

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: Zemědělství  
Katedra: Genetiky a speciální produkce rostlinné  
Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hodnocení vlivu odrůdy na obsah betalainových barviv v bulvách  
salátové řepy

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Anežka Auerová

České Budějovice, 2020

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

## Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Anežka AUEROVÁ**  
Osobní číslo: **Z17550**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělství – Zpracování produktů**  
Téma práce: **Hodnocení vlivu odrůdy na obsah betalainových barviv v bulvách salátové řepy**  
Zadávací katedra: **Katedra genetiky a speciální produkce rostlinné**

#### Zásady pro vypracování

Salátová řepa je kořenovou zeleninou s významnými nutričními a zdravotními přínosy. Její bulva obsahuje 80 – 85 % vody, v sušině pak hlavně sacharidy (zejména sacharosu), vlákninu, dusíkaté látky a popeloviny. Kromě uvedených látek mají obrovský význam vodorozpustná betalainová barviva, která výrazně přispívají k celkové antioxidační aktivitě salátové řepy. Kromě antioxidačního efektu, byly popsány i další přínosy těchto barviv, např. antimikrobiální a antikarcinogenní působení. Většina pěstovaných odrůd salátové řepy disponuje různými odstíny červené až fialové barvy, k dispozici jsou však také odrůdy se žlutou barvou či červeno-bílým zbarvením dužniny kořene. Lze proto předpokládat různých obsah a poměr betalainových barviv u odrůd s odlišnou barvou kořene a tím i různě vysokou antioxidační aktivitu mezi odrůdami. Cílem bakalářské práce (BP) je zhodnotit obsah betalainových barviv a antioxidační aktivitu u vybraných odrůd salátové řepy.

Pro tento účel budou napěstovány rostliny několika 5 – 6 vybraných odrůd salátové řepy s rozdílných tvarem bulvy a barvy její dužniny. Po ruční sklizni budev, budou vytvořeny odrůdové vzorky. Jednotlivé bulvy budou omyty, osušeny a zváženy pro stanovení průměrné hmotnosti. Následně budou bulvy v rámci každého vzorku naplátkovány a vysušeny lyofilizací pro stanovení sušiny a přípravu materiálu pro analýzy. Z lyofilizovaného materiálu jednotlivých odrůd budou vyextrahovány betalainy a posléze bude spektrofotometricky stanoven jejich obsah (zvláště červeno-fialových betacyanů a zvláště žlutooranžových betaxanthinů). Stanoven bude také celkový obsah polyfenolů a celková antioxidační aktivita. Získaná data budou statisticky vyhodnocena a následně budou zpracována do tabulek či grafů.

BP bude členěna obvyklým způsobem na jednotlivé části: úvod, literární přehled, cíl práce, materiál a metody, výsledky, diskuzi, závěr a seznam literárních a ostatních pramenů.

BP bude zpracována podle platného opatření děkana pro vypracování bakalářských a diplomových prací (Opatření děkana ZF JU č. 4/2014, viz web ZFJU).

Rozsah pracovní zprávy: 30 – 35 stran  
Rozsah grafických prací: 5 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

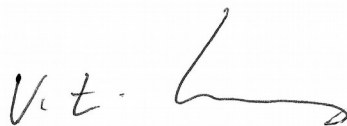
Seznam doporučené literatury:

Sawicki T., Bączek N., Wiczkowski W. (2016): Betalain profile, content and antioxidant capacity of red beetroot dependent on the genotype and root part. *Journal of Functional Foods* 27: 249 – 261. Bucur L., Taralungă G., Schroder V. (2016): The betalains content and antioxidant capacity of red beet (*Beta vulgaris* L. subs. *vulgaris*) root. *Farmacia* 64: 198 – 201. Kumar S., Su-Ling Brooks M. (2018): Use of red beet (*Beta vulgaris* L.) for antimicrobial applications – a critical review. *Food and Bioprocess Technology*: 11: 17 – 42. Odborné časopisy: *Úroda*, *Agromanuál*, on-line databáze: *Web of Science*, *Scopus* aj.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.  
Katedra genetiky a speciální produkce rostlinné

Datum zadání bakalářské práce: 25. února 2019  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2020

V Českých Budějovicích dne 25. února 2019



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
školní oddělení  
Studentůvák 1688, 370 05 Česká Budějovice

L.S.



prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.  
vedoucí katedry

## Prohlášení

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

Datum

.....

podpis studenta

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat panu doc. Ing. Janu Bártovi, Ph.D. za cenné rady a celkový přístup v průběhu zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Markétě Jarošové, která mi v průběhu vypracování pomáhala s danou problematikou jak cennými radami, tak mi věnovala čas, čehož si opravdu vážím.

## **Abstrakt**

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit obsah betalainových barviv a zanalyzovat antioxidační aktivitu u vybraných odrůd salátové řepy. Práce je členěna do několika kapitol. V první části je nastíněna historie pěstování, jednotlivé odrůdy a jejich základní vlastnosti. Dále jsou uvedeny informace o antioxidační aktivitě a barvivech, která se v salátové řepě vyskytují.

V druhé části je provedena samotná analýza betalainových barviv a zhodnocena antioxidační aktivita. Díky tomu se dospělo k závěru, že salátové řepy s červeno-fialovým zbarvením dužniny jsou bohatší na antioxidační látky. A proto jsou také zdraví prospěšnější.

### **Klíčová slova**

betalainová barviva, antioxidační aktivita, řepa, obsah celkových polyfenolů

## **Abstract**

The thesis si lead to evaluate volume of betalain dyes and analyze antioxidant activity in selected species of beetroot. The thesis is sorted to several chapters . The first chapter discusses about history, individual species of beetroot and general properties. There are information about antioxidant activity and dyes, which is occure in beetroot in the next.

The second part of the thesis is focused on analyze the betalain dyes and evaluate antioxidant activity. It leads to resume, that beetroots with red-violet color are more rich about antioxidant substances. It is more healthier than others.

### **Key words**

betalains dyes, antioxidation activity, beetroot, content of total polyphenols

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| Prohlášení.....   | 4  |
| Poděkování.....   | 5  |
| Abstrakt.....   | 6  |
| Obsah.....  | 7  |
| Seznam zkratk.....  | 9  |
| Seznam obrázků.....   | 10 |
| 1. ÚVOD.....  | 11 |
| 2. CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....  | 12 |
| 3. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....   | 13 |
| 3.1 Botanická charakteristika.....                                      | 13 |
| 3.1.1 Pěstování.....  | 15 |
| 3.1.2 Vliv na zdraví.....   | 17 |
| 3.2 Antioxidanty.....   | 20 |
| 3.3 Antioxidační aktivita.....  | 22 |
| 3.3.1 Metody založené na eliminaci radikálů.....                        | 22 |
| 3.3.1.1 TEAC.....   | 22 |
| 3.3.1.2 ORAC.....   | 23 |
| 3.3.2 Metody založené na hodnocení redoxních vlastností látek.....      | 24 |
| 3.3.2.1 FRAP.....   | 24 |
| 3.4 Betalainová barviva.....  | 26 |
| 3.4.1 Betakyany.....  | 27 |
| 3.4.2 Betaxanthiny.....   | 27 |
| 3.5 Polyfenoly.....   | 29 |
| 3.6 Stanovení barviv.....   | 30 |
| 3.6.1 Extrakce.....   | 30 |
| 3.6.2 Chromatografické metody.....                                      | 31 |
| 3.6.2.1 TLC.....  | 31 |
| 3.6.2.2 HPLC.....   | 32 |
| 3.6.3 Spektrofotometrické metody.....                                   | 32 |
| 4. MATERIÁL A METODY.....   | 34 |
| 4.1 Popis vybraných odrůd salátové řepy a kontrolních genotypů řep..... | 34 |
| 4.1.1 Odrůda Betina.....  | 35 |
| 4.1.2 Odrůda Červená kulatá.....  | 36 |
| 4.1.3 Odrůda Renova.....  | 37 |
| 4.1.4 Odrůda Boldor F1.....   | 38 |
| 4.1.5 Odrůda Picobella.....   | 39 |
| 4.1.6 Odrůda Kostelecká Barres.....                                     | 40 |
| 4.2 Příprava materiálu.....   | 41 |
| 4.3 Laboratorní metody.....   | 42 |
| 4.3.1 Stanovení barviv (betaxanthiny a betakyany) u řepy.....           | 42 |
| 4.3.2 Stanovení antioxidační aktivity.....                              | 42 |
| 4.3.3 Stanovení obsahu celkových polyfenolů.....                        | 43 |
| 5. VÝSLEDKY.....  | 45 |
| 5.1 Obsah sušiny.....   | 45 |
| 5.2 Obsah celkových polyfenolů.....                                     | 46 |
| 5.3 Obsah betakyanů.....  | 47 |
| 5.4 Obsah betaxanthinů.....   | 48 |

|  |    |
|--|----|
| 5.5 Obsah betalainů.....                       | 49 |
| 5.6 Antioxidační aktivita.....                 | 50 |
| 6. DISKUZE.....                                | 51 |
| 6.1 Stanovení barviv.....                      | 51 |
| 6.2 Stanovení antioxidační aktivity.....       | 51 |
| 6.3 Stanovení celkového obsahu polyfenolů..... | 52 |
| 7. ZÁVĚR.....                                  | 54 |
| 8. POUŽITÁ LITERATURA.....                     | 56 |



## Seznam zkratek

- LDL – low density lipoprotein
- DNA – deoxyribonukleová kyselina
- TAA – celková antioxidační aktivita
- TEAC – metoda porovnávací aktivitu činidla se zkoumaným vzorkem
- FRAP – metoda zkoumající schopnost inaktivovat volné radikály
- ORAC – metoda zkoumající schopnost pohlcovat kyslíkové radikály
- C-18 – chromatografická adsorpční metoda
- TLC – metoda chromatografie na tenké vrstvě, z anglického „Thin-layer Chromatography“
- HPLC – vysokoúčinná kapalinová chromatografie, z anglického „High-performance Liquid Chromatography“
- BHT – butyl-hydroxytoluen
- BHA – butylhydroxyanisol
- AAE – ekvivalent kyseliny askorbové
- GAE – ekvivalent kyseliny gallové

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Schopnost eliminace volných radikálů potravinami pomocí metody ORAC.....                    | 24 |
| Základní struktura betalainových barviv.....  | 27 |
| Řez bulvou odrůdy Betina.....   | 35 |
| Odrůda Betina – bulva.....  | 35 |
| Odrůda Červená kulatá - bulva.....  | 36 |
| Řez bulvou odrůdy Červená kulatá.....   | 36 |
| Odrůda Renova – bulva.....  | 37 |
| Řez bulvou odrůdy Renova.....   | 37 |
| Odrůda Boldor F1 - bulva.....   | 38 |
| Řez bulvou odrůdy Boldor F1.....  | 38 |
| Odrůda Picobella - bulva.....   | 39 |
| Řez bulvou odrůdy Picobella.....  | 39 |
| Odrůda Kostecká Barres - bulva.....   | 40 |
| Řez bulvou odrůdy Kostecká Barres.....  | 40 |
| Obsah sušiny (% čerstvé hmoty) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.....               | 45 |
| Obsah celkových polyfenolů (mg GAE/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy..... | 46 |
| Obsah betakyanů (mg/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.....                | 47 |
| Obsah betaxanthinů (mg/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.....             | 48 |
| Obsah betalainů (mg/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.....                | 49 |
| Antioxidační aktivita (mg AAE/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.....      | 50 |

## 1. ÚVOD

V dnešní době je téma zdravého životního stylu vyzdvihováno a silně prosazováno mnoha společnostmi. Ve velké míře přispívá k celkovému fyzickému i psychickému stavu člověka a má pozitivní dopad na jeho životní kondici.

V pojmu zdravý životní styl je zahrnuto více faktorů, jako kvalitní a vyvážená strava, pohyb, tělesná hmotnost a jiné. Především vyvážená strava bohatá na mikroživiny a vitaminy přispívá ke správné funkci lidského těla. Mimo běžných makroživin můžeme potraviny posuzovat podle množství antioxidantů, které pozitivně působí na naši celkovou kondici. Díky antioxidantům se tělo dokáže lépe vyrovnávat s oxidací makromolekulárních látek, jako jsou sacharidy, tuky či bílkoviny, a zabraňovat tak vzniku účinků volných radikálů, které mají za následek stárnutí organismu a vznik mnohých civilizačních chorob.

Antioxidační látky nalezneme hojně jak v různých druzích ovoce a zeleniny, tak právě v jednotlivých odrůdách salátové řepy. V závislosti na jednotlivých odrůdách, například podle odstínu kořene či genotypu, lze předpokládat zvýšenou či sníženou tvorbu těchto barviv a s tím spojenou antioxidační aktivitu.

