

# **Stanovení nutričních parametrů obilovin, jejich stravitelnost a vzájemné korelace**

Bc. Veronika Konečná

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

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

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Veronika Konečná**  
Osobní číslo: **T14805**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Stanovení nutričních parametrů obilovin, jejich stravitelnost a vzájemné korelace**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Stručně charakterizovat chemické složení obilovin použitých v experimentální části.
2. Popsat principy metod použitých v experimentální části.

### II. Experimentální část

1. U zvolených druhů obilovin stanovit základní nutriční charakteristiky, stanovit vlákninu a stravitelnost, a to s ohledem na jejich zvolenou kulinární úpravu.
2. Provést vzájemné korelace nutričních hodnot, vlákniny a stravitelnosti.
3. Diskuze a formulace závěrů práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] HAGER, A-S., WOLTER, A., JACOB, F., ZANNINI, E., & ARENDT, E. K. (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 239247.

[2] LV, J., YU, L., LU, Y., NIU, Y., LIU, L., COSTA, J., & YU, L. L. (2012). Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour. *Food Chemistry*, 135(2), 325331.

[3] XIA, N., WANG, J-M., GONG, Q., YANG, X-Q., YIN, S-W., & QI, J-R. (2012). Characterization and in vitro digestibility of rice protein prepared by enzyme-assisted microfluidization: Comparison to alkaline extraction. *Journal of Cereal Science*, 56(3), 482489.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**  
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**3. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce:

**28. dubna 2017**

Ve Zlíně dne 3. února 2017



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



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

Příjmení a jméno: KONECNA' VERONIKAObor: TECHNOLOGIE POTRAVIN

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 28.4.2017Veronika Konecna'

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

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

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

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

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

## ABSTRAKT

Diplomová práce se věnuje stanovení základních nutričních parametrů netradičních druhů obilovin, konkrétně netradičních druhů pšenice, rýže s černými a červenými obalovými vrstvami a miličky habešské. Ve vzorcích byl stanoven obsah vlhkosti (sušiny), popela, škrobu, hrubých bílkovin, neutrálně-detergentní vlákniny a hrubé vlákniny. Byla stanovena antioxidační aktivita metodou s ABTS a DPPH a celkový obsah polyfenolů. Dále byla provedena stravitelnost metodou *in vitro*, a to u syrových zrn a následně u tepelně zpracovaných zrn. Nejvyšší hodnoty stravitelnosti byly zjištěny u vzorků pšenice, dále pak u vzorků rýže a miličky habešské, což se odvíjí od samotného nutričního složení, především obsahu vlákniny. Stravitelnost kulinárně upraveného zrna vykazovala hodnoty vyšší než zrno syrové. Kulinární úprava *sous-vide* se také ukázala jako účinnější pro uvolňování vázaných polyfenolů z obalových vrstev obilovin.

**Klíčová slova:** obiloviny, chemická analýza, stravitelnost, antioxidační aktivita, celkový obsah polyfenolů, kulinární úprava

## ABSTRACT

The diploma thesis is devoted to determination of basic nutritional parameters non-traditional types of cereals, particularly non-traditional type of wheat, red or black rice and *Eragrostis tef*. The moisture content (dry basis), ash, starch, crude protein, neutral-detergent fiber and crude fibre were determined. Antioxidant activity was provided with ABTS and DPPH radicals and its results were put into context with polyphenol measurement. Digestibility was determined by *in vitro* methods, for raw grains and subsequently for heat treated grains. We can conclude that the lowest digestibility values were measured in samples with a higher content of fiber. Digestibility culinary treated grains *sous-vide* showed values higher than the raw grains. Culinary treatment is also shown to be more effective in increasing to release bound polyphenols.

**Keywords:** cereals, chemical analysis, digestibility, antioxidant activity, total polyphenol content, culinary treatment

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí mé diplomové práce paní doktorce Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení, poznatky, spolupráci, trpělivost a cenné rady, které mi poskytovala v průběhu zpracování mé diplomové práce. Také bych ráda poděkovala paní Ing. Evě Kotáskové a paní Ing. Lence Fojtíkové za pomoc a zkušenosti v průběhu jednotlivých analytických stanovení v laboratoři.

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

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 OBILOVINY</b> .....	<b>12</b>
1.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA - ANATOMIE OBILNÉHO ZRNA.....	12
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ VYBRANÝCH OBILOVIN.....	13
1.2.1 Sacharidy.....	14
1.2.2 Polysacharidy.....	14
1.2.2.1 Škrob.....	14
1.2.2.2 Celulóza, hemicelulózy.....	14
1.2.3 Bílkoviny.....	15
1.2.4 Lipidy.....	16
1.2.5 Minerální látky.....	16
1.2.6 Vitamíny.....	17
1.2.7 Polyfenolické látky.....	17
1.2.8 Barviva.....	18
1.2.9 Antinutriční látky.....	18
<b>2 STRAVITELNOST</b> .....	<b>20</b>
2.1 GASTROINTESTINÁLNÍ TRAKT.....	21
2.1.1 Trávení sacharidů.....	21
2.1.2 Trávení bílkovin.....	22
2.1.2.1 Trávení lipidů.....	22
2.2 VLÁKNINA.....	23
2.3 STRAVITELNOST.....	24
<b>3 PRINCIPY METOD POUŽITÝCH V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI</b> .....	<b>25</b>
3.1 STANOVENÍ POPELA.....	25
3.2 STANOVENÍ VLHKOSTI.....	25
3.3 STANOVENÍ DUSÍKU DLE KJELDAHLA S NÁSLEDNÝM PŘEPOČTEM NA OBSAH HRUBÝCH BÍLKOVIN.....	25
3.4 STANOVENÍ ŠKROBU POLARIMETRICKY DLE EWERSE.....	26
3.5 STANOVENÍ VLÁKNINY.....	26
3.6 STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	27
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>28</b>
<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>5 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>30</b>
5.1 CHEMIKÁLIE, POMŮCKY A PŘÍSTROJE.....	30
5.1.1 Přístroje a laboratorní vybavení.....	30
5.1.2 Chemikálie.....	31



5.2	CHARAKTERISTIKA VZORKŮ.....	32
5.3	STANOVENÍ POPELA.....	33
5.4	STANOVENÍ VLHKOSTI.....	34
5.5	STANOVENÍ OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK KJELDAHLOVOU METODOU S NÁSLEDNÝM PŘEPOČTEM NA OBSAH HRUBÝCH BÍLKOVIN.....	35
5.6	STANOVENÍ OBSAHU ŠKROBU DLE EWERSE .....	36
5.7	STANOVENÍ VLÁKNINY .....	36
5.7.1	Stanovení hrubé vlákniny.....	36
5.7.2	Neutrálně-detergentní vláknina (NDF) .....	37
5.8	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI .....	39
5.9	EXTRAKCE POLYFENOLICKÝCH FRAKČÍ Z OBILNÝCH ZRN .....	40
5.9.1	Extrakce volných polyfenolů .....	40
5.9.2	Extrakce vázaných polyfenolů .....	40
5.10	STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ FOLIN-CIOCALTEUHO METODOU.....	41
5.11	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY .....	41
5.11.1	Metoda s ABTS .....	41
5.11.2	Metoda DPPH .....	42
5.12	TEPELNÉ ÚPRAVY VYBRANÝCH OBILNÝCH ZRN.....	43
5.13	STATISTICKÁ ANALÝZA .....	43
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>44</b>
6.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ NUTRIČNÍCH PARAMETRŮ U SYROVÝCH NETRADIČNÍCH ZRN OBILOVIN .....	44
6.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI KOMBINOVANOU HYDROLÝZOU PEPSINEM A PANKREATINEM.....	50
6.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ FOLIN-CIOCAULTEUHO METODOU A ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU S ABTS A DPPH.....	56
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>86</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>88</b>

## ÚVOD

Obiloviny jsou významným zdrojem živin a staly se tak velmi vyhledávanými plodinami. Velmi důležitou součástí obilovin jsou nutričně a biologicky hodnotné látky jako sacharidy, bílkoviny a lipidy, dále minerální látky a vitamíny (přednostně vitamíny skupiny B a vitamin E) nebo také látky balastní (nestavitelné) např. vláknina [1], [3]. V posledních letech jsou ceněnou složkou obilovin i obsahy polyfenolických látek a dalších antioxidantů, jako např. oryzanoly.

V současné době stoupá poptávka především po netradičních obilovinách, jako je rýže s červenými či černými obalovými vrstvami, rýže divoká, pšenice s červenými obalovými vrstvami, quinoa s barevnými obalovými vrstvami a taktéž je zájem i o miličku habešskou. Za barevnost těchto kultivarů jsou zodpovědná přítomná barviva, převážně antokyany. Barevné rýže jsou typické vysokým zastoupením fenolických sloučenin s antikarcinogenními a antioxidantními účinky. Tento typ rýží mohou konzumovat z důvodu nižšího obsahu škrobu ve srovnání s rýží „bílou“ i diabetici [97]. Barevná rýžová zrna obsahují mimo jiné i více vitamínů (skupiny B a E) a minerálních látek (Fe, Zn, Mn, Mg) [96]. Tyto zmíněné benefity jsou v popředí zájmu spotřebitelů, proto byly námi stanoveny. Současně bylo naší snahou postihnout šetrnost metody sous-vide, která ještě nebyla u obilovin praktikována.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 OBILOVINY

Z obilovin se pro lidskou výživu využívá zrno. Z botanického hlediska jsou obiloviny traviny (*Gramineae*) a téměř všechny řadíme do čeledi lipnicovité (*Poaceae*), např. žito, ječmen, oves, pšenice, rýže, kukuřice a další. Výjimku tvoří pseudocereálie, taktéž rostliny jednoleté, avšak z třídy dvouděložných rostlin, např. pohanka z čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*), amarant z čeledi amarantovité (*Amaranthaceae*) a quinoa z čeledi merlíkovité (*Chenopodiaceae*) [2].

### 1.1 Obecná charakteristika - anatomie obilného zrna

Obilka je plodem, ve kterém je uložen zárodek nové rostliny a skládá se ze zárodku (klíček/embryo), endospermu a obalových vrstev (slupky).

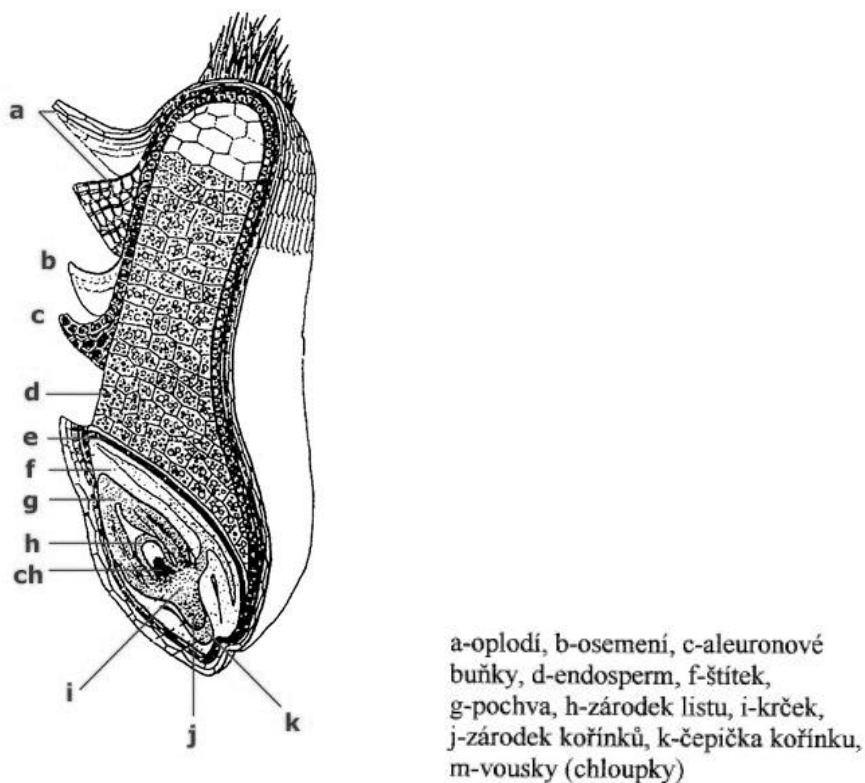
**Zárodek** zaujímá nejmenší část obsahu obilného zrna, u pšenice pouze 3 hmotn. %. Obsahuje lipidy, bílkoviny, sacharidy, enzymy a vitamíny (asi 60 % vitamínu B<sub>1</sub> a celkem podstatné množství vitamínu E).

Další částí je **endosperm** (84 – 86 hmotn. % obilky) zajišťující výživu zárodku. Je tvořen ze dvou částí:

- Vlastní jádro tvořeno velkými hranolovitými buňkami, jemnou buněčnou blánou. Obsahuje hlavně bílkoviny a škrob.
- Vrstva aleuronových buněk oddělující endosperm od obalových vrstev a obsahující minerální látky, lipidy, vitamíny a bílkoviny.

**Obalové vrstvy** zastupují 8 – 14 hmotn. % obilky, důležité jsou především proti vysychání a mechanickému poškození obilky. Rozlišujeme dvě části:

- Oplodí (perikarp) – tvoří jej čtyři vrstvy buněk, nejsvrchnější pokožka (epidermis), vrstva podélných buněk, poté vrstva příčných buněk a vrstva hadicových buněk.
- Osemení (testa) – dvě vrstvy buněk: barevné (vnější osemení) a skelné buňky (vnitřní osemení) [3], [6].



Obrázek č.:1 Anatomie obilky ([3] Pelikán)

## 1.2 Chemické složení vybraných obilovin

Podle celé řady činitelů, jako například doby setí, klimatických podmínek, oblastí setí a také odrůdy je patrná kolísavost chemického složení [1]. Jednou z nejvýznamnějších složek je voda, obsažena ve formě volné a vázané [3]. Obsah vody je důležitý pro veškeré biochemické, fyziologické procesy během růstu, dále dozrávání nebo skladování [6], [1]. Chemické složení jednotlivých částí obilky je poměrně rozdílné, což je patrné z tab. č. 1.

Tab. č.: 1 Látkové složení v jednotlivých částech zrna (%) [1].

Složka	Popel	Bílkoviny	Lipidy	Celková vláknina	Pentózy	Škrob
Oploďí a osemení	3,4	6,9	0,8	50,9	46,6	–
Aleuronová vrstva	10,9	31,7	9,1	11,9	28,3	–
Klíček	5,8	34,0	27,6	2,4	–	–
Endosperm	0,6	12,6	1,6	0,6	3,3	80,4

### 1.2.1 Sacharidy

V průměru je obsah sacharidů v sušině okolo 65 – 75 %. U pšenice se obsah celkových sacharidů pohybuje okolo 82 – 85 % [80], milička bílá obsahuje 83,4 % sacharidů, milička hnědá je pak charakteristická vyšším obsahem sacharidů ve srovnání s miličkou bílou a obsah tedy činí 85,6 % [94]. V případě rýže sacharidy tvoří 68 – 72 % a jsou nejhlavnější složkou rýžových zrn [80]. Z hexóz má význam glukóza, jako stavební jednotka pro tvorbu škrobu a celulózy (součást obalů, buněčných stěn). V klíčku je pak nejvíce zastoupen disacharid sacharóza, v malém množství maltóza, která je i v endospermu [3].

### 1.2.2 Polysacharidy

#### 1.2.2.1 Škrob

Technologicky významným polysacharidem je škrob obsažený v parenchymatických buňkách endospermu. Obecně se obsah škrobu v obilce pohybuje v rozmezí 50 – 80 % v sušině [2], [1]. Je složen ze dvou částí – amylozy, která je rozpustná ve vodě a amylopektinu, který je ve vodě nerozpustný, pouze bobtná. Základními stavebními jednotkami obou částí jsou molekuly maltózy (dvě D-Glu spojené  $\alpha$ -1,4-glykosidickou vazbou), v amylopektinu ještě izomaltózy (dvě D-Glu spojené  $\alpha$ -1,6-glykosidickou vazbou). Poměr amylozy a amylopektinu je uváděn v poměru 25:75 [2], [12]. Obsah škrobu v rýži je obvykle 70 – 80 % [80]. V případě rýži s barevnými obalovými vrstvami je obsah škrobu poměrně nízký (okolo 40 – 50 %), kdy 20 – 25 % tohoto obsahu tvoří amyλόza, zbytek tvoří amylopektin. U barevných rýží je škrob tráven pomaleji a stejně tak glukóza je pomaleji uvolňována do krevního oběhu [81], [82]. Opět jako v případě obsahu sacharidů je možné pozorovat nepatrný rozdíl v obsahu škrobu u miličky bílé, kde činí obsah okolo 74,0 % a vyšší množství je opět u miličky hnědé s obsahem 75,5 % [94]. V pšeničném zrně se obsah škrobu pohybuje v rozmezí 60 – 80 % v sušině.

#### 1.2.2.2 Celulóza, hemicelulózy

Celulóza je složená z celobiózových jednotek (dvě molekuly D-Glu spojené  $\beta$ -1,4-glykosidovými vazbami) [77]. Kromě celulózy se v zrně vyskytují hemicelulózy, pentozany, nerozpustné či částečně rozpustné ve vodě [3]. Hemicelulózy jsou uloženy převážně v obalových vrstvách a spolu s celulózą pak v buněčných stěnách. Jsou nestravitelnou vlákninou potravy [79]. Hemicelulózové polysacharidy přítomné v

obilovinách (okolo 2 – 8 %), jsou většinou arabinoxylany (schopné absorbovat velké množství vody),  $\beta$ -glukany a arabinogalaktany.

### 1.2.3 Bílkoviny

V obilném zrně jsou bílkoviny uloženy v endospermu a aleuronové vrstvě. Zralé zrno obsahuje v průměru okolo 9 – 16 % bílkovin. Stavební jednotku tvoří aminokyseliny, kdy převažuje kyselina glutamová ve formě glutaminu, dále prolin (zejména u zrna pšenice) [1]. Limitující aminokyselinou u obilovin je lyzin [8], [45].

Rýže vykazuje vysoké zastoupení kyseliny glutamové a kyseliny asparagové, obsah bílkovin se pohybuje mezi 8 – 10 % [83]. U rýži s barevnými obalovými vrstvami byl stanoven obsah kyseliny glutamové ( $1618 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), kyseliny asparagové ( $743 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), leucinu ( $657 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) a nejméně pak tryptofanu ( $101 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) a cysteinu ( $96 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) [84]. Obsah bílkovin se u pšenice pohybuje okolo 12,7 % [94], přičemž kamut obsahuje o 20 – 40 % bílkovin více. [86]. Bílkoviny miličky bílé zaujímají okolo 10,5 %, miličky hnědé pak 8,5 % [94].

Lepek tvoří tzv. lepkový komplex, představující bílkovinnou složku, jejíž převážnou část tvoří bílkovina gliadin, pak gluteliny. Lepek je tvořen trojrozměrnou sítí peptidových řetězců, různým způsobem zřasených a navzájem propojených vodíkovými můstky a vazbami), obsaženým v pšenici, ječmeni, žitě aj. [68]. Celiakie je geneticky určené chronické zánětlivé onemocnění, vyznačuje se nesnášenlivostí lepku, obsaženého v obilninách (nejvíce v pšenici, dále také žitě či ječmeni). Tato nesnášenlivost se projevuje změnou sliznice tenkého střeva – zánětem, vedoucím k poruše vstřebávání živin, vitamínů, minerálních látek aj. Celiakie se vyskytuje u geneticky predisponovaných jedinců v důsledku abnormální reakce imunitního systému organismu na pšeničný lepek a příbuzných prolaminů žita a ječmene. V této souvislosti pak hovoříme o tzv. bezlepkové dietě. V tabulce č. 2 je uveden výčet a stručná charakteristika alternativních zdrojů (obilovin), které mohou být použity pro přípravu bezlepkových výrobků [68].

Tab. č.: 2 Výčet alternativních obilovin pro přípravu bezlepkových výrobků [68].

Obiloviny	Proteiny [g.100 g <sup>-1</sup> ]	Tuky [g.100 g <sup>-1</sup> ]	CF [g.100 g <sup>-1</sup> ]	Minerální látky [g.100 g <sup>-1</sup> ]
Rýže	7,70	2,20	1,63	1,20
Čirok	10,40	1,90	1,60	1,60
Teff	9,60	2,00	3,00	2,90
Quinoa	16,50	5,20	2,30	2,70
Amarant	16,50	5,70	3,90	3,25
Pohanka	12,50	2,10	0,70	1,42
Ostatní	23,70	7,90	ND	2,30

(Pozn.: Teff je pak synonymní označení pro Miličku Habešskou)

#### 1.2.4 Lipidy

S výjimkou ovsa, čiroku a kukuřice, kde obsah lipidů je v zastoupení vyšší (4 – 8 %) řadíme obiloviny k semenům s nízkým obsahem lipidů (1,5 – 2,5 %). Naopak amarant, quinoa a proso mají vyšší zastoupení lipidů (i nad 10 %) [3]. Obsah lipidů pšenice je cca 1,5, rýže 1,4, miličky bílé 2,6 a miličky hnědé 2,8 % [94].

Nejvíce zastoupenými mastnými kyselinami (MK) vázanými v lipidech jsou linolová (35 %), dále olejová (35 %) a palmitová (28 %). Podíl typů MK v barevných rýžích činí: nasycené MK 0,6 mg.100 g<sup>-1</sup>, monoenové MK 1,0 mg.100 g<sup>-1</sup>, polyenové MK 1,0 mg.100 g<sup>-1</sup>, ω-3-MK 0,1 mg.100 g<sup>-1</sup> a ω-6-MK 1,0 mg.100 g<sup>-1</sup> [85]. V pšenici jsou zastoupeny nejhojněji kyseliny linolová (40 – 50 %), olejová (20 – 45%), nejméně linolenová (2 – 3 %). Z nasycených MK se v pšenici vyskytují kyseliny palmitová (14 – 17 %) a stearová (1 – 3 %) [76]. Pohanka obsahuje kyseliny linolovou, olejovou a palmitovou [87], [88], [89]), quinoa je bohatá především na kyseliny α-linolenovou (omega-3) a linolovou (omega-6) [120].

