

# **Příprava netradičních druhů bezlepkových vloček a stanovení jejich polyfenolického profilu**

Bc. Kristýna Šťastná

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin  
akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kristýna Šťastná**  
Osobní číslo: **T15310**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Příprava netradičních druhů bezlepkových vloček a stanovení jejich polyfenolického profilu**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Stručně shrnout technologii výroby vloček pomocí hydrotermálního působení a procesem extruze
2. Charakteristika polyfenolických látek netradičních obilovin použitých v experimentální části, např. jejich stabilita, fyzikálně-chemické vlastnosti

### II. Praktická část

1. Příprava vloček z netradičních obilovin cestou hydrotermálního ošetření a rozválcování
2. Izolace polyfenolických frakcí z vyrobených vloček
3. V jednotlivých frakcích stanovit obsah flavonoidů, polyfenolů, změřit polyfenolický profil pomocí HPLC a antioxidační aktivity a provést vzájemné korelace
4. Diskuze, závěr

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BAVEC, Franc a Martina BAVEC. Organic production and use of alternative crops [online]. Boca Raton: CRC/Taylor, 2007. ISBN 978-142-0017-427.

[2] ARENDT, Elke K. a Emanuele ZANNINI. Cereal grains for the food and beverage industries [online]. Philadelphia, PA: Woodhead Pub., 2013. Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition, no. 248. ISBN 978-0-85709-892-4.

[3] MASKAN, Medeni a Aylin ALTAN. Advances in food extrusion technology [online]. Boca Raton, FL: CRC Press, 2012. ISBN 978-143-9815-212.

[4] SHAHIDI, Fereidoon a Priyatharini AMBIGAIPALAN. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. Journal of Functional Foods [online]. 2015, (18), 820 – 897. ISSN 1756-4646.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**  
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **3. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. dubna 2017**

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



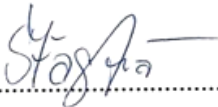
doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## 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 užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....26.4.2017.....

.....  


<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 nevdělečně 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). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

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



## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá možností využití netradičních bezlepkových obilovin pro výrobu vloček. Teoretická část je věnována samotným obilovinám, jejich morfologii, složení a možnostem použití, výrobě vloček hydrotermálním ošetřením a extruzní metodou, polyfenolickým látkám a jejich výskytu ve vybraných obilovinách. V praktické části jsou shrnuty výsledky měření obsahu celkových polyfenolů, flavonoidů, antioxidačních aktivit a stanovení polyfenolického profilu ve volné, konjugované a vázané frakci.

Klíčová slova: netradiční obiloviny, pseudocereálie, vločky, rýže, quiona, amarant, teff, divoká rýže, polyfenoly, flavonoidy, antioxidační aktivita

## **ABSTRACT**

The thesis is focused on the possibility of using non-traditional gluten-free cereals for flakes production. The theoretical part includes description of cereals, their morphology, composition and ways of processing in food industry. Further, the theoretical part describes processing of cereal flakes by hydrothermal processing and extrusion cooking, phenolic compounds and their presence in selected cereals. The experimental part summarizes contents of total phenolic compounds, flavonoids, antioxidant activity and polyphenolic profile of free, conjugated and bound fractions.

Keywords: Non-traditional cereals, pseudocereals, cereal flakes, rice, quinoa, amaranth, tef, wild rice, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení a rady, kterých se mi dostalo při zpracování diplomové práce. Dále děkuji Ing. Lence Fojtíkové za trpělivost a pomoc při práci v laboratoři.

Ráda bych také poděkovala svému příteli a rodině, zejména pak mamince, za podporu během studia.

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



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>13</b>
<b>1 NETRADIČNÍ OBILOVINY</b> .....	<b>14</b>
1.1 RÝŽE .....	14
1.2 QUINOA.....	16
1.3 TEFF .....	17
1.4 AMARANT .....	18
1.5 DIVOKÁ RÝŽE.....	20
<b>2 VÝROBA VLOČEK</b> .....	<b>21</b>
2.1 VÝROBA HYDROTERMÁLNÍM OŠETŘENÍM.....	21
2.2 EXTRUZNÍ VÝROBA .....	22
<b>3 POLYFENOLY A ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA NETRADIČNÍCH OBILOVIN</b> .....	<b>25</b>
3.1 RÝŽE .....	27
3.2 QUINOA.....	28
3.3 TEFF .....	29
3.4 AMARANT .....	29
3.5 DIVOKÁ RÝŽE.....	29
3.6 ZMĚNY POLYFENOLICKÝCH LÁTEK A ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY.....	30
3.6.1 Při hydrotermálním ošetření.....	30
3.6.2 Při extruzním ošetření .....	31
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>33</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>34</b>
<b>5 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>35</b>
5.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A POMŮCKY, PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ .....	35
5.1.1 Chemikálie .....	35
5.1.2 Přístroje a zařízení.....	36
5.2 CHARAKTERISTIKA VZORKŮ A JEJICH PŘÍPRAVA .....	37
5.2.1 Vzorky tří druhů rýže .....	37
5.2.2 Vzorky tří druhů quinoi.....	39
5.2.3 Vzorky dvou druhů teffu .....	41
5.2.4 Vzorek amarantu a divoké rýže.....	42
5.3 EXTRAKCE POLYFENOLICKÝCH FRAKČÍ U VZORKŮ VLOČEK .....	43
5.3.1 Extrakce volných polyfenolů .....	43
5.3.2 Extrakce konjugovaných (rozpuštěných vázaných) polyfenolů .....	44
5.3.3 Extrakce vázaných (nerozpuštěných) polyfenolů .....	44
5.4 STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ FOLIN-CIOCALTEUOVOU METODOU .....	45
5.4.1 Kalibrační křivka pro stanovení obsahu polyfenolů Folin-Cioalteuovou metodou .....	45

5.5	STANOVENÍ OBSAHU FLAVONOIDŮ .....	45
5.5.1	Kalibrační křivka pro stanovení obsahu flavonoidů .....	46
5.6	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU ABTS.....	46
5.6.1	Kalibrační křivka pro stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS.....	47
5.7	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	47
5.7.1	Kalibrační křivka pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH.....	47
5.8	STANOVENÍ VYBRANÝCH POLYFENOLŮ METODOU HPLC/UV .....	48
5.8.1	Stanovení kalibračních křivek standardů .....	48
5.9	STATISTICKÁ ANALÝZA .....	49
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>50</b>
6.1.1	OBSAH POLYFENOLŮ A FLAVONOIDŮ .....	50
6.1.2	ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA .....	55
6.1.3	POLYFENOLICKÝ PROFIL .....	59
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>78</b>

## ÚVOD

Posledních několik let se neustále zvyšuje zájem o zdravou a vyváženou stravu, a to zejména kvůli zvyšujícímu se výskytu civilizačních onemocnění, jako je obezita a s ní spojené kardiovaskulární onemocnění nebo cukrovka. V horším případě vede špatný zdravotní styl ve spojení se špatnou stravou až k rozvoji rakoviny. Připomeňme, že Česká republika patří mezi země s nejvyšším výskytem rakoviny tlustého střeva na světě. Součástí prevence vzniku těchto onemocnění je pak právě zdravý a rozmanitý jídelníček.

Základ jídelníčku vždy tvořily obiloviny. Již naši předci z mouky připravovali kaše či chléb, těstoviny, knedlíky atd. Počátkem 20. století představil švýcarský lékař Maximilian Bircher-Benner první müsli směs, jejíž základ tvořily ovesné vločky. Od té doby prošlo müsli vývojem. Původně zdravý doplněk léčby se díky potravinářskému průmyslu změnil v praženou směs plnou jednoduchých cukrů. Tyto doslazované müsli směsi se v posledních letech začínají vracet ke svým počátkům. Základ již netvoří jen ovesné vločky, ale také pozapomenuté či v evropských zemích ne zcela tradiční druhy obilovin, které se doplňují zejména sušeným ovocem, ořechy či semínky. Použitím vloček z netradičních druhů obilovin lze dosáhnout větší rozmanitosti jídelníčku a vyšší nutriční hodnoty müsli směsi. Výhodou těchto netradičních obilovin je často lepší aminokyselinové složení, jelikož v obilovinách limitující lyzin se v nich vyskytuje v dostatečném množství a např. quinoa se dokonce svým aminokyselinovým složením blíží ideální bílkovině. Výhodou rýže, quinoi, amarantu, teffu a divoké rýže je také fakt, že neobsahují lepek, jehož příjem ve stravě se doporučuje snižovat, ale v případě zdravého organismu určitě ne zcela vylučovat. Navíc, pokud nejsou obiloviny zcela zbaveny obalových vrstev, stávají se také významným zdrojem vlákniny.

Největším plusem a hlavním předmětem výzkumů těchto surovin je posledních cca deset let přítomnost polyfenolických látek. Tyto látky, které si rostliny tvoří zejména jako jakési ochranné látky před vnějšími vlivy, mají potvrzené antioxidační, antikarcinogenní, antialergenní nebo antimikrobní působení. Jejich koncentrace v obilovinách sice není tak vysoká, jako v jiných rostlinných materiálech, např. borůvkách, černém rybízu nebo zeleném čaji, ale jejich příjem může být na rozdíl od těchto potravin každodenní. Ať už součástí snídanových müsli směsí, tak jako přílohová obilovina.

Z obilovin představených v této práci, je v našich zemích nejčastěji používaná bílá rýže, jejíž použití se ale bohužel ve většině domácností omezilo jen na přílohovou surovinu,

příp. jako součást sladkých kaší či nákypů. Quinoa a amarant dnes ještě není obvyklou součástí jídelníčku, ale našly si již řadu svých konzumentů, kteří ji používají k výrobě kaší nebo jako součást salátů. Amarant se ve formě perliček také stal již běžnou součástí prémiových müsli směsí. Barevné druhy rýže, quinoi, teff a divoká rýže jsou ale i dnes poměrně opomíjenou surovinou. Tato práce si dává za úkol zjistit, zda jde o suroviny, které by mohly doplnit tradiční obiloviny v müsli směsích.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

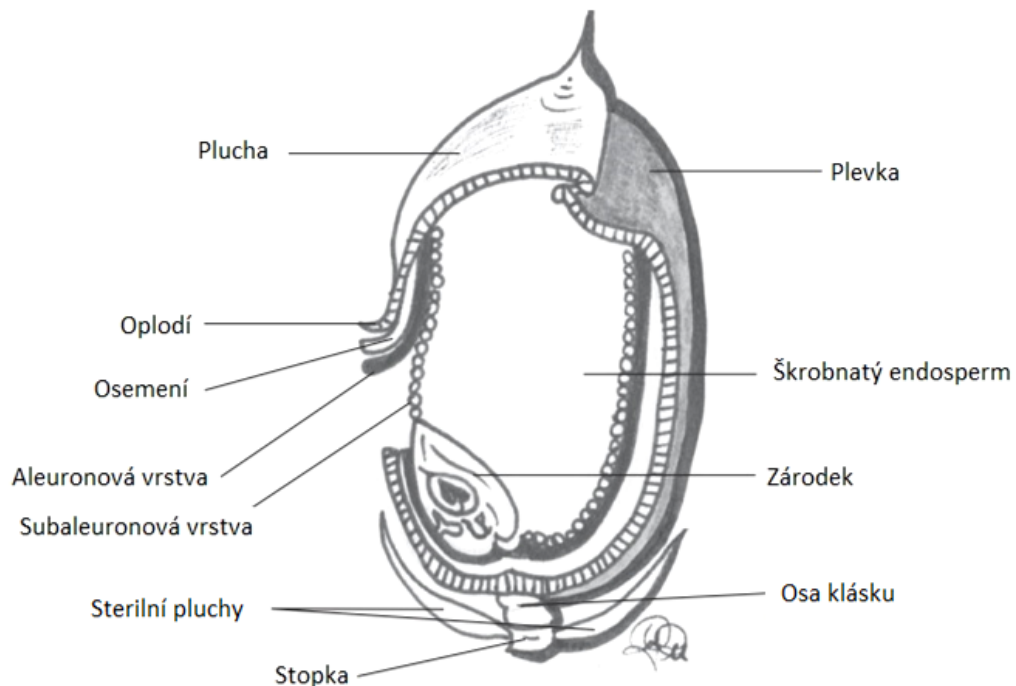
## 1 NETRADIČNÍ OBILOVINY

Cereálie a pseudocereálie jsou rostlinné zdroje, které mají stejné konečné použití, a to zejména v pekárenských produktech. Z botanického hlediska jde ale o různé druhy. Mezi cereálie řadíme tradičně pšenici, ječmen, žito, oves, proso, kukuřici a rýži [1]. Pseudocereálie, mezi které se řadí například amarant (*Amaranthus* spp.), quinoa (*Chenopodium quinoa*) nebo pohanka (*Fagopyrum esculentum*), jsou používány jako alternativa k pšenici, zejména z toho důvodu, že neobsahují prolaminy, tj. bílkovinné prekurzory lepku [2,3]. Jejich výhodou je ale také vyšší nutriční hodnota [1].

### 1.1 Rýže

Rýže (*Oryza sativa* L.) je původní plodinou Asie, přičemž tradiční hlavními producenty jsou Čína a Indie. Dnes jde o hlavní plodinu rozvojového světa a představuje základní potravinu pro téměř 2/3 světové populace [4].

Jde o jednoletou travu z čeledě lipnicovitých (*Poaceae*) rostoucí jak pod vodou, tak i v mokřích nebo suchých polích v širokém rozmezí klimatických podmínek. Během jednoho roku je možné ji sklízet vícekrát, zejména její rané odrůdy. Zralé zrno rýže o délce 5 – 8 mm bývá uzavřeno v obalových vrstvách, kde se u barevných druhů vyskytují také pigmenty [4]. Dle složení a obsahu antokyanových barviv se pak rýže dělí na barevné druhy, a to na rýži s červenými a černými obalovými vrstvami [5]. Endosperm je obalen aleuronovou vrstvou a na vnější straně je uložen zárodek [4].



Obr. 1: Řez zrnem rýže [4]

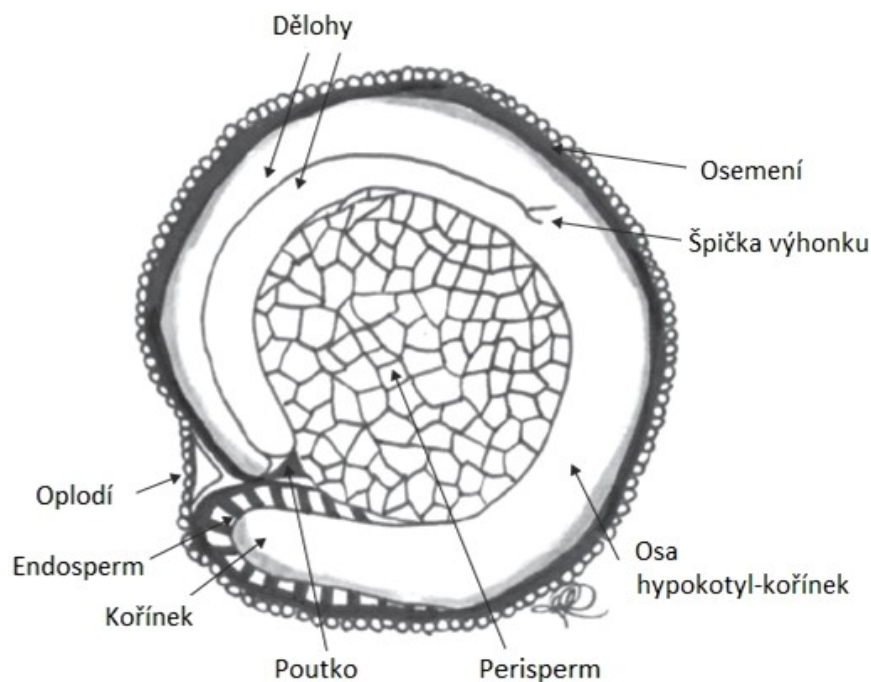
Endosperm je tvořen převážně škrobem (90 % sušiny) a podle podílu amylozy se rýže dělí do pěti skupin – waxy (0 – 2 %), very low (5 – 12 %), low (12 – 20 %), intermediate (20 – 25 %) a high (25 – 33 %). Podíl amylozy následně určuje vlastnosti uvařeného zrna. Rýže s vysokým obsahem amylozy během vaření více zvětšuje svůj objem a je pevná a suchá, zatímco rýže s nízkým obsahem amylozy je po uvaření vlhká a lepivá. Ze všech obilovin obsahuje rýže nejnižší množství vlákniny. Mírně vyšší množství mají barevné druhy (9 – 10 g.100 g<sup>-1</sup> × 6 g.100 g<sup>-1</sup>). Rýže má také poměrně nízký obsah bílkovin, ale s dobrým zastoupením lyzinu. Z vitaminů lze u loupané rýže nalézt vitamin B<sub>1</sub> (tiamin), B<sub>6</sub> (pyridoxin), B<sub>5</sub> (kyselinu pantotenovou), B<sub>3</sub> (niacin) nebo vitamin E ( tokoferoly). Obsah vitaminů se zvyšuje u tzv. parboiled rýže, kdy přechází vitaminy a minerální látky z obalových vrstev do zrna [4].

Rýže je především konzumována ve formě loupáných vařených nebo pufovaných zrn a extrudovaných snacků. Je možné ji mlít na mouku, kterou lze dále zpracovat na těstoviny, snídaňové cereálie, pudinky, dětskou výživu, alkoholické nápoje (saké) nebo ocet. V asijských zemích se z rýžové mouky připravují také tradiční napařované koláčky. Pokud chceme, aby byly výrobky z rýžové mouky nutričně hodnotnější, je možné k jejich výrobě používat rýžovou mouku z parboiled rýže [4]. Rýže je dnes v potravinářském průmyslu velmi používanou náhradou za pšenici díky absenci lepku nebo jiných alergizujících látek, a proto se s ní experimentuje také při výrobě chleba [6] [4].

## 1.2 Quinoa

Quinoa (*Chenopodium quinoa*) je původní rostlinou z pohoří And a dnes se pěstuje na území Kolumbie, Ekvádoru, Peru, Bolívie, Chile a Argentiny, přičemž Bolívie a Peru jsou jejími největšími exportéry [7].

Jde o jednoletou rostlinu náležící do čeledi merlíkovité (*Chenopodiaceae*). Jednotlivé genotypy se mohou lišit výškou rostliny (0,2 – 3,0 m), barvou rostliny i semen, hmotností semene, obsahem proteinů, saponinů atd. Semeno, přesněji řečeno nažka, může mít bílou barvu nebo mohou mít díky přítomnosti  $\beta$ -kyaninů žlutou, červenou, fialovou, hnědou až černou barvu. Zbarvené může být samotné oplodí (perikarp) nebo osemení (testa) v případě, že je oplodí průsvitné. V jednom květenství se navíc může objevovat i mix těchto barev, s tím, že jejich zastoupení se snižuje v pořadí černá, červená, žlutá a bílá. Semeno má hmotnost 2 – 6 mg a měří 1 – 2,6 mm a mohou být špičatá, kónická, cylindrická nebo elipsoidní. Jejich hrana může být ostrá nebo zaoblená [7,4]. Uvnitř semene je uzavřen škrobnatý perisperm světlé barvy [3].



Obr. 2: Řez zrnem quinoi [4]

Quinoa se skládá z 54,1 – 64,2 % sacharidů, 10 – 18 % bílkovin, 4,5 – 8,8 % tuku, 2,1 – 4,9 % vlákniny a 2,4 – 3,7 % minerálních látek, u kterých převažuje fosfor, hořčík a železo [7,8]. Obsah lipů je oproti cereáliím vyšší, což je způsobeno přítomností velkého zárodku. Tuky jsou navíc tvořeny esenciálními mastnými kyselinami (MK) [3].



Z celkových sacharidů tvoří asi 60 % škrob tvořící většinu perispermu. Škrobové granule (1 – 2  $\mu\text{m}$ ) jsou u quinoi menší než škrobové granule kukuřice (1 – 23  $\mu\text{m}$ ) nebo pšenice (2 – 40  $\mu\text{m}$ ) [7, 4].

Některé kultivary z Ekvádoru jsou velmi bohaté na bílkoviny. Uvádí se, že 100 g quinoi pokryje u dospělého člověka doporučený denní příjem valinu (346 %), izoleucinu (337 %), histidinu (200 %), v obilovinách limitujícího lyzinu (347 %), metioninu a cysteinu (312 %), fenylalaninu (363 %), treoninu (411 %) a tryptofanu (180 %) [7,4]. Poměrem jednotlivých aminokyselin (AMK) se velmi blíží ideální bílkovině [4].

Quinoa, u níž je většina vitaminů koncentrována v zárodku, je považována za dobrý zdroj tokoferolů, B<sub>1</sub> (tiaminu), B<sub>2</sub> (riboflavinu), kyseliny listové a na rozdíl od obilovin také za zdroj vitamínu C [3, 7].

Nezpracovaná quinoa je po uvaření hořká, protože součástí její obalové vrstvy jsou hořké saponiny [8]. Tyto látky jsou odstraňovány praním v proudící vodě, drhnutím nebo kombinací těchto způsobů [7]. V dnešní době se již ale pěstují i odrůdy tzv. sladké, u nichž je obsah saponinů nižší. Jako hranice mezi hořkou a sladkou quinoou byl stanoven obsah saponinů 110 mg.100 g<sup>-1</sup>, tj. 0,11 % saponinů, který při sensorické analýze vyšel jako limit detekce hořké chuti saponinů [9, 10]. Druhy s obsahem saponinů nad 0,11 % jsou označovány jako hořké, naopak druhy s obsahem saponinů pod 0,11 % jsou označovány jako sladké [9].

Tradičně je quinoa využívána v mnoha pokrmech jako jsou polévky, vývary nebo jako příloha k dušenému masu. Quinoa je ale především v Boliívii a Peru zpracovávána na řadu produktů [3]. Samotná zrna pufována, extruzně vařena. Nejčastěji je ale mleta na mouku, ze které lze připravovat například bezlepkové těstoviny, koláčové korpusy či sušenky, ale kvůli absenci lepku se nehodí pro výrobu pečiva [7]. Velký potenciál má quinoa i při získávání oleje. Její produkce je v dnešní době ale tak nízká, že nejde o její primární využití [3].

### 1.3 Teff

Teff (*Eragrostis tef*) je obilovinou tropického pásma, tradičně pěstovanou ve východní části Afriky, zejména v Etiopii. Patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*) a rod *Eragrostis* zahrnuje přes 300 druhů teffu [4]. Dle barvy semene se pak rozlišují dva hlavní druhy – bílý a hnědý/červený teff [11]. Světlé druhy jsou vyhledávanější, ale také dražší, protože

jsou produkovány jen v malé části Etiopie na úrodných půdách [4, 11]. Červené a hnědé druhy jsou pak méně žádané, ale jsou bohatší na obsah železa [4].

Jde o rostlinu, která dobře snáší různé množství srážek, vč. období sucha, teploty až nad 35 °C, rozdílné půdní podmínky i nadmořské výšky. Jedna rostlina může vyprodukovat až 50 000 zrn, je ale nutno podotknout, že hmotnost tisíce zrn je jen 265 mg a jde tak o vůbec nejmenší zrno obilovin. Zrno není uzavřeno ve slupce. Semeno je tvořeno oplodím, pod kterým je osemení u barevných druhů bohaté na polyfenoly, aleuronová vrstva tvořená bílkovinami a tuky a uvnitř škrobnatý endosperm. Na jednom z konců je pak uložen zárodek bohatý na tuky a bílkoviny [4].

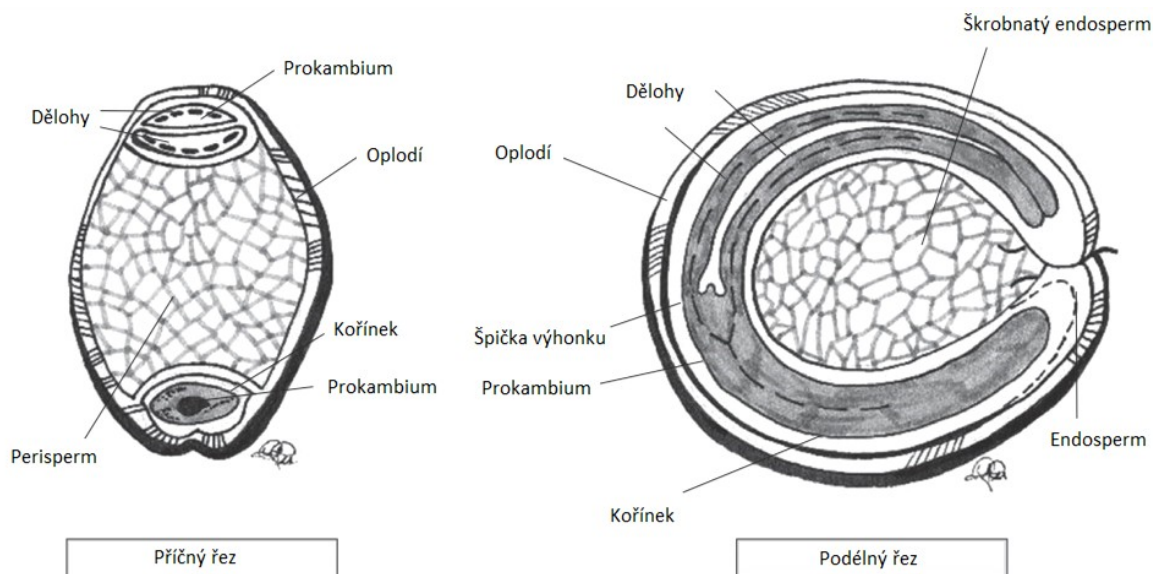
Jde o obilovinu, která je vždy konzumována jako celozrnná, proto má vyšší nutriční hodnotu než všechny hlavní obiloviny. Typicky obsahuje 9,4 – 13,3 % bílkovin, 74 % škrobu uloženého v endospermu, 2,6 – 3,0 % minerálních látek a 2,0 – 3,1 % lipidů. Z aminokyselin je důležitá hlavně přítomnost lysinu, ale oproti jiným cereáliím je vyšší i obsah metioninu, alaninu a histidinu. Řadí se také mezi dobré zdroje vlákniny a minerálních látek, zejména vápníku, železa, manganu a zinku. Z vitaminů obsahuje vitamin C a také niacin [4].

Stejně jako ostatní cereálie, i teff je primárně zpracováván na mouku. V Etiopii se z mouky připravuje tradiční kvašená chlebová placka, tzv. *injera*, ale používá se také na výrobu kaše, koláčů či sušenek. Zrna teffu se také uplatňují při výrobě alkoholických nápojů [4].