## 2. CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo:

- Zhodnotit obsah betalainových barviv u vybraných odrůd salátové řepy.
- Zhodnotit antioxidační aktivitu u vybraných odrůd salátové řepy.
- Získaná data statisticky vyhodnotit a zpracovat do tabulek či grafů.

### 3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

#### 3.1 Botanická charakteristika

Řepa salátová (*Beta vulgaris L. ssp. vulgaris var. conditiva Alef.*) je jednoletá, či vytrvalá rostlina nacházející se a pěstovaná především v oblastech mírného podnebného pásu. Historicky je známá již ze starověkého Říma, kde se pěstovala a byla používána k léčebným účelům. Mimo to se pěstovala také k přímé konzumaci jak člověkem, tak ke zkrmení domestikovanou zvěří. Červená řepa není náročná na pěstování, nejvíce se jí daří v mírně zásadité půdě s dostatkem živin a přísunem vláhy. Při výsevu je vhodné mít hnojivo v půdě nejlépe rok uležené. To platí pro chlěvský hnůj. Minerální hnojiva mají tu výhodu, že jejich vstřebatelnost do půdy je lepší a tím pádem rychlejší. Pro průmyslové pěstování salátové řepy je tak vhodnější používat minerální hnojiva (Narasimha, 2019).

Jedná se o kořenovou zeleninu, ze které se ke konzumaci využívá její podzemní část. Vzhled řepy salátové se liší podle odrůdy. Listy mohou být velké, střídavé či nedělené. Květy se vyznačují buď monokliničností<sup>1</sup>, nebo mohou být jednotlivé v klubíčkách, která obsahují 3-4 semena a srůstají v útvar nepravých plodů. Okvětí bývá zpravidla bledé, žlutozelené a na bázi srostlé v češuli (Hejný; Slavík, 2003, Bellmann a kol., 2016).

Salátová řepa má jak pozitivní, tak může mít i negativní účinky. Tato kořenová zelenina sice obsahuje betalainová barviva a flavonoidy, které působí antioxidačně především vůči oxidačnímu stresu, ale na druhou stranu obsahuje velké množství dusičnanů, které se v organismu za určitých podmínek mění na karcinogenní nitrosaminy, a to je nežádoucí. Výhodou však je, že v omezeném množství se dusičnany obsažené v salátové řepě při konzumaci mění na oxid dusnatý, který působí jako prevence srdečně-cévních onemocnění. Ten totiž rozšiřuje cévy a umožňuje lepší prokrvení a odvod

---

1 monoklinické květy neboli oboupohlavné jsou takové květy, které obsahují jak tyčinky, tak pestíky

toxinů z těla. Konzumace řepy je proto vhodná především pro sportovce, díky čemuž se v omezené míře zvyšuje výkonnost (Dostálová, 2019).

Co se obsahu makroživin týká, obsahuje řepa v průměru 0,2g tuků, 7,2g sacharidů, 1,3g bílkovin, 0,1g soli a 1,7g vlákniny. Z mikroživin můžeme vyzdvihnout například provitamin A (beta-karoten), ostatní vitaminy rozpustné v tucích jsou na zanedbatelné úrovni (Dostálová, 2019). Přesto je významným zdrojem kyseliny listové, vitamínu B6 a díky obsahu draslíku pozitivně ovlivňuje svalovou aktivitu. Obsah betalainových barviv se pohybuje v průměru kolem 0,8 – 1,3g / litr extraktu (Wruss, 2015).

Cukrová řepa obsahuje až dvakrát více sacharózy, proto se používá jako surovina pro cukrovarnický průmysl, k výrobě bílého cukru (krystalické sacharózy). Řepa salátová se využívá spíše v gastronomii pro lidskou výživu. Dříve se z červené řepy používaly ke konzumaci především listy, které obsahují mnohem více vitamínu C než samotná bulva. Naopak ta obsahuje v porovnání s listy více vlákniny. Dnes je využití červené řepy v gastronomickém odvětví velice žádáno, jelikož ji lze připravovat na vícero způsobů. Z neznámějších pokrmů to může být například boršč, carpaccio z červené řepy nebo jako příloha (Wruss, 2015).

Co se týče vlivu na zdraví, lze ji zařadit do jídelníčku osob, které trpí chorobami žlučníku, jater či se potýkají se sníženou koncentrací hemoglobinu v krvi, takzvanou anémií. (Eva Pekárková, 1992) O vlivu na zdraví je pojednáváno více v podkapitole 3.1.2 Vliv na zdraví.

Obsah všech vitaminů, minerálních látek a výživových hodnot salátové řepy je vypsán v tabulce 1.

*Tabulka 1: Výživové hodnoty salátové řepy (USDA SR-28)*

| <b>Výživové hodnoty</b> | <b>Množství</b> |  | <b>Výživové hodnoty</b> | <b>Množství</b> |
|-------------------------|-----------------|--|-------------------------|-----------------|
| Kalorie                 | 43              |  | Voda                    | 87,6%           |
| Bílkoviny               | 1,6g            |  | Sacharidy               | 9,8g            |
| Cukry                   | 6,8g            |  | Vláknina                | 2,8g            |

|                          |          |  |                          |          |
|--------------------------|----------|--|--------------------------|----------|
| Tuky                     | 0,2g     |  | Nasyčené mastné kyseliny | 0,03g    |
| Mononenasycené mas. kys. | 0,03g    |  | Polynenasycené mas. kys. | 0,06g    |
| Omega-3                  | 0,01g    |  | Omega-6                  | 0,06g    |
|                          |          |  |                          |          |
| <b>Vitaminy</b>          | Množství |  | <b>Vitaminy</b>          | Množství |
| A (retinol)              | 33 IU    |  | B1 (thiamine)            | 0,03mg   |
| B2 (riboflavin)          | 0,04mg   |  | B3 (niacin)              | 0,3mg    |
| B5 (kys. pantothenová)   | 0,2mg    |  | B6 (pyridoxin)           | 0,1mg    |
| B8 (cholin)              | 6mg      |  | B9 (kyselina listová)    | 109μg    |
| C (kyselina askorbová)   | 4,9mg    |  | E ( tokoferol)           | 0,04mg   |
| K (fytochinon)           | 0,2μg    |  |                          |          |
|                          |          |  |                          |          |
| <b>Minerály</b>          | Množství |  | <b>Minerály</b>          | Množství |
| Draslík                  | 325mg    |  | Fosfor                   | 40mg     |
| Hořčík                   | 23mg     |  | Mangan                   | 0,3mg    |
| Měď                      | 0,1mg    |  | Selen                    | 0,7μg    |
| Sodík                    | 78mg     |  | Vápník                   | 16mg     |
| Zinek                    | 0,4mg    |  | Železo                   | 0,8mg    |

### 3.1.1 Pěstování

Salátová řepa je rostlina dvouletá, která se pěstuje zpravidla jako rostlina jednoletá. To z toho důvodu, že po vysetí dochází v prvním roce k růstu především podzemní části a listové růžice. Samotná bulva je používána například v gastronomii, pro konzervárny, zelárny, mrazírny, sušárny a jiné. Tedy pro lidskou spotřebu. Podíl salátové řepy na trhu tvořil v roce 2019 10% z celkové struktury prodeje a odbytu čerstvé zeleniny od profesionálních pěstitelů v ČR (Buchtová, 2019).

V druhém roce, když už jsou bulvy narostlé, vznikají květy a semena. Ty rostliny, které se používají na vysemenění, se označují jako řepy

semenačky. Jejich pěstování se nedoporučuje dvě a více období po sobě, jelikož řepa je sama sobě nesnášenlivá. Na stejné místo se doporučuje vysévat řepu nejdříve po čtyřech letech. Důležité je také brát v potaz plevelné rostliny, které se mohou vyskytovat v dané lokalitě na pozemku. Například taková vojtěška je nepříznivá vůči červené řepě, a proto se ji nedoporučuje pěstovat ihned po sobě (Bartoš a kol., 2000, Urban, 2006).

Výsev se provádí do hloubky 2,5 – 4 cm při teplotě půdy 5 – 6°C. Období, které odpovídá těmto tepelným podmínkám, bývá na jaře kolem měsíce dubna. Proto je vhodné vysévat na přelomu zimy a jara.

Výhodným prostředím je dobře prohnojená půda. Při využití chlévského hnoje je potřeba užít alespoň rok uležení chlévský hnůj. Orba probíhá na podzim, v množství 35-45t.ha-1 chlévského hnoje, případně kejdou o objemu 60 – 80 m<sup>3</sup>.ha-1. S tím souvisí i pH půdy, které by mělo být ideálně mezi 6.5 – 7.5. Pokud by byla hodnota pH nižší, tedy půda je kyselejší, je potřeba tuto hodnotu zvýšit vápněním (Šroller, 1993, Brickell a kol., 1999). Doporučené druhy hnojiva a jejich množství se vzájemně liší. V případě hnojení dusíkatými hnojivy se hnojí na jaře před setím. Doporučené množství je 80 – 100kg dusíkatého hnojiva na 1 ha plochy. Záleží samozřejmě také na procentuelním obsahu dusíku v těchto hnojivech, jehož obsah se pohybuje v rozmezí 16-46 %. Podle toho se upravuje množství těchto hnojiv použité na jednotku hnojené plochy. Užití draselných a fosforečných hnojiv se řídí množstvím obsahu draslíku a fosforu v půdě. Fosforečnými a draselnými hnojivy se hnojí zásadně na podzim (Šroller, 1993).

Odrůdy, které jsou odolné vůči takzvanému vybíhání, tedy tendenci rostliny růst především do nadzemní části a vytvářet květy, se vysévají v období přelomu zimy a jara, vždy se však řídíme teplotou půdy, která by měla být v rozmezí od 5 – 6°C. Naopak odrůdy, které touto vlastností nedisponují, se musí vysévat až v období dubna nebo května. Je to způsobeno nižší odolností vůči nízkým teplotám, jelikož ideální teplota pro růst těchto odrůd je přibližně 16°C (Pekárková, 1992).



Důležité by bylo zachovat ideální teplotu pro naklíčení. Ta by měla být vyšší než 7°C. V opačném případě dochází k pomalému naklíčení semen. Mimo podmínky „In vitro“ se udržení teplot dosahuje vcelku obtížně. V důsledku možných teplotních změn, období sucha nebo mohutných dešťů je pěstování náročnější a takové podmínky těmto rostlinám nesvědčí. Výsledkem může být vznik nekvalitní bulvy, která může v důsledku nadbytečné závlahy popraskat. Červená řepa je také velice náchylná na namrzání, proto se doporučuje sklízet ji ještě před příchodem prvních mrazů (Brickell a kol., 1999).

Salátovou řepu lze také pěstovat zároveň s druhy zeleniny, jako jsou mrkev, okurky, hlávkový salát, různé druhy luštěnin, kedlubny nebo cibule. Dost často se salátová řepa používá jako meziplodina, jelikož její bulvy dozrávají za 9 – 13 týdnů (Pekárková, 1992).

Doba sklizně se značně liší v závislosti na pěstované odrůdě. Salátová řepa se sklízí poté, co dosáhne velikosti golfového až tenisového míčku. Zpravidla se jedná o dobu devadesáti dní po vysetí. V běžné režii se používá agrotechnika ke sklizení červené řepy, která mnohdy nebývá až tak šetrná k jednotlivým plodinám. Pro laboratorní účely se bulvy sklízí ručně, jemným vytažením ze zeminy (Urban, 2006, Šroller, 2006).

### **3.1.2 Vliv na zdraví**

Význam červené řepy se zvýšil mezi spotřebiteli poté, co byly provedeny první testy na zdravotně prospěšné látky, které řepa obsahuje. Souvisí to především s vysokým podílem biologicky aktivních sloučenin, jako jsou betalainy, flavonoidy a fenolické kyseliny. Dle výzkumů bylo prokázáno, že řepná dužnina přispívá k navýšení počtu bílých krvinek, které se uplatňují při imunitních reakcích a eliminují abnormální typy buněk v organismu. Podle zdroje „*bbcgoodfood.com*“ byla červená řepa zařazena mezi deset nejlepších druhů zeleniny s vysokým množstvím antioxidantů (Fisher, 2019). Jiné studie prokazují, že právě díky vysokému množství obsažených dusičnanů dochází

k roztažení cév a lepšímu odvodu toxických látek z krevního oběhu. Díky tomu je organismus odolnější vůči srdečním chorobám a mozkovým mrtvicím. Stravováním potravin s vysokým podílem antioxidantů, v tomto případě salátové řepy, lze pozitivně přispět k obnově rovnováhy mezi výrobou reaktivního kyslíku a dusíku a přispět tak k endogenní ochraně v době, kdy organismus je pod vlivem oxidačního stresu (Kazimierczak, 2019, Sawicki, 2016).