#### 1.2.5 Minerální látky

Tyto jsou definovány jako tzv. popel, čili anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Celá zrna jej obsahují v rozmezí 1,3 – 2,5 %. Nejvíce minerálních látek je v obalových vrstvách, opakem je endosperm, kde je koncentrace nejnižší. Jednotlivé složky popela jsou zejména oxid fosforečný, z prvků je pak nejhojněji zastoupen fosfor,



hořčík, vápník a železo, méně pak zinek a selen. Mohou se zde však také objevit minoritně i těžké kovy [2]. Různorodé zastoupení a množství minerálních látek má rýže. Obsah popele závisí i na typu rýžového zrna a jeho opracování, obvykle je v rozmezí 1 – 1,5 %, u obroušených rýžových zrn výrazně klesá obsah vápníku, manganu, železa, hořčíku a selenu [34]. U barevných rýží byl stanoven obsah fosforu ( $170 - 430 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), draslíku ( $60 - 280 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), zinku ( $0,6 - 2,8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) a v neposlední řadě také železa ( $0,2 - 5,2 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) a hořčíku ( $0,2 - 1,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) [84], [121]. Popel v případě pšenice je zastoupen v množství 0,7 %, miličky bílé 3,5 % a miličky hnědé 2,7 % [94], [90].

### 1.2.6 Vitamíny

Vitamíny jsou uloženy především v obalových vrstvách a klíčku. Nejvyšší zastoupení zde mají vitamíny skupiny B (hlavně tiamin –  $B_1$ , riboflavin –  $B_2$  a niacin –  $B_3$ ). Z lipofilních vitamínů zasluhuje pozornost vitamin E, který se vyskytuje především v pšeničných klíčcích [1], [2]. U barevných rýží byl stanoven vitamín  $B_6$  ( $0,5 - 0,9 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), vitamín  $B_1$  ( $0,3 - 0,6 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) a vitamín  $B_2$  ( $0,1 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Vitamín  $B_3$  je zastoupen nejméně (do  $0,01 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Mimo vitamíny skupiny B se ve vysoké koncentraci vyskytuje vitamin E ( $0,9 - 2,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) [86], [34], [84].

### 1.2.7 Polyfenolické látky

Polyfenolické látky řadíme do skupiny antioxidantů, pro svou schopnost vázat volné radikály. Mají ve své struktuře benzoový kruh s jednou či více hydroxylovými skupinami. Řadíme mezi ně flavonoidy, fenolické kyseliny, kondenzované taniny atd. Díky těmto látkám mají obiloviny svůj charakteristický vzhled, oxidační stabilitu a také vůni [91]. Antioxidanty obecně zpomalují nebo zabraňují oxidačním změnám. Jsou jistou prevencí proti srdečním onemocněním či některým typům rakoviny [8].

Polyfenolické kyseliny jsou deriváty kyseliny skořicové a benzoové. Mezi hydroxyskořicové deriváty náleží např. kyseliny kumarová, ferulová, skořicová, kávová, mezi hydroxybenzoové gallová, vanilová, syringová, protokatechová a *p*-hydroxybenzoová.

Tyto polyfenolické kyseliny se v obilovinách vyskytují ve třech formách – ve formě volné tzv. soluble free (ve vnější vrstvě oplodí a částečně v aleuronu; extrakci je možné provést za pomoci organických rozpouštědel), nebo se vyskytují ve formě konjugované tzv. soluble bound a nebo vázané tzv. insoluble bound (nejčastěji na obalové vrstvy obilky,

esterově vázané na polymery buněčné stěny, konjugáty se sacharidy, proteiny či MK). Ve vázaných polymerech je nejvíce zastoupena kyselina ferulová a její dyhydrodimer [144], [145], [100]. V otrubách obilovin nacházíme nejhojněji deriváty kyseliny benzoové a skořicové [102], antokyaninová barviva, zodpovědná za barevnost obalových vrstev obilovin, existují také kultivary rýže s barevným endospermem.

### 1.2.8 Barviva

Obilná zrna obsahují mnoho fytochemikálií ovlivňující barvu obilovin, např. z polyfenolických látek antokyany. Tyto jsou rozpustné ve vodě, kumulují se v aleuronové vrstvě nebo v oplodí (jsou typické modrým, fialovým zbarvením či koncentrací těchto barev) [71]. V přírodě se vyskytuje nejčastěji v největším množství šest antokyaninů, a to pelargonidin, kyanidin, peonidin, delphinidin, petunidin a malvidin. Jsou důležité jako ukazatelé kvality zpracovaných potravin a mají antioxidační schopnost. Například černá rýže je sice bohatá na antokyany, ale jsou spíše nestabilní a jsou ničeny řadou faktorů jako je např. změna pH, světlo, enzymy atd. V těchto rýžích se často stanovují kyanidin-3-glukosid, malvidin-3-glukosid a peonidin-3-glukosid [93].

Karotenoidy, zodpovědné za žluté zbarvení obilovin (mimo jiné i xantofyly), jsou velmi silnými antioxidanty. Nejvýznamnější jsou  $\beta$ -karoten, lykopen, lutein, zeaxantin aj. [71], [72], [73]. Lutein a zeaxantin jsou xantofylová barviva náležící mezi karotenoidy [108]. V pšenici lutein a estery luteinu činí více jak 90 % z celkového obsahu látek, které se podílí na tvorbě žlutého pigmentu. Obsah luteinu v odrůdách pšenice se pohybuje od 841 do 1340  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Hidalgo a kol., 2006), jiná studie poukazuje na obsah ještě vyšší, a to 1310 až do 2650  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Luterotti & Kljak ,2010; Okarter a kol., 2010; Panfili a kol., 2004) [73].

### 1.2.9 Antinutriční látky

Antinutriční látky působí na aktivitu a využitelnost některých enzymů, vitamínů a minerálních látek organizmem. Cereálie jsou typické obsahem kyseliny fytové. Ta je přítomna ve formě tzv. fytátu, koncentrovaného nejvíce v aleuronové vrstvě, méně pak v klíčku. Jeho schopností je vázat na svou molekulu šest atomů hořčíku, dvojmocného železa a vápníku. V lidském organizmu tyto komplexy nejsou rozložitelné a snižuje se tak schopnost jejich absorpce. Kyselina fytová vykazuje také antioxidační aktivitu [75].

K antinutričním látkám řadíme také třísloviny (taniny), které tvoří nevyužitelné komplexy s bílkovinami. Mimo bílkoviny potravy interagují taniny také s trávicími enzymy – snižují

tak příjem a stravitelnost živin [103]. Mezi další antinutrienty patří inhibitory proteáz, které s proteolytickými enzymy vytvářejí téměř stabilní komplexy, ale s omezenou enzymovou aktivitou. Tepelným ošetřením je možné jejich antinutriční aktivitu snížit [104].

## 2 STRAVITELNOST

Živinu (látku přijatou potravou), která nebyla organismem vyloučena, označujeme jako stravitelnou (je tzv. resorbována v trávicím traktu). Evidujeme řadu metod, jimiž můžeme stravitelnost stanovit. Jedná se o metody:

1. klasickou (spočívá v přesném měření příjmu sledované živiny a výdeji/vyloučení organismem),
2. indikátorovou (je metodou vhodnější, jelikož zde není nutno zjišťovat přesný příjem a výdej živin; dochází k záměrnému přidání daného množství látky (tzv. indikátor) do potraviny/vzorku, kdy je tento indikátor plně vyloučen z organismu a z přijatých živin jsou pak vyloučeny pouze živiny nestrávené,
3. *in sacco* (také *in situ*; užití hedvábných sáčku naplněných vzorkem s následnou inkubací, kdy je měřen úbytek sušiny či živin za určitý čas; tato metoda je vhodnou mimo jiné také ke zjištění nestravitelné neutrálně-detergentní vlákniny),
4. *in vitro* – kombinovaná hydrolyza pepsinem a pankreatinem (jedná se o dvoustupňový proces trávení, který simuluje trávení v lidském těle) [11], [32], [39],
5. *in vivo* – metody *in vivo* jsou bilanční pokusy, které se rozdělují podle přípravné periody a hlavní bilanční periody.

Polyfenolické látky, konkrétně jejich vaznost na buněčné stěny, jim umožňuje větší odolnost vůči trávení v horní části zažívacího traktu, až působením střevní mikroflóry dochází k uvolnění vázaných forem a jejich lokálnímu působení před jejich absorpcí. Jedním z charakteristik, při nichž dochází k uvolnění vyššího množství polyfenolických látek je šetrné tepelné opracování zrn.

Nejen zjištění jednotlivých nutričních faktorů je důležité pro stanovení nutriční hodnoty, ale také je třeba zjistit jejich využitelnost lidským organismem, tzv. stravitelnost. Samotnou metodu pro zjištění stravitelnosti není jednoduché nastavit, a to kvůli široké škále nutričně významných látek. Jedná se tedy o metody *in vitro* a *in vivo*. *In vivo* spočívá ve stanovení množství spotřebovaného dusíku ve vztahu k přijatému a vyloučenému dusíku přímo organismem. *In vitro* pak spočívá v simulování podmínek *in vivo* v laboratorních podmínkách. Obecně se většinou stanoví množství dusíku před a po působení proteolytických enzymů [12], [40]. V celkovém pojetí tak můžeme potraviny s ohledem na jejich stravitelnost rozdělit do tří skupin:

1. Snadno stravitelné (př. obilné kaše, necelozrnné produkty z obilovin, klíčky, listová zelenina, brambor, ovoce, med, cukr a sladidla),

2. Středně obtížně stravitelné (celozrnné výrobky, celá zrna obilovin, mléko, máslo, plody moře, ryby, aj.),
3. Obtížně stravitelné (neupravené luštěniny, len, vejce, tvaroh, sýry, tvarůžky, maso) [12].

Stravitelnost potravy hodnotíme ze dvou základních úrovní:

1. První částí definice stravitelnosti - měřitelný, číselně vyhodnotitelný faktor (množství energie, vynaložené trávicím traktem na strávení potravy (v kJ nebo kcal). Obecně platí, že nejvíce energie tělo vynaloží na strávení bílkovin (přibližně 30 % z celkového množství energie), méně na strávení sacharidů (asi 8 %), nejméně pak na strávení tuků (cca 4 %). Nejnáročněji je tráveno maso, vejce, dále tvaroh, sýry, luštěniny, ryby (či jiné plody moře), ořechy a semena. Podstatně lépe jsou tráveny obiloviny, zelenina a nejsnáze ovoce.
2. Druhá část definice, vnímání významu pojmu „stravitelnost“, vychází z obsahu vlákniny v potravine (její nestravitelné formy, a z části obsahu antinutričních látek). Čím více nerozpustné vlákniny, tím hůře je potravina trávena. Lidský trávicí trakt není schopen na rozdíl od přežvýkavců produkovat spektrum enzymů schopných rozložit celulózu (projev nadýmání, plynatosti), proto jsou nejobtížněji tráveny luštěniny, celá zrna obilovin, ořechy, nejsnáze pak zelenina a ovoce. Naopak tepelnou úpravou rostlinných potravin (nebo fermentací – štěpení celulózy enzymatickou činností) se jejich stravitelnost usnadňuje [105].

## 2.1 Gastrointestinální trakt

Gastrointestinální trakt (GIT) zajišťuje příjem, zpracování a vstřebávání energeticky bohatých částí potravy (živin) [64], [66].

### 2.1.1 Trávení sacharidů

Počátek trávení je již v ústech prostřednictvím slinných žláz, konkrétně jejich enzymu – ptyalinu (slinná  $\alpha$ -amyláza) [62].  $\alpha$ -amyláza je endosacharázou, která je přítomna ve slinách a pankreatické šťávě, štěpící škrob a glykogen na maltózu. Typickou vlastností slinné  $\alpha$ -amylázy je krátká doba působení na potravu (inaktivuje se při pH 4,0 a nižším, z čehož je možné vyvodit, že v kyselém prostředí žaludku se účinek zastaví). Hydrolýza škrobu je důležitým procesem, probíhající vlivem enzymů (hydroláz – amyláz nebo diastáz), které zmíněnou hydrolýzu vyvolávají. Hlavními produkty hydrolýzy jsou

disacharid maltóza, trisacharid maltotrióza a dále i oligosacharidy. Konečnými produkty trávení sacharidů za účinku hydrolytických enzymů – disacharidáz jsou D-glukóza, D-fruktóza a D-galaktóza [60], [62].

### 2.1.2 Trávení bílkovin

Trávení bílkovin začíná v žaludku, kde kyselé žaludeční šťávy denaturují bílkoviny, čímž jsou tak přístupnější pro účinky proteolytického enzymu – pepsinu, který je produkován buňkami žaludeční sliznice (uvolňován v neaktivní formě jako pepsinogen, aktivátorem pepsinogenu je HCl, usnadňující denaturaci bílkovin vytvořením optimálního pH 1,6 – 3,2). Zdroj enzymů pro trávení není jen žaludeční šťáva, ale také pankreatická – obsahující enzymy trypsin (neaktivní forma – trypsinogen, aktivátor – enterokináza), chymotrypsin (neaktivní forma – chymotrypsinogen, aktivátor – trypsin), elastázu (neaktivní forma – proelastáza, aktivátor – trypsin) a karboxypeptidázu (neaktivní forma – prokarboxypeptidáza, aktivátor – trypsin). Tyto enzymy jsou produkovány všechny v neaktivní formě, a jsou aktivovány až v tenkém střevě, kde probíhá hlavní trávení [63], [65].

Proteiny jsou hydrolyzovány peptidázami (endopeptidázy, exopeptidázy – karboxypeptidázy nebo aminopeptidázy), které jsou specifické k jednotlivým peptidovým vazbám mezi AMK. [60]. Směs volných AMK je transportována do enterocytů [61], [60].

#### 2.1.2.1 Trávení lipidů

Během dne dospělý člověk přijme asi 70 – 150 g lipidů v potravě a téměř 90 % ve formě TAG [59]. Zbylou část tvoří cholesterol, jeho estery, sfingolipidy, glycerolfosfolipidy a volné MK. Trávení (především TAG), začíná částečně v ústech enzymem lipázou – odolnou vůči kyselému prostředí, dále pak pokračuje trávení i v žaludku, zde působí na TAG s MK žaludeční lipáza. U dospělého člověka začíná trávení prakticky až v duodenu [60], [62], [67]. Poté následuje emulgace žlučovými kyselinami, molekuly TAG jsou štěpeny ve střevních buňkách pankreatickou lipázou [60]. Na štěpení lipidů se podílí celá řada dalších enzymů (např. kolipáza, cholesteolesteráza aj.) [61].

Trávení lipidů je také regulované cholecystokininem, peptidovým hormonem, který je produkován buňkami duodena a horního jejunu, působící na sekreci žluče i exokrinní buňky pankreatu. Dalším peptidovým hormonem je sekretin, vznikající ve střevních buňkách, který zvyšuje produkci pankreatické šťávy a hydrogen uhličitanu k vytvoření

optimálního pH střevního obsahu a zajišťuje tak optimální funkci enzymů ([93] Křivánková, [58]).

## 2.2 Vlákna

Většina látek z vlákniny patří do skupiny tzv. strukturálních polysacharidů rostlinných buněk [7].

Vyhláška č. 330/2009 Sb., ve znění pozdějších předpisů uvádí definici vlákniny následovně: polysacharidy se třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě člověka, náleží do skupin:

- 1) jedlé polysacharidy přirozeně se vyskytující v přijímané potravě,
- 2) jedlé polysacharidy, které byly získány z potravních surovin fyzikálními, enzymatickými nebo chemickými prostředky a které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky, nebo
- 3) jedlé polysacharidy, které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky [51].

Vlákna prochází v nezměněné podobě tenkým střevem, k fermentaci dochází až účinkem enzymů mikroflóry tlustého střeva za vzniku využitelných MK s krátkým řetězcem (např. máselná kyselina). Voda a plyny (CO<sub>2</sub>, vodík a metan) jsou konečnými produkty fermentace vlákniny [52], [53].

Z chemického hlediska se však skládá z několika složek, jako jsou celulóza, chitiny, pektiny, β-glukany, gumy, inulin a oligosacharidy. Vláknu je možné dělit na nerozpustnou (lignin, celulóza, některé hemicelulózy) a rozpustnou (pektiny, beta-glukany, některé další hemicelulózy) [78], [122], [2], [7], [46], [47], [48], [49]. Poměr rozpustné a nerozpustné vlákniny ve stravě by měl být 3:1 [7].

Do skupiny rozpustné vlákniny můžeme zařadit část hemicelulóz, β-glukany, pektinové látky, polysacharidy mořských řas, rostlinné slizy, modifikované celulózy a modifikované škroby. Tato část váže velké množství vody, bobtná, tvoří viskózní roztoky a také zvětšuje svůj objem. Rozpustná vlákna pozitivně ovlivňuje hladinu cukru a cholesterolu v krvi [50], [53]. Rozpustná vlákna slouží jako substrát pro fermentaci v tlustém střevě a významně ovlivňuje mikrobiální flóru střeva – zvýšení počtu probiotických kmenů. Tato bakteriální fermentace v tlustém střevě metabolizuje polysacharidy na MK s krátkým řetězcem (zejména kyselinu máselnou) a uvolňuje energii [54]. Dále zvyšuje viskozitu

obsahu střev a žaludku (zpomaluje promíchávání jejich obsahu) a omezuje přístup pankreatických amyláz a lipáz k substrátům, a tím absorpci živin stěnou střev, čímž se zpomaluje průchod střevního obsahu a snižuje se difuze živin [55]. Velký význam má vláknina také při dietách, objemnější strava vyvolává dříve pocit nasycenosti a déle setrvává v žaludku [56]. Nerozpustná vláknina je často označována jako hrubá nebo neutrálně-detergentní vláknina. Tato změkčuje stolici, a tím podporuje správné vyprazdňování střev. Z nutričního hlediska je vlákninou nevyužitelnou – nemůže být metabolizována bakteriemi tlustého střeva [54], [57]. Nerozpustnou vlákninu tvoří skupina – celulózy, část hemicelulóz a ligninu.

Škrob je buď rychle stravitelný („RDS“ – Rapidly Digestible Starch), úzce související s glykemickým indexem, zvyšuje pravděpodobnost vzniku cukrovky, kardiovaskulárních chorob a obezity; nebo pomalu stravitelný („SDS“ – Slowly Digestible Starch) a rezistentní („RS“ – Resistant Starch) – není štěpen enzymy tenkého střeva, ale přechází až do střeva tlustého a řadí se tak mezi nevyužitelné polysacharidy (má tedy podobnou funkci jako vláknina) [23], [24], [25], [22],[95].

Obsah celkové vlákniny v pšeničném zrne je 11,8 – 12,1 % (obsah v pšeničné mouce je 2,3 – 5,6 %) [2].

### 2.3 Stravitelnost

Ve studii [26] se zabývali stravitelností škrobu *in vitro* vybraných vzorků rýže - syrové a po tepelné úpravě vařením (po dobu 30 minut), využili laboratorní metodu napodobující biochemické podmínky v ústech, žaludku a tenkém střevě. Vzorky rýže byly zvoleny s rozličným obsahem amylozy (od 9 do 19 %). Bylo prokázáno, že tepelnou úpravou se hodnota stravitelnosti škrobu podstatně zvýšila ve srovnání s hodnotou stravitelnosti škrobu syrového zrna. Dále bylo prokázáno, že obsah amylozy a rychlost trávení škrobu je slabě korelován a není zde statisticky významný rozdíl. Nicméně zřetelná korelace byla zjištěna mezi rychlostí trávení a tepelnou úpravou rýžové mouky.

V dalších studiích se autoři pokoušeli postihnout, jaký vliv mají (celková) krystalická struktura a molekulární struktura amylopektinu vzorků korejských rýží na stravitelnost škrobu [21], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33]. Zjistili, že stravitelnost je ovlivněna následovně: čím je vyšší stupeň krystalické struktury, delší řetězec amylopektinu (a můžeme také poznamenat vyšší obsah rezistentního škrobu, tím nižší stravitelnost, a to z důvodu zhoršené přístupnosti pro hydrolýzu enzymů.



### 3 PRINCIPY METOD POUŽITÝCH V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

#### 3.1 Stanovení popela

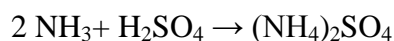
Stanovení popelovin je prováděno modifikací dle normy ČSN ISO 2171 (461019). Mezi spálené minerální látky se řadí draselné, hořečnaté, sodné a vápenaté soli fosforečnanů, hydrogenfosforečnanů, dihydrogenfosforečnanů, chloridů, křemičitanů, síranů aj. Popel je definován jako nespalitelný zbytek po spálení vzorku ( $550 \pm 10$  °C, 5,5 hod). Výsledek je následně prezentován v hmot. % v sušině vzorku.

#### 3.2 Stanovení vlhkosti

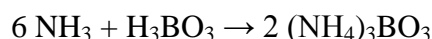
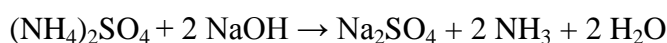
Norma ČSN ISO 712 (461014) uvádí postup stanovení vlhkosti, kdy je vzorek sušen při  $130 \pm 3$  °C po dobu jedné hodiny. Výsledek je prezentován v hm. %. Dle této normy je vlhkost definována jako úbytek hmotnosti výrobků za stanovených podmínek.

