

Stanovení stravitelnosti a vlákniny v netradičních cereáliích a rýži

Bc. Petr Svoboda

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Svoboda**
Osobní číslo: **T11565**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Stanovení stravitelnosti a vlákniny v netradičních cereáliích a rýži**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručně charakterizovat obiloviny s důrazem na pšenici a rýži
2. Popsat jejich chemické složení, vyzdvihnout jejich nutriční hodnotu
3. Charakterizovat zažívací trakt člověka, velmi stručně popsat trávení základních živin
4. Blíže charakterizovat chemické složení vlákniny a zmínit metody při jejím stanovení

II. Praktická část

1. Stanovení sušiny a popele ve vzorcích obilovin u kterých bude prováděno stanovení vlákniny
2. Stanovení hrubé a neutrálně detergentní vlákniny v předložených vzorcích obilovin (pšenice, rýže)
3. Stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem u předložených vzorků obilovin
4. Vyhodnocení výsledků, diskuze a závěr

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] PŘÍHODA, Josef, Marie HRUŠKOVÁ a Pavel SKŘIVAN. Cereální chemie a technologie I. Vyd. 1. Praha: VŠCHT, 2003, 202 s. ISBN 80-708-0530-7
- [2] HRABĚ, Jan, Otakar ROP a Ignác HOZA. Technologie výroby potravin rostlinného původu. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 178 s. ISBN 80-731-8372-2
- [3] SHEWRY, Peter R. Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science*. 2007, vol. 46, 239-250. ISSN 07335210. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S073352100700118X>
- [4] KUČEROVÁ, Jindřiška. Technologie cereálií. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, 141 s. ISBN 978-80-7157-811-62008
- [5] HOZA, Ignác, Daniela KRAMÁŘOVÁ a Pavel BUDINSKÝ. Potravinářská biochemie III. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 123 s. ISBN 80-731-8396-X
- [6] BROWNLEE, Iain A. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*. 2011, vol. 25, 238-250. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X09002501>

Vedoucí diplomové práce:

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

Datum zadání diplomové práce:

16. ledna 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2013

Ve Zlíně dne 4. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ 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

.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce byla zaměřena na stravitelnost vybraných druhů cereálií, stanovení obsahu hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny, popela a sušiny u vybraných vzorků pšenice a rýže. V této práci je obsažena charakteristika analyzovaných obilnin, jsou zde charakterizovány základní živiny, je popsána také vláknina, její složení a způsoby jejího stanovení. V experimentální části jsou uvedeny hodnoty stravitelnosti organické hmoty a sušiny, dále jsou prezentovány procentuální obsahy hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny.

Klíčová slova: cereálie, rýže, pšenice, vláknina, stravitelnost, pepsin, pankreatin

ABSTRACT

This thesis is focused on the *in vitro* digestibility of selected cereals, determination of a crude and neutral-detergent fiber, ash and dry matter content of selected samples of wheat and rice. In this work characteristics of cereals, essential nutrients and type of fiber and their determination are described. In experimental part the organic matter and dry matter results are presented, subsequently, crude fiber and neutral-detergent fiber values are discussed.

Keywords: cereals, rice, wheat, fiber, digestibility, pepsin, pancreatin

Poděkování

Poděkování patří zejména prof. Dr. agr. Janu Sneydovi z Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Fakultät Agrarwirtschaft za poskytnutí vzorků pro analýzu a spolupráci na řešení dané problematiky. Další velké díky patří vedoucí mé diplomové práce Ing., Bc. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné rady a připomínky, poskytnuté materiály, za vedení a trpělivost při sepisování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu a povzbuzení v průběhu studia.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně pod vedením Ing., Bc. Daniely Sumczynski, Ph.D. Dále prohlašuji, že jsem uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje a odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG, jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OBILOVINY	12
1.1 PŠENICE (<i>TRITICUM</i>)	12
1.1.1 Pšenice červená (<i>Triticum aestivum</i> var. <i>milturum</i>).....	13
1.1.2 Kamut (<i>Triticum turgidum</i> var. <i>polonicum</i>).....	14
1.1.3 Grünkern	14
1.2 RÝŽE (<i>ORYZA SATIVA</i>)	15
1.2.1 Zvláštní druhy rýže	17
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILOVIN A JEJICH NUTRIČNÍ HODNOTA	19
2.1 SACHARIDY OBILOVIN.....	20
2.1.1 Monosacharidy	20
2.1.2 Oligosacharidy	20
2.1.3 Polysacharidy	20
2.1.3.1 Škrob.....	20
2.1.3.2 Celulóza	21
2.1.3.3 Hemicelulózy	21
2.2 BÍLKOVINY OBILOVIN.....	23
2.2.1 Lepek.....	24
2.2.2 Aminokyselinové složení proteinů obilovin	24
2.3 LIPIDY OBILOVIN.....	25
2.4 MINERÁLNÍ LÁTKY OBILOVIN.....	26
2.5 VITAMINY OBILOVIN	27
3 STRAVITELNOST	28
3.1 TRÁVICÍ TRAKT ČLOVĚKA	28
3.2 TRÁVICÍ ENZYMY	29
3.2.1 Sliny	29
3.2.2 Žaludeční šťáva	29
3.2.2.1 Neenzymatické složky žaludeční šťávy.....	30
3.2.2.2 Pepsin.....	30
3.2.2.3 Chymozin.....	30
3.2.2.4 Žaludeční lipáza.....	30
3.2.3 Střevní šťáva	30
3.2.3.1 Pankreatin	31
3.3 TRÁVENÍ ZÁKLADNÍCH ŽIVIN.....	31
3.3.1 Trávení sacharidů	31
3.3.2 Trávení lipidů	32
3.3.3 Trávení bílkovin	33
4 VLÁKNINA	34

4.1	CHEMICKÉ SLOŽENÍ VLÁKNINY	34
4.2	POZITIVNÍ VLASTNOSTI VLÁKNINY NA LIDSKÝ ORGANIZMUS	35
4.3	NEGATIVNÍ VLASTNOSTI VLÁKNINY NA LIDSKÝ ORGANIZMUS	36
4.4	METODY STANOVENÍ VLÁKNINY	36
4.4.1	Neenzymaticko-gravimetrické metody	37
4.4.1.1	Stanovení vlákniny podle Henneberga a Stohmanna	37
4.4.1.2	Stanovení vlákniny podle Van Soesta	37
4.4.1.3	Stanovení vlákniny podle Mergenthalera	37
4.4.1.4	Stanovení vlákniny podle Scharrera a Kürschnera	38
4.4.1.5	Stanovení vlákniny podle Freudemberga.....	38
4.4.2	Enzymové metody s gravimetrickou či chemickou koncovkou.....	38
5	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	39
5.1	STANOVENÍ POPELA.....	39
5.2	STANOVENÍ SUŠINY	39
5.3	STANOVENÍ HRUBÉ A NEUTRÁLNĚ DETERGENTNÍ VLÁKNINY.....	40
5.4	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI S POUŽITÍM INKUBÁTORU DAISY	41
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
6	CÍL PRÁCE	44
7	METODIKA PRÁCE.....	45
7.1	POUŽITÉ POMŮCKY A CHEMIKÁLIE	45
7.1.1	Použité chemikálie	45
7.1.2	Použité laboratorní přístroje a pomůcky	45
	Stanovení stravitelnosti	45
7.2	POUŽITÉ VZORKY OBILOVIN	47
7.3	STANOVENÍ POPELA.....	55
7.4	STANOVENÍ SUŠINY	55
7.5	STANOVENÍ VLÁKNINY	56
7.5.1	Stanovení hrubé vlákniny.....	56
7.5.2	Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny.....	58
7.6	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	59
7.6.1	Kombinovaná hydrolýza <i>pepsinem</i> a <i>pankreatinem</i>	59
8	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	62
8.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ POPELA.....	62
8.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY	63
8.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ HRUBÉ A NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY	65
8.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI METODOU <i>IN VITRO</i>	68
	ZÁVĚR	72
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	74
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	84
	SEZNAM OBRÁZKŮ	85
	SEZNAM TABULEK.....	86
	SEZNAM GRAFŮ	87

ÚVOD

Obiloviny, patřící botanicky mezi trávy (*Gramineae*) a do čeledi lipnicovité (*Poaceae*), jsou strategickou a historicky nejvýznamnější plodinou, výrazně se podílí na výživové bilanci světové populace všech kontinentů. Roční světová produkce obilovin se pohybuje kolem 2 miliard tun. Využívají se jednak pro lidskou výživu (nejvíce pšenice a rýže), výživu hospodářských zvířat, také pro výrobu potravin a pro tvorbu škrobu a lihu. V některých částech světa mohou tvořit jediný energetický zdroj potravy (škrob v endospermu). Zajišťují většinu potřebných bílkovin v potravě, u obyvatel vyspělých zemí mezi 30 – 40 % a v rozvojových zemích dosahuje dokonce až 90 %. Z celkového příjmu bílkovin zauímají bílkoviny z cereálií 20 – 60 %. Nicméně jejich nutriční hodnota poněkud zaostává za hodnotami živočišných bílkovin. Obiloviny mají nízký obsah aminokyseliny lyzinu, nicméně jsou významným zdrojem cenných vitaminů skupiny B, např. B₁ (tiamin), B₆ (pyridoxin) a zdrojem minerálních látek. Obiloviny jsou obecně velmi přizpůsobivé k různým klimatům. Pěstují se od tropického pásma (kukuřice), přes mírné pásmo (pšenice) až do oblastí polárního kruhu (žito). Mezi tradiční evropské obiloviny patří pšenice, žito, ječmen a oves. V Jižní Evropě se k nim řadí kukuřice. Ve Východní Evropě se více pěstovalo proso a méně čirok. V Indii, na Dálném Východě a v části Tichomoří byla dříve dominantní cereálií rýže. Proso, pohanka a kukuřice se tradičně pěstovaly v Rusku a na Blízkém Východě. Na Africkém kontinentu patřilo proso, pohanka, kukuřice a čirok mezi hlavní zdroje potravy. Cizokrajnou obilovinou je rýže, která je celosvětově jednou z nejvíce pěstovaných obilovin. Tam kde byla dříve konzumována výhradně rýže a kukuřice, se během dvaceti či třiceti let začala hojně pěstovat pšenice [1,2,3,4,5,6,7,8].