Salátová řepa je bohatým zdrojem antioxidantů. Obsahuje několik vysoce bioaktivních fenolů, jako například rutin, epikatechin a kyselinu kávovou. Bylo také prokázáno, že přítomnost dusitanů způsobuje potlačení tvorby volných radikálů. Proto je červená řepa vhodná jako prevence proti oxidačnímu poškození DNA, lipidů a proteinových struktur. Chrání tedy buněčné složky před oxidací (Clifford, 2015, Wruss, 2015).

Červená řepa obsahuje také nezanedbatelné množství pektinu, který přispívá ke snížení hladiny LDL<sup>2</sup> cholesterolu, jehož norma se podle Státního zdravotního ústavu stanovuje na méně než 3 mmol/l, a tím ke zvýšení průchodnosti cév a chrání narušení DNA<sup>3</sup> buněk. Dále napomáhá upravit peristaltiku střev, díky čemuž předchází vzniku prekancerózních polypů (Odstrčil, 2006).

Díky barvivu betanin a trimethylglycin-kvarterní aminové sloučenině „betain“ dochází k prevenci vzniku rakovinových buněk a podpoře správné funkce jater. Konkrétně betanin pak slouží k posílení cévních stěn a limitaci aterosklerotických plátů<sup>4</sup>, které způsobují takzvané kornatění tepen (Azeredo, 2009). Podle některých studií bylo prokázáno, že červená řepa má protizánětlivé účinky. Pietrzkowski a kol. prokázali, že podáváním betalainových kapslí zhotovených z červené řepy se podařilo snížit zánět a bolest pacientů postižených osteoartritidou (Clifford, 2015).

---

2 low density lipoprotein – lipoprotein s nízkou hustotou, který způsobuje aterosklerózu a snížení průchodnosti cév

3 DNA je deoxyribonukleová kyselina, která slouží k přenosu genetické informace

4 nepravidelný nános tukové tkáně, bílých krvinek a dalších nebuněčných složek na vnitřní straně tepen

Vedle zdraví prospěšných látek má červená řepa také příznivý vliv na zvýšení svalového výkonu u sportovců a osob po léčebném zákroku, po kterém byli nuceni omezit fyzickou aktivitu. Děje se tak proto, že obsahuje již zmíněné nitráty, které například umožňují lepší zvládnutí fyzické aktivity v době před adaptací organismu na přísun těchto látek. Vedle pozitivních účinků se mohou projevit i nežádoucí projevy v podobě gastrointestinálního diskomfortu<sup>5</sup>, kdy dochází k zabarvení stolice a moči do světle růžové barvy. To však za předpokladu, že je příjem nitrátu mnohonásobně vyšší než 3.7mg NO/kg tělesné hmotnosti. Mimo to, tuto hodnotu uvádí Evropský úřad pro bezpečnost potravin jako akceptovatelné množství.

---

5 žaludečně-střevní potíže

### 3.2 Antioxidanty

Jedná se o látky, které napomáhají odstraňovat škodlivé radikály, které se v těle tvoří v důsledku metabolických reakcí. Tyto škodlivé radikály poškozují jednotlivé buňky a tím napomáhají stárnutí organismu. V důsledku toho je pak tělo více náchylnější na vznik takzvaných civilizačních chorob a jiných závažných onemocnění, jako je například rakovina (Zatloukal, 2011, Vilímovský, 2018).

Lidské tělo stejně jako ostatní živé organismy se skládá z obrovského množství molekul, které z důvodu zachování stálosti vnitřního prostředí se štěpí na menší molekuly, nebo se naopak spojují ve větší molekuly. Jelikož každá molekula má určitý počet elektronů, běžně dochází k tomu, že některý z těchto elektronů ztratí. Tím vzniká volný radikál, který je nestabilní molekulou, která působí v organismu škodícím efektem. Může se navázat na jiné molekuly, které tímto přemění také na volné radikály, a spustí tak řetězovou reakci. Možným znepokojujícím příkladem může být, pokud se takový volný radikál naváže na molekuly DNA. V takovém případě mohou vznikat choroby, které jsou dědičné, jelikož DNA přenáší genetickou informaci (Zatloukal, 2011).

Antioxidanty v takové situaci poskytují těmto volným radikálům své nadbytečné elektrony, čímž je zneutralizují. Tím pádem se z volných radikálů stávají opět molekuly, které nemají tendenci se vázat na ostatní molekuly a takovým způsobem je poškozovat (Vilímovský, 2018).

Je potřeba mít však na paměti, že i volné radikály jsou v určitém zastoupení v organismu důležité. S volnými radikály například kooperují i buňky imunitního systému, které je „používají“ k eliminaci bakteriálních onemocnění, která způsobují infekce (Vilímovský, 2018).

Jako základní antioxidanty lze považovat například vitaminy C, vitamin B3, což jsou vitaminy rozpustné ve vodě. Jsou důležité zejména proto,

že mimo jiné přispívají k normální funkci nervové soustavy, udržují běžný stav kůže a imunitního systému. Mezi ty, které jsou rozpustné v tucích, se řadí vitaminy A, D, E, K. Ty jsou důležité pro správné ukládání a uchování vápníku v těle či napomáhají například k vyšší odolnosti organismu vůči různým infekcím nebo podporují obnovu pokožky (Vilímovský, 2018, Keller, 1993).

Dalšími antioxidanty jsou flavonoidy, což jsou barviva nacházející se v rostlinách. Mají obecnou strukturu patnácti-uhlíkové kostry, která je tvořena dvěma fenylovými kruhy a heterocyklickým kruhem. Primárně se jedná o rutin, kaempferol, rhamnetin, rhamnocitrin a astragalin. Flavonoidy lze rozlišit do třech základních skupin, jako jsou flavonoidy, isoflavonoidy a neoflavonoidy. Nejčastěji se s nimi setkáme právě v rostlinné potravě. V rostlinách mimo to, že způsobují zbarvení květů i plodů, fungují také jako ochranný prvek před okolními vlivy. Z toho důvodu jsou v organismu využívány jako protektivní látky proti volným radikálům, nádorovým onemocněním a napomáhají při prevenci srdečních chorob a zánětlivým reakcím. Účastní se také při rekonstrukci buněčných struktur, snižují riziko vzniku trombů<sup>6</sup> a zajišťují stabilitu cévních stěn. Flavonoidy mají schopnost vázat na sebe řadu těžkých kovových iontů, jako například Fe<sup>3+</sup> nebo Cu<sup>2+</sup>, které mohou způsobovat řadu zdravotních problémů, jako třeba poškození funkčnosti a soběstačnosti vnitřních orgánů (Lechner, 2019).

Červená řepa obsahuje také nezanedbatelné množství karotenoidů. V řepě se jedná konkrétně o β-karoten a lutein, které jsou považovány za látky přispívající k prevenci karcinogenních onemocnění. U luteinu bylo prokázáno, že dokázal snížit růst nádoru prsní tkáně (Lechner, 2019).

Do potravin s vyšším obsahem tuku, jako je například maso, jsou přidávány především synteticky vyráběné antioxidanty za účelem oddálení oxidačních procesů. Ty mohou zapříčinit nežádoucí sensorické změny a snížit tak životnost a nutriční hodnotu takové potraviny. V důsledku oxidačních procesů dochází ke vzniku sekundárních sloučenin, které jsou pro zdraví

---

6 krevní sraženiny, které vznikají nejčastěji v cévách a srdci

škodlivé. Některé zdroje uvádí, že syntetické antioxidanty, jako například butyl-hydroxytoluen (BHT) nebo butylhydroxyanisol (BHA), mají zdraví škodlivé účinky a jsou považovány jako promotory vzniku tumorů. A díky tomu je velké úsilí věnováno postupnému nahrazení syntetických antioxidantů právě přírodními (Silva, 2019, Wruss, 2015).

### **3.3 Antioxidační aktivita**

Antioxidační aktivita se u každého antioxidantu liší. Obecně lze říci, že různé antioxidanty mají různě velkou schopnost uvolňovat své elektrony, jak bylo popsáno v kapitole 3.2 „Antioxidanty“ a tím zamezovat šíření a vzniku dalších volných radikálů v organismu.

V souvislosti s touto problematikou rozlišujeme antioxidační kapacitu a antioxidační reaktivitu. Antioxidační kapacita určuje dobu, po kterou bude mít antioxidant účinek. Antioxidační reaktivita představuje dynamiku antioxidačního procesu, která závisí na množství použitého antioxidantu a jeho koncentraci. Tuto aktivitu můžeme měřit různými metodami, které souhrnně označujeme jako TAA, tedy souhrnné antioxidační metody z anglického názvu „*Total Antioxidant Activity*“. Pro začátek lze rozdělit tyto metody na dvě skupiny (Zatloukal, 2011, Paulová, 2004).

#### **3.3.1 Metody založené na eliminaci radikálů**

K těmto metodám patří dvě, a to metoda TEAC a metoda ORAC.

##### **3.3.1.1 TEAC**

Jedná se o metodu založenou na porovnávání rychlosti odbarvení zkoumaného vzorku. Je to tedy spektrofotometrická metoda, kdy pomocí činidla se zkoumá, zda daný vzorek obsahuje antioxidační látky, či nikoliv. Pokud dojde k odbarvení sloučeniny, je jisté, že činidlo reaguje s hledanými látkami ve vzorku. U této metody se hodnotí rychlost a míra zabarvení sloučeniny. Jako činidlo se standardně používá syntetický antioxidant

s komerčním označením „Trolox“. Jedná se o látku „6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina“, jejíž antioxidační aktivitu známe. K objektivnímu posouzení kvality vzorku se standardně používá shodné metody s jinými činidly jako askorbát, gallát či epikatechin (Zatloukal, 2011, Paulová, 2004).

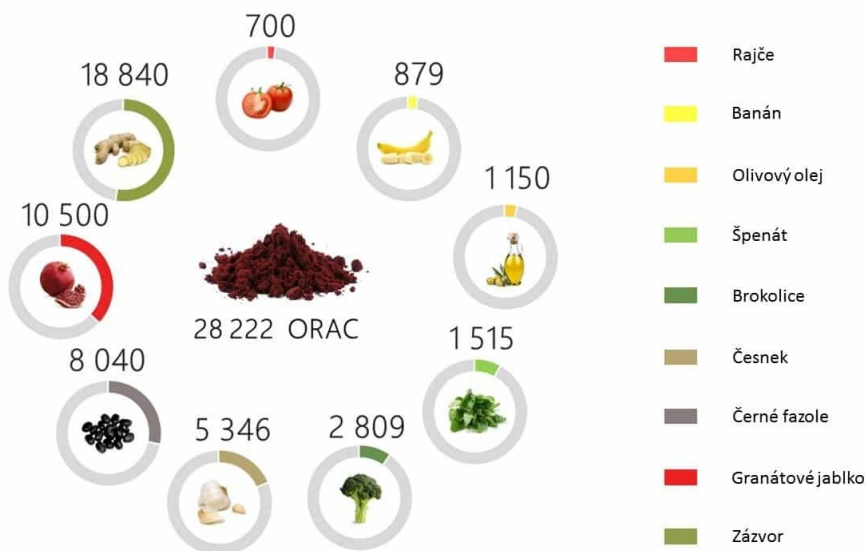
### **3.3.1.2 ORAC**

Metoda s anglickým názvem „Oxygen Radical Absorbance Capacity“ zkoumá schopnost antioxidantů eliminovat kyslíkové radikály. Ty jsou za účelem zkoumání ve vzorku schválně vytvářeny. Tato metoda měří fluorescenční signál na sondě, u které dochází, v případě přítomnosti reaktivních druhů kyslíku (ROS), k útlumu.

Jedinečností této metody je fakt, že při měření je generován volný peroxidový radikál AAPH (2,2'-azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride), který můžeme běžně najít i v lidském těle, tudíž se jedná o biologickou reakci. AAPH navíc dobře reaguje s látkami, které jsou rozpustné ve vodě a tucích. Můžeme tedy změřit celkový antioxidační potenciál. Určujeme kvantitu radikálu fluorimetrickou metodou a sledujeme rychlost, se kterou dochází k úbytku fluorescence následně poté, co přidáme testovaný vzorek (Zatloukal, 2011, Paulová, 2004).

Výši schopnosti eliminovat volné radikály pro jednotlivé potraviny lze vidět na obrázku 1, kde jsou vyobrazeny různé druhy potravin a jejich ORAC hodnota, takzvané „score“. Obecně se dá předpokládat, že potraviny s vyšší ORAC hodnotou budou mít vyšší účinek při neutralizování volných radikálů.

obr.č. 1: Schopnost eliminace volných radikálů potravinami pomocí metody ORAC



Zdroj: <https://www.bonaloka.cz/news/jak-se-meri-antioxidacni-aktivita/>

### 3.3.2 Metody založené na hodnocení redoxních vlastností látek

#### 3.3.2.1 FRAP

Tato metoda spadá do skupiny metod založených na hodnocení redoxních vlastností látek z toho důvodu, že neenzymové antioxidanty se používají jako činidla. Ta s oxidanty dobře reagují. Vzniká chemická reakce, při které dochází k deaktivaci těchto oxidantů. Projevuje se redukcí železitých iontů při nízké hodnotě pH, při které dochází k tvorbě barevného komplexu železo-tripyridyltriazin. U této metody lze použít i železité soli a činidla DMPD-N, N-dimethyl-p-fenylendiaminudihydrochloridu, kdy při reakci vznikne radikálová forma s červeným zbarvením DMPD+. Pokud tento radikál použijeme na vzorek, dojde k redukcí radikálu a v důsledku toho k odbarvení (Zatloukal, 2011).