#### 3.3 Stanovení dusíku dle Kjeldahla s následným přepočtem na obsah hrubých bílkovin

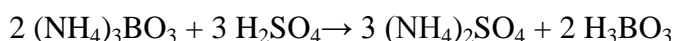
Obsah bílkovin se stanovuje jako obsah dusíkatých látek, nejčastěji Kjeldahlovou metodou. Principem je stanovení obsahu dusíku, a jeho přepočítání pomocí faktoru na obsah hrubých bílkovin [39], [40], [41], [42]. Stanovení obsahu dusíkatých látek uvádí norma ČSN EN ISO 20483 (461401). Principem je mineralizace vzorku mokrou cestou za použití koncentrované  $H_2SO_4$  a za přídavku směšného katalyzátoru (v práci použit:  $Na_2SO_4 + CuSO_4 \cdot 5 H_2O$  v poměru 10:1 a  $H_2O_2$ ). V důsledku varu (400 °C, nejméně 1 hod) se vzorek mineralizuje a organické dusíkaté látky se tak převedou na anorganický vázaný dusík [80].



Dalším krokem je alkalizace pomocí 30 hmotn. % NaOH, aby byl uvolněný amoniak kvantitativně predestilován vodní párou do předlohy s 2 hmot. %  $H_3BO_3$ .



Boritan amonný, je dále titrován  $H_2SO_4$  na indikátor Tashiho do růžového zbarvení.



Obsah dusíku se přepočte na bílkoviny po vynásobení faktorem, který je určen pro daný vzorek [80].

### 3.4 Stanovení škrobu polarimetricky dle Ewerse

Stanovení škrobu je uvedeno v normě ČSN EN ISO 10520 (566120). Samotné stanovení se nejčastěji provádí polarimetricky za využití schopnosti stáčet rovinu polarizovaného světla. Úhel otočení závisí na povaze analytu, povaze rozpouštědla, teplotě a vlnové délce. Specifická otáčivost při polarimetrickém stanovení škrobu se pohybuje v rozmezí  $[\alpha]^D + 190^\circ$  až  $202^\circ$ . Škrob se převede zředěnou HCl a působením tepla na rozpustnou formu. Po vyčerení Carrezovými činidly se škrob, který byl hydrolyzován, určí polarimetricky. Výsledný obsah škrobu je vypočítán vynásobením stupňů, které se odečtou na stupnici Soleil-Ventzkého – příslušným přepočítávacím faktorem, výsledek je pak uveden v hmot. % [43], [70].

### 3.5 Stanovení vlákniny

Gravimetrické či gravimetricko-enzymatické metody jsou založeny na vážení zbytku po extrakci některými činidly. Také je možné takto stanovit (mimo stanovení hrubé vlákniny) i nerozpustný podíl v neutrálním či kyselém detergenčním činidle. Metody novější užívají enzymatického štěpení (termostabilní  $\alpha$ -amylázu, proteázu a amyloglukosidázu), jehož součástí je také zahrnutí precipitace alkoholem a stanovení ve vodě rozpustné frakce vlákniny. Při stanovení jsou vzorky vařeny při teplotě v rozmezí  $95 - 100^\circ\text{C}$  s termostabilní  $\alpha$ -amylázu, a to z důvodu zgelovatění, hydrolýzy a depolymeraci škrobu. Následuje inkubace při teplotě  $60^\circ\text{C}$  s proteázou (pro rozpuštění a depolymeraci proteinů) a hydrolýza fragmentů škrobu na jednotlivé glukózy za účinku amyloglukosidázy. Pro vysrážení rozpustné vlákniny po enzymatickém rozkladu je zapotřebí přídavek etanolu, čímž se nejen rozpustná vláknina vysráží, ale také dojde k odstranění depolymerizovaných proteinů a glukózy. Pro promytí etanolem a acetonem se získá celková vláknina, která je hmotností zfiltrovaného a vysušeného zbytku po odečtení podílu bílkovin a popela [9], [5], [4]. V případě stanovení neutrálně-detergentní vlákniny je vzorek v prostředí neutrálního roztoku (pH 7) konkrétní účinné látky (př. laurylsulfátu sodného) hydrolyzován, nehydrolyzované látky pak zůstávají ve vzorku. Mezi tyto nehydrolyzované složky řadíme celulózu, některé hemicelulózy a lignin [11].

### 3.6 Stanovení stravitelnosti

Existuje celá řada experimentálních metod, které jsou určeny pro stanovení stravitelnosti. Dělí se na tři základní skupiny, na metody *in situ* (podstatou je využití enzymového systému laboratorních zvířat). Konkrétní složka vzorku – její stravitelnost se určí po ukončení inkubace vzorku, a to jako rozdíl obsahu zkoumané složky před a po experimentu.

*In vivo* jsou označovány za metody nejlepší ve stanovení stravitelnosti organické hmoty. Principem je určení zkonzumované látky v závislosti na absorbovaném a vyloučeném množství modelovým organismem [98], [99].

V diplomové práci byla využita metoda *in vitro*. Obecně se jedná o simulaci trávení v laboratorních podmínkách. Hodnoty stravitelnosti jsou vypočítány z rozdílu obsahů složek potravy, které jsou zkoumány před a po enzymatické hydrolýze.

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části práce bylo charakterizovat netradiční obilná zrna, včetně jejich chemického složení.

Cílem experimentální části bylo stanovení základních nutričních charakteristik a biologicky aktivních látek, stravitelnosti metodou *in vitro* a antioxidační aktivity u netradičních druhů obilovin s vyhodnocením příslušných korelací.

Dílčí cíle:

- stanovení základních nutričních parametrů (vlhkost, popel, škrob, hrubé bílkoviny, lipidů, neutrálně-detergentní vláknina, hrubá vláknina), celkových polyfenolů, antioxidační aktivity metodou s ABTS a DPPH a stravitelnosti u syrových zrn obilovin,
- stanovení celkových polyfenolů, antioxidační aktivity metodou s ABTS a DPPH a stravitelnosti u vybraných tepelně zpracovaných zrn obilovin (varem ve vodě, za užití rýžovaru a metodou sous-vide),
- vyhodnotit vzájemné korelace mezi obsahem polyfenolů a antioxidační aktivity u syrových a tepelně opracovaných zrn.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Chemikálie, pomůcky a přístroje

#### 5.1.1 Přístroje a laboratorní vybavení

- Elektrický mlýnek (Waldner Biotech, Linz, Rakousko)
- pH metr typ 211 (Hanna instrument, USA)
- Mikropipety s nastavitelným objemem
- Analytické váhy (Schoeller AFA-2102 LC, ČR)
- Ultrazvuková lázeň PS 04000A (Notus-Powersonic, s.r.o., Slovenská republika)
- Laboratorní třepačka LT2 (Kavalier, ČR)
- Odstředivka (EBA 20, Hettich Zentrifugen, Německo)
- Nylový filtr (o velikosti pórů 0,45  $\mu\text{m}$ )
- UV/VIS spektrofotometr Lambda 25 (Perkin Elmer, USA)
- HPLC (Thermo Scientific Dionex Ultimate 3000, MA, USA)
- LC Chromeleon<sup>TM</sup> 7.2 vyhodnocovací software dat chromatografie (Thermo Scientific, MA, USA)
- Kinetex kolona C18 (150 x 4,6 mm; 2,6  $\mu\text{m}$ ) (Phenomenex, distributor Chromservis, Praha, ČR)
- Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer (Ankom Technology, NY, USA)
- Sáčky Ankom Technology F57 (Ankom, NY, USA)
- Zařízení na svařování filtračních sáčků – pulzní svářečka
- Inkubátor Daisy (Ankom Technology, NY, USA),
- Inkubační lahve (Adam, AFA-210 LC, Schoeller Instruments, ČR)
- Sušárna elektrická – Venticell (BMT a.s., MMM-Group, ČR)
- Mineralizační aparatura Digesdahl<sup>12</sup> (Bloc Digest 12 B, Praha)
- Aparatura Parnas-Wagner (Kavalier, ČR)
- Odstředivka (Hettich Zentrifugen, Německo)
- Muflová pec (VEB Elektro, Bad Frankenhausen, Německo)
- Topné hnízdo (LTHS 250, Brněnská Drutěva, ČR)
- Vodní lázeň (GFL, Německo)
- Vodní lázeň Memmert (Německo)
- Polarimetr POL 1 (Itálie)

- Rýžovar (Morphy Richards, UK)
- Sous-vide (tepelný cirkulátor, Polyscience, USA)

### 5.1.2 Chemikálie

- Destilovaná voda (Aquaosmotic systém, Tišnov, ČR)
- Tashiro indikátor
- H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> p.a. (Ing. Petr Švec, Penta, ČR)
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Lach-Ner, s.r.o. Neratovice)
- HCl (Ing. Petr Švec, Penta, ČR)
- NaOH p.a. (Mach Chemikálie, s.r.o., Ostrava – Hrušov, ČR)
- Směsný katalyzátor (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O v poměru 10:1)
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Lach-Ner, s.r.o. Neratovice, ČR)
- KOH (Lach-Ner, s.r.o. Neratovice)
- CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub> (Dr. Kulich Pharma, s.r.o., Hradec Králové, ČR)
- CH<sub>3</sub>OH (Ing. Petr Švec, Penta, ČR)
- 80% trichloroctová kyselina (Ing. Petr Švec, Penta, ČR)
- Carrez I + Carrez II (30% ZnSO<sub>4</sub>+ 15% C<sub>6</sub>N<sub>6</sub>FeK<sub>4</sub>)
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Lachema, ČR)
- CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH (Lachema, ČR)
- NaNO<sub>2</sub> (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, Česká republika)
- AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O (Fluka, Německo)
- ABTS (2,2'-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonová kyselina) (Sigma Aldrich, Německo)
- DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl) (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard troloxu (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina, Sigma Aldrich, Německo)
- KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (Ing. Petr Lukeš, ČR)
- Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12 H<sub>2</sub>O (Ing. Petr Lukeš, ČR)
- Folin-Ciocalteuovo činidlo (Sigma Aldrich, Německo)
- Pepsin (z vepřové žaludeční sliznice): aktivita 0,7 FIP-U/mg, (Merck KGaA, Německo)
- Pankreatin (z vepřové slinivky): proteázová aktivita 350 FIP-U/g, lipázová aktivita 6000 FIP-U/g, amylázová aktivita 7500 FIP-U/g USP, (Merck KGaA, Německo)

- neutrálně-detergentní činidlo obsahující disodnou sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný (Ankom Technology, NY, USA)
- trietylglykol (Ankom Technology, NY, USA)
- $\alpha$ -amyláza (Ankom Technology, NY, USA)

## 5.2 Charakteristika vzorků

Vzorky zrn pšeníc Rotkorn (*Triticum aestivum* var. *milturum*) a Dickkopf (hybrid of *T. aestivum*) z daných roků sklizně byly poskytnuty prof. Dr. Agr. Janem Sneydem (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Stuttgart, Německo) a firmou Bäckerhaus Veit GmbH (Bempflingen, Německo). Od každého vzorku byl poskytnut cca 1 kg. Vzorky pšenice Kamut (*Triticum turgidum* ssp. *turanicum*) byly zakoupeny v obchodní síti v množství cca 2,5 kg. Vzorky zrn (tmavé zrno a světlé zrno) miličky habešské (teff, *Eragrostis tef* L.) pocházející z Bolívie a USA (Idaho) a EU byly zakoupeny v obchodní síti. Vzorky zrn z USA byly pak poskytnuty od pěstitele v deklarované bio-kvalitě. Všechny vzorky miličky habešské byly v množství 1,5 – 2,5 kg. Vzorky rýže s černými a červenými obalovými vrstvami (*Oryza sativa* L.) byly zakoupeny v rámci obchodní sítě ČR, a to v množství 2,5 kg od každého vzorku. Tyto vzorky byly do rozemletí uschovány v laboratoři za nepřístupu světla po dobu maximálně 1 měsíce. V rámci DP bylo použito celkem 16 vzorků obilovin, které před samotnou analýzou byly rozemlety pomocí laboratorního mlýnku (Waldner Biotech) na co nejjemnější konzistenci. Síťová analýza vzorků nebyla prováděna. Pomleté vzorky byly skladovány v tmavých uzavíratelných plastových (PET) nádobách ve tmě při laboratorní teplotě po dobu ne delší než 3 týdny do příslušného stanovení daných jakostních parametrů.



Tab. č.: 3 Vzorke netradičních obilovin

Označení vzorku	Vzorek	Země původu
1.	Pšenice – Kamut	Belgie
2.	Pšenice – Kamut	Kanada
3.	Pšenice – Rotkorn 2013	Německo
4.	Pšenice – Rotkorn 2014	Německo
5.	Pšenice – Rotkorn 2015	Německo
6.	Pšenice – Dickkopf 2013	Německo
7.	Pšenice - Dickkopf 2015	Německo
8.	Teff – bílé zrno	USA
9.	Teff – bílé zrno	Bolívie
10.	Teff – hnědé zrno	Bolívie
11.	Teff – hnědé zrno	USA
12.	Teff – hnědé zrno	EU
13.	Rýže s červenými obalovými vrstvami	Thajsko
14.	Rýže s červenými obalovými vrstvami	Kambodža
15.	Rýže s černými obalovými vrstvami	Čína
16.	Rýže s černými obalovými vrstvami	Japonsko

U Syrových zrn obilovin byla provedena stanovení základních nutričních parametrů (vlhkosti, popele, škrobu, hrubých bílkovin, neutrálně–detergentní vlákniny, hrubé vlákniny), celkových polyfenolů, antioxidační aktivity metodou s ABTS a DPPH a stravitelnost.

Vzorke (pšenice) Dickkopf 2015, Rotkorn 2015, rýže s červenými obalovými vrstvami (Kambodža), rýže s černými obalovými vrstvami (Čína) a dále pak vzorky miličky bílého (USA) a hnědého zrna (Bolívie) byly podrobeny tepelné kulinární úpravě (tj. varem ve vodě, užitím rýžovaru a metodou sous-vide). U kulinárně zpracovaných vzorků bylo provedeno stanovení celkových polyfenolů a antioxidační aktivity metodou s ABTS a DPPH a také stanovení stravitelnosti.

### 5.3 Stanovení popela

Postup byl proveden dle modifikace normy ČSN ISO 2171 (461019). 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg byl navážen do předem vyžíhaného a zváženého porcelánového

kelímku. Ten byl spolu se vzorkem umístěn do muflové pece a jeho obsah byl spalován po dobu 5,5 hod při teplotě  $550 \pm 10$  °C. Následně byl kelímeček vložen do exsikátoru k vychladnutí, poté zvážen na analytických vahách [35]. Každý vzorek byl spalován třikrát, výsledek byl vyjádřen v % obsahu popela v sušině vzorku.

Výpočet obsahu popela [% hm]:

$$P = \frac{m_3 - m_1}{m_2} \cdot 100 \quad (1)$$

kde P ..... obsah popela v % (w/w)

$m_1$  .... hmotnost prázdného vyžíhaného kelímku [g]

$m_2$  .... hmotnost navážky vzorku [g]

$m_3$  .... hmotnost kelímku se vzorkem po spálení [g].

Výpočet obsahu popela v sušině [%]

$$X_s = \frac{X}{S} \cdot 100 \quad (2)$$

kde S ... obsah sušiny.

#### 5.4 Stanovení vlhkosti

Postup stanovení vlhkosti byl proveden dle modifikace dle normy ČSN ISO 712 (461014). Do hliníkového kelímku, který byl předsušen v sušárně při  $130 \pm 3$  °C po dobu 1 hod, byl odvážen 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Poté byl kelímeček vložen do sušárny při  $130 \pm 3$  °C a sušen po dobu 1 hod. Po vychladnutí v exsikátoru byly misky následně zváženy na analytických vahách. Výsledkem byl průměr ze tří stanovení [36].

Výpočet vlhkosti [%]:

$$X = \frac{m}{m_0} \cdot 100 \quad (3)$$

kde m .... úbytek hmotnosti [g]

$m_0$  ... navážka vzorku [g].

Výpočet obsahu sušiny ve vzorku [%]:

$$S = 100 - X \quad (4)$$

kde S ... obsah sušiny.

## 5.5 Stanovení obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou s následným přepočtem na obsah hrubých bílkovin

Stanovení obsahu dusíkatých látek bylo provedeno dle modifikace ČSN EN ISO 20483 (461401) [37]. Do mineralizační zkumavky bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Ke vzorku byla přidána 1 lžička směsného katalyzátoru ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  v poměru 10:1), 10 ml 96%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Po malých dávkách byl přidáván 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Následně byla zkumavka vložena do mineralizačního zařízení, kde byla nastavena teplota 400 °C po dobu 1 hodiny. Po ukončení mineralizace byl mineralizát kvantitativně převeden do odměrné baňky o objemu 25 ml za použití destilované vody. Pro stanovení bílkovin byla použita soustava Parnas-Wagnera. Do destilační baňky přístroje bylo pipetováno 10 ml zředěného mineralizátu a 20 ml 30 hmot. % NaOH. Amoniak, uvolněný přidávkem NaOH, byl predestilován pomocí destilace s vodní parou a byl jímán do titrační baňky s 50 ml 2 hmot. % roztoku kyseliny borité. Do titrační baňky se přidaly cca 3 – 4 kapky indikátoru Tashiro, vzorek byl dále titrován  $0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  do stálého červenofialového zbarvení. Z množství spotřebované kyseliny sírové byl vypočten obsah dusíku a následně byl vypočítán obsah hrubých bílkovin. Vzorek byl vždy proměřen 4x. Výpočet obsahu hrubých bílkovin [mg]:

$$X = b \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot M_n \cdot f_t \cdot f_z \cdot f_{př} \quad (5)$$

kde b .... spotřeba  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [ml]

c .... koncentrace  $0,025 \text{ H}_2\text{SO}_4$  [ $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ]

$M_n$  .. molární hmotnost dusíku ( $M_N = 14,01$ ) [ $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ]

$f_t$  .... titrační faktor = 2

$f_z$  .... zředovací faktor = 2,5

$f_{př}$  ... přepočítávací faktory pro jednotlivé vzorky (pšenice = 5,83; rýže = 5,95; teff = 6,25).

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny v %:

$$S_B = \frac{m_B}{m_n} \cdot 100 \quad (6)$$

$m_B$  – obsah hrubé bílkoviny [g]

$m_n$  – hmotnost navážky vzorku [g].

## 5.6 Stanovení obsahu škrobu dle Ewerse

Postup stanovení obsah škrobu byl proveden dle modifikace normy ČSN EN ISO 10520 (566120). Do odměrné baňky o objemu 100 ml bylo na předvážkách naváženo 5 g vzorku (v případě rýže byla zvolena navážka 2,5 g) a přidáno 25 ml 1,124 hmot. % HCl. Obsah byl dále smíchán s dalšími 25 ml 1,124 hmot. % HCl a promíchán, baňka byla vložena do vroucí vodní lázně, tak, aby byla ponořena zcela ve vodě. Var probíhal po dobu 30 minut. Poté bylo přidáno opět 20 ml 1,124 hmot. % HCl a baňka byla ochlazena pod tekoucí vodou. Provedlo se vyčeření pomocí činidel Carrez I a II (v obou případech 3 ml, Carrez I 30% síran zinečnatý a Carrez II 15% hexakyanoželeznatan draselný). Vyčeření probíhalo po dobu 5 minut, následně byla baňka doplněna po rysku destilovanou vodou a roztok byl poté přefiltrován. Filtrát byl naplněn do polarimetrické trubice, na polarimetru byl změřen úhel otočení polarizovaného světla. Měření bylo provedeno u každého vzorku 4x [38].

Výpočet obsahu škrobu [%]:

$$S_s = \frac{\alpha * 10^4}{[\alpha]_{\lambda}^t * l * n} \quad (7)$$

$[\alpha]_{\lambda}^t$  .... specifická otáčivost při teplotě  $t$  a vlnové délce  $\lambda$  [°]

pro škrob:	<i>pšeničný</i>	182,7°
	<i>rýže</i>	185,9°

$l$  .... tloušťka vrstvy (délka polarimetrické trubice) [dm]

$n$  .... navážka vzorku [g].

## 5.7 Stanovení vlákniny

### 5.7.1 Stanovení hrubé vlákniny

Nejprve byly filtrační sáčky F57 proprány v acetonu a byly zváženy s přesností na 0,1 mg. Do jednotlivých sáčků bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,1 mg, jeden filtrační sáček byl ponechán bez vzorku jako korekce. Poté byly sáčky zataveny a umístěny do analyzátoru Ankom fiber<sup>220</sup>, do něhož byla přidána 0,1275 mol.dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Probíhala hydrolyza vzorků při teplotě 100 °C 45 minut. Následně bylo vypnuto vyhřívání a kyselina byla vypuštěna. V přístroji byly sáčky opakovaně proplachovány horkou destilovanou vodou. Celý postup byl opět při teplotě 100 °C 45 minut opakován s přídatkem 0,313

mol.dm<sup>-3</sup> NaOH (opakoval se také proplach horkou vodou). Před vyjmutím byly sáčky propláchnuty studenou destilovanou vodou. Po vyjmutí byly sáčky osušeny filtračním papírem a ponořeny do acetonu. Byly umístěny do sušárny, která byla předeřhřata na 105 °C a sušeny po dobu 4 hodin, po vychladnutí v exsikátoru a byly zváženy s přesností na 0,1 mg. Dalším krokem, který následoval, bylo vložení sáčku se vzorkem do předem vyžihaného a zváženého porcelánového kelímku, proběhlo spálení v muflové peci při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byl spálený zbytek zvážen (přesnost 0,1 mg). Každé stanovení bylo provedeno trojím opakování.

Výpočet obsahu hrubé vlákniny v %:

$$CF = \frac{(m_3 - m_1 * c_1) - (m_4 - m_1 * c_2)}{m_2} \quad (8)$$

$m_1$  – hmotnost prázdného sáčku [g]

$m_2$  – hmotnost navážky vzorku [g]

$m_3$  – hmotnost vysušeného sáčku [g]

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

$c_1$  – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g]

$c_2$  – korekce sáčku po spálení [g].