Teoretická část práce popisuje charakteristiky základních druhů cereálií s důrazem kladeným na pšenici a rýži. Popisuje jejich chemické složení a nutriční hodnotu. Dále popisuje trávicí trakt člověka a trávení základních živin a nakonec se zabývá vlákninou, jejím chemickým složením, významem pro lidskou výživu a metodami jejího stanovení.

Cílem praktické části diplomové práce bylo stanovení vybraných charakteristik u různých druhů obilovin používaných pro lidskou výživu, či potravinářské účely. Šlo o stanovení popela, sušiny, hrubé a neutrálně detergentní vlákniny a stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolyzou pepsinem a pankreatinem v předložených vzorcích pšenice a rýže.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBILOVINY

Obiloviny patří mezi nejvýznamnější skupinu potravinářských plodin, pro člověka jsou základem stravy již po několik tisíc let. Konzumní částí je obilka, suchý plod, který se dá snadno skladovat i po dlouhou dobu v řádu několika let. Obiloviny botanicky řadíme do třídy jednoděložných rostlin (*Monocotyledones*), mezi jednoleté traviny (*Gramineae*), do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Výjimkou je pohanka, která je řazena do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*) a dále laskavec neboli amarant spolu s merlíkem patřící do čeledi laskavcovité (*Amaranthaceae*), řadíme je mezi pseudocereálie [2,3,4,9,10].

Obiloviny (cereálie) jsou vyšlechtěné jednoleté trávy. Patří zde pšenice, žito, žitovec (triticale), ječmen, oves, proso, rýže, kukuřice a další. Víceleté trávy se jako obiloviny neprosadily, protože část zásobních látek ukládají do vegetativních orgánů na úkor semen [4,11,12,13].

V České republice patří obiloviny mezi nejdůležitější zemědělskou plodinu. Jako potravinu kryjí asi 30 – 40 % energetické hodnoty u obyvatel vyspělých zemí, v rozvojových zemích dosahuje i 90 %, zajišťují 20 – 60 % konzumovaných bílkovin, 56 % sacharidů a 10 % tuku [1,2,3,4,12,13].

1.1 Pšenice (*Triticum*)

Pšenice patří mezi nejvýznamnější obiloviny zajišťující výživu lidské populace. Pšenice patří do skupiny obilovin *Triticeae*. Je světově nejrozšířenější obilovinou pro pekařské využití. V lidské výživě se nejvíce využívá pšenice setá (*Triticum aestivum*) a její poddruh – subsp. *vulgare* hojně používaná pro výrobu chleba, dále se značně využívá pšenice tvrdá (*Triticum durum*), pšenice špalda (*Triticum spelta*), pšenice červená (*Triticum aestivum* var. *milturum*), kamut, výrobky z pšenice jako grünkern a kernoto. Kamut je pšenice starého Egypta (*Triticum turgidum* subsp. *turanicum*), grünkern je pšenice špalda sbíraná v období mléčné zralosti, sušená v kouři bukových pilin a kernoto jsou obroušená zrna nešlechtěné pšenice špaldy. Pšenice je základem lidské výživy ve světě. Roční světová produkce pšenice, činí asi 700 milionů tun. Pšenice má výbornou kvalitu bílkovin, které tvoří mnohem nakypřenější strukturu pečeného výrobku než bílkoviny z kterýchkoliv jiných obilovin v lidské stravě. Také je zdrojem důležitých vitaminů (sk. B a E), minerálních látek (hořčík a fosfor) a je důležitým zdrojem vlákniny v potravě. Přísady z pšenice se přidávají do spousty dalších potravin, jako jsou nudle, těstoviny a obilné

výrobky k snídani. Pšenice je široce pěstována po celém světě, nicméně mezi největší producenty patří 10 států, které se dělí o více než 90 % vývoz: USA, Austrálie, Rusko, Kanada, Evropská unie, Kazachstán, Ukrajina, Turecko a Uruguay. Čína se blíží době, kdy se stane největším producentem pšenice, ale není zásadním hráčem v mezinárodně-obchodních vztazích, protože skoro veškerou produkci zkonsumuje domácí trh. V nynější době oslavuje největší nárůst produkce Rusko a Kazachstán. Kazachstán má v současné době největší produkci za posledních třicet let, což reprezentuje nárůst o 132 % během sezony 2010 – 2011. V České republice je roční produkce přibližně 4 miliony tun, což odpovídá asi 55 % roční produkce obilovin. Asi 30 % průměrné produkce se využije na mouku a potravinářské výrobky, 4,7 % průměrné produkce připadá na osivo a zbylých 65 % se použije ke krmným účelům, export a další průmyslové využití [1,2,10,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23].

Rod pšenice (*Triticum*) tvoří asi 8 druhů (jednozrná, dvouzrná, tvrdá, polská, naduřelá neboli anglická, obecná, špalda a shloučená), z nich jsou nejvíce produkčně využívány:

- ❖ **pšenice obecná** (*Triticum aestivum*), velmi rozšířená, ze které bylo vyšlechtěno velké množství odrůd, které jsou hojně využívány v pekařství,
- ❖ **pšenice tvrdá** (*Triticum durum*), pěstovaná ve vnitrozemských oblastech a využívána k výrobě těstovin,
- ❖ **pšenice špalda** (*Triticum spelta*), s pluchatým zrnem a využívána v alternativním zemědělství pro speciální výrobky [1].

Z botanického hlediska lze pšenici rozdělit podle barvy na bílou a červenou a podle ostnatosti klasu na osinatou a bezosinatou. Nejvyužívanější je varianta s bílým bezosinatým klasem, kam patří většina našich odrůd [24].

1.1.1 Pšenice červená (*Triticum aestivum* var. *milturum*)

Byla objevena v Etiopii v roce 1872 na pobřeží Rudého moře. Má o 20 – 25 % nižší výnosy, naproti tomu je ale více odolná. Je charakteristická svou načervenalou nebo mírně nafialovělou barvou obilky, což je způsobeno přítomností antokyanů spadajících do flavonoidů. Barviva obsažená v červené pšenici (antokyany) jsou obsažena především ve slupce a proto čím je vyšší hrubost mletí při zpracování, tím se zvyšuje i obsah antokyanů. Její typická barva zůstává i po procesu pečení. Obsah antokyanů v klasické pšenici je ve srovnání s pšenicí červenou zanedbatelný. Antokyany působí v těle jako antioxidanty,

pohlcují volné radikály a pomáhají při odstraňování škodlivin z těla, předčí i vitamin C nebo E. Její využití je obdobné jako u pšenice klasické, pro výrobu speciálního chleba a pečiva, výrobu těstovin, sušenek a vaflí [25].



Obrázek 1 - Pšenice červená [26]

1.1.2 Kamut (*Triticum turgidum* var. *polonicum*)

Kamut patří k nejstarším druhům obilí, pěstovali ho již staří Egypťané. Jedná se o kulturní formu tvrdé pšenice. Velikost zrna kamutu je dvojnásobná oproti normálnímu pšeničnému zrnku. Obsahuje až o 40 % více bílkovin, 30 až 35 % více hořčíku a zinku, fosforu, mědi, vysoký obsah stopového prvku selenu a nenasycených mastných kyselin, dále zvýšený obsah vitaminů E, B₁, B₂, B₅ a komplexních sacharidů, než moderní druhy pšenice. Jeho zrna mají lahodnou, ořechovou chuť a je vhodný pro výrobu chleba a těstovin [27,28].



Obrázek 2 - Kamut [29]

1.1.3 Grünkern

Grünkern (zelená zrna) je jihoněmecká specialita. Vyrábí se ze zrn pšenice špaldy (*Triticum spelta*) sklizených v tzv. mléčné zralosti, tedy ještě před úplným dozráním. Tato zrna se pak jemně restují nad ohněm z bukového dřeva. Tím se docílí jemně uzené a výjimečně aromatické chuti a vůně. Tato netradiční pochoutka je rovněž známá pod

názvem „zelený kaviár“. Používá se podobně jako zrno špaldy. Pokrmům dodává specifickou chuť a aroma [30,31,32].



