vlnové délce 750 nm proti slepému vzorku. Každý vzorek byl proměřen třikrát, byla vypočtena průměrná hodnota a směrodatná odchylka, v průběhu dvou měsíčního skladování.

Zjištěná hodnota obsahu celkových polyfenolů byla pomocí kalibrační křivky kyseliny gallové přepočítána na množství mg ekvivalentu kyseliny gallové na 100 g jedlého podílu.

Pro sestavení kalibrační křivky byl připraven zásobní roztok kyseliny gallové o koncentraci 1 g/l. Následně byla ředěním připravena kalibrační řada o koncentraci: 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 0,05; 0,03 a 0,01 g/l. Reakční směs pro stanovení kalibrační křivky obsahovala stejné komponenty jako reakční směs pro filtrát vzorku, kde byl filtrát nahrazen roztokem kyseliny gallové. Slepý pokus obsahoval místo roztoku kyseliny gallové demineralizovanou vodu. Směsi byly opět proměřeny na spektrofotometru při vlnové délce 750 nm. Z naměřených hodnot byl sestaven graf závislosti absorbance na koncentraci kyseliny gallové. Sestrojila se spojnice trendu a byla zjištěna rovnice regrese a spolehlivosti. Z rovnice lineární regrese byla potom přepočtena hodnota u filtrátu vzorku na mg ekvivalentu kyseliny gallové ve 100 g vzorku.

## 7 VÝSLEDKY A DISKUZE

U vzorků řepy a vodnice byl stanoven obsah sušiny v průběhu jejich dvou-měsíčního skladování. U vzorků červené řepy byla stanovena také refraktometrická sušina. Dále byla stanovena titrační kyselost, obsah hrubé vlákniny, antioxidační aktivita metodou DPPH a celkové polyfenoly ve vzorcích v čerstvých bulvách a v průběhu jejich dvou-měsíčního skladování.

### 7.1 Stanovení sušiny

Sušina byla u vzorků stanovena postupem popsáním v kapitole 6.1.

Výsledky stanovení u červené řepy jsou uvedeny v Tab. 5, u vodnice v Tab. 6. Výsledky vzorků jsou uvedeny v % jako průměr ze tří stanovení a směrodatná odchylka – s.

Tab. 5. Obsah sušiny v bulvách červené řepy

Vzorek	S [%] – čerstvé vzorky	s	S [%] – 1.měsíc	s	S [%] – 2.měsíc	s
ČŘ-1	7,59	0,1	10,94	0,1	12,26	0,1
ČŘ-2	9,40	0,1	14,97	0,2	15,74	0,1
ČŘ-3	11,18	0,1	12,63	0,1	13,89	0,1
ČŘ-4	12,96	0,2	13,85	0,1	14,72	0,2
ČŘ-5	11,11	0,1	13,13	0,1	14,21	0,2
ČŘ-6	10,43	0,1	11,10	0,1	11,69	0,1
ČŘ-7	15,37	0,3	16,80	0,1	17,44	0,2
ČŘ-8	11,97	0,1	12,27	0,2	12,99	0,1
ČŘ-9	11,20	0,2	14,01	0,2	15,83	0,1

Obsah sušiny v čerstvých vzorcích červené řepy se pohybuje v rozmezí 7,59 – 15,37 %. Kopec [19] uvádí v tabulkách nutričních hodnot ovoce a zeleniny hodnotu 109 g/kg červené řepy, což je 10,9 %, to odpovídá námi zjištěným hodnotám.

Po skladování řepy po dobu jednoho měsíce se sušina pohybovala v rozmezí 10,94 – 16,80 %. Průměrné zvýšení sušiny mezi čerstvým a 1 měsíc skladovaným vzorkem je

2,05 %. Po dvou-měsíčním skladování se obsah sušiny pohyboval v rozmezí 11,69 – 17,44 %. Průměrné zvýšení sušiny mezi čerstvým vzorkem a 2 měsíce skladovaném je 3,06 %.

Tab. 6. Obsah sušiny ve vodnici

Vzorek	S [%] – čerstvé vzorky	s	S [%] – 1.měsíc	s	S [%] – 2.měsíc	s
V-1	4,60	0,1	4,93	0,1	5,14	0,1
V-2	4,94	0,1	5,09	0,1	5,18	0,1
V-3	4,43	0,1	4,90	0,1	5,03	0,2
V-4	4,81	0,2	4,94	0,1	5,28	0,1
V-5	5,05	0,1	5,09	0,1	5,15	0,1

Ve vzorcích vodnice byla stanovena sušina, která se pohybovala v rozmezí 4,90 – 5,15 %. V tabulkách nutričních hodnot ovoce a zeleniny uvádí Kopec [19] obsah sušiny ve vodnici 88 g/kg, což je 8,8 %.

Po měsíčním skladování se obsah sušiny pohyboval v rozmezí 4,90 – 5,09 %. Průměrné zvýšení sušiny po skladování 1 měsíc je 0,24 %. Po dvouměsíčním skladování byla zjištěna sušina v rozmezí 5,03 – 5,28 %. Průměrné zvýšení sušiny mezi čerstvým vzorkem a 2 měsíce skladovaným je 0,38 %.

## 7.2 Stanovení refraktometrické sušiny

Refraktometrická sušina byla měřena u vzorků červené řepy.

Měření bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 6.2. Výsledky naměřených hodnot jsou uvedeny v Tab. 7, jako průměr ze 3 stanovení.

Tab. 7. Výsledky měření refraktometrické sušiny

Vzorek	°BX [g/100 g]	s
ČŘ-1	9,23	0,1
ČŘ-2	11,03	0
ČŘ-3	13,17	0,1
ČŘ-4	11,70	0,1
ČŘ-5	10,50	0
ČŘ-6	8,93	0,1
ČŘ-7	7,43	0,1
ČŘ-8	9,27	0,1
ČŘ-9	8,63	0

Námi změřené hodnoty refraktometrické sušiny u červené řepy se pohybují v rozmezí 7,43 – 13,17 °Brix. Peréz a Peréz [69] uvádějí ve své práci hodnotu 4 °Brix u šťávy z červené řepy. Tato šťáva byla připravena rozmixováním červené řepy s vodou v poměru 1:1, což může vysvětlovat nižší hodnotu °Brix než naše měření.

### 7.3 Stanovení celkového obsahu kyselin

Celkový obsah kyselin byl stanoven uvedeným postupem v kapitole 6.3.

Výsledky měření jsou uvedeny v Tab. 8 a Tab.9, jako průměr ze 3 stanovení a směrodatná odchylka – s.

Tab. 8. Výsledky měření titrační kyselosti u červené řepy

Vzorek	CK [g/100g]	s
ČŘ-1	0,063	0,001
ČŘ-2	0,039	0,001
ČŘ-3	0,044	0,001
ČŘ-4	0,043	0,001
ČŘ-5	0,050	0,001
ČŘ-6	0,055	0,001
ČŘ-7	0,045	0,001
ČŘ-8	0,045	0,001
ČŘ-9	0,059	0,001

Celkový obsah kyselin červené řepy, vyjádřen jako obsah kyseliny šťavelové, se pohybuje v rozmezí 0,039 – 0,063 g/100 g vzorku.

Z literárních zdrojů je uváděna titrační kyselost v publikaci Peréz a Peréz [69], v hodnotě 5,61 mg/100 ml šťávy z červené řepy, vyjádřené jako kyselina šťavelová, což odpovídá 0,0056 g/100 ml. Tato hodnota je uvedena pro šťávu přípravou z řepy s vodou v poměru 1:1.

Tab. 9. Výsledky měření titrační kyselosti u vodnice

Vzorek	CK [g/100g]	s
V-1	0,069	0,001
V-2	0,062	0,001
V-3	0,052	0,001
V-4	0,050	0,001
V-5	0,050	0,001

Celkový obsah kyselin vodnice, vyjádřen jako obsah kyseliny jablečné, se pohybuje v rozmezí 0,050 – 0,069 g/100 g vzorku. Literární zdroje neuvádí obsah celkových kyselin v bulvě vodnice.

#### 7.4 Stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina byla stanovována u čerstvých vzorků červené řepy a vodnice podle postupu uvedeného v kapitole 6.4.

Hodnoty byly stanoveny paralelně ze 2 měření. Výsledky naměřených hodnot jsou uvedeny v Tab. 10 a 11.