Výpočet korekce v g:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (9)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (10)$$

$m_s$  – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolýze [g]

$m_p$  – hmotnost popela prázdného sáčku [g].

### 5.7.2 Neutrálně-detergentní vláknina (NDF)

V první fázi bylo připraveno neutrálně-detergentní činidlo: naváženo bylo 120 g neutrálně-detergentního činidla (NDC – obsahující disodnou sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný) a bylo přidáno 20 ml trietylenglykolu. Vše bylo rozpuštěno ve 2 l destilované vody. Následně bylo přidáno 20 g siřičitanu sodného a 4 ml  $\alpha$ -amylázy, čímž byl získán neutrálně-detergentní roztok (NDR). V acetonu promyté sáčky typu F57 byly vysušeny a zváženy

s přesností na 0,1 mg. Do nich bylo naváženo 0,5 g vzorku a sáčky byly zataveny (plus jeden prázdný sáček jako korekce). Sáčky byly umístěny do přístroje Ankom fiber<sup>220</sup>. Následně byl přilít NDR, termostat byl nastaven na 100 °C, proces míchání na 75 minut a přístroj byl uzavřen. Po této době byl roztok NDR vypuštěn, následně byly sáčky se vzorky několikrát propláchnuty horkou destilovanou vodou (3x) s přidavkem 4 ml  $\alpha$ -amylázy, poslední čtvrtý proplach byl proveden chladnou vodou bez  $\alpha$ -amylázy. Při každém proplachu bylo zapnuto ještě na cca 5 minut promíchávání. Poté byly sáčky vysušeny pomocí filtračního papíru a vloženy na 3 minuty do acetonu, následně znovu přesušeny filtračním papírem. Pak byly sáčky vloženy do sušárny a sušeny při teplotě 105 °C po dobu 4 hodin, po vychladnutí v exsikátoru byly zváženy. Konečným krokem bylo vložení vysušených sáčků se vzorky do předem vyžíhaných a zvážených kelímků a ponechány ke spálení při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po spálení byly kelímky umístěny do exsikátoru, zchlazeny a zváženy. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení.

Výpočet obsahu neutrálně-detergentní vlákniny [%]:

$$NDF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100 \quad (11)$$

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (12)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_3} \quad (13)$$

kde: NDF .... obsah neutrálně-detergentní vlákniny [%]

$m_1$  .... hmotnost prázdného sáčku [g]

$m_2$  .... hmotnost navážky vzorku [g]

$m_3$  .... hmotnost sáčku po vysušení [g]

$m_4$  .... hmotnost popela po spálení [g]

$c_1$  .... korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze

$c_2$  .... korekce hmotnosti sáčku po spálení

$m_s$  .... hmotnost vysušeného prázdného sáčku [g]

$m_p$  .... hmotnost popela prázdného sáčku [g].

## 5.8 Stanovení stravitelnosti

Nejprve byl připraven  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  roztok HCl o objemu 1,7 l, dále pak fosfátový pufr (pH 7,45), a to smícháním 3,07 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  a 32,49 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  do 1,7 l destilované vody. Do zvážených filtračních sáčků předem vypraných v acetonu bylo naváženo 0,25 g pomletého vzorku s přesností na 0,1 mg. Sáčky se vzorky byly zataveny a spolu s prázdným sáčkem (korekce), byly umístěny do inkubačních lahví (maximální množství 25 kusů na 1 lahev). Do inkubační lahve bylo následně přidáno 1,7 l  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  HCl (předem vytemperován na teplotu  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ), ve kterém bylo rozpuštěno 3 g pepsinu. Takto připravené lahve byly ihned umístěny do inkubátoru Daisy a inkubovány po dobu 4 hodin (což je možné vysvětlit, jako dobu, po kterou potrava může zůstat v žaludku). Sáčky byly po uplynutí této doby několikrát propláchnuty destilovanou vodou, přebytečná voda pak byla odstraněna pomocí filtračního papíru. Dále bylo jako inkubačního roztoku použito 1,7 l fosfátového pufru vytemperovaného na teplotu  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ , do něhož bylo přidáno 3 g pankreatinu. Po inkubační době 24 hodin (což je možná doba trávení v tenkém střevě) byly tyto umístěny do vodní lázně ( $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , teplota byla udržována po dobu 30 minut) za účelem odstranění/vysrážení škrobu. Následně byly sáčky opět promyty destilovanou vodou a byly vloženy do sušárny a sušeny při teplotě  $103 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 24 hodin, vychlazeny v exsikátoru a zváženy. Posledním krokem bylo spálení sáčků v keramických kelímcích v muflové peci při  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  (po dobu 5,5 hodiny) a po vychladnutí v exsikátoru byly kelímky zchlazeny a zváženy.

Výpočet stravitelnosti vyjádřen jako stravitelnost sušiny a organické hmoty vzorku:

$$\text{DMD} = 100 - \frac{100 \cdot \text{DMR}}{m_2 \cdot \text{DM}} \quad (14)$$

$$\text{DMR} = m_3 - m_1 \cdot c_1 \quad (15)$$

$$\text{DM} = \frac{S \cdot m_s}{100} \quad (16)$$

$$\text{OMD} = 100 - \frac{100 \cdot (\text{DMR} - \text{AR})}{m_2 \cdot \text{DM} \cdot \text{OM}} \quad (17)$$

$$\text{AR} = m_4 - m_1 \cdot c_2 \quad (18)$$

$$\text{OM} = \frac{S - \text{Po}}{100} \quad (19)$$

DMD .... hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%]

OMD .... hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku [%]

DMR ....	hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení [g]
DM ....	obsah sušiny ve vzorku [g]
S ....	obsah sušiny ve vzorku [%]
AR ....	hmotnost popela vzorku bez sáčku [g]
OM ....	obsah organické hmoty v sušině vzorku [g]
Po ...	obsah popela ve vzorku [%]
$m_1$ ....	hmotnost sáčku [g]
$m_2$ ....	hmotnost vzorku [g]
$m_3$ ....	hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g]
$m_4$ ....	hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g]
$m_s$ ....	hmotnost vzorku na stanovení sušiny [g].

## 5.9 Extrakce polyfenolických frakcí z obilných zrn

### 5.9.1 Extrakce volných polyfenolů

2 g vzorku rozemletého obilného zrna byly naváženy do tmavých lékovek s přesností na 0,1 mg. K tomuto množství bylo přidáno po 10 ml 100% metanolu pro vzorky pšenice nebo 8 ml 80% metanolu pro ostatní druhy obilovin. Ke každému vzorku byla přidána kapka etylacetátu. Lékovky byly umístěny do ultrazvukové lázně (teplota 40 °C, 1 hodina). Extrakty byly převedeny do centrifugačních zkumavek a odstředěny při 4321g po dobu 25 minut, pH bylo upraveno 6 mol.dm<sup>-3</sup> HCl na 3,5 až 4,5. Supernatant byl slit do čistých prázdných lékovek a byl tak získán extrakt obsahující volné frakce polyfenolů.

### 5.9.2 Extrakce vázaných polyfenolů

Pro stanovení vázaných polyfenolů se použil pevný zbytek po extrakci volných polyfenolů. Ten byl promyt 20 ml destilované vody, následně byla voda odsáta a ke vzorku bylo přidáno 25 ml 0,1 mol.dm<sup>-3</sup> NaOH. Vzorek byl opětovně ponechán v ultrazvuku (40 °C, 1 hodinu). Obsah lékovky byl přelit do centrifugačních zkumavek, které byly zchlazeny ve vodní lázni s ledem, následně byl obsah odstředěn při 4321g po dobu 25 minut. Opět bylo upraveno pH na 3,5 až 4,5 pomocí 6 mol.dm<sup>-3</sup> HCl a tak byl získán extrakt vázaných polyfenolů.



Oba připravené extrakty volných i vázaných polyfenolů byly použity pro stanovení celkových polyfenolů a antioxidační aktivity.

### 5.10 Stanovení celkových polyfenolů Folin-Ciocalteuho metodou

Byl připraven slepý pokus – blank, a to tak, že do odměrné baňky o objemu 10 ml bylo přidáno 5 ml destilované vody, 0,5 ml Folin-Ciocalteuho činidla, 1,5 ml 20%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a objem byl doplněn destilovanou vodou po rysku. Pro měření extraktů vzorků bylo vždy do 10ml odměrné baňky pipetováno 5 ml destilované vody, dále 100  $\mu\text{l}$  extraktu vzorku, 0,5 ml Folin-Ciocalteuho činidla, 1,5 ml 20%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a v poslední řadě je objem baňky doplněn destilovanou vodou po rysku. Měření absorbance probíhalo po uplynutí 30 minut spektrofotometricky při vlnové délce 765 nm na spektrofotometru Lambda 25 oproti blanku. Pro kalibrační křivku byl použit stejný postup jako při stanovení vzorků s tím rozdílem, že místo extraktu vzorku byly použity jednotlivé koncentrace standardu kyseliny gallové v metanolu. Zásobní roztok měl koncentraci 4000  $\text{mg.l}^{-1}$ , následně bylo provedeno jeho ředění na kalibrační řadu 800, 600, 400, 200, 100 a 50  $\text{mg.l}^{-1}$ . Poté byla sestavena kalibrační křivka jako závislost absorbance (A) na koncentraci kyseliny gallové ( $\text{mg.l}^{-1}$ ). Každý vzorek byl proměřen nejméně 6x.

### 5.11 Stanovení antioxidační aktivity

#### 5.11.1 Metoda s ABTS

Roztok ABTS ( $3,5 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) byl připraven do 25ml odměrné baňky, a to rozpuštěním 0,045 g ABTS a doplněním po rysku destilovanou vodou. Roztok  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  ( $0,06 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) rozpuštěním 0,162 g této látky a doplněním do 10ml odměrné baňky taktéž destilovanou vodou. Den před samotnou analýzou (cca 16 – 17 hodin) byl připraven radikál  $\text{ABTS}^{\bullet}$ , což spočívalo ve smíchání roztoku ABTS a  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  v poměru 50:1 (např. 10 ml roztoku ABTS a 0,2 ml  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ). Generace radikálu probíhá cca 16 hodin. Dalším krokem (těsně před samotným měřením) byla příprava octanového pufru o pH 4,3, který byl připraven smícháním 136,5 ml  $0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$   $\text{CH}_3\text{COOH}$  (jež připravíme smícháním 5,72 ml 99%  $\text{CH}_3\text{COOH}$  do 500 ml destilované vody) a 63,5 ml  $0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$   $\text{CH}_3\text{COONa}$  (13,61 g  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  do 500 ml destilované vody). Následně byla připravena reakční směs (dále jen RS) smícháním pufru s vygenerovaným radikálem v poměru 39:1. Vlastní měření probíhalo tak, že 12 ml RS bylo smícháno v kádince se 150  $\mu\text{l}$  extraktu vzorku (nebo daných koncentrací kalibrační řady troloxu) a ponecháno 30 minut ve tmě. Absorbance

byla proměřena na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 734 nm; jako blank byl použit pufr. Každý vzorek byl proměřen nejméně 8x.

Výpočet inaktivace I z úbytku absorbance [%]:

$$I = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100 \quad (16)$$

- I .... inhibice radikálu DPPH v %,  
A<sub>0</sub> .... absorbance získané při slepém pokusu,  
A<sub>1</sub> .... absorbance analyzovaného vzorku.

Pro vytvoření kalibrační křivky byl jako standard použit trolox. Ředěním byla vytvořena řada o koncentracích 0,04; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2 a 1,6 mmol.l<sup>-1</sup>. Následně byla z naměřených hodnot úbytků absorbancí a vypočítané inaktivace sestrojena kalibrační křivka – závislost inaktivace (%) na koncentraci troloxu (mmol.l<sup>-1</sup>). Z rovnice lineární regrese byla vypočtena celková antioxidační aktivita vzorku vyjádřena jako ekvivalentní množství mmol troloxu na kg vzorku.

### 5.11.2 Metoda DPPH

Nejprve byl připraven zásobní roztok DPPH radikálu rozpuštěním 0,024 g DPPH ve 100 ml metanolu. Z něj byly postupně připravovány roztoky pracovní, kde bylo vždy smícháno 10 ml zásobního roztoku a 45 ml metanolu. Pracovní roztok byl spektrofotometricky proměřen proti metanolu jako blanku, a to při vlnové délce 515 nm. Samotné měření antioxidační aktivity vzorků spočívalo v pipetování 450 µl extraktu vzorku (nebo jednotlivých koncentrací troloxu z kalibrační řady) do zkumavky k němuž bylo přidáno 8,55 ml pracovního roztoku DPPH. Takto připravený vzorek byl ponechán po dobu 60 minut ve tmě, poté byla změřena absorbance na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 515 nm. Zásobní roztok (troloxu) byl vytvořen rozpuštěním standardu v metanolu na koncentraci 80 mg.l<sup>-1</sup>. Pomocí ředění byla vytvořena kalibrační řada o koncentracích 0,16; 0,32; 0,48; 0,64; 0,80 mmol.l<sup>-1</sup>. Hodnota inaktivace (%) byla vynesena do kalibrační křivky v závislosti na koncentraci troloxu (mmol.kg<sup>-1</sup>), jako standardu. Z rovnice lineární regrese byla vypočítána hodnota antioxidační aktivity vyjádřená v ekvivalentech mmol troloxu na kg vzorku. Každý vzorek byl proměřen nejméně 6x.

## 5.12 Tepelné úpravy vybraných obilných zrn

Tepelná úprava byla provedena u vzorků: Dickkopf 2015, Rotkorn 2015, dále pak rýže s červenými obalovými vrstvami (Kambodža), rýže s černými obalovými vrstvami (Čína) a u vzorků miličky bílého (USA) a tmavého zrna (Bolívie).

Vzorky obilovin byly tepelně upraveny třemi způsoby: varem ve vodě, v rýžovaru a technikou sous-vide.

Tepelná úprava varem ve vodě spočívala v povaření 50 g vzorku ve 150 ml vody při teplotě 100 °C po dobu 15 min. Úpravou v rýžovaru bylo 50 g vzorku vařeno ve 120 ml vody v automatickém programu rýžovaru. V případě sous-vide bylo 50 g vzorku namočeno ve 120 ml vody po dobu 3 hodin, nabobtnaná zrna byla následně umístěna do polyamido-polystyrenového obalu o velikosti 20x30 cm, obal byl hermeticky uzavřen ve vakuovém přístroji. Takto zapečetěné obaly byly následně vloženy do vodní lázně, která byla opatřena teploměrem. Teplota byla udržována při 85 °C s výdrží 30 – 40 minut. Po uvaření byly zapečetěné obaly se vzorky ihned ochlazeny ve vodní lázni.

Všechny vzorky byly po tepelné úpravě uchovávány v plastových sáčcích v laboratoři pro následné analýzy, ne déle jak 3 týdny do stanovení.

## 5.13 Statistická analýza

Statisticky byly výsledky vyhodnoceny za užití parametrického testu srovnávajícího střední hodnoty dvou nezávislých souborů, tzv. Studentův t-test, byl využit statistický program StatK25 a hladina významnosti byla zvolena 0,05 [118].

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci výsledkové části, byly vzorky rozděleny do tří skupin dle obilovin (pšenice, rýže a teff), v rámci nichž, byly tyto vyhodnocovány a podrobeny diskuzi.

### 6.1 Výsledky stanovení nutričních parametrů u syrových netradičních zrn obilovin

Základní nutriční parametry u vzorků obilovin byly stanoveny podle jednotlivých postupů uvedených v kapitolách 5.3 až 5.7. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tab. č. 4, č. 5 a č. 6, výsledky jsou prezentovány jako obsah v sušině vzorku.

Tab. č.: 4 Výsledky stanovení nutričních parametrů u syrových zrn pšenice

% v sušině	Vlhkost	Popel	Hrubé bílkoviny	Škrob	CF	NDF
Kamut Belgie	10,4±0,1 <sup>a</sup>	1,90±0,05 <sup>a</sup>	12,50±0,10 <sup>a</sup>	61,32±0,90 <sup>a</sup>	2,01±0,05 <sup>a</sup>	11,27±0,15 <sup>a</sup>
Kamut Kanada	11,8±0,1 <sup>b</sup>	1,93±0,10 <sup>a</sup>	13,85±0,15 <sup>b</sup>	59,56±0,80 <sup>b,d</sup>	2,15±0,04 <sup>b</sup>	11,56±0,15 <sup>b,g</sup>
Dickkopf 2013	8,1±0,1 <sup>c</sup>	1,74±0,05 <sup>b</sup>	15,78±0,15 <sup>c</sup>	63,70±0,50 <sup>c</sup>	3,16±0,10 <sup>c,g</sup>	9,25±0,15 <sup>c</sup>
Dickkopf 2015	9,8±0,2 <sup>d</sup>	2,10±0,05 <sup>c</sup>	16,52±0,10 <sup>d</sup>	60,21±0,50 <sup>d</sup>	3,33±0,05 <sup>d</sup>	9,76±0,10 <sup>d</sup>
Rotkorn 2013	8,9±0,2 <sup>e,f</sup>	1,98±0,10 <sup>a,c</sup>	12,84±0,20 <sup>e</sup>	55,90±0,90 <sup>e,f,g</sup>	2,31±0,05 <sup>e</sup>	12,62±0,15 <sup>e</sup>
Rotkorn 2014	8,8±0,1 <sup>f</sup>	1,97±0,06 <sup>a</sup>	12,54±0,15 <sup>a</sup>	56,2±1,00 <sup>f,g</sup>	2,52±0,05 <sup>f</sup>	12,17±0,20 <sup>f</sup>
Rotkorn 2015	10,9±0,1 <sup>g</sup>	1,91±0,10 <sup>a</sup>	13,58±0,20 <sup>f</sup>	57,10±1,0 <sup>g</sup>	3,03±0,10 <sup>g</sup>	11,78±0,15 <sup>g</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Výsledky stanovení obsahu vlhkosti se pohybovaly v rozmezí 8,1 až 11,8 %. Nejvyšší obsah byl zjevný u vzorku pšenice Kamut (pěstován v Kanadě), nejnižší pak u vzorku pšenice Dickkopf (2013). Všechny uvedené hodnoty jsou v souladu s vyhláškou č. 333/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, kdy pro mlýnské obilné výrobky je stanovena hodnota vlhkosti maximálně 15 %.

Obsah popela je úměrný obsahu minerálních látek ve vzorku. Hodnoty obsahu popela se v případě netradičních pšenice pohybovaly v rozmezí 1,74 až 2,10 %. Nejvyšší obsah

popela byl zjištěn u vzorku pšenice Dickkopf 2015 (2,10 %), nejnižší pak u vzorku pšenice Dickkopf 2013 (1,74 %). Studie [106] udává hodnoty obsahu minerálních látek v pšenici v průměru 1,84 %. Průměrný obsah popely v námi analyzovaných vzorcích byl až na jeden vzorek vyšší. To ukazuje na možné vyšší zastoupení minerálních látek v netradičních zrnech pšenice.

Obsah hrubých bílkovin byl v případě vzorků pšenice stanoven v rozmezí od 12,50 (Kamut – Belgie) do 16,52 % (Dickkopf 2015). Staticky významný rozdíl nebyl shledán u vzorků Kamut (Belgie) a pšenice Rotkorn 2014, tyto dva zmíněné vzorky se pak nejvíce přibližují výsledku obsahu bílkovin studie [94], v níž byla zjištěna hodnota cca 12,7 %. Obsah bílkovin v pšeničném zrně dle [107] se pohybuje v rozmezí 10 – 17 %, tyto hodnoty vykazovaly všechny analyzované vzorky pšenice.

Obsah škrobu v pšeničném zrně byl stanoven v rozmezí od 55,90 (Rotkorn 2013) do 63,21 % (Dickkopf 2013). Údaje obsahu škrobu v sušině pšeničného zrna uvedené v publikaci [53] jsou uvedeny v rozmezí 58 – 76 %. Toto rozmezí splňují vzorky pšenice Kamut a Dickkopf, v případě pšenice Rotkorn byly stanoveny hodnoty nepatrně nižší ve srovnání s příslušnou literaturou (55,90; 56,2 a 57,10 %), což je ale pro pšeničná zrna s červenými obalovými vrstvami typické.

Obsah CF (hrubá vláknina) vzorků pšenice byl zjištěn od 2,01 (Kamut, pěstován v Belgii) do 3,33 % (Dickkopf 2015). Literatura [108] udává hodnotu hrubé vlákniny 2,4 %, v další publikaci [8] je rozmezí 2,4 – 2,6 %. V našem případě byly vyšší hodnoty stanoveny u tří vzorků, a to vzorků pšenice Dickkopf (2013 a 2015) a vzorku pšenice Rotkorn (2015). Obsah neutrálně-detergentní vlákniny (dále jen „NDF“) byl od 9,25 (Dickkopf 2013) do 12,62 % (Rotkorn 2013). Statisticky významný rozdíl v tomto případě nevykazovaly vzorky pšenice Kamut (pěstován v Belgii) a pšenice Rotkorn (2015). Hodnoty NDF vyjadřují komplex ligninu, celulózy a nerozpustných hemicelulóz, hrubá vláknina představuje komplex ligninu a celulózy.