Obrázek 3 - Grünkern [33]

1.2 Rýže (*Oryza sativa*)

Rýže (*oryza*) je rod jednoděložných rostlin z čeledi lipnicovitých. Rýže je základní potravinou pro téměř polovinu světové populace. Patří k nejrozšířenějším a nejstarším pěstovaným obilovinám na světě určeným pro přímou konzumaci. Předkem domestikovaných druhů rýže je pravděpodobně jejich planý druh *Oryza rufipogon*. Hospodářský význam má rýže setá (*Oryza sativa*) a rýže africká (*Oryza glaberrima*). Rýže setá pochází z jižní Číny nebo Indie a pravděpodobně vznikala z planých druhů *Oryza minuta* a *Oryza fatua*. Oba tyto druhy mají klásky ve zralosti rozpadavé a rostou dnes v jihovýchodní Asii, na Filipínách a v tropické Austrálii. Rýže africká vznikla z jejího stále ještě rostoucího předka *Oryza barthii* v deltě řeky Niger. Dodnes se pěstuje v tropické Africe a její obilky jsou bezpluché. Nejvíce je pěstována v asijských a afrických zemích a částečně i v Americe, velmi málo v Itálii. Rýže slouží také ke krmení zvířat. Zrna mají rozmanité tvary, se kterými jsou spojeny jejich fyzikální vlastnosti. Krátká a kulatá zrna jsou více rozvářivá, lepivá a méně drží tvar. Po uvaření obsahují více vody než dlouhá zrna. Podle zavlažovacích nároků rozlišujeme rýži setou neboli vodní, zvanou také jako rýže bažinná, která vyžaduje po celou dobu vegetace zavlažování, je pěstovaná v nížinách, kde je hodně tepla a světla, poskytuje vyšší výnosy. A rýže suchá (horská), která je nenáročná na pěstování (bez zaplavování polí) a má nižší výnosy a menší zrna. Má bezpočet tvarů a barev (v neloupaném stavu) od hnědé přes červenou a fialovou až po černou [10,22,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48].

Rýže je velmi dobře stravitelná. Obsahuje hlavně škrob, asi z 60 – 80 %, málo bílkovin (oryzin či oryzenin) a minimum tuku. Je to hypoalergenní obilovina. Je důležitým zdrojem nerozpustné vlákniny, minerálních látek a vitaminů skupiny B a E [38,39,49,50].

Mezi největší producenty patří Čína a Indie, avšak pouze Indie je významným čistým vývozcem, kontroluje zhruba 80 % světového vývozu rýže. Dalšími významnými vývozci jsou Thajsko, Vietnam, Pákistán a Spojené státy. Globální produkce rýže má vzestupný charakter [21,22].

Podle platné vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 333/1997 Sb. ve znění pozdějších úprav se u nás rozlišují tyto druhy rýže:

Podle tvaru zrna:

- ❖ **Dlouhozrná**
- ❖ **Střednězrná**
- ❖ **Kulatozrná**

Podle omletí:

- ❖ **Neloupaná**
- ❖ **Pololoupaná („natural“)**
- ❖ **Loupaná**

Podle konzistence lze rýži rozdělit na sklovitou (lesklé sklovité obilky) a moučnatou, která se, při vaření, rozpadává, a zrna se slepují. Neloupaná rýže je na trhu málo obvyklá, zrna jsou jen vymláčená (zrno má obalové vrstvy). Je nejbohatší na vlákninu a živiny a musí se déle vařit. Přírodní rýže („natural“, „hnědá“) je hnědé barvy, slupku má jen z části obroušenou. Je u ní neporušený klíček, tudíž obsahuje vysoké množství vitaminů B₁, B₂, B₆, E, hořčíku, fosforu a vápníku. Má vyšší obsah tuku, takže snadněji žlukne. Má oříškovou příchuť. Vaří se déle a po uvaření je pevnější na skus. Leštěná (bílá) rýže je loupáním a poté broušením (leštěním) zbavena vnější slupky, klíčku a povrchové vrstvy zrna. Tato rýže je trvanlivější, nežlukne tak snadno, ale loupáním se ztrácí značný podíl vitaminů a minerálních látek [38,39,40,49,50].

Označování leštěné rýže podle délky zrna:

- ❖ **dlouhozrná** (průměrná délka 6 mm, poměr délky a šířky více než 3),

- ❖ **střednězrnná** (průměrná délka 5,2 až 5 mm, poměr délky a šířky méně než 3),
- ❖ **kulatozrnná** (průměrná délka pod 5,2 mm, poměr délky a šířky méně než 2).

Předvařená rýže se vyrábí z bílé loupané rýže působením zvýšené teploty bez přidání vody. Samotné vaření pak trvá kolem 10 minut. Rýže parboiled, její název se vztahuje ke složité přípravě rýže před mletím. Princip spočívá v působení tlaku a páry nebo horké vody na navlhčené surové zrno rýže. Z podobalových vrstev zrna, hlavně z aleuronové vrstvy, pronikají do částečně nabobtnalého endospermu vitaminy a minerální látky. Zrno rýže se poté dosuší a zbaví se na mlýnech obalových vrstev, podobně jako u bílé rýže. Endosperm parboiled rýže má nažloutlou barvu a obsahuje podstatně více nutričně důležitých látek (vitaminy a minerální látky), než endosperm bílé rýže [10,39,49].



Obrázek 4 - Rýže [51]

1.2.1 Zvláštní druhy rýže

Basmati je neloupaná dlouhozrnná rýže. Pochází ze severní Indie a Pákistánu. Indie je největším výrobcem a vývozcem rýže basmati na světě. Má oříškové aroma a štíhlá zrna. Prodává se neloupaná i leštěná. Před tepelnou úpravou je nutné rýži dobře proprat. Po uvaření se zrna nelepí, rýže je sypká a kyprá. Podobný charakter má texaská rýže „Texmati“ [39,49,52,53,54].

Jasmínová rýže je aromatický druh rýže (květinová vůně) pocházející z Thajska, po uvaření se lepí více než rýže basmati [39,54].

Patna je nejkvalitnější dlouhozrnná rýže s neutrální chutí a vůní, která se po vaření nelepí. Často se upravuje jako parboiled [39].

Divoká (indiánská) rýže (*Zizania aquatica*) jsou podlouhlá semínka vysoké vodní trávy ze Severní Ameriky a Kanady, nejedná se o skutečnou rýži. Sbírá se ručně, je velmi drahá a proto bývá nabízena ve směsi s dlouhozrnnou rýží [39].

Hnědá, červená, černá a fialová rýže je označení pro neloupanou rýži s vysokým obsahem antokyanů způsobujících výrazné zbarvení slupky. Po uvaření těchto neloupaných rýží se semena obarví. Tyto druhy jsou vzácnější a z výživového hlediska vysoce oceňované. Červená rýže se vyznačuje příchutí po piniových oříšcích [39,48].

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILOVIN A JEJICH NUTRIČNÍ HODNOTA

Chemické složení obilovin je závislé na oblasti pěstování, na odrůdě, hnojivu, době setí a klimatických podmínkách a dalších činitelích [1].

Zdravá vyvážená strava má obsahovat šest složek: sacharidy, lipidy, bílkoviny, vitaminy, minerální látky a vodu. Denní skladba živin by měla být přibližně tato: sacharidy 56 %, bílkoviny 14 %, tuky 28 – 30 %. Poměr denního příjmu sacharidů, proteinů a lipidů je 4:1:1. Poměr živočišných a rostlinných bílkovin by měl být 1:1. Energetická výtěžnost proteinů a sacharidů je 17 kJ.g^{-1} , tuků 37 kJ.g^{-1} a etanolu 29 kJ.g^{-1} . Denní spotřeba vody by měla být u dospělého člověka 35 ml na kg hmotnosti. Denní příjem bílkovin dospělého člověka by měl být 0,75 – 2,5 g na 1 kg hmotnosti. U dětí, dospívajících a těhotných žen by měl být vyšší a to 3 – 4 g na 1 kg hmotnosti. Denní příjem cholesterolu by měl být do 300 mg [55,56,57,58].

Důležitou složkou obilného zrna je voda, její obsah se pohybuje od 12 do 15 %, zbytek tvoří sušina. Z technologického hlediska, dle obsahu vody, rozdělujeme zrno na mokré (nad 17 %), vlhké (nad 15,5 %), středně suché (nad 14 %) a zrno suché (do 14 %) [1,2,3].

Základními stavebními složkami obilovin jsou podle množství:

- ❖ sacharidy a bílkoviny,
- ❖ lipidy a minerální látky,
- ❖ vitaminy a barviva [1,2,3].

Tabulka 1: Chemické složení základních obilnin v % [2,56]

Druh	voda	škrob	bílkoviny	lipidy	celulóza	popeloviny
Pšenice	14,6	65,3	12,4	1,7	2,7	1,8
Rýže	13,1	70,4	7,4	2,4	-	1,2
Žito	15,3	62,0	11,4	1,7	2,0	1,8
Ječmen	13,8	66,0	10,5	2,1	4,8	2,7
Oves	12,0	54,5	11,7	6,0	10,8	3,0
Kukuřice	10,5	69,0	10,0	4,8	2,8	1,7
Proso	12,5	61,1	10,6	3,9	8,1	2,8

2.1 Sacharidy obilovin

2.1.1 Monosacharidy

Ve zralých obilných zrnech jsou z monosacharidových jednotek zastoupeny pentózy a hexózy. Pentózy (arabinóza, ribóza a xylóza) jsou uloženy v obalových a buněčných stěnách endospermu a jsou základními stavebními částmi pentózanů, důležitých složek podpůrných pletiv. Hexózy (galaktóza, manóza, glukóza a fruktóza) jsou zastoupeny ve větší míře v zrně žita, v pšeničném zrně se vyskytují v nepatrném množství, a to především v klíčku [1,11,59,60].

2.1.2 Oligosacharidy

Oligosacharidy se vyskytují v nízkých koncentracích. V klíčícím zrně je to sacharóza (*Triticum durum* 0,26 %, *Triticum aestivum* 0,1 %). Je nejdůležitějším disacharidem, a potom maltóza (*Triticum durum* 0,1 %, *Triticum aestivum* 0,08 %) a rafinóza (*Triticum aestivum* 0,07 %) [1,10,11,59].