Hodnoty FRAP se získávají porovnáním změn absorbance při 593nm v testovaných reakčních směsích se směsí obsahující železité ionty, jejichž koncentrace je předem známá.

Tato metoda bohužel není vhodná pro použití hodnocení aktivity u potravin, z důvodu nutnosti použití při velmi nízkých hodnotách pH (Paulová, 2004, Benzie, 1996, Carrilloa, 2019).

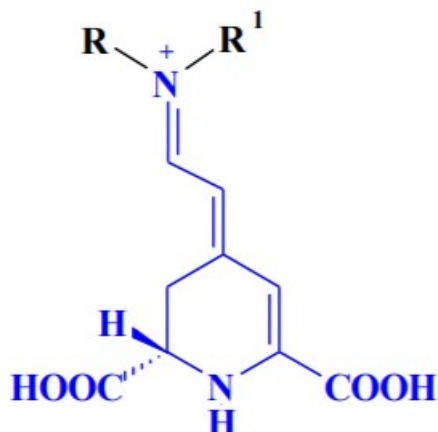
### 3.4 Betalainová barviva

Barva potravin je obecně vnímána jako jedna z nejdůležitějších vlastností, která určuje jejich kvalitu. Při zpracování dochází k přirozenému snížení množství barviv v potravinách, a proto dochází k jejich obnově dodáním synteticky vyrobených barviv. Lidé se však snaží synteticky vyráběným barvivům vyhýbat už třeba jen proto, že přirozeně vyskytující se barviva považují za zdravější či zdravotně nezávadná. A to i přesto, že jejich stabilita je nižší oproti syntetickým, či výrobní náklady jsou naopak vyšší (Azeredo, 2009).

Betalainová barviva, jedná se o látky nacházející se přirozeně v rostlinách, jako jsou červená řepa nebo kaktusové plody. Jsou přirozenou součástí potravin a dalších biologických materiálů jako jsou mikroorganismy, řasy a vyšší rostliny. Jedná se o sensoricky aktivní látky. To jsou takové, které se mohou vnímat jak sluchem, hmatem, čichem, zrakem či chutí. U barviv to je pochopitelně zrakový vjem. Obsah betalainů v červené řepě se pohybuje kolem 0,1% (Czapski, 2009, Váchalová, 2019).

Betalainová barviva obsahují dusík a jsou dobře rozpustná ve vodě. Základní strukturu betalainových barviv je možné vidět na obrázku 2. Jsou syntetizována z aminokyselin tyrosinu do dvou konstrukčních skupin (Azeredo, 2009).

obr.č. 2: Základní struktura betalainových barviv



### 3.4.1 Betakyany

Mají výrazně červené zbarvení. Z betakyanů zaujímá 75 – 95% betanin. Tím značně převládá nad žlutými betaxanthiny. Doposud známé betakyany, kterých je asi 50 sloučenin, je možno nalézt ve formě glykosidů a acylovaných glykosidů. Betakyany jsou převládající látky v červené řepě a díky tomu má řepa červeno-růžovo-černou barvu. Co se týče strukturálního složení, betakyany jsou stabilnější oproti betaxanthinům jak při běžné teplotě, tak při zahřívání (Azeredo, 2009, Váchalová, 2019).

### 3.4.2 Betaxanthiny

Zbarvení bývá často buď žluté, či oranžové. Až 95% zaujímá žlutý vulgoxanthin. Vůči betakyanům jsou betaxanthiny méně stabilní a to i za různé teploty. Nejvyšší míru stability si zachovávají v roztocích s pH 4 – 5. Při vyšších hodnotách jejich stabilita výrazně klesá a dochází k jejich rozkladu. V rozkladu napomáhá také oxid siřičitý, který způsobuje urychlení rozkladu těchto barviv (Azeredo, 2009, Váchalová, 2019).

Betalainová barviva jsou schopna pohlcovat viditelné záření v rozsahu 476 – 600 nm. Betaniny byly objeveny poprvé někdy v roce 1920 a jako barvivo byly použity v roce 1960. Co do obsahu betalainových barviv v červené řepě můžeme říci, že jejich množství se pohybuje mezi 0,1% - 0,2%. Tento obsah závisí přímo na odrůdě, která je pěstována.

U těchto barviv můžeme pozorovat antioxidační aktivitu a dobrou reakci na volné radikály. Jelikož doposud nejsou známy žádné nežádoucí účinky tohoto barviva, lze jej považovat za bezpečné. S výhodou se proto používá jako potravinářské barvivo u různých druhů výrobků, jako jsou například jogurty, cukrovinky či různorodé druhy nápojů. Nevýhodou však je, že má nízkou stabilitu, a proto se používá pouze k barvení potravin s nízkou dobou trvanlivosti (Azeredo, 2009, Czapski, 2009).

Na druhou stranu, jelikož betalainová barviva nejsou tak citlivá na hydrolytické štěpení jako antokyany, jsou při změnách pH poměrně stabilní na velkém rozsahu (3,5 – 7). Optimální rozmezí pH pro maximální stabilitu je však 5 – 6. Z toho vyplývá, že je možnost betalainy používat především k barvení potravin s nižším pH (Azeredo, 2009).

Betalainová barviva dobře reagují s kyslíkem, který urychluje jejich degradaci. Proto by se tato barviva měla skladovat v atmosféře s nízkou hladinou kyslíku. K rychlejší degradaci přispívá také světlo v rozmezí od 2200lux do 4400lux, které způsobuje urychlení elektronů pigmentového chromoforu a jejich přesun do vyššího energetického stavu (Azeredo, 2009).

Nejdůležitějším aspektem, který se podílí na degradaci betalainových barviv, je teplota. Betanin může být narušen izomerací, dekarboxylací nebo štěpením. To má za následek snížení množství červeného barviva. Výsledkem je až světle hnědá barva a tedy snížení sensorické kvality výrobku (Azeredo, 2009).

Betanin se používá v potravinářství v práškové podobě nebo jako extrakt. Využívá se také jako barvivo. Antioxidační aktivita betaninu byla testována

a prokázána v makromolekulách u člověka. Je zajímavý především tím, že působí protizánětlivě a pozitivně ovlivňuje ochrannou funkci jater v lidských buňkách. Mimo jiné betanin působí antiproliferačně<sup>7</sup> u lidských nádorových buňek (Silva, 2019, Sawicki, 2016).

### 3.5 Polyfenoly

Sloučeniny polyfenolů jsou látky, které obsahují ve svých molekulách dvě a více hydroxylových skupin vázaných k aromatickému jádru molekuly. Můžeme je najít skoro ve všech rostlinách jako sekundární rostlinné metabolity. Zde plní funkci ochrannou, jak před oxidačním stresem, tak například před UV zářením. Slouží také jako výstavbové molekuly plnící funkci výztuhy těla rostlin nebo mohou přenášet signály. V živých organizmech pak zastupují velkou řadu biologických účinků. V dnešní době je známa velká škála druhů polyfenolů pohybující se přes hranici 8000 (Zendulka, 2008, Carrilloa, 2019).

Z hlediska příjmu polyfenolových látek do organismu je velmi těžké odhadnout a stanovit doporučené hodnoty denního příjmu. Prvním odhadem byl 1g glykosidů<sup>8</sup> za den pro dospělé osobu. Tento odhad provedl v roce 1976 Kühnau a má představovat asi 170 mg aglykonů<sup>9</sup> na den (Zendulka, 2008).

V potravinách lze poměrně dobře zjistit obsah polyfenolových látek pomocí chromatografických metod nebo reakcí extraktu s Folin-Ciocalteuovým činidlem. Je však výhodné použití obou metod. To proto, že při použití chromatografické metody mohou být některé polyfenoly špatně rozeznatelné. U druhé metody je zase problém, že činidlo reaguje i s jinými sloučeninami. Proto je výhodné použití obou těchto metod a stanovení průměru výsledných hodnot (Zendulka, 2008).

---

7 znemožňuje množení nádorových buňek

8 jedná se o deriváty sacharidů, které vznikly nahrazením hydroxylové skupiny cukerným nebo necukerným derivátem

9 necukerná složka glykosidů, jež má vazbu na cukernou složku

Polyfenoly jsou v rostlině vytvářeny za stresových podmínek. Jejich obsah se může v dané odrůdě a typu rostliny značně lišit. Lze předpokládat, že organicky pěstované odrůdy oproti těm konvenčně pěstovaným budou vykazovat vyšší množství polyfenolyckých látek. To z důvodu, že konvenční zemědělství používá syntetická hnojiva a pesticidy, a tím se snižuje potřeba rostliny bránit se vnějším vlivům, tak jako tomu je u organicky pěstovaných plodin (Carrilloa, 2019).

Mezi polyfenoly se řadí například rutin, který se využívá při léčbě propustnosti krevních vlásečnic. Snižuje hladinu LDL-cholesterolu a je významný svou antioxidační aktivitou. Výborně kooperuje s vitamínem C.

Dalším z řad polyfenolů je kvercetin. Ten se vyskytuje téměř ve všech druzích ovoce a zeleniny. Přispívá k ochraně buněčné DNA a zneškodňuje rakovinou tvorné látky.

Jako rostlinná barviva jsou známé anthokyaniny. Jsou dobře rozpustné ve vodě a působí při poruchách průtoku krve, proti vzniku křečových žil a posilují šlachy a klouby.

Resveratrol je polyfenol, který může být nalezen ve zhruba 72 rostlinných druzích ovoce a zeleniny. Slouží proti vzniku sraženin a tím pádem k ochraně proti mozkové příhodě či infarktu, jelikož snadno ředí krev. Zabraňuje růstu nádorových buněk a přispívá tak ke snížení rizika vzniku nádorových onemocnění (Zatloukal, 2011).

## **3.6 Stanovení barviv**

### **3.6.1 Extrakce**

Jedná se o proces, kdy se dostávají, takzvaně extrahují, látky obsažené ve zkoumaném vzorku mimo tento vzorek. Zpravidla se jedná o přírodní látky, které se extrahují z materiálu za pomoci organických rozpouštědel. Takovým rozpouštědlem bývá nejběžněji aceton ( $C_3H_6O$ ), ale samozřejmě záleží

na povaze extrahované látky. Dalšími rozpouštědly mohou být různé směsi látek nebo voda.

Aby byla extrakce úspěšná, provádí se homogenizace s pomocí tekutého dusíku nebo jemnozrnného křemenného písku. Prostředí lze ještě vylepšit neutralizací hořčnatými nebo vápenatými ionty. Bez neutralizace je pH daného prostředí příliš kyselé a například při extrakci chlorofylového barviva dochází k jeho zhnědnutí. Materiál, který prošel homogenizací, je uzpůsoben k filtraci nebo centrifugaci, při které dochází k oddělení vysokomolekulárních látek. Aby se s tímto vzniklým extraktem mohlo dále pracovat, je nutná jeho čistota (Hee-Ock, 2012).

Červená řepa se při přípravě na extrakci omyje od nečistot a následně rozřeže na kusy. Z těchto kusů se poté extrahuje šťáva za pomoci odšťavňovače. Tento vzorek se smísí s 95% ethylalkoholem v poměru 1:7 a centrifuguje se při 10000x g/ 15 min. Následně se provede jeho zmrazení na -35°C a suší se po dobu 17 hodin při teplotě +15°C (Mikołajczyk-Bator, 2017, Sawicki, 2016).

### 3.6.2 Chromatografické metody

Po extrakci a vyčištění extraktu se provádí chromatografické rozdělení těchto barviv. V rámci chromatografie existují dvě možnosti: TLC a HPLC metody.

#### 3.6.2.1 TLC

Metoda TLC je označována jako metoda chromatografie na tenké vrstvě. Jedná se o velmi rychlou a finančně nenáročnou metodu. Jako organická rozpouštědla se používají nejčastěji benzen ( $C_6H_6$ ), chloroform ( $CHCl_3$ ), toluen ( $C_7H_8$ ), benzin a další.

Pro tuto metodu jsou mimo jiné důležité hliníkové destičky s naneseným silikagelem s komerčním názvem „Silufol“. Na tuto destičku se provádí

nanesení extraktu. Další důležitou součástí této metody je směs benzínu, izopropanolu a vody. Tato směs je v poměru 100:10:0.25 a slouží k oddělení jednotlivých barviv v chromatografické komoře (Maitland, 2010).