Tab. č.: 5 Výsledky stanovení nutričních parametrů syrových zrn rýže

% v sušině	Vlhkost	Popel	Hrubé bílkoviny	Škrob	CF	NDF
Rýže s červenými obalovými vrstvami Kambodža	11,5±0,2 <sup>a</sup>	1,25±0,10 <sup>a</sup>	10,48±0,15 <sup>a</sup>	70,05±1,0 <sup>a</sup>	1,70±0,10 <sup>a</sup>	4,40±0,13 <sup>a</sup>
Rýže s červenými obalovými vrstvami Thajsko	11,9±0,2 <sup>b</sup>	1,69±0,07 <sup>b</sup>	9,60±0,10 <sup>b</sup>	71,02±0,90 <sup>a</sup>	1,58±0,10 <sup>a</sup>	4,02±0,010 <sup>b</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Čína	8,4±0,1 <sup>c</sup>	3,22±0,05 <sup>c</sup>	15,80±0,20 <sup>c,d</sup>	54,5±1,05 <sup>b</sup>	2,78±0,15 <sup>b</sup>	13,13±0,15 <sup>c</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Japonsko	10,8±0,1 <sup>d</sup>	2,44±0,07 <sup>d</sup>	15,63±0,22 <sup>d</sup>	51,7±0,90 <sup>c</sup>	2,22±0,05 <sup>c</sup>	11,64±0,20 <sup>d</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Obsah vlhkosti se pohybuje u vybraných vzorků rýží s barevnými obalovými vrstvami v rozmezí od 8,4 (rýže s černými obalovými vrstvami) do 11,9 (rýže s červenými obalovými vrstvami). Tyto hodnoty jsou v souladu s vyhláškou č. 333/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Hodnoty obsahu popela v netradičních rýžích (s červenými a černými obalovými vrstvami) vykazují nejvyšší zastoupení popela v případě rýže s černými obalovými vrstvami (konkrétně u vzorku rýže z Číny, a to 3,22 %). Nejnižší množství bylo zjištěno u vzorku rýže s červenými obalovými vrstvami (pěstované v Kambodži), hodnota popela tohoto vzorku byla 1,25 %. Studie [96] udává obsah popela ve vzorcích rýže v rozmezí 1,5 – 2,0 %. U námi analyzovaných vzorků byl obsah popele v rozmezí těchto hodnot, až na vzorky rýže s černými obalovými vrstvami z Číny a Japonska.

Obsah hrubých bílkovin u vzorků rýže se pohyboval v rozmezí od 9,60 (rýže s červenými obalovými vrstvami pěstovaná v Thajsku) do 15,80 (rýže s černými obalovými vrstvami

pěstovaná v Číně). Obsah bílkovin v rýžových zrnech dle studie [83] se pohybuje mezi 8 – 10 %, v případě studie [96] byl obsah bílkovin stanoven u černé rýže v rozmezí 8,0 až 10,8 %. U námi stanovených vzorků jsou tyto hodnoty srovnatelné u vzorků rýže s červenými obalovými vrstvami. V případě rýže s černými obalovými vrstvami byly hodnoty podstatně vyšší, jsou srovnatelnější s hodnotami obsahu bílkovin divoké rýže (*Zizania aquatica* L.), kdy dle studie [109] je uvedeno, že obsah bílkovin v ní je od 12,4 do 15,0 %.

Obsah škrobu v rýžovém zrně byl v rozmezí od 51,7 (rýže s černými obalovými vrstvami, pěstována v Japonsku) do 71,2 % (rýže s červenými obalovými vrstvami, pěstována v Thajsku). Obsah škrobu v rýži je proměnlivý, obvykle se pohybuje v rozmezí 50 až 80 % [82]. Zdroj [96] uvádí hodnoty obsahu škrobu v rozmezí 71 – 74 %, čemuž v našem případě odpovídaly vzorky rýže s červenými obalovými vrstvami. Vzorky rýže s černými obalovými vrstvami vykazovaly hodnoty škrobu ve srovnání s předešlými vzorky podstatně nižší. Právě studie [81 a 82] poukazují na hodnoty barevných rýží v rozmezí 40 – 50 %, čemuž více odpovídají vzorky rýže s černými obalovými vrstvami.

Obsah CF vzorků barevných rýží byl v rozmezí od 1,58 (rýže s červenými obalovými vrstvami) do 2,78 % (rýže s černými obalovými vrstvami). Neutrálně-detergentní vláknina se pohybovala od 4,02 (rýže s červenými obalovými vrstvami, pěstována v Kambodži) do hodnoty 13,13 % (rýže s černými obalovými vrstvami, pěstována v Číně). Vzorky se mezi sebou statisticky významně liší. Porovnáním obsahu vlákniny vzorků barevných rýží a rýže „bílých“ (rýže s bílými obalovými vrstvami), je možné říci, že vyšší hodnoty jsou sledovány u barevných rýží ve srovnání s rýžemi „bílými“. Obsah nerozpustné vlákniny v „bílých“ rýžích byl stanoven v množství 0,9 % [110], studie Li [111] udává obsah nerozpustné vlákniny u hnědé rýže 2,86 %.

Tab. č.: 6 Výsledky stanovení nutričních parametrů syrových zrn miličky

% v sušině	Vlhkost	Popel	Hrubé bílkoviny	Škrob	CF	NDF
Teff – bílé zrna, USA	10,1±0,10 <sup>a</sup>	1,90±0,10 <sup>a</sup>	12,51±0,15 <sup>a</sup>	51,15±1,05 <sup>a</sup>	3,24±0,10 <sup>a</sup>	13,52±0,22 <sup>a</sup>
Teff – bílé zrna, Bolívie	9,8±0,10 <sup>b</sup>	2,21±0,05 <sup>b,c</sup>	16,59±0,25 <sup>b</sup>	53,20±0,80 <sup>b</sup>	3,06±0,10 <sup>b</sup>	12,06±0,12 <sup>b</sup>
Teff – hnědé zrna, EU	10,5±0,10 <sup>c</sup>	2,29±0,10 <sup>c</sup>	11,46±0,15 <sup>c</sup>	70,10±1,05 <sup>c</sup>	1,86±0,10 <sup>c</sup>	4,06±0,05 <sup>c</sup>
Teff – hnědé zrna, Bolívie	9,6±0,10 <sup>d</sup>	2,69±0,08 <sup>d</sup>	12,22±0,10 <sup>d</sup>	69,90±0,70 <sup>d</sup>	1,57±0,10 <sup>d</sup>	3,92±0,015 <sup>d</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Rozmezí hodnot obsahu vlhkosti vzorků miličky bylo od 9,6 (milička – hnědé zrna, pěstována v Bolívii) do 10,5 % (milička – hnědé zrna, pěstována v EU). Výsledky jsou v souladu s vyhláškou č. 333/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

V případě miličky bylo rozmezí hodnot obsahu popela od 1,90 do 2,69 %. Vzorky miličky (bílého zrna) pěstované v Bolívii a miličky (hnědé zrna) pěstované v EU nevykazují statisticky významný rozdíl v obsahu popele. Výsledky studie [94] deklarují obsah popela miličky hnědé zrna 2,71 %, této hodnotě se velmi podstatně blíží i námi stanovený vzorek této miličky, pěstovaný v Bolívii.

Obsah bílkovin u vzorků miličky bylo zjištěno v rozmezí od 11,46 (hnědé zrna, pěstováno v EU) do 16,59 % (bílé zrna, pěstováno v Bolívii). Dále [94] uvádí hodnoty obsahu bílkovin miličky bílého zrna okolo 10,5 %, hnědé zrna o něco méně 8,5 %. Hodnoty, které byly naměřeny v diplomové práci jsou podstatně vyšší, než udává příslušná literatura.



Může to být z důvodu rozdílného klimatu pěstování či samotnou odrůdou miličky habešské.

Obsah škrobu vzorků miličky byl naměřen v rozmezí 51,15 (milička – bílé zrno, pěstována v USA) až 70,10 % (milička – hnědé zrno, pěstována v EU). Hodnoty jsou statisticky odlišné. Studie [94] udává hodnoty obsahu škrobu miličky okolo 70 – 75 %, čemuž se blíží v našem případě oba vzorky hnědého zrna miličky. U miličky bílé byl publikován obsah škrobu okolo 74 %. U našich vzorků byly zjištěny obsahy škrobu podstatně nižší. To může být dáno (obdobně jako v případě bílkovin) např. odrůdou.

Obsah CF byl v rozmezí od 1,57 (milička – hnědé zrno, pěstovaná v Bolívii) do 3,24 % (milička – bílé zrno, pěstována v USA). Statisticky významný rozdíl mezi těmito vzorky nebyl zjištěn. Neutrálně-detergentní vláknina byla stanovena v rozmezí hodnot 4,06 (milička – hnědé zrno, pěstována v EU) až 13,52 % (milička – bílé zrno, pěstována v USA). Mezi vzorky nebyl v obsahu NDF zjištěn statisticky významný rozdíl. Studie [112] ukazuje na výsledky stanovení hrubé vlákniny u 13 odrůd miličky. Hodnoty obsahu hrubé vlákniny se pohybovaly v rozmezí 2,6 až 3,8 %. Ve shodě s tímto literárním údajem jsou vzorky miličky bílého zrna.

## 6.2 Výsledky stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem

Stravitelnost byla provedena dle postupu uvedeného v kapitole 5.8. Výsledky stravitelnosti syrového zrna jsou uvedeny v následujících tabulkách č. 7 – 12, prezentovány jako stravitelnost sušiny DMD a organické hmoty vzorku OMD.

Tab. č.: 7 Výsledky stanovení stravitelnosti (DMD) syrového a kulinárně zpracovaného zrna netradičních pšenic

DMD (%)	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Kamut Belgie	88,9 ± 1,1 <sup>a,f,g</sup>	–	–	–
Kamut Kanada	88,0 ± 1,1 <sup>a,f</sup>	–	–	–
Dickkopf 2013	91,1 ± 1,1 <sup>b,c,d,f,g</sup>	–	–	–
Dickkopf 2015	91,4 ± 1,2 <sup>c,d,f,g,A</sup>	94,8 ± 0,6 <sup>B,C,D</sup>	94,2 ± 0,7 <sup>C,D</sup>	94,4 ± 0,8 <sup>D</sup>
Rotkorn 2013	91,1 ± 1,1 <sup>d,f</sup>	–	–	–
Rotkorn 2014	89,9 ± 1,2 <sup>f,g</sup>	–	–	–
Rotkorn 2015	90,5 ± 1,2 <sup>g,A</sup>	94,1 ± 0,6 <sup>B,D</sup>	95,2 ± 0,5 <sup>C,D</sup>	94,7 ± 0,8 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 8 Výsledky stanovení stravitelnosti OMD syrového a kulinárně zpracovaného zrna netradičních vzorků pšenice

OMD (%)	Syrové zrna	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Kamut Belgie	90,7 ± 1,2 <sup>a</sup>	–	–	–
Kamut Kanada	90 ± 1,1 <sup>a</sup>	–	–	–
Dickkopf 2013	92,7 ± 1,1 <sup>a,b,c,d</sup>	–	–	–
Dickkopf 2015	93,2 ± 1,2 <sup>c,A</sup>	96,5 ± 0,6 <sup>B,D</sup>	97,5 ± 0,5 <sup>C,D</sup>	96,8 ± 0,6 <sup>D</sup>
Rotkorn 2013	93,3 ± 1,2 <sup>d,c</sup>	–	–	–
Rotkorn 2014	91,9 ± 1,1 <sup>a,c</sup>	–	–	–
Rotkorn 2015	92,5 ± 1,2 <sup>a,e,c,A</sup>	97,7 ± 0,5 <sup>B,D</sup>	96,7 ± 0,6 <sup>C,D</sup>	97,3 ± 0,5 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Jak je patrné z výše uvedených tabulek stanovení stravitelnosti syrového zrna, se hodnoty DMD pohybovaly v rozmezí hodnot od 88 do 91,4 %, kdy nejnižší hodnota byla zjištěna u vzorku pšenice Kamut (pěstován v Kanadě), nejvyšší pak u vzorku pšenice Dickkopf 2013. Hodnoty stravitelnosti organické hmoty (tabulka č. 8), byly zjištěny v rozmezí hodnot 90 až 93,3 %. Pro zjištění, jaký vliv má na stravitelnost obilovin tepelná úprava, byly vybrané vzorky podrobeny třem typům kulinární úpravy, jednalo se o var ve vodě, užití rýžovaru a užití metody sous-vide. Studie [14] uvádí, že sous-vide úprava z nutričního hlediska je velmi vhodnou metodou pro uchování vitamínů a nenasycených MK. Jedná se o úpravu ve vakuu (za užití obalových materiálů s nízkou propustností pro plyny a dostatečnou mechanickou pevností), s výdrží teploty (pod 100 °C) a času voleného dle druhu potravin (například rybí maso při teplotě 52 °C 20 minut, kuřecí maso při 63,5 °C 2 hodiny). Nejčastěji jsou tímto tepelným způsobem opracovány suroviny živočišného původu nebo

také je možné se setkat s úpravou zeleniny. U obilovin tato metoda ještě praktikována nebyla.

Tab. č.: 9 Výsledky stanovení stravitelnosti DMD syrového a kulinárně zpracovaného zrna vzorků rýže s barevnými obalovými vrstvami

DMD (%)	Syrové zrna	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Rýže s červenými obalovými vrstvami Kambodža	89,6 ± 0,9 <sup>a,A</sup>	98,4 ± 0,5 <sup>B,C</sup>	98,3 ± 0,5 <sup>C,D</sup>	97,5 ± 0,5 <sup>D</sup>
Rýže s červenými obalovými vrstvami Thajsko	87,3 ± 1,1 <sup>b,d</sup>	–	–	–
Rýže s černými obalovými vrstvami Čína	93,9 ± 1,1 <sup>c,A</sup>	96,8 ± 0,5 <sup>B,C,D</sup>	97,2 ± 0,6 <sup>C,D</sup>	97,2 ± 0,5 <sup>D</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Japonsko	87,2 ± 1,1 <sup>d</sup>	–	–	–

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mající stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mající stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 10 Výsledky stanovení stravitelnosti OMD syrového a kulinárně zpracovaného zrna vzorků rýže s barevnými obalovými vrstvami

OMD (%)	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Rýže s červenými obalovými vrstvami Kambodža	91,3 ± 1,2 <sup>a,A</sup>	99,1 ± 0,5 <sup>B,C,D</sup>	99,4 ± 0,6 <sup>C,D</sup>	98,8 ± 0,5 <sup>D</sup>
Rýže s červenými obalovými vrstvami Thajsko	89,3 ± 1,1 <sup>a</sup>	–	–	–
Rýže s černými obalovými vrstvami Čína	95,9 ± 1,1 <sup>b,A</sup>	99,1 ± 0,5 <sup>B,C,D</sup>	98,7 ± 0,5 <sup>C,D</sup>	98,8 ± 0,5 <sup>D</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Japonsko	89,7 ± 1,1 <sup>a</sup>	–	–	–

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mající stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mající stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Nejnižší naměřená hodnota stravitelnosti vzorků rýže syrového zrna (DMD) byla zjištěna u vzorku rýže s červenými obalovými vrstvami (Thajsko), a to 87,3 % a rýže s černými obalovými vrstvami (Japonsko) 87,2 %. Tyto hodnoty stravitelnosti (DMD) jsou statisticky stejné. Nejvyšší naměřená hodnota stravitelnosti vzorků rýže syrové zrna (DMD) pak byla u rýže s černými obalovými vrstvami (Čína), a to 93,9 %. Hodnoty stravitelnosti vzorků po kulinární úpravě vykazovaly velmi vysoké hodnoty stravitelnosti.

Nejnižší naměřená hodnota stravitelnosti vzorků rýže syrového zrna (OMD) byla zjištěna u vzorků rýže s červenými obalovými vrstvami pěstované v Kambodži a Thajsku (91,3 % a 89,3 %) a rýže s černými obalovými vrstvami pěstované v Japonsku (89,7 %).

Ve studii [15] byla zjišťována stravitelnost rýže simulací trávení *in vitro* u vzorků rýže, za užití rýžovaru. Jiná studie [16] zohlednila další možnou přípravu rýže vařením ve vroucí

vodě. Samotná simulace trávení vzorků byla provedena enzymy pepsinem a pankreatinem. Výsledná koncentrace glukózy byla zjištěna tzv. D-testem a vyjádřena procentuálně jako hydrolyza škrobu. Výsledky studie [15] potvrdily degradaci škrobových granulí v prvních 5 minutách střevního trávení v případě homogenizovaného vzorku. Je tedy možné konstatovat, že tepelné úpravy způsobují mazovatění škrobu, což způsobuje, že vzorek je lépe stravitelným.

Je možné poznamenat, že stravitelnost vařené rýže je vyšší z důvodu mazovatění škrobu, což je nevratný děj, kdy po dosažení počáteční teploty mazovatění škrobu (60 °C) granule zvětšují svůj objem a uvolněná amylóza proniká do roztoku a denaturace bílkovin (dochází k inaktivaci inhibitorů proteinázy a otevírají se struktury proteinů prostřednictvím denaturace, čímž jsou ničeny přítomné antinutriční faktory [123].

Tab. č.: 11 Výsledky stanovení stravitelnosti DMD syrového a kulinárně zpracovaného zrna miličky

DMD (%)	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Teff – bílé zrno, USA	74,9 ± 0,9 <sup>a,A</sup>	98,5 ± 0,5 <sup>B</sup>	86,5 ± 0,6 <sup>C</sup>	81,4 ± 0,8 <sup>D</sup>
Teff – bílé zrno, Bolívie	80,87 ± 1,2 <sup>b,c,d</sup>	–	–	–
Teff – hnědé zrno, EU	81,91 ± 1,2 <sup>c,d</sup>	–	–	–
Teff – hnědé zrno, Bolívie	82,9 ± 1,1 <sup>d,A</sup>	97,4 ± 0,4 <sup>B,C</sup>	97,2 ± 0,6 <sup>C</sup>	93,5 ± 0,5 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 12 Výsledky stanovení stravitelnosti OMD syrového a kulinárně zpracovaného zrna miličky

OMD (%)	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Teff – bílé zrno, USA	77,2 ± 0,9 <sup>a,A</sup>	89,2 ± 0,6 <sup>B</sup>	89,2 ± 0,6 <sup>C</sup>	85,6 ± 0,5 <sup>D</sup>
Teff – bílé zrno, Bolívie	83,98 ± 1,2 <sup>b,c,d</sup>	–	–	–
Teff – hnědé zrno, EU	85,15 ± 1,1 <sup>c,d</sup>	–	–	–
Teff – hnědé zrno, Bolívie	85,5 ± 1,1 <sup>d,A</sup>	99,5 ± 0,5 <sup>B</sup>	98,5 ± 0,5 <sup>C</sup>	96,5 ± 0,6 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Nejvyšší hodnoty stravitelnosti (DMD) syrového zrna byly sledovány u vzorku miličky hnědého zrna, pěstována v Bolívii (82,9 %), miličky hnědého zrna EU (81,91 %) a miličky bílého zrna Bolívie (80,87 %). Stravitelnost (DMD) byla nejvyšší zpracováním varem ve vodě. Porovnané hodnoty syrového zrna a tepelně zpracovaného u miličky bílého zrna jsou statisticky odlišné. U miličky hnědého zrna (DMD) byla nejvíce pozorována stravitelnost v případě tepelného zpracování varem ve vodě a za užitím rýžovaru, hodnoty jsou hodnoceny jako statisticky stejné. Nejvyšší hodnoty stravitelnosti (OMD) syrového zrna miličky bílého zrna (Bolívie), miličky hnědého zrna (EU) a miličky hnědého zrna (Bolívie), hodnoty jsou statisticky stejné. Je možné poznamenat, že tepelná úprava (varu ve vodě nebo také užitím rýžovaru) způsobuje významné zvýšení stravitelnost škrobu a proteinů. Dochází k inaktivaci inhibitorů proteinázy a otevírají se struktury proteinů prostřednictvím denaturace, čímž jsou ničeny antinutriční faktory přítomné v obilovinách. Udává se také, že čím vyšší je obsah vlákniny v obilninách, tím nižší jsou hodnoty stravitelnosti.

### 6.3 Výsledky stanovení celkových polyfenolů Folin-Ciocalteuho metodou a antioxidační aktivity metodou s ABTS a DPPH

Pro stanovení celkového obsahu polyfenolů vybraných vzorků netradičních obilovin, byly použity postupy uvedené v kapitole 5.10, pro stanovení antioxidační aktivity byly použity postupy dle kapitol 5.11.1 a 5.11.2. Výsledky jsou prezentovány v tabulkách č. 13 – 30. Obdobně jako v případě stravitelnosti byly statisticky vyhodnoceny výsledky v závislosti jednotlivých odrůd a také kulinárních úprav. Kalibrační křivka pro stanovení celkového obsahu polyfenolů, tj. závislosti absorbance na koncentraci kyseliny gallové ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ), je uvedena v příloze I. Kalibrační křivky pro stanovení antioxidační aktivity metodou s ABTS a DPPH pak v příloze II.

Tab. č.: 13 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků pšenice – volné frakce

Celkový obsah polyfenolů	Volné frakce ( $\text{mg GAE}\cdot\text{kg}^{-1}$ )			
	Syrové zrna	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Kamut Belgie	$285 \pm 5^{\text{a}}$	–	–	–
Kamut Kanada	$296 \pm 5^{\text{b}}$	–	–	–
Dickkopf 2013	$403 \pm 6^{\text{c,e}}$	–	–	–
Dickkopf 2015	$377 \pm 5^{\text{d,A}}$	$291 \pm 5^{\text{B}}$	$307 \pm 11^{\text{C}}$	$298 \pm 5^{\text{D}}$
Rotkorn 2013	$400 \pm 9^{\text{e}}$	–	–	–
Rotkorn 2014	$354 \pm 10^{\text{f}}$	–	–	–
Rotkorn 2015	$393 \pm 10^{\text{g,A}}$	$331 \pm 5^{\text{B}}$	$359 \pm 11^{\text{C}}$	$309 \pm 5^{\text{D}}$

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).



