

Teze dizertační práce

## **Vliv skladování a technologických úprav na obsah vybraných biologicky aktivních látek u netradičních obilovin**

**The influence of storage and technological treatments on the content of selected biological active substances in non-traditional cereals**

Autor: **Ing. Eva Koubová, Ph.D.**

Studijní program: Chemie a technologie potravin (P2901)

Studijní obor: Technologie potravin (2901V013)

Školitel: doc. Ing. et Bc. Daniela Sumczynski, Ph.D.

Konzultant: doc. Ing. Pavel Valášek, CSc.

Oponenti: doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.  
prof. Ing. Jozef Golian, Dr.  
doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.

Zlín, Květen 2020

© Ing. Eva Koubová, Ph.D.

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis Summary**.  
Publikace byla vydána v roce 2020.

*Klíčová slova: netradiční obiloviny, biologicky aktivní látky, polyfenoly, vitaminy, antioxidační aktivita, stravitelnost, HPLC, ICP-MS.*

*Keywords: non-traditional cereals, biologically active substances, polyphenols, vitamins, antioxidant activity, digestibility, HPLC, ICP-MS.*

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

Tato disertační práce byla spolufinancována z projektů Interní grantové agentury Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně číslo IGA/FT/2015/010, IGA/FT/2016/008, IGA/FT/2017/006 a IGA/FT/2018/006.

ISBN 978-80-7454-920-5

## **Poděkování:**

Ráda bych tímto poděkovala UTB ve Zlíně za poskytnuté zázemí pro moji vědeckou práci a mé vedoucí dizertační práce doc. Ing. et Bc. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení, spolupráci, trpělivost a velmi cenné rady, které mi poskytovala v průběhu vypracování mé práce. Rovněž děkuji panu doc. Ing. Pavlu Valáškoví, CSc. za vzájemnou spolupráci během studia. Děkuji Ing. Lence Fojtíkové za pomoc a rady při analytických stanoveních v laboratořích.

Dále bych chtěla poděkovat prof. Dr. Agr. Janu Sneydovi (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Stuttgart, Německo; Bäckerhouse Veit, GmbH, Bempflingen, Německo) a paní M. Sc. Susanne Erb-Weber (Bäckerhouse Veit, GmbH, Bempflingen, Německo) za velmi příjemnou spolupráci a poskytnutí vzorků pro mou dizertační práci.

V neposlední řadě děkuji celé mojí rodině, která mě v mém studiu a práci vždy podporovala.

## **ABSTRAKT**

Dizertační práce reflektuje vzrůstající zájem spotřebitelů o netradiční obiloviny jako suroviny pro lidskou výživu. Mezi tyto patří zejména kamut, rýže s černými či červenými obalovými vrstvami, divoká rýže, quinoa s barevnými obalovými vrstvami či milička habešská. Dizertační práce se zabývá stanovením obsahu základních nutričních a vybraných biologicky aktivních látek netradičních obilovin, následným stanovením změn v jejich obsahu při skladování a po tepelné úpravě. Vzorčky netradičních obilovin s barevnými obalovými vrstvami vykazovaly vyšší obsah polyfenolů, vlákniny a stejně tak i vitaminů ve srovnání s běžnými obilovinami.

**Klíčová slova:** netradiční obiloviny, biologicky aktivní látky, polyfenoly, vitaminy, antioxidační aktivita, stravitelnost, HPLC, ICP-MS.

## **ABSTRACT**

Currently, there is an increasing interest in non-traditional sources of raw materials for human nutrition, including non-traditional cereals. These include, for example, kamut, rice with black or red cover layers, wild rice, quinoa with colour cover layers or eff. The dissertation deals with determination of the contents of basic nutritional and selected biologically active substances in non-traditional cereals, subsequently with determination of changes in their content during storage and after heat treatment. Selected samples of non-traditional cereals with pigmented coating layers showed higher content of polyphenols, fiber and vitamins when compare with common cereals.

**Keywords:** non-traditional cereals, biologically active substances, polyphenols, vitamins, antioxidant activity, digestibility, HPLC, ICP-MS.

# OBSAH

<b>OBSAH.....</b>	<b>5</b>
<b>1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>8</b>
1.1 Obecná charakteristika obilovin a jejich chemické složení .....	8
1.2 Vybrané biologicky aktivní látky zrn a jejich stabilita při technologickém zpracování .....	9
<b>2. CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>11</b>
2.1 Dílčí cíle.....	11
<b>3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>12</b>
3.1 Materiál.....	12
3.2 Příprava vzorků.....	12
3.2.1 Analýza syrových zrn, skladovací pokus a tepelné úpravy .....	12
3.3 Stanovení základních jakostních znaků.....	13
3.4 Stanovení polyfenolů a antioxidační aktivity .....	13
3.4.1 Extrakce volných a vázaných frakcí polyfenolů .....	13
3.4.2 Stanovení celkových polyfenolů a antioxidační aktivity spektrofotometricky .....	14
3.5 Stanovení profilu polyfenolů ve frakcích pomocí HPLC.....	14
3.6 Stanovení vitaminů pomocí HPLC.....	14
3.7 Stanovení prvkového složení pomocí ICP-MS .....	15
3.8 Statistické vyhodnocení.....	15
<b>4. VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI.....</b>	<b>16</b>
4.1 Výsledky stanovení základních nutričních znaků syrových zrn .....	16
4.2 Výsledky stanovení celkových TPC a AOA u syrových zrn .....	18
4.3 Vybrané výsledky stanovení polyfenolického profilu syrových zrn teffu pomocí HPLC .....	22
4.4 Výsledky stanovení obsahu vitaminů B a E u syrových zrn pomocí HPLC .....	24
4.5 Vybrané výsledky stanovení obsahu minerálních prvků v zrnech teffu pomocí ICP-MS .....	27
4.5.1 Makrobiogenní a mikrobiogenní .....	27
4.5.2 Stopové prvky .....	27
4.6 Výsledky stanovení obsahu biologicky aktivních látek po hydrotermálním ošetření zrn .....	31
4.6.1 Výsledky stanovení obsahu TPC a AOA .....	31

4.6.2	Výsledky stanovení polyfenolického profilu po hydrotermálním ošetření .....	33
4.6.3	Výsledky stanovení stravitelnosti zrn teffu po hydrotermálním ošetření .....	36
4.7	Výsledky stanovení obsahu biologicky aktivních látek v průběhu skladování .....	37
4.7.1	Výsledky stanovení TPC a AOA v průběhu skladování .....	37
4.7.2	Výsledky stanovení polyfenolického profilu v rámci skladování .....	39
<b>5.</b>	<b>PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A VÝZKUM .....</b>	<b>42</b>
<b>6.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>44</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>45</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>55</b>
	<b>PŘÍLOHA I.....</b>	<b>56</b>
	<b>PUBLIKAČNÍ AKTIVITY AUTORA .....</b>	<b>57</b>
	<b>ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA .....</b>	<b>59</b>

## ÚVOD

Obiloviny ve svých obalových vrstvách obsahují biologicky aktivní látky jako např. vitaminy (skupiny B a vitamin E), polyfenolické látky a vykazují antioxidační aktivitu. Jejich konzumace může přispívat k prevenci civilizačních chorob tím, že napomáhají snižovat hladinu glukózy a cholesterolu, zvyšují peristaltiku střev a napomáhají prevenci diabetu typu II (Kučerová, 2016). Mezi netradiční obiloviny lze řadit nově přešlechtěné či nově vysévané „staré či původní“ pšenice s barevnými obalovými vrstvami, rýži, divokou rýži, quinou a teff taktéž všechny s pigmentovanými obalovými vrstvami. Za barevnost obalových vrstev zrn jsou zodpovědná převážně barviva antokyanová, karotenoidy a xantofyly (Kučerová, 2016; Tananuwong and Tewaruth, 2010; Sompong et al., 2011). Jistou „výhodou“ netradičních obilovin pro danou skupinu konzumentů by mohlo být i jejich pěstování v režimu ekologického zemědělství. Mimo jiné mají mnohé z nich i nižší obsah lepku nebo jsou bezlepkové. Jejich nevýhodou je však např. i nižší výnos (Abebe and Ronda, 2014; Lacey and Liewekkyn, 2005; Arendt et al., 2013). Z výše uvedených skutečností se jeví tato zrna jako potenciální zdroj netradiční suroviny v oblasti cereálních technologií.

# 1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

## 1.1 Obecná charakteristika obilovin a jejich chemické složení

Pod pojmem obilovina se rozumí plod rostliny obilniny, což je rostlina z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), např. pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) nebo ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.) aj. Jako pseudoobiloviny označujeme pohanku (čeleď *Polygonaceae*), amarant (čeleď *Amaranthaceae*) a quinou (čeleď *Chenopodiaceae*) (Kučerová, 2016; Burešová et al., 2013). Obilná zrna se liší především velikostí, tvarem a podílem jednotlivých vrstev (Příhoda et al., 2006). Pšeničná zrna obsahují 2 – 3 hmotn. % klíčku, 13 – 17 hmotn. % otrub a 80 – 85 hmotn. % endospermu v sušině (Arendt et al., 2013). Oplodí zrna má za úkol chránit zrno před mechanickým poškozením. Osemení je nositelem barviva a určuje tak barevný vzhled zrna. Mezi endospermem a obalovými vrstvami je tzv. aleuronová vrstva, která je z části vymleta s endospermem do mouky a část zůstává v otrubách (Příhoda et al., 2006).

V ČR se na výrobu potravin využije jen z 35 %. Množství jednotlivých živin a dalších chemických složek je velmi variabilní, závisí zejména na odrůdě, půdních a klimatických podmínkách, agrotechnice (Arendt et al., 2013; Francis, 2000). Rod *Triticum* je členěn na 3 podrody: diploidní – kulturní jednozrnka (*T. monococcum* L.), planá jednozrnka (*T. boeoticum* Boiss.), dále tetraploidní – dvouzrnka (*T. dicoccum* Schrank.), planá dvouzrnka (*T. dicocoides* Körn.), Timofejevova (*T. timopheevi* Zhuk.), tvrdá (*T. durum*), naduřelá (*T. turgidum* L.), polská (*T. polonicum* L.) a hexaploidní – setá (*T. aestivum* L.), špalda (*T. spelta* L.). Pšenice se rozlišují i na základě barvy zrna lokalizované převážně v obalových vrstvách na červené (běžné odrůdy pšenice pěstované v našich podmínkách), bílé, žluté, purpurové a modré (Plucarová, 2015).

Existuje mnoho speciálních druhů a odrůd rýží obsahující barviva černé a červené barvy nacházející se převážně v obalových vrstvách. Rýže s černými obalovými vrstvami získala popularitu v Japonsku, kvůli vysokému obsahu polyfenolů. Také mají oproti „bílé“ rýži vyšší obsah bílkovin, vitaminů a minerálních prvků (Itani et al., 2004). Rýže s barevnými obalovými vrstvami se pěstují pouze ve vymezených oblastech světa (dlouhodobě v Asii, dále v Itálii a Francii) (Sompong et al., 2011; Finocchiaro et al., 2010).

Divoká rýže byla v roce 2006 uznána americkým úřadem Food and Drug Administration (FDA, Úřad pro potraviny a léčiva) za celozrnnou obilovinu s příznivými vlastnostmi pro lidské zdraví. Divoká rýže je pěstována převážně v severních oblastech USA, v jižní Kanadě a v Asii, nově v Maďarsku a Řecku. Vzhledem k tomu, že divoká rýže je bezlepková, začala o ni vzrůstat poptávka na trhu (Qiu et al., 2009). Je bohatá na bílkoviny (10 – 15 %), sacharidy (70 až 80 %), hrubou vlákninu (0,5 – 3,0 %), škrob, komplex vitaminů B, draslík a fosfor.

Teff (milička habešská) pochází z Etiopie (Forsido et al., 2013). Agronomové jej začínají pěstovat i mimo Etiopii, a to v mírném podnebí severozápadní



Evropy (Nizozemí, Španělsko). Teff se dováží do Evropy převážně z Bolívie. Existují dva hlavní typy, které se vyznačují barvou semen: teff s bílými a hnědými obalovými vrstvami. Zrno teffu je bohaté na sacharidy, vlákninu, na obsah Fe, Ca a Zn v porovnání s jinými obilovinami (Alaunyte et al., 2012).

Pohanka pochází z oblastí střední Asie. Je dobrým zdrojem minerálních prvků (např. Zn, Cu, Se a Mn), vitaminů B (tiaminu, riboflavinu a niacinu) a vitamínu E. Neobsahuje lepek. Amarant má drobná zrna, která nelze loupát, proto se rozemílají celá na mouku. Je bohatý na obsah vitaminů a minerálních prvků (zejména Fe, Ca a Mg). Pochází ze Střední Ameriky a také neobsahuje lepek. Hlavními producenty quinoi jsou Bolívie, Peru a Ekvádor. Neobsahuje lepek, je dobrým zdrojem vitaminů B a vitamínu E (Arendt et al., 2013).

## **1.2 Vybrané biologicky aktivní látky zrn a jejich stabilita při technologickém zpracování**

U obilovin je vyšší množství vitaminů v obalových vrstvách a klíčku, zejména pak v aleuronové vrstvě. Po vymletí zrn zbývá jen cca 10 – 40 % původního obsahu vitaminů (Kučerová, 2016). Vitamin B<sub>1</sub> se při mlýnském zpracování značně ztrácí (Hrabě et al., 2007). Při skladování a technologickém zpracování jsou ztráty vitamínu B<sub>2</sub> nízké (Kučerová, 2016). Například Batifoulier et al. (2006) stanovili obsah riboflavinu v pšenici do 0,09 mg.100 g<sup>-1</sup>. Vitamin B<sub>3</sub> je obsažen hlavně v pšeničných klíčcích, naproti tomu vitamin B<sub>5</sub> je zastoupen jak v klíčcích, tak i v okrajových částech zrna (Arendt et al., 2013). Obiloviny jsou dále dobrým zdrojem vitamínu B<sub>6</sub>, např. až 0,3 mg.100 g<sup>-1</sup> v pšenici a ječmeni, a B<sub>9</sub>, přičemž vitamin B<sub>9</sub> je pouze v celozrnných obilovinách. Vitamin E (tokoferoly a tokotrienoly) se hojně vyskytuje v potravinách rostlinného původu, např. v obilných klíčcích (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). Spálením rostlinného materiálu získáme anorganický zbytek (tzv. popel). Obsah popela se v zrnech obilovin pohybuje v rozmezí cca 1,3 – 1,5 %, jeho nejvyšší koncentrace je v obalových vrstvách. Nejčastěji se vyskytujícími prvky obilovin jsou K, Ca, Mg, N, P, S, Zn, Cu, Fe, Mn, Mo a B. Minerální prvky se často v obilovinách váží jako hydrogen a dihydrogenforečnany, křemičitany a sulfáty (Demirbas et al., 2005; Příhoda et al., 2006).

Polyfenolické kyseliny jsou v rostlinných materiálech obsaženy ve formě volné nebo vázané. Hlavními zástupci jsou kyselina benzoová a její deriváty (např. kyseliny gallová, vanilová, hydroxybenzoová, syringová, protokatechinová) a kyselina skořicová a její deriváty (např. kyseliny kávová, ferulová, chlorogenová, kumarová, sinapová) (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). Jejich koncentrační rozmezí se pohybují řádově od µg do mg.kg<sup>-1</sup>. U všech obilovin se flavonoidy vyskytují v oplodí. Například vitelin a orientin se vyskytují nejvíce v rýžových a pšeničných otrubách (Marešová, 2013), podobně jako rutin a kvercetin.

Studie naznačují, že mlýnské zpracování zrn včetně tepelného ošetření zrn způsobuje nejen snížení hodnot antioxidační aktivity (AOA), ale i koncentrace volných a vázaných polyfenolů a vitaminů (Zaupa et al., 2015; Walter et al., 2013; Min et al., 2014). Naproti tomu existuje i mnoho studií potvrzujících vyvázání vázaných polyfenolů z buněčných stěn při hydrotermálním ošetření a tím navýšení hodnoty AOA (Stanisavljević et al., 2013; Xu and Chang, 2008; Chatthongpisut et al., 2015; Zhao et al., 2013). Polyfenoly vázané na frakce vlákniny se dostávají až do tlustého střeva, kde jsou fermentovány mikroorganismy. Jejich metabolity pak působí jako sloučeniny, které příznivě ovlivňují pH v tlustém střevě, což vede k inhibici růstu „škodlivých“ bakterií. Mezitím se volné polyfenoly mohou vstřebávat přímo v trávicím traktu v závislosti na jejich biologické dostupnosti (Carbonell-Capella et al., 2014; Acosta Estrada et al., 2014). Dále studie uvádějí, že v případě hydrotermálního zpracování dochází k rychlejší degradaci polyfenolů díky přítomnosti vody a kyslíku. Při použití bezvodého prostředí (např. pečení), dochází k minimálním ztrátám (Tang et al., 2016; Li et al., 2007).

Při tepelném ošetření obilovin může docházet k Maillardovým reakcím, kdy jedním z produktů je i akrylamid. Ten vzniká v potravinách bohatých na škrob jako následek tepelné úpravy při vysokých teplotách (Wieklund et al., 2006). Co se týče vitaminů, jejich ztráty jsou vázány na druhy obilovin a technologické zpracování. Finocchiaro et al. (2010) však uvádí, že obsah vitamínu E se dokonce zvýšil o 32 % u vařených zrn rýže, kdy se procesem vaření tento vitamin uvolnil z obalových vrstev.

## 2. CÍLE PRÁCE

Cílem dizertační práce je za pomoci analytických metod stanovit obsah základních nutričních hodnot a koncentrací biologicky aktivních látek u netradičních obilovin, následně stanovit změny v jejich obsahu při skladování a po technologické tepelné úpravě.

### 2.1 Dílčí cíle

- a) stanovení obsahu základních nutričních a biologicky aktivních látek v syrových zrnech netradičních obilovin,
- b) založení skladovacího pokusu pro následné sledování změn v obsahu biologicky aktivních látek,
- c) stanovení obsahu biologicky aktivních látek v hydrotermálně ošetřeném znu netradičních obilovin.

Jednotlivých dílčích cílů bude dosaženo s vypracováním extrakčních postupů s následným zavedením metodik pro izolaci a stanovení biologicky aktivních látek.

V rámci analytické metodické části se bude jednat o stanovení:

- obsahu vlhkosti, popele, hrubé bílkoviny, lipidů a škrobu,
- stanovení hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny,
- *in vitro* stravitelnosti,
- stanovení obsahu celkových polyfenolů ve volných a vázaných polyfenolických frakcích spektrofotometricky,
- stanovení antioxidační aktivity spektrofotometricky,
- stanovení polyfenolického profilu ve volných a vázaných frakcích pomocí HPLC,
- stanovení vitaminů skupiny B a vitamínu E pomocí HPLC,
- a stanovení prvkového složení pomocí ICP-MS.

## 3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

### 3.1 Materiál

Pro stanovení jakostních znaků byly vybrány obiloviny s barevnými obalovými vrstvami – rýže s červenými a černými obalovými vrstvami, divoká rýže a milička habešská (teff) původem z rozdílných zemí. Vybrané vzorky analyzovaných obilovin jsou uvedeny na obr. 1.



Obr. 1 Černá rýže (Čína), červená rýže (Thajsko), hnědý teff (USA), bílý teff (USA)

### 3.2 Příprava vzorků

#### 3.2.1 Analýza syrových zrn, skladovací pokus a tepelné úpravy

Obchodní balení jednotlivých vzorků obilovin byla skladována v temnu v laboratoři při teplotě do  $23 \pm 2$  °C. Za účelem provedení analýz byly vzorky obilovin rozemlety na obilném mlýnku Waldner Biotech Combi-Star. Pomleté vzorky byly skladovány v tmavé PET dóze při laboratorní teplotě  $23 \pm 2$  °C. Obsah vlhkosti vzorků byl monitorován. Vzorky doručené přímo od pěstitelů byly do 1 měsíce analyzovány a podmínky jejich zpracování a uchovávání byly shodné se vzorky zakoupenými z obchodní sítě.

V rámci skladovacího pokusu byly vzorky skladovány ve formě celých zrn nebo přímo v originálním obchodním balení v klimatizované laboratoři při teplotě

$23 \pm 2$  °C v tmavých PET lahvích. Po jednom a druhém roce skladování bylo vždy provedeno stanovení vybraných jakostních parametrů.

Vzorky obilovin byly podrobeny hydrotermálním technologickým operacím. Po každém ošetření byly vzorky vysušeny při 80 °C po dobu 1 hodiny a skladovány v tmavém obalu (PET) v klimatizované laboratoři při  $23 \pm 2$  °C nejdéle 1 týden před analýzou (Koubová et al., 2018a). Vaření zrn ve vodě – 50 g obilných zrn bylo vařeno ve 150 ml vody při teplotě 98 – 100 °C po dobu 15 minut. Při vaření zrn v rýžovaru bylo 50 g a 120 ml vody umístěno do rýžového vařiče (Morphy Richards, UK) a zrna byla podrobena tepelné úpravě po dobu 25 minut. Při vaření zrn metodou sous-vide se 50 g vzorku namočilo do 120 ml vody po dobu 3 hodin. Poté byla zrna umístěna do vakuových sáčků (PolyScience, USA), tyto byly hermeticky uzavřeny (Turbovac, Krejčí Pakservis, ČR). Uzavřená balení byla ponořena do vodní lázně

(Sous-vide Thermal Circulator, PolyScience, USA) s termoregulací (85 °C, 30 – 40 minut) (Tang et al., 2016; dos Reis et al., 2015).

### 3.3 Stanovení základních jakostních znaků

Pro stanovení vlhkosti gravimetricky byla použita metoda ČSN EN ISO 712, stanovení popela bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 2171. Pro extrakci lipidů bylo použito zařízení Soxtherm (Gerhardt, Německo) a jako rozpouštědlo byl použit hexan. Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek a přepočet na obsah hrubé bílkoviny byly provedeny dle ČSN EN ISO 20483. Mineralizace byla provedena v prostředí  $\text{H}_2\text{SO}_4$  za přítomnosti katalyzátoru ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) a  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Pro destilaci vytěsněného amoniaku byla použita destilační jednotka Behr S2 (Ber Labor-Technik, Germany). Za pomoci faktoru pro analyzovaný druh obiloviny byl vypočten obsah hrubé bílkoviny (př. pro pšenice 5,83; pro rýži 5,95; pro teff 6,25). Stanovení škrobu bylo provedeno podle normy ISO 10520 pomocí hydrolýzy s  $\text{HCl}$  a následném vyčření podle Carreze (ISO 10520). Hrubá vláknina CF (celulóza + lignin) byla stanovena gravimetricky jako zbytek po hydrolýze v prostředí  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a  $\text{NaOH}$ . Stanovení bylo provedeno pomocí přístroje Ankom<sup>220</sup> s využitím sáčků F57 (vše Ankom Technology, USA). Neutrálně-detergentní vláknina NDF (celulóza + lignin + nerozpustné hemicelulózy) představuje zbytek po hydrolýze za použití neutrálně-detergentního roztoku (laurylsulfát sodný, EDTA,  $\text{Na}_2\text{BO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , trietylglykol,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) s přísádkem  $\alpha$ -amylázy. NDF byla stanovena pomocí přístroje Ankom<sup>220</sup> s využitím sáčků F57. (manuály Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyser). Stanovení stravitelnosti bylo provedeno enzymaticko-gravimetricky modifikací dle Mišurcové (2010) s využitím kombinované hydrolýzy pomocí pepsinu a pankreatinu. Byla provedena v inkubátoru Daisy<sup>II</sup> (Ankom Technology, USA) při 40 °C. Sáčky se vzorky byly inkubovány v 0,1 mol.l<sup>-1</sup>  $\text{HCl}$  s pepsinem, následně byly vzorky inkubovány ve fosfátovém pufru ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  a  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ ) s pankreatinem. Stravitelnost byla vyjadřována jako stravitelnost organické hmoty vzorku (OMD, Organic Matter Digestibility) a stravitelnost sušiny (DMD, Dry Matter Digestibility).