Nevýhodou této metody je nízká přesnost a nemožnost většího množství opakování pokusů.

### **3.6.2.2 HPLC**

HPLC metoda je oproti té předchozí velice přesná. Umožňuje totiž závěrečnou kvantifikaci (Moldoveanu, 2017).

### **3.6.3 Spektrofotometrické metody**

Jedná se o optické metody založené na interakci elektromagnetického záření se zkoumaným vzorkem. Podle toho, jak se zářením pracují, je lze rozdělit na:

- metody absorbující záření
- metody emitující záření
- metody, které sledují průchod elektromagnetického záření hmotou

Jelikož se pro zkoumání barviv použila metoda spektrofotometrie absorbující záření, je i pouze tato v práci popsána.

Spektrofotometrie je výhodná metoda absorbní analýzy fotosyntetických barviv. Jedná se o kvantitativní metodu. Při použití této metody se měří absorbance ( $A$ ). Ta je vyjádřena úbytkem záření, které prochází zkoumaným vzorkem.  $A$  je dána vzorcem pro výpočet absorbance. Jedná se o hodnotu záporného logaritmu hodnoty transmitance (Hejsková, 2016).



*vzorec 1: Výpočet absorbance*

$$A = -\log T = \log \frac{\Phi_0}{\Phi}$$

Je dáno, že čím více absorbujících látek tento vzorek obsahuje, tím vyšší bude jeho absorbce a méně záření projde tímto vzorkem.

## **4. MATERIÁL A METODY**

### **4.1 Popis vybraných odrůd salátové řepy a kontrolních genotypů řep**

Řepa salátová jako taková se vyskytuje v několika odrůdách. Každá odrůda se liší svým vzhledem, odolností vůči chorobám a následným využitím. Kromě běžných odrůd se šlechtí také nové, takzvané hybridní odrůdy, které se vyznačují vyšší odolností vůči vybíhání a nemocem. Mají vylepšené růstové charakteristiky a chuťové vlastnosti. Pro účely zpracování této práce bylo použito šest odrůd. Čtyři z nich jsou odrůdy salátové řepy. Pro srovnání byly zvoleny ještě odrůdy v tomto množství: jedna odrůda cukrové řepy a jedna odrůda řepy krmné.

### 4.1.1 Odrůda Betina

Jedná se o klasickou odrůdu salátové řepy s kulovitým tvarem, jemnou dužinou a sytou barvou bez světlejších pruhů. Je významná tím, že se dobře brání listovým chorobám (Moravoseed, 2017).

Udržovatelé této odrůdy jsou:

MORAVOSEED CZ a.s., Mušlov 1701/4, Mikulov, Česká republika, CZ

SEMO a.s., Smržice 414, Česká republika, CZ

SEMPRA PRAHA a.s., U Topíren 2/860, Praha 7, Česká republika, CZ

*obr.č. 4: Odrůda Betina – bulva*



*obr.č. 3: Řez bulvou odrůdy Betina*



#### 4.1.2 Odrůda Červená kulatá

Polopozdní odrůda salátové řepy. Vyznačuje se sytě fialovou barvou kulové bulvy. Dužnina je sytě červená s vyskytujícími se světlými pruhy. Výhodou je vysoká odolnost vůči chorobám (Moravoseed, 2017).

Udržovatelé této odrůdy salátové řepy jsou:

Marian Pedzinski, ul. Szymanowskiego 3/10, Srem, Polsko, PL

MORAVOSEED CZ a.s., Mušlov 1701/4, Mikulov, Česká republika, CZ

SEMPRA PRAHA a.s., U Topíren 2/860, Praha 7, Česká republika, CZ

SEVA – FLORA s.r.o., Mikulovská 366, Valtice, Česká republika, CZ

Tomasz Berbeka, ul. Swidnicka 1a, Kobierzyce, Polsko, PL

W. Legutko Przedsiębiorstwo Hodowlano-Nasienne Sp. z o.o., Nad Stawem 1F, Jutrosin, Polsko, PL

obr.č. 5: Odrůda Červená kulatá - bulva



obr.č. 6: Řez bulvou odrůdy Červená kulatá



### 4.1.3 Odrůda Renova

Odrůda salátové řepy pěstovaná hojně pro její výnosnost. Bulva je válcovitá. Povrch můžeme specifikovat jako hladký s tmavě červenou barvou. Na řezu je bulva celistvá bez výrazného kroužkování. Je vhodná k přímé konzumaci tak k zavařování. Tato odrůda je odolná vůči chorobám a vybíhání do květu (Moravoseed, 2017).

Udržovatelé jsou:

MORAVOSEED CZ a.s., Mušlov 1701/4, Mikulov, Česká republika, CZ

SEMPRA PRAHA a.s., U Topíren 2/860, Praha 7, Česká republika, CZ

obr.č. 7: Odrůda Renova – bulva



obr.č. 8: Řez bulvou odrůdy Renova



#### 4.1.4 Odrůda Boldor F1

Jedná se o rannou odrůdu se žluto-oranžovou dužninou. Bulvy jsou hladké, kulovitého, středně velkého tvaru. Chuťově jemné a sladké chuti. Pěstuje se jak pro přímý konzum, tak pro průmyslové zpracování. Olistění je vzpřímené, zeleno-červené barvy. Barevně se podobá odrůdě „*Burpee's Golden*“ (Bejo, 2019).

Udržovatelem je:

BEJO BOHEMIA s.r.o., Podůlšany 49, Podůlšany, Česká republika,  
CZ

obr.č. 9: Odrůda Boldor F1 -  
bulva



obr.č. 10: Řez bulvou odrůdy  
Boldor F1



#### 4.1.5 Odrůda Picobella

Tato odrůda cukrové řepy se vyznačuje vysokou odolností vůči rizománii a cercosporě. Je odolná také vůči vybíhání do květu. Odrůda je vhodná pro různé druhy půdy. Kořen má vysoký obsah cukru a tím pádem má tato odrůda vysokou finanční výnosnost. Obsah škodlivého dusíku je na nízké úrovni (Eagri.cz, 2013).

Udržovatelem této odrůdy je:

KWS SAAT SE & Co. KgaA, Grimsehlstrasse 31, Einbeck,  
Německo, DE.

obr.č. 11: Odrůda Picobella -  
bulva



obr.č. 12: Řez bulvou odrůdy  
Picobella



#### 4.1.6 Odrůda Kostelecká Barres

Jedná se o diploidní víceklíčkovou odrůdu přechodného typu. Odrůda je odolná vůči vybíhání do květu. Tato odrůda je využívána pro potřeby zkrmování hospodářskými zvířaty. Jedná se o odrůdu krmné řepy. Má protáhlý tvar a červeno-oranžovou barvu. Je dobře skladovatelná a nenáročná na pěstování, vhodná do všech oblastí a typů půdy. Výnos bulev se udává jako středně vysoký (Eagri.cz, 2008).

Udržovatelé jsou:

Ing. Vladimír Pokorný, Čelakovského 957, Jaroměřice nad Rokytnou, Česká republika, CZ

Luděk Pokorný, Zahradní 1121, Jaroměřice nad Rokytnou, Česká republika, CZ.

obr.č. 13: Odrůda Kostelecká Barres - bulva



obr.č. 14: Řez bulvou odrůdy Kostelecká Barres





## 4.2 Příprava materiálu

Pro účely zpracování této práce byly napěstovány rostliny čtyř odrůd salátové řepy. Kdy se jednalo o tři červeno-fialové a jednu žluto-oranžovou odrůdu. Dále byly vypěstovány dva kontrolní genotypy řep. Prvním genotypem byla řepa cukrová (Picobella) a druhým řepa krmná (Kostelecká Barres).

Odrůdy použité pro účely zpracování práce byly vypěstovány na pokusném pozemku Zemědělské fakulty, Jihočeské univerzity, který se nachází v mírném podnebném pásu, v nadmořské výšce 396 m n. m.

Po ruční sklizni bulev následovalo utvoření odrůdových vzorků. Pro každou odrůdu bylo využito šest bulev, které byly pečlivě omyty a osušeny. Jednotlivé bulvy byly zváženy a byla určena průměrná hmotnost pro každou odrůdu. Každá bulva byla naplátkována.

Jednotlivé plátky byly rozděleny přibližně stejným dílem do tří kelímků a zváženy. Následně byly vysušeny lyofilizací pro stanovení sušiny a přípravu materiálu pro analýzy. Lyofilizací se, podobně jako sušením, odstranila šetrně ze vzorku voda. Jedná se o gravimetrickou metodu. Pro výpočet sušiny se použil vzorec:

$$x = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100$$

Kde  $m_1$  - hmotnost navážky před lyofilizací (g)

$m_2$  - hmotnost lyofilyzovaného vzorku (g)

K sušení byl využit lyofilizační přístroj Christ Alpha 1-4 LSC (Martin Christ, Německo). Sušení probíhalo po dobu 72 hodin, při teplotě  $-54^{\circ}\text{C}$ . Výsledný produkt po lyofilizaci byl zvážen a spočítán procentuální podíl původní hmotnosti.

Po lyofilizaci se vzorky vyjmuly a pomlely na mouku na planetovém mlýnu „Pulverisette 6“ (Fritsch, Německo).

### **4.3 Laboratorní metody**

#### **4.3.1 Stanovení barviv (betaxanthiny a betakyany) u řepy**

Stanovení barviv u vybraných vzorků salátové, cukrové a krmné řepy se provedlo spektrofotometricky (Thermo Scientific Biomate 5, USA). Navážilo se 100mg řepné mouky. Následně se vzorek extrahoval v 1ml 50% roztoku vodného ethanolu. Provedlo se zvortexování vzorků k dosažení dokonalého promísení obou složek. Extrakce probíhala 10 min při laboratorní teplotě.

Vzorky se centrifugovaly při 6000 otáčkách deset minut, při teplotě 20 °C. Poté se obsah přelil do 5ml tuby a pelet se znovu extrahoval v 1ml 50% ethanolu po dobu deseti minut. Tento proces se zopakoval ještě dvakrát.

Vzorek byl třikrát odstředěn na centrifuze a třikrát prošel extrakcí. Poté byl vzorek naředěn v poměru 1:49 deionizovanou vodou. Konkrétně 20 µl vzorku a 980 µl vody.

Červená barviva, neboli betacyaniny, byly měřeny na spektrofotometru při vlnové délce 540 nm a pro žluto-oranžová barviva, tedy betaxanthiny, při 480 nm. Vzorky byly měřeny proti slepému vzorku, místo vzorku byl použit 50 % ethanol (Nistor, 2017).

#### **4.3.2 Stanovení antioxidační aktivity**

Ke stanovení antioxidační aktivity je potřeba připravit radikál ABTS a PBS.

### **Příprava radikálu ABTS**

Radikál byl připraven rozpuštěním 54,8 mg sloučeniny ABTS a 1 g  $\text{MnO}_2$  v 20 ml deionizované vody. Po dobu 20 minut byl roztok radikálu míchán na magnetickém míchadle. Poté byl roztok radikálu filtrován přes stříkačkový filtr do 50 ml tuby.

Před samotným měřením se k pufru PBS přidává postupně radikál, aby byla absorbance  $0,8 \pm 0,02$  při vlnové délce 734 nm. Takto připravený pracovní roztok se přidává ke vzorku (Šulc a kol, 2007).

### **Příprava radikálu PBS**

K provedení se připraví 5mM roztok  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (pH cca 4,66 – acidická) a 5mM roztok  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (pH cca 8,87 – bazická).

Postupným přidáváním 5mM roztoku  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  k 5mM roztoku  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  docílíme upravení pH na hodnotu 7,4.

Takto připraveným roztokem se ředí radikál (Šulc kol., 2007).

### **4.3.3 Stanovení obsahu celkových polyfenolů**

Před samotným měřením se provede extrakce vzorků. Mouka je navážena do mikrocetrifugačních zkumavek v množství 50mg a vzorky jsou extrahovány po dobu 24 hodin v 1ml 80% vodného roztoku ethanolu za stálého třepání. Po této extrakci probíhá centrifugace při 10 000 otáčkách po dobu patnácti minut za teploty 20°C. Následně se odebere supernatan s extraktem.

Při samotném měření bylo 10  $\mu\text{l}$  vzorku naředěno 990  $\mu\text{l}$  destilované vody a promícháno. K naředěnému vzorku bylo přidáno 50  $\mu\text{l}$  Folin-Cicalteauva činidla a 150  $\mu\text{l}$  (20%) karbonátu sodného. Výsledná reakce byla

promíchána a inkubována při pokojové teplotě po dobu 2 h. Po inkubaci byl vzorek spektrofotometricky měřen při 765 nm proti slepému vzorku. Absorbance byla měřena při vlnové délce 765 nm. Jako standard byla použita kyselina gallová, byla vytvořena kalibrační křivka a zjištěna rovnice pro výpočet obsahu polyfenolů. Jako slepý vzorek byl použit 80% vodný roztok ethanolu. Výsledek byl vyjádřen jako ekvivalent gallové kyseliny (v g/kg sušiny) (Lachman a kol., 2006).