*Tab. 10. Výsledky stanovení hrubé vlákniny u červené řepy*

<b>Vzorek</b>	<b>HV [%]</b>
ČŘ-1	2,91
ČŘ-2	2,22
ČŘ-3	2,43
ČŘ-4	2,40
ČŘ-5	2,29
ČŘ-6	2,37
ČŘ-7	1,97
ČŘ-8	2,37
ČŘ-9	3,09

Námi změřený obsah hrubé vlákniny ve vzorcích červené řepy se pohybuje v rozmezí 1,97 – 3,09 %. Kováčiková a kol. [62] uvádějí obsah vlákniny v červené řepě 2,3 g/100 g, což představuje 2,3 %. Tato hodnota se pohybuje v rozmezí hodnot, které byly naměřeny v této práci.

Tab. 11. Výsledky stanovení hrubé vlákniny u vodnice

Vzorek	HV [%]
V-1	2,50
V-2	2,75
V-3	2,62
V-4	2,60
V-5	2,49

Obsah hrubé vlákniny ve vodnici se pohybuje v rozmezí 2,49 – 2,75 %. Kováčiková a kol. [40] uvádí hrubou vlákninu ve vodnici 2,5 g/100 g, což představuje 2,5 %. Tato hodnota se pohybuje v rozmezí námi změřených hodnot.

## 7.5 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

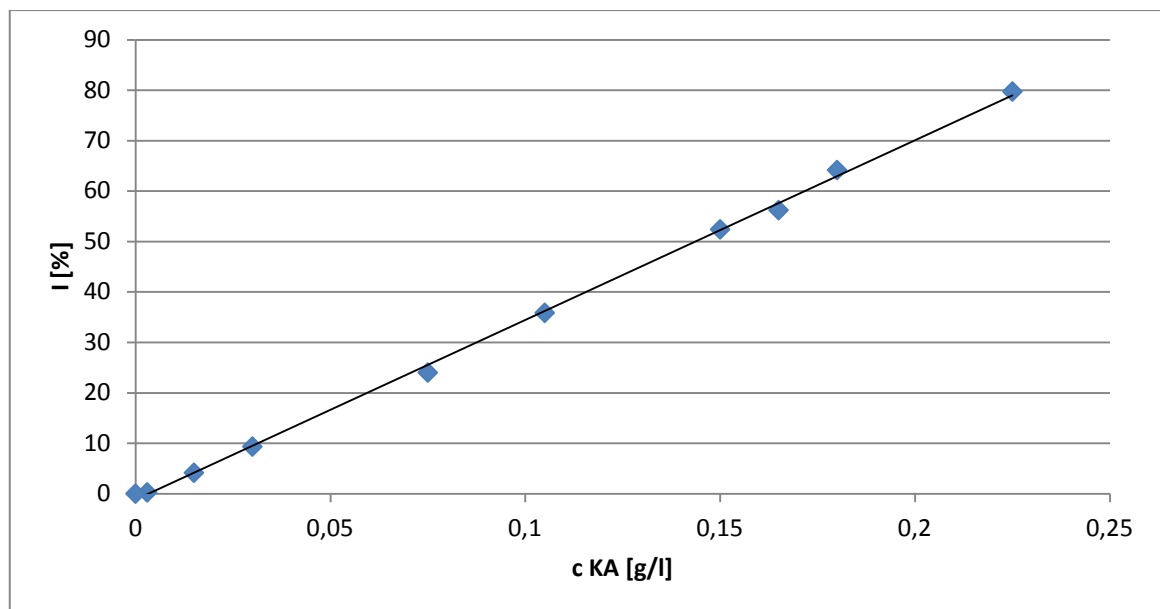
Antioxidační aktivita byla měřena podle postupu popsaného v kapitole 6.5.

Pro interpretaci výsledků antioxidační aktivity byly výsledky vyjádřeny v ekvivalentech kyseliny askorbové (KA). Hodnoty inaktivace jednotlivých standardních roztoků kyseliny askorbové jsou uvedeny v Tab. 12. Výsledky jsou uvedeny v % jako průměr ze dvou stanovení. Graf závislosti inaktivace na koncentraci kyseliny askorbové je uveden na Obr. 10.



Tab. 12. Hodnoty koncentrace KA a inaktivace

Koncentrace KA [g/l]	I [%]
0,225	79,72
0,180	64,15
0,165	56,20
0,150	52,39
0,105	35,85
0,075	24,01
0,030	9,33
0,015	4,14
0,003	0,24



Obr. 10. Graf závislosti inaktivace na koncentraci KA

Z grafu kalibrační křivky byla zjištěna rovnice lineární regrese:

$$y = 356,34 \cdot x - 1,1779$$

y – inaktivace [%]

x – koncentrace KA [g/l]

$$R^2 = 0,999$$

### 7.5.1 Stanovení antioxidační aktivity u červené řepy

Naměřené hodnoty u vzorků červené řepy vyjádřené jako inaktivace a v hodnotách mg ekv. KA/100 g vzorku v průběhu skladování jsou uvedeny v Tab. 13 a 14. Hodnoty antioxidační aktivity červené řepy přepočítané na sušinu jsou uvedeny v Tab. 15. Výsledky jsou uvedeny jako průměr ze tří stanovení a směrodatná odchylka – s.

Tab. 13. Hodnoty inaktivace vzorků červené řepy

Vzorek	Inaktivace [%]					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	s
ČŘ-1	42,28	0,91	41,38	0,95	28,87	0,84
ČŘ-2	24,19	0,87	23,55	0,97	20,00	0,93
ČŘ-3	51,08	0,95	36,53	0,85	31,24	0,89
ČŘ-4	43,94	0,88	34,51	0,84	33,07	0,95
ČŘ-5	45,68	0,97	35,73	0,94	31,42	0,96
ČŘ-6	43,39	0,86	33,94	0,88	29,14	0,92
ČŘ-7	46,61	0,88	32,94	0,94	29,54	0,84
ČŘ-8	45,39	0,94	25,41	0,93	25,41	0,97
ČŘ-9	51,30	0,98	45,92	0,87	27,90	0,85

Čerstvé vzorky červené řepy vykazovaly průměrně 43,76 % inaktivaci radikálu DPPH.

Kaur a kol. [70] ve své studii uvádějí antioxidační aktivitu na základě intenzity rozkladu syntetického radikálu DPPH ve vodném extraktu 55,00 %, v etanolovém extraktu hodnotu 73,30 %. Etanolové extrakty tedy mohou vykazovat vyšší antioxidační aktivitu díky složkám, které jsou více rozpustné v etanolu.

Po jedno-měsíčním skladování se hodnota inaktivace snížila průměrně o 9,33 %. Po dvou-měsíčním skladu se hodnota inaktivace snížila v průměru o 15,25 %.

Tab. 14. Obsah mg ekv. KA ve 100 g vzorku červené řepy v průběhu skladování

Vzorek	mg ekv. KA/100 g					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	s
ČŘ-1	120,68	0,90	119,84	0,94	83,21	0,88
ČŘ-2	71,09	0,77	68,94	0,83	59,18	0,93
ČŘ-3	146,51	0,78	101,53	0,96	89,56	0,94
ČŘ-4	126,64	0,92	98,48	0,80	96,26	0,85
ČŘ-5	130,66	0,98	101,82	0,85	90,09	0,93
ČŘ-6	125,37	0,85	99,59	0,95	85,49	0,86
ČŘ-7	132,47	0,76	95,76	0,87	84,75	0,87
ČŘ-8	130,27	0,93	91,12	0,86	74,12	0,89
ČŘ-9	149,08	0,79	131,93	0,82	80,97	0,92

Hodnoty antioxidační aktivity čerstvé červené řepy se pohybují v rozmezí 71,09 – 149,08 mg ekv. KA/100 g. Nejnižší hodnotu antioxidační aktivity měl vzorek č. 2, který kje z vlastní produkce v ČR z oblasti Hodonínska, odrůda ‚Betina‘. Nejvyšší hodnotu antioxidační aktivity vykazoval vzorek č. 9, který byl zakoupen v obchodní síti Kaufland původem z ČR.

Sreeramulu a kol. [71] zkoumali antioxidační aktivitu nejčastěji konzumované zeleniny v Indii, kam zařadili i červenou řepu, přičemž zjistili hodnotu antioxidační aktivity řepy 125,10 mg ekv. troloxu/100 g.