Tab. č.: 14 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků pšenice – vázané frakce

Celkový obsah polyfenolů	Vázané frakce (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Kamut Belgie	488 ± 10 <sup>a</sup>	–	–	–
Kamut Kanada	532 ± 10 <sup>b</sup>	–	–	–
Dickkopf 2013	718 ± 8 <sup>c</sup>	–	–	–
Dickkopf 2015	734 ± 10 <sup>d,f,A</sup>	425 ± 10 <sup>B</sup>	370 ± 10 <sup>C</sup>	771 ± 12 <sup>D</sup>
Rotkorn 2013	654 ± 12 <sup>e</sup>	–	–	–
Rotkorn 2014	743 ± 10 <sup>f,g</sup>	–	–	–
Rotkorn 2015	749 ± 12 <sup>g,A</sup>	363 ± 10 <sup>B</sup>	403 ± 10 <sup>C</sup>	726 ± 10 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Celkový obsah polyfenolických látek byl stanoven jak u vzorků pšenice syrového zrna, tak také po tepelné úpravě. Jak z naměřených hodnot vyplývá, rozmezí koncentrací polyfenolů ve volných frakcích v syrovém zrně činí 285 až 403 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Nejnižší množství polyfenolů v těchto frakcích obsahoval vzorek Kamut (Belgie), nejvyšší množství polyfenolů v daných frakcích pak vzorek Dickkopf 2013 a Rotkorn 2013. Polyfenoly ve vázaných frakcích v syrovém zrně zaujímaly rozmezí od 488 (vzorek Kamut, pěstován v Belgii) do 749 mg GAE.kg<sup>-1</sup> (vzorek Rotkorn 2015). Hodnoty polyfenolů ve volných frakcích jsou statisticky stejné u vzorků syrového zrna Dickkopf 2013 a Rotkorn 2013. Polyfenoly ve vázaných frakcích jsou statisticky stejné, a to mezi sebou vzorky Dickkopf 2015 a Rotkorn 2014, dále pak mezi vzorky Rotkorn 2014 a Rotkorn 2015. Dále lze na základě statistického zhodnocení konstatovat, že zjištěné hodnoty polyfenolů ve volných frakcích u tepelného zpracování jsou odlišné. V případě polyfenolů ve vázaných frakcích se dle výsledků v tabulce č. 14 projevil pokles, pouze v případě metody sous-vide u vzorku Dickkopf 2015 se projevila metoda sous-vide jako nejvhodnější.

Námi zjištěné hodnoty celkového obsahu polyfenolů byly zjištěny vyšší než udávají studie [40], kdy se zabývali stanovením celkového obsahu polyfenolů, a to mezi různými druhy obilovin a studie [114].

Tab. č.: 15 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků rýže – volné frakce

Celkový obsah polyfenolů	Volné frakce (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrn	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Rýže s červenými obalovými vrstvami Kambodža	3547 ± 10 <sup>a,A</sup>	395 ± 5 <sup>B,C</sup>	401 ± 15 <sup>C</sup>	609 ± 10 <sup>D</sup>
Rýže s červenými obalovými vrstvami Thajsko	4211 ± 10 <sup>b</sup>	–	–	–
Rýže s černými obalovými vrstvami Čína	5804 ± 12 <sup>c,A</sup>	401 ± 10 <sup>B</sup>	586 ± 10 <sup>C</sup>	2270 ± 10 <sup>D</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Japonsko	2910 ± 10 <sup>d</sup>	–	–	–

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 16 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků rýže – vázané frakce

Celkový obsah polyfenolů	Vázané frakce (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrn	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Rýže s červenými obalovými vrstvami	1620 ± 10 <sup>a,A</sup>	290 ± 8 <sup>B</sup>	603 ± 12 <sup>C</sup>	899 ± 8 <sup>D</sup>
Rýže s červenými obalovými vrstvami Thajsko	1403 ± 15 <sup>b</sup>	–	–	–
Rýže s černými obalovými vrstvami Čína	1932 ± 11 <sup>c,A</sup>	379 ± 8 <sup>B</sup>	515 ± 10 <sup>C</sup>	535 ± 10 <sup>D</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Japonsko	928 ± 10 <sup>d</sup>	–	–	–

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Rozmezí hodnot celkových polyfenolů ve volných frakcích v syrovém zrně byla zjištěna od 2910 (rýže s černými obalovými vrstvami pěstována v Japonsku) do 5804 mg GAE.kg<sup>-1</sup> (rýže s černými obalovými vrstvami z Číny). Dle výsledků celkových polyfenolů ve volných frakcích v syrovém zrně lze říci, že jsou statisticky odlišné. Kulinární úpravou byl sledován pokles polyfenolů ve volných frakcích, pouze u vzorku rýže z Číny bylo sledováno zvýšení celkových polyfenolů ve volných frakcích. A statisticky stejné jsou hodnoty polyfenolů ve volných frakcích vzorku rýže z Kambodži tepelných úprav varu ve vodě a za užití rýžovaru.

Nejnižší hodnota celkových polyfenolů ve vázaných frakcích syrového zrna byla 928 mg GAE.kg<sup>-1</sup> (rýže z Japonska), nejvyšší hodnota pak 1932 mg GAE.kg<sup>-1</sup> (rýže z Thajska). Statisticky jsou hodnoty odlišné. Tepelnou úpravou byl vždy zjištěn pokles celkových polyfenolů ve vázaných frakcích. Statisticky jsou hodnoty celkových polyfenolů vázaných frakcí odlišné.

Studie [113] udává výsledky ukazující vyšší horní hranici volných frakcí polyfenolů v případě rýže s červenými obalovými vrstvami (vykazující hodnoty od 360 do 2009,8 mg GAE.kg<sup>-1</sup>), u rýže s černými obalovými vrstvami je dle této studie horní hranice nižší (od

655 do 834 mg GAE.kg<sup>-1</sup>). Dále udává rozmezí vázaných polyfenolů v rýži s černými obalovými vrstvami od 488 do 820 mg GAE.kg<sup>-1</sup> a v rýži s červenými obalovými vrstvami od 748 do 4222 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Jiná studie [19] dává celkový obsah polyfenolů v černé rýži v rozmezí od 9410 do 12449 mg. GAE.kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty celkových polyfenolů ve volných frakcích rýže s červenými obalovými vrstvami jsou výsledky v souladu se studií [113] v případě kulinárních úprav, hodnoty volných frakcí této rýže byly pak u vzorků podstatně vyšší (v souladu spíše s druhou zmíněnou literaturou [19], která však udává danou hodnotu pro celkový obsah polyfenolických látek). Vázané frakce zmíněné rýže s červenými obalovými vrstvami jsou v souladu s výsledky studie [113] a to, ať už v případě syrového zrna nebo také zrna po kulinární úpravě s výjimkou varu ve vodě, který se zdá být pro uvolnění vázaných frakcí nedostatečný pro toto rozmezí hodnot. U rýže s černými obalovými vrstvami volné frakce byly v souladu s výsledky hodnot studie [113] pouze v případě kulinární úpravy za užití rýžovaru, zbylé hodnoty vykazovaly buď hodnoty vyšší či naopak nižší než zjištěné rozmezí hodnot studie. Vázané frakce byly v souladu v rámci kulinárních úprav, a to za užití rýžovaru a metodou sous-vide. Var ve vodě se zdá být nedostatečný a v případě syrového zrna vykazují námi zvolené vzorky rýže s černými obalovými vrstvami vyšší hodnoty než daná studie [113].

Tab. č.: 17 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků miličky – volné frakce

Celkový obsah polyfenolů	Volné frakce (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Teff – bílé zrno, USA	1043 ± 8 <sup>a,A</sup>	640 ± 5 <sup>B,D</sup>	432 ± 10 <sup>C</sup>	634 ± 10 <sup>D</sup>
Teff – hnědé zrno, Bolívie	1534 ± 10 <sup>b,A</sup>	605 ± 10 <sup>B</sup>	538 ± 10 <sup>C</sup>	680 ± 8 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 18 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků miličky – vázané frakce

Celkový obsah polyfenolů	Vázané frakce (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Teff – bílé zrno, USA	567 ± 10 <sup>a,A</sup>	472 ± 10 <sup>B,C</sup>	462 ± 10 <sup>C</sup>	908 ± 12 <sup>D</sup>
Teff – hnědé zrno, Bolívie	528 ± 10 <sup>b,A</sup>	402 ± 10 <sup>B</sup>	583 ± 10 <sup>C</sup>	900 ± 13 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Celkové polyfenoly ve volných frakcích miličky habešské byly stanoveny ve vyšším množství u vzorku hnědého zrna v syrovém stavu, v případě vázaných frakcí byla vyšší hodnota celkových polyfenolů zjištěna naopak u vzorku miličky bílého zrna. Statisticky stejné hodnoty tepelných úprav celkových polyfenolů ve volných frakcích miličky habešské vykazují hodnoty kulinárních úprav varu ve vodě a sous-vide. Tyto dvě metody se jeví jako nejvhodnější z tepelných úprav. U miličky habešské je sledován vzestup celkových polyfenolů ve vázaných frakcích, především po tepelné úpravě.

Ve studii [40] obsah polyfenolů miličky činil 1756,5 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Součtem námi stanovených hodnot volných a vázaných frakcí polyfenolů vzorků, kdy v případě miličky pěstované v USA činí celkový obsah polyfenolů 1610 mg GAE.kg<sup>-1</sup> a v případě miličky pěstované v Bolívii činí celkový obsah polyfenolů 2062 mg GAE.kg<sup>-1</sup>, můžeme říci, že nejbližší hodnotě uvedené ve studii se blíží hodnota miličky pěstované v USA.

Tab. č.: 19 Výsledky stanovení antioxidační aktivity u vzorků pšenice – metoda s DPPH, volné frakce

DPPH	Volné frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrna	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Kamut Belgie	0,8 ± 0,1 <sup>a</sup>	–	–	–
Kamut Kanada	1,2 ± 0,1 <sup>b</sup>	–	–	–
Dickkopf 2013	2,5 ± 0,1 <sup>c,e,g</sup>	–	–	–
Dickkopf 2015	1,9 ± 0,1 <sup>d,A</sup>	1,7 ± 0,1 <sup>B</sup>	1,1 ± 0,1 <sup>C</sup>	1,1 ± 0,1 <sup>D</sup>
Rotkorn 2013	2,4 ± 0,1 <sup>e</sup>	–	–	–
Rotkorn 2014	1,6 ± 0,1 <sup>f</sup>	–	–	–
Rotkorn 2015	2,4 ± 0,1 <sup>g,A</sup>	1,9 ± 0,1 <sup>b,B</sup>	1,2 ± 0,1 <sup>a,C,D</sup>	1,1 ± 0,1 <sup>a,D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mající stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mající stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 20 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků pšenice – metoda s DPPH, vázané frakce

DPPH	Vázané frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrna	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Kamut Belgie	2,2 ± 0,1 <sup>a</sup>	–	–	–
Kamut Kanada	3,2 ± 0,1 <sup>b</sup>	–	–	–
Dickkopf 2013	5,1 ± 0,1 <sup>c</sup>	–	–	–
Dickkopf 2015	5,3 ± 0,1 <sup>d,A</sup>	3,5 ± 0,1 <sup>B</sup>	2,1 ± 0,1 <sup>C</sup>	4,4 ± 0,2 <sup>D</sup>
Rotkorn 2013	4,2 ± 0,1 <sup>e</sup>	–	–	–
Rotkorn 2014	6,2 ± 0,1 <sup>f</sup>	–	–	–
Rotkorn 2015	6,4 ± 0,1 <sup>g,A</sup>	2,5 ± 0,1 <sup>B</sup>	1,8 ± 0,1 <sup>C</sup>	3,8 ± 0,2 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mající stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mající stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tabulky č. 19 a 20 prezentují výsledky stanovení antioxidační aktivity konkrétně metodou s DPPH u vzorků netradičních pšenic. V případě syrového zrna byly zjištěny hodnoty antioxidační aktivity ve volných frakcích v rozmezí 0,8 až 2,5 mmol TE.kg<sup>-1</sup>, kdy nejnižší hodnota byla zjištěna u vzorku pšenice Kamut pěstované v Belgii a nejvyšší hodnota pak u vzorku pšenice Dickkopf 2013. Hodnoty antioxidační aktivity ve vázaných frakcích jsou v rozmezí hodnot od 2,2 do 6,4 mmol TE.kg<sup>-1</sup>, kdy nejnižší hodnotu vykazoval opět vzorek Kamutu (Belgie), nejvyšší hodnotu v tomto případě vzorek pšenice Rotkorn 2015. Z tabulek dále vyplývá, že hodnoty antioxidační aktivity v syrovém zrně byly vyšší u frakcí vázaných. Hodnoty syrového zrna volných frakcí jsou statisticky stejné u vzorku Dickkopf 2013, Rotkorn 2013 a Rotkorn 2015, antioxidační aktivita ve vázaných frakcích vykazuje statistickou odlišnost. Tepelnými úpravami v obou případech frakcí se antioxidační aktivita snižovala, ve srovnání se syrovým zrnem vzorků pšenice.

Tab. č.: 21 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků rýže – metoda s DPPH  
volné frakce

DPPH	Volné frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrna	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Rýže s červenými obalovými vrstvami Kambodža	10,7 ± 0,2 <sup>a,A</sup>	2,0 ± 0,1 <sup>B</sup>	1,2 ± 0,1 <sup>C</sup>	2,0 ± 0,2 <sup>D</sup>
Rýže s červenými obalovými vrstvami Thajsko	12,0 ± 0,3 <sup>b</sup>	–	–	–
Rýže s černými obalovými vrstvami Čína	12,6 ± 0,3 <sup>c,A</sup>	2,5 ± 0,1 <sup>B</sup>	1,6 ± 0,1 <sup>C</sup>	3,3 ± 0,1 <sup>D</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Japonsko	8,7 ± 0,2 <sup>d</sup>	–	–	–

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mající stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se

mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mající stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.:22 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků rýže – metoda s DPPH, vázané frakce

DPPH	Vázané frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrna	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Rýže s červenými obalovými vrstvami Kambodža	7,6 ± 0,1 <sup>a,A</sup>	1,6 ± 0,1 <sup>B</sup>	3,2 ± 0,1 <sup>C</sup>	4,9 ± 0,1 <sup>D</sup>
Rýže s červenými obalovými vrstvami Thajsko	7,4 ± 0,1 <sup>b</sup>	–	–	–
Rýže s černými obalovými vrstvami Čína	8,6 ± 0,2 <sup>c,A</sup>	3,0 ± 0,1 <sup>B</sup>	2,3 ± 0,1 <sup>C</sup>	2,8 ± 0,2 <sup>D</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Japonsko	6,7 ± 0,1 <sup>d</sup>	–	–	–

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mající stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mající stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Naměřené hodnoty antioxidační aktivity s DPPH ve volných frakcích v syrovém zrna vykazují rozmezí hodnot od 8,7 do 12,6 mmol TE.kg<sup>-1</sup>. Hodnoty antioxidační aktivity ve vázaných frakcích se pak pohybovaly mezi hodnotou 6,7 až 8,6 mmol TE.kg<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnotu antioxidační aktivity ve volných i vázaných frakcích vykazoval vzorek rýže z Japonska, nejvyšší hodnotu antioxidační aktivity ve volných a vázaných frakcích vzorek z Číny. Jak z tabulky vyplývá, hodnoty antioxidační aktivity syrového zrna v obou případech jsou statisticky odlišné. Kulinární úpravou byl sledován pokles antioxidační aktivity ve volných i vázaných frakcích. Ve studii [17] se snažili postihnout antioxidační aktivitu s DPPH u vzorků rýže v syrovém stavu a s postupným tepelným ošetřením – předvařením (tato doba činila rozmezí 2 – 15 min) ([19], [17]). Zjistili, že nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity vykazovaly vzorky rýže po tepelné úpravě předvařením, a to po časovém intervalu 5 minut.



Tab. č.: 23 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků miličky – metoda s DPPH, volné frakce

DPPH	Volné frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Teff – bílé zrno, USA	7,7 ± 0,1 <sup>a,A</sup>	3,2 ± 0,1 <sup>B</sup>	1,3 ± 0,1 <sup>C</sup>	2,1 ± 0,1 <sup>D</sup>
Teff – hnědé zrno, Bolívie	8,1 ± 0,1 <sup>b,A</sup>	3,0 ± 0,1 <sup>B</sup>	1,5 ± 0,1 <sup>C</sup>	2,3 ± 0,1 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 24 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků miličky – metoda s DPPH, vázané frakce

DPPH	Vázané frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Teff – bílé zrno, USA	3,7 ± 0,1 <sup>a,A</sup>	4,0 ± 0,1 <sup>a,B</sup>	2,1 ± 0,1 <sup>a,C</sup>	5,0 ± 0,1 <sup>a,D</sup>
Teff – hnědé zrno, Bolívie	2,8 ± 0,1 <sup>b,A</sup>	3,3 ± 0,1 <sup>b,B</sup>	2,5 ± 0,1 <sup>b,C</sup>	4,9 ± 0,1 <sup>a,D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Antioxidační aktivita stanovena s DPPH ve volných frakcích miličky byla stanovena ve vyšším množství u vzorku hnědého zrna v syrovém zrnu, v případě vázaných frakcí byla vyšší hodnota antioxidační aktivity zjištěna naopak u vzorku miličky bílého zrna. Hodnoty antioxidační aktivity v obou případech frakcí jsou statisticky odlišné. Kulinární úpravou byl zaznamenán pokles antioxidační aktivity ve volných frakcích, nárůst pak v případě antioxidační aktivity ve vázaných frakcích byl zjištěn v případě kulinárních úprav varu ve vodě a metodou sous-vide.

Pro porovnání se stanovenými hodnotami v naší práci, byly v diplomové práci [115] zjištěny hodnoty antioxidační aktivity stanovené s metodou DPPH pro vzorek mouky miličky nižší.

Tab. č.: 25 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků pšenice – metoda s ABTS, volné frakce

ABTS	Volné frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Kamut Belgie	1,2 ± 0,1 <sup>a</sup>	–	–	–
Kamut Kanada	1,6 ± 0,1 <sup>b</sup>	–	–	–
Dickkopf 2013	3,0 ± 0,1 <sup>c</sup>	–	–	–
Dickkopf 2015	2,4 ± 0,1 <sup>d,A</sup>	2,1 ± 0,1 <sup>B</sup>	1,9 ± 0,1 <sup>C</sup>	1,5 ± 0,1 <sup>D</sup>
Rotkorn 2013	2,9 ± 0,1 <sup>e</sup>	–	–	–
Rotkorn 2014	2,1 ± 0,1 <sup>f</sup>	–	–	–
Rotkorn 2015	2,8 ± 0,1 <sup>g,A</sup>	2,2 ± 0,1 <sup>B</sup>	2,2 ± 0,1 <sup>C</sup>	1,6 ± 0,1 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mající stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mající stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 26 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků pšenice – metoda s ABTS, vázané frakce

ABTS	Vázané frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrn	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Kamut Belgie	4,3 ± 0,1 <sup>a</sup>	–	–	–
Kamut Kanada	4,8 ± 0,1 <sup>b</sup>	–	–	–
Dickkopf 2013	6,7 ± 0,1 <sup>c</sup>	–	–	–
Dickkopf 2015	6,8 ± 0,1 <sup>d,A</sup>	5,3 ± 0,2 <sup>B</sup>	2,7 ± 0,1 <sup>C</sup>	7,0 ± 0,1 <sup>D</sup>
Rotkorn 2013	5,7 ± 0,1 <sup>e</sup>	–	–	–
Rotkorn 2014	7,0 ± 0,1 <sup>f</sup>	–	–	–
Rotkorn 2015	7,0 ± 0,1 <sup>g,A</sup>	4,4 ± 0,1 <sup>B</sup>	3,5 ± 0,1 <sup>C</sup>	6,8 ± 0,1 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Mimo stanovení antioxidační aktivity s DPPH byla stanovena také antioxidační aktivita s ABTS. Naměřené hodnoty antioxidační aktivity ve volných frakcích v syrovém zrn byly stanoveny v rozmezí 1,2 (Kamut – Belgie) až 3,0 mmol TE.kg<sup>-1</sup> (Dickkopf 2013). A jsou statisticky odlišné. Rozmezí hodnot antioxidační aktivity ve vázaných frakcích v syrovém zrn je od 4,3 (Kamut – Belgie) do 7,0 mmol TE.kg<sup>-1</sup> (Rotkorn 2014 a Rotkorn 2015). A jsou také statisticky odlišné. Antioxidační aktivita ve volných frakcích se kulinární úpravou snižuje a stejně je tomu tak v případě antioxidační aktivity ve vázaných frakcích s výjimkou vzorku Dickkopf 2015, kde byl zjištěn naopak nárůst.

V diplomové práci [116] byla stanovena antioxidační aktivita metodou s DPPH u některých druhů cereálií, jako například u kamutu nebo zelených zrn špaldy, kdy antioxidační aktivita stanovená metodou s DPPH byla v tomto případě zjištěna vyšší než u námi sledovaných vzorků.