## 1.4 Amarant

Amarant je rostlina náležící do čeledi laskavcovité (*Amaranthaceae*) a rodu *Amaranthus* s extrémní genetickou rozmanitostí [7]. Semena plodí ale jen tři jeho druhy, a to *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus cruentus* a *Amaranthus caudatus* [3]. Původ této pseudocereálie je v Jižní Americe (Ekvádor, Peru, Bolívie), kde šlo o nenahraditelnou potravinu Aztéků [7]. V současné době se pěstuje v latinské Americe, USA, Indii, Africe, Číně, východní Evropě a v Rusku [4].

Jde o jednoletou rostlinu dávající relativně malá lehká semena o průměru okolo 1 mm. Obalové vrstvy jsou hladké a tenké a mohou být různě zbarveny (bílá, krémová, žlutá, růžová, hnědá nebo černá). Struktura zralého semene zahrnuje klíček (25 % hmotnosti semene) obtočený kolem perispermu bohatého na škrob [7, 4].



Obr. 3: Řez zrnem amarantu [4]

Zrna amarantu jsou bohatým zdrojem sacharidů (62 %) a bílkovin (12 – 16 %), přičemž bylo zjištěno, že bílkoviny amarantu se složením AMK blíží ideální bílkovině, jelikož obsahuje množství lyzinu, metioninu, cysteinu a argininu. Díky tomu se stává dobrým doplňkem pšeničné mouky, u které je metionin limitující AMK. Škrobové granule (cca 50 % sacharidů) jsou velmi malé s vyšší teplotou mazovatení a schopností absorbovat větší množství vody než např. škrobové granule kukuřice. Obsah lipidů v zrnech amarantu je nízký, ale jde například o bohatý zdroj skvalenu (3,6 – 6,1 % celkového obsahu tuků). Mimo jiné také obsahuje vyšší množství vlákniny než pšenice, kukuřice nebo rýže [7, 4].

V posledních několika letech je používán jako součást snídaňových cereálií nebo vícezrnného pečiva, a to díky dobrým vlastnostem obsaženého škrobu. Z amarantové mouky lze jednoduše připravovat nekypřené druhy pečiva, např. tortilly nebo chapati. V případě výroby chleba je možné amarantovou moukou nahradit až 20 % pšeničné mouky, přičemž nedochází ke ztrátě požadovaných vlastností při zpracování těsta ani z kvality výrobku, který má navíc díky amarantové mouce vyšší vlhkost a delší trvanlivost. Nahrazením části pšeničné mouky lze vyrábět také těstoviny, případně lze kombinací amarantové, quinoové a pohankové mouky s přidávkem vaječného bílku a emulgátorů vyrobit těstoviny zcela bezlepkové. Extruzí nebo pufováním je možné připravit řadu bezlepkových snacků [7, 4].

## 1.5 Divoká rýže

Divoká rýže (*Zizania aquatica*), také známá jako indiánská nebo kanadská rýže, je původní plodinou Severní Ameriky [7]. S rýží ovšem nemá nic společného, ačkoli patří do stejné čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) [12]. Jde o vodní travu rostoucí v mělkých jezerech a v pomalu proudících řekách hlavně v oblasti kolem Velkých jezer. Dnes se pěstuje obdobně jako rýže na zaplavovaných polích [7, 12].

Z výživového hlediska je srovnatelná s jinými obilovinami. Má vysoký obsah škrobu, bílkovin a nízký obsah tuku [13]. Bílkoviny (12 – 15 %) jsou tvořeny z 3,8 – 4,2 % lyzinem, což je asi dvakrát více, než u jiných obilovin. Mimo to obsahuje také vysoké množství železa (2,0 – 9,7 mg.100 g<sup>-1</sup> sušiny), mědi (0,2 – 1,3 mg.100 g<sup>-1</sup> sušiny) a zinku (0,1 – 0,4 mg.100 g<sup>-1</sup> sušiny) [7]. Celozrnná divoká rýže je navíc dobrým zdrojem vlákniny [13].

Protože má divoká rýže unikátní chuť, barvu a texturu, je v současné době komerčně velmi využívána zejména pro ozvláštňování výrobků [13].

## 2 VÝROBA VLOČEK

V současné době se pro masovou komerční výrobu vloček používá nejčastěji pšenice, kukuřice, rýže nebo oves [14]. Jsou známy dva způsoby, jakým lze vločky vyrobit. Jedním z nich je hydrotermální ošetření, tj. vaření, při kterém se uplatňuje hlavně kondukce a konvekce tepla vařící vodou či párou, a tím druhým je termomechanické zpracování, tj. extruzní vaření, při kterém dochází ke zkrácení času konverzí mechanické energie [6, 14].

### 2.1 Výroba hydrotermálním ošetřením

Hydrotermální ošetření vařením je klasický způsob výroby založený na vsádkovém vaření zrn (4 – 5 mm) při teplotě do 95 °C po dobu několika hodin nebo ve vsádkovém tlakovém rotačním zařízení při teplotě téměř 130 °C po necelou hodinu. Vařením, u vloček zejména za zvýšeného tlaku, se značně zvýší obsah vody v zrně (až nad 30 %) a škrobové granule ztratí svoji krystalickou strukturu. Během vaření dochází k částečnému slepení zrn do shluků, které musejí být rozrušeny proséváním. Po uvaření jsou zrna upravena do finální podoby válcováním [6, 14]. Všechny druhy cereálních vloček jsou vyráběny obdobným způsobem.

Například rýžové vločky nazývané „beaten rice“ se vyrábí loupáním rýže, jejím namočením v horké/teplé vodě po dobu 45 minut a následným sušením. Poté jsou zrna rýže opražena v kontinuální pražičce a v rolleru mezi dvěma válci zploštěna na vločky o požadované tloušťce. Vločky jsou na konci prosety přes síto, aby byla zajištěna jejich jednotná velikost v balení [6]. Postup vychází z tradičních rýžových vloček „poha“ vyráběných v Indii. Na jejichž výrobu se používá pouze neloupaná „paddy“ rýže a voda. Rýže je částečně předvařena tak, že je zalita vařící vodou, ve které je ponechána přes noc, aby nasákla. Ráno je voda slita a rýže je opět promyta vařící vodou. Rýže se poté plní do pytlů, aby došlo k vyrovnání vlhkosti. Před válcováním se rýže praží v peci vyplněné pískem, který akumuluje teplo. Důležité je správné posouzení teploty písku a doby pražení, která se pohybuje okolo dvou minut. Směs písku a rýže se vyjme z pece, písek se odstraní na sítěch a vrací se zpět. Opražená rýže se pak ihned odvádí na protichůdné válce, na kterých dojde k zploštění zrna na vločku a k rozdrčení obalových vrstev, které jsou opět odstraněny na sítěch. Vychladlé rýžové vločky jsou pak připraveny k balení [15].

Pro výrobu amarantových vloček se používají namočená zrna amarantu, která jsou po dobu 1 – 3 sekund lisována mezi železnými deskami předehřívány na 200 °C. Mimo to, že amarant tak získá požadovaný tvar, dojde také k odpaření vody ze zrna a není nutné aplikovat další sušení [3].

## 2.2 Extruzní výroba

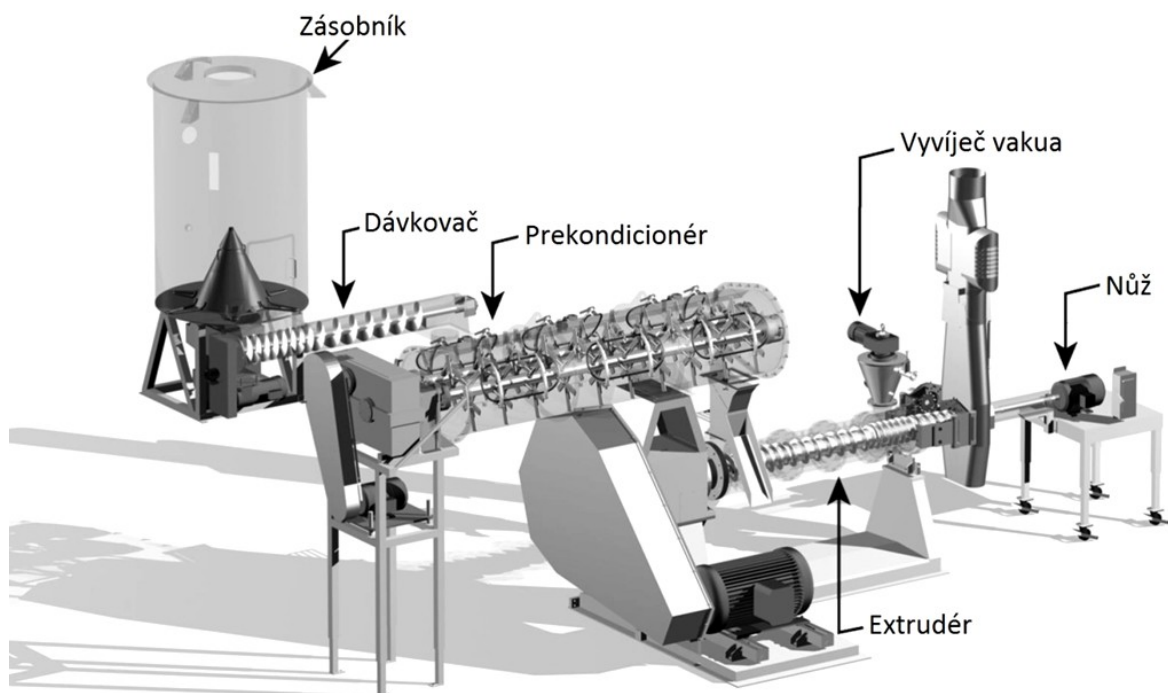
V potravinářském průmyslu je extruze využívána velmi intenzivně a to zejména ve dvou jeho základních odvětvích. Jedním z nich je průmysl zpracovávající obiloviny, druhým průmysl zpracovávající olejniny. Extrudéry byly již v polovině 30. let 20. století používány při výrobě těstovin. Na konci 30. let pak společnost General Mills Inc. (USA) předvedla jednošnekový extrudér jako součást linky na výrobu RTE (ready-to-eat) cereálií, kdy byl ale extrudér využíván jen pro tvarování již předvařeného těsta [16].

Extruzní technologie je oblíbená díky značnému množství výhod, které její používání přináší – má univerzální využití, vysokou produktivitu, nízké provozní náklady, energetickou a časovou úsporu [17]. Často používanou je právě ve zpracování obilovin, jelikož je možné díky ní vyrábět řadu snacků, snídaňových cereálií, koextrudovaných výrobků, knackebrotů, ale také mouk pro směsi instantních polévek nebo kaší, vč. dětské výživy [16, 6, 14, 17]. Při výrobě vloček pak umožňuje snadnou kontrolu nad vlhkostí nebo stupněm provaření suroviny. Díky nízkému nárůstu vlhkosti se navíc následně snižují náklady na energii nutnou k sušení [6, 14].

Během extruze dochází ke smíchání mouky s vodou, která v technologii slouží jako plastifikátor. Následným působením tlaku a tepla v extrudéru dojde k termomechanickému tání biopolymerů tvořících mouku (amylóza, amylopektin a bílkoviny), které se navíc stanou lépe stravitelnými [16]. Z netradičních druhů obilovin byla potvrzena zlepšená stravitelnost bílkovin u amarantu nebo škrobu u quinoi [14, 3, 7]. Extruzní technologie pracující na principu vysoká teplota-krátký čas (high-temperature short-time, HTSH) minimalizuje poškození hodnotných látek při maximální inaktivaci mikroorganismů a nežádoucích enzymů [18].

Extruzní výroba vloček je založená na kontinuálním extruzním vaření krupice (0,6 – 1 mm) tvořící většinu recepturního složení. Provařením krupice, při kterém dojde k relativně malému zvýšení obsahu vody (do 30 %) a naopak vlivem velkého smykového napětí k rozrušení škrobových granulí, vzniká viskoelastická tavenina. Aby vznikla

tavenina s požadovanými vlastnostmi, je nutné správně nastavit vlhkost vstupujícího materiálu, dobu výdrže a podmínky v extrudéru [6, 14, 15]. Kusy taveniny, tzv. peletky, vycházející z extrudéru přes hubici jsou pomocí vibračního dávkovače odváděny do rotačního bubnu ke zchlazení na teplotu 50 °C. Vibrační dávkovač zde slouží jako prevence proti vzniku hrudek [6, 14]. Zchlazené peletky pak procházejí malou mezerou mezi dvěma protichůdnými válci vyhřívány na teplotu přibližně 45 °C, čímž vznikají tenké vločky [18]. Díky mírně zdrsňenému povrchu válců a zasušenému povrchu peletek se zabrání jejich nalepení na válce. Správný stupeň zmazovatění škrobu, obsah vlhkosti a tloušťka pelet se podílí na správném průchodu mezi válci a na jejich soudržnosti. Následně jsou vločky ještě sušeny, aby došlo k úpravě vlhkosti konečného výrobku. V případě, že mají být vločky konzumovány jako RTE cereálie, provádí se ještě toastování s výdrží několika minut při teplotě v rozmezí 200 – 300 °C [6, 14].



Obr. 4: Část výrobního zařízení pro extruzní metodu [15]

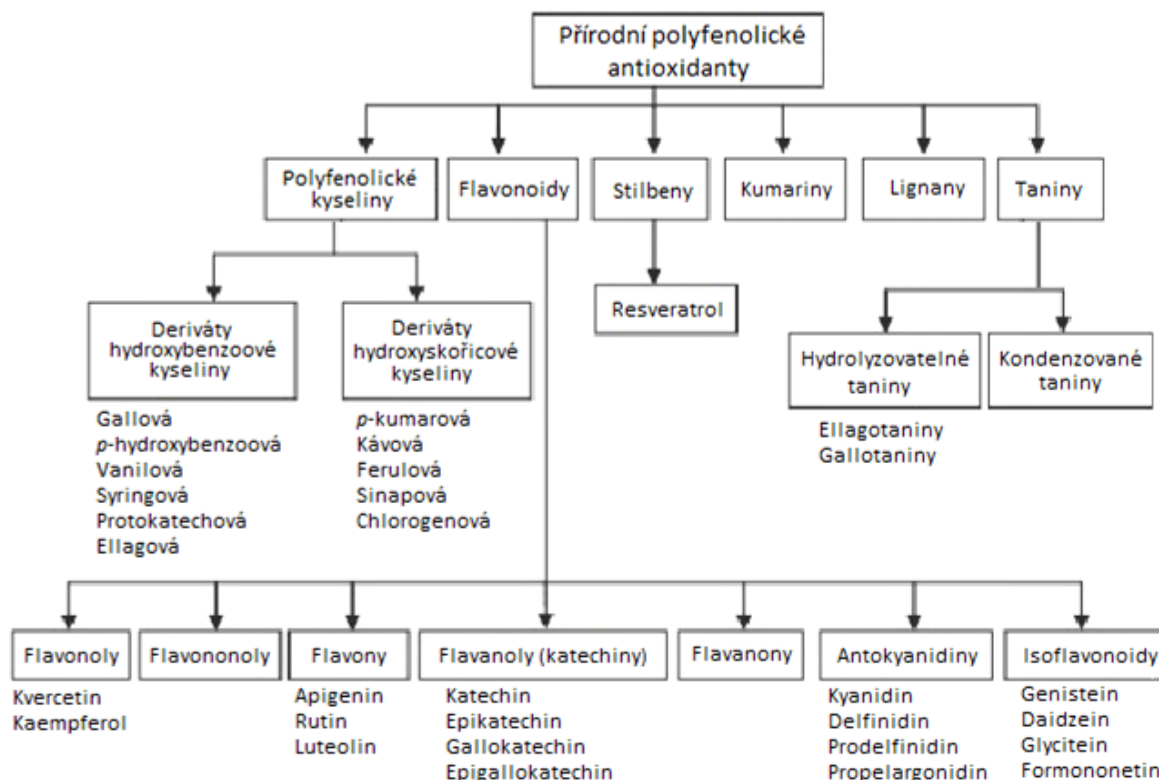
K získání výrobku o požadovaných vlastnostech je potřeba správně nastavit recepturu, vybrat vhodné extruzní zařízení a řídit podmínky extrudéru během samotného vaření [15]. Do extrudéru se mimo cereální krupice a vody dává případně také cukr nebo sacharózový sirup, sladový sirup a sůl pro dodání chuti výslednému produktu, případně látky zlepšující zpracování [6, 15]. Důležitou surovinou je samotná mouka, protože během extruzního vaření dochází k mazovatění a hydrolýze škrobů [15, 14]. Sacharidy, resp. škrob, v ní obsažený tak dává následně výrobku jeho funkční a organoleptické vlastnosti,

tj. vzhled, texturu a chuť. V extrudovaných výrobcích fungují jako pojivo, látka zajišťující spolu s vodou viskozitu taveniny a jako emulzifikátor. Velkou výhodou extruzní výroby je, že lze dopředu také namíchat suchou směs a tu pak kontinuálně spolu s vodou dávkovat do extrudéru. Nevhodné složení směsi je navíc patrné ihned na výstupu, a díky tomu je náprava rychlá s a minimálními ztrátami [15].



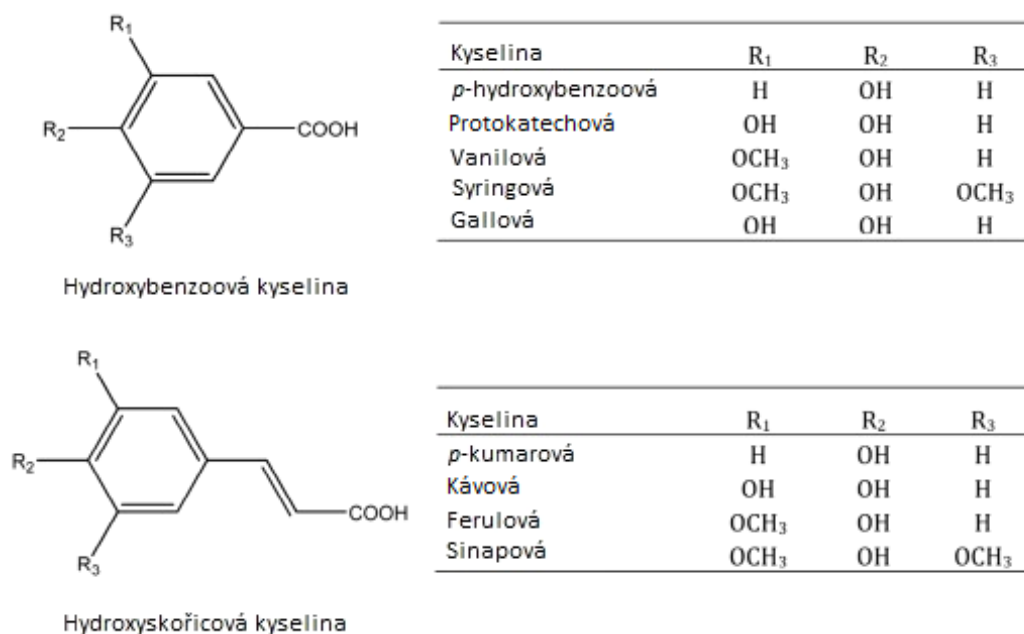
### 3 POLYFENOLY A ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA NETRADIČNÍCH OBILOVIN

Fenolické látky jsou sekundárními metabolity rostlin, které se tvoří přirozeně během normálního vývoje rostliny, přičemž fungují jako atraktanty pro opylovače, ochrana před UV zářením nebo se podílejí na zbarvení rostliny. Zejména se ale tvoří jako odpověď na stres působící na rostlinu, kterým může být poranění rostliny, znečištěné ovzduší, vysoké teploty, napadení patogeny nebo parazity. V tom případě jde o fytoalexiny, tj. postinfekční metabolity [19, 20]. Na jejich obsahu se ale také podílí způsob pěstování, odrůda nebo podmínky skladování suroviny. Jde o různorodou skupinu fytochemických látek odvozených od fenylalaninu a tyrozinu a jsou definovány jako látky obsahující aromatický kruh s jednou nebo více -OH skupinami [19, 21]. V malých koncentracích se mohou podílet na antioxidační aktivitě a chránit tak potravinu před oxidačním žluknutím. V oxidačních reakcích způsobujících zhoršování kvality potravin fungují jako antioxidanty, kdy je jejich antioxidační působení dáno zhášením volných radikálů nebo vázáním iontů kovů, čímž brání autooxidaci vyvolané působením světla, tepla, ionizačním zářením, ionty kovů nebo metaloproteinovými katalyzátory [22].



Obr. 5: Schéma dělení přírodních polyfenolických antioxidantů [22]

Mezi polyfenolické antioxidanty patří polyfenolické kyseliny (deriváty hydroxybenzoové a hydroxyskořicové kyseliny), flavonoidy (kvercetin, kaempferol, myricetin nebo rutin), lignany, kumariny, hydrolyzovatelné a kondenzované taniny nebo stilbeny [22, 19]. Jejich zdrojem je téměř všechen rostlinný materiál od kořínků, přes listy, kůru až po plody a díky tomu jsou zastoupeny ve výživě každého člověka. Podle skladby jídelníčku se jejich denní příjem odhaduje na 25 mg až 1 g [22].



Obr. 6: Vzorec kyseliny hydroxybenzoové a kyseliny hydroxyskořicové a jejich derivátů [22]

Fenolické látky byly široce studovány a byl potvrzen jejich pozitivní bioaktivní účinek na lidské zdraví. Obecně se uvádí, že snižují riziko vzniku rakoviny, onemocnění srdce nebo rozvoj diabetu, působí antialergenně, protizánětlivě nebo antimikrobně. Pokud je ale v rámci suplementace přijímáno vysoké množství jedné fenolické látky, může ztrácet svůj pozitivní účinek a stát se naopak prooxidantem a potenciálním karcinogenem. Naopak pokud je ve stravě přijímána kombinace více antioxidantů s různými mechanismy působení, může se jejich účinnost synergickým působením zvyšovat [22].

Fenolické kyseliny a flavonoidy jsou v cereáliích přítomny jak ve volné, resp. volné a konjugované, tak ve vázané formě, přičemž mnohé studie ukazují, že vázané polyfenoly vykazují vyšší antioxidační aktivitu než volné či konjugované [23, 24]. Fenolické látky se ve volné formě nacházejí především ve vakuolách, ve vázané formě jsou pak umístěny v matici buněčných stěn, kde se vážou na celulózu, hemicelulózy, lignin nebo pektin.

Volné a konjugované polyfenoly se absorbují do krevního řečiště již v tenkém střevě poté, co jsou z konjugované formy uvolněny působením enzymů. Vázané polyfenoly procházejí navázané na nerozpustné složky buněčné stěny až do tlustého střeva, kde se může část vlivem působení mikroorganismů a jejich enzymů uvolňovat a fungovat zde jako prevence vzniku rakoviny tlustého střeva. [19, 24]. Co se týče distribuce samotných polyfenolů v obilce, jejich podíl je vyšší u obalových vrstev, naopak v endospermu se obecně vyskytují spíše v menším množství, a proto bývá jejich velký podíl u standardních obilovin odstraněn již během přípravných operací předcházejícím mletí mouky [22, 25]. Ačkoli je polyfenolický profil jednotlivých bezlepkových cereálií a pseudocereálií značně různorodý, je možné je označit za hodnotný zdroj zdraví prospěšných látek [25].

### 3.1 Rýže

Polyfenoly v rýži jsou častým předmětem výzkumů díky faktu, že je rýže hlavní potravinou konzumovanou většinou světové populace [4, 26].

U rýže je většina fytochemických látek, tj. tokoly, oryzanoly, polyfenolické kyseliny a antokyany, uložena v obalových vrstvách [1]. Zejména pak speciální odrůdy rýže jsou významným zdrojem antioxidantů a mohou proto být považovány za možný zdroj antioxidantů pro funkční potraviny [25].

Z již dříve provedených výzkumů lze konstatovat, že u odrůd s červenými a černými obalovými vrstvami jsou koncentrace polyfenolů asi 7 – 15× vyšší než u rýže se světlými obalovými vrstvami, přičemž vyšší obsah bývá obecně pozorován spíše u rýže s černými obalovými vrstvami [26, 25]. Jiné výzkumy ale naopak přichází s výsledky, kdy mezi barevnými odrůdami rýže není v obsahu celkových polyfenolů významný rozdíl. Mimo jiné se mohou značně lišit výsledky i mezi různými kultivary stejně zbarvených druhů, což naznačuje, že obsah celkových polyfenolů závisí spíše na daném kultivaru či podmínkách během pěstování, a nejde tak o obecnou vlastnost zbarvení obalových vrstev [5]. V přibližně stejných násobcích se pohybuje i antioxidační aktivita, čímž lze mimo jiné potvrdit také korelaci mezi množstvím polyfenolů a antioxidační aktivitou. Stejně jako u ostatních cereálií, i v rýži se fenolické látky vyskytují ve volné a vázané formě, přičemž ve volné formě je to u rýže se světlými obalovými vrstvami 38 – 60 % celkových polyfenolů. U rýže s červenými nebo černými obalovými vrstvami se tento podíl pohybuje až kolem 81 % [26].

Typ a koncentrace polyfenolů se pak liší mezi jednotlivými druhy rýže, ale také mezi jednotlivými genotypy [26]. U všech druhů rýže ale platí, že hlavní polyfenolickou kyselinou je kyselina ferulová [1]. U rýží se světlými obalovými vrstvami se vyskytují hlavně fenolické kyseliny, zejména ferulová a *p*-kumarová [26]. U rýže s červenými obalovými vrstvami jsou nejhojněji zastoupenými fenolickými kyselinami ferulová, *p*-kumarová a vanilová. U rýží s černými obalovými vrstvami pak kyseliny ferulová, vanilová, *p*-kumarová nebo chlorogenová spolu s množstvím flavonoidů [27, 28, 25]. U červených a černých druhů se nacházejí také vysokomolekulární látky řadící se mezi flavonoidy, zejména antokyany kyanidin-3-O- $\beta$ -D-glukosid a peonidin-3-O- $\beta$ -D-glukosid vykazující antioxidační i protizánětlivé působení [26, 29, 22]. Obecně byly v endospermu rýže nalezeny kyselina skořicová, ferulová nebo *p*-kumarová [6].

### 3.2 Quinoa

Polyfenolický profil quinoi je tvořen zejména flavonoidy a fenolickými kyselinami [25]. Hlavními polyfenoly je kyselina vanilová a ferulová a hlavními flavonoidy kaempferol a kvercetin [1, 30]. Stejně jako u jiných obilovin roste obsah polyfenolů a antioxidační aktivita s tmavším zbarvením zrn, což znamená, že nejvyšší obsah je obecně pozorován u černé quinoi [30].