Po skladování 1 měsíc se hodnota antioxidační aktivity pohybuje v rozmezí 68,94 – 131,93 mg ekv. KA/100 g. Hodnota antioxidační aktivity se za první měsíc zmenšila průměrně o 18,73 %. Po skladování 2 měsíce se antioxidační aktivita pohybovala v rozmezí 59,18 – 96,26 mg ekv. KA/100 g. Po dvou-měsíčním skladování se hodnota antioxidační aktivity snížila v průměru o 33,15 %.

Tab. 15. Obsah mg ekv. KA/ g sušiny červené řepy v průběhu skladování

Vzorek	mg ekv. KA/g sušiny					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	s
ČŘ-1	15,90	1,02	10,95	0,74	6,79	0,99
ČŘ-2	7,56	0,90	4,61	0,99	3,76	0,94
ČŘ-3	13,10	0,83	8,04	0,81	6,45	1,01
ČŘ-4	9,77	0,99	7,11	0,95	6,54	0,89
ČŘ-5	11,76	0,82	7,76	0,92	6,34	0,80
ČŘ-6	12,02	0,84	8,97	0,86	7,31	0,95
ČŘ-7	8,62	1,03	5,70	1,01	4,86	0,86
ČŘ-8	10,88	0,82	7,43	0,95	5,71	0,89
ČŘ-9	13,31	0,77	9,42	0,82	5,12	0,84

Obsah mg ekv. KA na 1 g sušiny vzorku se u čerstvých vzorků červené řepy pohybuje v rozmezí 7,56 – 15,90. Nejvyšší hodnotu vykazoval vzorek č. 1, který je z vlastní produkce v ČR z oblasti Hodonínsko, odrůda ‚Crosby Egyptian‘. Nejnižší hodnota antioxidační aktivity byla u vzorku č. 2, který je z vlastní produkce v ČR z oblasti Hodonínsko, odrůda ‚Betina‘.

Po skladování 1 měsíc se obsah ekv. množství KA pohyboval v rozmezí 4,61 – 10,95 mg/g sušiny. Průměrný úbytek po jednom měsíci skladování je 32,24 %. Po skladování 2 měsíce se obsah ekv. množství KA pohybuje od 3,76 – 6,79 mg/g sušiny. Průměrný úbytek množství ekv. KA po 2 měsíčním skladování je 47,70 %.

### 7.5.2 Stanovení antioxidační aktivity u vodnice

Naměřené hodnoty u vzorků vodnice vyjádřené jako inaktivace a následně v mg ekv. KA/100 g vzorku v průběhu skladování jsou uvedeny v Tab. 16 a 17. Hodnoty antioxidační aktivity vodnice přepočítané na sušinu uvádí Tab. 18. Výsledky jsou uvedeny jako průměr ze tří stanovení a směrodatná odchylka – s.

Tab. 16. Hodnoty inaktivace u vzorků vodnice

Vzorek	I [%]					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	s
V-1	2,66	0,92	2,36	0,85	1,27	0,88
V-2	2,31	0,87	0,22	0,87	0,15	0,86
V-3	1,86	0,89	1,70	0,82	1,04	0,80
V-4	1,60	0,97	1,05	0,81	0,60	0,91
V-5	2,01	0,85	1,49	0,89	0,67	0,89

Čerstvé vzorky vodnice vykazovaly v průměru 2,09 % inaktivaci radikálu DPPH. Po jedno-měsíčním skladování byla hodnota inaktivace snížena průměrně o 0,72 %. Po skladování dva měsíce se hodnota inaktivace snížila průměrně o 1,34 %.

Khalid a kol. [46] zjišťovali antioxidační aktivitu u bělomasé a žlutomasé vodnice, kdy bulvy byly vysušeny a následně rozpuštěny v 80 % metanolu. Tyto metanolové extrakty byly ředěny na koncentraci 0,5 – 2,5 mg/ml. Metodou DPPH byla zjištěna hodnota inaktivace. U bělomasých bulev se hodnota inaktivace pohybovala od 18 – 65 %, a u žlutomasých od 23 – 72 %. Žlutomasé odrůdy vodnice tedy mohou vykazovat vyšší antioxidační aktivitu než bělomasé odrůdy.

Fernandes a kol. [40] uvádí antioxidační aktivitu u jedlých částí vodnice – bulvy, listy a poupata. Nejvyšší antioxidační aktivitu vykazovala poupata ( $IC_{25} = 0,47$  mg/ml), poté listy ( $IC_{25} = 0,56$  mg/ml) a nejmenší aktivitu vykazovala bulva vodnice ( $IC_{25} = 1,44$  mg/ml).

Tab. 17. Obsah mg ekv. KA ve 100 g vzorku vodnice v průběhu skladování

Vzorek	mg ekv. KA/100 g					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	s
V-1	10,68	0,87	9,85	0,85	6,87	0,89
V-2	9,80	0,82	3,94	0,81	3,72	0,87
V-3	8,58	0,86	8,04	0,82	6,13	0,92
V-4	8,78	0,92	7,46	0,87	2,15	0,91
V-5	7,79	0,90	6,33	0,93	4,90	0,85

Antioxidační aktivita čerstvé vodnice se pohybuje v rozmezí 7,79 – 10,68 mg ekv. KA/100 g vzorku. Nejvyšší hodnotu antioxidační aktivity má vzorek č. 1, který je z vlastní produkce v ČR z oblasti Hodonínsko, odrůda ‚Tokyo‘. Nejnižší hodnotu antioxidační aktivity má vzorek č. 5, který byl pořízen v obchodní síti Kaufland, původem z ČR.

Po skladování 1 měsíc se antioxidační aktivita pohybovala od 3,94 do 9,85 mg ekv. KA/100 g. Průměrný úbytek ekv. množství KA po skladování 1 měsíc je 21,53 %. Po skladování 2 měsíce se pohybuje od 2,15 – 6,87 mg ekv. KA/100 g. Průměrné snížení ekvivalentního množství KA po skladování 2 měsíce je 47,78 %.

Tab. 18. Obsah mg ekv. KA v 1 g sušiny vodnice v průběhu skladování

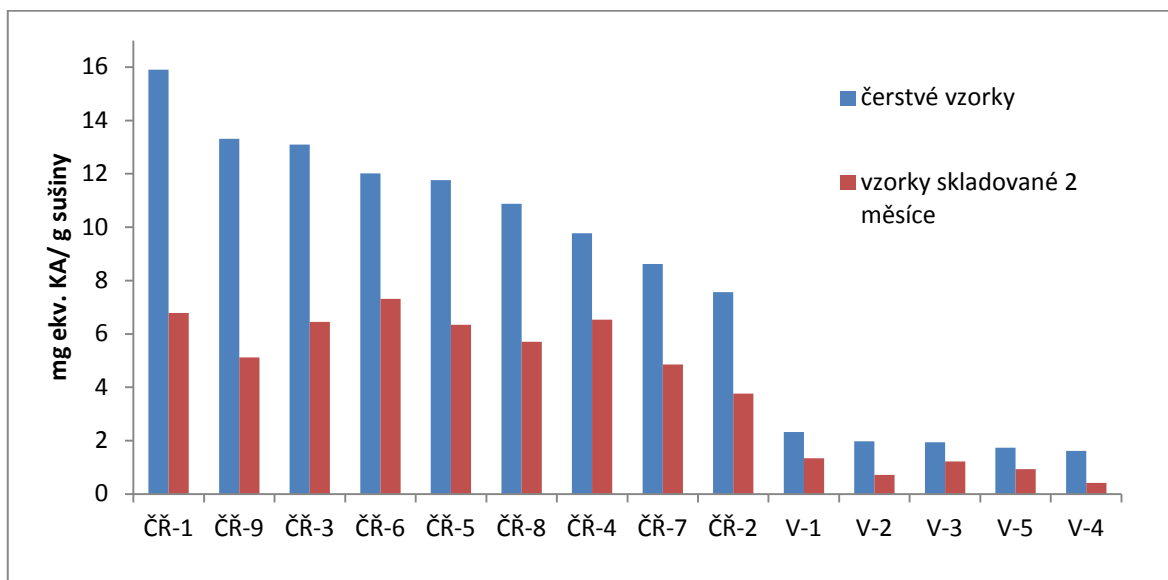
Vzorek	mg ekv. KA/g sušiny					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	s
V-1	2,32	0,92	2,00	0,82	1,34	0,80
V-2	1,98	1,15	0,77	0,97	0,72	0,94
V-3	1,94	0,90	1,64	0,98	1,22	0,99
V-4	1,62	0,92	1,28	0,85	0,42	1,05
V-5	1,74	1,03	1,45	0,87	0,93	0,92

Antioxidační aktivita v čerstvých vzorcích vodnice se pohybuje v rozmezí 1,62 – 2,32 mg ekv. KA/g sušiny. Nejvyšší hodnotu antioxidační aktivity má vzorek č. 1, který je z vlastní produkce v ČR z oblasti Hodonínsko, odrůda ‚Tokyo‘. Nejnižší hodnota byla zjištěna u vzorku č. 4, který byl zakoupen v obchodní síti Billa, původem z Itálie.