2.1.3 Polysacharidy

Z technologického hlediska jsou nejdůležitější skupinou sacharidů obilných zrn. Mají stavební a zásobní funkci. Nejdůležitější složkou zrna je zásobní polysacharid škrob, dalšími zástupci jsou dextriny, celulóza, hemicelulózy a pektinové látky [1,10,11,59,60].

2.1.3.1 Škrob

Škrob jako zásobní polysacharid je hlavní součástí sušiny, je uložen v endospermu. Obsah škrobu v pšenici se pohybuje v rozmezí 60 – 80 % v sušině zrna. Obsah škrobu v mouce, která je tvořena endospermem, je vyšší než 80 % [1,10].

Škrob se vyskytuje v podobě škrobových zrn. Je složen z amyulózy a amylopektinu. Obě frakce jsou tvořeny jednotkami glukózy. Molekuly glukózy jsou v amyulóze spojeny α -1,4 glykosidickou vazbou (polymery maltózy) a v případě molekuly amylopektinu i vazbou α -1,6 (polymer maltózy a izomaltózy). Jejich poměry jsou v našich tradičních obilovinách 25 % amyulózy a 75 % amylopektinu. Amyulóza je rozpustná ve vodě a amylopektin pouze bobtná a není schopen vytvořit roztok. Mezi hlavní významy škrobu patří jeho schopnost po ochlazení tvořit gel, je hlavním nositelem obsažené vody ve stříde chleba a nositelem

vláčnosti a je to zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky při kypření těsta [1,10,59,60,61,62].

2.1.3.2 *Celulóza*

Z neškrobových polysacharidů je zde zastoupena ve vodě nerozpustná celulóza. Celulóza je sestavena z polymerů sestavených z glukózových jednotek, avšak jsou spojeny vazbou β -1,4 glykosidovou. Celulózová vlákna jsou základem nerozpustné vlákniny. Celulóza je obsažena hlavně ve vnějších obalových vrstvách obilky. Hlavní funkcí celulózy je mechanická ochrana zrna a proto je hlavně uložena v obalových vrstvách. Je nerozpustná ve vodě a za normálních teplot nebobtná. Schopnost bobtnat a vázat vodu mají deriváty celulózy. Pšenice jí obsahuje asi 1,6 %, v ječmeni jsou jí 4 % a oves a rýže obsahují přes 10 % celulózy [1,4,10].

2.1.3.3 *Hemicelulózy*

Jsou strukturními polysacharidy necelulózového charakteru, vyplňující prostory mezi vlákny celulózy v buněčných stěnách rostlin. Hemicelulózy jsou rozpustné ve zředěných alkáliích, jsou zastoupeny hlavně v buněčných stěnách, kde plní funkci opěrnou i zásobní. Při klíčení semen se rozkládají na jednodušší cukry [1,56].

Patří zde dvě hlavní skupiny polysacharidů:

- ❖ heteroglukany
- ❖ heteroxylany
- ❖ heteromannany [56].

Mezi hlavní strukturní heteroglukany patřící mezi hemicelulózy řadíme:

- ❖ xyloglukany
- ❖ β -glukany [56].

Základem molekuly xyloglukanů je β -D-1,4-glukan (celulóza) s jednotkami D-xylopyranózy v postranních řetězcích, jež jsou vázány na glukózu α -1,6 glykosidovými vazbami. Jsou dominantními hemicelulózami buněčných stěn dvouděložných rostlin. U jednoděložných rostlin, kam patří především obiloviny, jsou přítomny v menším množství [56,59].

β -glukany se nachází v buněčných stěnách vyšších rostlin a ve větším množství v semenech některých obilovin (ječmen, oves). Na β -glukany se v malém množství váží zbytky arabinózy nebo xylózy [56].

V buněčných stěnách obilovin tvoří β -glukany až 30 % sušiny neškrobových polysacharidů. Obsah v pšenici je 0,2 – 2 % hmotnosti zrna, u neloupaných zrn rýže 1 – 2 %. U některých kultivarů ječmene byl zjištěn obsah 14 – 16 % těchto glukánů [56].

Jejich rozpustnost ve vodě závisí především na jejich struktuře, která souvisí s původem. Rozpustnost klesá v řadě oves > ječmen > pšenice. Čím více je v molekule vazeb (1,4), tím nižší je rozpustnost polymeru. Nejvíce rozpustné jsou polymery obsahující 30 % vazeb (1,3) a 70 % vazeb (1,4). Rozpustnost β -glukanů se zvyšuje s teplotou. Při teplotě 40 °C se extrahuje asi 20 % β -glukanů a při 65 °C asi 30 – 70 % a vznikají viskózní roztoky (β -glukany pšenice se při této teplotě neextrahují). β -glukany vázané na protein jsou nerozpustné, k tvorbě gelu dochází až po hydrolýze, ale nativní nehydrolyzovaná molekula gel netvoří. β -glukany tvoří z části rozpustnou a z části nerozpustnou vlákninu potravy [56,59].

Heteroxylany mají hlavní řetězec tvořený D-xylanopyranózovými jednotkami. Koncovou jednotkou je zde α -L-arabinofuranóza. Vzhledem k primární struktuře se tyto heteroxylany nazývají také arabinoxylany a nebo starším názvem pentózany. Pentózany jsou hlavními polysacharidy primárních buněčných stěn obilovin. Jsou vysoce hydrofilní, ve srovnání s lepkotvornými bílkoviny jsou schopny navázat na svůj hmotnostní podíl několikanásobné množství vody (15 – 100 g na 1 g sušiny). Tato voda se při pečení uvolňuje a slouží pro mazování škrobu a vytváření gelovité struktury střídy chleba. Jejich rozpustnost roste s větvením molekuly. Jejich obsahy u obilovin jsou rozdílné. Stěny buněk endospermu obsahují 60 – 70 % pentózanů, u rýže činí tato hodnota 40 %. Pluchy pšeničných zrn jich obsahují 64 %. Ovšem u zrn pšenice je tato hodnota 1,4 – 2,1 %. U rýže je to 7 – 8 % heteroxylanů [1,10,56].

Heteromanany (galaktomanany a glukomanany) se vyskytují v buněčných stěnách rostlin v menším množství, tvoří 12 – 15 % polysacharidů buněčných stěn [56].

Tabulka 2: Obsah hlavních polysacharidů v pšeničné mouce (v %) [56]

Polymer	Obsah v %
škrob	60 – 80
neškrobové polysacharidy	3 – 11
celulóza	0,2 – 3
hemicelulózy	2 – 7
arabinoxylany	1 – 3
β-glukany	0,5 – 2
xyloglukany	0,2 – 0,4
pektiny	0,3 – 0,5
glukofruktany (fruktany)	1 – 4

2.2 Bílkoviny obilovin

Obilné bílkoviny můžeme rozdělit podle morfologického původu, biologické funkce, chemického složení a na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Podle morfologického původu rozlišujeme bílkoviny endospermu, aleuronové vrstvy a zárodečné vrstvy, které pocházejí z klíčku. Podle chemického složení se v obilovinách vyskytují obě základní skupiny bílkovin, a to jednoduché i složené. Z hlediska lidské výživy jsou obiloviny důležitým zdrojem bílkovin, nicméně mají nízkou výživovou kvalitu kvůli nízkému množství esenciálních aminokyselin, zvláště lyzinu. Zralá zrna obsahují podle druhů 7 – 16 % bílkovin. Většina je uložena v endospermu a v aleuronové vrstvě. Základními bílkovinami všech obilovin jsou albuminy, globuliny, gliadiny (dříve nazývané prolaminy) a gluteliny. V klíčku a v aleuronové vrstvě jsou obsaženy zejména protoplazmatické bílkoviny (albuminy a globuliny). Albuminy jsou rozpustné ve vodě a globuliny v roztocích solí. Obsah albuminů a globulinů u pšenice činí 15 – 20 %. Podstatnou část obilného zrna tvoří zásobní ve vodě nerozpustné bílkoviny (gliadiny a gluteliny). Tyto bílkoviny určují technologickou, nutriční, krmnou a biologickou hodnotu zrna. Glutelinová frakce je rozpustná ve zředěných roztocích kyselin a zásad. Zásobní bílkovinou rýže je oryzenin. Gliadinová frakce je rozpustná v 70% etanolu, je značně

heterogenní a nachází se ve všech obilovinách v pšenici obsažený gliadin, v ječmeni hordein, v ovsu avenin, v kukuřici zein a v rýži oryzin. Jejich malá rozpustnost souvisí s malým obsahem kyselých (asparagová a glutamová kyselina) a bazických aminokyselin (arginin, lyzin, histidin) s polárními postranními řetězci. Gliadinové proteiny obsahují velké množství glutaminu (36 – 45 %) a prolinu (14 – 30 %) [1,2,5,6,10,11,56,59,60,63].