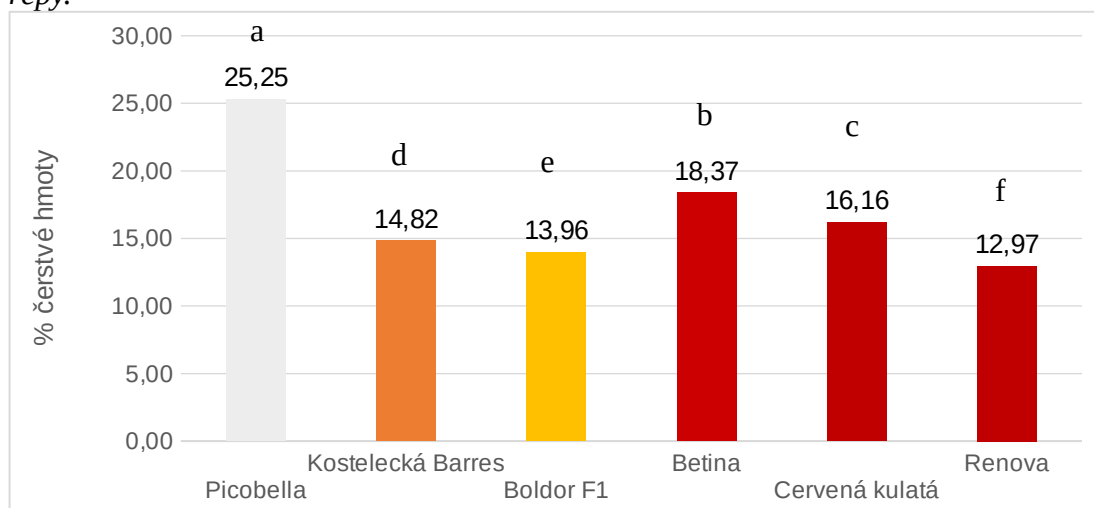
## 5. VÝSLEDKY

### 5.1 Obsah sušiny

U vybraných odrůd salátové řepy bylo v první řadě zjišťováno množství sušiny. Z výsledků na obrázku 15 je možné vidět rozdílné hodnoty v obsahu. V porovnání s cukrovou řepou (Picobella) mají salátové řepy samozřejmě množství sušiny nízké. To především z důvodu, že se cukrová řepa šlechtí za účelem zisku co největšího množství sušiny. Přesto výrazně vyššího výsledku mezi zástupci salátové řepy dosáhla odrůda „Betina“, která měla obsah sušiny 18,37 % čerstvé hmoty. To je o téměř 30 % vyšší hodnota než odrůda „Renova“. Pro porovnání je možné si všimnout, že ze všech testovaných odrůd byl naměřen nejvyšší obsah sušiny právě u odrůdy „Picobella“.

Vzorky byly porovnávány a řazeny. Podle obrázku 15 je možné vidět, že statisticky nejvýznamnější na procentuální zastoupení sušiny v bulvách je odrůda „Betina“. Množství sušiny, v tomto případě, na zbarvení dužniny nezávisí.

obr.č. 15: Obsah sušiny (% čerstvé hmoty) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.



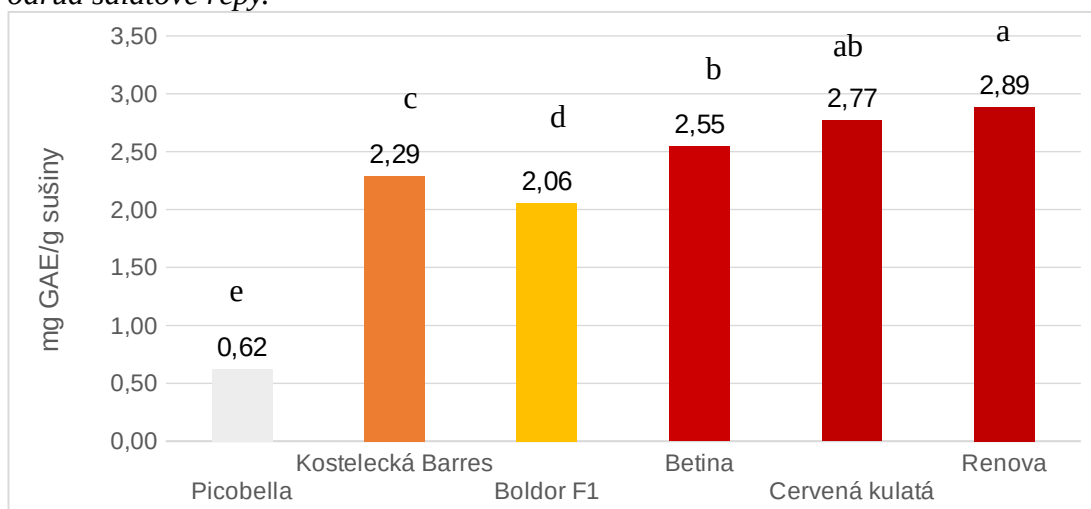
Odlišná písmena nad sloupci v grafu znamenají průkazný rozdíl na hladině významnosti  $P < 0,05$  (Fisherův LSD test).

## 5.2 Obsah celkových polyfenolů

Dále byl zjišťován obsah celkových polyfenolů. Kde je možné si všimnout, že hodnoty jednotlivých odrůd se značně liší. A to v rozmezí od 2,06 do 2,89 mg GAE na gram sušiny. Je tedy zřejmé, že červeno-fialové odrůdy obsahují vyšší množství celkových polyfenolů oproti žluto-oranžové odrůdě „*Boldor F1*“. Rozdíl mezi odrůdou „*Renova*“ a „*Boldor F1*“ činil necelých 29 %. Z toho lze usuzovat, že odrůdy s červeno-fialovým zbarvením dužniny mají obecně vyšší obsah celkových polyfenolů.

Jako zajímavé porovnání se použila odrůda „*Picobella*“. Ta v tomto měření dosáhla téměř o 80 % méně celkových polyfenolů proti odrůdě „*Renova*“. Její naměřená hodnota činila ani ne celý miligram. Konkrétně u ní bylo zjištěno množství celkových polyfenolů o hodnotě 0,62 mg GAE na gram sušiny, díky čemuž její hranice významnosti pro toto měření klesla na poslední příčku. Lze se také podívat na odrůdu „*Kostelecká Barres*“, která pravděpodobně díky svému zbarvení dosáhla vyšších hodnot než „*Boldor F1*“. Z toho vyplývá, že vyšší obsah celkových polyfenolů budou mít odrůdy s červeno-fialově zbarvenou dužninou.

obr.č. 16: Obsah celkových polyfenolů (mg GAE/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.

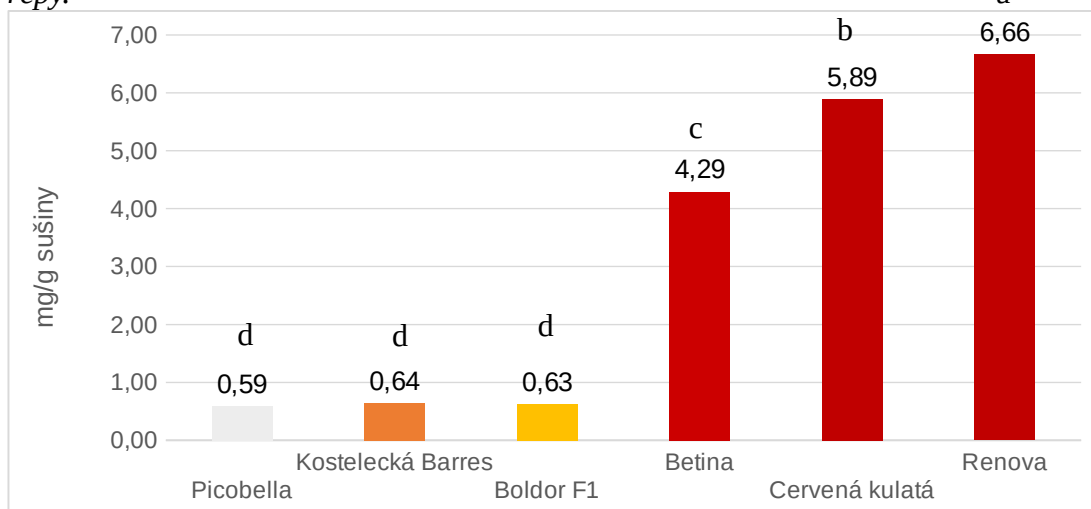


Odlišná písmena nad sloupci v grafu znamenají průkazný rozdíl na hladině významnosti  $P < 0,05$  (Fisherův LSD test).

### 5.3 Obsah betakanů

U výsledků obsahu betakanů si můžeme všimnout, že tři salátové řepy v porovnání se zbytkem pěstovaných odrůd měly vyšší hodnotu obsahu betakanů než zbytek testovaných odrůd. Výrazně se liší odrůda salátové řepy „*Boldor F1*“, která měla obsah betakanů v porovnání s odrůdou „*Renova*“ nižší o 90,5 %. Touto hodnotou se tedy téměř rovná cukrové a krmné řepě, jak je vidět na obrázku 17. Lze tedy předpokládat, že podobných výsledků bychom dosáhli i testováním jiných odrůd s odlišným zbarvením, než je červeno-fialové. Přesto je možné si všimnout, že i mezi testovanými odrůdami červeno-fialového zbarvení dužniny jsou poměrně velké rozdíly, jak ukazuje obrázek 17. Odrůda „*Renova*“ oproti odrůdě „*Betina*“ má o téměř 65 % vyšší hodnotu obsahu betakanů.

obr.č. 17: Obsah betakanů (mg/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.



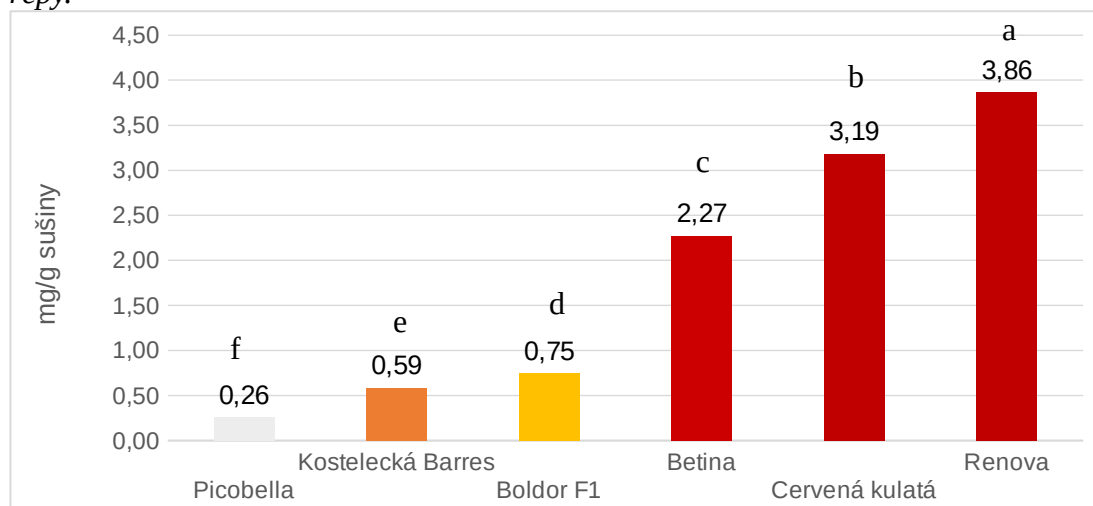
Odlišná písmena nad sloupci v grafu znamenají průkazný rozdíl na hladině významnosti  $P < 0,05$  (Fisherův LSD test).

## 5.4 Obsah betaxanthinů

Při zjišťování obsahu betaxanthinů je možné si všimnout poměrně velkých rozdílů mezi testovanými odrůdami. Ve vedoucích pozicích se drží odrůda „Renova“, která dosáhla hodnoty 3,86 mg/g, jak je vidět na obrázku 18. Podobný odstup mezi jednotlivými odrůdami je i pro měření betakyanů viditelný na obrázku 17. Odrůda „Boldor F1“ má výrazně nižší hodnotu než ostatní genotypy salátové řepy, což je zajímavé, jelikož by se dalo předpokládat, že naopak více žluto-oranžových barviv (betaxanthinů) budou mít odrůdy se žluto-oranžovým zbarvením.