Po skladování 1 měsíc se antioxidační aktivity pohybuje od 0,77 – 2,00 mg ekv. KA/g sušiny. Průměrný úbytek ekv. množství KA po skladování 1 měsíc je 25,60 %. Po skladování 2 měsíce se antioxidační aktivita pohybuje v rozmezí 0,42 – 1,34 mg ekv. KA/g sušiny. Průměrný úbytek ekv. množství KA po skladování 2 měsíce je 52,72 %.

### 7.5.3 Porovnání antioxidační aktivity červené řepy a vodnice

Na Obr. 11 je uveden graf, který znázorňuje antioxidační aktivitu červené řepy a vodnice u čerstvých a 2 měsíce skladovaných vzorků. U červené řepy byly naměřeny vyšší hodnoty než u vzorků vodnice.



Obr. 11. Antioxidační aktivita u vzorků červené řepy a vodnice

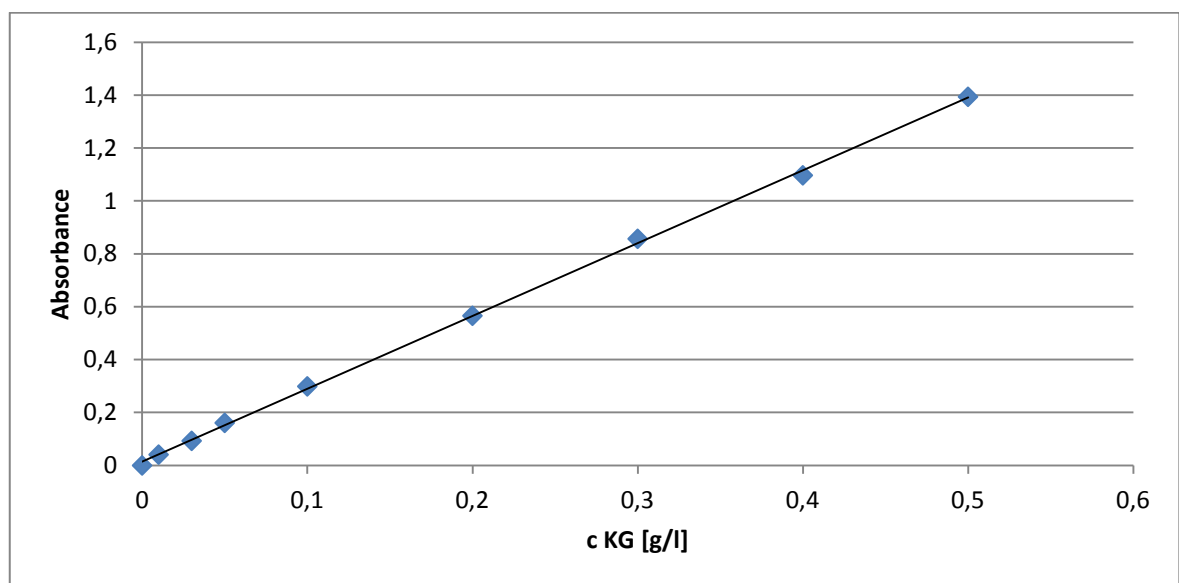
### 7.6 Stanovení celkového obsahu polyfenolů

Stanovení bylo prováděno podle postupu uvedeného v kapitole 6.6.

Pro vyjádření výsledků celkového obsahu polyfenolů byly výsledky vyjádřeny v ekvivalentech kyseliny gallové (KG). Výsledky měření jednotlivých standardních roztoků kyseliny gallové jsou uvedeny v Tab. 19. Výsledky jsou uvedeny jako průměr ze dvou stanovení. Kalibrační křivka je uvedena na Obr. 12.

Tab. 19. Hodnoty koncentrace KG a absorbance

Koncentrace KG [g/l]	Absorbance
0,5	1,394
0,4	1,097
0,3	0,857
0,2	0,566
0,1	0,299
0,05	0,161
0,03	0,093
0,01	0,041



Obr. 12. Kalibrační křivka závislosti absorbance na koncentraci KG

Z grafu kalibrační křivky byla sestavena rovnice lineární regrese:

$$y = 2,7544 \cdot x + 0,0143$$

y – absorbance

x – koncentrace KG [g/l]

$$R^2 = 0,9995$$



### 7.6.1 Stanovení celkového obsahu polyfenolů u červené řepy

Hodnoty obsahu celkových polyfenolů v průběhu skladování vzorků červené řepy jsou uvedeny v Tab. 20, v mg ekvivalentu KG ve 100 g vzorku, a přepočítané na g sušiny červené řepy v Tab. 21. Výsledky jsou uvedeny jako průměr ze tří stanovení, a směrodatná odchylka – s.

Tab. 20. Celkové polyfenoly ve 100 g vzorku červené řepy v průběhu skladování

Vzorek	mg ekv. KG/100 g					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	S
ČŘ-1	115,93	0,82	69,84	0,84	58,65	0,91
ČŘ-2	87,27	0,87	73,47	0,97	51,95	0,83
ČŘ-3	140,25	0,95	113,33	0,96	112,83	0,85
ČŘ-4	112,82	0,90	109,84	0,90	108,95	0,99
ČŘ-5	111,36	0,79	99,83	0,94	90,71	0,95
ČŘ-6	122,53	0,84	101,15	0,82	94,01	0,88
ČŘ-7	140,06	0,87	139,50	0,79	123,03	0,87
ČŘ-8	131,73	0,93	90,49	0,86	66,98	0,88
ČŘ-9	76,56	0,94	70,92	0,94	69,78	0,94

Hodnota celkových polyfenolů se v čerstvých vzorcích červené řepy pohybuje v rozmezí 76,56 – 140,25 mg ekv. KG/ 100 g vzorku. Nejnižší obsah polyfenolů byl zjištěn u vzorku č. 9. Tento vzorek byl zakoupen v obchodní síti Kaufland, původem z ČR. Nejvyšší obsah polyfenolů má vzorek č. 3, který je z vlastní produkce v SR z oblasti Trenčínsko.

Po skladování 1 měsíc je obsah polyfenolů v rozmezí od 70,92 do 139,50 mg ekv. KG/100g. Průměrný úbytek polyfenolů po skladování 1 měsíc je 24,98 %. Po skladování 2 měsíce se obsah polyfenolů pohybuje od 51,95 – 123,03 mg ekv. KG/100g. Průměrný úbytek polyfenolů po skladování 2 měsíce je o 25,29 %.

Sreeramulu a Raghunath [71] zjistili obsah polyfenolů v metanolovém extraktu z červené řepy 169,41 mg ekv. KG/100 g. Námi změřené nižší hodnoty můžou být zapříčiněny použitím vodných extraktů.

Wootton-Beard a kol. [72] zmiňují obsah polyfenolů ve šťávě z červené řepy, kde hodnota byla 1450 mg ekv. KG/ l šťávy, což odpovídá 145,0 mg ekv. KG/ 100 ml šťávy.

Shyamala a Jamuna [73] zjistili obsah polyfenolů v extraktech z červené řepy. V metanolem extraktu byl obsah polyfenolů nejvyšší - 220,00 mg ekv. taninu/100 g, v etanolovém extraktu byl obsah polyfenolů 90,00 mg ekv. taninu/100 g a nejnižší obsah polyfenolů byl zjištěn ve vodném extraktu – 67,50 mg ekv. taninu/100 g. Na zjištěný obsah polyfenolů má tedy vliv použité extrakční činidlo.