### 3.4 Stanovení polyfenolů a antioxidační aktivity

#### 3.4.1 Extrakce volných a vázaných frakcí polyfenolů

K navážce vzorku byl přidán 80% metanol s kapkou etylacetátu. Vzorek byl extrahován po dobu 1 hodiny při teplotě 40 °C, následně byl odstředěn při 12300xg po dobu 25 minut (Velocity 13 $\mu$ , Dynamica Scientific Ltd., UK) (Tananuwong and Tewaruth, 2010; Sompong et al., 2011). Pro získání vázaných polyfenolů byl použit pevný zbytek vzorku po extrakci volných polyfenolů. Ke vzorku bylo přidáno 25 ml 0,4 mol.l<sup>-1</sup>  $\text{NaOH}$ . Alkalická hydrolýza probíhala ve vodní lázni pod dusíkem po dobu 1 hodiny, následně další hodinu v ultrazvukové vodní lázni při teplotě 40 °C. Následovalo odstředění při

12300xg po dobu 25 minut. Filtrací byl získán extrakt vázaných polyfenolů (Sompong et al., 2011).

### **3.4.2 Stanovení celkových polyfenolů a antioxidační aktivity spektrofotometricky**

Obsah celkových polyfenolů (TPC) přítomných ve frakcích byl stanoven spektrofotometricky s Folin-Ciocalteho činidlem. Absorbance byla měřena na přístroji Lambda 25 (PerkinElmer, USA) při 765 nm. Kvantifikace byla provedena metodou kalibrační křivky, jako standard byla použita kyselina gallová (0 – 1000 mg.l<sup>-1</sup>) (Cicco et al., 2009; Ferri et al., 2013).

Metoda s ABTS radikálem je založena na schopnosti vzorku zhášet kationradikál ABTS v prostředí K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. Antiradikálová aktivita vzorku byla po proměření úbytku absorbance spektrofotometrem Lambda 25 při vlnové délce 734 nm srovnávána s antiradikálovou aktivitou troloxu jako standardu (Re et al., 1999). Stanovení s DPPH spočívá v redukci tohoto radikálu za vzniku DPPH-H. Úbytek absorbance byl zaznamenán spektrofotometricky při vlnové délce 515 nm a srovnáván s antiradikálovou aktivitou troloxu (Ferri et al., 2013).

### **3.5 Stanovení profilu polyfenolů ve frakcích pomocí HPLC**

Stanovení polyfenolických látek bylo provedeno na přístroji Dionex UltiMate 3000 (Dionex, USA) s DAD detektorem. Extrakty byly nastříkovány v množství 10 µl, doba analýzy byla 45 minut, teplota termostatu kolony 30 °C, použita byla kolona Phenomenex Kinetex C18 (150 x 4,6 mm; 2,6 µm). Mobilní fáze A byla redestilovaná voda a kyselina octová v poměru 99:1, mobilní fáze B redestilovaná voda, acetonitril a kyselina octová v poměru 67:32:1. Eluce probíhala gradientově, průtok mobilní fáze byl 1 ml.min<sup>-1</sup>, vlnová délka detekce 275 nm. Kalibrační křivky standardů byly sestaveny jako závislost ploch píků (mAU.min) na jejich koncentraci (0,05 – 150 µg.ml<sup>-1</sup>) (Kotásková et al., 2016).

### **3.6 Stanovení vitaminů pomocí HPLC**

Pro extrakci vitaminů B byl vzorek podroben kyselé hydrolyze v 0,1 mol.l<sup>-1</sup> HCl po dobu 1 hodiny při 30 °C. Pro stanovení vitaminů byla použita modifikace metody dle Ciulu et al. (2011). Chromatografická separace byla provedena na přístroji DionexUltiMate 3000. Byla použita kolona Zorbax Eclipse XDB C18 (150 x 4,6 mm; 3,5 µm), nástřik byl v objemu 50 µl, doba analýzy 25 minut a teplota termostatu kolony 25 °C. Jako mobilní fáze A byla použita 0,025% kyselina trifluoroctová a jako mobilní fáze B acetonitril. Eluce probíhala gradientově při průtoku mobilní fáze 1 ml.min<sup>-1</sup> a vlnová délka detekce byla 210 nm pro vitaminy B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub> a B<sub>6</sub>, 270 nm pro vitaminy B<sub>1</sub> a B<sub>2</sub> a 290 nm pro vitamin B<sub>9</sub>. Kalibrační křivky vybraných standardů vitaminů byly sestaveny jako závislost ploch píků (mAU.min) na jejich koncentraci (0,1 – 10,0 µg.ml<sup>-1</sup>).

Pro extrakci vitamínu E byl použit metanol, ultrazvuková lázeň byla nastavena na 40 °C po dobu 3 hodin. Pro chromatografické stanovení byla použita modifikace metody dle Khan et al. (2010). Extrakt (20 µl) byl nastříkovan na kolonu Discovery C18 (250 x 4,6 mm; 5 µm, Supelco, USA), doba analýzy byla 20 minut a teplota termostatu kolony 30 °C. Analýza probíhala izokraticky s mobilní fází metanol a redestilovaná voda v poměru 95:5 s průtokem 1 ml.min<sup>-1</sup>. Odezvy detektoru byly zaznamenávány při vlnové délce 205 nm. Kalibrační křivka standardu vitamínu E byla sestrojena jako závislost plochy píku (mAU.min) na jeho koncentraci (1,0 – 50,0 µg.ml<sup>-1</sup>).

### 3.7 Stanovení prvkového složení pomocí ICP-MS

Vzorky v teflonových nádobkách byly podrobeny mineralizaci v prostředí 67% ultrapure HNO<sub>3</sub> a 1 ml 30% ultrapure H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a byly rozloženy pomocí mikrovlnného systému Milestone Ethos One (Soriso, Itálie). Byly připraveny sady kalibračních sérií s očekávaným koncentračním rozsahem měřených prvků: vyšší koncentrační řada – <sup>9</sup>Be, <sup>66</sup>Zn, <sup>63</sup>Cu, <sup>60</sup>Ni, <sup>27</sup>Al, <sup>71</sup>Ga, <sup>24</sup>Mg, <sup>59</sup>Co, <sup>7</sup>Li, <sup>45</sup>Sc, <sup>107</sup>Ag, <sup>55</sup>Mn, <sup>88</sup>Sr, <sup>137</sup>Ba, <sup>205</sup>Tl, <sup>209</sup>Bi, <sup>140</sup>Ce, <sup>133</sup>Cs, <sup>165</sup>Ho, <sup>181</sup>Ta, <sup>159</sup>Tb, <sup>238</sup>U a <sup>89</sup>Y v koncentraci 3 – 35 µg.l<sup>-1</sup> a nižší koncentrační řada – <sup>75</sup>As, <sup>44</sup>Ca, <sup>111</sup>Cd, <sup>52</sup>Cr, <sup>57</sup>Fe, <sup>202</sup>Hg, <sup>39</sup>K, <sup>31</sup>P, <sup>23</sup>Na, <sup>208</sup>Pb, <sup>77</sup>Se, <sup>118</sup>Sn a <sup>48</sup>Ti v koncentraci 0,5 – 1,0 µg.l<sup>-1</sup>. <sup>103</sup>Rh byl použit jako vnitřní standard. Byly použity CRM ze zelených řas a rýžové mouky. Stanovení bylo provedeno pomocí ICP-MS ThermoScientific iCAPQ na bázi kvadrupólového analyzátoru (ThermoScientific, USA). Pracovní parametry byly nastaveny následovně: výkon 1550 W, hloubka vzorkování 5 mm, průtok chladicího plynu 14,0 l.min<sup>-1</sup>, průtok pomocného plynu 0,8 l.min<sup>-1</sup>, průtok zmlžovacího plynu 1,015 l.min<sup>-1</sup>, průtoková rychlost He 4,1 ml.min<sup>-1</sup>, rychlost zmlžovače 40,00 ot.min<sup>-1</sup> a teplota uvnitř komory 2,7 °C (Sumczynski et al., 2018a; Koubová et al., 2018b).

### 3.8 Statistické vyhodnocení

Naměřené data byla vyjádřena jako střední hodnota ± SD. Byly použity programy StatK25 (Buňka et al., Stadvyd, verze 2.0 beta) a Statistica (ArclT Consulting, s.r.o, ČR). Výsledky byly vyhodnocovány na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (StatSoft CR s.r.o., 2013; ČSN ISO 5479). Výsledky byly podrobeny Dean-Dixonovu testu, Shapirovu-Wilkovu testu, Studentovu t-testu, Wilcoxonovu testu, korelační analýze, jednorozměrné analýze rozptylu ANOVA a Scheffovu testu.

## 4. VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

V rámci kapitoly výsledků budou vždy prezentovány vybrané publikované výsledky u vzorků rýže, divoké rýže a teffu.

### 4.1 Výsledky stanovení základních nutričních znaků syrových zrn

Výsledky obsahu sušiny, popela, hrubé bílkoviny, lipidů a škrobu je uvedeno v Tabulkách 1a a b, obsahy vlákniny jsou prezentovány v Tabulce 2 společně s hodnotami stravitelnosti.

Tabulka 1: Obsah základních nutričních parametrů u vzorků netradičních obilovin.

(hmotn. % na DM)	Sušina	Popel	Hrubá bílkovina	Lipidy	Škrob
<b>Rýže s černými obalovými vrstvami</b>					
Čína	90,9±0,2 <sup>a</sup>	1,81±0,09 <sup>a</sup>	9,51±0,39 <sup>a</sup>	3,41±0,19 <sup>a</sup>	59,0±0,7 <sup>a</sup>
Japonsko	89,1±0,2 <sup>b</sup>	1,92±0,08 <sup>a</sup>	10,2±0,4 <sup>b</sup>	4,72±0,18 <sup>b</sup>	57,8±0,5 <sup>b</sup>
Itálie	90,0±0,1 <sup>c</sup>	1,40±0,09 <sup>b</sup>	10,5±0,3 <sup>b</sup>	4,33±0,19 <sup>c</sup>	51,4±0,4 <sup>c</sup>
Thajsko	88,8±0,2 <sup>d</sup>	1,03±0,09 <sup>c</sup>	9,45±0,29 <sup>a</sup>	3,91±0,19 <sup>d</sup>	58,2±0,6 <sup>d</sup>
Laos	90,6±0,1 <sup>e</sup>	1,41±0,07 <sup>b</sup>	10,5±0,4 <sup>b</sup>	3,72±0,19 <sup>d</sup>	60,9±0,7 <sup>e</sup>
<b>Rýže s červenými obalovými vrstvami</b>					
Kambodža	89,5±0,1 <sup>f</sup>	1,50±0,09 <sup>b,d</sup>	9,12±0,19 <sup>c</sup>	2,52±0,19 <sup>e</sup>	64,2±0,7 <sup>f</sup>
Thajsko	89,1±0,1 <sup>b</sup>	1,91±0,08 <sup>a</sup>	9,71±0,19 <sup>a</sup>	2,21±0,19 <sup>f</sup>	69,3±0,9 <sup>g</sup>
Francie	89,4±0,1 <sup>g</sup>	1,62±0,09 <sup>d</sup>	8,91±0,19 <sup>d</sup>	3,01±0,19 <sup>g</sup>	70,5±0,8 <sup>h</sup>
<b>Divoká rýže</b>					
Řecko	91,1±0,1 <sup>a</sup>	1,22±0,09 <sup>a</sup>	10,2±0,3 <sup>a</sup>	3,71±0,19 <sup>a</sup>	72,2±0,2 <sup>a</sup>
Kanada	90,9±0,1 <sup>b</sup>	1,41±0,08 <sup>b,c</sup>	9,81±0,19 <sup>b</sup>	3,82±0,19 <sup>a</sup>	71,4±0,6 <sup>b</sup>
Maďarsko	92,3±0,1 <sup>c</sup>	1,32±0,09 <sup>a,b</sup>	10,1±0,2 <sup>a</sup>	2,73±0,18 <sup>b</sup>	73,1±0,5 <sup>c</sup>
Kambodža	91,3±0,1 <sup>d</sup>	1,50±0,09 <sup>c</sup>	10,5±0,2 <sup>c</sup>	3,02±0,18 <sup>c</sup>	71,9±0,4 <sup>a</sup>
<b>Teff</b>					
Hnědé zrn (Bolívie)	90,5±0,2 <sup>a</sup>	2,71±0,09 <sup>a</sup>	12,5±0,2 <sup>a</sup>	2,71±0,09 <sup>a,c</sup>	60,5±1,1 <sup>a</sup>
Bílé zrn (Bolívie)	88,3±0,1 <sup>b</sup>	2,05±0,08 <sup>b</sup>	14,1±0,3 <sup>b</sup>	3,02±0,09 <sup>b</sup>	47,4±0,8 <sup>b</sup>
Hnědé zrn (USA)	91,7±0,1 <sup>c</sup>	2,21±0,09 <sup>c</sup>	13,9±0,2 <sup>c</sup>	2,61±0,09 <sup>a</sup>	59,8±0,8 <sup>a</sup>
Bílé zrn (USA)	91,1±0,1 <sup>d</sup>	2,03±0,09 <sup>b</sup>	12,8±0,2 <sup>d</sup>	2,82±0,09 <sup>c</sup>	57,6±0,8 <sup>c</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n = 3 – 5). Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). Statistika byla provedena zvlášť pro vzorky divoké rýže a teffu.



Obsahy sušiny se u vzorků obilovin pohybovaly od 88,3 do 92,3 %. Vyhláška č. 333/1997 Sb. stanoví pro obiloviny pro přímou spotřebu povolený obsah vlhkosti 14,0 %, což všechny vzorky splnily. Nejvyšší obsah popele byl naměřen u vzorku zrn teffu, a to 2,71 %. Obsah popele v celých zrnech obilovin se pohybuje v rozmezí cca 1,30 – 2,50 %, přičemž jeho nejvyšší množství je v obalových vrstvách. Z hlediska výživy v současné době stoupá požadavek na vyšší podíl hrubé bílkoviny, jejíž nejvyšší obsah byl stanoven opět u zrn teffu (14,1 %). Toto zrno mělo nejnižší obsah škrobu (47,4 %). Hager et al. (2012) uvádí obsah škrobu u teffu 57,8 %. Z hlediska žluknutí je žádoucí nízký podíl lipidů. Ten byl stanoven v zrnech rýže s červenými obalovými vrstvami původem z Thajska. Rýžové zrno obsahuje nižší množství lipidů ve srovnání s jinými obilovinami, jako je např. oves (5,90 %) (Arendt et al., 2013). Zrna teffu obsahovala až 2,72 % CF a také vysoký obsah NDF, přičemž vyšší obsahy vlákniny korespondovaly s nižšími hodnotami stravitelnosti. Čím vyšší je obsah vlákniny v obilovinách, tím nižší mohou hodnoty stravitelnosti být, přičemž významnou roli v ovlivnění jejich hodnot hrají i koncentrace bílkovin a škrobu (Kotásková et al., 2016).

Tabulka 2a: Obsah CF a NDF vlákniny a stanovení stravitelnosti u vzorků netradičních obilovin.

(hmotn. % na DM)	CF	NDF	DMD	OMD
<b>Rýže s černými obalovými vrstvami</b>				
Čína	2,71±0,09 <sup>a</sup>	11,8±0,1 <sup>a</sup>	74,3±0,9 <sup>a</sup>	76,5±1,0 <sup>a</sup>
Japonsko	2,52±0,09 <sup>b</sup>	11,5±0,1 <sup>b</sup>	74,5±1,0 <sup>a</sup>	76,5±0,9 <sup>a</sup>
Itálie	2,42±0,09 <sup>b,c</sup>	11,3±0,1 <sup>c</sup>	75,8±1,0 <sup>a</sup>	77,2±0,8 <sup>a</sup>
Thajsko	2,32±0,09 <sup>c</sup>	11,2±0,1 <sup>c</sup>	75,0±0,9 <sup>a,b</sup>	77,3±1,0 <sup>a</sup>
Laos	2,05±0,08 <sup>d</sup>	11,3±0,1 <sup>c</sup>	74,9±0,8 <sup>a,b</sup>	77,3±1,0 <sup>a</sup>
<b>Rýže s červenými obalovými vrstvami</b>				
Kambodža	1,41±0,09 <sup>e</sup>	4,11±0,09 <sup>d,e</sup>	80,1±0,7 <sup>c,d,e</sup>	83,4±0,8 <sup>b</sup>
Thajsko	1,63±0,09 <sup>f</sup>	4,31±0,09 <sup>d</sup>	79,2±0,9 <sup>d,e</sup>	82,8±0,8 <sup>b</sup>
Francie	1,12±0,09 <sup>g</sup>	3,91±0,09 <sup>e</sup>	79,8±0,9 <sup>e</sup>	82,5±0,8 <sup>b</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n = 3 – 5). Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). Statistika byla provedena zvláště pro vzorky rýže, divoké rýže a teffu.

Tabulka 2b: Obsah CF a NDF vlákniny a stanovení stravitelnosti u vzorků netradičních obilovin.

(hmotn. % na DM)	CF	NDF	DMD	OMD
<b>Divoká rýže</b>				
Řecko	1,31±0,09 <sup>a</sup>	2,31±0,09 <sup>a,b</sup>	90,1±1,0 <sup>a</sup>	91,3±0,8 <sup>a</sup>
Kanada	1,21±0,09 <sup>a</sup>	2,21±0,09 <sup>a</sup>	90,4±0,8 <sup>a</sup>	91,5±1,1 <sup>a</sup>
Maďarsko	1,73±0,08 <sup>b</sup>	2,21±0,09 <sup>a</sup>	87,4±1,1 <sup>b</sup>	88,5±1,2 <sup>b</sup>
Kambodža	1,52±0,08 <sup>c</sup>	2,41±0,09 <sup>b</sup>	88,9±0,9 <sup>b</sup>	89,9±0,9 <sup>b</sup>
<b>Teff</b>				
Hnědé zrn (Bolívie)	2,10±0,09 <sup>a</sup>	9,21±0,19 <sup>a</sup>	62,5±1,2 <sup>a</sup>	63,9±1,3 <sup>a</sup>
Bílé zrn (Bolívie)	2,72±0,09 <sup>b</sup>	11,9±0,3 <sup>b</sup>	56,8±1,1 <sup>b</sup>	60,1±1,2 <sup>b</sup>
Hnědé zrn (USA)	2,41±0,09 <sup>c</sup>	10,6±0,2 <sup>c</sup>	63,4±1,2 <sup>a</sup>	64,8±1,2 <sup>a</sup>
Bílé zrn (USA)	3,34±0,10 <sup>d</sup>	12,4±0,2 <sup>d</sup>	59,7±1,3 <sup>c</sup>	61,2±1,3 <sup>b</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n = 3 – 5). Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). Statistika byla provedena zvlášť pro vzorky rýže, divoké rýže a teffu.

## 4.2 Výsledky stanovení celkových TPC a AOA u syrových zrn

Celkový obsah polyfenolů (TPC) ve volných a vázaných frakcích zrn je prezentován v Tabulce 3, hodnoty AOA pak v Tabulce 4. Hodnoty TPC naměřené ve volných frakcích byly vyšší než ve frakcích vázaných. Obsah volných TPC dosahoval u rýží s černými obalovými vrstvami až 5910, u rýží s červenými vrstvami pak 4160 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Pokud jde o vázané TPC, u rýžových zrn se koncentrace pohybovaly do 1960 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší celkové množství TPC bylo stanoveno u vzorku rýže s černými obalovými vrstvami původem z Číny. Pokud jde o rýží s červenými obalovými vrstvami, Shao et al. (2014b) a Min et al. (2012) stanovili hodnoty obsahu TPC srovnatelné s naší studií. Koncentrace polyfenolů v rýží souvisí s její barvou a je specifická pro každý druh, mimo to, proces leštění podstatně snižuje koncentraci polyfenolů (Setyaningsih et al., 2015). Hodnoty TPC naměřené ve volných fenolických frakcích divoké rýže byly 2 – 3x vyšší než ve vázaných. Pokud jde o celkový obsah TPC u divoké rýže, tak nejvyšší byl u vzorku z Řecka (4510 mg GAE.kg<sup>-1</sup>). Výsledky měření jsou v souladu se studií publikovanou Qiu et al. (2010), kteří stanovili vyšší koncentrace polyfenolů ve volných frakcích.

U vzorku teffu byl naměřen opět vyšší obsah polyfenolů ve volných frakcích, což je v souladu se studií Dykes and Rooney (2006). Nejvyšší celkový obsah TPC byl stanoven v hnědých zrnech teffu z USA (2390 mg GAE.kg<sup>-1</sup>).

Tabulka 3: Celkový obsah polyfenolů (TPC) u vzorků syrového zrna netradičních obilovin.