Zjistilo se, že větší množství betakyanů účinně potlačí obsah betaxanthinů, které by jinak způsobovaly žluto-oranžové zbarvení. U odrůdy „Boldor F1“, díky menšímu obsahu betakyanů z předchozího měření a vyššímu obsahu betaxanthinů uvedeného na obrázku 18, dochází k dominanci tohoto barviva nad jinými a tím pádem i ke zbarvení žluto-oranžovou barvou.

obr.č. 18: Obsah betaxanthinů (mg/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.



Odlíšná písmena nad sloupci v grafu znamenají průkazný rozdíl na hladině významnosti  $P < 0,05$  (Fisherův LSD test).

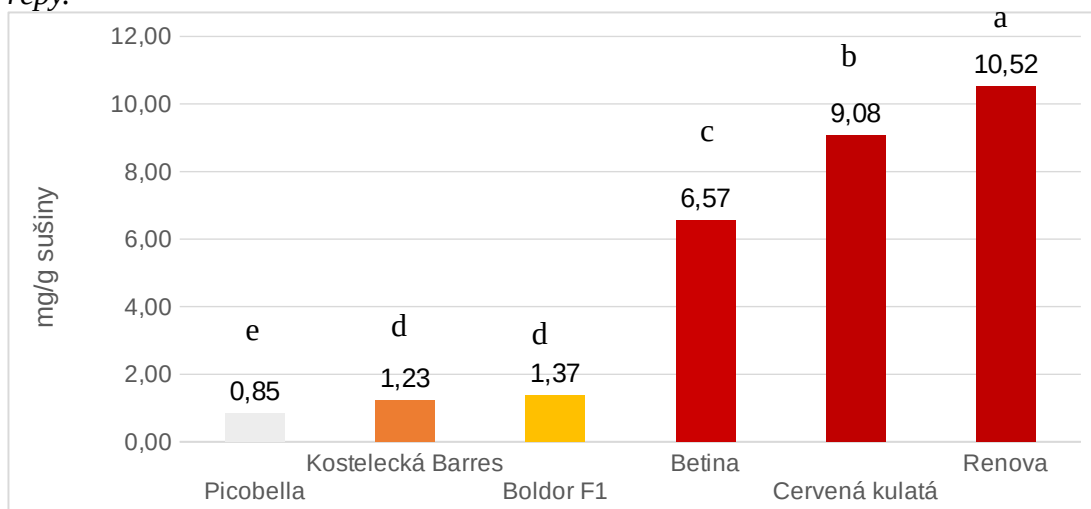


## 5.5 Obsah betalainů

Výsledky dosažené při zjišťování obsahu betalainů jsou poměrově podobné jako u předchozích dvou měření. Z výsledků na obrázku 19 vychází jako odrůdy s největším obsahem barviv v sušině odrůdy „*Renova*“, „*Červená kulatá*“ a „*Betina*“. Naopak nejmenší množství betalainů obsahuje odrůda „*Boldor F1*“. Tím jsou podpořeny výsledky v předchozích dvou měření.

Při porovnání s genotypem cukrové a krmné řepy nejnižší hodnoty vykazovala právě odrůda „*Picobella*“, která nedosáhla ani jednotky mg na gram sušiny a její celkový obsah se dostal na hodnotu 0,85, což je v porovnání s odrůdou „*Renova*“ o téměř 92 % nižší. Jak je uvedeno v předchozích výsledcích (5.4), rozdíl mezi odrůdou „*Boldor F1*“ a ostatními odrůdami salátové řepy je značný. Tato odrůda má rozdíl obsahu betalainových barviv, oproti zbytku testovaných odrůd salátové řepy, nižší v řádu několika desítek procent.

obr.č. 19: Obsah betalainů (mg/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.



Odlišná písmena nad sloupci v grafu znamenají průkazný rozdíl na hladině významnosti  $P < 0,05$  (Fisherův LSD test).

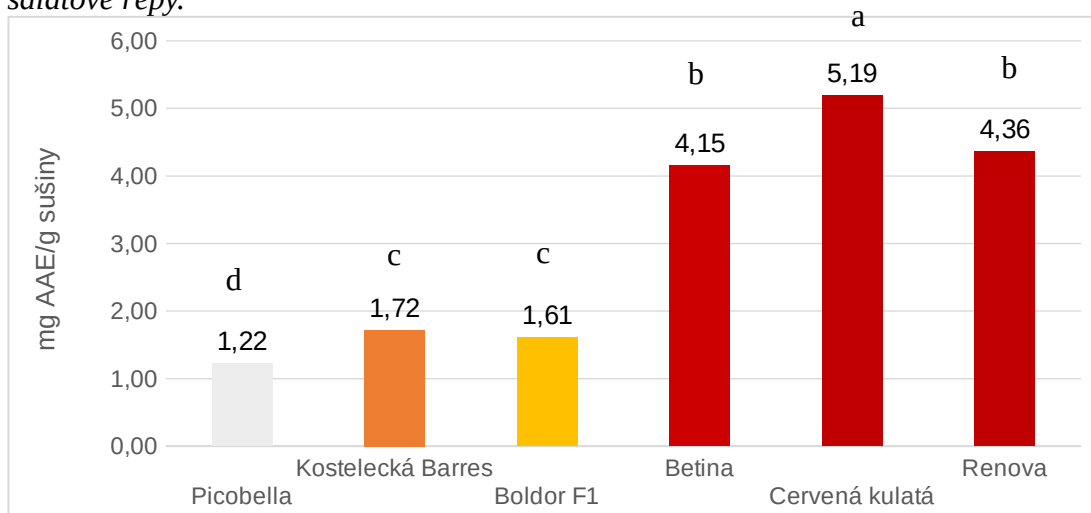
## 5.6 Antioxidační aktivita

Z výsledků na obrázku 20 je zřejmé, že naměřená antioxidační aktivita u jednotlivých odrůd se značně lišila. Jako odrůda s nejvyšší hodnotou antioxidační aktivity se jeví odrůda „Červená kulatá“, u které byla naměřena hodnota 5,19 mg AAE na gram sušiny. Další dvě s vysokou hodnotou byly odrůdy „Renova“ a „Betina“, u kterých byla zjištěna úroveň antioxidační aktivity na 4,36 a 4,15 mg AAE na gram sušiny. Opět si lze však všimnout, že nejvyšší hodnoty dosahují genotypy s červeno-fialovým zbarvením.

Z testovaných vzorků pak odrůdy s nejnižší hodnotou byly „Kostelecká Barres“, „Boldor F1“ a „Picobella“. Jejich hodnoty se pohybovaly v rozmezí 1,22 – 1,72 mg AAE na gram sušiny.

Uvedené výsledky vypovídají, že odrůdy, které jsou bohatší na betalainy, mají hodnotu antioxidační aktivity vyšší než ostatní. Díky tomu se jeví jako lepší zdroje antioxidantů.

obr.č. 20: Antioxidační aktivita (mg AAE/g sušiny) v bulvách hodnocených odrůd salátové řepy.



Odlíšná písmena nad sloupci v grafu znamenají průkazný rozdíl na hladině významnosti  $P < 0,05$  (Fisherův LSD test).

## 6. DISKUZE

### 6.1 Stanovení barviv

Pro stanovení barviv byla použita spektrofotometrická metoda. Betakyaniny se měří při 540 nm a vyznačují se červeným zabarvením a betaxanthiny se měří při 480 nm a vyznačují se žluto-oranžovým zabarvením.

Tímto měřením bylo zjištěno, že zkoumané odrůdy s červeno-fialovým zabarvením mají vyšší hodnoty celkového množství betaxanthinů než odrůda se žluto-oranžovým zabarvením dužniny. To je zajímavé zjištění, jelikož by se dalo očekávat, že právě odrůda „*Boldor F1*“, která je žluto-oranžově zbarvená, bude mít hodnoty betaxanthinů vyšší.

U odrůd s červeno-fialovým zabarvením dužniny byly zjištěny vyšší hodnoty betakyanů. Odrůdy salátové řepy mají vyšší koncentraci betakyanů než ostatní zkoumané odrůdy. Nejvyšší hodnotou se vyznačuje odrůda „*Renova*“, podle obrázku 17.

Otázkou je, zda by se těchto nebo jim podobných výsledků dosáhlo i v jiném roce pěstování. Tedy za jiných podmínek, než které byly v době pěstování testovaných odrůd (rok 2019).

### 6.2 Stanovení antioxidační aktivity

Měření antioxidační aktivity bylo popsáno v kapitole 4.3.2. K prezentování výsledků byl použit ekvivalent kyseliny askorbové (KA).

Z výsledků je zřejmé, že nejvyšší hodnoty ze zkoumaných vzorků dosahují odrůdy, které obsahují více červeného barviva. Proto si můžeme všimnout, že odrůdy „*Picobella*“, „*Kostelecká Barres*“ a „*Boldor F1*“ mají hodnoty do 2 mg AAE/g sušiny, kdežto u odrůd „*Betina*“, „*Červená kulatá*“

a „*Renova*“ jsou hodnoty výrazně nad hranicí 4 mg AAE/g sušiny. Dalo by se tak říci, že ze zkoumaných vzorků odrůd salátové řepy se jeví jako nejvíce užitečná v tomto směru právě odrůda „*Renova*“. Naopak nejméně vyžitekelná vychází z těchto výsledků odrůda „*Boldor F1*“ jako zástupce salátové řepy.

Sreeramulu a Raghunath (2010) zjišťovali hodnoty antioxidační aktivity u vzorků zeleniny, kam zařadili i červenou řepu. U té zjistili, že hodnota antioxidační aktivity je 125,10 mg ekv. troloxu/100g. Je tedy zřejmé, že se naměřené výsledky liší. Odlišné hodnoty mohou být způsobeny použitím jiných odrůd pro testování, odlišnými geografickými podmínkami, ve kterých byly vzorky pěstovány nebo použitím jiného ekvivalentu měření.

Přesto, že odrůdy se žluto-oranžovým zabarvením jsou možná více zajímavé, ze zdravotního hlediska budou pro zdraví přínosnější odrůdy s červeno-fialovým zbarvením, jelikož obsahují více antioxidačních látek a tím budou úspěšnější při neutralizaci volných radikálů.

### **6.3 Stanovení celkového obsahu polyfenolů**

Nejvyšší obsah polyfenolů byl naměřen u odrůdy „*Renova*“, jenž činil 2,89 mg GAE/g sušiny, a nejnižší u „*Boldor F1*“ s výsledkem 2,06 mg GAE/g sušiny, jakožto odrůda řepy salátové.

Sreeramulu a Raghunath (2010) uvedli ve své práci obsah celkových polyfenolů v metanolovém extraktu červené řepy 169,41 mg GAE/100g, což odpovídá 1,6941 mg GAE/g.

Shyamala a Jamuna (2010) zjistili obsah celkových polyfenolů u červené řepy v hodnotách 90,00 mg ekv. taninu/100g. Kdy jako extrakční činidlo použili také ethanolový roztok.

Jak je možné si všimnout, na obsahu celkových polyfenolů se může podílet použité extrakční činidlo. Lze tedy usuzovat, že v případě použití jiného činidla v této práci by se dosáhlo zcela jiných výsledků. Stejně tak při

použití jiné odrůdy. Jelikož byly v této práci použity odrůdy salátové řepy, a pro porovnání vzorek krmné a cukrové řepy, lze si všimnout podobných výsledků pro odrůdu „*Picobella*“, jejíž hodnota činí 0,62 mg GAE/g sušiny. Je tedy zřejmé, že vzorky salátové řepy mají hodnoty řádově vyšší.

V porovnání s výzkumem kolektivu autorů ze Slovenské poľnohospodárskej univerzity v Nitře, kteří zjistili množství celkových polyfenolů v hodnotách od 0,82 až 1,28 mg GAE/g, se hodnoty liší. Konkrétně odrůda „*Renova*“, u které autoři zjistili hodnotu 1,28 mg GAE/g, se výsledky v této práci liší výrazně. A to o 1,61 mg GAE/g. V tomto případě může být výchylka způsobena odlišným způsobem pěstování. Důležitým faktorem může být způsob hnojení či odlišné půdní podmínky.

## 7. ZÁVĚR

V bakalářské práci byly zjišťovány rozdíly v antioxidační aktivitě a obsahy jednotlivých barviv mezi různými odrůdami salátové řepy. Ze zjištěných výsledků můžeme vyvodit následující závěry:

Při zjišťování jednotlivých barviv u vybraných odrůd bylo zjištěno, že bohaté na betakyaniny a betaxanthiny jsou především odrůdy „*Renova*“, „*Červená kulatá*“ a „*Betina*“. Dá se tedy předpokládat, že vyšší obsah těchto barviv budou mít odrůdy, které mají barvu dužniny dočervena. Jejich hodnoty se pohybovaly výrazně výše než u odrůdy „*Boldor F1*“, u které by se čekalo zastoupení betaxanthinů naopak vyšší než u červeně zbarvených odrůd.