Tab. 21. Celkové polyfenoly v g sušiny červené řepy v průběhu skladování

Vzorek	mg ekv. KG/g sušiny					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	s
ČŘ-1	15,27	0,91	6,38	0,79	4,78	0,86
ČŘ-2	9,28	0,93	4,91	0,90	3,30	0,78
ČŘ-3	12,55	0,83	8,97	0,89	8,12	0,84
ČŘ-4	8,71	0,86	7,93	0,86	7,40	0,92
ČŘ-5	10,02	0,92	7,60	0,93	6,38	0,95
ČŘ-6	11,75	0,97	9,11	0,99	8,04	0,83
ČŘ-7	9,08	0,82	8,34	0,84	7,05	0,98
ČŘ-8	11,00	0,98	7,38	0,82	5,16	0,86
ČŘ-9	6,84	0,84	5,06	0,92	4,41	0,79

Obsah celkových polyfenolů v čerstvých vzorcích červené řepy se pohybuje od 6,84 do 15,27 mg ekv. KG/g sušiny. Nejnižší obsah polyfenolů byl zaznamenán u vzorku č. 9. Tento vzorek pochází z obchodní sítě Kaufland, s místem původu ČR. Nejvyšší obsah polyfenolů je u vzorku č. 1, který je z vlastní produkce v ČR z oblasti Hodonínsko, odrůda ‚Crosby Egyptian‘.

Po skladování 1 měsíc se hodnota celkových polyfenolů pohybuje od 4,91 do 9,11 mg ekv. KG/g sušiny. Průměrný úbytek celkových polyfenolů po skladování 1 měsíc je 28,50 %. Obsah celkových polyfenolů po skladování 2 měsíce je od 3,30 do 8,12 mg ekv. KG/g sušiny. Průměrný úbytek obsahu polyfenolů po 2 měsících je o 40,26 %.

Kujala a kol. [74] sledovali obsah celkových polyfenolů v různých částech bulvy: ve slupce, v nadzemní části bulvy a v podzemní části bulvy. Nejvyšší obsah polyfenolů zjistili ve slupce (15,5 mg ekv. KG/g sušiny), dále v nadzemní části bulvy (11,4 mg ekv. KG/g sušiny) a nejnižší obsah polyfenolů je v podzemní části bulvy (4,2 mg ekv. KG/g sušiny).

### 7.6.2 Stanovení celkového obsahu polyfenolů u vodnice

Hodnoty celkových polyfenolů ve vodnici v průběhu skladování jsou uvedeny v Tab. 22, a hodnoty přepočítané na g sušiny vodnice jsou uvedeny v Tab. 23.

Tab. 22. Hodnoty celkových polyfenolů ve vodnici v průběhu skladování

Vzorek	mg ekv. KG/100 g					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	s
V-1	10,68	0,87	9,85	0,85	6,87	0,89
V-2	9,80	0,82	3,94	0,81	3,72	0,87
V-3	8,58	0,86	8,04	0,82	6,13	0,92
V-4	8,78	0,92	7,46	0,87	2,15	0,91
V-5	7,79	0,90	6,33	0,93	4,90	0,85

Hodnota celkových polyfenolů se v čerstvé vodnici pohybuje od 16,70 do 31,46 mg ekv. KG/ 100 g vzorku. Nejnižší obsah polyfenolů je u vzorku č. 5, který byl zakoupen v obchodní síti Kaufland s místem původu ČR. Nejvyšší obsah polyfenolů byl zjištěn u vzorku č. 1, který pochází z vlastní produkce v ČR z oblasti Hodonínsko, odrůda ‚Tokyo‘.

Po skladování 1 měsíc se hodnota celkových polyfenolů pohybuje od 7,79 do 10,68 mg ekv. KG/100 g. Po jednoměsíčním skladování vodnice se hodnota celkových polyfenolů sníží v průměru o 21,53 %. Po skladování vodnice po dobu dvou měsíců se obsah polyfenolů pohybuje od 2,15 do 6,87 mg ekv. KG/100 g. Po dvouměsíčním skladování se obsah polyfenolů snížil průměrně o 47,78 %.

Kaur a kol. [70] zmiňují celkový obsah polyfenolů ve vodnici 127 mg ekv. katechinu/100g. Sengul a kol. [75] měřili obsah celkových polyfenolů v různých odrůdách vodnice, které byly pěstovány v Turecku. Jejich výsledky se pohybují v rozmezí od 16,59 do 70,22 mg ekv. KG/ 100 g, a tedy zjistili velkou variabilitu obsahu polyfenolů v závislosti na odrůdě.

Tab. 23. Celkové polyfenoly v g sušiny vodnice v průběhu skladování

Vzorek	mg ekv. KG/g sušiny					
	Čerstvé vzorky	s	Skladované 1 měsíc	s	Skladované 2 měsíce	s
V-1	4,44	0,89	1,95	0,99	1,82	0,84
V-2	5,57	0,83	5,35	0,87	4,81	0,98
V-3	3,77	0,96	2,86	0,89	2,54	0,81
V-4	6,54	0,94	3,77	0,87	3,27	0,90
V-5	3,72	0,84	3,24	0,93	2,45	0,88

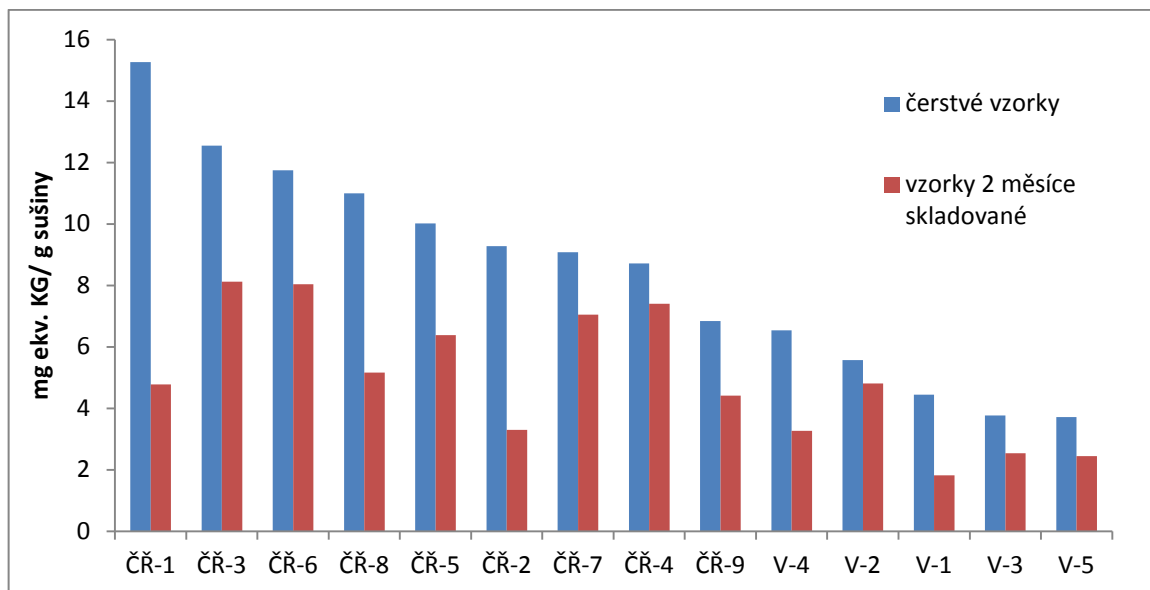
V čerstvé vodnici se hodnota celkových polyfenolů pohybuje v rozmezí 3,72 – 6,54 mg ekv. KG/g sušiny. Nejnižší obsah polyfenolů byl zjištěn u vzorku č. 5, který byl zakoupen v obchodní síti Kaufland s místem původu ČR. Nejvyšší obsah polyfenolů je u vzorku č. 4, který byl zakoupen v obchodní síti Billa se zemí původu Itálie.

Po skladování vodnice 1 měsíc se hodnota polyfenolů pohybuje od 1,95 – 5,35 mg ekv. KG/g sušiny. Po skladování vodnice 1 měsíc se snížil obsah polyfenolů průměrně o 27,89 %. Po skladování vodnice po 2 měsíce se obsah polyfenolů pohybuje od 1,82 do 4,81 mg ekv. KG/g sušiny. Průměrně se obsah polyfenolů snížil po skladování 2 měsíce o 37,88 %.