Jak již bylo zmíněno výše, rozděluje se quinoa dle obsahu saponinů na tzv. hořkou a sladkou. Obsah saponinů má vliv i na obsah polyfenolů i antioxidační aktivitu. U tzv. hořkých druhů je vyšší obsah polyfenolů i antioxidační aktivita [8]. Jako sladká quinoa nejsou označovány jen druhy s přirozeně nízkým obsahem saponinů, ale také druhy, u kterých byl obsah saponinů snížen v rámci přípravných operací. Alternativou k praní, jehož nevýhodou je vysoká spotřeba vody, je drhnutí. Stupeň drhnutí, při kterém je odstraněna část perikarpu, dostatečný pro odstranění saponinů je 30 %. To s sebou ovšem nese i pokles obsahu polyfenolických látek, který činí u volných polyfenolů cca 21,5 % a u vázaných 32,5 %. Zejména dochází ke ztrátám kyselin benzoové, ferulové a vanilinu. Tento pokles je ale nižší než u jiných obilovin (např. u pšenice jde o 42,5 – 72,5 % volných polyfenolů), což mimo jiné dokazuje, že polyfenoly nejsou u quinoi lokalizovány výhradně v povrchových vrstvách [10].

### 3.3 Teff

Jak již bylo zmíněno výše, rozděluje se teff do dvou základních skupin daných zabarvením semen. Na celkové polyfenoly je u obou hlavních druhů teffu bohatší volná frakce, ve vázané formě pak z celkových polyfenolů převažovaly flavonoidy. Hlavními polyfenoly světlého teffu jsou ve volné formě rutin, kyseliny protokatechová a ferulová, ve vázané formě kyseliny ferulová, rutin, katechin a kvercetin. U tmavého teffu patří mezi hlavní polyfenoly kyseliny *trans-p*-kumarová, protokatechová, ferulová a gallová, resp. kyseliny ferulová a gallová, kvercetin a katechin [31].

Červená barva zrn je dána vysokým obsahem polyfenolů a/nebo taninů [4]. Tato zrna také vykazují vyšší antioxidační aktivitu [31].

### 3.4 Amarant

Bylo také prokázáno, že amarant je jedním z hlavních zdrojů přírodních antioxidantů v rostlinných materiálech. Na jeho antioxidační aktivitě se podílí vitamin E obsažený v amarantu zejména ve formě tokoferolů s vysokou antioxidační aktivitou a v menší míře také ve formě tokotrienolů [4].

Amarant obsahuje pouze malé množství fenolických látek, ale zato jde o polyfenoly, resp. flavonoidy, s relativně vysokou antioxidační aktivitou, a to zejména kaempferol, kvercetin, rutin, nicotiflorin a isokvercitrin [25, 4, 1]. Tyto polyfenoly jsou ve střevech rozkládány  $\beta$ -glukosidázou, která z molekuly odštěpuje aglykonovou část, která spolu s kvercetinem a kaempferolem působí příznivě na lidské zdraví [4].

### 3.5 Divoká rýže

Oproti bílé rýži obsahuje divoká rýže více fenolických látek a celkový obsah polyfenolů je asi 9 – 13× vyšší. Stejně jako u jiných obilovin, i divoké rýže se uvádí, že nejvyšší podíl polyfenolů je obsažen v obalových vrstvách [13]. V divoké rýži je stejně jako v jiných cereáliích nejhojněji zastoupená kyselina ferulová a kyselina sinapová. Mimo tyto dvě hlavní kyseliny lze u divoké rýže nalézt také kyseliny *p*-kumarovou, vanilovou, syringovou a *p*-hydroxybenzoovou [13, 22]. Pokud se dále zaměříme na zastoupení v jednotlivých frakcích, pak z polyfenolických kyselin má ve volné formě nejhojnější zastoupení kyseliny ferulová, gallová, sinapová, protokatechová a elagová, ve vázané formě kyseliny ferulová, sinapová, chlorogenová, elagová, skořicová a gallová. Hlavními flavonoidy divoké rýže je

ve volné formě rutin, epikatechin, epigallokatechin a katechin a ve vázané formě epikatechin a epigallokatechin [32].

Některé zdroje uvádějí, že antioxidační aktivita divoké rýže je asi 10× vyšší než u rýže bílé, jiné naopak uvádějí tento násobek ještě vyšší – až 30× vyšší oproti bílé rýži [13, 22].

### 3.6 Změny polyfenolických látek a antioxidační aktivity

Bylo zjištěno, že většina bioaktivních látek je termolabilních a během tepelného opracování dochází k jejich ztrátám [4]. Vždy ale dochází při tepelném opracování v přítomnosti kyslíku a vody k oxidativní degradaci fenolických látek. Pokud po tepelném opracování dochází, zejména u vázané formy, ke zvýšení obsahu, je možné, že došlo vlivem změn v buněčné stěně ke zlepšení extrahovatelnosti těchto látek. Tyto se uvolňují z obalových vrstev [33].

#### 3.6.1 Při hydrotermálním ošetření

Obsah celkových polyfenolů i polyfenolický profil se mění různě v závislosti na principu použitého hydrotermálního opracování, tj. jinak se mění poměry volných a vázaných polyfenolů při běžném vaření v nadbytku vody, metodou risotto, tj. vaření, kdy je absorbována všechna voda, při autoklávování nebo u přípravy parboiled rýže [34, 26, 35].

Bryngelsson a spol. (2002) pozorovali u ovsa (*Avena sativa* L.) při propařování a autoklávování, tj. propařování za zvýšeného tlaku, nárůst volných fenolických látek, zejména kyselin ferulové a *p*-kumarové. Zvýšení obsahu vysvětlují tak, že při autoklávování se vlivem vysokého tlaku, teploty a rychlé změny tlaku na konci procesu uvolňují vázané fenolické látky rozpadem struktur tvořících buněčné stěny a parciální hydrolyzou polysacharidů tvořících vlákninu. Navíc opakovaným autoklávováním se zvyšuje antioxidační aktivita, což naznačuje, že právě změna tlaku na konci každého cyklu může být rozhodujícím faktorem [34].

K největším ztrátám při zpracování rýže dochází při jejím loupání, jelikož většina nutričně významných látek je přítomna v obalových vrstvách. Ztráty polyfenolických látek a antioxidační aktivity lze snížit u rýže procesem zvaný parboiling, což je proces založený na namáčení rýže v teplé vodě, jejím krátkém vaření při zvýšeném tlaku a následným sušením. Během tohoto procesu dochází k přechodu látek z obalových vrstev do endospermu rýže. U rýži se světlými obalovými vrstvami ale i tak dojde ke ztrátě asi 48 % polyfenolů, u červené rýže kolem 80 % a u černé jen 33 % polyfenolů. Ke snížení

koncentrace polyfenolů dochází ze tří důvodů. Polyfenoly jsou látky rozpustné ve vodě, proto část odchází při vaření do vody. Část je zničena, protože jde o látky termolabilní a část je schopná se spojovat během vaření zejména s bílkovinami do nových komplexů [26].

Během vaření neloupané rýže dojde k poklesu obsahu celkových polyfenolů o 21 – 72 % v závislosti na druhu rýže [26]. Surh a Eunmi (2014) ve svém výzkumu uvádí, že ve volné frakci se vařením rýže s černými obalovými vrstvami sníží obsah celkových polyfenolů o 18 – 40 %. Ve svém výzkumu porovnávají dvě odrůdy této rýže. U jedné z nich byl již u syrového zrna zjištěn poloviční obsah celkových polyfenolů oproti druhé, ale po uvaření se obsah celkových polyfenolů statisticky neliší. Tento výsledek má podle nich dvě možná vysvětlení. Odrůda s procentuálně nižším úbytkem obsahovala stabilnější polyfenolické látky nebo došlo u druhé odrůdy k interakci s jinými látkami, např. amylózou, která se při mazovutění uvolňuje ze škrobových granulí a tvoří komplexy s hydrofobními látkami. Co se týče antioxidační aktivity, ta po vaření klesá a pozorovaný úbytek je obdobný úbytku antokyaninů, což naznačuje, že antokyaniny mohou hrát u rýže s černými obalovými vrstvami klíčovou roli [36]. Jiný výzkum sledoval u barevných druhů rýže vliv vaření v nadbytku vody a vliv metody risotto na obsah volných a vázaných celkových polyfenolů. U všech vzorků byly pozorovány ztráty, ale větších ztrát bylo dosaženo u vaření rýže v nadbytku vody. U některých polyfenolických kyselin byl při vaření metodou risotto dokonce pozorován nárůst obsahu, což se vysvětluje tím, že během vaření nedojde k vyluhování látek do vody [35].

Stejně jako u rýže byl pokles obsahu polyfenolů i antioxidační aktivity pozorován i u divoké rýže, a to asi na 70 %, resp. 60 % [13].

### 3.6.2 Při extruzním ošetření

Extruzní vaření má na obsah polyfenolů dva protichůdné vlivy [37]. Na jednu stranu mohou fenolické látky během extruze díky vysokým teplotám v extrudéru podléhat dekarboxylaci a vysoká vlhkost materiálu navíc může podpořit polymerizaci fenolů a taninů, čímž se snižuje nejen antioxidační aktivita, ale také dostupnost těchto látek [17]. Na druhou stranu ale dochází k rozpadu buněčných stěn a uvolnění kovalentních vazeb u vázaných vysokomolekulárních polyfenolických komplexů, což naopak vede k jejich zlepšené dostupnosti [38]. Jak se pak změny projeví, záleží na tom, který z efektů převládne [23].

Většina prací obecně uvádí, že během produkce extrudovaných výrobků dochází ke značnému poklesu obsahu polyfenolických látek, ale že kyselina ferulová, která je hlavní polyfenolickou kyselinou obilovin, podléhá ztrátám jen malým [14].

Kowalski a kol. (2016) ve svém výzkumu vlivu extruzního opracování na obsah volných celkových polyfenolů v mouce z quinoi uvádí, že vlivem extruze došlo k poklesu obsahu těchto látek. Ve výzkumu byly jako proměnné zavedeny vlhkost materiálu, teplota a rychlost otáček. Jen při vlhkosti 15 %, teplotě 160 °C a rychlosti 500 ot..min<sup>-1</sup> nebyl pokles statisticky významný, což naznačuje, že volbou vhodného zařízení a nastavení podmínek během extruze lze dosáhnout toho, že tyto látky budou degradovány jen v omezené míře [39].

Výzkum vlivu extruzního zpracování na polyfenolický profil rýže s černými obalovými vrstvami ukázal, že u samotných otrub se vlivem extruze zvyšuje obsah volných polyfenolů a naopak klesá obsah vázaných forem. U celozrnné i loupané rýže pak byl pozorován úbytek v obou formách. Při porovnání polyfenolického profilu vzorků před a po extruzi se ukázalo, že se výrazně mění pouze zastoupení jednotlivých polyfenolických kyselin, ale nedošlo k tomu, že by některá ze sledovaných kyselin (gallová, chlorogenová, vanilová, kávová, syringová, kumarová a ferulová) přítomná před extruzí nebyla po extruzi detekována [28].



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem práce bylo vyrobit vločky z netradičních obilovin procesem hydrotermálního ošetření s následným rozválním a stanovit u nich vybrané jakostní parametry. Pro jejich stanovení bylo nutno provést extrakci jednotlivých polyfenolických frakcí (volné, konjugované a vázané). Po extrakci jednotlivých frakcí bylo úkolem provést u nich analýzy potřebné k následnému zhodnocení, a to stanovit obsah celkových polyfenolů (TPC) pomocí Folin-Ciocalteuovy metody na standard kyseliny gallové, obsah flavonoidů (TFC) na standard rutin, antioxidační aktivitu s pomocí ABTS (AO\_ABTS) a DPPH (AO\_DPPH) na standard trolox a stanovení polyfenolického profilu pomocí HPLC/UV. Součástí zpracování experimentálních dat bylo provedení korelací mezi obsahem celkových polyfenolů, flavonoidů a jednotlivých polyfenolických látek s antioxidační aktivitou. Účelem korelací je zhodnotit, nakolik je antioxidační aktivita závislá na jednotlivých sledovaných charakteristikách. Následovalo statistické zpracování dat.

## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Použité chemikálie a pomůcky, přístrojové vybavení

#### 5.1.1 Chemikálie

- Metanol (Lachner, s.r.o., Česká republika)
- NaOH (Mach chemikálie, Česká republika)
- Dusík (SIAD Czech spol. s r.o., Česká republika)
- HCl (Ing. Petr Lukeš, Česká republika)
- Folin-Ciocalteuovo činidlo (Penta s.r.o., Česká republika)
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Lachema, Česká republika)
- Etanol (Tereos TTD a.s., Česká republika)
- NaNO<sub>2</sub> (Lachema, Česká republika)
- AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (Penta s.r.o., Česká republika)
- ABTS (2,2'-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonová kyselina) (Sigma Aldrich, Německo)
- K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (Ing. Petr Lukeš, Česká republika)
- CH<sub>3</sub>COONa (Penta s.r.o., Česká republika)
- CH<sub>3</sub>COOH (Ing. Petr Lukeš, Česká republika)
- DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl) (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard troloxu (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny gallové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny 3,4-dihydroxybenzoové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny neochlorogenové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny 4-hydroxybenzoové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard epigallokatechinu (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard katechinu (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny vanilové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny chlorogenové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny kávové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny syringové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard epikatechinu (Sigma Aldrich, Německo)

- Standard kyseliny *trans-p*-kumarové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny ferulové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny sinapové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny elagové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard rutinu (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny 1,2-hydroxyškořicové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard etylesteru kyseliny protokatechové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard resveratrolu (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kyseliny *trans*-skořicové (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kaempferolu (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard kvercetin (Sigma Aldrich, Německo)
- Destilovaná voda

### 5.1.2 Přístroje a zařízení

- Elektrický vaříč
- Elektrický mlýnek a vločkovač Waldner Biotech Combi-Star (Waldner Biotech GmbH, Rakousko)
- Sušárna Venticell (BMT, Česká republika)
- Analytické váhy Voyager PRO VP214C (Ohaus corporation Ltd., USA)
- Vodní lázeň odpařovací 1031 (GFL mbH, Německo)
- Ultrazvuková lázeň PS 0400A (Notus – Powersonic s.r.o., Slovenská republika)
- Odstředivka EBA 20 (Hettich Zentrifugen GmbH, Německo)
- Odstředivka Velocity 13 $\mu$  (Dynamica Scientific Ltd., Velká Británie)
- Aparatura pro HPLC Dionex UltiMate 3000 (Thermo Scientific Inc., USA)
  - Autosampler Dionex UltiMate 3000 WPS-3000 SL a WPS-3000 RS
  - Pumpa Dionex UltiMate 3000 SD
  - Kolona Phenomenex Kinetex C 18 (150 mm x 4,6 mm; 5  $\mu$ m)
  - Detektor Dionex Diode Array Detector DAD-3000 RS
  - Vyhodnocovací program Chromeleon 7 (verze 7.2.1.5537)
- Spektrofotometr Lambda 25 (Perkin Elmer Inc., USA)
- Spektrofotometr Libra S6 (Bichrom Ltd. Velká Británie)
- Nastavitelné mikropipety

- Běžné laboratorní pomůcky a sklo

## 5.2 Charakteristika vzorků a jejich příprava

### 5.2.1 Vzorky tří druhů rýže

Pro stanovení byly použity tři druhy rýže – bílá rýže, rýže s červenými obalovými vrstvami (komerčně červená rýže) a rýže s černými obalovými vrstvami (komerčně černá rýže). Vločky z bílé rýže, Obr. 7: *Vločky z bílé rýže*, jako hotový produkt (místo původu: neznámé) byly zakoupeny v české tržní síti, vločky z rýže s červenými a černými obalovými vrstvami byly vyrobeny v laboratorních podmínkách.



Obr. 7: *Vločky z bílé rýže*

Vločky z rýže s červenými obalovými vrstvami (místo původu: Kambodža), Obr. 8: *Zrna a vločky z rýže s červenými obalovými vrstvami*, byly vyrobeny vařením při mírném varu v neosolené vodě po dobu 15 minut. Po uplynutí této doby byla rýže slita a v zakryté kádince kondicionována do vychladnutí asi 45 minut, následně byla ponechána na Petriho misce k mírnému oschnutí asi 120 minut, na desce osychala asi 180 minut, aby bylo možné její zrna válcovat. Válcování probíhalo na vločkovači Waldner Biotech Combi Star.

Vločky z rýže s černými obalovými vrstvami (místo původu: Itálie), Obr. 9: *Zrna a vločky z rýže s černými obalovými vrstvami*, byly vyrobeny stejným způsobem jako vločky z rýže s červenými obalovými vrstvami. Doba vaření byla prodloužena na 19 minut, kondicionování probíhalo stejně dlouho jako u červené rýže, na Petriho misce zrna rýže vysychala 160 minut, na desce osychala 160 minut. Válcování opět probíhalo na vločkovači Waldner Biotech Combi Star.

Po válcování byly vločky vloženy do sušárny na 120 minut při 30 °C. Poté byly ponechány na vzduchu, aby došlo k vyrovnání se vzdušnou vlhkostí. Takto připravený vzorek byl uchován pro následná stanovení.



*Obr. 8: Zrna a vločky z rýže s červenými obalovými vrstvami*



*Obr. 9: Zrna a vločky z rýže s černými obalovými vrstvami*

### 5.2.2 Vzorky tří druhů quinoi

Pro stanovení byly použity tři druhy quinoi – světlá quinoa, quinoa s červenými a černými obalovými vrstvami (komerčně červená, resp. černá quinoa). Vločky ze světlé quinoi (místo původu: Peru), Obr. 10: *Vločky ze světlé quinoi*, byly zakoupeny v české tržní síti, vločky z quinoi s červenými a černými obalovými vrstvami byly vyrobeny v laboratorních podmínkách.



*Obr. 10: Vločky ze světlé quinoi*

Vločky z quinoi s červenými obalovými vrstvami (místo původu: Peru), Obr. 11: *Zrna a vločky z quinoi s červenými obalovými vrstvami*, byly vyrobeny jejím vařením při mírném varu v neosolené vodě po dobu 8 minut. Po uplynutí této doby byla voda slita a zrna byla v zakryté kádince kondicionována do vychladnutí asi 35 minut a následně ponechána na Petriho misce k mírnému oschnutí asi 20 minut, na desce osychala asi 85 minut.

Vločky z quinoi s černými obalovými vrstvami (místo původu: Bolívie), Obr. 12: *Zrna a vločky z quinoi s černými obalovými vrstvami*, byly vyrobeny stejným způsobem jako vločky z quinoi s červenými obalovými vrstvami. Doba vaření byla 9 minut, kondicionování probíhalo 35 minut, na Petriho misce vysychaly 40 minut, na desce osychaly 100 minut.

Vyvalování probíhalo z důvodu malé velikosti zrn dřevěným válečkem, přičemž se při vyvalování podařilo odstranit velmi malou část klíčků tvořících přirozenou součást zrna. Po válcování byly oba druhy vloček vloženy do sušárny na 120 minut při 30 °C. Poté byly vločky ponechány na vzduchu, aby došlo k vyrovnání vlhkosti. Takto připravený vzorek byl uchován pro následná stanovení.





*Obr. 11: Zrna a vločky z quinoi s červenými obalovými vrstvami*



*Obr. 12: Zrna a vločky z quinoi s černými obalovými vrstvami*



### 5.2.3 Vzorky dvou druhů teffu

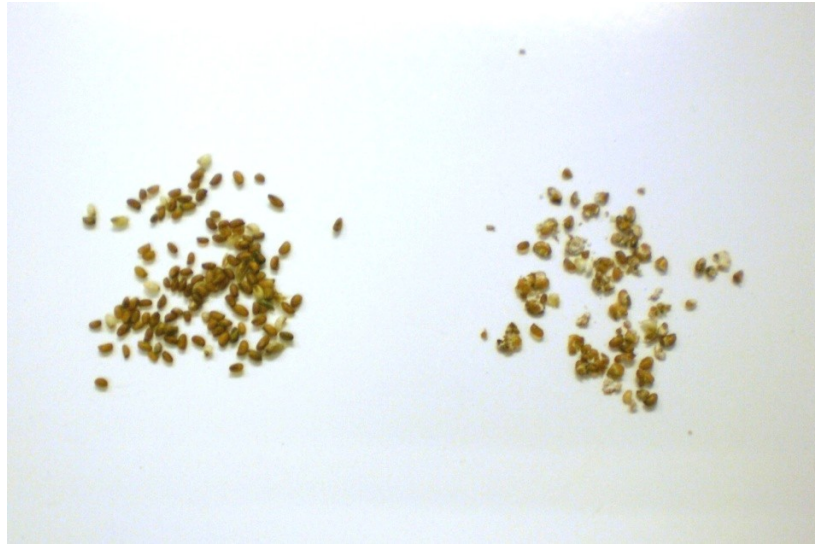
Pro stanovení byly použity dva druhy teffu – světlý (natural) a tmavý. Vločky ze světlého teffu (místo původu: Etiopie), Obr. 13: *Vločky ze světlého teffu*, byly zakoupeny v české tržní síti, vločky z tmavého teffu, Obr. 14: *Zrna a vločky z tmavého teffu*, byly vyrobeny v laboratorních podmínkách.



*Obr. 13: Vločky ze světlého teffu*

Pro první přípravu vloček byla doba vaření převzata z informací dostupných na internetu, kdy se obecně doporučovala doba vaření pro přímou konzumaci 20 – 30 minut. Pro výrobu vloček byla doba nevhodná. Zrna absorbují velké množství vody, jsou velmi elastická a není možné je válcovat. Při druhém pokusu proto byla zrna ve vroucí vodě pouze krátce spařena, aby došlo k změknutí povrchových vrstev.

Tmavý teff (místo původu: EU) byl vsypán do vroucí neosolené vody a hrnec byl ihned odstaven ze zdroje tepla. Po dvou minutách byla zrna z vody vybrána na plastovou desku, kde volně na vzduchu občasným promícháním sušena a vyvalována ručně dřevěným válečkem. Poté byly získané vločky ponechány na vzduchu, aby došlo k vyrovnání vlhkosti a takto připravený vzorek byl uchován pro následná stanovení.



*Obr. 14: Zrna a vločky z tmavého teffu*

#### 5.2.4 Vzorek amarantu a divoké rýže

Amarantové vločky (místo původu: Německo), Obr. 15: *Vločky z amarantu*, pro stanovení byly zakoupeny v české tržní síti.



*Obr. 15: Vločky z amarantu*

Vločky z divoké rýže (*Zizania aquatica*), Obr. 16: *Zrna a vločky z divoké rýže*, byly vyrobeny v laboratorních podmínkách.

Zrna divoké rýže (místo původu: Kanada) byla za mírného varu vařena 30 minut, poté byla slita a v zakryté kádince kondicionována asi 10 minut. Po vychladnutí byla rozložena na dvě Petriho misky na asi 130 minut k částečnému vyschnutí a pak na 50 minut na dřevěnou desku. Zrna divoké rýže byla kvůli vysoké elasticitě a tenkému profilu válcována ručně

dřevěným válečkem ještě za mokra. Získané vločky byly uloženy na Petriho misku a společně s ní byly vloženy na 120 minut do sušárny na 30 °C. Vločky byly poté ponechány na vzduchu pro vyrovnání vlhkosti a poté byly uchovány pro následná stanovení.



*Obr. 16: Zrna a vločky z divoké rýže*

### **5.3 Extrakce polyfenolických frakcí u vzorků vloček**

Po výrobě byly vzorky uchovávány při laboratorní teplotě v mléčně bílých plastových lahvičkách uložených v krabici bez přístupu světla. Před samotnou extrakcí byly vzorky pomlety na mlýnku Combi Star na nejjemnější konzistenci.

Pro extrakci byla zvolena metodika podle Qiu, Y. s optimalizací provedenou na ÚAČHP, UTB ve Zlíně [13]. Všechny extrakce byly provedeny ve dvojitým opakování.

#### **5.3.1 Extrakce volných polyfenolů**

Od každého vzorku vloček bylo do čtyř větších tmavých lékovek (označených čísly 1, 2, 3 a 4) naváženo  $1,5 \text{ g} \pm 0,1 \text{ mg}$  homogenizovaného vzorku. Ke každé navážce bylo přidáno 15 ml 80% metanolu, lékovky byly uzavřeny a umístěny na magnetickou míchačku, kde byly 1 hodinu míchány. Poté byly ponechány po cca 5 minut v klidu, aby došlo k usazení kalu a Pasteurovou pipetou byl metabolický extrakt z každé lahvičky odsát do příslušné keramické odpařovací misky a na vodní lázni v digestoři rychle odpařen do sucha. Extrakce zbytku byla opakována s přidavkem 10 ml 80% metanolu a extrakt byl přidán k prvnímu odpařenému extraktu a opět odpařen do sucha.

Obsah odpařených misek označených čísly 1 a 2 byl pokaždé postupně zregenerován 10 ml 80% metanolu a kvantitativně převeden do odměrných baněk o objemu 10 ml. Odměrné

baňky byly na 10 minut umístěny do ultrazvukové lázně, aby došlo k rozbití vzniklé sraženiny a poté byl objem baňky doplněn 80% etanolem po rysku. Přes syringe filtr (nylon, 0,2  $\mu\text{m}$ ) byla část extraktu zfiltrována do tmavé vialky. Extrakt volných polyfenolů byl okamžitě analyzován pomocí HPLC a také byl využit pro spektrofotometrické stanovení.

### 5.3.2 Extrakce konjugovaných (rozpuštěných vázaných) polyfenolů

Obsah odpařených misek označených čísly 3 a 4 byl pokaždé postupně zregenerován 10 ml 0,1 mol.dm<sup>-3</sup> NaOH a kvantitativně převeden do dvou tmavých menších lékovek. Na magnetické míchače byly pod dusíkem 4 hodiny vzorky hydrolyzovány. Poté bylo upraveno pH extraktu pomocí 6 mol.dm<sup>-3</sup> HCl na pH 3 – 5 (přídavek 0,2 ml), které bylo kontrolováno pH papírkem. Poté byl obsah lékovky odstředěn na odstředivce 4321g po dobu 20 minut. V případě, že byl extrakt stále zakalený, byl ještě odstředěn na odstředivce Dynamica při 12 300g po dobu 15 minut. Část extraktu konjugovaných polyfenolů byl přes syringe filtr (nylon, 0,2  $\mu\text{m}$ ) zfiltrován do tmavé vialky a okamžitě analyzován pomocí HPLC. Zbytek extraktu byl uchován pro spektrofotometrické stanovení.

### 5.3.3 Extrakce vázaných (nerozpuštěných) polyfenolů

Pevný zbytek po extrakci volných polyfenolů v lékovkách s označením 1 a 2 byl zalit 20 ml 0,1 mol.dm<sup>-3</sup> NaOH a pod dusíkem na magnetické míchače hydrolyzován po dobu 4 hodin. Poté byla hodnota pH upravena pomocí 6 mol.dm<sup>-3</sup> HCl na pH 3 – 5 (přídavek 0,5 ml). Extrakt byl rozlit do zkumavek a odstředěn na odstředivce Dynamica při 12 300g po dobu 15 minut. Část extraktu vázaných polyfenolů byla zfiltrována přes syringe filtr (nylon, 0,2  $\mu\text{m}$ ) do tmavé vialky a okamžitě analyzován pomocí HPLC. Zbytek extraktu byl uchován pro spektrofotometrické stanovení.