(mg GAE.kg <sup>-1</sup> ) (DM)	Volné TPC	Vázané TPC	Celkové TPC
<b>Rýže s černými obalovými vrstvami</b>			
Čína	5910±40 <sup>a</sup>	1960±30 <sup>a</sup>	7870±60 <sup>a</sup>
Japonsko	1910±30 <sup>b</sup>	923±18 <sup>b</sup>	2830±20 <sup>b</sup>
Itálie	2390±20 <sup>c</sup>	743±14 <sup>c</sup>	3130±30 <sup>c</sup>
Thajsko	3450±40 <sup>d</sup>	1720±30 <sup>d</sup>	5170±30 <sup>d</sup>
Laos	3970±45 <sup>e</sup>	1590±30 <sup>e</sup>	5560±30 <sup>e</sup>
<b>Rýže s červenými obalovými vrstvami</b>			
Kambodža	3520±40 <sup>f</sup>	1610±30 <sup>e</sup>	5130±50 <sup>d</sup>
Thajsko	4160±50 <sup>g</sup>	1380±30 <sup>f</sup>	5540±40 <sup>e</sup>
Francie	1720±30 <sup>h</sup>	1250±20 <sup>g</sup>	2970±30 <sup>f</sup>
<b>Divoká rýže</b>			
Řecko	3280±20 <sup>a</sup>	1230±10 <sup>a</sup>	4510±10 <sup>a</sup>
Kanada	2390±10 <sup>b</sup>	1070±10 <sup>b</sup>	3460±10 <sup>b</sup>
Maďarsko	1360±10 <sup>c</sup>	923±10 <sup>c</sup>	2280±10 <sup>c</sup>
Kambodža	1810±20 <sup>d</sup>	1010±20 <sup>d</sup>	2820±10 <sup>d</sup>
<b>Teff</b>			
Hnědé zrna (Bolívie)	1540±20 <sup>a</sup>	520±10 <sup>a</sup>	2060±20 <sup>a</sup>
Bílé zrna (Bolívie)	1160±20 <sup>b</sup>	456±12 <sup>b</sup>	1620±20 <sup>b</sup>
Hnědé zrna (USA)	1550±20 <sup>a</sup>	841±17 <sup>c</sup>	2390±20 <sup>c</sup>
Bílé zrna (USA)	992±12 <sup>c</sup>	564±15 <sup>d</sup>	1560±10 <sup>d</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n = 3 – 5). Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). Statistika byla provedena zvláště pro vzorky rýže, divoké rýže a teffu.

Hodnoty antioxidačních aktivit (AOA) u zrn byly vyšší ve volných frakcích v porovnání s frakcemi vázanými. Celková AOA u rýžových zrn měřená s ABTS radikálem dosahovala 34,3 mmol TE.kg<sup>-1</sup>. Vysoká hodnota AOA u vzorku rýže pocházejícího z Číny korespondovala s vysokým obsahem TPC. Při použití metody s radikálem DPPH korespondovaly s výsledky s hodnotami naměřenými s ABTS. Podle studie Min et al. (2012) byla AOA u rýžových zrn vyšší ve volných polyfenolických frakcích, což je způsobeno přítomností sloučenin s flavan-3-olovými jednotkami (Pereira-Caro et al., 2013). Naše výsledky u rýžových zrn ukázaly na lineární korelaci mezi stanovenými hodnotami AOA a TPC ( $r = 0,9287$  až  $0,9992$ ). Zrna divoké rýže dosahovala hodnot AOA do 31,0 mmol TE.kg<sup>-1</sup> v případě metody s ABTS, přičemž nejvyšší

AOA byla stanovena u vzorku z Kambodži. K antioxidační aktivitě divoké rýže mohou výrazně přispět flavonoidy (Qiu et al., 2010). Výsledky hodnot AOA zrn divoké rýže opět korelují s hodnotami TPC ( $r = 0,8048$  až  $0,9473$ ). Výsledky stanovení hodnot AOA u zrn teffu kopírují trend zrn diskutovaných výše s tím rozdílem, že „číselné“ hodnoty AOA byly signifikantně nižší. Podrobné studie týkající se stanovení AOA volných a vázaných frakcí teffu nebyly doposud publikovány. Přesto by se daly naměřené hodnoty srovnat se studií Deng et al. (2012).

Tabulka 4: Stanovení antioxidační aktivity (AOA) metodami s ABTS a DPPH u vzorků syrového zrna.

<b>AOA (mmol TE.kg<sup>-1</sup>) (DM)</b>	<b>Volné frakce (ABTS)</b>	<b>Vázané frakce (ABTS)</b>	<b>Celkové (ABTS)</b>	<b>Volné frakce (DPPH)</b>	<b>Vázané frakce (DPPH)</b>	<b>Celkové (DPPH)</b>
<b>Rýže s černými obalovými vrstvami</b>						
Čína	24,1±0,3 <sup>a</sup>	10,2±0,2 <sup>a</sup>	34,3±0,4 <sup>a</sup>	13,8±0,2 <sup>a</sup>	12,2±0,2 <sup>a</sup>	26,0±0,2 <sup>a</sup>
Japonsko	12,0±0,1 <sup>b</sup>	7,91±0,10 <sup>b</sup>	19,9±0,2 <sup>b</sup>	8,51±0,10 <sup>b</sup>	3,51±0,10 <sup>b</sup>	12,0±0,1 <sup>b</sup>
Itálie	17,9±0,2 <sup>c</sup>	6,62±0,09 <sup>c</sup>	24,5±0,2 <sup>c</sup>	8,02±0,10 <sup>c</sup>	3,12±0,10 <sup>c</sup>	11,1±0,1 <sup>c</sup>
Thajsko	20,9±0,5 <sup>d</sup>	8,80±0,19 <sup>d</sup>	29,7±0,2 <sup>d</sup>	11,6±0,2 <sup>d</sup>	8,62±0,19 <sup>d</sup>	20,2±0,2 <sup>d</sup>
Laos	24,8±0,3 <sup>e</sup>	8,53±0,19 <sup>e</sup>	33,3±0,3 <sup>e</sup>	12,7±0,2 <sup>e</sup>	5,80±0,10 <sup>e</sup>	18,5±0,2 <sup>e</sup>
<b>Rýže s červenými obalovými vrstvami</b>						
Kambodža	14,3±0,2 <sup>f</sup>	7,01±0,10 <sup>f</sup>	21,3±0,2 <sup>f</sup>	11,1±0,1 <sup>f</sup>	4,52±0,10 <sup>a</sup>	15,6±0,2 <sup>f</sup>
Thajsko	17,9±0,2 <sup>c</sup>	6,52±0,09 <sup>c</sup>	24,4±0,2 <sup>g</sup>	12,3±0,2 <sup>g</sup>	4,21±0,10 <sup>b</sup>	16,5±0,2 <sup>g</sup>
Francie	7,40±0,10 <sup>g</sup>	5,81±0,10 <sup>g</sup>	13,2±0,1 <sup>h</sup>	6,61±0,10 <sup>h</sup>	3,42±0,10 <sup>c</sup>	10,0±0,1 <sup>h</sup>
<b>Divoká rýže</b>						
Řecko	9,01±0,10 <sup>a</sup>	8,21±0,10 <sup>a</sup>	17,2±0,2 <sup>a</sup>	6,90±0,09 <sup>a</sup>	3,01±0,09 <sup>a</sup>	9,91±0,10 <sup>a</sup>
Kanada	16,4±0,2 <sup>b</sup>	11,9±0,2 <sup>b</sup>	28,3±0,3 <sup>b</sup>	13,4±0,1 <sup>b</sup>	3,22±0,09 <sup>b</sup>	16,6±0,2 <sup>b</sup>
Maďarsko	10,1±0,1 <sup>c</sup>	8,02±0,09 <sup>c</sup>	18,1±0,2 <sup>c</sup>	7,62±0,09 <sup>c</sup>	2,81±0,10 <sup>c</sup>	10,4±0,1 <sup>c</sup>
Kambodža	18,1±0,2 <sup>d</sup>	12,9±0,2 <sup>d</sup>	31,0±0,3 <sup>d</sup>	14,9±0,2 <sup>d</sup>	4,10±0,10 <sup>d</sup>	19,0±0,2 <sup>d</sup>
<b>Teff</b>						
Hnědé zrna (Bolívie)	4,11±0,09 <sup>a</sup>	1,01±0,10 <sup>a</sup>	5,12±0,10 <sup>a</sup>	4,01±0,10 <sup>a</sup>	0,71±0,09 <sup>a</sup>	4,72±0,10 <sup>a</sup>
Bílé zrna (Bolívie)	2,62±0,09 <sup>b</sup>	0,82±0,10 <sup>b</sup>	3,44±0,10 <sup>b</sup>	1,82±0,10 <sup>b</sup>	0,52±0,09 <sup>b</sup>	2,34±0,10 <sup>b</sup>
Hnědé zrna (USA)	4,81±0,09 <sup>c</sup>	1,82±0,09 <sup>c</sup>	6,63±0,09 <sup>c</sup>	4,33±0,10 <sup>c</sup>	1,10±0,09 <sup>c</sup>	5,43±0,10 <sup>c</sup>
Bílé zrna (USA)	1,90±0,09 <sup>d</sup>	1,33±0,09 <sup>d</sup>	3,23±0,09 <sup>d</sup>	1,62±0,10 <sup>d</sup>	0,83±0,09 <sup>d</sup>	2,45±0,10 <sup>d</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n = 3 – 5). Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). Statistika byla provedena zvlášť pro vzorky rýže, divoké rýže a teffu.

### 4.3 Vybrané výsledky stanovení polyfenolického profilu syrových zrn teffu pomocí HPLC

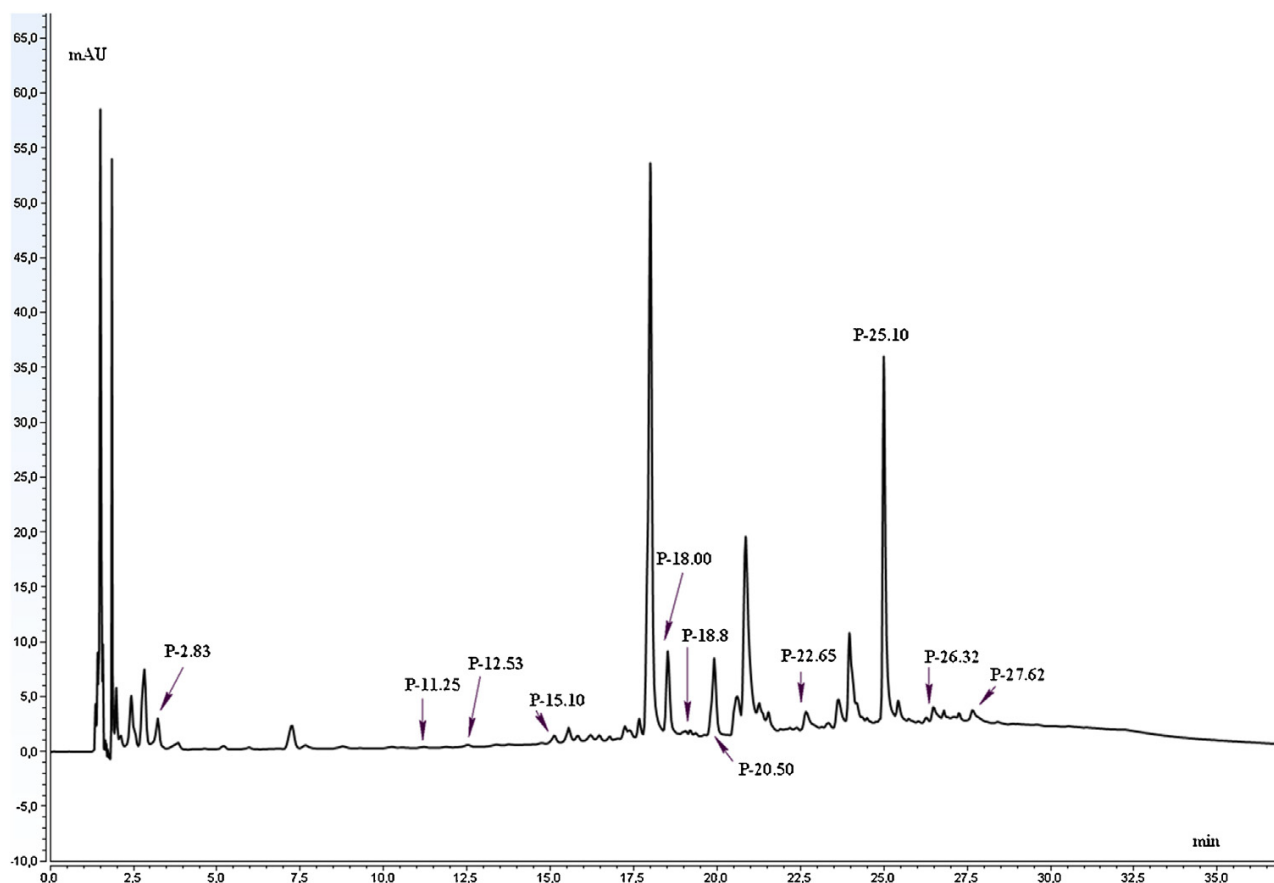
Profil polyfenolů ve volných a vázaných frakcích teffu je prezentován v tabulce 5. Hnědá zrna obsahovala ve volné frakci vyšší množství *p*-kumarové, ferulové a protokatechinové kyseliny. Rutin a kyselina ellagová převládali v bílém zrně. Nejvyšší obsah kyseliny *p*-kumarové byl naměřen v hnědém zrně z Bolívie ( $244 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), kyselina protokatechinová byla nejhojněji zastoupena v hnědém zrně z USA ( $219 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), stejně jako obsah kyseliny ferulové ( $175 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Údajů o obsahu resveratrolu v teffu či jiných obilovinách je nedostatek. Jeho obsah se pohyboval v rozmezí  $1,32$  až  $6,71 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Pokud se jedná o stanovení resveratrolu v obilovinách, Němcová et al. (2011) naměřila v zrnech pohanky  $1,68 \text{ mg.kg}^{-1}$ , v divoče rostoucích druzích potom až  $3,50 \text{ mg.kg}^{-1}$  resveratrolu. Kyselina skořicová nebyla detekována v hnědém zrně, zatímco v bílém zrně její koncentrace dosáhla  $1,66 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Z vázaných polyfenolů byly naměřeny vysoké obsahy kyseliny ferulové, kvercetinu, katechinu a kyseliny gallové v hnědém zrně a kyseliny ferulové, rutin a katechinu v bílém zrně. Kromě toho, že jsou hnědá a bílá zrna ve vázaných frakcích bohatá na kyselinu ferulovou, bílé zrno je bohaté i na rutin. Resveratrol a kaempferol nebyly ve vázaných frakcích detekovány. Naměřené výsledky lze porovnat s daty naměřenými Subba Rao and Muralikrishna (2002), kteří uvedli u prosa kyselinu protokatechinovou jako hlavní volnou kyselinu a kyselinu ferulovou jako hlavní vázanou. McDonough and Rooney (2000) uvádějí jako hlavní kyseliny v prosu ferulovou, *p*-kumarovou a skořicovou kyselinu. Nutno je vzít v úvahu celý proces extrakce polyfenolů z obilných zrn, který zahrnuje nejen přípravu vzorku před extrakcí, ale také volbu samotného extrakčního činidla, typ hydrolyzy (kyselá nebo zásaditá), teplotu, při které extrakce probíhá apod. To vše ovlivní výsledné koncentrace a zastoupení jednotlivých polyfenolů, stejně jako např. pěstební podmínky, odrůda či varieta plodiny apod.

Tabulka 5: Výsledky stanovení volných a vázaných polyfenolických látek u vzorků syrového zrna teffu.

Polyfenoly (mg.kg <sup>-1</sup> )	Volné polyfenoly				Vázané polyfenoly			
	Hnědé zrn (Bolívie)	Bílé zrn (Bolívie)	Hnědé zrn (USA)	Bílé zrn (USA)	Hnědé zrn (Bolívie)	Bílé zrn (Bolívie)	Hnědé zrn (USA)	Bílé zrn (USA)
<b>Flavonoidy a stilbeny</b>								
Epigallokatechin	15,5±0,4 <sup>a</sup>	12,6±0,5 <sup>b</sup>	18,8±0,3 <sup>c</sup>	13,5±0,2 <sup>d</sup>	9,72±0,19 <sup>A</sup>	11,2±0,2 <sup>B</sup>	15,7±0,5 <sup>C</sup>	12,5±0,3 <sup>D</sup>
Katechin	3,41±0,19 <sup>a</sup>	1,16±0,09 <sup>b</sup>	3,62±0,09 <sup>c</sup>	2,71±0,09 <sup>d</sup>	25,4±0,8 <sup>A</sup>	10,9±0,5 <sup>B</sup>	34,9±1,2 <sup>C</sup>	41,7±1,2 <sup>D</sup>
Epikatechin	8,01±0,19 <sup>a</sup>	2,24±0,09 <sup>b</sup>	4,63±0,19 <sup>c</sup>	2,18±0,09 <sup>b</sup>	0,71±0,03 <sup>A</sup>	ND	1,81±0,09 <sup>B</sup>	0,21±0,02 <sup>C</sup>
Rutin	28,7±0,8 <sup>a</sup>	237±3 <sup>b</sup>	27,5±1,0 <sup>c</sup>	190±2 <sup>d</sup>	1,43±0,09 <sup>A</sup>	27,5±0,5 <sup>B</sup>	5,53±0,19 <sup>C</sup>	22,9±0,6 <sup>D</sup>
Kvercetin	1,32±0,09 <sup>a</sup>	2,13±0,09 <sup>b</sup>	3,52±0,09 <sup>c</sup>	3,51±0,09 <sup>c</sup>	30,8±1,2 <sup>A</sup>	15,3±0,2 <sup>B</sup>	56,2±1,2 <sup>C</sup>	27,6±1,3 <sup>D</sup>
Kaempferol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resveratrol	4,14±0,09 <sup>a</sup>	1,76±0,09 <sup>b</sup>	6,71±0,19 <sup>c</sup>	1,32±0,09 <sup>d</sup>	ND	ND	ND	ND
<b>Polyfenolické kyseliny</b>								
Chlorogenová	1,63±0,09 <sup>a</sup>	1,42±0,09 <sup>b</sup>	1,71±0,09 <sup>a</sup>	ND	0,21±0,01 <sup>A</sup>	0,42±0,05 <sup>B</sup>	0,62±0,08 <sup>C</sup>	0,52±0,05 <sup>B,C</sup>
Gallová	25,6±0,4 <sup>a</sup>	4,93±0,19 <sup>b</sup>	25,8±0,4 <sup>a,c</sup>	26,1±0,3 <sup>c</sup>	16,4±0,4 <sup>A</sup>	4,62±0,09 <sup>B</sup>	11,9±0,3 <sup>C</sup>	8,81±0,19 <sup>D</sup>
Protokatechinová	208±2 <sup>a</sup>	55,9±1,9 <sup>b</sup>	219±3 <sup>c</sup>	16,5±0,2 <sup>d</sup>	4,33±0,09 <sup>A</sup>	3,63±0,29 <sup>B</sup>	6,72±0,19 <sup>C</sup>	3,81±0,19 <sup>B</sup>
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,18±0,09 <sup>a</sup>	2,11±0,09 <sup>b</sup>	1,32±0,09 <sup>c</sup>	2,76±0,09 <sup>d</sup>	0,36±0,03 <sup>A</sup>	0,72±0,06 <sup>B</sup>	0,46±0,09 <sup>A</sup>	0,36±0,02 <sup>A</sup>
Vanilová	4,05±0,09 <sup>a</sup>	ND	4,42±0,09 <sup>b</sup>	3,31±0,09 <sup>c</sup>	8,12±0,19 <sup>A</sup>	7,64±0,19 <sup>B</sup>	14,6±0,5 <sup>C</sup>	4,82±0,09 <sup>D</sup>
Kávová	0,55±0,05 <sup>a</sup>	ND	0,64±0,05 <sup>a</sup>	ND	2,31±0,09 <sup>A</sup>	1,11±0,09 <sup>B</sup>	3,21±0,19 <sup>C</sup>	4,44±0,09 <sup>D</sup>
Syringová	4,42±0,09 <sup>a</sup>	2,27±0,09 <sup>b</sup>	3,81±0,19 <sup>c</sup>	3,41±0,09 <sup>d</sup>	2,09±0,09 <sup>A</sup>	1,33±0,09 <sup>B</sup>	1,12±0,09 <sup>C</sup>	1,23±0,09 <sup>B,C</sup>
<i>p</i> -Kumarová	244±3 <sup>a</sup>	4,97±0,19 <sup>b</sup>	199±2 <sup>c</sup>	14,8±0,2 <sup>d</sup>	ND	ND	ND	0,69±0,06 <sup>A</sup>
Ferulová	154±2 <sup>a</sup>	34,9±1,1 <sup>b</sup>	175±2 <sup>c</sup>	42,5±1,2 <sup>d</sup>	207±2 <sup>A</sup>	129±2 <sup>B</sup>	316±3 <sup>C</sup>	92,1±2,1 <sup>D</sup>
Sinapová	6,33±0,09 <sup>a</sup>	5,03±0,09 <sup>b</sup>	7,22±0,09 <sup>c</sup>	6,05±0,09 <sup>d</sup>	4,76±0,09 <sup>A</sup>	24,2±0,4 <sup>B</sup>	5,32±0,09 <sup>C</sup>	25,7±0,3 <sup>D</sup>
Ellagová	15,7±0,3 <sup>a</sup>	190±2 <sup>b</sup>	21,2±0,4 <sup>c</sup>	195±2 <sup>d</sup>	4,62±0,09 <sup>A</sup>	33,2±0,3 <sup>B</sup>	6,42±0,19 <sup>C</sup>	21,0±0,2 <sup>D</sup>
<i>o</i> -Kumarová	25,2±0,5 <sup>a</sup>	1,41±0,09 <sup>b</sup>	27,9±0,6 <sup>c</sup>	5,92±0,09 <sup>d</sup>	ND	ND	ND	0,13±0,01 <sup>A</sup>
Etylester protokatechinové k.	0,62±0,03 <sup>a</sup>	0,52±0,05 <sup>a</sup>	1,53±0,09 <sup>b</sup>	0,31±0,03 <sup>c</sup>	0,88±0,08 <sup>A</sup>	0,44±0,05 <sup>B</sup>	0,22±0,02 <sup>C</sup>	0,22±0,01 <sup>C</sup>
Skořicová	ND	1,66±0,09 <sup>a</sup>	ND	1,22±0,09 <sup>b</sup>	2,54±0,19 <sup>A</sup>	3,51±0,09 <sup>B</sup>	4,41±0,19 <sup>C</sup>	3,85±0,09 <sup>D</sup>
<b>Celkové volné/vázané polyfenoly</b>	752±2 <sup>a</sup>	562±2 <sup>b</sup>	753±2 <sup>a</sup>	531±2 <sup>c</sup>	322±2 <sup>A</sup>	275±2 <sup>B</sup>	485±3 <sup>C</sup>	273±2 <sup>B</sup>

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 3 - 5. Hodnoty v rámci řádku s alespoň jedním identickým malým horním indexem pro volné a velkým horním indexem pro vázané se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ).

ND – není detekováno, LOD: kyselina chlorogenová, vanilová, kávová, *p*-kumarová, *o*-kumarová a skořicová, kaempferol a resveratrol 0,01 mg.kg<sup>-1</sup>.



Obr. 2 HPLC chromatogram pro analýzu volných polyfenolických látek v hnědém zrně teffu původem z USA; vlnová délka 275 nm. P-2,83 (kyselina galová), P-11,25 (katechin), P-12,53 (kyselina vanilínová), P-15,10 (kyselina syringová), P-18,00 (kyselina *trans-p*-kumarová), P-18,80 (kyselina *m*-kumarová), P-20,50 (kyselina ferulová), P-22,65 (rutin), P-25,10 (kyselina protokatechinová), P-26,32 (resveratrol), P-27,62 (kvercetin) (Kotásková et al., 216).