Aires a kol. [76] zkoumali různé druhy zeleniny z čeledi brukvovité a stanovovali obsah významných látek při různé době výsadby a pěstování: jaro-léto, léto-podzim. Obsah celkových polyfenolů v bulvách vodnice, které rostly na přelomu jaro-léto byl 7,3 – 8,8 mg ekv. KG/g, a na přelomu léto-podzim 10,5 – 11,8 mg ekv. KG/g, tedy pozdnější odrůdy obsahují více polyfenolů než odrůdy rané. V listech vodnice, které rostly na přelomu jaro-léto byl obsah polyfenolů 15,3 – 17,1 mg ekv. KG/g, a na přelomu léto-podzim 15,8 – 19,5 mg ekv. KG/g.

### 7.6.3 Porovnání celkového obsahu polyfenolů červené řepy a vodnice

Na Obr. 13 je uveden graf hodnot celkových polyfenolů v červené řepě a ve vodnici v čerstvých vzorcích a ve vzorcích 2 měsíce skladovaných. Ve vzorcích červené řepy byl naměřen vyšší obsah celkových polyfenolů než u vzorků vodnice.



Obr. 13. Obsah celkových polyfenolů ve vzorcích červené řepy a vodnice

## ZÁVĚR

Červená řepa je plodina, která je často využívána pro konzum a pro přípravu šťáv. Vodnice bývala na našem území často konzumována spíše v dřívějších dobách. V dnešní době je oblíbená a často využívaná ve Francii, Španělsku a v zemích Blízkého východu.

Červená řepa a vodnice vykazují antioxidační aktivitu. Hlavní podíl na antioxidační aktivitě u červené řepy mají betalainová barviva, dále jsou to polyfenolické látky. U vodnice mají hlavní podíl na antioxidační aktivitě obsah polyfenolů a vitamínu C. Na antioxidační aktivitě vodnice mohou mít také podíl degradační produkty glukosinolátů. Obsah glukosinolátů závisí na mnoha faktorech při pěstování a na pěstované odrůdě. Červená řepa je pro svoji antioxidační aktivitu hojně využívána ve formě šťáv proti stárnutí, depresi a má protinádorové účinky.

V praktické části byly měřeny následující analytické parametry: obsah sušiny, obsah refraktometrické sušiny, celkový obsah kyselin a obsah hrubé vlákniny. Dále byly měřeny hodnoty antioxidační aktivity a celkový obsah polyfenolů v čerstvých vzorcích a vzorcích 2 měsíce skladovaných.

Obsah sušiny v červené řepě se pohybuje od 7,59 do 15,37 % u čerstvých vzorků. V literárních zdrojích je uvedena průměrná hodnota 10,9 %, která spadá do rozmezí námi změřených hodnot. Obsah sušiny v čerstvých vzorcích vodnice je v rozmezí 4,90 – 5,15 %. V literatuře je uváděn průměrný obsah sušiny u vodnice 8,8 %. Obsah sušiny je ovlivňován odrůdou, klimatickými podmínkami při pěstování a dobou skladování.

Refraktometrická sušina byla změřena u vzorků červené řepy 7,43 – 13,17 °Brix. Obsah cukrů ve šťávě z červené řepy je závislý na způsobu přípravy šťávy, na stupni zralosti bulvy a na odrůdě. Ve vodnici nebyla refraktometrická sušina měřena vzhledem k charakteru vzorku.

Obsah celkových kyselin u červené řepy je v rozmezí 0,039 – 0,063 g/100 g vzorku vyjádřená jako kyselina šťavelová. U vodnice je obsah celkových kyselin podobný jako u červené řepy (0,050 – 0,069 g/100 g vzorku, jako kyselina jablečná).

Obsah hrubé vlákniny u vzorků červené řepy byl variabilnější (od 1,97 do 3,09 %) než u vzorků vodnice (2,49 – 2,75 %). V literatuře se uvádí vyšší obsah vlákniny ve vodnici

(2,5 %) oproti červené řepě (2,3 %). Obsah vlákniny závisí na několika faktorech, jako je např. typ odrůdy nebo pěstební podmínky.

Antioxidační aktivita byla výrazně vyšší u čerstvých vzorků červené řepy (7,56 – 15,90 mg ekv. KA/g sušiny) než u vzorků vodnice (1,62 – 2,32 mg ekv. KA/g sušiny). Nejvyšší hodnota antioxidační aktivity byla změřena u vzorku červené řepy č. 1, která byla vypěstována v ČR oblast Hodonínsko, odrůda ‚Crosby Egyptian‘. Po dvouměsíčním skladování vzorků červené řepy byla antioxidační aktivita snížena v průměru o 47,7 %. U vodnice bylo zaznamenáno podobné snížení antioxidační aktivity (52,7 %) jako u červené řepy. Na rozsah snížení antioxidační aktivity mají vliv podmínky skladování a doba skladování.

Vyšší obsah polyfenolickeých látek byl naměřen u čerstvých vzorků červené řepy (6,84 – 15,27 mg ekv. KG/g sušiny) než u čerstvých vzorků vodnice (3,72 – 6,54 mg ekv. KG/g sušiny). Po dvouměsíčním skladování se obsah polyfenolů v červené řepě snížil o 40,2 % a u vodnice o 37,8 %. Rychlost úbytku obsahu polyfenolů závisí na době a podmínkách skladování.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] PEKÁRKOVÁ, Eva. *Pěstujeme zeleninu*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000. ISBN 80-247-9040-8.
- [2] TRONÍČKOVÁ, Eva. *Zelenina*. 1. vyd. Praha: Artia, 1985. ISBN 59-314-82.
- [3] MAREČEK, František. *Zahradnický slovník naučný 5 R-Ž*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2001. ISBN 80-7271-075-3.
- [4] NOTTINGHAM, Stephen. *Beetroot*. Stevenage: DNA Books, 2004. Dostupné z: <http://www.stephennottingham.co.uk/beetroot.htm>
- [5] SKORŇAKOV, S., J. JENÍK a V. VĚTVIČKA. *Zelená kuchyně*. 1. vyd. Praha: Lidové nakladatelství, 1988. ISBN 26-058-88.
- [6] BIGGS, M., J. McVICAR a B. FLOWERDEW. *Velká kniha zeleniny, bylin a ovoce*. 1. vyd. Praha: Volvox Globator, 2004. ISBN 80-720-7537-3.
- [7] BRIGGSOVÁ, Margaret. *Červená řepa, mangold a špenát*. Praha: Fortuna Libri, 2009. 159 s. ISBN 978-80-7321-493-7.
- [8] PEKÁRKOVÁ, Eva. *Pěstujeme mrkev, ředkvičky, celer a další kořenové zeleniny*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-0744-6.
- [9] BODLÁK, Jiří. *Zdraví máme na talíři. Léčivé i škodlivé účinky potravin*. Praha: Granit, 2002. ISBN 80-7296-016-4.
- [10] Beetroot treatment. In: *The right of vegetables* [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: [http://vegetables.ntroi.info/beets/beetroot\\_beetroot\\_treatment.html](http://vegetables.ntroi.info/beets/beetroot_beetroot_treatment.html)
- [11] BRICKELL, Christopher. *Encyklopedie zahradničení*. Praha: Knižní klub, 2012. ISBN 978-80-242-3368-0.
- [12] KŘESADLOVÁ, Lenka a Stanislav VILÍM. *Zelenina z vlastní zahrady*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0261-0.
- [13] ŠROT, Radoslav. *Rady pěstitelům – zelenina*. 3. vyd. Praha: Aventinum, 2005. ISBN 80-7151-248-6.
- [14] POKLUDA, Robert. In: *Databáze zahradnických informací* [online]. [cit. 2013-11-08]. Dostupné z: <http://tilia.zf.mendelu.cz/ustavy/553/dzi/>
- [15] Seed Tape Beetroot in 3 Varieties – seed. In: *Spalding Plant and Bulb* [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.spaldingbulb.co.uk/product/seed-tape-beetroot-in-3-varieties/>