## 5.4 Stanovení celkového obsahu polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou

Do 10 ml odměrné baňky bylo pipetováno 5 ml destilované vody, ke které bylo přidáno potřebné množství extraktu vzorku, 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla, 1,5 ml 20% uhličitanu sodného a baňka byla doplněna destilovanou vodou po rysku. Obsah odměrné baňky byl promíchán a umístěn na 30 minut do temna. Po uplynutí doby bylo provedeno měření absorbance při vlnové délce 765 nm na spektrofotometru Lambda 25 oproti blanku. Z naměřených hodnot byl s pomocí rovnice kalibrační křivky standardu vypočten celkový obsah polyfenolů ve vzorku, který byl vyjádřen jako ekvivalentní množství mg kyseliny gallové v 1 g vzorku.

Stanovení bylo pro všechny extrakty provedeno ve dvojnásobném opakování a každé opakování bylo proměřeno třikrát. Bylo tedy získáno 12 hodnot pro každou frakci každého vzorku.

### 5.4.1 Kalibrační křivka pro stanovení obsahu polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou

Jako standard byla použita kyselina gallová, jejíž zásobní roztok byl vytvořen rozpuštěním v metanolu na koncentraci 4 000 mg.l<sup>-1</sup>. Ředěním byla vytvořena kalibrační řada o koncentracích 50, 100, 200, 400, 600 a 800 mg.l<sup>-1</sup>.

Do 10 ml odměrné baňky bylo pipetováno 5 ml destilované vody, ke které bylo přidáno 200 µl standardu, 500 µl Folin-Ciocalteuova činidla, 1,5 ml 20% uhličitanu sodného a odměrná baňka byla doplněna po rysku. Obsah odměrné baňky byl promíchán a umístěn na 30 minut do temna. Poté byly jednotlivé koncentrace proměřeny na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 765 nm. Z naměřených hodnot byla sestavena kalibrační křivka jako závislost absorbance  $A$  na koncentraci  $c$  kyseliny gallové [mg.l<sup>-1</sup>].

## 5.5 Stanovení obsahu flavonoidů

Do kádinky bylo pipetováno 8,5 ml 20% etanolu, množství extraktu dle potřeby a 0,375 ml 0,5 mol.dm<sup>-3</sup> NaNO<sub>2</sub>. Po pěti minutách bylo přidáno 0,375 ml 0,3 mol.dm<sup>-3</sup> AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O a po dalších pěti minutách bylo přidáno 2,5 ml 1 mol.dm<sup>-3</sup> NaOH. Po uplynutí 10 minut byla změřena absorbance obsahu baňky při vlnové délce 506 nm proti blanku. Z naměřených hodnot byl s pomocí rovnice kalibrační přímky vypočten obsah flavonoidů ve vzorku, který byl vyjádřen jako ekvivalentní množství mg rutinu v 1 g vzorku.

Z důvodu nedostatku extraktu bylo stanovení provedeno jen u jednoho opakování každé frakce, které bylo následně třikrát proměřeno. Byly tedy získány 3 hodnoty pro každou frakci každého vzorku.

### 5.5.1 Kalibrační křivka pro stanovení obsahu flavonoidů

Jako standard byl použit rutin, jehož zásobní roztok byl připraven rozpuštěním v metanolu na koncentraci  $10 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Ředěním byla vytvořena kalibrační řada o koncentracích 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 a  $1,4 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ .

Jednotlivé koncentrace byly proměřeny na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 506 nm. Z naměřených hodnot byla sestavena kalibrační křivka jako závislost absorbance  $A$  na koncentraci rutinu  $c$  [ $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ ].

## 5.6 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Pro stanovení bylo nejdříve potřeba připravit radikál kationtu ABTS (2,2-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonát)) reakcí ABTS s peroxosíranem draselným. Do odměrné baňky o objemu 10 ml bylo naváženo 0,018 g ABTS a doplněno destilovanou vodou po rysku. K tomuto roztoku bylo přidáno 0,2 ml  $0,06 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  peroxodisíranu draselného, který byl připraven rozpuštěním 0,162 g  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  v 10 ml destilované vody. Reakční směs byla ponechána 16 hodin bez přístupu světla při laboratorní teplotě pro vytvoření radikálu ABTS.

Na reakční směs byl připraven octanový pufr smícháním 63,5 ml  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{CH}_3\text{COONa}$  se 136,5 ml  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Octanový pufr byl smíchán s radikálem ABTS v poměru 39:1. Proti octanovému pufru byla proměřena absorbance reakční směsi  $A_0$  při 734 nm.

Na samotné měření bylo do zkumavky pipetováno 12 ml reakční směsi a dle potřeby extrakt vzorku. Směs se nechala reagovat po dobu 30 minut v temnu a poté byla proměřena absorbance  $A_1$  při 734 nm. Z úbytku absorbance, vypočteného dle rovnice (1), byla s pomocí rovnice kalibrační křivky vypočtena antioxidační aktivita vzorku, která byla vyjádřena jako ekvivalentní množství mg troloxu v 1 g vzorku.

$$\text{Úbytek absorbance (\%)} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100 \quad (1)$$

Stanovení bylo pro všechny extrakty provedeno ve dvojnásobném opakování a každé opakování bylo proměřeno třikrát. Bylo tedy získáno 12 hodnot pro každou frakci každého vzorku.

### 5.6.1 Kalibrační křivka pro stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Jako standard byl použit trolox, jehož zásobní roztok byl připraven rozpuštěním v metanolu na koncentraci  $0,04 \mu\text{mol} \cdot 25 \mu\text{l}^{-1}$ . Jeho ředěním byla připravena kalibrační řada o koncentracích 0,04; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2 a  $1,6 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Jednotlivé koncentrace byly přidávány ke 12 ml reakční směsi v množství 150  $\mu\text{l}$  a po 30 minutách v temnu měřeny na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 734 nm.

Z naměřených hodnot úbytku absorbance byla sestavena kalibrační křivka jako závislost úbytku absorbance  $A$  na koncentraci troloxu  $c$  [ $\text{mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ].

## 5.7 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Pro stanovení je potřeba připravit pracovní roztok DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl). Na zásobní roztok bylo rozpuštěno 24 mg DPPH ve 100 ml metanolu. Ze zásobního roztoku byl dle spotřeby potřebné ke stanovení míchán pracovní roztok v poměru 10 ml zásobního roztoku DPPH na 45 ml metanolu. Byla změřena absorbance pracovního roztoku  $A_0$  proti metanolu při 515 nm.

Pro měření bylo do zkumavky pipetováno 8,55 ml pracovního roztoku DPPH a potřebné množství extraktu vzorku. Směs se nechala 60 minut reagovat v temnu. Po uplynutí doby byla změřena absorbance  $A_1$  při vlnové délce 515 nm. Z úbytku absorbance, vypočteného dle rovnice (1), byla s pomocí rovnice kalibrační křivky vypočtena antioxidační aktivita vzorku, která byla vyjádřena jako ekvivalentní množství mg troloxu v 1 g vzorku.

Stanovení bylo pro všechny extrakty provedeno ve dvojím opakování a každé opakování bylo proměřeno třikrát. Bylo tedy získáno 12 hodnot pro každou frakci každého vzorku.

### 5.7.1 Kalibrační křivka pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Jako standard byl použit trolox, jehož zásobní roztok byl připraven rozpuštěním v metanolu na koncentraci  $800 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Jeho ředěním byla připravena kalibrační řada o koncentracích 40, 80, 120, 160 a  $200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ .

Jednotlivé koncentrace byly přidávány k 8,55 ml pracovního roztoku v množství 450  $\mu\text{l}$  a po 60 minutách v temnu měřeny na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 515 nm.

Z naměřených hodnot úbytku absorbance byla sestavena kalibrační křivka jako závislost úbytku absorbance  $A$  na koncentraci troloxu  $c$  [ $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ].

## 5.8 Stanovení vybraných polyfenolů metodou HPLC/UV

Pro stanovení přítomnosti a obsahu vybraných polyfenolů ve vzorcích byla použita metoda HPLC s UV detekcí a kolonou Phenomenex Kinetex C 18 (150 mm × 4,6 mm; 5 μm).

Mobilní fáze byla tvořena dvěma složkami a probíhala gradientově. Mobilní fáze A byla směsí vody a ledové kyseliny octové (99,8%) v poměru 99:1 a mobilní fáze B byla směsí vody, acetonitrilu a ledové kyseliny octové (99,8%) v poměru 67:32:1. Přesné složení poměrů mobilní fáze v průběhu měření je uvedeno v Tab. 1: *Složení poměrů mobilních fází během gradientové eluce*. Objem nástřiku byl 10 μl, teplota kolony byla nastavena na 30 °C, rychlost průtoku mobilní fáze byla 1 ml.min<sup>-1</sup> a délka analýzy činila 45 minut. Měření na detektoru pak probíhalo při vlnových délkách 210, 254, 275 a 375 nm a vyhodnocení bylo provedeno při vlnové délce 275 nm. Z naměřených hodnot byl s pomocí rovnice kalibrační přímky vypočten obsah jednotlivých standardů ve vzorku, který byl vyjádřený v μg v 1 g vzorku [μg.g<sup>-1</sup>].

Každý extrakt byl proměřen dvakrát. Ke každé frakci každého vzorku byly tedy získány 4 hodnoty.

Tab. 1: *Složení poměrů mobilních fází během gradientové eluce*

Čas [min]	Mobilní fáze A [%]	Mobilní fáze B [%]
0 – 10	90 – 80	10 – 20
10 – 16	80 – 60	20 – 40
16 – 20	60 – 50	40 – 50
20 – 25	50 – 30	50 – 70
25 – 30	30	70
30 – 40	30 – 90	70 – 10
40 – 45	90	10

### 5.8.1 Stanovení kalibračních křivek standardů

Pro stanovení vybraných polyfenolů ve vzorcích byly připraveny kalibrační křivky 22 standardů fenolických látek – kyseliny gallová, 3,4-dihydroxybenzoová, neochlorogenová, 4-hydroxybenzoová, epigallokatechin, katechin, kyseliny vanilová, chlorogenová, kávová, syringová, epikatechin, kyseliny *trans-p*-kumarová, ferulová, sinapová, elagová, rutin,



kyselina 1,2-hydroxyskořicová, etylester kyseliny protokatechové, resveratrol, kyselina *trans*-skořicová, kaempferol a kvercetin.

Ke stanovení rovnice kalibrační křivky byl připraven zásobní roztok standardu tak, že bylo naváženo  $0,001 \text{ g} \pm 0,1 \text{ mg}$ . Navážka byla kvantitativně převedena do odměrné baňky o objemu 10 ml a doplněna metanolem po rysku. Ze zásobního roztoku o koncentraci  $100 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  byla ředěním mobilní fázi A připravena kalibrační řada roztoků o koncentracích 5, 20, 30 a  $50 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Roztoky byly následně proměřeny za stejných podmínek jako měření vzorků v kap. 5.8. Ze získaných hodnot byla sestavena kalibrační křivka závislosti plochy píku (mAU) na koncentraci kalibračních roztoků. Z kalibračních bodů byla pro každý standard získána metodou lineární regrese regresní rovnice, Příloha P I, podle které byl poté vypočítán obsah jednotlivých polyfenolických látek.

Retenční časy jednotlivých standardů pak byly získány proměřením reálného vzorku a proměřením vzorku s přidavkem standardů.

## 5.9 Statistická analýza

S pomocí Grubbsova testu byly z naměřených dat vyloučeny odlehlé hodnoty. Ze zbylých hodnot byl výsledek vyjádřen jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou.

Dále statistické hodnocení probíhalo v programu StatK25 [40], s jehož pomocí byl proveden parametrický test srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův *t*-test) na hladině významnosti 5 %.

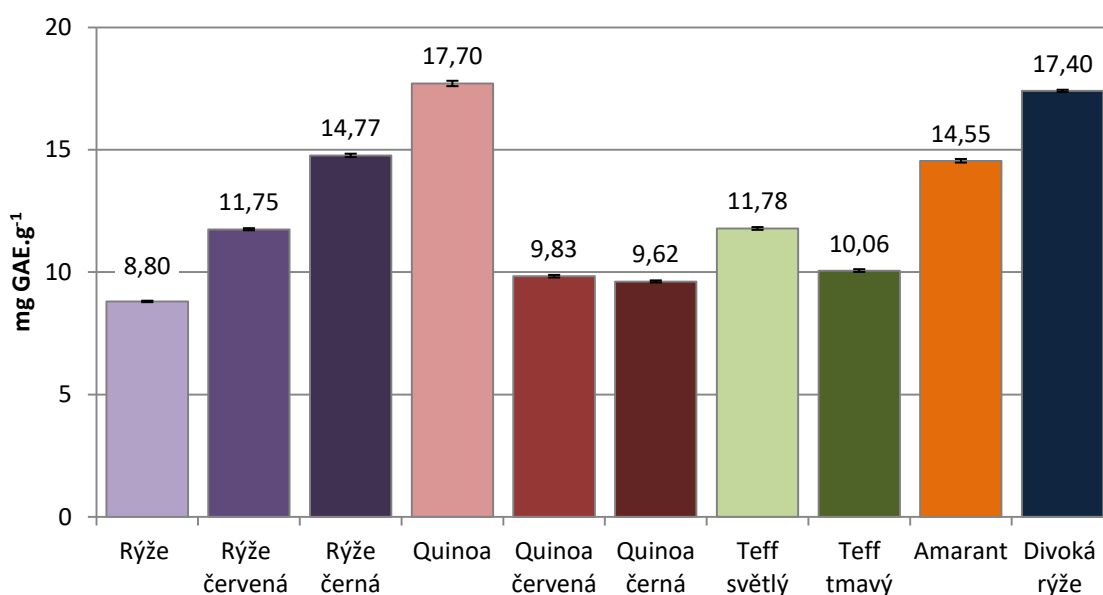
## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Vliv tepelného opracování na obsah celkových polyfenolů, antioxidační aktivitu a polyfenolický profil je v tuto chvíli stále ještě nedostatečně prozkoumanou oblastí. Proto jsou data srovnávána zejména s nezpracovanými surovinami. Jen u vzorků rýže, příp. quinoi, jsou data srovnávána s tepelně opracovanými vzorky.

Na úvod je nutno podotknout, že ačkoli existují předpoklady, že tmavé druhy obilovin by měly dosahovat vyšších obsahů polyfenolických látek a antioxidačních aktivit, již dříve bylo prokázáno, že rozhodující jsou v tomto ohledu vlastnosti daného kultivaru a nejde o obecnou vlastnost zbarvení obiloviny, což ve svém výzkumu dokázal již Sompong a kol. (2010), který srovnával několik variet rýží s červenými a černými obalovými vrstvami [27].

### 6.1.1 OBSAH POLYFENOLŮ A FLAVONOIDŮ

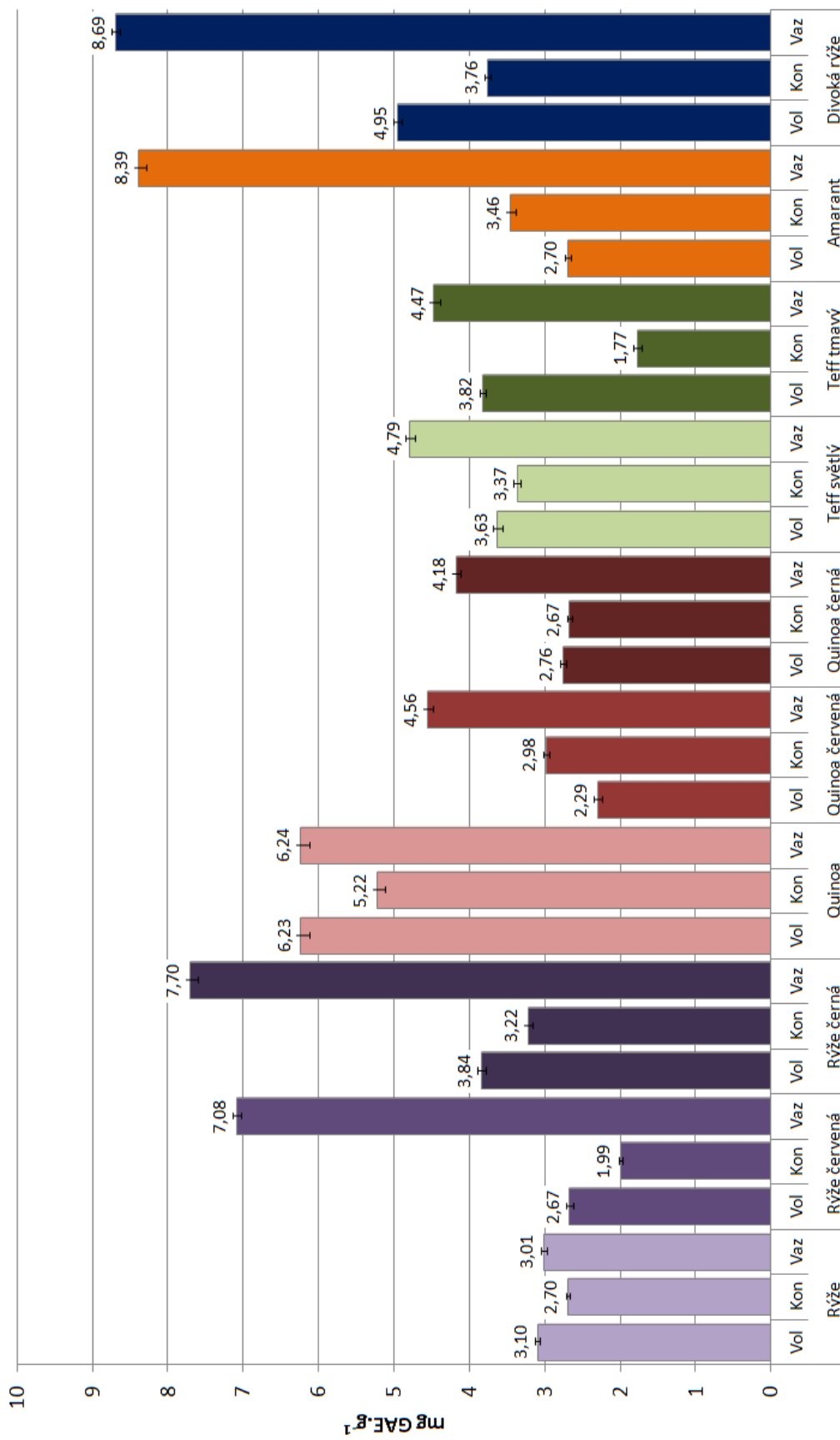
Jak ukazuje Obr. 17: *Suma obsahů TPC*, na celkové polyfenoly byly z testovaných vzorků nejbohatší zakoupené quinoové vločky a vločky vyrobené z divoké rýže. Naopak mezi vzorky s jejich nejnižším obsahem patřily rýžové vločky, vločky z barevných druhů quinoi a vločky z tmavého teffu. Mezi vločkami z rýže s červenými obalovými vrstvami a vločkami ze světlého teffu nebyl statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ).



Obr. 17: *Suma obsahů TPC*

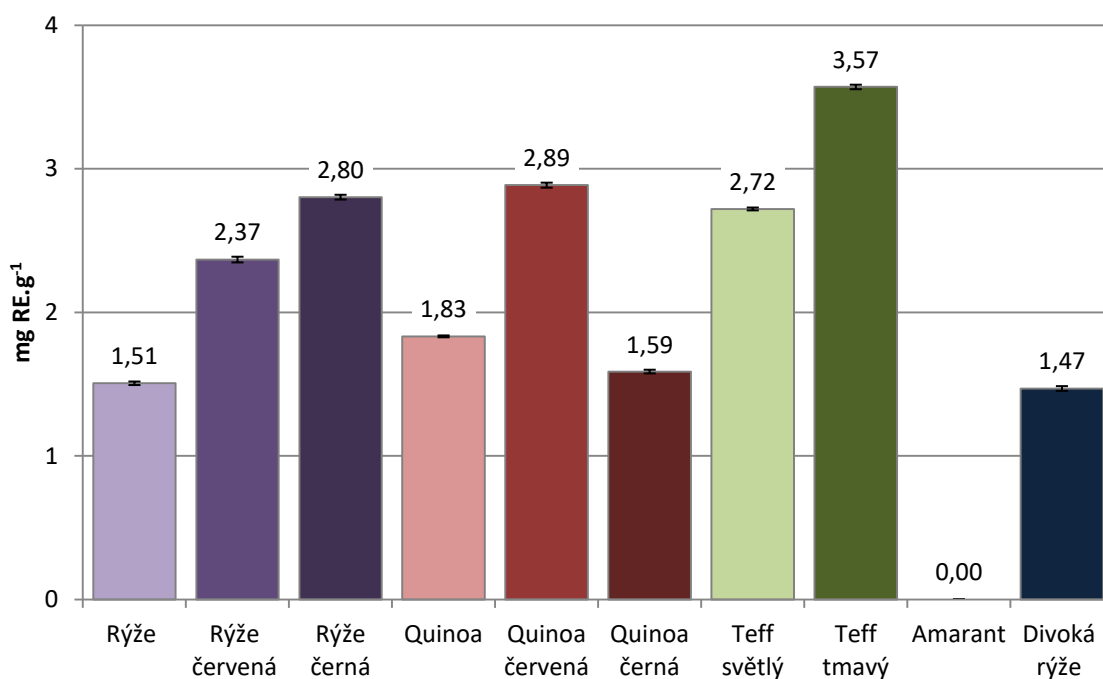
Obr. 18: *Obsah TPC v jednotlivých frakcích* zobrazuje obsahy TPC v jednotlivých frakcích. Ze získaných dat, podrobně uvedených v Příloze P II, lze usoudit, že po tepelné úpravě potřebné k výrobě vloček, při které nedochází k celkovému provaření zrna, se nejvyšší podíl celkových polyfenolů vyskytuje ve vázané formě, což je ve shodě s výzkumem Zaupa a kol. (2015), který ve své práci prezentuje pro barevné druhy rýže výrazně vyšší podíl celkových polyfenolů ve vázané formě [35]. Naopak Scaglioni a kol. (2014) ve své práci prezentuje u bílé rýže, nehledě na to, jestli jde o rýži celozrnnou, loupanou nebo parboiled, vyšší podíl polyfenolů ve volné formě, stejně tak Min a kol. (2014), který dostal stejné výsledky u rýží s barevnými obalovými vrstvami. Min a kol. (2014) navíc také získal data, ze kterých je patrné, že světlé druhy rýže obsahují až téměř 10× méně TPC ve volné formě než druhy barevné, zatímco i u vázané formy tento rozdíl dosahuje maximálně dvojnásobku [41, 33]. U světlých druhů rýže a quinoi byly podíly jednotlivých frakcí relativně srovnatelné. U světlé quinoi navíc v obsahu TPC ve volné a vázané frakci neexistuje statisticky významný rozdíl. Šlo ale o vzorky vloček, u kterých není znám způsob výroby, a proto nelze rozhodnout, jestli jde o vliv technologie zpracování nebo o vliv druhu obiloviny.

S výjimkou quinoi s červenými obalovými vrstvami a amarantu převažoval obsah volných TPC nad konjugovanými. U vloček z tmavého teffu byl rozdíl mezi obsahem volných a konjugovaných TPC výrazně vyšší. Obsah TPC ve volné formě byl  $3,82 \text{ mg GAE.g}^{-1}$ , zatímco v konjugované formě jen  $1,77 \text{ mg GAE.g}^{-1}$ , tj. více než dvojnásobné množství. Tepelné opracování semen tmavého teffu bylo oproti ostatním vzorkům krátké. Došlo při něm jen ke spaření semen ve vroucí vodě, a proto mohl být vliv tepelného opracování jen zanedbatelný, jelikož krátkým spařením nedošlo k výraznému vyluhování látek do vody nebo k jejich tepelnému rozkladu.



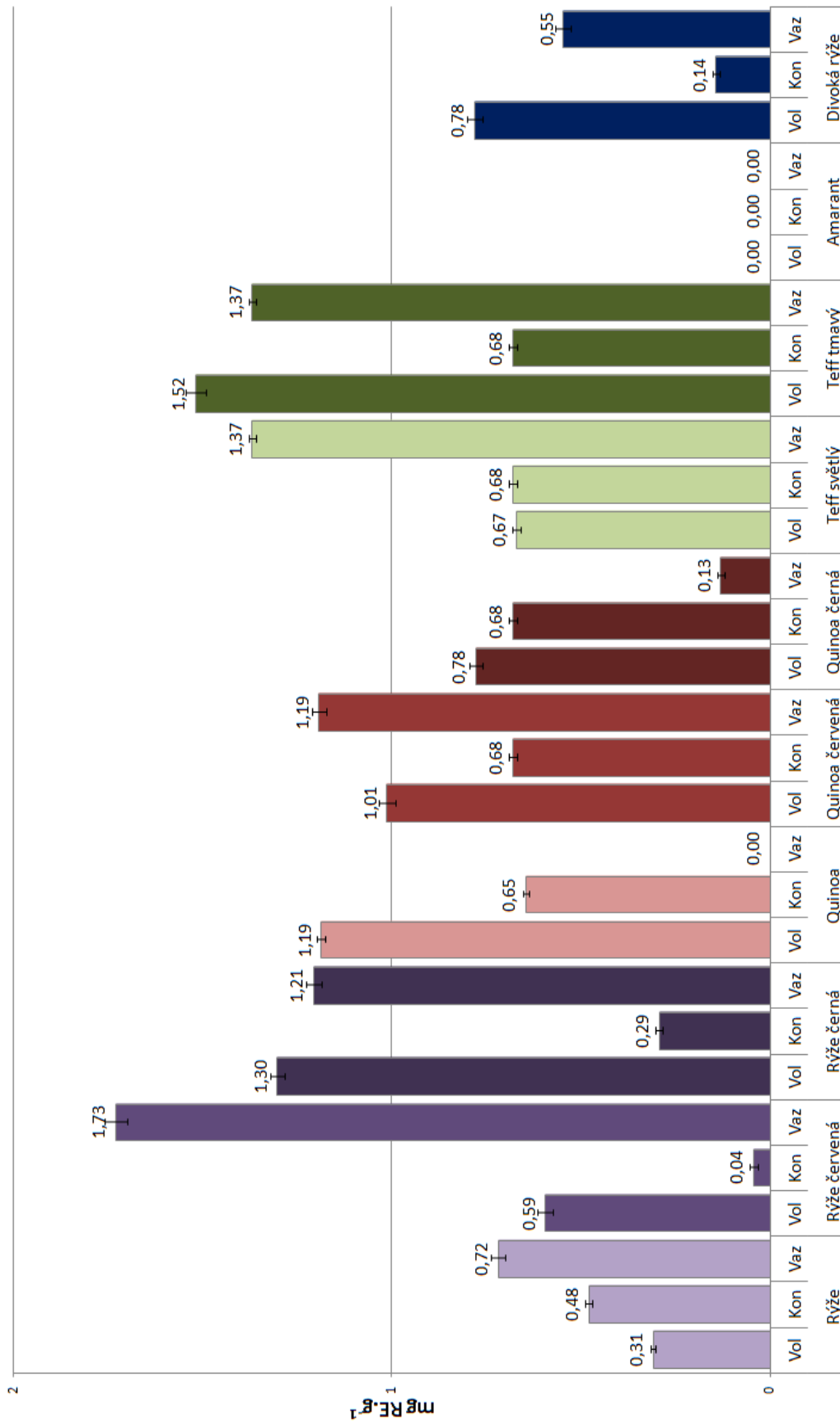
Obr. 18: Obsah TPC v jednotlivých frakcích

Při spektrofotometrickém měření obsahu flavonoidů došlo u některých extraktů quinoových a teffových vloček ke komplikacím. Během reakce byly pozorovány barevné změny, které ale nebyly dostatečné k přesnému stanovení obsahu flavonoidů. Výsledky označené v Příloze P I symbolem \* jsou počítány z nejnižší koncentrace kalibrační křivky, tj. koncentrace rutinu  $0,1 \text{ mg.ml}^{-1}$ . Jak je patrné z Obr. 19: *Suma obsahů TFC*, nejvyšší obsah flavonoidů byl naměřen u vloček z tmavého teffu. U vloček z různých druhů rýží stoupá suma celkových flavonoidů v pořadí světlá rýže, rýže s červenými a černými obalovými vrstvami. U vloček z různých druhů quinoi tento trend nebyl potvrzen. U amarantových vloček naopak nebylo možné obsah flavonoidů vůbec změřit, protože namísto změny barvy docházelo k zakalení reakční směsi. Zakalení může být způsobeno vyšším obsahem zmazovatělého škrobu a dextrinů v amarantových zrnech po tepelné úpravě, který při extrakci nebyl odstraněn. Problematický ale může být také vyšší obsah bílkovin.