Tab. č.: 27 Výsledky antioxidační aktivity vzorků rýže – metoda s ABTS, volné frakce

ABTS	Volné frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrn	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Rýže s červenými obalovými vrstvami Kambodža	14,1 ± 0,2 <sup>a,A</sup>	2,5 ± 0,1 <sup>B</sup>	2,3 ± 0,1 <sup>C</sup>	3,5 ± 0,1 <sup>D</sup>
Rýže s červenými obalovými vrstvami Thajsko	17,9 ± 0,32 <sup>b</sup>	–	–	–
Rýže s černými obalovými vrstvami Čína	23,7 ± 0,3 <sup>c,A</sup>	5,7 ± 0,1 <sup>B</sup>	3,4 ± 0,1 <sup>C</sup>	2,8 ± 0,1 <sup>D</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Japonsko	11,7 ± 0,2 <sup>d</sup>	–	–	–

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 28 Výsledky antioxidační aktivity vzorků rýže – metoda s ABTS, vázané frakce

ABTS	Vázané frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrn	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Rýže s červenými obalovými vrstvami Kambodža	8,9 ± 0,1 <sup>a,A</sup>	3,2 ± 0,1 <sup>B</sup>	6,6 ± 0,1 <sup>C</sup>	7,3 ± 0,1 <sup>D</sup>
Rýže s červenými obalovými vrstvami Thajsko	8,4 ± 0,1 <sup>b</sup>	–	–	–
Rýže s černými obalovými vrstvami Čína	10,3 ± 0,2 <sup>c,A</sup>	4,5 ± 0,1 <sup>B</sup>	4,0 ± 0,1 <sup>C</sup>	4,7 ± 0,1 <sup>D</sup>
Rýže s černými obalovými vrstvami Japonsko	7,3 ± 0,1 <sup>d</sup>	–	–	–

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy,

mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity volných a vázaných frakcí stanovené metodou s ABTS v syrovém zrně jsou patrné u vzorku rýže z Číny, nejnižší pak u vzorku rýže z Japonska. Kulinárními úpravami došlo ve všech případech k poklesu antioxidační aktivity ve volných i ve vázaných frakcích ve srovnání s antioxidační aktivitou ve volných a vázaných frakcích v syrovém zrně. Diplomová práce [117] hovoří o antioxidační aktivitě stanovené metodou s ABTS u vzorku černé rýže pěstované v Itálii, stanovené ve volných frakcích i vázaných frakcích. Antioxidační aktivita ve volné frakce byla ve zmíněné diplomové práci [117] zjištěna  $16,1 \pm 0,2$  mmol TE.kg<sup>-1</sup>, kdy této hodnotě se nejvíce přibližuje námi sledovaný vzorek s Thajska a antioxidační aktivita ve vázaných frakcích pak udává s hodnotou  $5,9 \pm 0,1$  mmol TE.kg<sup>-1</sup>, této hodnotě je pak nejbližší vzorek černé rýže pěstované v Japonsku, ostatní vzorky vykazují ještě vyšší hodnoty vázaných frakcí.

Tab. č.: 29 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků miličky – metoda s ABTS, volné frakce

ABTS	Volné frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Teff – bílé zrno, USA	$10,1 \pm 0,2^{a,A}$	$3,9 \pm 0,1^B$	$2,4 \pm 0,1^C$	$3,6 \pm 0,1^D$
Teff – hnědé zrno, Bolívie	$11,0 \pm 0,3^{b,A}$	$3,8 \pm 0,1^B$	$3,0 \pm 0,1^C$	$3,8 \pm 0,1^D$

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Tab. č.: 30 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků miličky – metoda s ABTS, vázané frakce

ABTS	Vázané frakce (mmol TE.kg <sup>-1</sup> )			
	Syrové zrno	Var ve vodě	Rýžovar	Sous-vide
Teff – bílé zrno, USA	5,2 ± 0,1 <sup>a,A</sup>	5,6 ± 0,1 <sup>B</sup>	3,3 ± 0,1 <sup>C</sup>	7,3 ± 0,1 <sup>D</sup>
Teff – hnědé zrno, Bolívie	4,7 ± 0,1 <sup>b,A</sup>	5,1 ± 0,1 <sup>B</sup>	5,8 ± 0,1 <sup>C</sup>	7,0 ± 0,1 <sup>D</sup>

Hodnoty ve sloupcích pro stravitelnost syrových zrn mají stejné malé písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které ve sloupci mají odlišné malé indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ). Hodnoty stravitelnosti v řádcích mají stejné velké písemné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ). Hodnoty, které v řádcích mají odlišné velké indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $p < 0,05$ ).

Antioxidační aktivita stanovená s ABTS ve volných frakcích miličky jak vyplývá z tabulky č. 29, byla stanovená ve větším množství u vzorku hnědého zrna v syrovém zrnu, v případě vázaných frakcí byla vyšší hodnota antioxidační aktivity stanovená s metodou ABTS zjištěna naopak u vzorku miličky bílého zrna. Kulinární úpravou byl zaznamenán pokles antioxidační aktivity ve volných frakcích, nárůst pak v případě antioxidační aktivity stanovené ve vázaných frakcích, s výjimkou vzorku miličky bílého zrna za užitím kulinární úpravy rýžovarem, kdy byl sledován pokles.

Pro jakési porovnání je možné uvést studii Ragaeho a kol. [44], v níž autoři stanovili antioxidační aktivitu metodou s ABTS a DPPH u pšeničné mouky a také celých zrn obilovin, konkrétně ječmene, prosa, žita a čiroku. U obilovin metodou s ABTS byla zjištěna antioxidační aktivita: ječmen 14,9 mmol TE.kg<sup>-1</sup>, proso 21,4 mmol TE.kg<sup>-1</sup>, žito 13,0 mmol TE.kg<sup>-1</sup> a čirok 51,7 mmol TE.kg<sup>-1</sup> [44].

## ZÁVĚR

V teoretické části práce bylo stručně popsáno základní chemické složení obilovin a stravitelnost, a to především netradičních obilovin, s ohledem na vyšší obsah nutričně a biologicky hodnotných látek. V další kapitole jsou pak charakterizovány principy metod použitých v experimentální části.

Hlavním cílem experimentální části bylo stanovení základních nutričních parametrů netradičních druhů obilovin – pšenice, rýže s barevnými obalovými vrstvami a v neposlední řadě také miličky. Naměřené hodnoty byly srovnány s odbornou literaturou.

V části výsledků byly učiněny dílčí závěry: Obsah vlhkosti vyhovoval požadavkům Vyhlášky č. 333/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, tato hodnota byla vždy pod 15 % u všech analyzovaných vzorků. Zajímavými údaji při srovnání základních parametrů netradičních obilovin s dostupnou literaturou, bylo zjištění nižší hodnoty škrobu v případě pšenice Rotkorn, což je ale je u pšenic s barevnými obalovými vrstvami typické. U vzorků rýží byly podstatně vyšší hodnoty hrubých bílkovin, u rýží s černými obalovými vrstvami se spíše jedná o hodnoty srovnatelné s tzv. divokou rýží *Zizania aquatica*. Milička pak při srovnání s literaturou vykazovala mnohem vyšší zastoupení bílkovin a nižší obsah škrobu, což je ale možné přisuzovat například odrůdě či klimatu.

Dále byla zjišťována stravitelnost kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem, a to jak u syrových zrn vybraných obilovin, tak také po kulinární úpravě (varem ve vodě, užitím rýžovaru a metodou sous-vide). Ve všech případech byla stravitelnost vyšší u tepelně zpracovaného zrna ve srovnání se zrnem syrovým. Například stravitelnost miličky habešské byla o téměř 14 % vyšší (kulinární úprava varu ve vodě) v porovnání se stravitelností syrových zrn. Metoda sous-vide se ukázala také jako velmi vhodnou metodou pro možný způsob kulinární přípravy obilovin.

Následně byly stanovovány celkové polyfenoly a antioxidační aktivita ve volných a vázaných frakcích. Ačkoli tepelnou kulinární úpravou byl zaznamenán pokles obsahu polyfenolů i antioxidační aktivity téměř u všech vzorků netradičních obilovin, lze dle výsledných hodnot konstatovat, že bohatší na obsah polyfenolů v případě vzorků netradičních pšenic syrových zrn i po tepelné úpravě byly frakce vázané. Dále bohatší antioxidační aktivitu stanovenou metodou s DPPH vykazovaly vzorky netradičních pšenic ve vázaných frakcích v syrovém zrně i v zrně po tepelné úpravě a stejně tak byl ve vázaných frakcích bohatší obsah antioxidační aktivity stanovené metodou s ABTS těchto

vzorků pšenice syrových zrn a v zrně po kulinární úpravě. Obdobně jako v případě netradičních vzorků pšenice, byl zaznamenán i u vzorků rýže pokles hodnot celkového obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity po tepelné úpravě. U syrových zrn rýže bylo zjištěno, že bohatší jsou na obsah polyfenolů i antioxidační aktivity frakce volné. Tepelnou úpravou se pak ukázaly vzorky s vyšším obsahem obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity frakce vázané. U vzorků miličky byl také zaznamenán pokles hodnot po tepelné úpravě. Vzorky syrových zrn miličky (obdobně jako u vzorků netradičních rýží) byly zjištěny s bohatším obsahem polyfenolů ve volných frakcích a také bohatší antioxidační aktivitou stanovenou metodou s DPPH a metodou s ABTS u frakcí volných. Tepelnou úpravou se pak ukázaly vzorky s vyšším obsahem obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity frakce vázané.

Dále výsledky ukazují, že kulinární úprava sous-vide se ukázala jako nejvhodnější metoda, která napomohla uvolnění polyfenolů ve vázaných frakcích z obalových vrstev, a to jak v případě vzorků netradičních pšenice, tak také vzorků miličky (u miličky habešské byl nárůst polyfenolů ve vázaných frakcích nejen po kulinární úpravě sous-vide metodou, ale také varem v rýžovaru). Rýže z Číny pak spíše vykazovala vyšší obsah polyfenolů kulinární úpravou za užití rýžovaru ve volných frakcích.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. 1. vyd. Brno: MZLU, 2004. s. 141. ISBN 80-7157-811-8.
- [2] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2004. s. 203. ISBN 80-7080-530-7.
- [3] PELIKÁN, M. *Zpracování obilovin a olejnin*. MZLU Brno, 1999, s. 118.
- [4] ZLOCH, Z. Novější pojetí zdravotního významu vlákniny. *Výživa a potraviny*. 2004, roč. 59, č. 4, s. 64-66. ISSN 1211-846X.
- [5] ZAMRAZILOVÁ, E. *Vláknina potraviny – význam ve výživě a klinické medicíně*. Praha: acivenum, 1989, s. 39.
- [6] ČERNÝ, L., *Obiloviny*. Praha: 1951, ÚRODA, ISBN – 30101 19.
- [7] LUTONSKÁ, P., PICHL, I. *Vláknina (chemické zloženie, metódy stanovenia, význam vo výžive)*, 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1983.
- [8] PRUGAR, J. Obilniny v naší výživě. *Výživa a potraviny*. 2002, č. 57, s. 46.
- [9] TUNGLAND, B. C. – MEYER, D. Nondigestible oligo – and polysacharides (dietary Fibers): Their Physiology and Physiology and Role in human health and food. *Comprehensice Revicius in food science and food safety*, 2002, vol. 9, pp. 73-91.
- [10] CHLOUPEK, O. 2008, *Genetivká diverzita, šlechtění a semenářství*. Academia, s. 320. ISBN: 978-80-200-1566-2.
- [11] DOLEŽAL, T., *Uplatnění in vitro techniky ke stanovení stravitelnosti vlákninového komplexu*. [online]. [cit. 2016 – 22 – 8]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Verun/Downloads/zaverecna\_prace.pdf>.
- [12] WONG, K. H., CHEUNG, P. C. K. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part II. *In vitro* protein digestibility and amino acid profiles of protein concentrates. *Food Chemistry*, 2001, 72, pp. 11-17.

- [13] CHARALAMPOPOULOS, D., WANG, R., PANDIELLA, S. S., WEBB, C. Application of cereals and cereal components in functional food: a review. *International journal of Food Microbiology*, 2002, 79, pp. 131–141.
- [14] SCHELLEKENS, M. *New research issues in sous-vide cooking*. [online]. [cit. 2016 – 22 - 8]. Dostupné z: <[https://www.researchgate.net/publication/222260751\\_New\\_research\\_issues\\_in\\_sous-vide\\_cooking](https://www.researchgate.net/publication/222260751_New_research_issues_in_sous-vide_cooking)>.
- [15] TAMURA, M., SINGH, J., KAUR, L., OGAWA, Y. Impact of structural characteristics on starch digestibility of cooked rice. *Food Chemistry*, 2016, vol. 191, pp. 91–97.
- [16] TAMURA, M., SINGH, J., KAUR, L., OGAWA, Y. Impact of the degree of cooking on starch digestibility of rice – An *in vitro* study. *Food Chemistry*, 2016, vol. 191, pp. 98–104.
- [17] HU, Z., TANG, X., LIU, J., ZHU, Z., SHAO, Y. Effect of parboiling on phytochemical content, antioxidant activity and physicochemical properties of germinated red rice. *Food Chemistry*, 2017, vol. 214, pp. 285–292.
- [18] SHAO, Y. F., XU, F., SUN, X., BAO, J. S., & BETA, T. Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa L.*). *Journal of Cereal Science*, 2014, vol. 59(2), pp. 211–218.
- [19] SHEN, Y., JIN, L., XIAO, P., LU, Y., & BAO, J. S. Total phenolic, flavinoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *Journal of Cereal Science*, 2009, vol. 49(1), pp. 106–111.
- [20] ABDEL-AAL, E.-S. M. Effect of baking on protein digestibility of organic spelt products determined by two *in vitro* digestion methods. *Science Direct*, 2008, vol. 41, pp. 1282–1288.
- [21] POVILAITIS, D., SULNIUTE, V., VNKUTONIS, R., KRAUJALIENE, V. Antioxidant properties of wheat and rye bran extracts obtained by pressurized liquid extraction with different solvents. *Journal of Cereal Science*, 2015, vol. 62, pp. 117–123.

- [22] BAGHURST, P. A., BAGHURST, K. I., RECORD, S. J. Dietary fibre, non-starch polysaccharides and resistant starch – a review. *Food Australia (supplement)*, 1996, vol. 48, pp. S3–S35.
- [23] TOPPING, D. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. *Journal of Cereal Science*, 2007, vol. 46, pp. 220–229.
- [24] ZHU, L. J., LIU, Q. Q., WILSON, J. S., GU, M.-H., SHI, Y.-CH. Digestibility and physicochemical properties of rice (*Oryza sativa L.*) flours and starches differing in amylose content. *Carbohydrate Polymers*, 2011, vol. 86, pp. 1751–1759.
- [25] ASP, N. G. Resistant starch – proceedings from the second plenary meeting of EURESTA: European FLAIR concerted action, 11 on physiological implications if the consumption of resistant starch in man. Preface. *Europe Journal of Clinical Nutrition*, 1992, vol. 41, pp.1.
- [26] DHITAL, S., DABIT, L., ZHANG, B., FLANAGAN, B., SHRESTHA, A. K. *In vitro* digestibility and physicochemical properties of milled rice. *Food Chemistry*, 2015, vol. 172, pp. 757–765.
- [27] YOU, S.-Y., LIM, S.-T., LEE, J. H., CHUNG, H.-J. Impact if molecular and crystalline structures on *in vitro* digestibility of waxy rice starches. *Carbohydrate Polymers*, 2014, vol. 112, pp. 729–735.
- [28] BERTOFR, E., & KOCH, K. Composition of chains in waxy-rice starch and its structural units. *Carbohydrate polymers*, 2000, vol. 41, pp. 121–132.
- [29] CHOI, C., IM, J. O., LEE, S. K., & SHIN, M. S. Properties of fractions from waxy rice flour classified with particle size. *Food Science and Biotechnology*, 2001, vol. 10, pp. 54–58.
- [30] CHUNG, H. J., LIU, Q., LEE, L., & WEI, D. Relationship between the structure, physicochemical properties and *in vitro* digestibility of rice starches with different amylose contents. *Food Hydrocolloids*, 2011, vol. 25, pp. 968–975.
- [31] GRANFELDT, Y., BJORCK, I., DREW, A., & TOVARM J. An *in vitro* procedure based on chewing to predict metabolic responses to starch in cereal and legume products. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1992, vol. 46, pp. 649–660.

- [32] ENGLYST, H. N., KINGMAN, S. M., & CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fraction. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1992, vol. 46, pp. S33–S50.
- [33] LIM, S. T., LEE, J. H., SHIN, D. H., & LIM, H. S. Comparison of protein extraction solutions for rice starch isolation and effects of residual protein content on starch. *Starch*, 1999, vol. 51, pp. 120–125.
- [34] ARENDT, E. K., ZANNINI, E. Teff. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. *Food Chemistry*, 2013, vol. 369, pp. 351–368.
- [35] ČSN ISO 2171 (461019). *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich. Stanovení obsahu popela spalováním*. Praha: Český normalizační institut, 2008. s. 16.
- [36] ČSN EN ISO 712. *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [37] ČSN EN ISO 20483 (461401). *Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíkatých látek a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [38] ČSN ISO 10 520 (56 6120). *Přírodní škrob - Stanovení obsahu škrobu – Ewersova polarimetrická metoda*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [39] ESCARNOTA, E., AGNEESSENS, R., WATHELET, B., PAQUOT, M. Quantitative and qualitative study of spelt and wheat fibres in varying milling fractions. *Food Chemistry*, 2010, vol. 122(3), pp. 857–863.
- [40] HAGER, A-S., WOLTER, A., JACOB, F., ZANNINI, E., ARENDT, E.K. (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 2012, vol. 56(2), pp. 239–247.
- [41] BUREŠOVÁ, I. *Výroba potravin rostlinného původu*, Zlín, 2016. Skripta. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta technologická.
- [42] TAYLOR, J. R. N., TAYLOR, J., CAMPANELLA, O. H., HAMAKER, B. R. Functionality of the storage proteins in gluten-free cereals and pseudocereals in dough systems. *Journal of Cereal Science*, 2016, vol. 67, pp. 22–34.
- [43] MOHARRAM, Y. G., SAMAHA, A., BEKHEET, M, H. Destructive and non-destructive analytical methods in starch analysis. *Elsevier Science*, 1998, pp. 49–92.

- [44] RAGAEI, S., ABDEL-AAL, E. M., NOAMAN, M., Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*, 2006, vol. 98, pp. 32–38.
- [45] MUSTAFA, A., AMAN, P., ROGER, A., KAMAL-ELDIN, A., Analysis of free amino acids in cereal products. *Food Chemistry*, 2007, vol. 105, pp. 317–324.
- [46] BROWNLEE, I., A. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*, 2011, vol. 25, pp. 238–250.
- [47] ELLEUCH, M., BEDIGIAN, D., ROISEUX, O., BESBES, S., BLECKER, CH., Hamadi Attia Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications, *Food Chemistry*, 2011. vol. 124, pp. 411–421.
- [48] ZACHERL, CH., EISNER, P., ENGEL, K., H. *In vitro* model to correlate viscosity and bile acid-binding capacity of digested water-soluble and insoluble dietary fibres. *Food Chemistry*, 2011, vol. 126, pp. 426–428.
- [49] REDONDO-CUNCA, A., VILLANUEVA-SUA'VEZ, M., J., APARICIO, M., I. Soybean seeds and its by-product oara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst method, *Food Chemistry*. 2008, vol. 108, pp. 1099–1105.
- [50] PELIKÁN, M. Obiloviny jako funkční potravina. *Potravinářská revue*. 2005, č. 4, str. 13–15.
- [51] Vyhláška č. 330/2009 Sb., o označování výživové hodnotě potravin [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-330>.
- [52] WILHELM, Z. et al. *Výživa v onkologii*. Praha: NCO NZO, 2004. ISBN 80-7013-410-0.
- [53] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. Tábor: Osis, 1999. ISBN 80-90239-3-7.
- [54] TRINIDAD, T. Trinidad et al. The Potential Health Benefits of Legumes as a Good Source of Dietary Fibre. *British Journal of Nutrition*. 2010, roč. 103, vol. 7, pp. 569-574. ISSN 0007-1145.
- [55] ELOY, F. et al. *Netradiční plodiny pro diabetiky*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2811-7.

- [56] PRUGAR, J. Funkční potraviny IX., vláknina a jiné polysacharidy. *d-test časopis pro spotřebitele*. Praha, 2004, č. 1, s. 26-28. ISSN 1210-731X.
- [57] FRÜHAUF, P. Vláknina v dětské výživě. *Pediatric pro praxi*. 2007, č. 1, s. 12-16. ISSN 1802-4572.
- [58] ZAJONCOVÁ, L., ŠEBELA, M. Amylasy – význam stanovení jejich activity. *Chemické listy*. 2007, č. 101, s. 36-43.
- [59] DYLEVSKÝ, I. *Základy funkční anatomie*. Olomouc: Poznání, 2011. ISBN 978-80-87419-06-9.
- [60] MATOUŠ, B. *Základy lékařské chemie a biochemie*. Praha: Galén, 2010. ISBN 80-726-2702-3.
- [61] KŘIVÁNKOVÁ, M., HRADOVÁ, M. *Somatologie: pracovní sešit pro střední zdravotnické školy*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2989-3.
- [62] ZAZULA, R., WOHL., P. Akutní pankreatitida. *Medicína pro praxi*, 2005, č. 4, s. 147-151.
- [63] HOLEČEK, M. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1562-7.
- [64] LANGMEIER, M. et al. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.
- [65] BRADLEY, S., G., Digestive proteases: Roles in the Human Alimentary Tract. *Encyclopedia of Cell Biology*. 2015, vol. 1, pp. 732–737.
- [66] SINGH, H., YE, A., FERRUA, M., J. Aspects of food structures in the digestive tract. *Current Opinion in Food Science*. 2015. vol. 3, pp. 85–93.
- [67] ENGELKING, L., R. Chapter 60 – Lipid Digestion. *Textbook of Veterinary Physiological Chemistry (Third Edition)*. 2015, pp. 384–389.
- [68] JNAWALI, P., KUMAR, V., TANWAR, B. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. *Food Science and Human Wellness*. 2016, vol. 5, Issue 4, pp. 169–176.
- [69] ČSN EN ISO 20483 (46 1401): *Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíku a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda*. Praha: Český normalizační

- institut, 2014.
- [70] ČSN EN ISO 10 520 (56 6120): *Přírodní škrob - Stanovení obsahu škrobu – Ewersova polarimetrická metoda*, Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [71] LACHMAN, J., MARTINEK, P., KOTÍKOVÁ, Z., ORSÁK, M., ŠULC, M. Genetics and chemistry of pigments in wheat grain – A review. *Journal of Cereal Science*. 2017, vol. 74, pp. 145–154.
- [72] BURTIN, P. Nutritional value of seaweeds. *EJEAFChe*. 2003, 2 (4), pp. 498-503.
- [73] NDOLO, U. A., BETA, T., Distribution of carotenoids in endosperm, germ, and aleurone fractions of cereal grain kernels, *Food Chemistry*, 2013, vol. 139, pp. 663-671.
- [74] AHMAD, T. F., ASENSTORFER, E. R., SORIANO, R. I., MARES, J. D., Effect of temperature on lutein esterification and lutein stability in wheat grain. *Journal of Cereal Science*. 2013, vol. 58, pp. 408–413.
- [75] HASKA, L. , NYMAN, M., ANDERSSON, R. Distribution and characterisation of fructan in wheat milling fractions. *Journal of Cereal Science* 48, 2008 pp.768–774.
- [76] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. Vyd. 2. Tábor: OSSIS, 2002, s. 344. ISBN 80-86659-00-3.
- [77] BENDA, V., BABŮREK, I., KOTRBA, P. *Základy biologie*. 1. vydání. Praha: VŠCHT. 2006. s. 167. ISBN 80-7080-587-0.
- [78] HOZA, I., VELICHOVÁ, H. *Fyziologie výživy*, učební text, část I., Zlín 2005, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [79] MICHALEC, Z. *Člověk a rostliny*, 1977, Praha, Práce, 1. vyd., s. 272, ISBN: 24-110-77.
- [80] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin 1*. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [81] HOUSTON, D.F., KOHLER, G.O., *Nutritional Properties of Rice*, Washington, D. C.: National Academy of Sciences. 1970 [online, cit. 2017-03-011]. Dostupné z: [www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=Y0ArAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Nutritional+Properties+of+Rice&ots=78v6ubYSyZ&sig=8j1HtL\\_Hu8o9ZY3k7zHPPQWT\\_So&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Nutritional%20Properties%20of%20Rice&f=false](http://www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=Y0ArAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Nutritional+Properties+of+Rice&ots=78v6ubYSyZ&sig=8j1HtL_Hu8o9ZY3k7zHPPQWT_So&redir_esc=y#v=onepage&q=Nutritional%20Properties%20of%20Rice&f=false).