#### 4.4 Výsledky stanovení obsahu vitaminů B a E u syrových zrn pomocí HPLC

Obsahy vitaminů jsou prezentovány v Tabulce 6. Koncentrace tiaminu ve vzorcích rýží dosahoval hodnoty až  $9,11 \text{ mg.kg}^{-1}$ , riboflavinu bylo nejvýše  $2,12 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Lebedzińska et al. (2006) uvádí obsah tiaminu v hnědé rýži  $0,2 \text{ mg.100 g}^{-1}$  a riboflavinu  $0,1 \text{ mg.100 g}^{-1}$ . Nejvyšší obsah niacinu byl naměřen ve vzorku původem z Číny ( $128 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), koncentrace kyseliny pantotenové dosáhla až  $121 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Rýže s barevnými obalovými vrstvami jsou bohaté na pyridoxin, jehož koncentrace dosáhla  $22,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ . V hnědé rýži se jeho koncentrace pohybuje kolem  $0,9 \text{ mg.100 g}^{-1}$  (Arendt et al., 2013). V obsahu kyseliny listové se barevné rýže jeví jako průměrné. Obsah  $\alpha$ -tokoferolu v zrnech rýže dosáhl  $50,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Ve vzorcích divoké rýže dosahovala koncentrace tiaminu hodnoty  $4,11 \text{ mg.kg}^{-1}$ , literární údaje udávají jeho koncentraci až do  $0,6 \text{ mg.100 g}^{-1}$  (Surendiran et al., 2014). Podobně tomu bylo u obsahu niacinu, kterého v zrnech



divoké rýže může být až  $10,3 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (Surendiran et al., 2014). Naopak v naší studii byl naměřen vysoký obsah kyseliny pantotenové. Na obsah  $\alpha$ -tokoferolu jsou literární údaje taktéž chudé, u našich vzorků byl jeho obsah stanoven v koncentraci do  $2,14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Ve vzorcích teffu byl stanoven vyšší obsah tiaminu (až  $6,21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a riboflavinu (až  $3,13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) než např. v zrnech prosa. V porovnání se zrny prosa je na obsah niacinu bohatší zrno teffu (Lebiedzińska et al., 2006). Bílá zrna teffu vykazovala vysoké koncentrace kyseliny pantotenové, a to až  $134 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  a pyridoxinu ( $112 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), koncentrace  $\alpha$ -tokoferolu byla nejvyšší v hnědém zrně ( $4,22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

Tabulka 6: Výsledky stanovení obsahu vitaminů skupiny B a vitamínu E u vzorků netradičních obilovin.

Vitaminy (mg.kg <sup>-1</sup> )	Tiamin	Riboflavin	Niacin	Kyselina pantotenová	Pyridoxin	Kyselina listová	α-Tokoferol
<b>Rýže s černými obalovými vrstvami</b>							
Čína	2,11±0,09 <sup>a,c</sup>	1,11±0,09 <sup>a</sup>	128±2 <sup>a</sup>	121±1 <sup>a</sup>	15,1±0,1 <sup>a</sup>	2,11±0,09 <sup>a</sup>	27,1±0,1 <sup>a</sup>
Japonsko	4,12±0,09 <sup>b</sup>	2,10±0,09 <sup>a</sup>	60,1±0,4 <sup>b</sup>	63,1±0,3 <sup>b</sup>	22,4±0,1 <sup>b</sup>	2,12±0,09 <sup>a</sup>	31,3±0,2 <sup>b</sup>
Itálie	4,11±0,09 <sup>b</sup>	2,11±0,10 <sup>a</sup>	79,2±0,2 <sup>c</sup>	98,2±0,2 <sup>c</sup>	13,2±0,3 <sup>c</sup>	1,11±0,08 <sup>a</sup>	43,3±0,1 <sup>c</sup>
Thajsko	3,12±0,09 <sup>b,c</sup>	1,12±0,09 <sup>a</sup>	59,2±0,5 <sup>b</sup>	82,1±0,2 <sup>d</sup>	10,2±0,1 <sup>d</sup>	1,13±0,08 <sup>a</sup>	50,1±0,3 <sup>d</sup>
Laos	3,13±0,09 <sup>b,c</sup>	1,10±0,08 <sup>a</sup>	65,1±0,2 <sup>d</sup>	56,3±0,4 <sup>e</sup>	13,2±0,2 <sup>c</sup>	1,12±0,09 <sup>a</sup>	31,2±0,1 <sup>b</sup>
<b>Rýže s červenými obalovými vrstvami</b>							
Francie	9,11±0,09 <sup>d</sup>	2,12±0,10 <sup>a</sup>	96,2±0,3 <sup>e</sup>	52,1±0,2 <sup>f</sup>	7,12±0,10 <sup>e</sup>	2,12±0,09 <sup>a</sup>	21,2±0,1 <sup>e</sup>
Kambodža	3,11±0,08 <sup>c</sup>	1,13±0,09 <sup>a</sup>	41,2±0,4 <sup>f</sup>	39,1±0,1 <sup>g</sup>	6,14±0,09 <sup>e</sup>	1,12±0,09 <sup>a</sup>	26,1±0,2 <sup>a</sup>
Thajsko	3,12±0,09 <sup>c</sup>	1,12±0,09 <sup>a</sup>	62,2±0,2 <sup>g</sup>	38,1±0,1 <sup>g</sup>	6,13±0,09 <sup>e</sup>	1,11±0,08 <sup>a</sup>	19,6±0,1 <sup>f</sup>
<b>Divoká rýže s černými obalovými vrstvami</b>							
Řecko	3,11±0,10 <sup>a</sup>	2,12±0,08 <sup>a</sup>	35,1±0,1 <sup>a</sup>	21,1±0,2 <sup>a</sup>	12,4±0,1 <sup>a</sup>	2,44±0,09 <sup>a</sup>	2,11±0,09 <sup>a</sup>
Kanada	3,13±0,09 <sup>a</sup>	2,14±0,09 <sup>a</sup>	32,3±0,1 <sup>b</sup>	43,4±0,3 <sup>b</sup>	5,12±0,09 <sup>b</sup>	2,42±0,08 <sup>a</sup>	1,13±0,09 <sup>a</sup>
Maďarsko	3,12±0,09 <sup>a</sup>	1,13±0,08 <sup>a</sup>	37,2±0,2 <sup>c</sup>	20,1±0,2 <sup>a</sup>	25,2±0,1 <sup>c</sup>	4,46±0,09 <sup>b</sup>	2,12±0,10 <sup>a</sup>
Kambodža	4,11±0,10 <sup>a</sup>	1,12±0,09 <sup>a</sup>	39,3±0,1 <sup>d</sup>	32,4±0,3 <sup>c</sup>	11,4±0,1 <sup>a</sup>	3,45±0,09 <sup>a,b</sup>	2,14±0,09 <sup>a</sup>
<b>Teff</b>							
Hnědé zrn (Bolívie)	1,12±0,07 <sup>a</sup>	1,16±0,08 <sup>a</sup>	58,1±0,2 <sup>a</sup>	40,2±0,1 <sup>a</sup>	23,1±0,1 <sup>a</sup>	2,13±0,09 <sup>a,b</sup>	3,21±0,07 <sup>a</sup>
Bílé zrn (Bolívie)	2,11±0,09 <sup>a</sup>	2,15±0,09 <sup>a,b</sup>	48,2±0,1 <sup>b</sup>	124±3 <sup>b</sup>	64,1±0,2 <sup>b</sup>	3,12±0,09 <sup>a</sup>	1,16±0,08 <sup>b</sup>
Hnědé zrn (USA)	6,21±0,10 <sup>b</sup>	2,13±0,09 <sup>a,b</sup>	62,4±0,2 <sup>c</sup>	93,3±0,2 <sup>c</sup>	89,5±0,3 <sup>c</sup>	2,11±0,10 <sup>a,b</sup>	4,22±0,09 <sup>a</sup>
Bílé zrn (USA)	5,20±0,09 <sup>b</sup>	3,13±0,10 <sup>b</sup>	85,2±0,3 <sup>d</sup>	134±2 <sup>d</sup>	112±1 <sup>d</sup>	1,11±0,09 <sup>b</sup>	3,23±0,09 <sup>a</sup>

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 3 – 5. Hodnoty v rámci sloupce s alespoň jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). Statistika byla provedena zvlášť pro vzorky rýže, divoké rýže a teffu.

## 4.5 Vybrané výsledky stanovení obsahu minerálních prvků v zrnech teffu pomocí ICP-MS

Stanovení minerálních prvků je prezentováno na vzorcích zrn teffu a výsledky jsou prezentovány v tabulkách 7 a 8.

### 4.5.1 Makrobiogenní a mikrobiogenní

Zrna teffu obsahují relativně nízké koncentrace sodíku, nejvyšší koncentrace dosahovala  $185 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Výsledky obsahu Na byly v souladu s údaji USDA. Koncentrace Mg se pohybovala od 1760 do  $2530 \text{ mg.kg}^{-1}$  a jeho obsah v zrnech je 5 – 6x vyšší než u pšenice (Nardi et al., 2009). Podle USDA (2014) může teff obsahovat až  $4300 \text{ mg.kg}^{-1}$  fosforu a může být jeho významným přispěvatelem vzhledem k jeho dennímu referenčnímu příjmu (Příloha I). V naší studii dosahovala koncentrace K až  $4730 \text{ mg.kg}^{-1}$ , podle USDA (2014) je jeho obsah nižší. Abebe et al. (2007) uvádí obsah Ca v teffu mezi 1200 a  $1500 \text{ mg.kg}^{-1}$ , v naší studii byl naměřen jeho obsah vyšší. Množství dostupného Fe z rostlinných matric je nízké vzhledem k přítomnosti antinutrientu kyseliny fytové. Nejvyšší obsah Fe byl zjištěn u zrn z USA (cca  $117 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Nejvyšší hladiny Zn byly naměřeny v zrnech původem z USA, což je 2x více než deklaruje USDA (USDA, 2014). Vyšší koncentrace Zn v teffu by mohly eliminovat jeho nedostatek ve stravě, ale je třeba zvážit chelatační účinek kyseliny fytové (Příloha I).

### 4.5.2 Stopové prvky

Mn je v dostatečném množství přítomen v potravinách. Jeho koncentrace v teffu byla mezi 17,1 až  $88,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Obsah Cu v zrnech dosahoval koncentrace  $25,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , což je více, než deklaruje databáze USDA (2014). Z naměřených dat a výpočtů pro jednotlivé denní příjmy Mn a Cu je patrné, že zrna teffu by mohla být jejich významnými zdroji (Příloha I). Potenciální toxicita hliníku souvisí s jeho neurotoxicitou (Medeiros et al., 2012), proto je monitorován. Nejvyšší obsah byl stanoven na koncentraci  $13,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Například Millour et al. (2011) stanovili obsah hliníku v rýži pouze  $1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Obsah Sn může v obilovinách dosahovat koncentrace vyšší, než bylo naměřeno u teffu, a to  $5,0 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$  (Millour et al., 2012). Akumulace Sn je sice ve tkáních omezena, ale i přesto jsou jeho koncentrace sledovány. V poslední době je věnována značná pozornost obsahu Se v plodinách, kde funguje jako významný antioxidant (Medeiros et al., 2012). Jeho obsah se v teffu pohyboval v rozmezí 8,62 až  $19,3 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$ . V zájmu pozornosti je také trojmocný Cr, který zvyšuje aktivitu inzulínu. Kabata-Pendias (2011) uvádí obsah Cr v obilovinách běžně do  $90 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$ , jeho obsah v teffu byl nižší. Obsah Li v plodinách čeledi *Gramineae* může dosahovat až  $1500 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$  (Kabata-Pendias, 2011), což je výrazně nad hodnotami stanovenými u zrn teffu. Relevantní údaje o obsahu berylia, skandia a titanu v zrnech teffu jsou vzácné a nikl je studován jako potencionálně

karcinogenní kov. Nejnižší koncentrace Ni byly zaznamenány v zrnech z Bolívie. Zdá se, že vyšší koncentrace stroncia zhoršují vývoj kostí, což je i důvod, proč se studie věnují stanovení tohoto prvku. Ve vzorcích teffu byla jeho koncentrace nižší, než uvádí studie Millour et al. (2012), kde obsah Sr v obilovinách dosahoval  $1830 \mu\text{g.kg}^{-1}$ . Koncentrace Ag v zrnech teffu byla naměřena v rozsahu 13,4 až  $33,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , což je méně než 42 až  $84 \mu\text{g.kg}^{-1}$  uváděných v obilovinách (Millour et al., 2012).

Průměrný obsah As v obilovinách konzumovaných v EU se pohybuje mezi 6 a  $50 \mu\text{g.kg}^{-1}$ . Tento obsah byl v případě vzorku hnědých zrn z Bolívie překročen. Cd je známý nefrotoxin, jehož průměrná hladina v zrnech konzumovaných v EU se pohybuje do  $58,4 \mu\text{g.kg}^{-1}$ . Maximální povolený obsah Cd v obilovinách byl stanoven na  $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (nařízení Komise (ES) č. 629/2008). Koncentrace Cd zjištěné v zrnech teffu nedosáhly tohoto limitu. Symptomy otravy rtuť zahrnují neurologická a kardiovaskulární onemocnění (Morgano et al., 2011), i přes to maximální povolené množství v produktech z obilovin však dosud nebylo definováno. Nejvyšší hladina tohoto prvku byla v zrnech teffu  $3,13 \mu\text{g.kg}^{-1}$ . Naproti tomu nařízení Komise (ES) č. 420/2011 definuje max. povolenou hladinu Pb v obilovinách  $200 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , jeho průměrná hladina v potravinách konzumovaných v EU je do  $139 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (nařízení Komise (ES) č. 1881/2006). V naší studii byly zaznamenány nízké koncentrace olova v zrnech. Z naměřených dat v obsahu toxických prvků teffu bylo následně vypočteno, že množství těchto prvků, přijaté v denní dávce zrn 100 g je zanedbatelné (Příloha I).

Tabulka 7: Obsah vybraných minerálních a stopových prvků v zrně teffu.

Prvky	Hnědé zrno Bolívie		Hnědé zrno USA		Bílé zrno Bolívie		Bílé zrno USA	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
$^{23}\text{Na}$	185±2 <sup>a</sup>	159±3 <sup>b,f</sup>	130±2 <sup>c</sup>	135±2 <sup>d</sup>	161±3 <sup>e</sup>	155±2 <sup>f</sup>	131±2 <sup>c</sup>	137±3 <sup>d</sup>
$^{24}\text{Mg}$	2090±20 <sup>a</sup>	1870±20 <sup>b</sup>	2530±25 <sup>c</sup>	2420±20 <sup>d</sup>	1850±30 <sup>b</sup>	1760±10 <sup>e</sup>	2300±20 <sup>f</sup>	2400±30 <sup>d</sup>
$^{27}\text{Al}$	10,8±0,1 <sup>a</sup>	13,4±0,1 <sup>b</sup>	12,1±0,1 <sup>c</sup>	11,5±0,1 <sup>d</sup>	5,41±0,10 <sup>e</sup>	5,93±0,10 <sup>f</sup>	8,12±0,20 <sup>g</sup>	7,72±0,20 <sup>h</sup>
$^{31}\text{P}$	4070±20 <sup>a</sup>	4180±30 <sup>b</sup>	4160±30 <sup>b</sup>	4050±20 <sup>a</sup>	3850±20 <sup>c</sup>	3770±30 <sup>d</sup>	3950±30 <sup>e</sup>	3930±30 <sup>e</sup>
$^{39}\text{K}$	4290±20 <sup>a</sup>	4730±30 <sup>b</sup>	2750±20 <sup>c</sup>	2970±20 <sup>d</sup>	2970±10 <sup>d</sup>	2970±20 <sup>d</sup>	3190±20 <sup>e</sup>	3080±20 <sup>f</sup>
$^{44}\text{Ca}$	1980±20 <sup>a</sup>	2090±10 <sup>b</sup>	2640±20 <sup>c</sup>	2650±40 <sup>c</sup>	1650±20 <sup>d</sup>	1760±20 <sup>e</sup>	2630±30 <sup>c</sup>	2420±20 <sup>f</sup>
$^{55}\text{Mn}$	40,1±1,0 <sup>a</sup>	88,4±2,4 <sup>b</sup>	19,1±1,2 <sup>c</sup>	17,1±1,3 <sup>d</sup>	50,2±1,4 <sup>e</sup>	59,7±2,1 <sup>f</sup>	17,4±1,0 <sup>d</sup>	17,8±1,2 <sup>d</sup>
$^{57}\text{Fe}$	96,4±2,7 <sup>a</sup>	94,1±2,8 <sup>a</sup>	115±2 <sup>b</sup>	112±2 <sup>c</sup>	87,5±1,4 <sup>d</sup>	83,6±1,6 <sup>e</sup>	111±3 <sup>c</sup>	117±2 <sup>b</sup>
$^{63}\text{Cu}$	6,2±0,2 <sup>a</sup>	6,1±0,2 <sup>a</sup>	20,1±1,2 <sup>b</sup>	23,7±2,1 <sup>c,f</sup>	7,01±0,20 <sup>d</sup>	6,62±0,20 <sup>e</sup>	22,8±0,8 <sup>c</sup>	25,3±1,0 <sup>f</sup>
$^{66}\text{Zn}$	24,7±0,7 <sup>a</sup>	23,5±0,8 <sup>b</sup>	68,5±1,8 <sup>c</sup>	74,2±2,0 <sup>d</sup>	23,6±0,9 <sup>b</sup>	21,5±0,5 <sup>e</sup>	66,9±1,7 <sup>c</sup>	73,0±1,4 <sup>d</sup>

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 5. Hodnoty v rámci řádku s alespoň jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ).

Tabulka 8: Obsah vybraných minerálních prvků a stopových prvků v zrně teffu.

Prvky	Hnědé zrno Bolívie		Hnědé zrno USA		Bílé zrno Bolívie		Bílé zrno USA	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
${}^7\text{Li}$	15,4±0,3 <sup>a</sup>	39,1±0,6 <sup>b</sup>	165±2 <sup>c</sup>	182±2 <sup>d</sup>	24,7±1,3 <sup>e</sup>	21,5±1,1 <sup>f</sup>	156±2 <sup>g</sup>	148±2 <sup>h</sup>
${}^9\text{Be}$	2,32±0,10 <sup>a</sup>	12,2±0,1 <sup>b</sup>	5,72±0,08 <sup>c</sup>	5,33±0,07 <sup>d</sup>	6,71±0,10 <sup>e</sup>	6,22±0,09 <sup>f</sup>	15,5±0,2 <sup>g</sup>	11,6±0,1 <sup>h</sup>
${}^{45}\text{Sc}$	53,5±1,2 <sup>a</sup>	95,1±1,0 <sup>b</sup>	11,3±0,1 <sup>c</sup>	12,6±0,1 <sup>d</sup>	41,3±1,0 <sup>e</sup>	42,6±1,2 <sup>f</sup>	13,3±0,1 <sup>g</sup>	10,5±0,1 <sup>h</sup>
${}^{48}\text{Ti}$	363±8 <sup>a</sup>	409±9 <sup>b</sup>	846±9 <sup>c</sup>	724±8 <sup>d</sup>	464±8 <sup>e</sup>	440±9 <sup>f</sup>	728±7 <sup>d</sup>	684±6 <sup>g</sup>
${}^{52}\text{Cr}$	12,0±0,4 <sup>a</sup>	23,2±0,7 <sup>b</sup>	5,35±0,10 <sup>c</sup>	6,20±0,08 <sup>d</sup>	12,4±0,3 <sup>a</sup>	10,5±0,2 <sup>e</sup>	9,03±0,09 <sup>f</sup>	8,66±0,10 <sup>g</sup>
${}^{60}\text{Ni}$	295±3 <sup>a</sup>	249±2 <sup>b</sup>	403±3 <sup>c</sup>	375±4 <sup>d</sup>	276±2 <sup>e</sup>	224±2 <sup>f</sup>	477±5 <sup>g</sup>	439±3 <sup>h</sup>
${}^{75}\text{As}$	45,5±1,0 <sup>a</sup>	65,9±1,2 <sup>b</sup>	30,1±0,6 <sup>c</sup>	34,3±0,5 <sup>d</sup>	34,7±1,0 <sup>d</sup>	28,6±0,7 <sup>e</sup>	31,4±0,7 <sup>f</sup>	23,3±0,5 <sup>g</sup>
${}^{77}\text{Se}$	10,5±0,1 <sup>a</sup>	9,81±0,10 <sup>b</sup>	15,7±0,3 <sup>c</sup>	17,5±0,3 <sup>d</sup>	9,33±0,10 <sup>e</sup>	8,62±0,10 <sup>f</sup>	17,9±0,3 <sup>g</sup>	19,3±0,2 <sup>h</sup>
${}^{88}\text{Sr}$	527±4 <sup>a</sup>	449±4 <sup>b</sup>	255±3 <sup>c</sup>	281±2 <sup>d</sup>	318±2 <sup>e</sup>	284±2 <sup>f</sup>	216±2 <sup>g</sup>	225±2 <sup>h</sup>
${}^{107}\text{Ag}$	13,4±0,2 <sup>a</sup>	20,2±0,3 <sup>b</sup>	19,2±0,5 <sup>c</sup>	28,4±1,0 <sup>d</sup>	15,8±0,4 <sup>e</sup>	17,1±0,5 <sup>f</sup>	33,8±0,6 <sup>g</sup>	28,7±0,7 <sup>d</sup>
${}^{111}\text{Cd}$	1,11±0,10 <sup>a</sup>	1,22±0,10 <sup>a,c</sup>	3,73±0,10 <sup>b</sup>	3,82±0,10 <sup>b</sup>	1,21±0,10 <sup>a,c</sup>	1,33±0,10 <sup>c</sup>	3,12±0,10 <sup>d</sup>	3,36±0,10 <sup>e</sup>
${}^{118}\text{Sn}$	0,72±0,10 <sup>a</sup>	1,74±0,10 <sup>b</sup>	0,61±0,10 <sup>a,e</sup>	0,73±0,10 <sup>a</sup>	0,94±0,10 <sup>c</sup>	1,25±0,10 <sup>d</sup>	0,62±0,10 <sup>a,e</sup>	0,52±0,10 <sup>e</sup>
${}^{202}\text{Hg}$	2,31±0,01 <sup>a</sup>	1,42±0,02 <sup>b</sup>	1,43±0,01 <sup>b</sup>	1,81±0,10 <sup>c</sup>	1,51±0,01 <sup>b,d</sup>	1,63±0,02 <sup>d</sup>	3,13±0,01 <sup>e</sup>	2,91±0,01 <sup>f</sup>
${}^{208}\text{Pb}$	0,61±0,10 <sup>a</sup>	1,62±0,10 <sup>b</sup>	1,16±0,10 <sup>c</sup>	1,44±0,10 <sup>d</sup>	1,15±0,10 <sup>c</sup>	1,31±0,09 <sup>d</sup>	1,12±0,08 <sup>c</sup>	0,81±0,10 <sup>e</sup>

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 5. Hodnoty v rámci řádku s alespoň jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ).