Obr. 19: *Suma obsahů TFC*

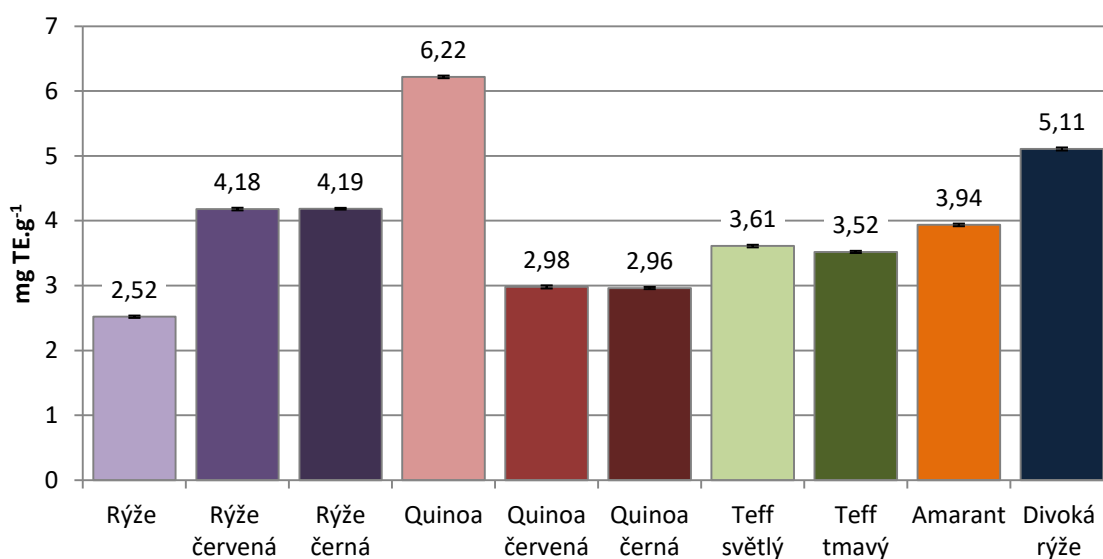
Z grafu na Obr. 20: *Obsah TFC v jednotlivých frakcích* je patrné, že v zastoupení flavonoidů v jednotlivých frakcích není patrný žádný výrazný trend.



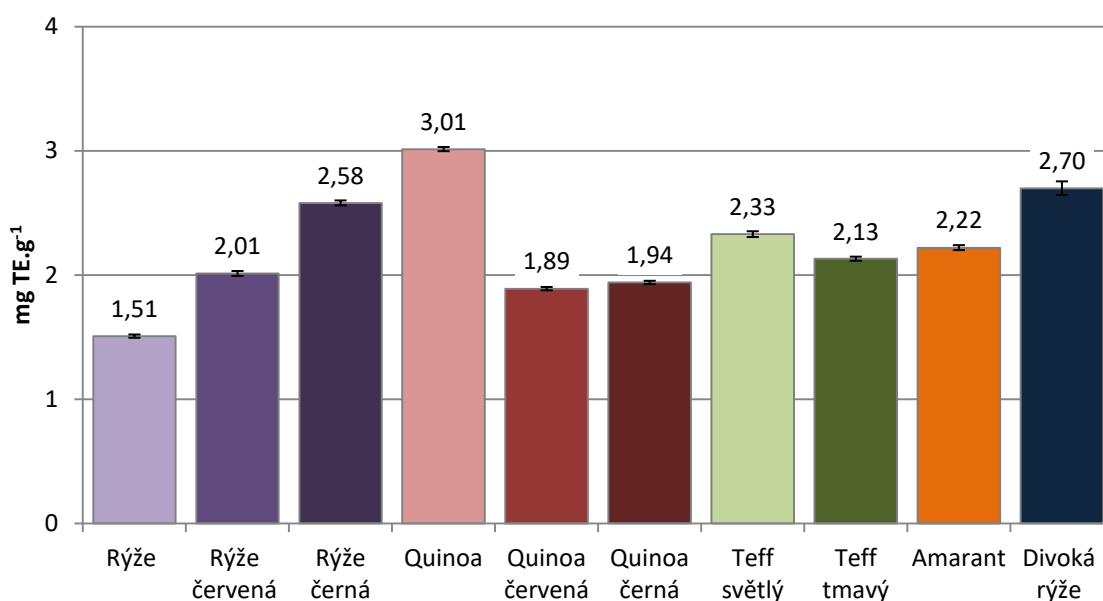
Obr. 20: Obsah TFC v jednotlivých frakcích

### 6.1.2 ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA

Obr. 21: *Suma antioxidantních aktivit měřených pomocí ABTS* a Obr. 22: *Suma antioxidantních aktivit měřených pomocí DPPH* zobrazují sumy antioxidantních aktivit jednotlivých vzorků. Z naměřených hodnot lze usoudit, že nejvyšší antioxidantní aktivitu měly quinoové vločky. Suma antioxidantních aktivit u měření s pomocí ABTS klesala v pořadí quinoa > divoká rýže > rýže s červenými a černými obalovými vrstvami > amarant > teff světlý > teff tmavý > quinoa s červenými a černými obalovými vstvami > rýže. Mezi barevnými druhy rýže a barevnými druhy quinoi v tomto případě není statisticky významný rozdíl. Při měření s pomocí DPPH se pořadí významně nelišilo, jen antioxidantní aktivita rýže s černými obalovými vrstvami byla oproti rýži s červenými obalovými vrstvami výrazně vyšší. Nejvyšší antioxidantní aktivitu v obou případech vykazovala bílá quinoa. Šlo ovšem o vločky, které byly zakoupeny v tržní síti, a není u nich známa technologie výroby.



Obr. 21: *Suma antioxidantních aktivit měřených pomocí ABTS*



Obr. 22: Suma antioxidačních aktivit měřených pomocí DPPH

Jak dokazuje Tab. 2: *Antioxidační aktivity v jednotlivých frakcích* na antioxidační aktivitě se nejvíce podílely frakce vázaných polyfenolů, což potvrzuje i obecnou teorii, že polyfenoly ve vázané formě vykazují vyšší antioxidační aktivitu. U vloček z bílé rýže byly ale antioxidační aktivity pro jednotlivé frakce nejvíce rovnoměrné. Zastoupení antioxidačních aktivit v jednotlivých frakcích se u obou metod pro některé vzorky lišilo, např. u quinoových vloček pro ABTS klesala antioxidační aktivita v pořadí volné, konjugované a vázané polyfenoly a pro DPPH v pořadí vázané, konjugované a volné polyfenoly. Ačkoli jsou obě metody založené na zhášení barevného radikálu antioxidanty přítomnými ve vzorku, jejich princip se mírně liší. U DPPH dochází k neutralizaci radikálu pouze přenosem elektronu z antioxidantu, u ABTS dochází ke zhášení kation radikálu  $ABTS^{+}$  přenosem elektronu nebo vodíkového atomu z antioxidantu. Který z přenosů převažuje, je dáno strukturou přítomných antioxidantů a pH media [42].

Zaupa a kol. (2015) ve své práci prezentují u rýže s černými obalovými vrstvami výrazně vyšší antioxidační kapacitu u volné frakce oproti frakci vázané. Pro rýži bílou a pro rýži s červenými obalovými vrstvami jsou výsledky ve shodě, tj. u bílé rýže je poměr mezi antioxidační aktivitou volné a vázané frakce téměř shodný a u rýže s červenými obalovými vrstvami je pozorována vyšší antioxidační aktivita u vázané frakce [35]. Naopak Min a kol. (2014) opět přichází s výsledky, které ukazují, že barevné druhy rýže mají vyšší antioxidační kapacitu ve volné formě než ve formě vázané. U rýže bílé jsou ale výsledky ve shodě, jelikož volná a vázaná forma má antioxidační kapacitu téměř shodnou [33].



Tab. 2: Antioxidační aktivity v jednotlivých frakcích

Vzorek	Frakce	ABTS		DPPH	
		mg TE.g <sup>-1</sup>	% ze sumy	mg TE.g <sup>-1</sup>	% ze sumy
Rýže	Vol	(0,94 ± 0,02) <sup>a</sup>	37,29	(0,49 ± 0,01) <sup>a</sup>	32,50
	Kon	(0,77 ± 0,01) <sup>aa</sup>	30,46	(0,52 ± 0,01) <sup>aa</sup>	34,49
	Vaz	(0,81 ± 0,02) <sup>A</sup>	32,24	(0,50 ± 0,02) <sup>A</sup>	33,01
	Suma	(2,52 ± 0,02) <sup>AA</sup>		(1,51 ± 0,01) <sup>AA</sup>	
Rýže červená	Vol	(0,70 ± 0,02) <sup>b</sup>	16,82	(0,26 ± 0,01) <sup>b</sup>	12,70
	Kon	(0,66 ± 0,01) <sup>bb</sup>	15,79	(0,56 ± 0,02) <sup>bb</sup>	27,83
	Vaz	(2,82 ± 0,03) <sup>B</sup>	67,40	(1,20 ± 0,03) <sup>B</sup>	59,46
	Suma	(4,18 ± 0,02) <sup>BB</sup>		(2,01 ± 0,02) <sup>BB</sup>	
Rýže černá	Vol	(1,12 ± 0,02) <sup>c</sup>	26,66	(0,58 ± 0,01) <sup>c</sup>	22,48
	Kon	(0,76 ± 0,01) <sup>aa</sup>	18,16	(0,62 ± 0,02) <sup>cc</sup>	24,03
	Vaz	(2,31 ± 0,01) <sup>C</sup>	55,19	(1,38 ± 0,03) <sup>C</sup>	53,49
	Suma	(4,19 ± 0,01) <sup>CC, BB</sup>		(2,58 ± 0,02) <sup>CC</sup>	
Quinoa	Vol	(2,38 ± 0,02) <sup>d</sup>	38,27	(0,78 ± 0,01) <sup>d</sup>	25,89
	Kon	(1,93 ± 0,02) <sup>cc</sup>	31,01	(0,86 ± 0,02) <sup>dd</sup>	28,65
	Vaz	(1,91 ± 0,02) <sup>D</sup>	30,72	(1,37 ± 0,02) <sup>D, C</sup>	45,47
	Suma	(6,22 ± 0,02) <sup>DD</sup>		(3,01 ± 0,02) <sup>DD</sup>	
Quinoa červená	Vol	(0,61 ± 0,02) <sup>e</sup>	20,47	(0,21 ± 0,01) <sup>e</sup>	11,11
	Kon	(0,75 ± 0,02) <sup>aa</sup>	25,17	(0,66 ± 0,01) <sup>ee</sup>	34,92
	Vaz	(1,62 ± 0,03) <sup>E</sup>	54,36	(1,02 ± 0,02) <sup>E</sup>	53,97
	Suma	(2,98 ± 0,02) <sup>EE</sup>		(1,89 ± 0,01) <sup>EE</sup>	
Quinoa černá	Vol	(0,80 ± 0,02) <sup>f</sup>	27,01	(0,56 ± 0,01) <sup>f</sup>	28,87
	Kon	(0,75 ± 0,01) <sup>dd, aa</sup>	25,31	(0,56 ± 0,01) <sup>ff, bb</sup>	28,87
	Vaz	(1,41 ± 0,02) <sup>F</sup>	47,68	(0,82 ± 0,02) <sup>F</sup>	42,27
	Suma	(2,96 ± 0,02) <sup>FF, EE</sup>		(1,94 ± 0,01) <sup>FF</sup>	
Teff světlý	Vol	(1,17 ± 0,02) <sup>g</sup>	32,41	(0,64 ± 0,02) <sup>g</sup>	27,49
	Kon	(0,70 ± 0,01) <sup>ee</sup>	19,39	(0,61 ± 0,02) <sup>gg, cc</sup>	26,20
	Vaz	(1,74 ± 0,03) <sup>G</sup>	48,20	(1,08 ± 0,03) <sup>G</sup>	46,32
	Suma	(3,61 ± 0,02) <sup>GG</sup>		(2,33 ± 0,02) <sup>GG</sup>	
Teff tmavý	Vol	(1,11 ± 0,02) <sup>h, c</sup>	31,53	(0,61 ± 0,01) <sup>h</sup>	28,63
	Kon	(0,80 ± 0,01) <sup>ff</sup>	22,73	(0,68 ± 0,02) <sup>hh, ee</sup>	31,95
	Vaz	(1,61 ± 0,02) <sup>HE</sup>	45,74	(0,84 ± 0,02) <sup>H, F</sup>	39,42
	Suma	(3,52 ± 0,02) <sup>HH</sup>		(2,13 ± 0,02) <sup>HH</sup>	
Amarant	Vol	(0,74 ± 0,02) <sup>i</sup>	18,71	(0,31 ± 0,01) <sup>i</sup>	13,96
	Kon	(0,79 ± 0,01) <sup>gg, ff</sup>	20,07	(0,69 ± 0,02) <sup>ii, hh</sup>	31,08
	Vaz	(2,41 ± 0,03) <sup>I</sup>	61,22	(1,22 ± 0,03) <sup>LB</sup>	54,95
	Suma	(3,94 ± 0,02) <sup>II</sup>		(2,22 ± 0,02) <sup>II</sup>	
Divoká rýže	Vol	(1,59 ± 0,02) <sup>j</sup>	31,05	(0,71 ± 0,01) <sup>j</sup>	26,13
	Kon	(0,89 ± 0,02) <sup>hh</sup>	17,51	(0,74 ± 0,02) <sup>jj</sup>	27,42
	Vaz	(2,63 ± 0,03) <sup>J</sup>	51,44	(1,25 ± 0,14) <sup>J, B</sup>	46,45
	Suma	(5,11 ± 0,02) <sup>JJ</sup>		(2,70 ± 0,06) <sup>JJ</sup>	

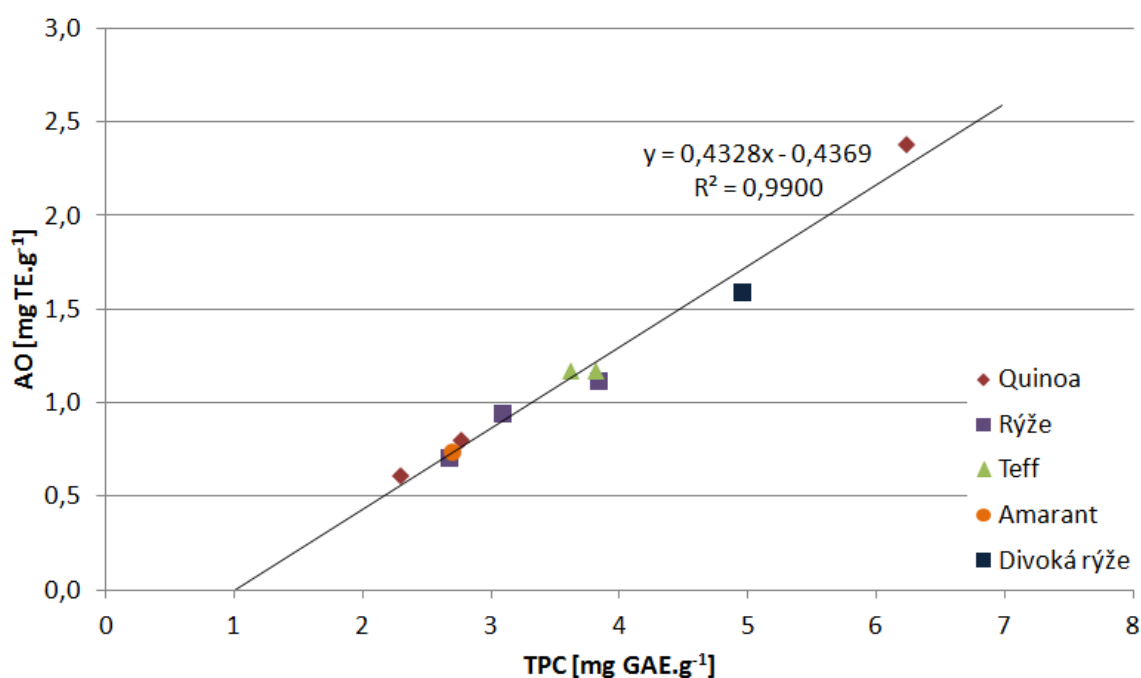
Výsledky jsou vztaženy na čerstvou hmotnost vzorku. Indexy v jednom sloupci ve stejném formátu (x, xx, X, XX) představují mezi sebou porovnávaný soubor. Stejně indexy značí hodnoty, mezi kterými není statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Dále byla sledována závislost mezi obsahem celkových polyfenolů a celkových flavonoidů na antioxidační aktivitu, ze které lze usuzovat, na kolik se polyfenoly, resp. flavonoidy podílejí na antioxidační aktivitě. Obecně se deklaruje, že antioxidační aktivita je závislá na obsahu TPC. Z korelačních koeficientů uvedených v Tab. 3: *Korelační koeficienty pro závislost AO/TPC a AO/TFC* lze usoudit, že existuje závislost mezi sumou TPC, resp. TFC, a antioxidační aktivitou, neboť korelační koeficient dosáhl hodnoty 0,9234, resp. 0,9171. Silnějších závislostí bylo dosaženo u měření antioxidační aktivity pomocí ABTS. Nejsilnější závislost, Obr. 23: *Závislost AO\_ABTS/TPC ve volné frakci*, mezi antioxidační aktivitou a obsahem TPC byla pozorována u volné frakce, kde korelační koeficient dosahoval hodnoty 0,9900. Poté následovala vázaná a konjugovaná frakce s korelačním koeficientem 0,9215, resp. 0,7978. U celkových flavonoidů závislost nebyla prokázána. Nízkých hodnot korelací mohlo být dosaženo v důsledku různorodého souboru vzorků.

Tab. 3: *Korelační koeficienty pro závislost AO/TPC a AO/TFC*

Závislost	<i>r</i>			
	Vol	Kon	Vaz	Suma
AO_ABTS/TPC	0,9900	0,7978	0,9215	0,9234
AO_DPPH/TPC	0,8462	0,7464	0,8380	0,9171
AO_ABTS/TFC	0,3391	0,7350	0,3271	0,1761
AO_DPPH/TFC	0,2851	0,3509	0,1266	0,0826

Vol – volné polyfenoly, Kon – konjugované polyfenoly, Vaz – vázané polyfenoly



Obr. 23: *Závislost AO\_ABTS/TPC ve volné frakci*

### 6.1.3 POLYFENOLICKÝ PROFIL

Pro stanovení polyfenolického profilu testovaných vzorků bylo vybráno 22 standardů polyfenolických látek náležících do 4 skupin. První skupinu tvoří deriváty kyseliny hydroxybenzoové – tj. kyseliny gallová, 3,4-dihydroxybenzoová, 4-hydroxybenzoová, vanilová, syringová, elagová a etylester kyseliny protokatechové. Druhou skupinou jsou deriváty kyseliny hydroxyskořicové – tj. kyseliny neochlorogenová, chlorogenová, kávová, *trans-p*-kumarová, ferulová, sinapová, *trans-2*-hydroxyskořicová a *trans*-skořicová. Třetí skupinu tvoří flavonoidy – tj. epigallokatechin, katechin, epikatechin, rutin, kaempferol a kvercetin. Poslední látkou je resveratrol řadící se mezi deriváty stilbenu.

V pěti nejvíce zastoupených látkách byl mezi všemi vzorky nejčastěji nalezen katechin, epigallokatechin a rutin. Všechny tyto tři látky patří do skupiny flavonoidů. Poměrně často se mezi prvními pěti nejvíce zastoupenými látkami objevovala také kyselina sinapová, příp. 3,4-hydroxybenzoová a chlorogenová. Naopak mezi látky, jak je patrné z Tab. 4: *Sumy standardů pro jednotlivé vzorky*, které nebyly detekovány vůbec, patří nejčastěji *trans*-skořicová kyselina, případně kaempferol a reveratrol. U všech druhů rýžových vloček a u vloček z červené quinoi tvořily v této studii sledované flavonoidy kolem 20 % TPC, u vloček ze světlého teffu 23 % a z tmavého teffu dokonce až 35 %. U zbylých druhů vloček quinoových a vloček z divoké rýže bylo toto procento nižší.

Tab. 4: Sumy standardů pro jednotlivé vzorky

Standard [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ]	Rýže Rýže červená Rýže černá	Quinoa Quinoa červená Quinoa černá	Teff světlý Teff tmavý	Amarant	Divoká rýže
<i>Deriváty kyseliny hydroxybenzoové</i>					
Gall	(2,85 ± 0,05) <sup>a</sup> (1,03 ± 0,08) <sup>b</sup> (4,04 ± 0,05) <sup>c</sup>	(3,88 ± 0,11) <sup>d</sup> (1,88 ± 0,02) <sup>e</sup> (6,56 ± 0,31) <sup>f</sup>	(32,02 ± 0,27) <sup>g</sup> (18,28 ± 0,29) <sup>h</sup>	(1,33 ± 0,04) <sup>i</sup>	(0,09 ± 0,02) <sup>j</sup>
3,4-dhBenz	(5,49 ± 0,12) <sup>a</sup> (19,75 ± 0,18) <sup>b</sup> (39,29 ± 0,33) <sup>c</sup>	(25,69 ± 0,11) <sup>d</sup> (50,76 ± 0,22) <sup>e</sup> (73,02 ± 0,21) <sup>f</sup>	(4,74 ± 0,07) <sup>g</sup> (0,74 ± 0,01) <sup>h</sup>	(16,49 ± 0,10) <sup>i</sup>	(6,21 ± 0,19) <sup>j</sup>
4-hBenz	(8,90 ± 0,08) <sup>a</sup> (3,16 ± 0,05) <sup>b</sup> (5,91 ± 0,03) <sup>c</sup>	(26,34 ± 0,11) <sup>d</sup> (0,72 ± 0,02) <sup>e</sup> (1,47 ± 0,03) <sup>f</sup>	(8,28 ± 0,13) <sup>g</sup> (1,08 ± 0,04) <sup>h</sup>	(27,81 ± 0,23) <sup>i</sup>	(3,10 ± 0,05) <sup>j,b</sup>
Van	(10,39 ± 0,14) <sup>a</sup> (3,70 ± 0,04) <sup>b</sup> (2,82 ± 0,04) <sup>c</sup>	(5,03 ± 0,05) <sup>d</sup> (7,59 ± 0,06) <sup>e</sup> (55,46 ± 0,08) <sup>f</sup>	(9,17 ± 0,23) <sup>g</sup> (14,96 ± 0,24) <sup>h</sup>	(9,62 ± 0,24) <sup>i</sup>	(9,13 ± 0,17) <sup>j,g</sup>
Syr	(9,42 ± 0,06) <sup>a</sup> (4,38 ± 0,10) <sup>b</sup> (4,42 ± 0,06) <sup>c,b</sup>	(4,96 ± 0,05) <sup>d</sup> (4,37 ± 0,12) <sup>e,b</sup> (1,56 ± 0,03) <sup>f</sup>	(21,51 ± 0,11) <sup>g</sup> (23,89 ± 0,06) <sup>h</sup>	(0,32 ± 0,01) <sup>i</sup>	(8,74 ± 0,10) <sup>j</sup>
Ela	(6,66 ± 0,03) <sup>a</sup> (15,45 ± 0,01) <sup>b</sup> (1,17 ± 0,03) <sup>c</sup>	(98,17 ± 0,17) <sup>d</sup> (0,96 ± 0,05) <sup>e</sup> (1,52 ± 0,06) <sup>f</sup>	(10,85 ± 0,27) <sup>g</sup> (0,76 ± 0,02) <sup>h</sup>	(5,12 ± 0,04) <sup>i</sup>	(7,70 ± 0,02) <sup>j</sup>
EtEs Prot	(22,32 ± 0,17) <sup>a</sup> (1,73 ± 0,03) <sup>b</sup> (3,56 ± 0,04) <sup>c</sup>	(2,25 ± 0,02) <sup>d</sup> (2,31 ± 0,10) <sup>e,d</sup> (2,34 ± 0,02) <sup>f,e</sup>	(83,38 ± 0,14) <sup>g</sup> (6,60 ± 0,12) <sup>h</sup>	(1,70 ± 0,02) <sup>i,b</sup>	(1,02 ± 0,02) <sup>j</sup>
<i>Deriváty kyseliny hydroxyskořicové</i>					
NeoChl	(14,57 ± 0,10) <sup>a</sup> (2,04 ± 0,07) <sup>b</sup> (1,27 ± 0,07) <sup>c</sup>	(1,78 ± 0,05) <sup>d</sup> (4,58 ± 0,25) <sup>e</sup> (7,20 ± 0,08) <sup>f</sup>	(16,73 ± 0,25) <sup>g</sup> (20,44 ± 0,04) <sup>h</sup>	(257,23 ± 0,60) <sup>i</sup>	(0,86 ± 0,03) <sup>j</sup>
Chl	(18,48 ± 0,37) <sup>a</sup> (8,78 ± 0,20) <sup>b</sup> (33,98 ± 0,33) <sup>c</sup>	(175,01 ± 1,54) <sup>d</sup> (5,79 ± 0,09) <sup>e</sup> (21,26 ± 0,09) <sup>f</sup>	(15,73 ± 0,29) <sup>g</sup> (7,23 ± 0,17) <sup>h</sup>	(16,60 ± 0,04) <sup>i</sup>	(45,08 ± 0,31) <sup>j</sup>
Káv	(1,12 ± 0,02) <sup>a</sup> (1,71 ± 0,05) <sup>b</sup> (2,67 ± 0,07) <sup>c</sup>	(2,24 ± 0,02) <sup>d</sup> (10,77 ± 0,23) <sup>e</sup> (2,54 ± 0,02) <sup>f</sup>	(1,06 ± 0,04) <sup>g</sup> (6,09 ± 0,08) <sup>h</sup>	(0,26 ± 0,02) <sup>i</sup>	(0,98 ± 0,07) <sup>j,g</sup>
<i>t</i> -p-kum	(0,37 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,04 ± 0,01) <sup>b</sup> (0,07 ± 0,01) <sup>c</sup>	(0,92 ± 0,04) <sup>d</sup> (3,94 ± 0,31) <sup>e</sup> (0,26 ± 0,03) <sup>f</sup>	(14,64 ± 0,24) <sup>g</sup> (2,09 ± 0,03) <sup>h</sup>	(0,68 ± 0,01) <sup>i</sup>	(6,05 ± 0,09) <sup>j</sup>
Fer	(3,54 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,20 ± 0,01) <sup>b</sup> (0,13 ± 0,01) <sup>c</sup>	(37,12 ± 0,03) <sup>d</sup> (17,12 ± 0,57) <sup>e</sup> (192,19 ± 1,48) <sup>f</sup>	(6,20 ± 0,17) <sup>g</sup> (1,82 ± 0,08) <sup>h</sup>	(22,66 ± 0,23) <sup>i</sup>	(11,12 ± 0,04) <sup>j</sup>