- [16] PRUGAR, Jaroslav a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [17] NINFALI, Paolino a Donato ANGELINO. Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* cicla and rubra. *Fitoterapia*. 2013, 89, 188-199.
- [18] HAIGH, Charlotte. *100 NEJ potravin pro imunitu*. Praha: Slovart, 2007. ISBN 978-80-7391-011-2.
- [19] KOPEC, Karel. *Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. ISBN 80-86153-64-9.
- [20] JIRATANAN, Thudnatkorn a Rui Hai LIU. Antioxidant Activity of Processed Table Beets (*beta vulgaris* var. *conditiva*) and Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004, 52, 2659-2670.
- [21] FREIDIG, Amy K. a Irwin L. GOLDMAN. Geosmin (2 $\beta$ ,6 $\alpha$ -Dimethylbicyclo[4.4.0]decan-1 $\beta$ -ol) Production Associated with *Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* Is Cultivar Specific. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014, 62, 2031-2036.
- [22] LU, G., CH. G. EDWARDS, J. K. FELLMAN, D. S. MATTINSON a J. NAVAZIO. Biosynthetic Origin of Geosmin in Red Beets (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003, 51, 1026-1029.
- [23] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin II*. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, ISBN 978-80-86659-16-9.
- [24] MROCZEK, A., I. KAPUSTA, B. JANDA, a W. JANISZOWSKA. Triterpene Saponin Content in the Roots of Red Beet (*Beta vulgaris* L.) Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012, 60, 12397-12402.
- [25] VULIĆ, J., J. ČANADANOVIĆ-BRUNET, G. ČETKOVIĆ, V. TUMBAS, S. DJILAS, D. ČETOJEVIĆ-SIMIN a V. ČANADANOVIĆ. Antioxidant and cell growth activities of beet root pomace extracts. *Journal of Functional Foods*. 2012, 4, 670-678.
- [26] RAVICHANDRAN, K., A. R. AHMED, D. KNORR a I. SMETANSKA. The effect of different processing methods on phenolic acid content antioxidant activity of red beet. *Food Research International*. 2012, 48, 16-20.
- [27] NIRMAL, K. S., Y. H. HUI, E. Ö. EVRANUZ, M. SIDDIQ a J. AHMED. *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*. John Wiley and Sons,

2010. ISBN 0470958448. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470958346>
- [28] NÁPRSTEK, Rudolf. E 162 – Betanin. In: *Emulgatory* [online]. [cit. 2013-11-08]. Dostupné z: <http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek/E162>
- [29] HEINERMAN, John. *Encyklopedie léčivých štáv*. Praha: Pragma, 2000. ISBN 80-7205-691-3.
- [30] HORSÁKOVÁ, M., J. STRÝČKOVÁ a K. TESLÍKOVÁ. *Pod pokličkou 4, aby tělo netrpělo*. 1. vyd. Praha: Česká televize, 2009. ISBN 9788074040245.
- [31] LU, X., Y. WANG a Z. ZHANG. Radioprotective activity of betalains from red beets in mice exposed to gamma irradiation. *European Journal of Pharmacology*. 2009, 615, 223-227.
- [32] KAPADIA, G. J., H. TOKUDA, T. KONOSHIMA a H. NISHINO. Chemoprevention of lung and skin cancer by *Beta vulgaris* (beet) root extract. *Cancer Letters*. 1996, 100, 211-214.
- [33] PÁTKAI, G., J. BARTA a I. VARSÁNYI. Decomposition of anticarcinogen factors of the beetroot during juice and nectar production. *Cancer Letters*. 1997, 114, 105-106.
- [34] Beetroot, Carrot and Apple Juice: Miracle Healthy Drink that Kills Cancer Cells. In: *Quick Home Remedies* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.quick-home-remedy.com/2013/06/beetroot-carrot-and-apple-juice-miracle.html>
- [35] CHEZ, Lucie. Boršč. In: *Chezlucie* [online]. 18. 10 2010. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.chezlucie.cz/2010/10/borsc.html>
- [36] SINSKAJA, Jevgenia Nikolajevna. N. *Historie geografie kulturní flóry*. Praha: Československá akademie věd, 1973, ISBN 509-21-872.
- [37] KOTT, Leon a Jiří MORAVEC. *Pěstování a použití méně známých zelenin*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. ISBN 07-035-89.
- [38] VOGL-LUKASSER, B., C. R. VOGL a H. REINER. The Turnip (*Brassica rapa L. subsp. rapa*) in Eastern Tyrol (Lienz district; Austria). *A Journal of Plants, People, and Applied Research*. 2007, 5, 305-318.

- [39] WHITNEY, Paulette. Provenance growers. In: *Provenance Growers* [online]. 24. 11. 2011. [cit. 2014-03-24]. Dostupný z: [http://provenancegrowers.blogspot.cz/2011\\_11\\_01\\_archive.html](http://provenancegrowers.blogspot.cz/2011_11_01_archive.html)
- [40] FERNANDES, F., P. VALENTAÕ, C. SOUSA, J. A. PEREIRA, R. M. SEABRA a P. B. ANDRADE. Chemical and antioxidative assessment of dietary turnip (*Brassica rapa var. rapa L.*). *Food Chemistry*. 2007, 105, 1003-1010.
- [41] National Nutrient Database for Standard Reference. In: *Agricultural Research Service - United States Department of Agriculture* [online]. [cit. 2014-03-08]. Dostupný z: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
- [42] BAENAS, N., D. A. MORENO a C. GARCÍA-VIGUERA. Selecting Sprouts of Brassicaceae for Optimum Phytochemical Composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012, 60, 11409-11420.
- [43] GILBERT, John a Hamide Z. SENYUVA. *Bioactive compounds in foods*. Oxford: Blackwell Publishing, 2008. ISBN 978-1-4051-5875-6.
- [44] CISKA, E., B. MARTYNIK-PRZYBYSZEWSKA a H. KOZLOWSKA. Content of Glucosinolates in Cruciferous Vegetables Grown Same Site for Two Years under Different Climatic Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000, 48, 2862-2867.
- [45] ZHANG, H., I. SCHONHOF, A. KRUMBEIN, B. GUTEZEIT, L. LI, H. STÜTZEL a M. SCHREINER. Water supply and growing season influence glucosinolate concentration and composition on turnip root (*Brassica rapa ssp. rapifera L.*). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2008, 171, 255-265.
- [46] M. KHALID, S., A. SHAHEENA, A. IJAZ, ALIM-UN-NISA, A. SAKHAWAT, Z. ANJUM a A. SHAUKAT. Nutritional Facts and Free Radical Scavenging Activity of Turnip (*Brassica rapa*) From Pakistan. *World Applied Sciences Journal*. 2012, 19, 370-375.
- [47] IQBAL, S., U. YOUNAS, K. W. CHAN, Z. SAEED, M. A. SHAHEEN, N. AKHTAR a A. MAJEED. Growth and antioxidant response of *Brassica rapa var. rapa L.* (turnip), irrigated with different compositions of paper and board mill (PBM) effluent. *Chemosphere*. 2013, 91, 1196-1202.

- [48] PADILLA, G., M. E. CARTEA, P. VELASCO, A. de HARO a A. ORDÁS. Variation of glukosinolates in vegetable crops of *Brassica rapa*. *Phytochemistry*. 2007, 48, 536-545.
- [49] MITHEN, Richard F.. Glukosinolates and their degradation products. *Advances in Botanical Research*. 2001, 35, 213-262.
- [50] FRANCISCO, M., P. VELASCO, D. A. MORENO, C. GARCÍA-VIGUERA a M. E. CARTEA. Cooking methods of *Brassica rapa* affect the preservation of glukosinolates, phenolics and vitamin C. *Food Research International*. 2010, 43, 1455-1463.
- [51] MONDRAGÓN-PORTOCARRERO, A., B. PENA-MARTINÉZ, E. FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, A. ROMERO-RPDRÍGUEZ a I. VÁZQUEZ-ODERIZ. Effects of different pre-freezing blanching procedures on the physiochemical properties of *Brassica rapa* leaves (Turnip Greens, Grelos). *International Journal of Food Science and Technolog*. 2006, 41, 1067-1072.
- [52] INGRAM, Christine. *Všechno o jídle*. Praha: Fortuna print, 2006. ISBN 80- 7321-251-X.
- [53] HAYESOVÁ, Virginia. *Labužníková zahrada*. Bratislava: Perfekt, 2009. ISBN 978-80-8046-450-9.
- [54] STEINBACH, Gunter. *Lexikon užitkových rostlin*. Praha: Knižní klub, 1997. ISBN 80-7176-432-9.
- [55] Shabdeg. In: *Cuisine of Karachi* [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://miansari66.blogspot.cz/2012/12/shabdegshab-daig.html>
- [56] Tarte tatin aux navets confits. In: *Cooking-nadoo* [online]. 24. 2. 2012. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.cooking-nadoo.fr/tartes-salees/tarte-tatin-aux-navets-confits/>
- [57] KOPLÍK, Richard. Přednášky z předmětu analýza potravin a přírodních produktů. In: web.VŠCHT [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://web.vscht.cz/~koplikr/Voda.pdf>
- [58] WROLSTAD, R., T. E. ACREE a E. A. DECKER. *Handbook of Food Analytical Chemistry*. New Jersey: Wiley, 2005. ISBN 9780471663782.
- [59] VONDRÁK, Dalibor a Jaroslav VULTERIN. *Analytická chemie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985. ISBN 04-619-85.