## 4.6 Výsledky stanovení obsahu biologicky aktivních látek po hydrotermálním ošetření zrn

V rámci této kapitoly budou prezentovány a diskutovány vybrané výsledky u vzorků teffu.

### 4.6.1 Výsledky stanovení obsahu TPC a AOA

Hodnoty obsahu TPC ve volných a vázaných polyfenolických frakcích a hodnoty antioxidačních aktivit (AOA) jsou uvedeny v Tabulce 9. Pokud jde o volné frakce, hodnoty koncentrací TPC pro hnědá a bílá zrna dosáhly 1530 a 992 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Nejnižší pokles TPC po tepelném ošetření byl pozorován po aplikaci procesu sous-vide (o 53 % u hnědého a o 42 % u bílého zrna). Zaměříme-li se na vázané, koncentrace TPC syrového hnědého a bílého zrna, tyto byly 522 a 564 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Všechna hydrotermální ošetření pozitivně ovlivnila vyvázání polyfenolů z obalových vrstev. Po aplikaci techniky sous-vide bylo pozorováno zvýšení koncentrace TPC u hnědého a bílého zrna teffu o 19 a 45 %. Nejnižší pokles celkových TPC byl pozorován po použití tepelného zpracování metodou sous-vide (35 a 11 %), poté následuje vaření ve vodě (45 a 29 %), zatímco nejvyšší pokles byl pozorován po použití rýžovaru (50 a 35 %). Min et al. (2014) při vaření ve vodě a parboilingu při zpracování červené rýže uvádějí pokles volných TPC o 16 až 91 %. Navíc koncentrace TPC ve vázaných frakcích vzrostly o 19 až 62 %, protože tepelné zpracování mělo za následek uvolnění vázaných polyfenolů z obalových vrstev. Li et al. (2007) uvedli, že hodnoty celkových TPC byly u pšenice zvýšeny o 10 % při úpravě procesem pečení (177 °C, 20 minut). Studie potvrdily, že hydrotermální procesy, přítomnost kyslíku a vyšší vlhkosti urychlují degradaci polyfenolů (Tang et al., 2016; Zeng et al., 2016; Şensoy et al., 2006).

Hodnoty AOA ve volných frakcích u syrových zrn hnědého a bílého teffu byly 6,32 a 5,51 mmol TE.kg<sup>-1</sup>. Bylo pozorováno snížení AOA v těchto frakcích, a to nejméně po hydrotermálním ošetření metodou sous-vide. Vázané frakce tepelně ošetřených zrn vykazovaly vyšší hodnoty AOA než syrová zrna. To lze pravděpodobně vysvětlit vyvázáním polyfenolů z obalových vrstev, které se odrazilo i ve vyšších hodnotách AOA. Pokud se podíváme na hodnotu celkové AOA, technika sous-vide způsobila nejnižší pokles v její hodnotě, konkrétně 11 a 3 % u bílých a hnědých zrn. Údajů o změnách v hodnotách AOA tepelně ošetřených zrn teffu je nedostatek. Celková AOA měřená metodou s DPPH u rýže se snížila o 9 – 14 % díky přípravě v rýžovaru, dále AOA volných frakcí hnědé rýže, pšenice a ovsa (zpracovaných extruzí při 120 °C) poklesla o 63; 37 a 14 % (Tang et al., 2016; Zeng et al., 2016). Je třeba vzít v úvahu, že jiné metody pro stanovení AOA (ORAC, FRAP) by mohly poskytnout odlišné výsledky založené na jednotlivých reakčních mechanismech s radikály.

Tabulka 9: Celkový obsah TPC a AOA u syrových a hydrotermálně ošetřených zrn teffu.

	Volné TPC (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	Vázané TPC (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	Celkové TPC (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	AOA-Volné frakce (ABTS) (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )	AOA-Vázané frakce (ABTS) (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )	AOA-Celková (ABTS) (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )
<b>Hnědý teff (Bolívie)</b>						
Syrové zrn	1530±32 <sup>a</sup>	522±9 <sup>a</sup>	2050±41 <sup>a</sup>	6,32±0,09 <sup>a</sup>	4,01±0,09 <sup>a</sup>	10,3±0,2 <sup>a</sup>
Vaření ve vodě	547±15 <sup>b</sup> (-64 %)	569±4 <sup>b</sup> (+9 %)	1120±19 <sup>b</sup> (-45 %)	4,52±0,19 <sup>b</sup> (-28 %)	4,51±0,19 <sup>b,c,d</sup> (+13 %)	9,03±0,39 <sup>b,c</sup> (-12 %)
Rýžovar	486±16 <sup>c</sup> (-68 %)	537±6 <sup>c</sup> (+3 %)	1020±31 <sup>c</sup> (-50 %)	4,23±0,19 <sup>c</sup> (-33 %)	4,41±0,19 <sup>c,d</sup> (+10 %)	8,64±0,49 <sup>c</sup> (-16 %)
Sous vide	715±14 <sup>d</sup> (-53 %)	619±7 <sup>d</sup> (+19 %)	1330±31 <sup>d</sup> (-35 %)	5,33±0,09 <sup>d</sup> (-16 %)	4,61±0,19 <sup>d</sup> (+15 %)	9,94±0,09 <sup>d</sup> (-3 %)
<b>Bílý teff (USA)</b>						
Syrové zrn	992±12 <sup>A</sup>	564±9 <sup>A</sup>	1560±21 <sup>A</sup>	5,51±0,09 <sup>A</sup>	3,82±0,09 <sup>A</sup>	9,33±0,19 <sup>A</sup>
Vaření ve vodě	467±15 <sup>B</sup> (-53 %)	636±8 <sup>B,C</sup> (+13 %)	1100±23 <sup>B</sup> (-29 %)	2,35±0,09 <sup>B</sup> (-57 %)	4,25±0,19 <sup>B,C</sup> (+11 %)	6,59±0,29 <sup>B</sup> (-29 %)
Rýžovar	388±17 <sup>C</sup> (-61 %)	629±8 <sup>C</sup> (+12 %)	1020±25 <sup>C</sup> (-35 %)	1,94±0,09 <sup>C</sup> (-65 %)	4,15±0,19 <sup>C</sup> (+9 %)	6,09±0,09 <sup>C</sup> (-35 %)
Sous-vide	576±21 <sup>D</sup> (-42 %)	816±7 <sup>D</sup> (+45 %)	1390±28 <sup>D</sup> (-11 %)	2,59±0,09 <sup>D</sup> (-53 %)	5,72±0,19 <sup>D</sup> (+50 %)	8,31±0,29 <sup>A</sup> (-11 %)

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 5. Hodnoty v rámci sloupce s alespoň jedním identickým malým horním indexem (hnědé zrn) a velkým horním indexem (bílé zrn) se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ).



#### 4.6.2 Výsledky stanovení polyfenolického profilu po hydrotermálním ošetření

Profil polyfenolů ve volných a vázaných frakcích teffu byl stanoven pomocí HPLC, výsledky jsou volných frakcí jsou uvedeny v Tabulce 10. V syrovém zrně převládaly rutin a epigallokatechin, s vysokým množstvím rutinu v bílém zrně

(190 mg.kg<sup>-1</sup>). Po tepelném zpracování byl naměřen pokles flavonoidů u bílých zrn až o 93 % v případě použití rýžovaru, u hnědého zrna byl zaznamenán pokles pouze o 38 %. Výsledky ukázaly nejvýznamnější pokles koncentrace rutinu v bílém zrně po tepelné úpravě vařením ve vodě. Všechny procesy tepelného ošetření měly negativní vliv na hladinu kvercetinů ve volné frakci, s výjimkou metody sous-vide. Byly naměřeny vyšší koncentrace kyselin *p*-kumarové, ferulové, protokatechinové, gallové a *o*-kumarové v hnědých syrových zrnech, zatímco kyseliny ellagová, ferulová a gallová byly převládající v bílém zrně. Po procesu vaření ve vodě hnědé zrně vykázalo nejvyšší snížení obsahu kyselin (o 83 %). Pokles polyfenolických kyselin v bílém teffu po úpravě v rýžovaru byl výrazně nižší (58 %). Metody vaření ve vodě a v rýžovaru měly destruktivní vliv na hladinu kyselin chlorogenové a sinapové. Fenolický profil vázané frakce lze vidět v Tabulce 11. Katechin a quercetin převažovaly v syrovém zrně, vysoký obsah katechinů byl naměřen v zrně bílém (41,7 mg.kg<sup>-1</sup>). Syrové bílé zrně bylo bohaté na rutin (22,9 mg.kg<sup>-1</sup>). Po tepelném ošetření se ukázalo nejvyšší snížení flavonoidů u bílého zrna o 41 % vařením ve vodě, stejně tak byl zaznamenán tento pokles v hnědém zrně. Naopak bylo naměřeno zvýšení koncentrace těchto látek (o 13 %) při použití metody sous-vide. Výsledky dále ukázaly negativní účinek tepelného zpracování na množství kvercetinů.

U vázaných frakcí byly stanoveny vysoké množství kyselin ferulové a gallové v hnědém zrně, zatímco v bílém převládaly kyseliny ferulová, sinapová a ellagová.

Po tepelném ošetření se ukázal nárůst celkových polyfenolických kyselin při použití procesu sous-vide (až o 19 %) u hnědého zrna. Výsledky ukazují, že důsledkem tepelného ošetření mohlo dojít k uvolnění původně vázaných polyfenolických kyselin a tím ke zvýšení jejich obsahu.

Údaje o obsahu volných a vázaných polyfenolů v tepelně upraveném teffu chybí. Zeng et al. (2016) publikovali snížení v obsahu volné kyseliny ferulové po použití extruze o 52 % u hnědé rýže a o 7 % u ovesa. Ztráta koncentrace kyseliny ferulové ve volné frakci může být srovnána se ztrátou kyseliny ferulové v hnědém zrně teffu ošetřeném metodou sous-vide a rýžovarem. Zaupe et al. (2015) uváděli ztrátu celkového obsahu kyseliny ferulové 30,6 a 11,4 % v rýži s červenými a černými obalovými vrstvami.

Tabulka 10: Výsledky stanovení polyfenolického profilu volných frakcí hydrotermálně ošetřených zrn teffu s odpovídajícím procentuálním vyjádřením.

(mg.kg <sup>-1</sup> )	Hnědý teff				Bílý teff			
	Syrové	Vaření ve vodě	Rýžovar	Sous-vide	Syrové	Vaření ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
<b>Flavonoidy a stilben</b>								
Epigallokatechin	15,5±0,4 <sup>a</sup>	8,72±0,19 <sup>b</sup>	11,2±0,2 <sup>c</sup>	14,7±0,2 <sup>d</sup>	13,5±0,2 <sup>A</sup>	12,6±0,3 <sup>B</sup>	3,32±0,09 <sup>C</sup>	7,92±0,19 <sup>D</sup>
Katechin	3,41±0,09 <sup>a</sup>	1,23±0,09 <sup>b,c</sup>	1,13±0,09 <sup>c</sup>	1,82±0,09 <sup>d</sup>	2,71±0,09 <sup>A</sup>	0,53±0,05 <sup>B,C</sup>	0,53±0,05 <sup>C</sup>	0,91±0,09 <sup>D</sup>
Epikatechin	8,03±0,19 <sup>a</sup>	6,43±0,09 <sup>b</sup>	5,72±0,09 <sup>c</sup>	7,51±0,19 <sup>d</sup>	2,16±0,09 <sup>A</sup>	1,54±0,09 <sup>B</sup>	0,62±0,05 <sup>C</sup>	1,83±0,09 <sup>D</sup>
Rutin	28,7±0,7 <sup>a</sup>	20,6±0,6 <sup>b</sup>	19,6±0,3 <sup>c</sup>	17,0±0,4 <sup>d</sup>	190±2 <sup>A</sup>	5,68±0,09 <sup>B</sup>	10,6±0,2 <sup>C</sup>	21,3±0,3 <sup>D</sup>
Kvercetin	1,34±0,09	ND	ND	ND	3,54±0,09 <sup>A</sup>	ND	ND	0,25±0,04 <sup>B</sup>
Kaempferol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resveratrol	4,12±0,09 <sup>a</sup>	0,61±0,03 <sup>b</sup>	0,34±0,02 <sup>c,d</sup>	0,34±0,03 <sup>d</sup>	1,37±0,09 <sup>A</sup>	0,11±0,01 <sup>B,C</sup>	0,21±0,02 <sup>C</sup>	0,35±0,05 <sup>D</sup>
<b>Celkem</b>	61,1±0,1 <sup>a</sup>	37,6±0,6 <sup>b,c</sup> (-38 %)	37,9±0,3 <sup>c</sup> (-38 %)	41,4±0,4 <sup>d</sup> (-32 %)	213±2 <sup>A</sup>	20,5±0,3 <sup>B</sup> (-90 %)	15,3±0,2 <sup>C</sup> (-93 %)	32,6±0,3 <sup>D</sup> (-85 %)
<b>Polyf. kyseliny</b>								
Chlorogenová	1,61±0,09 <sup>a</sup>	ND	ND	1,12±0,09 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	ND
Gallová	25,6±0,4 <sup>a</sup>	5,81±0,09 <sup>b</sup>	9,31±0,19 <sup>c</sup>	6,62±0,09 <sup>d</sup>	26,1±0,3 <sup>A</sup>	6,92±0,19 <sup>B</sup>	7,93±0,19 <sup>C,D</sup>	7,93±0,19 <sup>D</sup>
Protocatechinová	208±2 <sup>a</sup>	27,0±0,3 <sup>b</sup>	17,9±0,2 <sup>c</sup>	25,0±0,4 <sup>d</sup>	16,5±0,2 <sup>A</sup>	0,42±0,04 <sup>B,C</sup>	0,51±0,02 <sup>C</sup>	0,94±0,06 <sup>D</sup>
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,12±0,09 <sup>a</sup>	0,22±0,01 <sup>b</sup>	ND	0,61±0,03 <sup>c</sup>	2,71±0,09 <sup>A</sup>	1,83±0,09 <sup>B,D</sup>	0,32±0,03 <sup>C</sup>	1,71±0,09 <sup>D</sup>
Vanilová	4,03±0,09 <sup>a</sup>	0,94±0,09 <sup>b</sup>	2,13±0,09 <sup>c</sup>	3,32±0,09 <sup>d</sup>	3,32±0,09 <sup>A</sup>	2,04±0,09 <sup>B,C,D</sup>	1,96±0,09 <sup>C</sup>	2,11±0,09 <sup>D</sup>
Kávová	0,53±0,06 <sup>a</sup>	0,12±0,01 <sup>b</sup>	0,43±0,02 <sup>a</sup>	ND	ND	0,32±0,02 <sup>A</sup>	0,16±0,02 <sup>B</sup>	0,41±0,05 <sup>A</sup>
Syringová	4,41±0,09 <sup>a</sup>	3,83±0,09 <sup>b,c</sup>	3,83±0,09 <sup>c</sup>	2,84±0,09 <sup>d</sup>	3,42±0,09 <sup>A</sup>	1,16±0,09 <sup>B</sup>	2,82±0,09 <sup>C,D</sup>	2,81±0,09 <sup>D</sup>
<i>p</i> -Kumarová	244±2 <sup>a</sup>	10,9±0,2 <sup>b</sup>	12,8±0,2 <sup>c</sup>	11,8±0,2 <sup>d</sup>	14,8±0,2 <sup>A</sup>	2,81±0,09 <sup>B</sup>	1,72±0,09 <sup>C</sup>	6,44±0,09 <sup>D</sup>
Ferulová	154±2 <sup>a</sup>	50,4±0,9 <sup>b</sup>	64,7±1,3 <sup>c,d</sup>	65,2±1,4 <sup>d</sup>	42,5±1,2 <sup>A</sup>	4,52±0,09 <sup>B</sup>	2,25±0,09 <sup>C</sup>	5,81±0,09 <sup>D</sup>
Sinapová	6,32±0,09 <sup>a</sup>	ND	2,23±0,09 <sup>b</sup>	1,15±0,09 <sup>c</sup>	6,06±0,09 <sup>A</sup>	ND	1,81±0,19 <sup>B</sup>	2,33±0,09 <sup>C</sup>
Ellagová	15,7±0,3 <sup>a</sup>	9,61±0,19 <sup>b</sup>	8,81±0,19 <sup>c</sup>	7,31±0,19 <sup>d</sup>	195±1 <sup>A</sup>	127±1 <sup>B</sup>	114±1 <sup>C</sup>	144±2 <sup>D</sup>
<i>o</i> -Kumarová	25,2±0,5 <sup>a</sup>	9,02±0,19 <sup>b</sup>	22,7±0,4 <sup>c</sup>	18,9±0,2 <sup>d</sup>	5,96±0,09 <sup>A</sup>	0,72±0,05 <sup>B</sup>	0,51±0,05 <sup>C</sup>	0,92±0,05 <sup>D</sup>
Etylester protocatechinové k.	0,61±0,03 <sup>a</sup>	0,51±0,05 <sup>a,b</sup>	0,41±0,04 <sup>b</sup>	0,61±0,03 <sup>a</sup>	0,32±0,02 <sup>A</sup>	0,12±0,01 <sup>B</sup>	ND	0,22±0,01 <sup>A,B</sup>
Skořicová	ND	ND	ND	ND	1,22±0,09 <sup>A</sup>	0,13±0,01 <sup>B</sup>	0,11±0,01 <sup>B</sup>	ND
<b>Celkové polyf. k.</b>	691±2 <sup>a</sup>	118±1 <sup>b</sup> (-83 %)	145±1 <sup>c,d</sup> (-79 %)	145±1 <sup>d</sup> (-79 %)	318±2 <sup>A</sup>	148±1 <sup>B</sup> (-53 %)	134±1 <sup>C</sup> (-58 %)	176±2 <sup>D</sup> (-45 %)
<b>Celkové volné polyfenoly</b>	752±2 <sup>a</sup>	156±1 <sup>b</sup> (-79 %)	183±1 <sup>c</sup> (-76 %)	186±2 <sup>d</sup> (-75 %)	531±2 <sup>A</sup>	169±1 <sup>B</sup> (-68 %)	149±1 <sup>C</sup> (-72 %)	209±2 <sup>D</sup> (-61 %)

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 5. Hodnoty v rámci řádku s alespoň jedním identickým malým horním indexem a velkým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). ND – není detekováno. LOD – chlorogenová, *p*-hydroxybenzoová, kávová, sinapová, etylester protocatechinové kyseliny a kyselina skořicová 0,01 mg.kg<sup>-1</sup>, kvercetin a kaempferol 0,05 mg.kg<sup>-1</sup>.

Tabulka 11: Výsledky stanovení polyfenolického profilu vázaných frakcí hydrotermálně ošetřených zrn teffu s odpovídajícím procentuálním vyjádřením.