Tab. 4: Sumy standardů pro jednotlivé vzorky - pokračování

Sin	(7,20 ± 0,06) <sup>a</sup> (249,63 ± 0,14) <sup>b</sup> (302,56 ± 0,97) <sup>c</sup>	(658,76 ± 0,89) <sup>d</sup> (52,30 ± 0,03) <sup>e</sup> (10,53 ± 0,09) <sup>f</sup>	(52,07 ± 0,77) <sup>g,e</sup> (50,95 ± 0,29) <sup>h</sup>	(11,40 ± 0,10) <sup>i</sup>	(183,06 ± 0,14) <sup>j</sup>
<i>t</i> -2-hSkoř	(0,62 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,06 ± 0,01) <sup>b</sup> (0,30 ± 0,01) <sup>c</sup>	(5,46 ± 0,01) <sup>d</sup> (2,20 ± 0,02) <sup>e</sup> (0,57 ± 0,01) <sup>f</sup>	(19,01 ± 0,15) <sup>g</sup> (49,92 ± 0,53) <sup>h</sup>	(0,97 ± 0,01) <sup>i</sup>	(0,26 ± 0,02) <sup>j</sup>
<i>t</i> -skoř	(0,02 ± 0,01) <sup>a</sup> ND ND	(0,17 ± 0,01) <sup>b</sup> ND (0,65 ± 0,02) <sup>c</sup>	(0,62 ± 0,02) <sup>d</sup> (0,08 ± 0,01) <sup>e</sup>	ND	ND
<i>Flavonoidy</i>					
EGKat	(21,95 ± 0,35) <sup>a</sup> (8,22 ± 0,37) <sup>b</sup> (5,47 ± 0,33) <sup>c</sup>	(52,58 ± 0,52) <sup>d</sup> (139,00 ± 1,05) <sup>e</sup> (182,86 ± 0,97) <sup>f</sup>	(394,18 ± 3,19) <sup>g</sup> (321,47 ± 0,80) <sup>h</sup>	(675,85 ± 1,71) <sup>i</sup>	(18,97 ± 0,35) <sup>j</sup>
Kat	(43,45 ± 0,09) <sup>a</sup> (13,40 ± 0,30) <sup>b</sup> (11,30 ± 0,24) <sup>c</sup>	(32,60 ± 0,24) <sup>d</sup> (94,81 ± 0,30) <sup>e</sup> (62,41 ± 0,15) <sup>f</sup>	(390,13 ± 0,18) <sup>g</sup> (166,43 ± 0,14) <sup>h</sup>	(17,81 ± 0,19) <sup>i</sup>	(21,43 ± 0,10) <sup>j</sup>
Ekat	(0,96 ± 0,01) <sup>a</sup> (1,14 ± 0,08) <sup>b</sup> (1,13 ± 0,05) <sup>c</sup>	(5,01 ± 0,05) <sup>d</sup> (41,78 ± 0,09) <sup>e</sup> (9,80 ± 0,34) <sup>f</sup>	(9,40 ± 0,10) <sup>g</sup> (10,02 ± 0,18) <sup>h</sup>	(0,75 ± 0,03) <sup>i</sup>	(2,45 ± 0,03) <sup>j</sup>
Rut	(28,02 ± 0,28) <sup>a</sup> (2,08 ± 0,07) <sup>b</sup> (5,75 ± 0,07) <sup>c</sup>	(67,13 ± 1,07) <sup>d</sup> (132,29 ± 0,22) <sup>e</sup> (93,41 ± 0,46) <sup>f</sup>	(109,90 ± 0,47) <sup>g</sup> (52,81 ± 0,32) <sup>h</sup>	(12,01 ± 0,14) <sup>i</sup>	(36,63 ± 0,10) <sup>j</sup>
Kaemp	(0,26 ± 0,01) <sup>a</sup> ND (0,68 ± 0,02) <sup>b</sup>	(3,61 ± 0,04) <sup>c</sup> (2,80 ± 0,07) <sup>d</sup> (2,33 ± 0,02) <sup>e</sup>	(0,16 ± 0,01) <sup>f</sup> (1,69 ± 0,13) <sup>g</sup>	(8,42 ± 0,03) <sup>h</sup>	(0,76 ± 0,06) <sup>i</sup>
Kver	(77,18 ± 2,94) <sup>a</sup> (24,95 ± 0,04) <sup>b</sup> (31,33 ± 0,90) <sup>c</sup>	(4,54 ± 0,13) <sup>d</sup> (14,50 ± 0,22) <sup>e</sup> (10,30 ± 0,16) <sup>f</sup>	(69,06 ± 0,37) <sup>g</sup> (28,63 ± 0,02) <sup>h</sup>	(20,25 ± 0,08) <sup>i</sup>	(1,70 ± 0,02) <sup>j</sup>
<i>Deriváty stilbenu</i>					
Resv	(0,85 ± 0,02) <sup>a</sup> (0,54 ± 0,01) <sup>b</sup> ND	(0,34 ± 0,02) <sup>c</sup> (14,51 ± 0,06) <sup>d</sup> (47,36 ± 0,40) <sup>e</sup>	(4,83 ± 0,12) <sup>f</sup> (2,20 ± 0,05) <sup>g</sup>	(25,33 ± 0,30) <sup>h</sup>	(5,19 ± 0,03) <sup>i</sup>

Gall – kyselina gallová, 3,4-dhBenz – kyselina 3,4-dihydroxybenzoová, 4-hBenz – kyselina 4-hydroxybenzoová, Van – kyselina vanilová, Syr – kyselina syringová, Ela – kyselina elagová, EtEs Prot – etylester kyselina protocatechové, NeoChl – kyselina neochlorogenová, Chl – kyselina chlorogenová, Káv – kyselina kávová, *t*-*p*-kum – kyselina *trans-p*-kumarová, Fer – kyselina ferulová, Sin – kyselina sinapová, *t*-2-hSkoř – kyselina *trans*-2-hydroxyskořicová, *t*-skoř – kyselina *trans*-skořicová, EGKat – epigallokatechin, Kat – katechin, EKat – epikatechin, Rut – rutin, Kaemp – kaempferol, Kver – kvercetin, Resv – resveratrol

Výsledky jsou vztaženy na čerstvou hmotnost vzorku. Stejně indexy u každého standardu značí hodnoty, mezi kterými není statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Rýžové vločky z bílé rýže zakoupené v tržní síti ČR obsahovaly v nejvyšším množství kvercetin, katechin, rutin, etylester kyseliny protokatechové a epigallokatechin. Čtyři z pěti nejvíce zastoupených látek u rýžových vloček tvoří látky náležící mezi flavonoidy. Již při základním stanovení tvořily flavonoidy 17,11 % z TPC. Všechny z hledaných standardů byly ve vzorku detekovány alespoň ve stopovém množství. Nejvíce zastoupené polyfenolické látky u vloček z rýže s červenými obalovými vrstvami tvořily v sestupném pořadí kyselina sinapová, kvercetin, 3,4-dihydroxybenzoová kyselina, kyselina elagová a katechin. U rýže s černými obalovými vrstvami byly čtyři z pěti látek stejné, jen v jiném pořadí a místo kyseliny elagové mezi ně patřila kyselina chlorogenová. Sestupné pořadí tvořila kyselina sinapová, 3,4-dihydroxybenzoová a chlorogenová, kvercetin a katechin. U barevných druhů se tedy již kromě flavonoidů uplatňují i polyfenolické kyseliny. Ve vzorcích vloček z barevných druhů rýže nebyly detekovány kyselina *trans*-skořicová a kaempferol a u rýže s černými obalovými vrstvami navíc také resveratrol. Literatura jako hlavní polyfenoly nezpracované rýže nejčastěji uvádí kyselinu ferulovou, *p*-kumarovou, vanilovou a skořicovou. Vzhledem k tomu, že ani jedna z nich nepatří k pěti nejhojněji zastoupeným látkám, lze předpokládat, že během zpracování dochází k jejich degradaci.

Ve vzorku quinoových vloček byly v nejvyšší míře zastoupeny kyselina sinapová, chlorogenová, elagová, rutin a 3,4-dihydroxybenzoová kyselina. U vloček z červené quinoi epigallokatechin, rutin, katechin, sinapová a 3,4-dihydroxybenzoová kyselina, resp. u černé quinoi kyselina ferulová, epigallokatechin, rutin, 3,4-dihydroxybenzoová kyselina a katechin. Lze tedy opět u barevných druhů pozorovat jistou podobnost.

Mezi hlavní polyfenolické látky světlého teffu patřily epigallokatechin, katechin, rutin, etylester kyseliny protokatechové a kvercetin. U tmavého teffu šlo o epigallokatechin, katechin, rutin, kyselinu sinapovou a *trans*-2-hydroxyskořicovou. Kotásková a kol. (2016) ve svém výzkumu uvádí, že hlavními polyfenoly nezpracovaného světlého teffu jsou rutin, kyselina protokatechová a ferulová, katechin a kvercetin a hlavními polyfenoly tmavého teffu kyseliny *trans-p*-kumarová, protokatechová, ferulová, gallová, kvercetin a katechin [31]. Stejně jako u vloček z různých druhů rýže, se ve zpracovaném teffu nevyskytují mezi pěti nejvíce zastoupenými látkami původní kyseliny, ale pouze flavonoidy. Identifikované flavonoidy se ve vločkách teffu navíc vyskytovaly ve značně vysokém množství. Např. epigallokatechin u tmavého teffu dosahoval hodnoty 394,19  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , resp. u tmavého teffu 321,47  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Přitom obsah flavonoidů měřený spektrofotometricky byl relativně nízký, jen 2,72 mg RE. $\text{g}^{-1}$  u světlého teffu a 3,57 mg RE. $\text{g}^{-1}$  u teffu tmavého. U obou druhů

teffových vloček byl pozorován také výrazně vyšší obsah kyseliny gallové než v ostatních vzorcích. Navíc obsah kyseliny gallové ve volné formě vysoce převažoval, viz Příloha P III – P V. U ostatních vzorků nebyla kyselina gallová ve volné formě buď vůbec detekována, nebo byla přítomna pouze ve velmi nízkém množství. Tento jev si lze vysvětlit tím, že teff vyžaduje pro výrobu vloček jen krátké tepelné opracování a tak nedochází k jejímu vyluhování nebo tepelné degradaci. U zakoupených vloček ze světlého teffu ovšem není známá metoda výroby, proto lze o vlivu technologie jen spekulovat.

U vloček z amarantu nad ostatními značně převažoval epigallokatechin  $675,85 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , následovaný kyselinou neochlorogenovou  $257,23 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 4-hydroxybenzoovou, resveratrolem a kyselinou ferulovou. Ačkoli je amarant botanicky příbuzný quinoi, není si zastoupení prvních pěti polyfenolických látek podobné. Překvapivý byl v polyfenolickém profilu obsah flavonoidů, zejména již zmíněného epigallokatechinu, jelikož při spektrofotometrickém měření nebylo možné obsah flavonoidů změřit, viz kap. 6.1.1..

Vločky z divoké rýže připravené v laboratoři pro potřeby experimentu obsahovaly v nejvyšším množství kyselinu sinapovou, chlorogenovou, rutin, katechin a epigallokatechin.

Co se týče zastoupení jednotlivých standardů ve třech frakcích, nejčastěji převažují v konjugované formě. Poté následuje forma volná a vázaná. Tento rozdíl je nejvíce patrný u polyfenolických kyselin odvozených od kyseliny hydroxybenzoové, kde sledované standardy převažovaly v konjugované formě v 56 % případů. Naopak nejméně často převažují ve vázané formě, což může být způsobeno tím, že během tepelného opracování se uvolňují z matrice buněčných stěn, kde jsou navázány na její složky.

Tab. 5: *Korelační koeficienty pro závislost AO/PP* obsahuje korelační koeficienty pro závislost antioxidační aktivity na obsahu jednotlivých sledovaných standardů polyfenolických látek. Ačkoli v polyfenolickém profilu převažují flavonoidy, antioxidační aktivitu nijak neovlivňují. Nejsilnější korelace dosahoval epikatechin ve volné formě, ale hodnota  $r$  činila jen 0,6375, což není signifikantně významné. Mnohem větší vliv na antioxidační aktivitu mají polyfenolické kyseliny. Silnější závislost vykazovaly antioxidační aktivity měřené s pomocí ABTS. Nejsilnější korelaci v sumě vykazuje kyselina sinapová, a to jak pro ABTS ( $r = 0,8703$ ), tak pro DPPH ( $r = 0,7658$ ), následované kyselinou chlorogenovou a elagovou. Nejvíce se na antioxidační aktivitě podílejí polyfenolické kyseliny v konjugované formě. Jde o kyselinu elagovou ( $r =$

0,9905), kyselinu chlorogenovou ( $r = 0,9846$ ), kyselinu sinapovou ( $r = 0,9756$ ) a kyselinu *trans-p*-hydroxyskořicovou ( $r = 0,9620$ ), příp. kyselina chlorogenová ve volné formě ( $r = 0,9238$ ). Ostatní korelace se pohybují pod hodnotou 0,9000.

Tab. 5: Korelační koeficienty pro závislost AO/PP

Standard	r							
	ABTS				DPPH			
	Vol	Kon	Vaz	Suma	Vol	Kon	Vaz	Suma
<i>Deriváty kyseliny hydroxybenzoové</i>								
Gall	0,0383	0,3706	0,3450	0,1895	0,3144	0,0563	0,2351	0,0211
3,4-dhBenz	0,0698	0,0493	0,1569	0,1945	0,1018	0,0743	0,0598	0,1092
4-hBenz	0,5994	0,5751	0,0435	0,4939	0,2484	0,4688	0,1820	0,4146
Van	0,0576	0,1291	0,0259	0,3914	0,0418	0,3109	0,0674	0,3066
Syr	0,3306	0,1153	0,2761	0,1393	0,4325	0,0118	0,0027	0,0187
Ela	0,8558	0,9905	0,4704	0,7623	0,5278	0,7661	0,1318	0,6174
EtEs Prot	0,0009	0,1702	0,5004	0,2236	0,2180	0,2432	0,4771	0,0710
<i>Deriváty kyseliny hydroxyskořicové</i>								
NeoChl	0,2622	0,1116	0,2087	0,0453	0,3607	0,1112	0,1270	0,0510
Chl	0,9238	0,9846	0,4562	0,8120	0,6081	0,7362	0,6531	0,7291
Káv	0,1550	0,0531	0,0037	0,3012	0,3673	0,1058	0,1329	0,2373
<i>t-p</i> -kum	0,2263	0,1884	0,3429	0,0127	0,4324	0,0111	0,1861	0,1688
Fer	0,1354	0,6228	0,3088	0,1915	0,0940	0,4499	0,3228	0,1326
Sin	0,8241	0,9756	0,6734	0,8703	0,4437	0,7558	0,4925	0,7658
<i>t-2-h</i> Skoř	0,0501	0,9620	0,1702	0,1057	0,2732	0,7187	0,0845	0,0019
<i>t</i> -skoř	0,1596	0,0308	0,3498	0,1900	0,3503	0,2472	0,4453	0,0193
<i>Flavonoidy</i>								
EGKat	0,3076	0,1891	0,0369	0,1982	0,3822	0,0899	0,0032	0,0793
Kat	0,2363	0,2548	0,2533	0,2518	0,0635	0,1673	0,2174	0,0541
EKat	0,6375	0,1250	0,2855	0,3431	0,2847	0,0422	0,2038	0,2597
Rut	0,0685	0,0952	0,0140	0,2424	0,1356	0,0182	0,0673	0,0922
Kaemp	0,6254	0,0414	0,0666	0,1401	0,3194	0,1766	0,0220	0,1316
Kver	0,0248	0,1042	0,5411	0,5420	0,2266	0,1000	0,6324	0,4980
<i>Deriváty stilbenu</i>								
Resv	0,2543	0,1666	0,3219	0,3637	0,2909	0,2922	0,3266	0,2775

Gall – kyselina gallová, 3,4-dhBenz – kyselina 3,4-dihydroxybenzoová, 4-hBenz – kyselina 4-hydroxybenzoová, Van – kyselina vanilová, Syr – kyselina syringová, Ela – kyselina elagová, EtEs Prot – etylester kyselina protokatechové, NeoChl – kyselina neochlorogenová, Chl – kyselina chlorogenová, Káv – kyselina kávová, *t-p*-kum – kyselina *trans-p*-kumarová, Fer – kyselina ferulová, Sin – kyselina sinapová, *t-2-h*Skoř – kyselina *trans-2*-hydroxyskořicová, *t*-skoř – kyselina *trans*-skořicová, EGKat – epigallokatechin, Kat – katechin, EKat – epikatechin, Rut – rutin, Kaemp – kaempferol, Kver – kvercetin, Resv – resveratrol



## ZÁVĚR

Cílem práce bylo vyrobit vločky z netradičních druhů obilovin, vyextrahovat z nich fenolické frakce obsahující volné, konjugované a vázané fenolické látky, a v těchto frakcích stanovit celkový obsah polyfenolů a flavonoidů, antioxidační aktivitu a polyfenolický profil pomocí metody HPLC.

Nejvyšší obsah polyfenolů i antioxidační aktivita byl stanoven u vloček ze světlé quinoi. Vzhledem k tomu, že jde o obilovinu bez výrazného zbarvení obalových vrstev, je toto zjištění překvapivé. Bohužel jde o vzorek vloček, u kterého není známa technologie výroby. Z vloček, které byly vyrobeny pro potřeby experimentu, byl nejvyšší obsah polyfenolů i antioxidační aktivita naměřen ve vločkách z divoké rýže. Naopak nejnižší obsah polyfenolů i antioxidační aktivitu vykazovaly vločky z bílé rýže. Nejvyšší podíl polyfenolů se u obilovin po tepelném opracování vyskytoval ve vázané formě. Stejně tak i nejvyšší antioxidační aktivita. Nejvyšší obsah celkových polyfenolů ve volné a konjugované formě, které jsou pro organismus nejlépe využitelné, byl zjištěn u vloček ze světlé quinoi, následované vločkami z divoké rýže.

Mezi prvními pěti polyfenolickými látkami s nejvyšším obsahem byly nejčastěji zastoupeny flavonoidy katechin, epigallokatechin a rutin. Dle dostupné literatury obsahují v nezpracované formě testované obiloviny z polyfenolických látek v nejvyšším množství hlavně polyfenolické kyseliny, zejména kyselinu ferulovou nebo *p*-kumarovou. Vzhledem k tomu, že obsah těchto kyselin byl po zpracování nižší a převažovaly zejména flavonoidy, lze usuzovat, že polyfenolické kyseliny patří mezi látky, které se během tepelného opracování snadněji degradují. Ačkoli v nejvyšším množství převažovaly flavonoidy, ze sledovaných standardů se na antioxidační aktivitě nejvíce podílela kyselina elagová, chlorogenová, sinapová a *trans-p*-hydroxyskořicová. Může jít o látky se silnější antioxidační aktivitou, než jakou vykazují flavonoidy.

Obsah sledovaných standardů polyfenolických látek převažoval v konjugované formě. Při měření celkových polyfenolů ale převažovaly ve formě vázané. Lze tedy předpokládat, že kromě sledovaných standardů obsahují tyto obiloviny ve vázané formě také řadu jiných polyfenolických látek.

Z komerčně dostupných vloček měly nejlepší sledované charakteristiky vločky ze světlé quinoi, u kterých, jak již bylo zmíněno výše, není známa technologie výroby, každopádně je lze jako součást müsli směsí doporučit. Z obilovin, ze kterých se vločky v dnešní době

komerčně nevyrábí, měly nejlepší parametry vločky z divoké rýže. Nepatří ale mezi obiloviny pěstované ve velkých objemech, proto je její využití na výrobu vloček limitováno.

Pro další testování se doporučuje zaměřit se na vliv extruzní technologie výroby cereálních vloček.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TOKUŞOĞLU, Özlem a Clifford HALL. *Fruit and Cereal Bioactives: Sources, Chemistry, and Applications* [online]. Boca Raton: CRC Press, 2011. ISBN 978-143-9806-678. Dostupné z:  
<http://www.crcnetbase.com/isbn/9781439806678>
- [2] VARZAKAS, Theodoros a Constantina TZIA. *Handbook of Food Processing: Food Safety, Quality, and Manufacturing Processes* [online]. CRC Press, 2015 [cit. 2016-11-13]. ISBN 978-1-4987-2178-3. Dostupné z:  
<http://www.crcnetbase.com/isbn/978-1-4987-2177-6>
- [3] BELTON, P. S. a John Reginald Nuttall TAYLOR. *Pseudocereals and less common cereals: grain properties and utilization potential*. Berlin: Springer, c2010. ISBN 978-3-642-07691-6.
- [4] ARENDT, Elke K. a Emanuele ZANNINI. *Cereal grains for the food and beverage industries* [online]. Philadelphia, PA: Woodhead Pub., 2013 [cit. 2016-11-04]. ISBN 978-0-85709-892-4. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com/science/book/9780857094131>
- [5] CHEN, Xiao Qiong, Norio NAGAO, Tomio ITANI a Kohei IRIFUNE. Antioxidative analysis, and identification and qualification of anthocyanin pigments in different coloured rice. *Food Chemistry* [online]. 2012, (135), 2783-2788 [cit. 2017-03-27]. ISSN 0308-8146. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814612010837>
- [6] GUINÉ, Raquel de Pinho Ferreira. *Engineering aspects of cereal and cereal-based products* [online]. Boca Raton: CRC Press, 2013 [cit. 2016-11-12]. ISBN 978-143-9887-035. Dostupné z:  
<http://web.b.ebscohost.com.proxy.k.utb.cz/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzYwNzc2M19fQU41?sid=328f1a3a-0cc0-4034-86c4-c574854a23d0@sessionmgr104&vid=2&format=EB&rid=2>

- [7] BAVEC, Franc a Martina BAVEC. *Organic production and use of alternative crops* [online]. Boca Raton: CRC/Taylor, 2007 [cit. 2016-10-24]. ISBN 978-142-0017-427. Dostupné z: <http://www.crcnetbase.com/isbn/9781420017427>
- [8] DINI, Irene, Gian Carlo TENORE a Antonio DINI. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after coking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2010, (43), 447-451 [cit. 2017-03.22]. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0023643809002692>
- [9] NICKEL, Júlia, Luciana Pio SPANIER, Fabiana Torma BOTELHO, Márcia Arocha GULARTE a Elizabete HELBIG. Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains. *Food Chemistry* [online]. 2016, (209), 139-143 [cit. 2017-03-22]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814616305489>
- [10] GÓMEZ-CARAVACA, Ana Maria, Giovanna IAFELICE, Vito VERARDO a Maria Fiorenza CABONI. Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry* [online]. 2014, (157), 174-178 [cit. 2017-03-24]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814614001976>
- [11] WINCH, Tony. *Growing food: A guide to food production* [online]. Dordrecht: Springer, 2006. ISBN 14-020-4827-0. Dostupné z: [http://dl.taq.ir/agriculture/growing\\_food\\_a\\_guide\\_to\\_food\\_production\\_winch.pdf](http://dl.taq.ir/agriculture/growing_food_a_guide_to_food_production_winch.pdf)
- [12] Jezerní obilí. *Ústav experimentální botaniky AV ČR* [online]. 2012 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: <http://www.ueb.cas.cz/cs/content/jezerni-obili>

- [13] QIU, Yang, Qin LIU a Trust BETA. Antioxidant properties of commercial wild rice and analysis of soluble and insoluble phenolic acids. *Food Chemistry* [online]. 2013, (121), 140-147 [cit. 2017-02-08]. ISSN 0308-8146. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814609014241>
- [14] MASKAN, Medeni a Aylin ALTAN. *Advances in food extrusion technology* [online]. Boca Raton, FL: CRC Press, 2012 [cit. 2016-11-13]. ISBN 978-143-9815-212. Dostupné z:  
<http://web.b.ebscohost.com.proxy.k.utb.cz/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzQwNTM1OV9fQU41?sid=328f1a3a-0cc0-4034-86c4-c574854a23d0@sessionmgr104&vid=4&format=EB&rid=1>
- [15] LUSAS, Edmund W. a Lloyd W. ROONEY. *Snack foods processing*. Lancaster, Pa.: Technomic Pub. Co, c2001. ISBN 15-667-6932-9.
- [16] BOUVIER, Jean-Marie. a Osvaldo H. CAMPANELLA. *Extrusion processing technology: Food and non-food biomaterials* [online]. John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2017-04-04]. ISBN 978-111-8541-685. Dostupné z:  
<http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.k.utb.cz/book/10.1002/9781118541685>
- [17] BRENNAN, Charles, Margaret BRENNAN, Emma DERBYSHIRE a Brijesh K. TIWARI. Effects of extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods. *Trends in Food Science and Technology* [online]. 2011, (22), 570-575 [cit. 2017-03-26]. ISSN 0924-2244. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0924224411001129>
- [18] DUBEY, Rupesh Kumar a Suvendu BHATTACHARYS. Extrusion Processing of Foods. In: BHATTACHARYS, Suvendu. *Conventional and Advanced Food Processing Technologies* [online]. John Wiley & Sons, 2014, s. 75 - 97 [cit. 2017-04-04]. ISBN 978-111-8406-281. Dostupné z:  
<http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.k.utb.cz/doi/10.1002/9781118406281.ch4/summary>