Tabulka 3: Proteiny obilovin a jejich složení (%) [56]

Obilovina	Albumin	Globulin	Gliadin	Glutelin
pšenice	leukosin 14,7 %	edestin 7,0 %	gliadin 32,6 %	glutenin 45,7 %
rýže	10,8 %	9,7 %	oryzin 2,2 %	oryzenin 77,3 %
žito	44,4 %	10,2 %	sekalin 20,9 %	sekalinin 24,5 %
ječmen	12,1 %	8,4 %	hordein 25,0 %	hordenin 54,5 %
oves	20,2 %	avenalin 11,9 %	gliadin 14,0 %	avenin 53,9 %
kukuřice	4,0 %	2,8 %	zein 47,9 %	zeanin 45,3 %

2.2.1 Lepek

Bílkoviny pšenice se liší od ostatních rostlinných bílkovin svou schopností tvořit lepek (gluten). Při hnětení pšeničné mouky s vodou dochází k tvorbě pevného gelu, lepku. Lepek je viskoelastická lepivá hmota, která má důležitou úlohu při tvorbě těsta. Je tvořen ze dvou třetin z vody a z jedné třetiny ve vodě nerozpustnými bílkovinami, gliadinem a gluteninem. Gliadin je odpovědný za tažnost a glutenin za pružnost a bobtnavost lepku ve zředěném roztoku kyseliny mléčné. Nejvyšší kvalita pečiva má poměr gliadinu a gluteninu 3:1. Mokřým lepkem nazýváme substanci získanou vypíráním pšeničného těsta vodou, přičemž se vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob. U některých jedinců vyvolává lepek (určité frakce gliadinu) trávicí alergii zvanou celiakie. Pro celiaky je vhodnou obilovinou rýže, která lepek neobsahuje, resp. gliadiny jsou v rýži minoritní složkou [1,2,4,10,11,20,56,64,65].

2.2.2 Aminokyselinové složení proteinů obilovin

Kyselina glutamová je dominantní aminokyselinou v obilovinách, je zde přítomna ve formě glutaminu a představuje více než 1/3 z celkového obsahu bílkovin pšeničného zrna.

Druhou nejvíce zastoupenou aminokyselinou je prolin. Prolin se podílí na vytvoření pružné prostorové struktury pšeničného těsta [1,10,14].

Tabulka 4: Obsah aminokyselin v pšenici a rýži (v g vztaženo na 16 g dusíku) [56]

AMK	Pšenice	Rýže
Ala	3,6	6,0
Arg	4,6	8,3
Asp	4,9	10,3
Cys	2,5	1,1
Glu	29,9	20,6
Gly	3,9	5,0
His	2,3	2,5
Ile	3,3	3,8
Leu	6,7	8,2
Lys	2,9	3,8
Met	1,5	2,3
Phe	4,5	5,2
Pro	9,9	4,7
Ser	4,6	5,4
Thr	2,9	3,9
Trp	0,9	0,8
Tyr	3,0	3,5
Val	4,4	5,5

2.3 Lipidy obilovin

Obilky patří k semenům s nejnižším obsahem tuku (estery mastných kyselin a glycerolu), obsahují ho pouze 1,5 – 2,5 %. Obsah je ale vyšší u ovsu, prosa, čiroku a kukuřice (4 – 7 %). Nejbohatší na tuk je klíček a aleuronová vrstva zrna. Hmotnostní podíl klíčku v celém zru tvoří pouze 2,5 %, nicméně podíl lipidů v něm obsažených je kolem 64 %. Obsah nasycených mastných kyselin (MK) je 18 – 25 %, ve větší míře jsou zastoupeny nenasycené mastné kyseliny (72 – 85 %) a z nich esenciální kyselina linolová tvoří 48 – 57 %. Kyselina linolová podléhá snadno oxidaci a žluknutí, což je nežádoucí jev při delším skladování mouky. Obsah kyseliny olejové se pohybuje v rozmezí 16 – 18 %. V menší míře je zastoupena nenasycená mastná kyselina linolenová, kolem 5 %, je ovšem mnohem

více náchylná k oxidaci. V obilném zrně je také část polárních lipidů (fosfatidů). Jejich zástupci jsou zde především fosfatidylcholin a fosfatidyletanolamin. Fosfatidy jsou podobné tukům, v jejich molekule je obsažena kyselina fosforečná a organická báze [1,10,11].

Mezi doprovodné látky lipidů obsažených v obilovinách patří lipofilní barviva karotenoidy, mezi něž patří žlutá a oranžová barviva β -karoten a xantofyly (lutein), a dále flavonoidy, mezi něž patří červené a modré antokyany (antokyanidin) a bělavé až nažloutlé flavonoly (flavonol) a flavony (flavon) [66].

Vyšší obsah má zejména pšenice tvrdá (*Triticum durum*). Pro pekařské účely se spíše využívají odrůdy s nízkým obsahem barviv, naopak je tomu při výrobě těstovin [1].

Tabulka 5: Rozdělení látkového složení v jednotlivých částech zrna v % sušiny [1]

Složka	Popel	Bílkoviny	Lipidy	Celková vláknina	Pentózy	Škrob
Oplodí 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

2.4 Minerální látky obilovin

Označujeme je jako popel, což je anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Obiloviny jsou výborným zdrojem minerálií, nejvíce je zde zastoupeno železo, fosfor, draslík, vápník, hořčík a dusík, dále pak zinek, měď, mangan, molybden a bór. Množství popela v obilném zrně se pohybuje v rozmezí 1,25 – 2,5 %. U pluchatých obilovin je jejich obsah vyšší. V pšenici je v průměru 1,84 % minerálních látek. Klíček a obalové vrstvy, zejména aleuronová vrstva, mají největší zastoupení popelovin v semenu, endosperm je na minerální látky chudý. Významný je obsah minerálních látek v obalových vrstvách obilky 1,5 % (kukuřice) až 5,9 % (rýže). Popel je tvořen z největší části oxidem fosforečným, dále

je zde oxid hořečnatý, draselný a vápenatý. Méně je pak oxidu sodného a křemičitého. Obiloviny a výrobky z nich poskytují 44 % z denního příjmu Fe (15 % z chleba), 27 % Mg (13 % z chleba), 25 % Zn (11 % z chleba) a 31 % Cu (14 % z chleba) [68].

2.5 Vitaminy obilovin

Jejich obsah je nejvyšší v obalových vrstvách, ve štítku klíčku a v aleuronové vrstvě. Samotný endosperm je velice chudý na vitaminy. Do konzumních mouk se během mletí dostává v průměru 2/3 původního obsahu vitaminů zrna. Vitamin A je obsažen v klíčcích ve formě provitaminu β -karotenu. Největšího zastoupení se dostává vitaminům skupiny B. V obalových vrstvách a v klíčku je to vitamin B₁ (tiamin) a B₂ (riboflavin). Zrno pšenice a ječmene obsahují ve vyšším množství vitamin B₃ (niacin). Je termostabilní a stálý vůči oxidaci. Je lokalizován do aleuronové vrstvy, a proto hlavní podíl přechází do otrub. Vitamin B₅ (kyselina pantotenová) je obsažena v okrajových částech zrna, zejména ve sklovité pšenici. Vitamin B₆ (pyridoxin) se nachází také v aleuronové vrstvě a ve štítku. V pšeničných klíčcích se ve vyšším množství vyskytuje vitamin E (tokoferol), jež se také izoluje při výrobě vitaminových preparátů ve farmaceutickém průmyslu. V endospermu se vitamin E téměř nevyskytuje. Vitamin C se vyskytuje ve vyklíčeném obilí, nicméně zralé obilky ho neobsahují. Pšeničná mouka obsahuje 2,27 mg.kg⁻¹ vitaminu B₁, 0,64 mg.kg⁻¹ B₂, 0,9 – 1,2 mg.kg⁻¹ B₃, 0,2 – 6,0 mg.kg⁻¹ B₆. Rýže obsahuje 1,16 mg.kg⁻¹ B₁ a 0,41 mg.kg⁻¹ B₂ [1,10,11,69,70].

Tabulka 6: Obsah vitaminů v hnědé, bílé a předvařené rýži (mg.100 g⁻¹) [71]

Rýže	B ₁	B ₂	B ₃	B ₅	B ₆
hnědá	0,403	0,065	5,433	1,457	0,563
bílá	0,057	0,043	1,423	1,080	0,161
předvařená	0,203	0,043	3,923	1,113	0,360

3 STRAVITELNOST

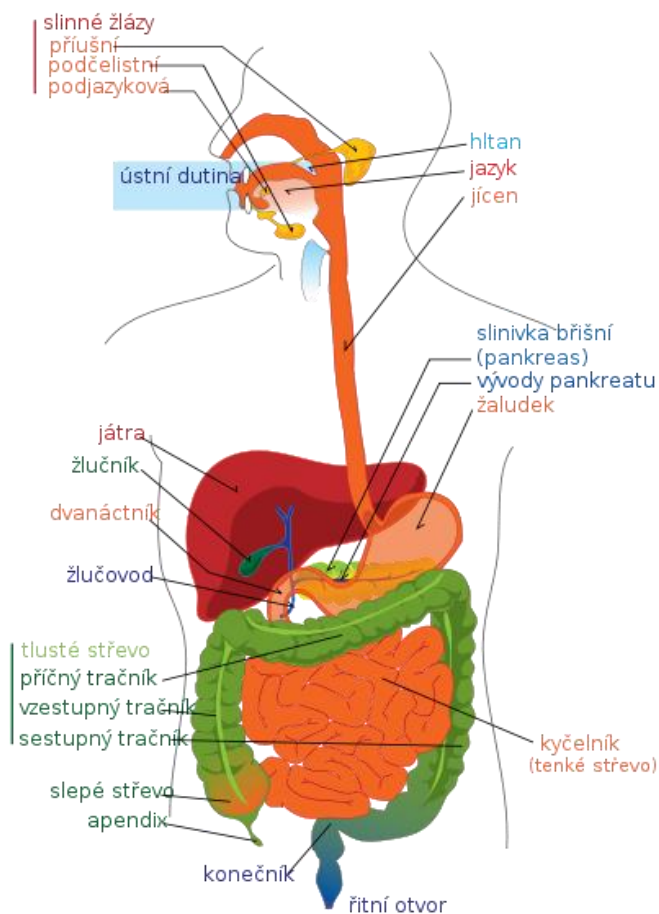
3.1 Trávicí trakt člověka

Gastrointestinálním traktem (GIT) organismus získává z potravy bílkoviny, lipidy, sacharidy, minerální látky, vitaminy a vodu. Potrava musí být mechanicky rozkousána, polknuta a (bio)chemicky zpracována a rozštěpena. Tento proces nazýváme trávení. Nakonec jsou složky potravy vstřebány ze střeva (resorpce). GIT má kromě trávení a vstřebávání i funkci ukládání některých látek do zásob (Fe, vitaminy sk. B, tuk apod.) nebo zajištění ochrany organismu před mikroorganismy přijímanými potravou [2,58,72,73,74,75].