- [82] GODDARD, M., S., et al. The Effect of Amylose Content on Insulin and Glucose Responses to Ingested Rice. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1984, 39, 388-392 [cit. 2017-03-11].
- [83] BOISEN, S., BARTOLOME, J., DULBULAO, A., MENDOZA, E., M., T., JULIANO, O. Comparative Protein Digestibility in Growing Rats of Cooked Rice and Protein of Indica and Japonica Milled Rices. *Journal of Cereal Science*. 2001, vol. 2 (33), pp. 183–191.
- [84] SURENDIRAN, G., ALSAIF, M., KAPORICHALI F.R, MOGHADASIAN, H.M. Nutritional Constituents and Health Benefits of Wild Rice (*Zizania* spp.), *Nutrition Reviews* [online]. 2014, vol. 4(72), pp. 227-236 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: <http://nutritionreviews.oxfordjournals.org/content/72/4/227.article-info>.
- [85] Nutrition Facts [online, cit. 2017-03-11]. Dostupné z: [http:// nutritiondata.com](http://nutritiondata.com).
- [86] QUINN, R., M. *Kamut®: Ancient Grain*. New Cereal. Perspectives on new crops and new uses, 1999. Citace: [2017-03-11]. Dostupné z: <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/pdf/v4-182.pdf>
- [87] MOUDRÝ, J. *Pohanka a proso*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2005, s. 206, 16 s. barev. obr. příl. ISBN 80-7271-162-8.
- [88] JAROŠOVÁ, J. *Pěstování a využití amarantu*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1999, s. 37. ISBN 8072710427.
- [89] HERZIG, I., PÍSAŘÍKOVÁ, B., SUCHÝ, P., STRAKOVÁ, E. *Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů: Část III – Amarant jako alternativní proteinové krmivo* [online]. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., 2007 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: [http://www.vuzv.cz/sites/Herzig%20Amarant\(2\).pdf](http://www.vuzv.cz/sites/Herzig%20Amarant(2).pdf)
- [90] DEMIRBAS, A.,  $\beta$ -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey. *Food Chemistry*, 2005, vol. 90, pp. 773–777.
- [91] VELÍŠEK, J., CEJPEK, K. *Biosynthesis of Food Components*, 1st edition. Tábor: OSSIS, 2008. ISBN 978-80-86659-12-1.
- [92] DYKES, L., ROONEY, L.W. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits, *Cereal Foods World*. 2007, vol. 3(52), pp. 105-111.
- [93] HOU, Z., QIN, P., ZHANG, Y., CUI, S., REN, G. Identification of anthocyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation Kinetics, *Food Research International*. 2013, vol. 2(50), pp. 691-697.



- [94] WORKINEH, A., FELICIDAD, R. Rheological and textural properties of tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] grain flour gels. *Journal of Cereal Science*. [online] vol 60, issue 1, 2014, pp. 122–130. [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521014000484>
- [95] ŠÁRKA, E., SMRČKOVÁ, P., SEILEROVÁ, L. Rezistentní a pomalu stravitelný škrob. *Chem. Listy* 107. 2013, pp. 929-935.
- [96] SOMPONG, R., SIEBENHANDL-EHN, S., LINSBERGER-MARTIN, G., BERHOFER, E. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka, *Food Chemistry* [online]. 2011, vol. 1(124), 132-140 [cit. 2017-03-13].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610006989>
- [97] TANANUWONG, K., TEWERITH, W., Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice, *LWT - Food Chemistry and Technology* [online]. 2010, vol. 3(43), 476-481 [cit. 2017-03-13].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643809002746>
- [98] FOREJTOVÁ, J., F. LÁD, J. TRĚNÁCTÝ, M. RICHTER, L. GRUBER, P. DOLEŽAL, P. HOMOLKA a L. PAVELEK. Comparison of organic matter digestibility determined by *in vivo* and *in vitro* methods. *Czech Journal of Animal Science*. 2005. 50(1): 47–53.
- [99] NÁMĚSTKOVÁ, P. *Stravitelnost organické hmoty a metody jejího stanovení*. [cit. 2017–03–21] Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3034167/>
- [100] McMURROUGH, I., MADIGAN, D., SMYTH, M. R. Semipreparative chromatographic procedure for the isolation of dimeric and trimeric proanthocyanidins from barley. *J. Agric. Food Chem.* 44, 1996, pp. 1731–1735.
- [101] REVANAPPA, S. B., PARAMAHANS, V. S. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of different wheat (*Triticum aktivum L.*) varieties, *Journal of Food Biochemistry*, 2011, vol. 35, pp. 759–775.
- [102] KYUNG-HEE, K., RONG, T., YANG, R., CUI, W. A., Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions, *Food Chemistry*, 2006, vol. 35, pp. 466–473.
- [103] REED, J. D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*. 1995, vol. 73, num. 15, pp. 1516-1528. ISSN 0021-8812.

- [104] KONVIČNÁ-PIPALOVÁ, S.. *Studium nutriční hodnoty vybraných luštěnin*. Brno, 2010. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně, Fakulta agronomická, Ústav výživy zvířat a pícninářství.
- [105] JELÍNEK, M. *Stravitelnost*. [cit. 2017–03–31]  
Dostupné z: <https://www.kurzyatac.cz/vse-o-studiu/stravitelnost>
- [106] FAN, M-S. et al. Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2008, 22.4, pp. 315-324.
- [107] GAJDOŠOVÁ, A., ŠTURDÍK, E. Biologické, chemické a nutrično-zdravotné charakteristiky pekárských cereálií. *Nova Biotechnologica*, 2004, IV-1, s. 133-139. ISSN 1337-8783.
- [108] FECENKO, J. 1991. *Sústavy hnojenia hlavných poľnohospodárskych plodín*. 1991. Nitra: VŠP, s. 2-31.f
- [109] ANDERSON, R.A. Wild rice: nutritional review, *Cereal Chemistry* [online]. 1976, 53, 949-955 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=US19770146628>
- [110] ROBIN, F., SCHUMAN, H. P., PALZER, S. Dietary Fiber in Extruded Cereals: Limitations and Opportunitius, *Trends in Food Science and Technology* [online]. 2012, 1(28), 23-32 [cit. 2017-04-05].
- [111] LI, B.W., ANDREWS, K.W., PEHRSSON, P.R. Individual Sugar, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber Contents of 70 High Consumption Foods, *Journal of Food and Analysis*. 2002, vol. 6(15), pp. 715-723.
- [112] BULTOSA, G. Physicochemical characteristics of grain and flour in 13 Tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) grain varieties. *Journal of Applied Sciences research*. 2007, vol. 3(12), pp. 2042-2051.
- [113] YFANG, S., FEUFEI, X., XIAO, S., JINSONG, B., TRUST, B. Phenolic acid anthocyanins, and antioxidant capacity in rice – (*Oryza sativa* L.) grains at four stages of development after flowering, *Food Chemistry* [online]. 2014, vol. 15(143), pp. 90-96 [cit.2017-04-05].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814613009709>
- [114] ALVAREZ-JUBETE, L., WIJNGAARD, H., ARENDT, E.K., GALLAGHER, E., Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking, *Food Chemistry*, 2010, vol. 119, pp. 770 – 778.

- [115] KOTÁSKOVÁ, E., *Stanovení polyfenolů, flavonoidů a studie antioxidační aktivity u směsí mouk miličky habešské*, Zlín, 2014. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav technologie potravin.
- [116] MRÁZOVÁ, E., *Stanovení fenolických látek a antioxidační aktivity u cereálií*, Zlín, 2011. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav biochemie a analýzy potravin.
- [116] MÁCOVÁ, Z., *Analýza chemického složení rýží s černými obalovými vrstvami*, Zlín, 2015. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav technologie potravin.
- [118] BUŇKA, F., KRÍŽ, O., HRABĚ, J., Program pro statistické vyhodnocování dat *Stadvyd, verze 2.0 beta*.
- [119] HLAVÁČOVÁ, A. *Vztah jednotlivých frakcí polysacharidů k energetické hodnotě krmiva*. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha. Autoreferát doktorské disertační práce, 2013, 19 s.
- [120] BHARGAVA, A., SHUKLA, S., OHRI, D. Chenopodium quinoa — An Indian perspective. *Industrial Crops and Products* [online]. 2006, vol. 23, issue 1, pp. 73-87 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z:  
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669005000580>
- [121] Nutrition Facts [online, cit. 2017-03-11]. Dostupné z:[http:// nutritiondata.com](http://nutritiondata.com).
- [122] GREEN, C., J. Fibre in Enteral Nutrition, *Clinical Nutrition*, 2001, Vol. 20, Supl. 1, pp. 23-39.
- [123] BUREŠOVÁ, I., LORENCOVÁ, E.. *Výroba potravin rostlinného původu*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-332-6.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

D-glu	D-glukóza
MK	Mastná kyselina
AMK	Aminokyselina
GIT	Gastrointestinální trakt
RDS	Rapidly Digestible Starch - Rychle stravitelný škrob
SDS	Slowly Digestible Starch - Pomalu stravitelný škrob
RS	Resistant starch
NDČ	Neutrálně detergentní činidlo
OM	Organic Matter - Obsah organické hmoty
OMD	Organic Matter Digestibility - Hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č.: 1 Anatomie obilky [3] .....	13
---	----

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Látkové složení v jednotlivých částech zrna (%).....	13
Tab. 2 Výčet alternativních obilovin pro přípravu bezlepkových výrobků .....	16
Tab. 3 Vzorky netradičních obilovin .....	33
Tab. 4 Výsledky nutričních parametrů u syrových zrn pšenice.....	44
Tab. 5 Výsledky nutričních parametrů syrových zrn rýže .....	46
Tab. 6 Výsledky nutričních parametrů syrových zrn miličky habešské (teff) .....	48
Tab. 7 Výsledky stravitelnosti DMD syrového zrna i kulinárně zpracovaného zrna u vzorků netradičních pšenice.....	50
Tab. 8 Výsledky stravitelnosti OMD syrového zrna i kulinárně zpracovaného u netradičních vzorků pšenice.....	51
Tab. 9 Výsledky stravitelnosti DMD syrového zrna i kulinárně zpracovaného u vzorků rýže s barevnými obalovými vrstvami .....	52
Tab. 10 Výsledky stravitelnosti OMD syrového zrna kulinárně zpracovaného u vzorků rýže s barevnými obalovými vrstvami .....	53
Tab. 11 Výsledky stravitelnosti DMD syrového zrna a po kulinární úpravě vzorků miličky habešské (Teff) .....	54
Tab. 12 Výsledky stravitelnosti OMD syrového zrna a po kulinární úpravě u vzorků miličky habešské (Teff) .....	55
Tab. 13 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků pšenice – volné frakce .....	56
Tab. 14 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků pšenice – vázané frakce .....	57
Tab. 15 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků rýže – volné frakce .....	58
Tab. 16 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků rýže – vázané frakce .....	59
Tab. 17 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků miličky habešské – volné frakce .....	60
Tab. 18 Výsledky stanovení celkových polyfenolů u vzorků miličky habešské – vázané frakce .....	61
Tab. 19 Výsledky stanovení antioxidační aktivity u vzorků pšenice – metoda s DPPH, volné frakce .....	62
Tab. 20 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků pšenice – metoda s DPPH, vázané frakce .....	62
Tab. 21 Výsledky stanovení antioxidační aktivity vzorků rýže – metoda s DPPH volné frakce .....	63

Tab. 22 Výsledky antioxidační aktivity vzorků rýže – metoda DPPH, vázané frakce .....	64
Tab. 23 Výsledky antioxidační aktivity vzorků Miličky Habéšské (Teff) – metoda DPPH, volné frakce .....	65
Tab. 24 Výsledky antioxidační aktivity vzorků Miličky Habéšské (Teff) – metoda DPPH, vázané frakce .....	65
Tab. 25 Výsledky antioxidační aktivity vzorků pšenice – metoda ABTS, volné frakce .....	66
Tab. 26 Výsledky antioxidační aktivity vzorků pšenice – metoda ABTS, vázané frakce .....	67
Tab. 27 Výsledky antioxidační aktivity vzorků rýže – metoda ABTS, volné frakce .....	68
Tab. 28 Výsledky antioxidační aktivity vzorků rýže – metoda ABTS, vázané frakce .....	68
Tab. 29 Výsledky antioxidační aktivity vzorků Miličky Habéšské (Teff) – metoda ABTS, volné frakce .....	69
Tab. 30 Výsledky antioxidační aktivity vzorků Miličky Habéšské (Teff) – metoda ABTS, vázané frakce .....	70

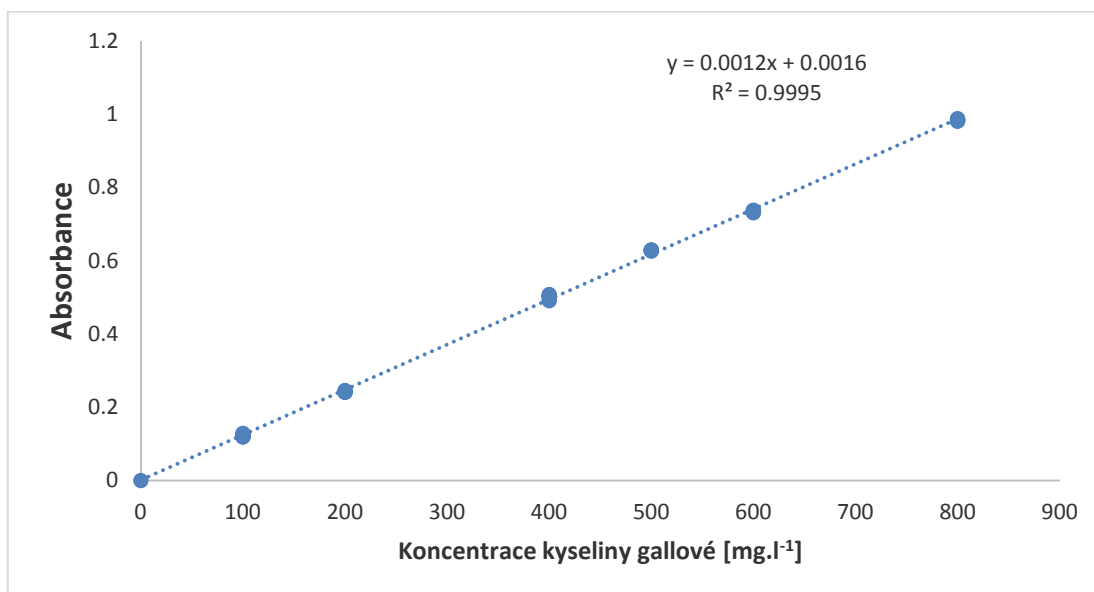
## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I: Kalibrační křivky pro stanovení polyfenolických látek

PŘÍLOHA II: Kalibrační křivky pro stanovení antioxidační aktivity s ABTS a DPPH

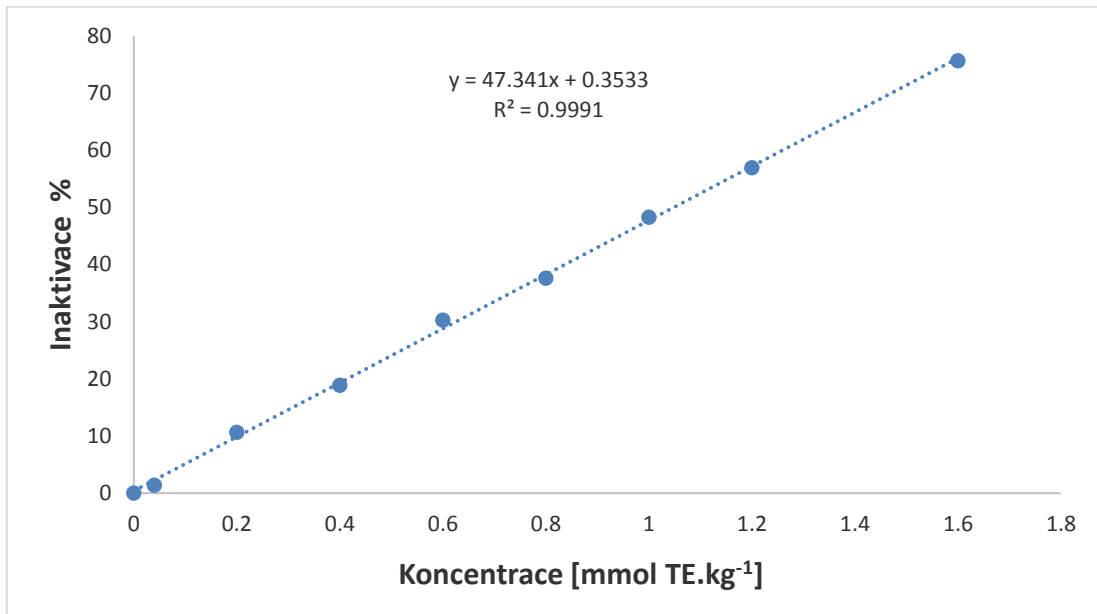


## PŘÍLOHA P I: KALIBRAČNÍ KŘIVKY PRO STANOVENÍ POLYFENOLICKÝCH LÁTEK

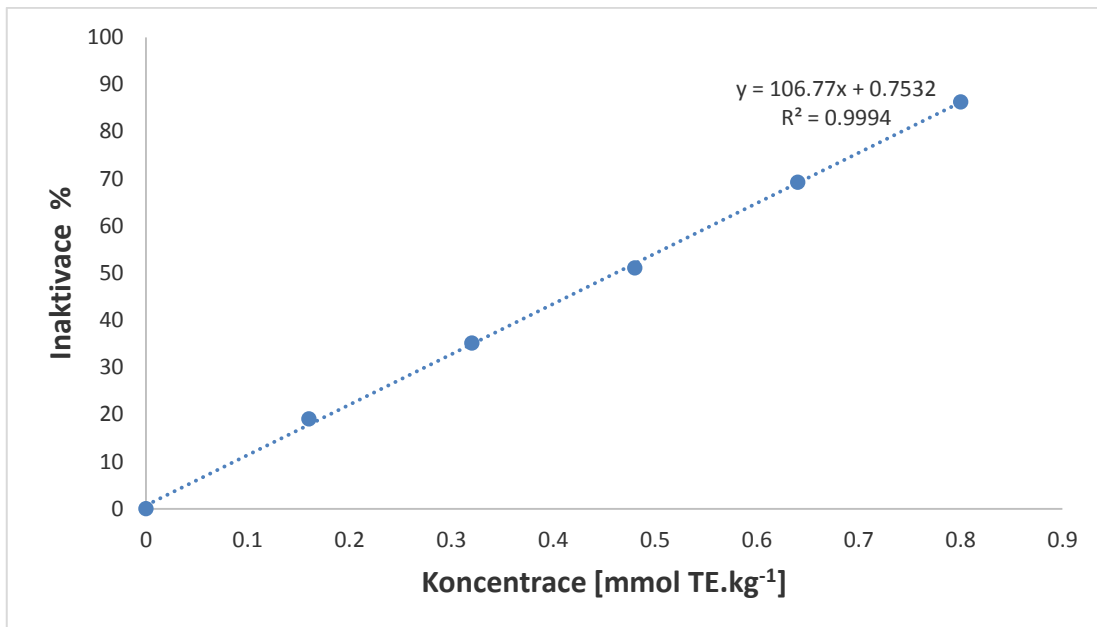


*Kalibrační křivka č. 1: Kalibrační křivka pro stanovení celkového obsahu polyfenolů*

## PŘÍLOHA P II: KALIBRAČNÍ KŘIVKY PRO STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY (S ATBS A DPPH)



Křivka č. 2: Kalibrační křivka závislosti inaktivace na koncentraci troloxu pro stanovení antioxidantní aktivity (s ABTS)



Křivka č. 3: Kalibrační křivka závislosti inaktivace na koncentraci troloxu pro stanovení antioxidantní aktivity (s DPPH)