- [19] NACZK, Marian a Fereidoon SHAHIDI. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* [online]. 2006, (41), 1523-1542 [cit. 2017-03-28]. ISSN 0731-7085. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0731708506003062>
- [20] Výkladový slovník - fytoalexiny. *Agromanual.cz* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z:  
<https://www.agromanual.cz/cz/atlas/vykladovy-slovník/fytoalexiny&asort=F>
- [21] AWIKA, Joseph M., Vieno. PIIRONEN a Scott. BEAN. *Advances in Cereal Science: Implications to Food Processing and Health Promotion*. Washington, DC: American Chemical Society, c2011. ISBN 978-084-1226-364.
- [22] SHAHIDI, Fereidoon a Priyatharini AMBIGAIPALAN. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review. *Journal of Functional Foods* [online]. 2015, (18), 820-897 [cit. 2016-11-23]. ISSN 1756-4646. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S1756464615003023>
- [23] WANG, Tao a Guibing CHEN. Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review. *Journal of Functional Foods* [online]. 2014, (7), 101-111 [cit. 2017-03-26]. ISSN 1756-4646. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S1756464614000504>
- [24] ACOSTA-ESTRADA, Beatriz A., Janet A. GUTIÉRREZ-URIBE a Sergio O. SERNA-SALDÍVAR. Bound phenolics in foods, a review. *Food Chemistry* [online]. 2014, (152), 46-55 [cit. 2017-03-30]. ISSN 0308-8146. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814613017305>

- [25] ROCCHETTI, Gabriele, Giulia CHIODELLI, Gianluca GIUBERTI, Francesco MASOERO, Marco TREVISAN a Luigi LUCINI. Evaluation of phenolic profile and antioxidant capacity in gluten-free flours. *Food Chemistry* [online]. 2017, (228), 367-373 [cit. 2017-03-26]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814617301541>
- [26] WALTER, Melissa, Enio MARCHESAN, Paulo Fabrício Sachet MASSONI, Leila Picolli DA SILVA a Rafael Bruck FERREIRA. Antioxidant properties of rice grains with light brown, red and black pericarp colors and the effect of processing. *Food Research International* [online]. 2013, (50), 698-703 [cit. 2017-02-06]. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0963996911005321>
- [27] SOMPONG, R., S. SIEBENHLAND-EHN a G. LINSBERGER-MARTIN. Physicochemical and oxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry* [online]. 2012, (135), 132-140 [cit. 2017-03-27]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814610006989>
- [28] TI, Huihui, Ruifen ZHANG, Zhencheng WEI, Jianwei CHI, Yuanyuan DENG a Yan ZHANG. Effect of extrusion on phytochemical profiles in milled fractions of black rice. *Food Chemistry* [online]. 2015, (178), 186-194 [cit. 2017-04-03]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814615001016>
- [29] MIN, Byungrok, Liwei GU, Anna M. MCCLUNG, Christine J. BERGMAN a Ming-Hsuan CHEN. Free and bound total phenolic concentrations, antioxidant capacities, and profiles of proanthocyanidins and anthocyanins in whole grain rice (*Oryza sativa* L.) of different bran colours. *Food Chemistry* [online]. 2012, (133), 715-722 [cit. 2017-03-28]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814612001318>

- [30] TANG, Yao, Xihong LI, Bing ZHANG, Peter X. CHEN a Rong TSAO. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry* [online]. 2015, (166), 380-388 [cit. 2017-03-21]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814614017695>
- [31] KOTÁSKOVÁ, Eva, Daniela SUMCZYNSKI, Jiří MLČEK a Pavel VALÁŠEK. Determination of free and bound phenolics using HPLC-DAD, antioxidant activity and in vitro digestibility of *Eragrostis tef*. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2016, (46), 15-21 [cit. 2017-03-28]. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0889157515002343>
- [32] SUMCZYNSKI, Daniela, Eva KOTÁSKOVÁ, Jana ORSAVOVÁ a Pavel VALÁŠEK. Contribution of individual phenolics to antioxidant activity and in vitro digestibility of wild rices (*Zizania aquatica* L.). *Food Chemistry* [online]. 2017, (218), 107-115 [cit. 2017-03-27]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814616314443>
- [33] MIN, Byungrok, Anna MCCLUNG a Ming-Hsuan CHEN. Effects of hydrothermal processes on antioxidants in brown, purple and red bran whole grain rice (*Oryza sativa* L.). *Food Chemistry* [online]. 2014, (159), 106-115 [cit. 2017-04-11]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614003677>
- [34] BRYNGELSSON, S., L.H. DIMBERG a A. KAMAL-ELDIN. Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2002, (50), 1890-1896 [cit. 2017-03-26]. ISSN 1520-5118. Dostupné z: [http://apps.webofknowledge.com.proxy.k.utb.cz/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=6&SID=W1QBQ1vStyRx6xYMmTG&page=1&doc=6](http://apps.webofknowledge.com.proxy.k.utb.cz/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=6&SID=W1QBQ1vStyRx6xYMmTG&page=1&doc=6)



- [35] ZAUPA, Maria, Luca CALANI, Daniele DEL RIO a Nicoletta PELLEGRINI. Characterization of total antioxidant capacity and (poly)phenolic compounds of differently pigmented rice varieties and their changes during domestic cooking. *Food Chemistry* [online]. 2015, (187), 338-347 [cit. 2017-04-10]. ISSN 0308-8146. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814615006019>
- [36] SURH, Jeonghee a Eunmi KOH. Effects of four different cooking methods on anthocyanins, total phenolics and antioxidant activity of black rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2014, (94), 3296 - 3304 [cit. 2017-04-02]. ISSN 1097-0010. Dostupné z:  
<http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.k.utb.cz/doi/10.1002/jsfa.6690/full>
- [37] ALTAN, A. a M. MASKAN. Effect of extrusion process on antioxidant activity, total phenolics and beta-glucan content of extrudates developed from barley-fruit and vegetable by-products. *International Journal of Food Science and Technology* [online]. 2009, (44), 1263 - 1271 [cit. 2017-03-26]. ISSN 1365-2621. Dostupné z:  
<http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.k.utb.cz/doi/10.1111/j.1365-2621.2009.01956.x/full>
- [38] AWIKA, J.M., L. DYKES, L.W. GU, L.W. ROONEY a R.L. PRIOR. Processing of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products alters procyanidin oligomer and polymer distribution and content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2003, (51), 5516-5521 [cit. 2017-03-26]. ISSN 1890 - 1896. Dostupné z:  
[http://apps.webofknowledge.com.proxy.k.utb.cz/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=W1QBQ1vStyRx6xYMmTG&page=2&doc=13](http://apps.webofknowledge.com.proxy.k.utb.cz/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=W1QBQ1vStyRx6xYMmTG&page=2&doc=13)

- [39] KOWALSKI, Ryan J., Ilce Gabriela MEDINA-MEZA, Bhim B. THAPA, Kevin M. MURPHY a Girish M. GANJYAL. Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science* [online]. 2016, (70), 91 - 98 [cit. 2017-04-05]. ISSN 0733-5210. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0733521016300996>
- [40] BUŇKA, F., KŘÍŽ, O., HRABĚ, J. StatK25. Verze 2.0 beta.
- [41] TESSMER SCAGLIONI, Priscila, Taiana DENARDI DE SOUZA, Cristiano GAUTÉRIO SCHMIDT a Eliana BADIALE-FURLONG. Availability of free and bound phenolic compounds in rice after hydrothermal treatment. *Journal of Cereal Science* [online]. 2014, (60), 526-532 [cit. 2017-04-11]. ISSN 0733-5210. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0733521014001659>
- [42] SHAHIDI, Fereidoon a Ying ZHONG. Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods* [online]. 2015, (18), 757-781 [cit. 2017-04-16]. ISSN 1756-4646. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S1756464615000511>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ABTS	2,2-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonát)
AMK	Aminokyselina
AO	Antioxidační aktivita
AO_ABTS	Antioxidační aktivita měřená s pomocí ABTS
AO_DPPH	Antioxidační aktivita měřená s pomocí DPPH
ČR	Česká republika
DPPH	(2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl)
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
MK	Mastná kyselina
PA	Polyfenolická kyselina
PP	Polyfenolické látky
RTE	Z angl. <i>Ready-to-eat</i> , cereálie k přímé konzumaci
TFC	Obsah flavonoidů
TPC	Obsah celkových polyfenolů
USA	Spojené státy americké
UV	Ultrafialové

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1: Řez zrnem rýže [4]</i> .....	15
<i>Obr. 2: Řez zrnem quinoi [4]</i> .....	16
<i>Obr. 3: Řez zrnem amarantu [4]</i> .....	19
<i>Obr. 4: Část výrobního zařízení pro extruzní metodu [15]</i> .....	23
<i>Obr. 5: Schéma dělení přírodních polyfenolických antioxidantů [22]</i> .....	25
<i>Obr. 6: Vzorec kyseliny hydroxybenzoové a kyseliny hydroxyskořicové a jejich derivátů [22]</i> .....	26
<i>Obr. 7: Vločky z bílé rýže</i> .....	37
<i>Obr. 8: Zrna a vločky z rýže s červenými obalovými vrstvami</i> .....	38
<i>Obr. 9: Zrna a vločky z rýže s černými obalovými vrstvami</i> .....	38
<i>Obr. 10: Vločky ze světlé quinoi</i> .....	39
<i>Obr. 11: Zrna a vločky z quinoi s červenými obalovými vrstvami</i> .....	40
<i>Obr. 12: Zrna a vločky z quinoi s černými obalovými vrstvami</i> .....	40
<i>Obr. 13: Vločky ze světlého teffu</i> .....	41
<i>Obr. 14: Zrna a vločky z tmavého teffu</i> .....	42
<i>Obr. 15: Vločky z amarantu</i> .....	42
<i>Obr. 16: Zrna a vločky z divoké rýže</i> .....	43
<i>Obr. 17: Suma obsahů TPC</i> .....	50
<i>Obr. 18: Obsah TPC v jednotlivých frakcích</i> .....	52
<i>Obr. 19: Suma obsahů TFC</i> .....	53
<i>Obr. 20: Obsah TFC v jednotlivých frakcích</i> .....	54
<i>Obr. 21: Suma antioxidačních aktivit měřených pomocí ABTS</i> .....	55
<i>Obr. 22: Suma antioxidačních aktivit měřených pomocí DPPH</i> .....	56
<i>Obr. 23: Závislost AO_ABTS/TPC ve volné frakci</i> .....	58

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1: Složení poměrů mobilních fází během gradientové eluce .....</i>	48
<i>Tab. 2: Antioxidační aktivity v jednotlivých frakcích .....</i>	57
<i>Tab. 3: Korelační koeficienty pro závislost AO/TPC a AO/TFC.....</i>	58
<i>Tab. 4: Sumy standardů pro jednotlivé vzorky .....</i>	60
<i>Tab. 5: Korelační koeficienty pro závislost AO/PP .....</i>	64

**SEZNAM PŘÍLOH**

- PŘÍLOHA P I: KALIBRAČNÍ ROVNICE POLYFENOLŮ
- PŘÍLOHA P II: TABULKA OBSAHŮ TPC A TFC
- PŘÍLOHA P III: TABULKA OBSAHŮ VOLNÝCH POLYFENOLŮ
- PŘÍLOHA P IV: TABULKA OBSAHŮ KONJUGOVANÝCH POLYFENOLŮ
- PŘÍLOHA P V: TABULKA OBSAHŮ VÁZANÝCH POLYFENOLŮ

## PŘÍLOHA P I: KALIBRAČNÍ ROVNICE POLYFENOLŮ

Standard	rovnice kalibrace	<i>r</i>
<i>Deriváty kyseliny hydroxybenzoové</i>		
Gallová kyselina	$y = 0,3413x$	0,9998
3,4-dihydroxybenzoová kyselina	$y = 0,2359x$	0,9995
4-hydroxybenzoová kyselina	$y = 0,5114x$	0,9995
Vanilová kyselina	$y = 0,2612x$	0,9999
Syringová kyselina	$y = 0,3716x$	0,9993
Elagová kyselina	$y = 0,2005x$	0,9982
Etylster kyseliny protokatechové	$y = 0,3095x$	0,9998
<i>Deriváty kyseliny hydroxyskořicové</i>		
Neochlorogenová kyselina	$y = 0,1559x$	0,9994
Chlorogenová kyselina	$y = 0,2125x$	0,9985
Káвовá kyselina	$y = 0,5478x$	0,9994
<i>trans-p</i> -kumarová kyselina	$y = 1,1882x$	0,9994
Ferulová kyselina	$y = 0,4502x$	0,9989
Sinapová kyselina	$y = 0,1767x$	0,9993
<i>trans</i> -2-hydroxyskořicová kyselina	$y = 1,2589x$	0,9999
<i>trans</i> -skořicová kyselina	$y = 1,4882x$	0,9995
<i>Flavonoidy</i>		
Epigallokatechin	$y = 0,0221x$	0,9984
Katechin	$y = 0,0987x$	0,9992
Epikatechin	$y = 0,1366x$	0,9988
Rutin	$y = 0,1257x$	0,9997
Kaempferol	$y = 0,2241x$	0,9990
Kvercetin	$y = 0,3202x$	0,9956
<i>Deriváty stilbenu</i>		
Resveratrol	$y = 0,3613x$	0,9995

## PŘÍLOHA P II: TABULKA OBSAHŮ TPC A TFC

Vzorek	Frakce	TPC		TFC	
		mg GAE.g <sup>-1</sup>	% ze sumy	mg RE.g <sup>-1</sup>	% ze sumy
Rýže	Vol	(3,10 ± 0,03) <sup>a</sup>	35,17	(0,31 ± 0,01) <sup>a</sup>	20,49
	Kon	(2,70 ± 0,02) <sup>aa</sup>	30,64	(0,48 ± 0,01) <sup>aa</sup>	31,78
	Vaz	(3,01 ± 0,04) <sup>A</sup>	34,19	(0,72 ± 0,02) <sup>A</sup>	47,73
	Suma	(8,80 ± 0,03) <sup>AA</sup>		(1,51 ± 0,01) <sup>AA</sup>	
Rýže červená	Vol	(2,67 ± 0,05) <sup>b</sup>	22,75	(0,59 ± 0,02) <sup>b</sup>	25,09
	Kon	(1,99 ± 0,03) <sup>bb</sup>	16,97	(0,04 ± 0,01) <sup>bb</sup>	1,79
	Vaz	(7,08 ± 0,05) <sup>B</sup>	60,28	(1,73 ± 0,03) <sup>B</sup>	73,12
	Suma	(11,75 ± 0,04) <sup>BB</sup>		(2,37 ± 0,02) <sup>BB</sup>	
Rýže černá	Vol	(3,84 ± 0,05) <sup>c</sup>	25,99	(1,30 ± 0,02) <sup>c</sup>	46,50
	Kon	(3,22 ± 0,06) <sup>cc</sup>	21,83	(0,29 ± 0,01) <sup>cc</sup>	10,44
	Vaz	(7,70 ± 0,10) <sup>C</sup>	52,17	(1,21 ± 0,02) <sup>C</sup>	43,07
	Suma	(14,77 ± 0,07) <sup>CC</sup>		(2,80 ± 0,02) <sup>CC</sup>	
Quinoa	Vol	(6,23 ± 0,11) <sup>d</sup>	35,22	(1,19 ± 0,01) <sup>d</sup>	64,78
	Kon	(5,22 ± 0,10) <sup>dd</sup>	29,51	(0,65 ± 0,01) <sup>dd</sup>	35,22
	Vaz	(6,24 ± 0,12) <sup>D</sup>	35,27	ND	
	Suma	(17,70 ± 0,11) <sup>DD</sup>		(1,83 ± 0,01) <sup>DD</sup>	
Quinoa červená	Vol	(2,29 ± 0,05) <sup>e</sup>	23,34	(1,01 ± 0,02) <sup>e</sup>	35,11
	Kon	(2,98 ± 0,04) <sup>ee</sup>	30,29	(0,68 ± 0,01)* <sup>ee</sup>	23,56
	Vaz	(4,56 ± 0,07) <sup>E</sup>	46,37	(1,19 ± 0,02) <sup>D,C</sup>	41,32
	Suma	(9,83 ± 0,05) <sup>EE</sup>		(2,89 ± 0,02) <sup>EE</sup>	
Quinoa černá	Vol	(2,76 ± 0,04) <sup>f</sup>	28,73	(0,78 ± 0,02) <sup>f</sup>	49,00
	Kon	(2,67 ± 0,03) <sup>aa</sup>	27,81	(0,68 ± 0,01)* <sup>ff,ee</sup>	42,84
	Vaz	(4,18 ± 0,06) <sup>F</sup>	43,46	(0,13 ± 0,01) <sup>E</sup>	8,16
	Suma	(9,62 ± 0,04) <sup>FF</sup>		(1,59 ± 0,01) <sup>FF</sup>	
Teff světlý	Vol	(3,63 ± 0,06) <sup>g</sup>	30,79	(0,67 ± 0,01)* <sup>g</sup>	24,63
	Kon	(3,37 ± 0,05) <sup>ff</sup>	28,59	(0,68 ± 0,01)* <sup>gg,ee</sup>	25,00
	Vaz	(4,79 ± 0,06) <sup>G</sup>	40,63	(1,37 ± 0,01)* <sup>F</sup>	50,37
	Suma	(11,78 ± 0,06) <sup>GG,BB</sup>		(2,72 ± 0,01) <sup>GG</sup>	
Teff tmavý	Vol	(3,82 ± 0,04) <sup>h,c</sup>	37,99	(1,52 ± 0,03) <sup>h</sup>	42,57
	Kon	(1,77 ± 0,05) <sup>gg</sup>	17,59	(0,68 ± 0,01)* <sup>hh,ee</sup>	19,05
	Vaz	(4,47 ± 0,08) <sup>H,E</sup>	44,42	(1,37 ± 0,01)* <sup>G,F</sup>	38,38
	Suma	(10,06 ± 0,06) <sup>HH</sup>		(3,57 ± 0,02) <sup>HH</sup>	
Amarant	Vol	(2,70 ± 0,04) <sup>i,b,f</sup>	18,53	ND	
	Kon	(3,46 ± 0,07) <sup>hh,ff</sup>	23,78	ND	
	Vaz	(8,39 ± 0,11) <sup>I</sup>	57,68	ND	
	Suma	(14,55 ± 0,07) <sup>II</sup>			
Divoká rýže	Vol	(4,95 ± 0,05) <sup>j</sup>	28,46	(0,78 ± 0,02) <sup>i,f</sup>	53,12
	Kon	(3,76 ± 0,04) <sup>ii</sup>	21,58	(0,14 ± 0,01) <sup>ii</sup>	9,69
	Vaz	(8,69 ± 0,05) <sup>J</sup>	49,95	(0,55 ± 0,02) <sup>H</sup>	37,20
	Suma	(17,40 ± 0,05) <sup>JJ</sup>		(1,47 ± 0,02) <sup>II</sup>	

Výsledky jsou vztaženy na čerstvou hmotnost vzorku. Indexy v jednom sloupci ve stejném formátu (x, xx, X, XX) představují mezi sebou porovnávaný soubor. Stejně indexy značí hodnoty, mezi kterými není statisticky významný rozdíl ( $p = 0,05$ ).

\* při stanovení reagovaly nedostatečně, jde o výsledek pro nejnižší koncentraci kalibrační řady



## PŘÍLOHA P III: TABULKA OBSAHŮ VOLNÝCH POLYFENOLŮ

Standard [μg·g <sup>-1</sup> ]	Rýže Rýže červená Rýže černá	Quinoa Quinoa červená Quinoa černá	Teff světlý Teff tmavý	Amarant	Divoká rýže
<i>Deriváty kyseliny hydroxybenzoové</i>					
Gall	(0,05 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,06 ± 0,01) <sup>a</sup> (2,09 ± 0,01) <sup>b</sup>	(0,27 ± 0,04) <sup>c</sup> ND ND	(27,15 ± 0,60) <sup>d</sup> (16,26 ± 0,57) <sup>e</sup>	ND	ND
3,4-dhBenz	(2,27 ± 0,08) <sup>a</sup> (16,21 ± 0,40) <sup>b</sup> (36,78 ± 0,31) <sup>c</sup>	(6,04 ± 0,17) <sup>d</sup> (5,19 ± 0,19) <sup>e</sup> (3,16 ± 0,12) <sup>f</sup>	(0,97 ± 0,07) <sup>g</sup> (0,10 ± 0,01) <sup>h</sup>	(3,52 ± 0,23) <sup>i</sup>	(1,19 ± 0,12) <sup>j</sup>
4-hBenz	(0,78 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,30 ± 0,03) <sup>b</sup> (0,15 ± 0,01) <sup>c</sup>	(9,23 ± 0,26) <sup>d</sup> ND (0,16 ± 0,01) <sup>e,c</sup>	(1,51 ± 0,03) <sup>f</sup> (0,79 ± 0,06) <sup>a</sup>	(7,05 ± 0,16) <sup>g</sup>	(1,11 ± 0,02) <sup>h</sup>
Van	(4,81 ± 0,18) <sup>a</sup> (0,36 ± 0,04) <sup>b</sup> (0,22 ± 0,03) <sup>c</sup>	(0,85 ± 0,02) <sup>d</sup> (2,13 ± 0,13) <sup>e</sup> ND	ND (9,39 ± 0,70) <sup>f</sup>	(3,20 ± 0,19) <sup>g</sup>	(3,06 ± 0,23) <sup>h,g</sup>
Syr	(0,04 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,04 ± 0,01) <sup>a</sup> ND	(0,76 ± 0,02) <sup>b</sup> (0,10 ± 0,02) <sup>c</sup> (0,04 ± 0,01) <sup>a</sup>	(1,92 ± 0,16) <sup>d</sup> (0,68 ± 0,07) <sup>e,b</sup>	ND	ND
Ela	(0,94 ± 0,05) <sup>a</sup> (0,04 ± 0,01) <sup>b</sup> (0,68 ± 0,05) <sup>c</sup>	(60,83 ± 0,27) <sup>d</sup> ND (0,73 ± 0,01) <sup>e,c</sup>	(9,61 ± 0,53) <sup>f</sup> (0,45 ± 0,03) <sup>g</sup>	(0,96 ± 0,03) <sup>a</sup>	(1,14 ± 0,04) <sup>h</sup>
EtEs Prot	(11,02 ± 0,36) <sup>a</sup> (1,47 ± 0,06) <sup>b</sup> (1,99 ± 0,06) <sup>c</sup>	(0,83 ± 0,01) <sup>d</sup> (1,34 ± 0,11) <sup>e,b,i</sup> (1,16 ± 0,04) <sup>f</sup>	(51,17 ± 0,29) <sup>g</sup> (3,42 ± 0,25) <sup>h</sup>	(1,26 ± 0,02) <sup>i</sup>	(0,59 ± 0,02) <sup>j</sup>
<i>Deriváty kyseliny hydroxyskořicové</i>					
NeoChl	(0,23 ± 0,03) <sup>a</sup> ND ND	ND (0,08 ± 0,03) <sup>b</sup> (1,71 ± 0,12) <sup>c</sup>	(1,37 ± 0,18) <sup>d</sup> (0,50 ± 0,05) <sup>e</sup>	(42,84 ± 1,28) <sup>f</sup>	ND
Chl	(1,54 ± 0,06) <sup>a</sup> (1,25 ± 0,06) <sup>b</sup> (7,66 ± 0,18) <sup>c</sup>	(57,39 ± 0,43) <sup>d</sup> (2,58 ± 0,21) <sup>e</sup> (3,61 ± 0,23) <sup>f</sup>	(10,04 ± 0,64) <sup>g</sup> (2,14 ± 0,05) <sup>h</sup>	(3,64 ± 0,21) <sup>if</sup>	(13,63 ± 0,78) <sup>j</sup>
Káv	(0,60 ± 0,03) <sup>a</sup> (0,81 ± 0,01) <sup>b</sup> (1,51 ± 0,17) <sup>c</sup>	(0,48 ± 0,03) <sup>d</sup> (2,04 ± 0,01) <sup>e</sup> (0,18 ± 0,01) <sup>f</sup>	ND ND	ND	(0,87 ± 0,12) <sup>g,b</sup>
<i>t-p</i> -kum	(0,08 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,04 ± 0,01) <sup>b</sup> (0,07 ± 0,01) <sup>a</sup>	(0,53 ± 0,04) <sup>c</sup> ND ND	(6,14 ± 0,17) <sup>d</sup> (1,17 ± 0,02) <sup>e</sup>	(0,05 ± 0,01) <sup>f,b</sup>	(0,05 ± 0,01) <sup>g</sup>
Fer	(0,28 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,09 ± 0,01) <sup>b</sup> (0,13 ± 0,01) <sup>c</sup>	(19,96 ± 0,08) <sup>d</sup> (11,03 ± 0,01) <sup>e</sup> (149,61 ± 4,02) <sup>f</sup>	(1,79 ± 0,17) <sup>g</sup> (0,76 ± 0,02) <sup>h</sup>	(12,42 ± 0,24) <sup>i</sup>	(5,21 ± 0,08) <sup>j</sup>