(mg.kg <sup>-1</sup> )	Hnědý teff				Bílý teff			
	Syrové	Vaření ve vodě	Rýžovar	Sous-vide	Syrové	Vaření ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
<b>Flavonoidy a stilben</b>								
Epigallokatechin	9,71±0,19 <sup>a</sup>	13,5±0,2 <sup>b</sup>	34,1±1,1 <sup>c</sup>	36,4±1,2 <sup>d</sup>	12,5±0,3 <sup>A</sup>	14,0±0,4 <sup>B</sup>	17,1±0,2 <sup>C</sup>	19,8±0,4 <sup>D</sup>
Katechin	25,4±0,8 <sup>a</sup>	26,0±0,3 <sup>a</sup>	27,3±0,5 <sup>b</sup>	37,1±1,3 <sup>c</sup>	41,7±1,2 <sup>A</sup>	43,8±1,3 <sup>B,D</sup>	54,6±1,7 <sup>C</sup>	43,8±0,8 <sup>D</sup>
Epikatechin	0,72±0,04 <sup>a</sup>	1,02±0,09 <sup>b</sup>	1,42±0,09 <sup>c</sup>	1,41±0,09 <sup>c</sup>	0,22±0,01 <sup>A</sup>	0,21±0,02 <sup>A</sup>	0,31±0,03 <sup>A</sup>	0,31±0,05 <sup>A</sup>
Rutin	1,43±0,09 <sup>a</sup>	1,62±0,19 <sup>b,c</sup>	1,51±0,09 <sup>a,b</sup>	1,71±0,09 <sup>c</sup>	22,9±0,6 <sup>A</sup>	3,61±0,09 <sup>B</sup>	3,83±0,09 <sup>C</sup>	6,34±0,19 <sup>D</sup>
Kvercetin	30,8±1,2	ND	ND	ND	27,6±0,8 <sup>A</sup>	ND	0,71±0,05 <sup>B</sup>	ND
Kaempferol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resveratrol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Celkem</b>	68,1±0,8 <sup>a</sup>	42,2±0,2 <sup>b</sup> (-38 %)	64,3±1,0 <sup>c</sup> (-6 %)	76,6±1,1 <sup>d</sup> (+13 %)	105±1 <sup>A</sup>	61,6±1,0 <sup>B</sup> (-41 %)	76,5±1,5 <sup>C</sup> (-27 %)	70,3±0,8 <sup>D</sup> (-33 %)
<b>Polyf. kyseliny</b>								
Chlorogenová	0,21±0,02 <sup>a</sup>	0,42±0,02 <sup>b</sup>	0,62±0,04 <sup>c</sup>	0,91±0,05 <sup>d</sup>	0,51±0,02 <sup>A</sup>	ND	0,42±0,09 <sup>A,B</sup>	0,61±0,03 <sup>A</sup>
Gallová	16,4±0,4 <sup>a</sup>	19,0±0,3 <sup>b</sup>	23,8±0,3 <sup>c</sup>	30,2±0,4 <sup>d</sup>	8,82±0,19 <sup>A</sup>	7,52±0,19 <sup>B</sup>	9,71±0,19 <sup>C</sup>	10,7±0,2 <sup>D</sup>
Protocatechinová	4,32±0,09 <sup>a</sup>	4,52±0,09 <sup>b</sup>	4,86±0,09 <sup>c</sup>	5,71±0,09 <sup>d</sup>	3,83±0,09 <sup>A</sup>	3,61±0,09 <sup>B</sup>	3,13±0,09 <sup>C,D</sup>	3,22±0,09 <sup>D</sup>
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	0,32±0,03 <sup>a</sup>	0,31±0,02 <sup>a</sup>	0,23±0,01 <sup>a</sup>	1,44±0,09 <sup>b</sup>	0,32±0,02 <sup>A</sup>	0,41±0,02 <sup>A,B</sup>	0,51±0,09 <sup>B,C</sup>	0,61±0,04 <sup>C</sup>
Vanilová	8,13±0,19 <sup>a</sup>	9,52±0,09 <sup>b</sup>	9,11±0,19 <sup>c</sup>	10,5±0,3 <sup>d</sup>	4,81±0,09 <sup>A</sup>	4,81±0,09 <sup>A</sup>	5,13±0,09 <sup>B</sup>	3,63±0,09 <sup>C</sup>
Kávová	2,34±0,09 <sup>a</sup>	3,36±0,09 <sup>b</sup>	3,82±0,09 <sup>c</sup>	4,51±0,09 <sup>d</sup>	4,44±0,09 <sup>A</sup>	4,63±0,09 <sup>B</sup>	4,82±0,09 <sup>C,D</sup>	4,91±0,09 <sup>D</sup>
Syringová	2,04±0,09 <sup>a</sup>	2,54±0,09 <sup>b</sup>	3,24±0,09 <sup>c,d</sup>	3,25±0,09 <sup>d</sup>	1,22±0,09 <sup>A</sup>	1,41±0,09 <sup>B,C</sup>	1,31±0,09 <sup>A,B</sup>	1,51±0,09 <sup>C</sup>
<i>p</i> -Kumarová	ND	ND	0,23±0,02 <sup>a</sup>	0,22±0,01 <sup>a</sup>	0,61±0,03 <sup>A</sup>	0,82±0,05 <sup>B</sup>	0,71±0,09 <sup>A,B</sup>	0,71±0,04 <sup>A,B</sup>
Ferulová	207±2 <sup>a</sup>	211±2 <sup>b</sup>	215±2 <sup>c</sup>	231±3 <sup>d</sup>	92,4±1,7 <sup>A</sup>	93,8±1,8 <sup>B</sup>	95,3±1,4 <sup>C,D</sup>	95,0±1,5 <sup>D</sup>
Sinapová	4,71±0,09 <sup>a</sup>	6,32±0,09 <sup>b,d</sup>	5,02±0,09 <sup>c</sup>	6,32±0,19 <sup>d</sup>	25,7±0,3 <sup>A</sup>	30,3±0,5 <sup>B</sup>	36,6±0,8 <sup>C</sup>	38,6±1,6 <sup>D</sup>
Ellagová	4,62±0,09 <sup>a</sup>	5,24±0,09 <sup>b</sup>	5,73±0,19 <sup>c</sup>	5,92±0,09 <sup>d</sup>	21,0±0,2 <sup>A</sup>	25,5±0,4 <sup>B</sup>	48,4±1,2 <sup>C</sup>	43,6±0,9 <sup>D</sup>
<i>o</i> -Kumarová	ND	ND	ND	0,24±0,01	0,12±0,01 <sup>A</sup>	ND	0,31±0,09 <sup>B</sup>	0,11±0,01 <sup>A</sup>
Etylester protokatechinové k.	0,82±0,06 <sup>a</sup>	0,81±0,06 <sup>a</sup>	0,91±0,05 <sup>a</sup>	0,81±0,02 <sup>a</sup>	0,21±0,02 <sup>A</sup>	0,43±0,09 <sup>B,D</sup>	0,61±0,09 <sup>C,D</sup>	0,51±0,03 <sup>D</sup>
Skořicová	2,52±0,09	ND	ND	ND	3,82±0,09	ND	ND	ND
<b>Celkové polyf. k.</b>	253±2 <sup>a</sup>	263±2 <sup>b</sup> (+4 %)	273±3 <sup>c</sup> (+8 %)	301±3 <sup>d</sup> (+19 %)	168±2 <sup>A</sup>	173±2 <sup>B</sup> (+3 %)	207±2 <sup>C</sup> (+23 %)	204±2 <sup>D</sup> (+21 %)
<b>Celkové vázané polyfenoly</b>	321±3 <sup>a</sup>	305±2 <sup>b</sup> (-5 %)	337±3 <sup>c</sup> (+5 %)	378±3 <sup>d</sup> (+18 %)	273±2 <sup>A</sup>	235±2 <sup>B</sup> (-14 %)	284±2 <sup>C</sup> (+4 %)	274±2 <sup>A</sup> (+0 %)

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 5. Hodnoty v rámci řádku s alespoň jedním identickým malým horním indexem a velkým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). ND – není detekováno, LOD – chlorogenová, *p*-kumarová, *o*-kumarová a kyselina skořicová 0,01 mg.kg<sup>-1</sup>, kvercetin a kaempferol 0,05 mg.kg<sup>-1</sup>.

### 4.6.3 Výsledky stanovení stravitelnosti zrn teffu po hydrotermálním ošetření

Hodnoty stravitelnosti jsou uvedeny v Tabulce 12. Hodnota OMD syrového hnědého zrna byla stanovena na 89,7 %. Tepelné ošetření pozitivně ovlivnilo hodnoty OMD. Vyšší hodnoty OMD (i DMD) byly zaznamenány po tepelném ošetření vařením ve vodě a rýžovaru, v porovnání s metodu sous-vide. Pokud jde o bílé zrna, rozdíly v hodnotách OMD byly statisticky významné. Nejvyšší hodnota OMD byla naměřena při použití metody vaření ve vodě (99,2 %). Kotásková et al. (2016) ve své studii uvádí hodnoty OMD a DMD zrna teffu vařeného ve vodě při teplotě 90 °C po dobu 15 minut nižší než hodnoty zjištěné při pokusech s jinými způsoby hydrotermálního ošetření. Hodnoty OMD u rýže vařené v páře (80 °C, cca 20 minut) v rozmezí 91,2 – 97,4 %, jsou srovnatelné se současnými výsledky. Vyšší stravitelnost vařeného zrna teffu je způsobena pravděpodobně želatinizací škrobu a denaturací proteinů během tepelného zpracování.

Tabulka 12: Výsledky stanovení stravitelnosti po hydrotermálním ošetření zrn teffu.

		DMD (%)	OMD (%)
<b>Hnědý teff</b>	Syrové zrna	84,2±0,8 <sup>a</sup>	89,7±0,9 <sup>a</sup>
	Vaření ve vodě	97,4±0,1 <sup>b,c</sup>	99,5±0,1 <sup>b,c</sup>
	Rýžovar	97,4±0,3 <sup>c</sup>	99,5±0,3 <sup>c</sup>
	Sous-vide	93,5±0,5 <sup>d</sup>	96,5±0,3 <sup>d</sup>
<b>Bílý teff</b>	Syrové zrna	74,6±0,8 <sup>A</sup>	79,2±0,7 <sup>A</sup>
	Vaření ve vodě	97,1±0,4 <sup>B</sup>	99,2±0,1 <sup>B</sup>
	Rýžovar	96,5±0,3 <sup>C</sup>	98,4±0,2 <sup>C</sup>
	Sous-vide	91,4±0,7 <sup>D</sup>	95,3±0,4 <sup>D</sup>

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD, n = 5. Hodnoty v rámci sloupce s alespoň jedním identickým malým horním indexem (hnědé zrna) a velkým horním indexem (bílé zrna) se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ).

## 4.7 Výsledky stanovení obsahu biologicky aktivních látek v průběhu skladování

V rámci kapitoly budou prezentovány výsledky u vyselektovaných vzorků zrn rýže a teffu, v rámci polyfenolického profilu budou uvedeny jen výsledky naměřené u zrn teffu.

### 4.7.1 Výsledky stanovení TPC a AOA v průběhu skladování

Hodnoty koncentrací TPC a AOA u volných a vázaných frakcí zrn jsou uvedeny v Tabulce 13. Pokud jde o volné frakce rýže, nejnižší pokles hodnoty TPC byl pozorován po roce skladování u červené rýže, a to o 5 %. Podobně tomu bylo u vázaných frakcí. Stejně jako u volných frakcí, tak i u vázaných byl naměřen signifikantní pokles v jejich obsahu po dvou letech skladování, a to až o 71 %. Delší doba skladování vzorků má negativní vliv na hodnoty koncentrací TPC. Koncentrace polyfenolů ve volných frakcích teffu poklesly po roce skladování o 9 % (například u hnědých zrn z 1540 na 1390 mg GAE.kg<sup>-1</sup>), po dvou letech skladování byl zjištěn pokles volných TPC u hnědého a bílého zrna 49 a 53 %. Co se týká vázaných frakcí, koncentrace TPC u hnědého a bílého teffu byly po roce skladování sníženy z 522 na 472, resp. z 564 na 514 mg GAE.kg<sup>-1</sup> (tj. o 9 a 10 %). Ovšem po dvou letech skladování byl sice zaznamenán úbytek vázaných TPC u hnědého zrna o 23 %, ale u bílého typu zrna byl pozorován opačný trend. Tento jev je možné vysvětlit vyvázáním některých polyfenolů z obalových vrstev.

Hodnoty AOA volných i vázaných frakcí rýže kopírují trendy v poklesu TPC. Ve volných frakcích rýžových zrn byl zaznamenán pokles v hodnotách AOA po roce skladování o 21 a 10 %, po druhém roce potom o 33 a 50 %. U vázaných frakcí došlo k nejnižšímu poklesu hodnoty AOA u zrn s červenými obalovými vrstvami, a to o 6 a 10 % po prvním a druhém roce skladování. Celková hodnota AOA nejvíce poklesla po dvou letech skladování, nejvíce u rýže s černými obalovými vrstvami. Ve volných frakcích hnědého a bílého teffu poklesla hodnota AOA po roce skladování o 5 a 11 %, po dvou letech byl zjištěn pokles u hnědého a bílého zrna o 7 – 20 %. Ve vázaných frakcích došlo k nejnižšímu poklesu AOA u hnědého zrna teffu, a to o 21 a 38 % po prvním a druhém roce skladování. Údajů o změnách v antioxidační aktivitě skladovaného zrna teffu je nedostatek. Na hodnotě AOA se podílejí nejen bioaktivní sloučeniny z řad polyfenolů, ale např. i vitaminy, jejichž koncentrace se také mění během skladování. Například kyselina pantotenová je poměrně labilní při skladování, což může také ovlivnit hodnotu AOA. V některých případech se však AOA zvyšuje kvůli tvorbě degradačních produktů, které mají antioxidační aktivitu (Velíšek, 1999; Shinwari et al., 2018).

Tabulka 13: Celkový obsah TPC a AOA u vybraných vzorků zrn v rámci skladování s příslušným procentuálním vyjádřením.

TPC/AOA	Volné TPC (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	Vázané TPC (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	Celkové TPC (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	AOA-Volné frakce (ABTS) (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )	AOA-Vázané frakce (ABTS) (mmol TE .kg <sup>-1</sup> )	AOA-Celková (ABTS) (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )
<b>Rýže s černými vrstvami (Čína)</b>	5910±113 <sup>a</sup>	1960±36 <sup>a</sup>	7870±76 <sup>a</sup>	24,1±0,3 <sup>a</sup>	10,2±0,2 <sup>a</sup>	34,3±0,4 <sup>a</sup>
Po roce	5320±103 <sup>b</sup> (-10 %)	1780±22 <sup>b</sup> (-9 %)	7100±55 <sup>b</sup> (-10 %)	19,0±0,3 <sup>b</sup> (-21 %)	7,01±0,19 <sup>b</sup> (-31 %)	26,0±0,3 <sup>b</sup> (-24 %)
Po 2. letech	2950±43 <sup>c</sup> (-50 %)	1270±19 <sup>c</sup> (-35 %)	4220±35 <sup>c</sup> (-46 %)	16,1±0,2 <sup>c</sup> (-33 %)	4,72±0,09 <sup>c</sup> (-54 %)	20,8±0,3 <sup>c</sup> (-39 %)
<b>Rýže s červenými vrstvami (Kambodža)</b>	3520±67 <sup>a</sup>	1610±29 <sup>a</sup>	5130±52 <sup>a</sup>	14,3±0,2 <sup>a</sup>	7,01±0,09 <sup>a</sup>	21,3±0,2 <sup>a</sup>
Po roce	3340±42 <sup>b</sup> (-5 %)	1440±25 <sup>b</sup> (-10 %)	4780±53 <sup>b</sup> (-7 %)	12,8±0,2 <sup>b</sup> (-10 %)	6,61±0,10 <sup>b</sup> (-6 %)	19,4±0,2 <sup>b</sup> (-9 %)
Po 2. letech	1090±24 <sup>c</sup> (-69 %)	473±18 <sup>c</sup> (-71 %)	1560±26 <sup>c</sup> (-70 %)	7,11±0,09 <sup>c</sup> (-50 %)	6,32±0,09 <sup>c</sup> (-10 %)	13,4±0,2 <sup>c</sup> (-37 %)
<b>Hnědé zrno teffu (Bolívie)</b>	1540±17 <sup>a</sup>	522±14 <sup>a</sup>	2060±16 <sup>a</sup>	4,11±0,09 <sup>a</sup>	1,02±0,08 <sup>a</sup>	5,13±0,09 <sup>a</sup>
Po roce	1390±12 <sup>b</sup> (-10 %)	472±12 <sup>b</sup> (-10 %)	1860±14 <sup>b</sup> (-10 %)	3,91±0,10 <sup>b</sup> (-5 %)	0,81±0,09 <sup>b</sup> (-21 %)	4,72±0,10 <sup>b</sup> (-8 %)
Po 2. letech	781±13 <sup>c</sup> (-49 %)	404±10 <sup>c</sup> (-23 %)	1190±12 <sup>c</sup> (-42 %)	3,82±0,09 <sup>b</sup> (-7 %)	0,63±0,10 <sup>c</sup> (-38 %)	4,45±0,09 <sup>c</sup> (-13 %)
<b>Bílé zrno teffu (USA)</b>	992±12 <sup>a</sup>	564±15 <sup>a</sup>	1560±13 <sup>a</sup>	1,92±0,10 <sup>a</sup>	1,31±0,09 <sup>a</sup>	3,23±0,09 <sup>a</sup>
Po roce	904±11 <sup>b</sup> (-9 %)	514±16 <sup>b</sup> (-9 %)	1420±12 <sup>b</sup> (-9 %)	1,71±0,08 <sup>b</sup> (-11 %)	0,92±0,08 <sup>b</sup> (-30 %)	2,63±0,09 <sup>b</sup> (-19 %)
Po 2. letech	469±15 <sup>c</sup> (-53 %)	651±18 <sup>c</sup> (+16 %)	1120±11 <sup>c</sup> (-28 %)	1,53±0,09 <sup>c</sup> (-20 %)	0,53±0,10 <sup>c</sup> (-59 %)	2,06±0,09 <sup>c</sup> (-36 %)

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 5. Hodnoty v rámci sloupce s alespoň jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). Statistika byla provedena vždy pro jednotlivý vzorek.

#### 4.7.2 Výsledky stanovení polyfenolického profilu v rámci skladování

Polyfenolický profil volných a vázaných frakcí zrn teffu lze vidět v Tabulkách 14 a 15. Po roce a druhém roce skladování se ukázalo, že ve volných frakcích zrn tmavých zrn teffu došlo k nejvyššímu snížení celkových flavonoidů (až o 23 a 50 %), zatímco u bílých zrn byl zaznamenán pokles o 17 a 44 %. Pokud jde o polyfenolické kyseliny, byly naměřeny vyšší koncentrace kyselin *p*-kumarové, ferulové, protokatechinové v hnědých syrových zrnech, ale v rámci skladování došlo k jejich významné ztrátě. Nejvyšší snížení celkových polyfenolických kyselin (až o 56 %) bylo naměřeno u vzorku hnědého teffu po dvou letech skladování. U vázaných frakcí došlo k nejnižšímu poklesu obsahu flavonoidů a u bílého zrna teffu, a to o 29 a 47 % v prvním a po druhém roce skladování. Pokud jde o polyfenolické kyseliny, tak k nejnižší ztrátě došlo po roce skladování zrn, a to o 17 %. Nejvyšší snížení celkového množství vázaných polyfenolů bylo zaznamenáno u vzorku hnědého teffu po dvou letech skladování, konkrétně z 321 na 127 mg.kg<sup>-1</sup>, (tj. o 60 %). Shinwari et al. (2018) ve své studii uvedl, že celkový obsah polyfenolů se snižuje během skladování (u džemů vlivem měnící se teploty).

Tabulka 14: Výsledky stanovení polyfenolického profilu ve volných frakcích teffu v rámci skladování s odpovídajícím procentuálním vyjádřením.

(mg.kg <sup>-1</sup> )	Hnědé zrna teffu (Bolívie)			Bílé zrna teffu (USA)		
		Po roce	Po 2. letech		Po roce	Po 2. letech
<b>Flavonoidy a stilben</b>						
Epigallokatechin	15,5±0,4 <sup>a</sup>	12,6±0,2 <sup>b</sup>	8,71±0,19 <sup>c</sup>	13,5±0,2 <sup>A</sup>	10,2±0,2 <sup>B</sup>	6,41±0,09 <sup>C</sup>
Katechin	3,42±0,09 <sup>a</sup>	1,62±0,09 <sup>b</sup>	0,91±0,05 <sup>c</sup>	2,71±0,12 <sup>A</sup>	1,32±0,09 <sup>B</sup>	0,82±0,05 <sup>C</sup>
Epikatechin	8,02±0,19 <sup>a</sup>	4,61±0,19 <sup>b</sup>	1,83±0,09 <sup>c</sup>	2,12±0,09 <sup>A</sup>	1,43±0,18 <sup>B</sup>	0,73±0,04 <sup>C</sup>
Rutin	28,7±0,7 <sup>a</sup>	24,9±0,5 <sup>b</sup>	18,6±0,2 <sup>c</sup>	189±2 <sup>A</sup>	159±1 <sup>B</sup>	109±1 <sup>C</sup>
Kvercetin	1,31±0,09 <sup>a</sup>	0,82±0,08 <sup>b</sup>	ND	3,52±0,17 <sup>A</sup>	2,63±0,09 <sup>B</sup>	1,42±0,09 <sup>C</sup>
Kaempferol	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resveratrol	4,13±0,2 <sup>a</sup>	2,42±0,09 <sup>b</sup>	0,52±0,05 <sup>c</sup>	1,32±0,09 <sup>A</sup>	0,72±0,05 <sup>B</sup>	0,33±0,01 <sup>C</sup>
<b>Celkem</b>	61,1 ± 0,6 <sup>a</sup>	46,9±0,5 <sup>b</sup> (-23 %)	30,6±0,2 <sup>c</sup> (-50 %)	212±2 <sup>A</sup>	175±1 <sup>B</sup> (-17 %)	119±1 <sup>C</sup> (-44 %)
<b>Polyfenolické kyseliny</b>						
Chlorogenová	1,62±0,19 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
Gallová	25,6±0,4 <sup>a</sup>	19,4±0,2 <sup>b</sup>	11,6±0,2 <sup>c</sup>	26,1±0,3 <sup>A</sup>	15,2±0,2 <sup>B</sup>	7,92±0,19 <sup>C</sup>
Protocatechinová	208±2 <sup>a</sup>	157±1 <sup>b</sup>	121±1 <sup>c</sup>	16,5±0,2 <sup>A</sup>	13,4±0,2 <sup>B</sup>	9,12±0,09 <sup>C</sup>
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,12±0,09 <sup>a</sup>	0,92±0,08 <sup>b</sup>	0,32±0,05 <sup>c</sup>	2,71±0,09 <sup>A</sup>	2,01±0,09 <sup>B</sup>	1,63±0,06 <sup>C</sup>
Vanilová	4,03±0,09 <sup>a</sup>	1,93±0,09 <sup>b</sup>	0,82±0,06 <sup>c</sup>	3,33±0,09 <sup>A</sup>	1,43±0,12 <sup>B</sup>	0,91±0,06 <sup>C</sup>
Kávová	0,53±0,05 <sup>a</sup>	0,33±0,03 <sup>b</sup>	0,11±0,01 <sup>c</sup>	ND	ND	ND
Syringová	4,41±0,09 <sup>a</sup>	3,12±0,09 <sup>b</sup>	1,34±0,09 <sup>c</sup>	3,47±0,09 <sup>A</sup>	2,31±0,09 <sup>B</sup>	1,72±0,09 <sup>C</sup>
<i>p</i> -Kumarová	244±2 <sup>a</sup>	182±1 <sup>b</sup>	116±1 <sup>c</sup>	14,8±0,2 <sup>A</sup>	10,6±0,2 <sup>B</sup>	8,13±0,09 <sup>C</sup>
Ferulová	154±1 <sup>a</sup>	71,1±1,4 <sup>b</sup>	38,1±1,0 <sup>c</sup>	42,5±1,5 <sup>A</sup>	31,6±1,0 <sup>B</sup>	19,3±0,3 <sup>C</sup>
Sinapová	6,33±0,09 <sup>a</sup>	4,83±0,09 <sup>b</sup>	2,03±0,09 <sup>c</sup>	6,0±0,1 <sup>A</sup>	5,44±0,09 <sup>B</sup>	3,14±0,09 <sup>C</sup>
Ellagová	15,7±0,3 <sup>a</sup>	11,5±0,2 <sup>b</sup>	6,54±0,19 <sup>c</sup>	195±2 <sup>A</sup>	115±1 <sup>B</sup>	91,4±1,1 <sup>C</sup>
<i>o</i> -Kumarová	25,2±0,5 <sup>a</sup>	15,9±0,3 <sup>b</sup>	4,93±0,09 <sup>c</sup>	5,91±0,09 <sup>A</sup>	3,73±0,09 <sup>B</sup>	1,92±0,09 <sup>C</sup>
Étylester protokatechinové k.	0,61±0,04 <sup>a</sup>	0,42±0,04 <sup>b</sup>	0,12±0,01 <sup>c</sup>	0,31±0,01 <sup>A</sup>	0,12±0,01 <sup>B</sup>	0,11±0,01 <sup>B</sup>
Skořicová	ND	ND	ND	1,22±0,09 <sup>A</sup>	0,63±0,09 <sup>B</sup>	0,23±0,01 <sup>C</sup>
<b>Celkové polyfenolické k.</b>	691±2 <sup>a</sup>	469±2 <sup>b</sup> (-32 %)	303±1 <sup>c</sup> (-56 %)	318±2 <sup>A</sup>	202±1 <sup>B</sup> (-36 %)	146±1 <sup>C</sup> (-54 %)
<b>Celkové volné polyfenoly</b>	752±2 <sup>a</sup>	516±2 <sup>b</sup> (-31 %)	334±1 <sup>c</sup> (-56 %)	530±2 <sup>A</sup>	377±1 <sup>B</sup> (-29 %)	265±1 <sup>C</sup> (-50 %)

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 5. Hodnoty v rámci řádku s alespoň jedním identickým malým horním indexem a velkým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). ND – není detekováno, LOD – chlorogenová, kávová a skořicová 0,01 mg.kg<sup>-1</sup>, kvercetin a kaempferol 0,05 mg.kg<sup>-1</sup>.