- [60] ZÝKA, Jaroslav. *Analytická příručka*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966. ISBN 04-602-66.
- [61] KOPLÍK, Richard. Přednášky z předmětu analýza potravin v kontrolní praxi. In: *web.VŠCHT* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: [http://web.vscht.cz/~koplikr/4\\_Ovoce\\_a\\_zelenina.pdf](http://web.vscht.cz/~koplikr/4_Ovoce_a_zelenina.pdf)
- [62] KOVÁČIKOVÁ, E., A. VOJTAŠŠÁKOVÁ, J. MOSNÁČKOVÁ, J. PASTOROVÁ, K. HOLČÍKOVÁ, E. SIMONOVÁ a M. KOŠICKÁ. Vlákna v potravinách. In: *Výskumný ústav potravinářský* [online]. [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://www.vup.sk/index.php?mainID=1&navID=43>.
- [63] BACH KNUDSEN, K. E. The nutrition significance of “dietary fibre” analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 2001, 90, 3-20.
- [64] PAULOVÁ, H., H. BOCHOŘÁKOVÁ a E. TÁBORSKÁ. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek *in vitro*. *Chemické Listy*. 2004, 98, 174-179.
- [65] HOLASOVÁ, Marie a Vlasta FIEDLEROVÁ. Porovnání metod stanovení antioxidační aktivity v ovocných a zeleninových šťávách. *Chemické Listy*. 2011, 105, 766-772.
- [66] FIDLER, Martin a Lenka KOLÁŘOVÁ. Analýza antioxidantů v chmelu a pivu. *Chemické Listy*. 2009, 103, 232-235.
- [67] LOCATELLI, M., F. GINDRO, F. TRAVAGLIA, J. D. COÏSSON, M. RINALDI a M. ARLORIO. Study of the DPPH-scavenging activity: Development of free software for the correct interpretation of data. *Food Chemistry*. 2009, 114, 889-897.
- [68] DAI, Jin a Russel J. MUMPER. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*. 2010, 15, 7313-7352.
- [69] PÉREZ, Elevína a Liz PÉREZ. Effect of the addition of casava flour and beetroot juice on the quality of fettuccine. *African Journal of Food Science*. 2009, 3, 352-360.
- [70] KAUR, Charanjit a Harris C. KAPOOR. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*. 2002, 37, 153-161.

- [71] SREERAMULU, D. a M. RAGHUNATH. Antioxidant activity and phenolic content of roots tubers and vegetables commonly consumed in India. *Food Research International*. 2010, 43, 1017-1020.
- [72] WOOTTON-BEARD, Peter C. a Lisa RYAN. A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. *Journal of Functional Foods*. 2011, 3, 329-334.
- [73] SHYAMALA, BN. a P. JAMUNA. Nutritional Content and Antioxidant Properties of Pulp Waste *Daucus carota* and *Beta vulgaris*. *Malays Journal of Nutrition*. 2010, 16, 397-408.
- [74] KUJALA, T. S., J. M. LOPONEN, K. D. KLIKA a K. PIHLAJA. Phenolics and Betacyanins in Red Beetroot (*Beta vulgaris*) Root: Distribution and Effect of Cold Storage on the Content of Total Phenolics and Three Individual Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000, 48, 5338-5342.
- [75] SENGUL, M., H. YILDIZ, S. ERCISLI, E. YILDIRIM, M. TURAN, O. OZDEMIR a D. SENER. Some Phytochemical Characteristics of Turnip (*Brassica rapa var. rapa L.*) roots. *Italian Journal of Food Science*. 2011, 23, 338-343.
- [76] AIRES, A., C. FERNANDES, R. CARVALHO, R. N. BENNETT, M. J. SAAVEDRA a E. A. ROSA. Seasonal Effects on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Six Economically Important *Brassica* Vegetables. *Molecules*. 2011, 16, 6816-6832.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

NIR	Blízká infračervená oblast.
NMR	Nukleární magnetická rezonance.
DPPH	Difenylpikrylhydrazyl.
TEAC	Trolox equivalent antioxidant capacity.
ORAC	Oxygen radiál absorbance capacity
PCL	Fotochemiluminiscence
FRAP	Ferric reducing antioxidant power
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
ECD	Detektor elektronového záchytu
ABTS	2,2-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazolin-6-sulfonát)
AAPH	2,2-azobis(2-aminidinopropan)dichlorid
UV-VIS	Ultraviolet-visible
FC	Folin-Ciocalteuovo činidlo
CK	Celkový obsah kyselin
HV	Hrubá vláknina
KA	Kyselina askorbová
KG	Kyselina gallová

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Popis červené řepy .....</i>	13
<i>Obr. 2. Klubičko se semeny červené řepy .....</i>	14
<i>Obr. 3. Odrůdy červené řepy .....</i>	17
<i>Obr. 4. Struktura oleanolové kyseliny a hederageninu .....</i>	19
<i>Obr. 5. Základní struktura betalainů .....</i>	21
<i>Obr. 6. Využití červené řepy .....</i>	24
<i>Obr. 7. Odrůdy vodnice .....</i>	28
<i>Obr. 8. Obecná struktura glukosinolátů .....</i>	30
<i>Obr. 9. Pokrmy z vodnice .....</i>	33
<i>Obr. 10. Graf závislosti inaktivace na koncentraci KA .....</i>	57
<i>Obr. 11. Antioxidační aktivita u vzorků červené řepy a vodnice .....</i>	63
<i>Obr. 12. Kalibrační křivka závislosti absorbance na koncentraci KG .....</i>	64
<i>Obr. 13. Obsah celkových polyfenolů ve vzorcích červené řepy a vodnice .....</i>	69



**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Složení syrové bulvy červené řepy</i> .....	18
<i>Tab. 2. Složení syrové bulvy vodnice</i> .....	29
<i>Tab. 3. Charakteristika vzorků červené řepy</i> .....	42
<i>Tab. 4. Charakteristika vzorků vodnice</i> .....	43
<i>Tab. 5. Obsah sušiny v bulvách červené řepy</i> .....	51
<i>Tab. 6. Obsah sušiny ve vodnici</i> .....	52
<i>Tab. 7. Výsledky měření refraktometrické sušiny</i> .....	53
<i>Tab. 8. Výsledky měření titrační kyselosti u červené řepy</i> .....	54
<i>Tab. 9. Výsledky měření titrační kyselosti u vodnice</i> .....	54
<i>Tab. 10. Výsledky stanovení hrubé vlákniny u červené řepy</i> .....	55
<i>Tab. 11. Výsledky stanovení hrubé vlákniny u vodnice</i> .....	56
<i>Tab. 12. Hodnoty koncentrace KA a inaktivace</i> .....	57
<i>Tab. 13. Hodnoty inaktivace vzorků červené řepy</i> .....	58
<i>Tab. 14. Obsah mg ekv. KA ve 100 g vzorku červené řepy v průběhu skladování</i> .....	59
<i>Tab. 15. Obsah mg ekv. KA/ g sušiny červené řepy v průběhu skladování</i> .....	60
<i>Tab. 16. Hodnoty inaktivace u vzorků vodnice</i> .....	61
<i>Tab. 17. Obsah mg ekv. KA ve 100 g vzorku vodnice v průběhu skladování</i> .....	61
<i>Tab. 18. Obsah mg ekv. KA v 1 g sušiny vodnice v průběhu skladování</i> .....	62
<i>Tab. 19. Hodnoty koncentrace KG a absorpance</i> .....	64
<i>Tab. 20. Celkové polyfenoly ve 100 g vzorku červené řepy v průběhu skladování</i> .....	65
<i>Tab. 21. Celkové polyfenoly v g sušiny červené řepy v průběhu skladování</i> .....	66
<i>Tab. 22. Hodnoty celkových polyfenolů ve vodnici v průběhu skladování</i> .....	67
<i>Tab. 23. Celkové polyfenoly v g sušiny vodnice v průběhu skladování</i> .....	68