Příloha P III - pokračování

Sin	(7,20 ± 0,06) <sup>a</sup> (2,95 ± 0,09) <sup>b</sup> (2,04 ± 0,20) <sup>c</sup>	(401,00 ± 1,39) <sup>d</sup> (47,20 ± 0,01) <sup>e</sup> (3,29 ± 0,19) <sup>f</sup>	(21,65 ± 1,29) <sup>g</sup> (2,56 ± 0,01) <sup>h</sup>	(8,63 ± 0,15) <sup>i</sup>	(16,49 ± 0,09) <sup>j</sup>
<i>t</i> -2-hSkoř	(0,38 ± 0,01) <sup>a</sup> ND (0,11 ± 0,01) <sup>b</sup>	(2,72 ± 0,02) <sup>c</sup> (0,64 ± 0,03) <sup>d</sup> (0,14 ± 0,01) <sup>e</sup>	(18,43 ± 0,42) <sup>f</sup> (49,70 ± 1,58) <sup>g</sup>	(0,21 ± 0,01) <sup>h</sup>	(0,26 ± 0,02) <sup>i</sup>
<i>t</i> -skoř	(0,02 ± 0,01) <sup>a</sup> ND ND	(0,13 ± 0,01) <sup>b</sup> ND (0,15 ± 0,02) <sup>c,b</sup>	(0,62 ± 0,02) <sup>d</sup> ND	ND	ND
<i>Flavonoidy</i>					
EGKat	(14,43 ± 0,49) <sup>a</sup> ND ND	(15,28 ± 0,19) <sup>b</sup> (46,92 ± 0,45) <sup>c</sup> (52,72 ± 1,33) <sup>d</sup>	(45,48 ± 0,39) <sup>e</sup> (15,02 ± 0,34) <sup>f,b</sup>	(269,00 ± 1,78) <sup>g</sup>	(11,03 ± 0,72) <sup>h</sup>
Kat	(2,02 ± 0,07) <sup>a</sup> ND ND	(32,07 ± 0,35) <sup>b</sup> (33,32 ± 0,17) <sup>c</sup> (18,72 ± 0,15) <sup>d</sup>	(5,49 ± 0,39) <sup>e</sup> (2,83 ± 0,02) <sup>f</sup>	(7,97 ± 0,15) <sup>g</sup>	ND
EKat	(0,23 ± 0,01) <sup>a</sup> ND ND	(1,66 ± 0,09) <sup>b</sup> (0,70 ± 0,03) <sup>c</sup> (0,29 ± 0,01) <sup>d</sup>	(0,52 ± 0,07) <sup>e</sup> (0,36 ± 0,03) <sup>f</sup>	(0,57 ± 0,05) <sup>g,e</sup>	(0,12 ± 0,01) <sup>h</sup>
Rut	(24,09 ± 0,81) <sup>a</sup> (0,80 ± 0,07) <sup>b</sup> (1,48 ± 0,14) <sup>c</sup>	(57,49 ± 1,03) <sup>d</sup> (129,24 ± 0,42) <sup>e</sup> (84,80 ± 1,07) <sup>f</sup>	(24,69 ± 1,29) <sup>a</sup> (43,49 ± 0,89) <sup>g</sup>	(1,13 ± 0,03) <sup>h</sup>	(20,15 ± 0,08) <sup>i</sup>
Kaemp	(0,26 ± 0,01) <sup>a</sup> ND (0,68 ± 0,02) <sup>b</sup>	(2,77 ± 0,07) <sup>c</sup> (1,18 ± 0,07) <sup>d</sup> (0,48 ± 0,01) <sup>e</sup>	(0,16 ± 0,01) <sup>f</sup> (1,69 ± 0,13) <sup>g</sup>	(1,43 ± 0,01) <sup>h</sup>	(0,76 ± 0,06) <sup>i</sup>
Kver	ND ND ND	(2,55 ± 0,24) <sup>a</sup> (1,41 ± 0,10) <sup>b</sup> (1,80 ± 0,09) <sup>c</sup>	ND ND	(8,02 ± 0,01) <sup>d</sup>	(1,70 ± 0,02) <sup>e,c</sup>
<i>Deriváty stilbenu</i>					
Resv	(0,26 ± 0,02) <sup>a</sup> (0,42 ± 0,01) <sup>b</sup> ND	(0,34 ± 0,02) <sup>c</sup> (0,80 ± 0,08) <sup>d</sup> (3,84 ± 0,04) <sup>e</sup>	(4,41 ± 0,33) <sup>f</sup> (2,01 ± 0,09) <sup>g</sup>	(25,11 ± 0,86) <sup>h</sup>	(3,19 ± 0,05) <sup>i</sup>

Gall – kyselina gallová, 3,4-dhBenz – kyselina 3,4-dihydroxybenzoová, 4-hBenz – kyselina 4-hydroxybenzoová, Van – kyselina vanilová, Syr – kyselina syringová, Ela – kyselina elagová, EtEs Prot – etylester kyselina protocatechové, NeoChl – kyselina neochlorogenová, Chl – kyselina chlorogenová, Káv – kyselina kávová, *t*-p-kum – kyselina *trans*-*p*-kumarová, Fer – kyselina ferulová, Sin – kyselina sinapová, *t*-2-hSkoř – kyselina *trans*-2-hydroxyskořicová, *t*-skoř – kyselina *trans*-skořicová, EGKat – epigallokatechin, Kat – katechin, EKat – epikatechin, Rut – rutin, Kaemp – kaempferol, Kver – kvercetin, Resv – resveratrol

Výsledky jsou vztaženy na čerstvou hmotnost vzorku. Stejně indexy u každého standardu značí hodnoty, mezi kterými není statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

## PŘÍLOHA P IV: TABULKA OBSAHŮ KONJUGOVANÝCH POLYFENOLŮ

Standard [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ]	Rýže Rýže červená Rýže černá	Quinoa Quinoa červená Quinoa černá	Teff světlý Teff tmavý	Amarant	Divoká rýže
<i>Deriváty kyseliny hydroxybenzoové</i>					
Gall	(2,01 ± 0,12) <sup>a</sup> (0,43 ± 0,06) <sup>b</sup> (1,20 ± 0,12) <sup>c</sup>	(3,38 ± 0,28) <sup>d</sup> (0,71 ± 0,10) <sup>e</sup> (5,06 ± 0,61) <sup>f</sup>	(1,83 ± 0,16) <sup>a</sup> (1,29 ± 0,16) <sup>g,c</sup>	(0,42 ± 0,09) <sup>h,b</sup>	(0,09 ± 0,02) <sup>i</sup>
3,4-dhBenz	(2,88 ± 0,27) <sup>a</sup> (2,55 ± 0,05) <sup>a</sup> (0,92 ± 0,67) <sup>b</sup>	(18,72 ± 0,12) <sup>c</sup> (39,90 ± 0,41) <sup>d</sup> (64,65 ± 0,04) <sup>e</sup>	(2,01 ± 0,05) <sup>f</sup> (0,64 ± 0,01) <sup>g,b</sup>	(12,30 ± 0,03) <sup>h</sup>	(2,70 ± 0,24) <sup>a</sup>
4-hBenz	(7,48 ± 0,20) <sup>a</sup> (2,09 ± 0,10) <sup>b</sup> (4,69 ± 0,03) <sup>c</sup>	(16,02 ± 0,02) <sup>d</sup> (0,47 ± 0,01) <sup>e</sup> (1,31 ± 0,04) <sup>f</sup>	(0,44 ± 0,01) <sup>g</sup> (0,29 ± 0,01) <sup>h</sup>	(18,45 ± 0,50) <sup>i</sup>	(1,65 ± 0,10) <sup>j</sup>
Van	(3,10 ± 0,19) <sup>a</sup> (0,99 ± 0,05) <sup>b</sup> (1,61 ± 0,01) <sup>c</sup>	(2,12 ± 0,10) <sup>d</sup> (0,35 ± 0,02) <sup>e</sup> (55,26 ± 0,25) <sup>f</sup>	(5,28 ± 0,38) <sup>g</sup> (4,23 ± 0,01) <sup>h</sup>	(2,69 ± 0,21) <sup>i</sup>	(3,85 ± 0,11) <sup>j</sup>
Syr	(7,07 ± 0,16) <sup>a</sup> (2,15 ± 0,08) <sup>b</sup> (2,22 ± 0,06) <sup>c,b</sup>	(4,12 ± 0,11) <sup>d</sup> (3,72 ± 0,33) <sup>e,d</sup> (0,80 ± 0,06) <sup>f</sup>	(19,12 ± 0,16) <sup>g</sup> (22,87 ± 0,10) <sup>h</sup>	(0,32 ± 0,01) <sup>i</sup>	(5,47 ± 0,15) <sup>j</sup>
Ela	(4,94 ± 0,02) <sup>a</sup> ND (0,49 ± 0,01) <sup>b</sup>	(36,85 ± 0,21) <sup>c</sup> (0,64 ± 0,07) <sup>d</sup> (0,79 ± 0,10) <sup>e,d</sup>	ND (0,31 ± 0,01) <sup>f</sup>	(3,83 ± 0,05) <sup>g</sup>	(6,45 ± 0,02) <sup>h</sup>
EtEs Prot	(8,51 ± 0,05) <sup>a</sup> ND (0,32 ± 0,01) <sup>b</sup>	(1,42 ± 0,02) <sup>c</sup> (0,83 ± 0,16) <sup>d</sup> (1,03 ± 0,02) <sup>e</sup>	(29,20 ± 0,12) <sup>f</sup> (2,00 ± 0,06) <sup>g</sup>	(0,35 ± 0,02) <sup>h</sup>	ND
<i>Deriváty kyseliny hydroxyskořicové</i>					
NeoChl	(13,29 ± 0,25) <sup>a</sup> (1,60 ± 0,07) <sup>b</sup> (0,37 ± 0,04) <sup>c</sup>	(1,78 ± 0,05) <sup>d</sup> (3,77 ± 0,70) <sup>e</sup> (3,62 ± 0,02) <sup>f,e</sup>	(13,32 ± 0,49) <sup>a</sup> (19,94 ± 0,03) <sup>g</sup>	(198,67 ± 0,02) <sup>h</sup>	(0,66 ± 0,05) <sup>i</sup>
Chl	(15,02 ± 0,84) <sup>a</sup> (4,45 ± 0,35) <sup>b</sup> (14,83 ± 0,81) <sup>a</sup>	(112,06 ± 4,14) <sup>c</sup> (0,07 ± 0,01) <sup>d</sup> (15,07 ± 0,02) <sup>a</sup>	(2,55 ± 0,09) <sup>e</sup> (2,51 ± 0,29) <sup>f,e</sup>	(10,57 ± 0,25) <sup>g</sup>	(23,85 ± 0,06) <sup>h</sup>
Káv	(0,43 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,68 ± 0,10) <sup>b</sup> (0,61 ± 0,01) <sup>c,b</sup>	(1,67 ± 0,01) <sup>d</sup> (7,76 ± 0,66) <sup>e</sup> (2,09 ± 0,03) <sup>f</sup>	(1,06 ± 0,04) <sup>g</sup> (6,09 ± 0,08) <sup>h</sup>	ND	(0,11 ± 0,01) <sup>i</sup>
<i>t-p</i> -kum	(0,24 ± 0,01) <sup>a</sup> ND ND	(0,39 ± 0,03) <sup>b</sup> (3,94 ± 0,31) <sup>c</sup> (0,26 ± 0,03) <sup>a,f</sup>	(8,05 ± 0,52) <sup>d</sup> (0,70 ± 0,04) <sup>e</sup>	(0,27 ± 0,01) <sup>f</sup>	(2,83 ± 0,25) <sup>g</sup>

Příloha P IV - pokračování

Fer	(2,62 ± 0,01) <sup>a</sup>	(16,90 ± 0,01) <sup>b</sup>	(4,41 ± 0,16) <sup>e</sup>	(9,77 ± 0,41) <sup>g</sup>	(4,95 ± 0,02) <sup>h,c</sup>
	ND	(5,09 ± 0,29) <sup>c</sup>	(1,06 ± 0,13) <sup>f</sup>		
	ND	(16,05 ± 0,14) <sup>d</sup>			
Sin	ND	(256,34 ± 1,19) <sup>c</sup>	(4,18 ± 0,11) <sup>f</sup>	(2,49 ± 0,13) <sup>h</sup>	(35,18 ± 0,17) <sup>i</sup>
	(19,00 ± 0,21) <sup>a</sup>	(1,34 ± 0,04) <sup>d</sup>	(0,88 ± 0,01) <sup>g</sup>		
	(43,24 ± 0,02) <sup>b</sup>	(7,03 ± 0,07) <sup>e</sup>			
<i>t</i> -2-hSkoř	ND	(2,65 ± 0,01) <sup>b</sup>	(0,41 ± 0,01) <sup>d</sup>	(0,12 ± 0,01) <sup>f</sup>	ND
	ND	(0,18 ± 0,01) <sup>a,e</sup>	(0,20 ± 0,01) <sup>e</sup>		
	(0,19 ± 0,01) <sup>a</sup>	(0,35 ± 0,02) <sup>c</sup>			
<i>t</i> -skoř	ND	(0,04 ± 0,01) <sup>a</sup>	ND	ND	ND
	ND	ND	ND		
	ND	(0,43 ± 0,02) <sup>b</sup>			
<i>Flavonoidy</i>					
EGKat	(4,53 ± 0,39) <sup>a</sup>	(31,62 ± 1,18) <sup>d</sup>	(214,29 ± 5,82) <sup>g</sup>	(288,41 ± 2,71) <sup>j</sup>	(5,22 ± 0,16) <sup>j</sup>
	(3,30 ± 0,25) <sup>b</sup>	(56,22 ± 0,73) <sup>e</sup>	(260,94 ± 1,81) <sup>h</sup>		
	(2,47 ± 0,32) <sup>c</sup>	(89,99 ± 0,51) <sup>f</sup>			
Kat	(33,53 ± 0,03) <sup>a</sup>	(0,53 ± 0,12) <sup>d</sup>	(322,38 ± 0,04) <sup>g</sup>	(9,16 ± 0,28) <sup>i</sup>	(12,68 ± 0,07) <sup>j</sup>
	(7,40 ± 0,35) <sup>b</sup>	(47,85 ± 0,53) <sup>e</sup>	(131,85 ± 0,20) <sup>h</sup>		
	(6,70 ± 0,23) <sup>c</sup>	(33,08 ± 0,05) <sup>f</sup>			
EKat	(0,11 ± 0,01) <sup>a</sup>	(2,33 ± 0,03) <sup>b</sup>	(6,50 ± 0,08) <sup>e</sup>	(0,18 ± 0,01) <sup>g</sup>	ND
	ND	(34,50 ± 0,20) <sup>c</sup>	(7,93 ± 0,33) <sup>f</sup>		
	ND	(4,35 ± 0,25) <sup>d</sup>			
Rut	(1,58 ± 0,01) <sup>a</sup>	(9,64 ± 1,10) <sup>d</sup>	(81,00 ± 0,08) <sup>g</sup>	(10,25 ± 0,36) <sup>i,d</sup>	(12,20 ± 0,03) <sup>j</sup>
	(0,68 ± 0,04) <sup>b</sup>	(1,99 ± 0,21) <sup>e</sup>	(8,90 ± 0,03) <sup>h,d</sup>		
	(2,27 ± 0,02) <sup>c</sup>	(6,95 ± 0,25) <sup>f</sup>			
Kaemp	ND	(0,46 ± 0,02) <sup>a</sup>	ND	(5,68 ± 0,04) <sup>d</sup>	ND
	ND	(1,10 ± 0,13) <sup>b</sup>	ND		
	ND	(0,56 ± 0,03) <sup>c</sup>			
Kver	ND	(1,99 ± 0,01) <sup>a</sup>	(25,45 ± 0,63) <sup>d</sup>	ND	ND
	ND	(0,81 ± 0,06) <sup>b</sup>	ND		
	ND	(1,37 ± 0,13) <sup>c</sup>			
<i>Deriváty stilbenu</i>					
Resv	(0,43 ± 0,02) <sup>a</sup>	ND	(0,34 ± 0,01) <sup>e</sup>	(0,14 ± 0,02) <sup>g</sup>	(0,14 ± 0,02) <sup>h</sup>
	(0,08 ± 0,01) <sup>b</sup>	(11,95 ± 0,08) <sup>c</sup>	(0,19 ± 0,01) <sup>f</sup>		
	ND	(34,51 ± 1,14) <sup>d</sup>			

Gall – kyselina gallová, 3,4-dhBenz – kyselina 3,4-dihydroxybenzoová, 4-hBenz – kyselina 4-hydroxybenzoová, Van – kyselina vanilová, Syr – kyselina syringová, Ela – kyselina elagová, EtEs Prot – etylester kyselina protokatechové, NeoChl – kyselina neochlorogenová, Chl – kyselina chlorogenová, Káv – kyselina kávová, *t*-p-kum – kyselina *trans*-*p*-kumarová, Fer – kyselina ferulová, Sin – kyselina sinapová, *t*-2-hSkoř – kyselina *trans*-2-hydroxyskořicová, *t*-skoř – kyselina *trans*-skořicová, EGKat – epigallokatechin, Kat – katechin, EKat – epikatechin, Rut – rutin, Kaemp – kaempferol, Kver – kvercetin, Resv – resveratrol

Výsledky jsou vztaženy na čerstvou hmotnost vzorku. Stejně indexy u každého standardu značí hodnoty, mezi kterými není statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

## PŘÍLOHA P V: TABULKA OBSAHŮ VÁZANÝCH POLYFENOLŮ

Standard [μg·g <sup>-1</sup> ]	Rýže Rýže červená Rýže černá	Quinoa Quinoa červená Quinoa černá	Teff světlý Teff tmavý	Amarant	Divoká rýže
<i>Deriváty kyseliny hydroxybenzoové</i>					
Gall	(0,79 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,54 ± 0,18) <sup>b</sup> (0,75 ± 0,03) <sup>c,b</sup>	(0,23 ± 0,02) <sup>d</sup> (1,17 ± 0,02) <sup>e</sup> (1,50 ± 0,01) <sup>f</sup>	(3,04 ± 0,06) <sup>g</sup> (0,73 ± 0,13) <sup>a,b</sup>	(0,90 ± 0,02) <sup>h</sup>	ND
3,4-dhBenz	(0,34 ± 0,02) <sup>a</sup> (0,99 ± 0,09) <sup>b</sup> (1,59 ± 0,01) <sup>c</sup>	(0,93 ± 0,03) <sup>d,b</sup> (5,67 ± 0,05) <sup>e</sup> (5,21 ± 0,48) <sup>f,e</sup>	(1,76 ± 0,09) <sup>g</sup> ND	(0,67 ± 0,05) <sup>h</sup>	(2,32 ± 0,20) <sup>i</sup>
4-hBenz	(0,64 ± 0,02) <sup>a</sup> (0,77 ± 0,02) <sup>b</sup> (1,07 ± 0,06) <sup>c</sup>	(1,09 ± 0,04) <sup>d,c</sup> (0,25 ± 0,02) <sup>e</sup> ND	(6,33 ± 0,36) <sup>f</sup> ND	(2,31 ± 0,02) <sup>g</sup>	(0,34 ± 0,02) <sup>h</sup>
Van	(2,48 ± 0,04) <sup>a</sup> (2,35 ± 0,04) <sup>b</sup> (0,99 ± 0,08) <sup>c</sup>	(2,06 ± 0,02) <sup>d</sup> (5,11 ± 0,03) <sup>e</sup> (0,19 ± 0,01) <sup>f</sup>	(3,89 ± 0,08) <sup>g</sup> (1,34 ± 0,01) <sup>h</sup>	(3,73 ± 0,31) <sup>i,g</sup>	(2,22 ± 0,17) <sup>j,b,d</sup>
Syr	(2,31 ± 0,02) <sup>a</sup> (2,19 ± 0,20) <sup>a,b</sup> (2,20 ± 0,06) <sup>b</sup>	(0,08 ± 0,01) <sup>c</sup> (0,55 ± 0,01) <sup>d</sup> (0,72 ± 0,03) <sup>e</sup>	(0,47 ± 0,01) <sup>f</sup> (0,34 ± 0,01) <sup>g</sup>	ND	(3,27 ± 0,05) <sup>h</sup>
Ela	(1,09 ± 0,01) <sup>a</sup> (15,41 ± 0,01) <sup>b</sup> ND	(0,49 ± 0,03) <sup>c</sup> (0,32 ± 0,02) <sup>d</sup> ND	(1,24 ± 0,01) <sup>e</sup> ND	(0,33 ± 0,03) <sup>f,d</sup>	(0,11 ± 0,01) <sup>g</sup>
EtEs Prot	(2,79 ± 0,10) <sup>a</sup> (0,26 ± 0,02) <sup>b</sup> (1,25 ± 0,05) <sup>c</sup>	ND (0,14 ± 0,02) <sup>d</sup> (0,15 ± 0,01) <sup>e,d</sup>	(3,01 ± 0,01) <sup>f</sup> (1,18 ± 0,05) <sup>g,c</sup>	(0,09 ± 0,01) <sup>h</sup>	(0,41 ± 0,01) <sup>i</sup>
<i>Deriváty kyseliny hydroxyskořicové</i>					
NeoChl	(1,05 ± 0,03) <sup>a</sup> (0,44 ± 0,06) <sup>b</sup> (0,37 ± 0,04) <sup>c,b</sup>	ND (0,73 ± 0,03) <sup>d</sup> (1,87 ± 0,08) <sup>e</sup>	(2,04 ± 0,08) <sup>f</sup> ND	(15,72 ± 0,50) <sup>g</sup>	(0,20 ± 0,01) <sup>h</sup>
Chl	(1,92 ± 0,20) <sup>a</sup> (3,08 ± 0,20) <sup>b</sup> (11,49 ± 0,01) <sup>c</sup>	(5,56 ± 0,04) <sup>d</sup> (3,14 ± 0,06) <sup>e,b</sup> (2,58 ± 0,02) <sup>f</sup>	(3,14 ± 0,13) <sup>g,b</sup> (2,58 ± 0,16) <sup>h,f</sup>	(2,39 ± 0,04) <sup>i,h</sup>	(7,60 ± 0,10) <sup>j</sup>
Káv	(0,09 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,22 ± 0,08) <sup>b</sup> (0,55 ± 0,02) <sup>c</sup>	(0,09 ± 0,02) <sup>a</sup> (0,97 ± 0,01) <sup>d</sup> (0,27 ± 0,02) <sup>e,b</sup>	ND ND	(0,26 ± 0,02) <sup>f,b</sup>	ND
<i>t-p-kum</i>	(0,05 ± 0,01) <sup>a</sup> ND ND	ND ND ND	(0,45 ± 0,03) <sup>b</sup> (0,22 ± 0,02) <sup>c</sup>	(0,36 ± 0,01) <sup>d</sup>	(0,77 ± 0,01) <sup>e</sup>
Fer	(0,64 ± 0,02) <sup>a</sup> (0,11 ± 0,01) <sup>b</sup> ND	(0,26 ± 0,01) <sup>c</sup> (2,37 ± 0,04) <sup>d</sup> (26,53 ± 0,29) <sup>e</sup>	ND ND	(0,47 ± 0,04) <sup>f</sup>	(0,96 ± 0,02) <sup>g</sup>

Příloha P V - pokračování

Sin	ND (227,68 ± 0,13) <sup>a</sup> (257,28 ± 2,70) <sup>b</sup>	(1,42 ± 0,09) <sup>c</sup> (3,76 ± 0,03) <sup>d</sup> (0,21 ± 0,02) <sup>e</sup>	(26,24 ± 0,91) <sup>f</sup> (47,51 ± 0,86) <sup>g</sup>	(0,28 ± 0,03) <sup>h</sup>	(131,39 ± 0,17) <sup>i</sup>
<i>t</i> -2-hSkoř	(0,24 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,06 ± 0,01) <sup>b</sup> ND	(0,09 ± 0,01) <sup>c</sup> (1,38 ± 0,01) <sup>d</sup> (0,08 ± 0,01) <sup>e</sup>	(0,17 ± 0,01) <sup>f</sup> (0,02 ± 0,01) <sup>g</sup>	(0,64 ± 0,01) <sup>h</sup>	ND
<i>t</i> -skoř	ND ND ND	ND ND (0,07 ± 0,01) <sup>a</sup>	ND (0,08 ± 0,01) <sup>a</sup>	ND	ND
<i>Flavonoidy</i>					
EGKat	(2,99 ± 0,18) <sup>a</sup> (4,92 ± 0,49) <sup>b</sup> (3,00 ± 0,34) <sup>a,i</sup>	(5,68 ± 0,18) <sup>c</sup> (35,86 ± 1,98) <sup>d</sup> (40,15 ± 1,07) <sup>e</sup>	(134,42 ± 3,37) <sup>f</sup> (45,51 ± 0,24) <sup>g</sup>	(118,44 ± 0,64) <sup>h</sup>	(2,72 ± 0,16) <sup>i</sup>
Kat	(7,90 ± 0,16) <sup>a</sup> (6,00 ± 0,24) <sup>b</sup> (4,60 ± 0,24) <sup>c</sup>	ND (13,64 ± 0,19) <sup>d</sup> (10,61 ± 0,24) <sup>e</sup>	(62,26 ± 0,11) <sup>f</sup> (31,75 ± 0,20) <sup>g</sup>	(0,68 ± 0,13) <sup>h</sup>	(8,75 ± 0,12) <sup>i</sup>
EKat	(0,62 ± 0,01) <sup>a</sup> (1,14 ± 0,08) <sup>b</sup> (1,13 ± 0,05) <sup>c,b</sup>	(1,02 ± 0,03) <sup>d</sup> (6,58 ± 0,03) <sup>e</sup> (5,16 ± 0,75) <sup>f</sup>	(2,38 ± 0,16) <sup>g</sup> (1,73 ± 0,17) <sup>h</sup>	ND	(2,33 ± 0,05) <sup>i,g</sup>
Rut	(2,35 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,60 ± 0,11) <sup>b</sup> (2,00 ± 0,06) <sup>c</sup>	ND (1,06 ± 0,03) <sup>d</sup> (1,66 ± 0,05) <sup>e</sup>	(4,21 ± 0,03) <sup>f</sup> (0,42 ± 0,05) <sup>g</sup>	(0,63 ± 0,04) <sup>h,b</sup>	(4,28 ± 0,20) <sup>i,f</sup>
Kaemp	ND ND ND	(0,38 ± 0,03) <sup>a</sup> (0,52 ± 0,01) <sup>b</sup> (1,29 ± 0,01) <sup>c</sup>	ND ND	(1,31 ± 0,04) <sup>d,c</sup>	ND
Kver	(77,18 ± 2,94) <sup>a</sup> (24,95 ± 0,04) <sup>b</sup> (31,33 ± 0,90) <sup>c</sup>	ND (12,28 ± 0,50) <sup>d</sup> (7,13 ± 0,27) <sup>e</sup>	(43,61 ± 0,11) <sup>f</sup> (28,63 ± 0,02) <sup>g</sup>	(12,23 ± 0,15) <sup>h,d</sup>	ND
<i>Deriváty stilbenu</i>					
Resv	(0,16 ± 0,01) <sup>a</sup> (0,04 ± 0,02) <sup>b</sup> ND	ND (1,76 ± 0,02) <sup>c</sup> (9,01 ± 0,01) <sup>d</sup>	(0,08 ± 0,01) <sup>e</sup> ND	(0,08 ± 0,01) <sup>f,e</sup>	(0,41 ± 0,03) <sup>g</sup>

Gall – kyselina gallová, 3,4-dhBenz – kyselina 3,4-dihydroxybenzoová, 4-hBenz – kyselina 4-hydroxybenzoová, Van – kyselina vanilová, Syr – kyselina syringová, Ela – kyselina elagová, EtEs Prot – etylester kyselina protokatechové, NeoChl – kyselina neochlorogenová, Chl – kyselina chlorogenová, Káv – kyselina kávová, *t*-p-kum – kyselina *trans*-*p*-kumarová, Fer – kyselina ferulová, Sin – kyselina sinapová, *t*-2-hSkoř – kyselina *trans*-2-hydroxyskořicová, *t*-skoř – kyselina *trans*-skořicová, EGKat – epigallokatechin, Kat – katechin, EKat – epikatechin, Rut – rutin, Kaemp – kaempferol, Kver – kvercetin, Resv – resveratrol

Výsledky jsou vztaženy na čerstvou hmotnost vzorku. Stejně indexy u každého standardu značí hodnoty, mezi kterými není statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).