Tabulka 15: Výsledky stanovení polyfenolického profilu ve vázaných frakcích teffu v rámci skladování s odpovídajícím procentuálním vyjádřením.

(mg.kg <sup>-1</sup> )	Hnědé zrno teffu (Bolívie)			Bílé zrno teffu (USA)		
		Po roce	Po 2. letech		Po roce	Po 2. letech
<b>Flavonoidy a stilben</b>						
Epigallokatechin	9,71±0,19 <sup>a</sup>	7,82±0,19 <sup>b</sup>	3,22±0,10 <sup>c</sup>	12,5±0,3 <sup>A</sup>	9,91±0,09 <sup>B</sup>	6,12±0,20 <sup>C</sup>
Katechin	25,4±0,5 <sup>a</sup>	14,9±0,2 <sup>b</sup>	8,93±0,25 <sup>c</sup>	41,7±1,2 <sup>A</sup>	30,9±1,0 <sup>B</sup>	25,7±0,9 <sup>C</sup>
Epikatechin	0,72±0,05 <sup>a</sup>	0,42±0,04 <sup>b</sup>	0,12±0,01 <sup>c</sup>	0,22±0,01 <sup>A</sup>	0,12±0,01 <sup>A</sup>	ND
Rutin	1,43±0,09 <sup>a</sup>	0,82±0,04 <sup>b</sup>	0,33±0,02 <sup>c</sup>	22,9±0,6 <sup>A</sup>	11,6±0,2 <sup>B</sup>	8,42±0,30 <sup>C</sup>
Kvercetin	30,8±1,2	10,2±0,2 <sup>b</sup>	5,94±0,09 <sup>c</sup>	27,6±0,8 <sup>A</sup>	21,6±0,5 <sup>B</sup>	15,8±0,4 <sup>C</sup>
Kaempferol	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resveratrol	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Celkem</b>	68,1±1,1 <sup>a</sup>	34,2±0,2 <sup>b</sup> (-50 %)	18,5±0,2 <sup>c</sup> (-73 %)	105±1 <sup>A</sup>	74,1±1,0 <sup>B</sup> (-29 %)	56,1±0,5 <sup>C</sup> (-47 %)
<b>Polyfenolické kyseliny</b>						
Chlorogenová	0,23±0,02 <sup>a</sup>	ND	ND	0,51±0,05 <sup>A</sup>	ND	ND
Gallová	16,4±0,4 <sup>a</sup>	8,12±0,19 <sup>b</sup>	3,22±0,12 <sup>c</sup>	8,83±0,19 <sup>A</sup>	5,61±0,19 <sup>B</sup>	1,62±0,11 <sup>C</sup>
Protocatechinová	4,31±0,10 <sup>a</sup>	2,53±0,10 <sup>b</sup>	1,21±0,09 <sup>c</sup>	3,84±0,10 <sup>A</sup>	2,92±0,10 <sup>B</sup>	1,53±0,09 <sup>C</sup>
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	0,33±0,02 <sup>a</sup>	0,21±0,01 <sup>b</sup>	ND	0,31±0,01 <sup>A</sup>	0,23±0,02 <sup>A</sup>	ND
Vanilová	8,12±0,19 <sup>a</sup>	4,74±0,09 <sup>b</sup>	2,24±0,11 <sup>c</sup>	4,83±0,09 <sup>A</sup>	3,64±0,09 <sup>B</sup>	2,16±0,10 <sup>C</sup>
Kávová	2,35±0,07 <sup>a</sup>	1,53±0,05 <sup>b</sup>	0,41±0,03 <sup>c</sup>	4,41±0,09 <sup>A</sup>	3,71±0,09 <sup>B</sup>	1,83±0,12 <sup>C</sup>
Syringová	2,02±0,06 <sup>a</sup>	1,82±0,08 <sup>b</sup>	0,92±0,05 <sup>c</sup>	1,23±0,07 <sup>A</sup>	0,86±0,06 <sup>B</sup>	0,33±0,02 <sup>C</sup>
<i>p</i> -Kumarová	ND	ND	ND	0,61±0,05 <sup>A</sup>	0,42±0,05 <sup>B</sup>	0,12±0,01 <sup>C</sup>
Ferulová	207±2 <sup>a</sup>	181±2 <sup>b</sup>	95,4±1,6 <sup>c</sup>	92,4±1,7 <sup>A</sup>	81,1±1,5 <sup>B</sup>	49,3±1,1 <sup>C</sup>
Sinapová	4,71±0,15 <sup>a</sup>	3,42±0,14 <sup>b</sup>	2,03±0,08 <sup>c</sup>	25,7±0,3 <sup>A</sup>	19,9±0,3 <sup>B</sup>	11,5±0,2 <sup>C</sup>
Ellagová	4,63±0,14 <sup>a</sup>	3,16±0,12 <sup>b</sup>	1,24±0,07 <sup>c</sup>	21,0±0,2 <sup>A</sup>	17,3±0,2 <sup>B</sup>	12,4±0,2 <sup>C</sup>
<i>o</i> -Kumarová	ND	ND	ND	0,12±0,01 <sup>A</sup>	ND	ND
Etylester protokatechinové k.	0,81±0,06 <sup>a</sup>	0,52±0,05 <sup>b</sup>	0,15±0,01 <sup>c</sup>	0,21±0,01 <sup>A</sup>	0,13±0,01 <sup>A</sup>	ND
Skořicová	2,53±0,09	1,61±0,09 <sup>b</sup>	0,63±0,07 <sup>c</sup>	3,81±0,09 <sup>A</sup>	2,11±0,09 <sup>B</sup>	1,47±0,09 <sup>C</sup>
<b>Celkové polyfenolické k.</b>	253±2 <sup>a</sup>	209±2 <sup>b</sup> (-17 %)	108±2 <sup>c</sup> (-57 %)	168±2 <sup>A</sup>	138±1 <sup>B</sup> (-18 %)	82,3±1,0 <sup>C</sup> (-51 %)
<b>Celkové vázané polyfenoly</b>	321±2 <sup>a</sup>	243±1 <sup>b</sup> (-24 %)	127±1 <sup>c</sup> (-60 %)	273±2 <sup>A</sup>	212±2 <sup>B</sup> (-22 %)	138±1 <sup>C</sup> (-49 %)

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n = 5. Hodnoty v rámci řádku s alespoň jedním identickým malým horním indexem a velkým horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ), zatímco hodnoty s různými horními indexy ukazují statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ). ND – není detekováno, LOD – chlorogená, *p*-hydroxybenzoová, *p*-kumarová, *o*-kumarová a etylester protokatechinové kyseliny 0,01 mg.kg<sup>-1</sup>, kaempferol a resveratrol 0,05 mg.kg<sup>-1</sup>

## 5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A VÝZKUM

V této práci je věnována pozornost jednotlivým jakostním znakům surovin či potravin z oblasti cereálních technologií jako jsou vlhkost, obsah popele, obsah hrubé bílkoviny, celkových lipidů a škrobu, obsah hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny, *in vitro* stravitelnost, obsah celkových polyfenolů (s rozdělením na volnou a vázanou frakci) s jejich následnou identifikací a kvantifikací jednotlivých polyfenolů, dále na obsah vitaminů B a vitamínu E a obsah minerálních prvků. Jako důležitý kvalitativní ukazatel byla stanovována i hodnota antioxidační aktivity. Zaměříme-li se na tyto parametry v rámci zpracování a využití v oblasti cereální technologie, můžeme uvažovat o zakomponování netradičních obilovin vykazujících vyšší obsah hrubé bílkoviny, vlákniny, nižší obsah škrobu a vyšší obsah biologicky aktivních látek do konečných výrobků.

Z předložené dizertační práce vyplývají tyto přínosy:

- a) Byla provedena aplikace metod pro stanovení jednotlivých jakostních znaků jmenovaných výše. V rámci stanovení biologicky aktivních látek byla zavedena extrakce volných a vázaných polyfenolů z obilných zrn. Tyto extrakty byly využity pro spektrofotometrické stanovení celkových polyfenolů a antioxidační aktivity a pro profil polyfenolických látek měřený pomocí HPLC. Byly nastaveny chromatografické podmínky pro separaci a kvantifikaci volných a vázaných frakcí polyfenolických látek. Pro izolaci a stanovení vitaminů B a vitamínu E byly rovněž zavedeny extrakční postupy a nastaveny chromatografické podmínky pro jejich separaci a kvantifikaci. Dále byly nastaveny podmínky pro mikrovlnný rozklad obilných zrn s následnou kvantifikací jednotlivých minerálních prvků pomocí ICP-MS.
- b) Na základě získaných dat jakostních parametrů byly pro navazující vědecké práce vyselektovány netradiční druhy obilovin, ze kterých byly na pracovišti UACHP vyrobeny vločky procesem hydrotermálního ošetření. V prvotní fázi se jedná např. o rýži s černými a červenými obalovými vrstvami, pšenice s červenými obalovými vrstvami a teff. Tento výstup lze podpořit publikací článků v impaktovaných časopisech Food Chemistry a LWT – Food Science and Technology (Sumczynski et al., 2018a; Sumczynski et al., 2018b). Nyní se studiu této problematiky věnují další dvě dizertační práce řešené na pracovišti UACHP, kde se nejen analyzují jakostní znaky netradičních vloček, ale vyrábějí se netradiční müsli směsi a trvanlivé pečivo. Vývoj těchto nových výrobků lze podpořit i udělenými patenty či užitnými vzory (Patentový spis CZ306520B6, 2017 a Užitný vzor CZ33013U1, 2019).
- c) Analytické metody jsou využívány na pracovištích FT, UTB ve Zlíně i pro odlišné typy matic vzorků. Díky těmto metodám a také naměřeným jakostním parametrům u netradičních obilovin dochází ke spolupráci našeho pracoviště s potravinářskými podniky:

- Spolupráce s firmou Vest spol. s r.o. – zakomponování červené pšenice a teffu do výroby trvanlivého pečiva.
- Spolupráce s potravinářskými podniky v Německu (konkrétně Bäckerhouse Veit, GmbH, Bempflingen, Německo), kde vyrábí vločky, chléb a běžného pečivo z netradičních obilovin (pšenice Dickkopf a Richard).

d) Na základě výsledků jednotlivých stanovení vyplývá, že tyto netradiční obiloviny mají vyšší obsah bílkovin a vlákniny, nižší obsah škrobu, a hlavně vyšší obsah biologicky aktivních látek. Toto by mohlo více přispět k uspokojení potřeb nynějších spotřebitelů a k rozšíření nabídky surovinové skladby cereálních výrobků, např. výroba celozrných mouk (vysokovymletých), výroba pečiva, použití jako posypový materiál na trvanlivé pečivo nebo i přímo do těsta, výroba müsli tyčinek, vloček, cereálních kaší a také využití samotných zrn pro extruzní technologii či pufování.

## 6. ZÁVĚR

Dizertační práce se zabývá stanovením vybraných nutričních a biologicky aktivních látek v syrových a technologicky upravených zrnech netradičních obilovin. Vzorčky obilovin byly podrobeny vybraným stanovením jakostních parametrů, jako jsou např. stanovení obsahu vlhkosti (sušiny), lipidů, hrubé bílkoviny, škrobu a vlákniny. Dále byla stanovena *in vitro* stravitelnost za využití pepsinu a pankreatinu. V rámci stanovení byl detekován obsah celkových polyfenolů, obsah vybraných polyfenolických látek, antioxidační aktivita, obsah vitaminů skupiny B, vitaminu E a bylo provedeno stanovení prvkového složení. Dále jsou v práci prezentovány výsledky hydrotermálního ošetření a skladovacího pokusu, kde byly sledovány vybrané jakostní parametry jako profil polyfenolických látek, antioxidační aktivita apod.

V současné době jsou bezpochyby nejběžněji používána bílá rýžová zrna. Mají však nižší nutriční hodnotu v porovnání s ostatními bezlepkovými obilovinami (např. pohanka, kukuřice, teff). Tato práce ukazuje, že komerčně dostupné rýže s černými a červenými obalovými vrstvami, by mohly být cennou složkou pro výrobky z obilovin se záměrem zvýšit jejich nutriční hodnotu. Dále tato práce ukazuje, že zvláště hnědé zrno teffu, bohaté na obsah bílkovin, vlákniny a biologicky aktivních látek, by mohlo být cennou surovinou pro výrobky s vyšší nutriční hodnotou. Nejen z tohoto důvodu je zájem o pěstování této plodiny už i v Evropě. Divoká rýže může poskytovat významný zdroj vitaminů, a to v následujícím pořadí: pyridoxin, kyseliny pantothenová a listová, niacin a tiamin, tato zrna jsou i bohatá na Mg, Mn, P, Zn, Cu, Mo a Fe. Zrna divoké rýže mohou být opět doporučena jako nová surovinová složka potravin. Její výhodou zajisté bude i to, že neobsahuje lepek. Dále tato práce poskytla údaje o minerálních prvcích v bílých a hnědých zrnech teffu, včetně těch toxických.

Z dosažených výsledků lze závěrem shrnout, že netradiční obiloviny se vyznačují nižším obsahem škrobu, ale vyšším podílem hrubé bílkoviny, vlákniny, vitaminů, minerálních prvků a polyfenolů. Z toho plyne doporučení pro oblasti „cereálních technologií“, že tyto obiloviny by mohly být vhodné na výrobu např. vloček (vyrobené procesem hydrotermálního ošetření s následným rozválcováním nebo extruie), jejich použití jako posypový materiál na trvanlivé pečivo nebo přímo do těsta, či müsli tyčinek a také využití samotných zrn pro extruzní technologii či pufování.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABEBE, Y., BOGALE, A., HAMBIDGE, K. M., STOECKER, B. J., BAILEY, K., GIBSON, R. S. Phytate, zinc, iron and calcium content of selected raw and prepared foods consumed in rural Sidama, Southern Ethiopia, and implication for bioavailability. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2007, vol. 20, iss. 3-4, s. 161–168. ISSN 0889-1575.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.09.003>.

ABEBE, W., RONDA, F. Rheological and textural properties of tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] grain flour gels. *Journal of Cereal Science* [online]. 2014, vol. 60, iss. 1, s. 122–130. ISSN 0733-5210.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.02.001>.

ACOSTA-ESTRADA, B. A., GUTIÉRREZ-URIBE, J. A., SERNA-SALDÍVAR, S. O. Bound phenolics in foods, a review. *Food Chemistry* [online]. 2014, vol. 152, s. 46–55. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.093>.

ALAUNYTE, I., STOJCESKA, V., PLUNKETT, A., AINSWORTH, P., DERBYSHIRE, E. Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. *Journal of Cereal Science* [online]. 2012, vol. 55, iss. 1, s. 22–30. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.005>.

ARENDDT, E. K., ZANNINI, E. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. No. 248. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, Ltd. 2013. ISSN 978-0-2042-8057. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=j\\_9DAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Cereal+grains+for+the+food+and+beverage+industries&ots=m2mmx68UXL&sig=IYB9qTVqcWnvF5VY6\\_8A4oxZPbI&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Cereal%20grains%20for%20the%20food%20and%20beverage%20industries&f=false](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=j_9DAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Cereal+grains+for+the+food+and+beverage+industries&ots=m2mmx68UXL&sig=IYB9qTVqcWnvF5VY6_8A4oxZPbI&redir_esc=y#v=onepage&q=Cereal%20grains%20for%20the%20food%20and%20beverage%20industries&f=false).

BATIFOULIER, F., VERNY, M. A., CHANLIAUD, E., RÉMÉSY, C., DEMIGNÉ, C. Variability of B vitamin concentrations in wheat grain, milling fractions and bread products. *European Journal of Agronomy* [online]. 2006, vol. 25, iss. 2, s. 163–169. ISSN 1161-0301.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.04.009>.

BUŇKA, F., KŘÍŽ, O., HRABĚ, J., Program pro statistické vyhodnocování dat *Stadvyd*, verze 2.0 beta.

BUREŠOVÁ, I., LORENCOVÁ, E. *Výroba potravin rostlinného původu, Zpracování obilovin*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-278-7.

CARBONELL-CAPELLA, J. M., BUNIEWSKA, M., BARBA, F. J., ESTEVE, M. J., FRÍGOLA, A. Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2014, vol. 13, iss. 2, s. 155–171. ISSN 1541-4337.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12049>.

CHATTHONGPISUT, R., SCHWARTZ, S. J., YONGSAWATDIGUL, J. Antioxidant activities and antiproliferative activity of Thai purple rice cooked by various methods on human colon cancer cells. *Food Chemistry*, 2015, vol. 188, s. 99–105. ISSN 0308-8146.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.074>.

CICCO, N., LANORTE, M. T., PARAGGIO, M., VIGGIANO, M., LATTANZIO, V. A reproducible, rapid and inexpensive Folin–Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal* [online]. 2009, vo. 91, iss. 1, s. 107–110. ISSN 0026-265x.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.08.011>.

CIULU, M., SOLINAS, S., FLORIS, I., PANZANELLI, A., PILO, M. I., PIU, P. C., SPANO, N., SANNA, G. RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta* [online]. 2011, vol. 83, iss. 3, s. 924–929 ISSN 0039-9140. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.10.059>.

ČSN ISO 5479. *Statistická interpretace údajů – Testy odchýlení od normálního rozdělení*. Praha: Český normalizační institut, 1998. Třídící znak (01 0239).

ČSN EN ISO 712. *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti - Referenční metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Třídící znak (461014).

ČSN ISO 2171. *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich – Stanovení obsahu popela spalováním*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008. Třídící znak (461019).

ČSN EN ISO 20483. *Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíku a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Třídící znak (461401).

DEMIRBAS, A.,  $\beta$ -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey. *Food Chemistry* [online]. 2005, vol. 90, iss. 4, s. 773–777. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.003>.

DENG, G. F., XU, X. R., GUO, Y. J., XIA, E. Q., LI, S., WU, S., CHEN, F., LING, W. H., LI, H. B. Determination of antioxidant property and their lipophilic and hydrophilic phenolic contents in cereal grains. *Journal of Functional Foods* [online]. 2012, vol. 4, iss. 4, s. 906–914. ISSN 1756-4646.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.06.008>.

DOS REIS, L. C. R., DE OLIVEIRA, V. R., HAGEN, M. E. K., JABLONSKI, A., FLÔRES, S. H., DE OLIVEIRA RIOS, A. Effect of cooking on the concentration of bioactive compounds in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Avenger*) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Alphina F1*) grown in an organic system. *Food Chemistry* [online]. 2015, vol. 172, s. 770–777. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.124>.

DYKES, L., ROONEY, L.W. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science* [online]. 2006, vol. 44, iss. 3, s. 236–251. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.06.007>.

- FERRI, M., GIANOTTI, A., TASSONI, A. Optimisation of assay conditions for the determination of antioxidant capacity and polyphenols in cereal food components. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2013, vol. 30, iss. 2, s. 94–101. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.004>.
- FINOCCHIARO, F., FERRARI, B., GIANINETTI, A. A study of biodiversity of flavonoid content in the rice caryopsis evidencing simultaneous accumulation of anthocyanins and proanthocyanidins in a black-grained genotype. *Journal of Cereal Science* [online]. 2010, vol. 51, iss. 1, s. 28–34. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.09.003>.
- FORSIDO, S. F., RUPASINGHE, H. P. V., ASTATKIE, T. Antioxidant capacity, total phenolics and nutritional content in selected ethiopian staple food ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* [online]. 2013, vol. 64, iss. 8, s. 915–920. ISSN 0963-7486. Dostupné z: <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.806448>.
- FRANCIS, F. J. *Encyclopedia of food science and technology*. 2nd ed. /. New York: Wiley, 2000. ISBN 9780471192855.
- HAGER, A. S., WOLTER, A., JACOB, F., ZANNINI, E., ARENDT, E. K. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science* [online]. 2012, vol. 56, iss. 2, s. 239–247. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.005>.
- HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I., *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-520-6.
- ISO 10520 (1997). Native starch. Determination of starch content. Ewers polarimetric method. Geneva: International Organization for Standardization. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.060>.
- ITANI, T., OGAWA, M. History and recent trends of red rice in Japan. *Japanese Journal of Crop Science* [online]. 2004, vol. 73, iss. 2, s. 137–147. ISSN 0011-1848. Dostupné z: <https://doi.org/10.1626/jcs.73.137>.
- KABATA-PENDIAS, A. *Trace Elements in Soils and Plants*, 4th ed.; CRC Press Taylor & Francis Group: New York, NY, USA, 2011; pp. 1–153. ISBN 978-1-4200-9368-1.
- KHAN, A., KHAN, M. I., IQBAL, Z., SHAN, Y., AHMAD, L., WATSON, D. G. An optimized and validated RP-HPLC/UV detection method for simultaneous determination of all-trans-Retinol (Vitamin A) and  $\alpha$ -Tocopherol (Vitamin E) in human serum: Comparison of different particulate reversed-phase HPLC columns. *Journal of Chromatography B* [online]. 2010, vol. 878, iss. 25, s. 2339–2347. ISSN 1570-0232. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2010.07.009>.
- KOTÁSKOVÁ, E., SUMCZYNSKI, D., MLČEK, J., VALÁŠEK, P. Determination of free and bound phenolic using HPLC-DAD, antioxidant activity and in vitro digestibility of *Eragrostis tef*. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2016, vol. 46, s. 15–21. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.11.001>.

KOUBOVÁ, E., MRÁZKOVÁ, M., SUMCZYNSKI, D., ORSAVOVÁ, J. *In vitro* digestibility, free and bound phenolic profiles and antioxidant activity of thermally treated *Eragrostis tef* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2018a, vol. 98, iss. 8, s. 3014 – 3021. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8800>.

KOUBOVÁ, E., SUMCZYNSKI, D., ŠENKÁROVÁ, L., ORSAVOVÁ, J., FIŠERA, M. Dietary intakes of minerals, essential and toxic trace elements for adults from *Eragrostis tef* L.: A Nutritional assessment. *Nutrients*[online]. 2018b, vol. 10, iss. 4, s. 479. eISSN 2072-6643.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu10040479>.

KUČEROVÁ, Jindřiška. *Technologie cereálií*. 2. vyd. Brno: Mendelova univerzita, 2016. ISBN 978-80-7509-442-1.

LACEY, T., LIEWEKKYN. C. *Eragrostis Tef as a specialised niche crop*, Government of Western Australia, Department of Agriculture Farmnote, 42, 2005. Dostupné z: [http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture-plantes-alimentaires/FICHES\\_PLANTES/teff/Eragrostis%20Teff%20as%20a%20specialised%20niche%20crop.pdf](http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture-plantes-alimentaires/FICHES_PLANTES/teff/Eragrostis%20Teff%20as%20a%20specialised%20niche%20crop.pdf).

LEBIEDZIŃSKA, A., SZEFER, P. Vitamins B in grain and cereal-grain food, soy-products and seeds. *Food Chemistry* [online]. 2006, vol. 95, iss. 1, s. 116–122. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.024>.