Trávicí systém se skládá ze dvou typů orgánů, z trávicí trubice a připojených žláz. Trávicí trakt je tvořen dlouhou, svinutou trubicí, jejíž stěna je tvořena čtyřmi vrstvami. Sliznicí, podslizničním vazivem, svalovinou a pobřišnicí [55,58,72,74,75].

GIT začíná dutinou ústní (*cavitas oris*) a pokračuje hltanem (*pharynx*), jícnem (*oesophagus*), žaludkem (*ventriculus, gaster*), tenkým střevem (*intestinum tenue*), které se člení na dvanáctník (*duodenum*), lačník (*jejunum*) a kyčelník (*ileum*). Dále tlustým střevem (*intestinum crassum*) jehož úseky jsou slepé střevo (*caecum*), červovitý výběžek (*appendix vermiformis*), vzestupný tračník (*colon ascendens*), příčný tračník (*colon transversum*), sestupný tračník (*colon descendens*), esovitý tračník (*colon sigmoideum*) a konečník (*rectum*). Do trávicí trubice ústí vývody žláz (slinné žlázy, slinivka břišní, játra). Vrátnicovou žílou jsou živiny dopravovány do jater, kde se uskutečňuje jejich vstřebávání [75,76].

Do ústní dutiny ústí velké slinné žlázy: příušní (*glandula parotis*), podjazyková (*glandula sublingualis*) a podčelistní (*glandula submandibularis*) slinná žláza. Do tenkého střeva ústí játra (*hepar*) a slinivka břišní (*pankreas*). Tyto žlázy jsou exokrinní, tj. vylučují sekrety do volných dutin GIT. Přijatá potrava se v dutině ústní mísí se slinami a mechanicky zpracovává žvýkacími svaly, jazykem a zuby. Takto je vytvořeno sousto, které je dopraveno pomocí peristaltických pohybů hltanem a jícnem do žaludku. Poté prochází tenkým střevem, kde se živiny vstřebávají do krve pomocí sliznice. Nestrávené zbytky putují do tlustého střeva, kde je trávenina (*chymus*) vstřebáváním vody a soli zahušťována. Nestrávená potrava se hromadí v konečniku a nazývá se stolice, je pak vypuzena defekačním procesem z těla ven [55,58,74,75,76].



Obrázek 5 - Trávicí soustava [77]

3.2 Trávicí enzymy

3.2.1 Sliny

Sliny zvlhčují potravu, což napomáhá trávení. U člověka se denně vytvoří kolem 1,5 litru slin. Obsahují mucin (glykoprotein), který obaluje sousto a usnadňuje jeho polykání. Dále obsahují *ptyalin* (α -amyláza) a anorganické látky: ionty HCO_3^- , fosfáty a vápník. Sliny mají neutrální pH. Váží vápník, a tedy neuvolňují vápník ze zubů [75,78].

3.2.2 Žaludeční šťáva

Žaludeční šťáva je čirá, bezbarvá silně kyselá tekutina. Obsahuje kyselinu chlorovodíkovou, *pepsin*, *chymozin*, *žaludeční lipázu* a *mucin*. Více než 99 % šťávy tvoří voda [74].

3.2.2.1 Neenzymatické složky žaludeční šťávy

Kyselina chlorovodíková (HCl) okyseluje obsah žaludku a způsobuje natrávení vaziva masité stravy. Chrání vitaminy B₁, B₂ a C. Usmrcuje choroboplodné zárodky, kvasinky a plísně, tím zabraňuje kvašení žaludečního obsahu. HCl aktivuje *pepsin* [74].

Mucin je hlenovitý produkt žaludečních žláz. Na povrchu stěny žaludku tvoří jemný film a chrání ji tak před natrávením kyselinou chlorovodíkovou [74].

3.2.2.2 Pepsin

Pepsin je žaludeční endopeptidáza štěpicí bílkoviny na jednodušší sloučeniny (ne však až na AMK) rozpustné ve vodě. Nemá velkou specifitu, nejlépe štěpí peptidové vazby na karboxylové straně aromatických aminokyselin (Tyr, Phe). Produktem působení *pepsinu* na bílkoviny je tzv. *pepton*, směs peptidů obsahujících obvykle 3 – 30 aminokyselinových zbytků. *Pepsin* je produkován hlavními buňkami žaludku (pepsinogenní buňky) ve formě inaktivního proenzymu pepsinogenu, který se mění v kyselém prostředí v aktivní *pepsin* [74,76,79,80,81].

3.2.2.3 Chymozin

Chymozin je endopeptidáza nacházející se v žaludku sajících mláďat savců. Specificky štěpí mléčnou bílkovinu κ-kasein (mezi Phe¹⁰⁵ a Met¹⁰⁶), aniž by vyžadoval drasticky nízké pH, sráží mléčné bílkoviny na drobné vločky tvarohu. Sražené mléčné bílkoviny se snadněji štěpí a sražené mléko déle vydrží v žaludku. U dospělého člověka *chymozin* chybí [82,83].

3.2.2.4 Žaludeční lipáza

Za spoluúčasti emulgátorů ze žluče slabě štěpí tuky na mastné kyseliny (MK), *diacylglycerol*, *monoacylglycerol* a posléze na *glycerol*. Její účinnost je v žaludku velmi malá [82,84].

3.2.3 Střevní šťáva

Je produkována střevními žlázami uloženými převážně mezi klky, obsahuje enzym *erepsin*, štěpicí bílkoviny na aminokyseliny, dále enzym *lipázu* a *amylázu* (rozkládá sacharidy na lehce vstřebatelné cukry). Tvoří se jí 1 až 3 litry denně a je slabě zásaditá. Střevní šťáva dokončuje štěpení bílkovin, cukrů a tuků. Její funkci ovlivňuje produkce

žluče a pankreatické šťávy, kterou produkuje slinivka břišní ústící do *duodena*. Úkolem žluče je emulgovat v tenkém střevu lipidy [74,78].

3.2.3.1 Pankreatin

Pankreatická šťáva je hlavní trávicí šťávou. Denně se jí vytvoří kolem 2 litrů. Je alkalické povahy pro zneutralizování kyselé tráveniny přicházející ze žaludku. Obsahuje proteolytické enzymy (*trypsin*, *chymotrypsin*, *elastáza*), *lipázy*, *nukleázy* a *α -amylázu* [78,79,81].

Tabulka 7: Hlavní enzymové aktivity přítomné v trávicím traktu [78]

<i>Sekce</i>	<i>Trávení</i>	<i>Enzymová aktivita</i>
Ústní dutina	lipidy	<i>lipáza</i>
	škrob	<i>ptyalin</i>
Žaludek	proteiny	<i>pepsin</i>
	lipidy	<i>lipáza</i>
Tenké střevo	proteiny	<i>trypsin</i> <i>chymotrypsin</i> <i>elastáza</i>
	peptidy	<i>peptidázy</i>
	škrob	<i>amyláza</i>
	oligosacharidy	<i>invertáza</i> <i>laktáza</i> <i>maltáza</i>
	tuky	<i>lipáza</i>
	nukleové kyseliny	<i>nukleázy</i>
	stavební polysacharidy	<i>pektináza</i> <i>hemicelulóza</i> <i>celulóza</i>
Tlusté a slepé střevo	škrob	<i>amyláza</i>
	proteiny	<i>protéza</i>
	aminokyseliny	<i>deaminázy</i> <i>dekarboxylázy</i>

3.3 Trávení základních živin

3.3.1 Trávení sacharidů

Sacharidy pokrývají dvě třetiny potřeby energie. Škrob složený z amylózy a amylopektinu tvoří polovinu potravou přijatých sacharidů, následuje sacharóza (řepný cukr) a laktóza (mléčný cukr). Trávení cukrů začíná v ústech, kde *α -amyláza* – *ptyalin* při neutrálním pH mění škroby na oligosacharidy (*maltózu*, *maltotriózu*, *α -hraniční dextriny*). V žaludku

jejich trávení pokračuje smícháním s kyselou žaludeční šťávou a v *duodenu* se *chymus* mísí s pankreatickou šťávou, v níž je další pankreatická α -amyláza. Vlastní resorpce se uskutečňuje v podobě monosacharidů, proto musí být maltóza, maltotrióza a α -hraniční dextriny dále hydrolyzovány. Tuto činnost zajišťují enzymy kartáčového lemu *maltáza* a *izomaltáza*. Konečným produktem je glukóza, která se vstřebává aktivní formou (tj. i proti koncentračnímu gradientu) do slizničních buněk. Tento proces je svázán s transportem sodíku a nakonec je glukóza pasivně předána do portální krve. Fruktóza má samostatný transportní systém a vstřebává se rychleji, čehož se využívá ve sportu. Štěpení sacharózy, laktózy a trehalózy zajišťují další enzymy buněk kartáčového lemu tenkého střeva: *sacharáza*, *laktáza* a *trehaláza*. Z laktózy se kromě glukózy uvolňuje galaktóza, která je vstřebávána stejně jako glukóza, zatímco fruktóza ze sacharózy může přestoupit přes membránu enterocytů pouze pasivním jednosměrným transportem. Hlavní část sacharidů je vstřebána již v *duodenu* a na začátku *ilea* [58,73,79].