V bakalářské práci byla zjišťována antioxidační aktivita jednotlivých odrůd salátové řepy. Nejvyšší hodnoty dosáhla odrůda „*Červená kulatá*“, naopak nejnižší aktivitou se vyznačovala odrůda „*Boldor F1*“. Pokud bychom srovnali tyto výsledky s cukrovou a krmnou řepou, nejnižší hodnoty dosáhla odrůda „*Picobella*“. Opět si lze všimnout, že vyšší antioxidační aktivitu mají odrůdy vyznačující se sytě červenou barvou dužniny. Oproti nim odrůdy s barvou dužniny ve světle žlutých až bílých odstínech mají, podle výsledků této práce, antioxidační aktivitu spíše nízkou. Pro účely, kde je potřeba mít co nejvyšší hodnoty antioxidačních látek, je proto vhodné používat odrůdy s červeným zbarvením dužniny.

V neposlední řadě se hodnotilo také množství sušiny zkoumaných genotypů. Z výsledků v kapitole 5 je možné vidět, že obsah naměřené sušiny se mezi odrůdami nijak výrazně nelišil. Větší procentuální zastoupení měla odrůda cukrové řepy, jejíž hodnota činila 25,25%, a to z toho důvodu, jelikož je za tímto účelem záměrně pěstována.

Dále byl zjišťován celkový obsah polyfenolů, kde se vyjímalala odrůda „*Renova*“, která jakožto oproti jiným měřeným odrůdám měla hodnotu

2,89 mg GAE na gram sušiny. Obsah polyfenolů u ostatních odrůd salátové řepy se pohyboval v rozmezí 2,06 – 2,89 mg GAE na gram sušiny.

Na výsledcích se podílí také řada faktorů, které ať pozitivně, či negativně ovlivnily konečné hodnoty měření. Ať už se jedná o podnebí, výkyvy teplot nebo způsoby hnojení (dusíkatá hnojiva), je jisté, že v jiných podmínkách by se mohly získat poměrově dosti odlišné výsledky. Na konečné výsledky bude mít vliv také celkový stav půdy a vliv srážek.

## 8. POUŽITÁ LITERATURA

- 1: AZEREDO H., Betalains: properties, sources, applications, and stability, *International Journal of Food Science and Technology* [online], 2009, 2365-2376 [cit. 15.12. 2019].  
Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x>
- 2: BARTOŠ J. A KOL., Pěstování a odbyt zeleniny, Praha: Agrospoj, 2000, ISBN 80-239-4242-5
- 3: BEJO BOHEMIA, Katalog 2019 – 2021 (Osiva zeleniny) [online] [cit. 17.6. 2020].  
Dostupné z: <https://www.bejo.cz/magazine/katalog-2019-2021>
- 4: BENZIE I. F., STRAIN J.J., The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay [online], 1996 [cit. 23.2. 2020].  
Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8660627>
- 5: BOO H. et al. Extraction and characterization of some natural plant pigments. *Industrial Crops and Products*. 2012, 40, 129–135
- 6: BRICKELL A KOL, Velká zahrádkářská encyklopedie, 2. vydání, Praha: Ikar, 1999, 624s, ISBN 978-80-7202-569-5
- 7: BUCHTOVÁ I., Situační a výhledová zpráva zelenina. In: Ministerstvo zemědělství, Odbor zemědělských komodit MZe, 2019, ISBN 978-80-7434-257-2
- 8: CARRILLOA C., WILCHES-PÉREZ B D., HALLMANN C E., KAZIMIERZCAK R. REMBIALKOWSKA E., Organic versus conventional beetroot. Bioactive compounds and antioxidant properties, *LWT - Food Science and Technology* [online], 2019, 116s [cit. 24.2. 2020], ISSN 0023-6438
- 9: CLIFFORD T., HOWATSON G., WEST D. J., STEVENSON E. J., The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease, *Nutrients* [online], 2015, 7, 2801-2822 [cit. 4.3. 2020], ISSN 2072-6643
- 10: CZAPSKI J., MIKOLAJCZYK K., KACZMAREK M., Relationship between antioxidant capacity of red beet juice and content of its betalain pigments, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* [online], 2009, 59(2), 119-122 [cit. 15.12. 2019].  
Dostupné z: <http://journal.pan.olsztyn.pl>



- 11: DOSTÁLOVÁ J., Červená řepa a doporučení „všeho s mírou" [online], Společnost pro výživu, 2019 [cit. 8.1. 2020].  
Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/cervena-repa-a-doporuceni-vseho-s-mirou.aspx>
- 12: EAGRI.CZ, Databáze odrůd [online] [cit. 16.6. 2020].  
Dostupné z: [www.eagri.cz](http://www.eagri.cz)
- 13: HEIKO B. A KOL., Atlas Rostlin, Knižní klub, 2016, ISBN 978-80-242-5162-2
- 14: HEJNÝ S. & SLAVÍK B., Květena České republiky, 1. vydání, Praha: Academia, 2003, ISBN 80-200-1090-4
- 15: HEJSKOVÁ, V., UV/VIS spektrofotometrie a možnosti jejího využití v rámci vzdělávání učitelů chemie, Praha, 2016, Diplomová práce, Univerzita Karlova v Praze
- 16: KAZIMIERCZAK R., HALLMANN E., CARRILLO C., REMBIALKOWSKA E., Influence of variety and production system on selected chemical parameters of beetroot juices prepared from seven beetroot varieties, Journal of Food and Nutrition Research [online], 2019, 58(3), 214-224 [cit. 2.4. 2020]. ISSN 1336-8672.  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/journal/JFNR>
- 17: KELLER U., MEIER R., a BERTOLI S.. Klinická výživa.1 vyd. Praha: Scientia medica, spol. s r.o., 1993. 240 s. ISBN 80-85526-08-5
- 18: LACHMAN J., HAMOUZ K., ČEPL J., PIVEC V., ŠULC M., DVOŘÁK P., Vliv vybraných faktorů na obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu hlíz brambor. Chemické listy [online], 2006, 100: 522-527 [cit. 23.4. 2020]
- 19: LECHNER J. F., STONER G. D., Red Beetroot and Betalains as Cancer Chemopreventative Agents, Molecules [online], 2019, 19(24), 1-12 [cit. 2.4. 2020]. ISSN 1420-3049
- 20: MAITLAND, D. P., MAITLAND P. D. Chromatography: Are we getting it right? Journal of Biological Education. 2002, 37(1), 6–8 [cit. 14.11. 2020]
- 21: MAJETI NARASIMHA VARA PRASAD, Transgenic Plant Technology for Remediation of Toxic Metals and Metalloids [online], Academic Press, 2019 [cit. 12.2. 2020].  
Dostupné z: [https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=pVh7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Transgenic+Plant+Technology+for+Remediation+of+Toxic+Metals+and+Metalloids&ots=xhpUV-32kS&sig=Ib5SRqrkB-D0v6\\_lbWQxAmT9-TY&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Transgenic%20Plant%20Technology%20for%20Remediation%20of%20Toxic%20Metals%20and%20Metalloids&f=false](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=pVh7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Transgenic+Plant+Technology+for+Remediation+of+Toxic+Metals+and+Metalloids&ots=xhpUV-32kS&sig=Ib5SRqrkB-D0v6_lbWQxAmT9-TY&redir_esc=y#v=onepage&q=Transgenic%20Plant%20Technology%20for%20Remediation%20of%20Toxic%20Metals%20and%20Metalloids&f=false)

- 22: MIKOLAJCZYK-BATOR K., Effect of pH Changes on Antioxidant Capacity and the Content of Betalain Pigments During the Heating of a Solution of Red Beet Betalains, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences [online], 2017, 67(2), 123-128 [cit. 12.2. 2020].  
Dostupné z: <http://journal.pan.olsztyn.pl>
- 23: MOLDOVEANU C. S., DAVID V., Selection of the HPLC Method in Chemical Analysis, 2017, 1-29
- 24: MORAVOSEED, Katalog zeleniny 20018 – 2020 [online] [cit. 20.6. 2020].  
Dostupné z: [https://moravoseed.cz/web/dokumenty/moravoseed\\_katalog\\_2018-2020.pdf](https://moravoseed.cz/web/dokumenty/moravoseed_katalog_2018-2020.pdf)
- 25: NISTOR O. V., SEREMET L., ANDRONOIU D. G., RUDI L., BOTEZ E., Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *Cylindra*), Food Chemistry [online], 2017, 236, 59-67 [cit. 11.4. 2020]
- 26: ODSTRČIL J., ODSTRČILOVÁ M., Chemie potravin, 1. vydání, Praha: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006, ISBN 978-80-7013-435-1
- 27: PAULOVÁ H., BOCHOŘÁKOVÁ H., TÁBORSKÁ E., Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek In Vitro, Chemické listy [online], 2004, 98, 174-179 [cit. 13.4. 2020].  
Dostupné z: [http://chemicke-listy.cz/docs/full/2004\\_04\\_03.pdf](http://chemicke-listy.cz/docs/full/2004_04_03.pdf)
- 28: PEKÁRKOVÁ E. Pěstujeme zdravou zeleninu. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1992, 144s, ISBN 80-0300-664-3
- 29: ROXANNE F., The health benefits of beetroot [online], BBC Good Food, 2019 [cit. 3.11. 2020].  
Dostupné z: <https://www.bbcgoodfood.com/howto/guide/ingredient-focus-beetroot>
- 30: SAWICKI T., BACZEK N., WICZKOWSKI W., Betalain profile, content and antioxidant capacity of red beetroot dependent on the genotype and root part, Journal of Functional Foods [online], 2016, 27, 249-261 [cit. 28.1. 2020], ISSN 2333-1240
- 31: SHYAMALA, BN., P. JAMUNA, Nutritional Content and Antioxidant Properties of Pulp Waste *Daucus carota* and *Beta vulgaris*, Malays Journal of Nutrition [online], 2010, 16, 397-408 [cit. 11.5. 2020]
- 32: SILVA D., BAIÃO D., SILVA F., ALVES G., PERRONE D., AGUILA E., FLOSI V., Betanin, a Natural Food Additive: Stability, Bioavailability, Antioxidant and Preservative Ability Assessments, Molecules [online], 2019 [cit. 16. 3. 2020], ISSN 1420-3049

- 33: SREERAMULU, D., M. RAGHUNATH., Antioxidant activity and phenolic content of roots tubers and vegetables commonly consumed in India, *Food Reasearch International* [online], 2010, 43, 1017-1020 [cit. 11.5. 2020]
- 34: ŠROLLER J. PULKRÁBEK, Základy pěstování krmné řepy Význam, využití, prostředí, osevni postup, odrůdy, osivo, výživa, hnojení, půda, založení, setí, ošetřování, ochrana, sklizeň, skladování, konzervace, úprava, zkrmování, časový plán, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1993, ISBN 80-7105-036-9
- 35: ŠULC M., LACHMAN J., HAMOUZ K., ORSÁK M., DVOŘÁK P., HORÁČKOVÁ V., Výběr a zhodnocení vhodných metod pro stanovení antioxidační aktivity fialových a červených odrůd brambor. *Chemické listy* [online], 2007, 101: 584-591 [cit. 23.3. 2020]
- 36: URBAN J., ŠARAPATKA B. A KOL., *Ekologické zemědělství, Šumperk: PRO-BIO*, 2006, ISBN 80-87080-00-9
- 37: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Agricultural Research Service [online] [cit. 15.6. 2020].  
Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/>
- 38: VÁCHALOVÁ, KOLÁŘ, PETERKA., Betalainy v červené řepě ve vztahu k hnojení řepy sodíkem, *Listy cukrovarnické a řepářské* [online], 2019, 135(1), 25-26 [cit. 5.1. 2020].  
Dostupné z: [http://www.cukr-listy.cz/on\\_line/2019/PDF/25-27.pdf](http://www.cukr-listy.cz/on_line/2019/PDF/25-27.pdf)
- 39: VILÍMOVSKÝ M., Co jsou antioxidanty? [online], *Medclicker*, 2018 [cit. 10.11. 2019].  
Dostupné z: <https://cs.medlicker.com/1107-antioxidanty>
- 40: WRUSS J., WALDENBERGER G., HUEMER S., UYGUN P., LANZERSTORFER P., MULLER U., HOGLINGER O., WEGHUBER J., Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria, *Journal of Food Composition and Analysis* [online], 2015, 42, 46-55 [cit. 5.12. 2019], ISSN: 0889-1575.  
Dostupné z: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-food-composition-and-analysis>
- 41: ZATLOUKAL J., Stanovení antioxidační aktivity u méně známých ovocných druhů, Brno, 2011, Diplomová práce, Mendlova Univerzita v Brně
- 42: ZENDULKA O., Polyfenol ve výživě jako možná prevence nádorových onemocnění, Brno, 2008, Disertační práce, Masarykova Univerzita