LI, W., PICKARD, M. D., BETA, T. Effect of thermal processing on antioxidant properties of purple wheat bran. *Food Chemistry* [online]. 2007, vol. 104, iss. 3, s. 1080–1086. ISSN 0308-8146.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.024>.

Manuál ANKOM220 Fiber Analyser.

MAREŠOVÁ, PAVLÍNA. *Stanovení flavonoidů v obilovinách spektrofotometricky*. Zlín, 2013. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav analýzy a chemie potravin. Vedoucí práce: Ing. Daniela Sumczynsku, Ph.D. Dostupné z: <http://digilib.k.utb.cz/handle/10563/23972>.

MCDONOUGH, C.M. and ROONEY, L.W. *The millets*. In: Kulp, K., Ponte, Jr., J.G. (Eds.), *Handbook of Cereal Science and Technology*. Marcel Dekker Inc., New York 2000, pp. 177–201. ISBN 0-8247-8294-1.

MEDEIROS, R. J., DOS SANTOS, L. M. G., FREIRE, A. S., SANTELLI, R. E., BRAGA, A. M. C. B., KRAUSS, T. M., JACOB, S. C. Determination of inorganic trace elements in edible marine fish from Rio de Janeiro State, Brazil. *Food Control* [online]. 2012, vol. 23, iss. 2, s. 535–541. ISSN 0956-7135.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.08.027>.

MILLOUR, S. et al. Pb, Hg, Cd, As, Sb and Al levels in foodstuffs from the 2nd French total diet study. *Food Chemistry* [online]. 2011, vol. 126, iss. 4, s. 1787–1799. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.086>.



MILLOUR, S., NOËL, L., KADAR, A., CHEKRI, R., VASTEL, CH., SIROT, V., LEBLANC, J. CH., GUÉRIN, T. Strontium, silver, tin, iron, tellurium, gallium, germanium, barium and vanadium levels in foodstuffs from the Second French Total Diet Study. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2012, vol. 25, iss. 2, s. 108–129. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.10.004>.

MIN, B., GU, L., MCCLUNG, A. M., BERGMAN, CH. J., CHEN, M. H. 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, vol. 133, iss. 3, s. 715–722. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.079>.

MIN, B., MCCLUNG, A., CHEN, M. H. Effects of hydrothermal processes on antioxidants in brown, purple and red bran whole grain rice (*Oryza sativa* L.). *Food Chemistry* [online]. 2014, vol. 159, s. 106–115. ISSN 0308-8146.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.164>.

MIŠURCOVÁ, L., KRÁČMAR, S., KLEJDUS, B., VACEK, J. Nitrogen content, dietary fiber, and digestibility in algal food products. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2010, vol. 28, iss. 1, s. 27–35. ISSN 1212-1800. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/111/2009-CJFS>.

MLČEK, J., SUMCZYNSKI, D. Nutraceutická potravinářská směs. Česká Republika. Patentový spis, CZ 306520B6.

Dostupné z: <https://isdv.upv.cz/doc/FullFiles/Patents/FullDocuments/306/306520.pdf>.

MORGANO, M. A., RABONATO, L. C., MILANI, R. F., MIYAGUSKU, L., BALIAN, S. C. Assessment of trace elements in fishes of Japanese foods marketed in São Paulo (Brazil). *Food Control* [online]. 2011, vol. 22, iss. 5, s. 778–785. ISSN 0956-7135. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.11.016>.

NARDI, E. P., EVANGELISTA, F. S., TORMEN, L., SAINT PIERRE, T. D., CURTIUS, A. J., DE SOUZA, S. S., BARBOSA, F. The use of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and Essentials elements in different types of food samples. *Food Chemistry* [online]. 2009, vol. 112, iss.3, s. 727–732. ISSN 0308-8146.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.010>.

Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, v platném znění. Dostupné z: <https://openlaws.com/detail/b61d36b4-4f02-4383-b65f-d0438b9ddd96/en/SINGLE>

Nařízení Komise (ES) č. 629/2008, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Dostupné z: [https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Commission\\_Regulation\\_EC\\_No\\_629\\_2008.pdf](https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Commission_Regulation_EC_No_629_2008.pdf)

Nařízení Komise (ES) č. 420/2011, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Dostupné z: [https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Reg420\\_2011.pdf](https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Reg420_2011.pdf)

NĚMCOVÁ, L., ZIMA, J., BAREK, J., JANOVSÁ, D. Determination of resveratrol in grains, hulls and leaves of common and tartary buckwheat by HPLC with electrochemical detection at carbon paste electrode. *Food Chemistry* [online]. 2011, vol. 126, iss.1, s. 374–378. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.108>.

PEREIRA-CARO, G., WATANABE, S., CROZIER, A., FUJIMURA, T., YOKOTA, T., ASHIHARA, H. Phytochemical profile of Japanese black-purple rice. *Food Chemistry* [online]. 2013, vol. 141, iss. 3, s. 2821–2827. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.100>.

PLUCAROVÁ, Dana. *Možnosti uplatnění barevných pšeníc v potravinářství* [online]. Brno, 2015. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Luděk Hřivna. Dostupné z: [https://theses.cz/id/kcg1lu/zaverecna\\_prace.pdf](https://theses.cz/id/kcg1lu/zaverecna_prace.pdf).

PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M., SKŘIVAN, P. *Cereální chemie a technologie I. Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Praha: VŠCHT v Praze, 2006. ISBN 80-7080-530-7.

QIU, Y., LIU, Q., BETA, T. Antioxidant Activity of Commercial Wild Rice and Identification of Flavonoid Compounds in Active Fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2009, vol. 57, iss. 16, s. 7543–7551. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf901074b>.

QIU, Y., LIU, Q., BETA, T. Antioxidant properties of commercial wild rice and analysis of soluble and insoluble phenolic acids. *Food Chemistry* [online]. 2010, vol. 121, iss. 1, s. 140–147. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.021>.

RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved abts radiál cation decolorization assai. *Free Radical Biology & Medicine* [online]. 1999, vol. 26, iss. 9-10, s. 1231–1237. ISSN 0891-5849. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).

ŞENSOY, Í., ROSEN, R. T., HO, CH. T., KARWE, M. V. Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry* [online]. 2006, vol. 99, iss. 2, s. 388–393. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.007>.

SETYANINGSIH, W., SAPUTRO, I. E., PALMA, M., BARROSO, C. G. Optimisation and validation of the microwave-assisted extraction of phenolic compounds from rice grains. *Food Chemistry* [online]. 2015, vol. 169, s. 141–149. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.128>.

SHAHIDI, F., AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods* [online]. 2015, vol. 18, part B, s. 820–897. ISSN 1756-4646. Dostupné: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>.

SHAO, Y., XU, F., SUN, X., BAO, J., BETA, T. Phenolic acids, anthocyanins, and antioxidant capacity in rice (*Oryza sativa* L.) grains at four stages of development after flowering. *Food Chemistry* [online]. 2014b, vol. 143, 90–96. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.042>.

SHINWARI, K. J., RAO, P. S. Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2018, vol. 75, s. 181–193. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.002>.

SOMPONG, R., SIEBENHANDL-EHN, S., LINSBERGER-MARTIN, G., BERGHOFER, E. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry* [online]. 2011, vol. 124, iss. 1, s. 132–140. ISSN 0308-8146.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.115>.

STANISAVLJEVIĆ, N., JOVANOVIĆ, Ž., ČUPIĆ, T., LUKIĆ, J., MILJUŠ ĐUKIĆ, J., RADOVIĆ, S., MIKIĆ, A. Extractability of antioxidants from legume seed flour after cooking and *in vitro* gastrointestinal digestion in comparison with methanolic extraction of the unprocessed flour. *International Journal Food Science and Technology* [online]. 2013, vol. 48, iss. 10, s. 2096–2104. ISSN 1365-2621. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12191>.

StatSoft CR s.r.o. Ovládání a základy statistiky v softwaru STATISTICA, Praha, 2013.

SUBBA RAO, M. V. S. S. T., MURALIKRISHNA, G. Evaluation of the antioxidant properties of free and bound phenolic acids from native and malted finger millet (ragi, *Eleusine coracana* Indaf-15). *Journal of Agricultural Food Chemistry* [online]. 2002, vol. 50, iss. 4, s. 889–892. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf011210d>.

SUMCZYNSKI, D., KOUBOVÁ, E., ŠENKÁROVÁ, L., ORSAVOVÁ, J. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food Chemistry* [online]. 2018a, vol. 264, s. 386–392. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.061>.

SUMCZYNSKI, D., KOUBOVÁ, E., SNEYD, J., ERB-WEBER, S., ORSAVOVÁ, J. Preparation of non-traditional Dickkopf and Richard wheat flakes: Phenolic and vitamin profiles and antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2018b, vol. 90, s. 31–37. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.004>.

SUMCZYNSKI, D., ŠŤASTNÁ, K., BUREŠOVÁ, I., KOLÁČKOVÁ, T. *Směs na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přídatkem nutraceutických surovin*. Česká Republika. Užité vzor, CZ 33013U1.

Dostupné z:

<https://isdv.upv.cz/doc/FullFiles/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0033/uv033013.pdf>.

SURENDIRAN, G., ALSAIF, M., KAPOURCHALI, F. R., MOGHADASIAN, M. H. Nutritional constituents and health benefits of wild rice (*Zizania* spp.). *Nutrition Reviews* [online]. 2014, vol. 72, iss. 4, s. 227–236. ISSN 0029-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/nure.12101>.

TANANUWONG, K., TEWARUTH, W. Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2010, vol. 43, iss. 3, s. 476–481. ISSN 0023-6438.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.09.014>.

TANG, Y., CAI, W., XU, B. From rice bag to table: fate of phenolic chemical compositions and antioxidant activities in waxy and non-waxy black rice during home cooking. *Food Chemistry* [online]. 2016, vol. 191, s. 81–90. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.001>.

USDA. (2014). United States Department of Agricultural. National Nutrient Database for Standard Reference. Release 28. Nutrient Data Laboratory Home Page, Basic Report No. 20142; Accessed on October 2017.

VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-5-3.

Vyhláška Mze č. 333/1997 Sb., kterou se provádí §18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, v platném znění.

WALTER, M., MARCHESAN, E., MASSONI, P. F. S., DA SILVA, L. P., SARTORI, G. M. S., FERREIRA, R. B. Antioxidant properties of rice grains with light brown, red and black pericarp colors and the effect of processing. *Food Research International* [online]. 2013, vol. 50, iss. 2, s. 698–703. ISSN 0963-9969.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.09.002>.

WICKLUND, T., ØSTLIE, H., LOTHE, O., KNUTSEN, S. H., BRÄTHEN, E., KITA, A. Acrylamide in potatocrisp – The effect of raw material and processing. *LWT– Food Science and Technology* [online]. 2006, vol. 39, iss.5, s. 571–575. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.03.005>.

XU, B., CHANG, S. K. C. Total phenolics, phenolic acids, isoflavones, and anthocyanins and antioxidant properties of yellow and black soybeans as affected by thermal processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* [online]. 2008, vol. 56, iss. 16, s. 7165–7175. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf8012234>.

ZAUPA, M., CALANI, L., DEL RIO, D., BRIGHENTI, F., PELLEGRINI, N. Characterization of total antioxidant capacity and (poly)phenolic compounds of differently pigmented rice varieties and their changes during domestic cooking. *Food Chemistry* [online]. 2015, vol. 187, s. 338–347. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.055>.

ZENG, Z., LIU, CH., LUO, S., CHEN, J., GONG, E. The profile and bioaccessibility of phenolic compounds in cereal influenced by improved extrusion cooking treatment. *PLoS ONE* [online]. 2016, vol. 11, iss. 8. eISSN 1932-6203.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161086>.

ZHAO, M., LUO, Y., LI, Y., LIU, X., WU, J., LIAO, X., CHEN, F. The identification of degradation products and degradation pathway of malvidin-3-glucoside and malvidin-3,5-diglucoside under microwave treatment. *Food Chemistry* [online]. 2013, vol. 141, iss. 3, s. 3260–3267. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.147>.

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Obsah základních nutričních parametrů u vzorků netradičních obilovin.

Tabulka 2a: Obsah CF a NDF vlákniny a stanovení stravitelnosti u vzorků netradičních obilovin.

Tabulka 2b: Obsah CF a NDF vlákniny a stanovení stravitelnosti u vzorků netradičních obilovin.

Tabulka 3: Celkový obsah polyfenolů (TPC) u vzorků syrového zrna netradičních obilovin.

Tabulka 4: Stanovení antioxidační aktivity (AOA) metodami ABTS a DPPH u vzorků syrového zrna.

Tabulka 5: Výsledky stanovení volných a vázaných polyfenolických látek u vzorků syrového zrna teffu.

Tabulka 6: Výsledky stanovení obsahu vitaminů skupiny B a vitaminu E u vzorků netradičních obilovin.

Tabulka 7: Obsah vybraných minerálních a stopových prvků v zrně teffu.

Tabulka 8: Obsah vybraných minerálních a stopových prvků v zrně teffu.

Tabulka 9: Celkový obsah polyfenolů TPC a AOA syrových a hydrotermálně ošetřených zrn teffu.

Tabulka 10: Výsledky stanovení polyfenolického profilu volných frakcí hydrotermálně ošetřených zrn teffu s odpovídajícím procentuálním vyjádřením.

Tabulka 11: Výsledky stanovení polyfenolického profilu vázaných frakcí hydrotermálně ošetřených zrn teffu s odpovídajícím procentuálním vyjádřením.

Tabulka 12: Výsledky stanovení stravitelnosti po hydrotermálním ošetření zrn teffu.

Tabulka 13: Celkový obsah TPC a AOA u vybraných vzorků zrn v rámci skladování s příslušným procentuálním vyjádřením.

Tabulka 14: Výsledky stanovení polyfenolického profilu ve volných frakcích teffu v rámci skladování s odpovídajícím procentuálním vyjádřením.

Tabulka 15: Výsledky stanovení polyfenolického profilu ve vázaných frakcích teffu v rámci skladování s odpovídajícím procentuálním vyjádřením.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

**ABTS** – 2,2'-azinobis (3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonát)

**AOA** – antioxidační aktivita

**CF** – Crude Fiber (Hrubá vláknina)

**DAD** – Diode-Array Detector (Detektor diodového pole)

**DM** – Dry Matter (sušina)

**DMD** – Dry Matter Digestibility (Stravitelnost sušiny vzorku)

**DPPH** – (1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl) hydrazyl

**FDA** – Food and Drug Administration (Úřad pro potraviny a léčiva)

**GAE** – Gallic Acid Equivalent (Ekvivalent kyseliny gallové)

**HPLC** – High Performance Liquid Chromatography (Vysokoúčinná kapalinová chromatografie)

**ICP-MS** – Inductively Coupled Plasma Mass Spektrometry (Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem)

**NDF** – Neutral-Detergent Fiber (Neutrálně detergentní vláknina)

**OMD** – Organic Matter Digestibility (Stravitelnost organické hmoty vzorku)

**PET** – Polyethylentereftalát

**TE** – Trolox Equivalent (Ekvivalent troloxu)

**TPC** – Total Phenolic Content (Celkový obsah polyfenolů)

**USDA** – Food Nutrition Database (Databáze nutričních hodnot potravin pod správou Ministerstva zemědělství USA)

# PŘÍLOHA I

Denní příjem minerálních prvků ze zrn teffu.

	<b>Rozsah (mg/kg)</b>	<b>Denní příjem (mg/den)</b>	<b>RDA nebo AI* (F) (mg/den)</b>	<b>RDA nebo AI* (M) (mg/den)</b>	<b>RDA nebo AI* (F) (%)</b>	<b>RDA nebo AI* (M) (%)</b>
Mg	1760–2530	176–253	320	420	55–79	42–60
P	3740–4180	374–418	700	700	53–60	53–60
K	2750–4730	275–473	4700*	4700*	6–10*	6–10*
Ca	1650–2650	165–265	1000	1000	17–27	17–27
Na	124–185	12,4–18,5	1500*	1500*	1*	1*
Mn	17,1–68,4	1,7–6,8	1,8*	2,3*	94–378*	74–296*
Fe	83,6–117,0	8,4–11,7	18	8	47–65	105–146
Cu	6,12–25,30	0,6–2,5	0,9	0,9	67–278	67–278
Zn	21,5–74,2	2,2–7,4	8	11	28–93	20–67
Cr	0,002–0,023	0,0002–0,0023	0,025*	0,035*	1–9*	1–7*
Se	0,009–0,019	0,0009–0,0019	0,055	0,055	2–3	2–3

AI \*: Adekvátní denní příjem(\*). RDA: Referenční hodnota příjmu. M: muž 31–50 let; F: žena ve věku 31–50 let. Hmotnost porce teffu byla nastavena na 100 g.

Příjem toxických prvků ze zrn teffu.

	<b>Rozsah (µg/kg)</b>	<b>Denní příjem (µg/den)</b>	<b>Týdenní/měsíční* příjem (µg)</b>	<b>PTWI PTMI* (µg/kg)</b>	<b>PTWI PTMI* (F, 65 kg), (%)</b>	<b>PTWI PTMI* (M, 80 kg), (%)</b>
Al	5420–13400	542–1340	3790–9380	2000	3–7	2–6
Cd	1,11–3,83	0,111–0,383	3,33–11,49*	25*	< 0,7*	< 0,6*
Sn	0,50–1,72	0,050–0,172	0,35–1,20	14000	< 0,001	< 0,001
Hg	1,42–3,11	0,142–0,311	0,99–2,18	4	< 0,8	< 0,7

PTWI: Přejídný tolerovatelný týdenní příjem. PTMI: Přejídný tolerovatelný měsíční příjem (\*).

M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg. Hmotnost porce teffu byla nastavena na 100 g.



# PUBLIKAČNÍ AKTIVITY AUTORA

## Príspevky v mezinárodních časopisech s impakt faktorem a ve sbornících z konferencí

- 1) SUMCZYNSKI, D., **KOUBOVÁ, E.**, ŠENKÁROVÁ, L., ORSAVOVÁ, J. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food Chemistry*. **2018**, 264, 386 – 392. (Jimp).
- 2) **KOUBOVÁ, E.**, SUMCZYNSKI, D., ŠENKÁROVÁ, L., ORSAVOVÁ, J., FIŠERA, M. Dietary intakes of minerals, essential and toxic trace elements for adults from *Eragrostis tef* L.: A Nutritional assessment. *Nutrients*. **2018**, 10 (4), 479. (Jimp).
- 3) **KOUBOVÁ, E.**, MRÁZKOVÁ, M., SUMCZYNSKI, D., ORSAVOVÁ, J. *In vitro* digestibility, free and bound phenolic profiles and antioxidant activity of thermally treated *Eragrostis tef* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **2018**, 98, 3014 – 3021. (Jimp).
- 4) SUMCZYNSKI, D., **KOUBOVÁ, E.**, SNEYD, J., ERB-WEBER, S., ORSAVOVÁ, J. Preparation of non-traditional Dickkopf and Richard wheat flakes: Phenolic and vitamin profiles and antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*. **2018**, 90, 31 – 37. (Jimp).
- 5) SUMCZYNSKI, D., **KOTÁSKOVÁ, E.**, ORSAVOVÁ, J., VALÁŠEK, P. Contribution of individual phenolics to antioxidant activity and *in vitro* digestibility of wild rices (*Zizania aquatica* L.). *Food Chemistry*. **2017**, 218, 107 – 115. (Jimp)
- 6) SUMCZYNSKI, D., **KOTÁSKOVÁ, E.**, DRUŽBÍKOVÁ, H., MLČEK, J. Determination of contents and antioxidant activity of free and bound phenolics compounds and *in vitro* digestibility of commercial black and red rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Food Chemistry*. **2016**, 211, 339 – 346. (Jimp)
- 7) **KOTÁSKOVÁ, E.**, SUMCZYNSKI, D., MLČEK, J., VALÁŠEK, P. Determination of free and bound phenolic using HPLC-DAD, antioxidant activity and *in vitro* digestibility of *Eragrostis tef*. *Journal of Food Composition and Analysis*. **2016**, 46, 15 – 21. (Jimp)

**Koubová, E.**, Sumczynski, D., Hlaváčová, I. Obsah volných a vázaných polyfenolů v tepelně ošetřeném zrně černé rýže (*Oryza sativa* L.). IN: Sborník XLIV. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2018, 162–170. ISBN 978-80-7509-542-8.

Hlaváčová, I., Orsavová, J., **Koubová, E.**, Mlček, J. Stanovení vybraných antioxidačních parametrů u plodů dřínu obecného (*Cornus mas* L.). IN: Sborník XLIV. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2018, 120–128. ISBN 978-80-7509-542-8.

## Účast na veletrzích a konferencích

10. Arche des Geschmacks, 27. September 2015, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen a XLIV. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2018.

**Praxe (Výuka v rámci DSP)**

A. rok 2016/2017 – letní semestr TP2LB Laboratoř biologie (vedení cvičení)

# ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA

## OSOBNÍ ÚDAJE

Jméno a příjmení: Eva Koubová (rozená Kotásková)  
Datum narození: 07. 09. 1989  
Adresa: Bří Sousedíků 1895, 760 01 Zlín  
Telefon: 736 783 766  
E-mail: kotaskova@utb.cz

## VZDĚLÁNÍ

2005 - 2009 **Střední škola hotelová Zlín, s.r.o.**  
2009 - 2012 **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická**  
bakalářské studium; obor Technologie a řízení v gastronomii.  
2012 - 2014 **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická**  
magisterské studium; obor Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin.  
2014 – dosud **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická**  
doktorské studium; obor Technologie potravin.

## ŘEŠENÉ PROJEKTY:

2015 **IGA/FT/2015/010**  
Stanovení vybraných biologicky aktivních látek produktů rostlinného původu (člen řešitelského týmu)  
2016 **IGA/FT/2016/008**  
Stanovení bioaktivních látek v netradičních surovinách a produktech (člen řešitelského týmu)  
2017 **IGA/FT/2017/006**  
Stanovení obsahů biologicky aktivních látek v rostlinných produktech a sledování jejich změn vlivem technologického zpracování (člen řešitelského týmu)  
2018 **IGA/FT/2018/006**  
Stanovení nutričních znaků rostlinných surovinových komponent (člen řešitelského týmu)

## **ZNALOSTI A DOVEDNOSTI**

Jazyky	anglický jazyk – aktivní znalost na úrovni C1 německý jazyk – základní znalost ruský jazyk – základní znalost
Práce s PC	Windows; Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint) – pokročilý uživatel



Ing. Eva Koubová, Ph.D.

**Vliv skladování a technologických úprav na obsah vybraných  
biologicky aktivních látek u netradičních obilovin**

The influence of storage and technological treatments on the content of selected  
biological active substances in non-traditional cereals

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,  
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: Ing. Eva Koubová, Ph.D.

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2020

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-7454-920-5