3.3.2 Trávení lipidů

Lipidy jsou špatně rozpustné ve vodě, tudíž jejich trávení a vstřebávání ve vodném prostředí trávicího ústrojí potřebuje zvláštní mechanismy. Pro optimální působení enzymů je nutné emulgovat tuky mechanicky (zvláště motilitou „distálního“ žaludku) a pomocí žlučových kyselin, které mají vysokou schopnost snižovat povrchové napětí a tím emulgovat tuk (triacylglyceroly) na malé kapénky. Kapičky tuku v emulzi, nabízejí větší plochu pro působení *lipáz*. Na trávení tuků se podílí enzymy - *lipázy* (ze žlázek kořene jazyka, ze žaludečního fundu a z pankreatické šťávy). Okolo 10 – 30 % tuků je rozštěpeno již v žaludku, 70 – 90 % v *duodenu* a *horním jejunu*. Aktivita *lipáz* je na rozhraní mezi tukovou, popřípadě olejovou fází a vodným okolím. *Pankreatická lipáza* štěpí *triacylglyceroly* (odštěpuje mastné kyseliny od trojmocného alkoholu - glycerolu) a vznikají nám tedy štěpné produkty (volné mastné kyseliny a *monoacylglyceroly*). Dochází k vytvoření micel (velikost kolem 5 nm). Micela je tvořená žlučovými kyselinami, mastnými kyselinami a dále je přítomen cholesterol. *Fosfolipáza A* (z profosfolipázy A pankreatické šťávy aktivované *trypsinem*) za přítomnosti solí žlučových kyselin a Ca^{2+} štěpí 2. esterovou vazbu fosfolipidů (především fosfatidylcholinu). Nespecifická *karboxyesteráza* (*cholesterolesterhydroláza*) pankreatické šťávy působí také na micely a štěpí estery cholesterolu a také všechny tři esterové vazby triacylglycerolů a estery vitaminů A, D a E [58,73,79].

3.3.3 Trávení bílkovin

Trávení bílkovin začíná v žaludku. Žaludeční kyselina (HCl) bílkoviny denaturuje, čímž se stávají přístupnější proteolytickým enzymům (např. *pepsin*, *trypsin*). V silně kyselé žaludeční šťávě je proteolytický enzym *pepsin*, který je vylučován v neaktivní formě jako tzv. pepsinogen. Pepsinogen je aktivován pomocí HCl nebo *pepsinem*. *Pepsin* štěpí molekuly bílkovin mezi určitými dvojicemi aminokyselin (AMK), přednostně jsou štěpeny vazby tvořené aromatickými a dikarboxylovými AMK. Působením *pepsinu* vzniká z bílkoviny směs polypeptidů. Samy enzymy jsou inaktivovány neutrálním pH v tenkém střevě. AMK jsou aktivně vstřebávány v *duodenu* a v tenkém střevě. Zdrojem enzymů jsou v tenkém střevě pankreatická (*trypsin*, *chymotrypsin*, *elastáza* a *karboxypeptidáza*) a střevní šťáva (*aminopeptidáza*, *dipeptidáza*). *Trypsin* je vylučován jako neaktivní trypsinogen a je aktivován účinkem *střevní peptidázy* (*enterokinázy*). *Trypsin* štěpí bílkoviny na peptidy, přednostně štěpí vazby tvořené zásaditými AMK (Lys, His, Arg). *Chymotrypsin* se vylučuje ve formě neaktivního *chymotrypsinogenu* a aktivován je *trypsinem*. Z bílkovin produkuje směs peptidů, lépe koaguluje mléko, není aktivován *enterokinázou* a přednostně štěpí vazby nepolárních AMK (Gly, Val, Ala, Leu, Ile, Phe, Pro, Trp, Met). *Elastáza* v *pankreatu* vzniká v neaktivní podobě pro-elastázy. Aktivována je *trypsinem*. *Elastáza* štěpí peptidové vazby (Gly, Ala, Ser). *Karboxypeptidáza* štěpí peptidy od karboxylového konce. Vylučuje se v neaktivní formě jako *pro-karboxypeptidáza*, která je aktivovaná rovněž *trypsinem*. Jejím účinkem vznikají z polypeptidů nižší peptidy a volné AMK. *Aminopeptidáza* štěpí peptidy od jejich aminového konce. Rozklad bílkovin dokončují *dipeptidázy*. Systémy přenášející AMK jsou aktivní podobně jako u glukózy, tzv. kotransportem se sodíkem. Dále je to resorpce facilitovanou (usnadněnou) difuzí. Transport se děje pasivně do slizniční buňky a odtud dále do krevního oběhu [2,58,78,79,81].

4 VLÁKNINA

Za vlákninu potravy považujeme nestravitelné zbytky rostlinných pletiv, které jsou odolné vůči hydrolýze trávicími šťávami člověka. Podle rozpustnosti ve vodě dělíme vlákninu na rozpustnou neboli jemnou – která je také nazývaná prebiotická (část hemicelulóz, rostlinné gummy, pektiny, rostlinné slizy, modifikované škroby a celulózy) a nerozpustnou neboli hrubou (celulóza, část hemicelulóz a lignin). Rozpustná vláknina je částečně štěpena trávicími enzymy v horní části GIT. Nerozpustná vláknina odolává působení enzymu v tenkém střevě. Spolu s rozpustnou vlákninou je metabolizována mikroorganismy tlustého a slepého střeva. Ty asimilují v průměru 70 % polysacharidů vlákniny, konečnými jsou oxid uhličitý a vodík, často i metan a využitelné nižší mastné kyseliny (octová, propionová a máselná) [56,57,85,86,87,88,89].

Tabulka 8: Množství rozpustné a nerozpustné vlákniny v pšeničné mouce [56]

Zdroj vlákniny	Vláknina (% sušiny)		
	rozpustná	nerozpustná	celkem
mouka pšeničná bílá	2,0	1,2	3,2
mouka pšeničná celozrnná	2,6	7,7	10,3

4.1 Chemické složení vlákniny

Vláknina obsahuje směs rostlinných sacharidů (celulóza, hemicelulózy, rostlinné gummy a slizy, pektinové látky, rezistentní škrob, inulin), které se mohou pojit s ligninem a jinými nesacharidovými složkami (polyfenoly, vosky, saponiny, kutin, fytáty) [87,90,91].

Celulóza je nejrozšířenější vysokomolekulární látkou v přírodě, tvoří asi čtvrtinu až třetinu celého rostlinného světa. Mezi dva hlavní zdroje celulózy patří bavlna a dřevo. Pro výrobu se používají i jiné zdroje (např. rákos), ale ty jsou v naprosté menšině. Základní stavební jednotkou celulózového řetězce je D-glukóza. Je to polymer celobiózových článků spolu s dalším značným množstvím jiných sloučenin [88,92].

Lignin je základní složkou nerozpustné vlákniny. Nejvíce se vyskytuje v otrubách a v pluchách ovsa a ječmene. Je složený z jednotek fenylypropanu odvozených od koniferylalkoholu, *p*-kumarylalkoholu a sinapylalkoholu. Tyto fenylypropanové jednotky

jsou nepravidelně vázány éterovými vazbami do trojrozměrných struktur, nebo také vazbami mezi dvěma atomy uhlíku. Lignin je kovalentně vázán na polysacharidy buď prostřednictvím cukerných zbytků (přímo) nebo prostřednictvím ferulové kyseliny (nepřímo), kterou jsou některé polysacharidy, například arabinoxylany esterifikovány. V zažívacím traktu se lignin nerozkládá, štěpí se pouze vazby mezi ligninem a ostatními polymery [1,56,86,88].

Tabulka 9: Složení vlákniny cereálií, ovoce a zeleniny v % [56]

Zdroj vlákniny	Necelulózo- polysacharidy		Celulóza		Lignin	
	rozsah	průměr	rozsah	průměr	rozsah	průměr
cereálie	71 – 82	75,7	12 – 22	17,4	0 – 15	6,7
ovoce	46 – 78	62,9	9 – 33	19,7	1 – 38	17,4
zelenina	52 – 76	65,6	23 – 42	31,5	0 – 13	3,0

4.2 Pozitivní vlastnosti vlákniny na lidský organizmus

Nerozpustná vláknina má pozitivní vliv na fyziologické funkce trávicí soustavy. Udržuje zdravou funkci tlustého střeva, tvoří gelotvorné struktury, bobtná a vyvolává dříve pocit nasycení, zvyšuje objem stolice a urychluje střevní peristaltiku, váže na sebe škodliviny a odvádí je z těla. Pomáhá proti zácpám, hemoroidům a nádorům tlustého střeva. Vláknina zvyšuje vylučování tuků a sterolů a brzdí jejich resorpci střevem. Nerozpustná část vlákniny váže LDL-cholesterol a tím snižuje jeho hladinu v krvi. Tím také snižuje nebezpečí kardiovaskulárních chorob a obezity. Vláknina má rovněž pozitivní vliv na bilanci žlučových kyselin a je uplatňována v diabetických dietách, kde reguluje hladinu glukózy v krvi [1,50,56,57,85,86,88,89,93,94,95,96].

Rozpustná vláknina (neštěpitelné oligo a polysacharidy) má tzv. prebiotický účinek, tzn. je růstovým faktorem pro žádoucí střevní mikroflóru nazývanou probiotika. Dále potlačuje růst nežádoucí mikroflóry, čímž snižuje i množství produktů jejich fermentačních pochodů [85,88,89].

4.3 Negativní vlastnosti vlákniny na lidský organizmus

Nerzpustná vláknina urychluje průchod tráveniny zažívacím traktem, čímž se snižuje její využitelnost. Při vysoké spotřebě otrub nebo ovesných vloček, obecně bohatých na vlákninu, se zvyšuje hladina kyseliny fytové a fytátů, které navazují do komplexů minerální živiny (Ca, Mg, Fe, aj.) a tím se snižuje využití vápníku a železa, což může následně vyvolat např. osteoporózu. Proto při vysoké konzumaci vlákniny je potřeba tyto prvky doplňovat [1,88].

Rozpustná vláknina zvyšuje viskozitu obsahu žaludku a střev, zpomaluje promíchávání obsahu, omezuje přístup pankreatických *amyláz* a *lipáz* k substrátům a tím absorpci živin střevní stěnou. Tím se zpomalí průchod střevního obsahu, sníží se difuze živin, váží se minerální látky (ionty vápníku, železa, mědi a zinku) a mění se tak jejich dostupnost [56,88].

Doporučená dávka vlákniny se pro dospělého člověka uvádí 25 – 30 g denně, z toho by mělo připadnout 6 g na rozpustnou vlákninu. Ovšem její průměrný příjem u české populace tvoří pouze třetinu, tedy 10 g denně. Poměr denního příjmu rozpustné a nerozpustné vlákniny v potravě by měl odpovídat poměru 1:3 [1,85,88,97].

4.4 Metody stanovení vlákniny

Stanovení vlákniny se provádí nejlépe v sušených vzorcích, případně s nízkou vlhkostí. Vzorek se musí dokonale rozložit. Sušení vzorků probíhá v sušárnách a vzorky s vyšším obsahem vody je možno lyofilizovat (vymrazování vody ve vakuu, zmrzlá voda při nízké teplotě a tlaku odsublimuje), také sonifikovat (rozbití v ultrazvuku) [69,88,98].

Nejprve se provádí tzv. předextrakce, účelem je odstranit tuky a pigmenty (pomocí acetonu, chloroformu, etanolu či petroléteru). Následuje digesce (rozklad) škrobu a ostatních složek, které netvoří vlákninu, k této operaci se využívají alkalické roztoky za horka a za studena, horké kyseliny, močovina, studená voda, DMSO (dimetylsulfoxid), pufrý, amylázy, proteázy, amyloglukosidázy atd [69,88,98].

Další fází je separace, čili oddělení vlákniny ze vzorku po digesci. K tomuto se využívá metoda srážení, dialýza (přechod látek přes polopropustnou membránu z prostředí s vyšší koncentrací těchto látek do prostředí s nižší koncentrací), filtrace, centrifugace nebo ultrafiltrace. Následuje vlastní stanovení, buď vážkově nebo jako ztráta váhy po zpopelnění

či pomocí HPLC nebo GPC/kolorimetrie. Takto se získává vláknina, hrubá vláknina či vláknina potravy.

Metody pro stanovení vlákniny rozdělujeme na:

- ❖ neenzymaticko-gravimetrické
- ❖ enzymové s gravimetrickou či chemickou koncovkou [69,88,98].

4.4.1 Neenzymaticko-gravimetrické metody

Při metodách chemických s gravimetrickou koncovkou jinak řečeno neenzymaticko-gravimetrických se využívá hydrolýzy kyselinou nebo kombinací kyseliny a hydroxidu. Nerozpustný zbytek se poté izoluje a stanoví vážkově. Lze využít i oxidace, kdy se vzorek hydrolyzuje HNO_3 (popř. směsí minerálních kyselin, siřičitany), proběhne tak oxidativní degradace ligninu a stanoví se tak pouze celulóza a hemicelulózy [69,88,98].

4.4.1.1 Stanovení vlákniny podle Henneberga a Stohmanna

Principem této metody je hydrolýza vzorku v 5% H_2SO_4 a v 5% NaOH. Nezhydrolyzovaný zbytek je tvořen hemicelulózou, celulózou a ligninem a nazývá se hrubá vláknina [69,88,98].

4.4.1.2 Stanovení vlákniny podle Van Soesta

Metoda je stejná jako u Henneberga a Stohmanna, avšak k hydrolýze lze použít i saponátů (tenzidů, př. acetylmetylamonium bromid) – těmi lze solubilizovat N-látky vzorku a poté může být použita kyselá hydrolýza za mírnějších podmínek (zředěnou H_2SO_4), tuto techniku navrhl van Soest, takto získaná vláknina se označuje jako acido-detergentní (celulóza a lignin). V případě použití hydrolýzy v prostředí neutrálního detergentu (př. laurylsulfátu sodného) se získala tzv. neutrálně-detergentní vláknina (celulóza, hemicelulóza a lignin) [69,88,98].

4.4.1.3 Stanovení vlákniny podle Mergenthalera

Principem metody je rozrušení balastních látek vzorku. Používá se směs etylenglykolu, vody a kyseliny sírové. Vláknina se stanoví vážkově. Metoda je vhodná pro potravinářské suroviny a je časově nenáročná [69,88,98].

4.4.1.4 Stanovení vlákniny podle Scharrera a Kürschnera

Principem této časově nenáročné metody je působení směsi kyseliny octové, dusičné a trichloroacetové. Touto směsí jsou rozpuštěny balastní látky a získá se vláknina, která se stanoví vážkově. Metoda je vhodná pro stanovení vlákniny z obilovin, luštěnin a kakaa [69,88,98].

4.4.1.5 Stanovení vlákniny podle Freudenbergova

Principem metody je působení zředěné minerální kyseliny, která hydrolyzuje sacharidy, bílkoviny a ostatní součásti buněk. A poté jsou převedeny do rozpustné formy, kdežto lignin zůstává nezměněn a stanoví se vážkově [69,88,98].

4.4.2 Enzymové metody s gravimetrickou či chemickou koncovkou

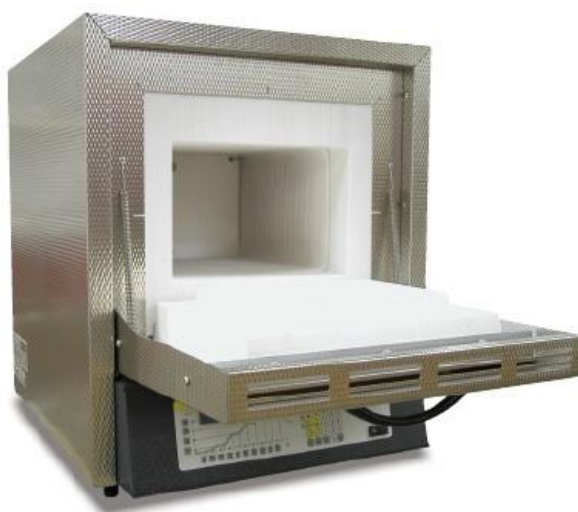
Při metodách enzymových s gravimetrickou či chemickou koncovkou nejprve dochází k hydrolyze vzorku amylolytickými a proteolytickými enzymy (*pepsin*, *pankreatin*) a celulózami (často v kombinaci s kyselou hydrolyzou), vzorek se následně vysuší a zváží. Využívá se tzv. enzymově-gravimetrické metody, kdy se stanoví tzv. celková vláknina potravy (TDF – Total Dietary Fibre), kdy se stanovuje suma rozpustných a nerozpustných polysacharidů (celulóza, hemicelulóza, pektiny, neškrobové polysacharidy, rezistentní škrob a polyfenol lignin). K tomuto se využívá enzym *amyláza*, *proteáza* a *amyloglukosidáza*. Vzorky se vaří s termostabilní *amylázou* (dochází k depolymerizaci a gelovatění škrobu), pak se inkubují s *proteázou* a *amyloglukosidázou* (nyní je ze škrobu už pouze glukóza), pak se přidá přebytek etanolu pro vysrážení rozpustné vlákniny a odstraní se zbytek proteinů a glukózy. Následuje filtrace, promytí zbytku na filtru etanolem a acetonem a jeho sušení. Stanoví se popel a bílkoviny a celková vláknina je potom hmotnost zfiltrovaného a vysušeného zbytku po odečtení podílu bílkovin a popela. Využívá se i metoda enzymaticko-chemická, kdy se škrob stanovuje enzymaticky a sacharidy kolorimetricky nebo pomocí HPLC [69,88,98].

5 STANOVENÍ STRAVITELNOSTI

5.1 Stanovení popela

Bylo postupováno dle normy ČSN ISO 2171, 2008. Norma definuje popel jako nespalitelný zbytek získaný po spalování v souladu s metodou uvedenou v této mezinárodní normě. Popeloviny se stanovily spálením vzorku v muflové peci při 550 °C po dobu 5,5 hodiny až do dokonalého spálení organických látek, získaný zbytek se zvažil [99,100].

Mezi nespalitelné minerální látky, především z obalových částí zrn, patří draselné, sodné, vápenaté a hořečnaté soli fosforečnanů, hydrogenfosforečnanů, dihydrogenfosforečnanů, síranů, chloridů, uhličitanů, křemičitanů apod. [101].



Obrázek 6 - Muflová pec [102]

5.2 Stanovení sušiny

Stanovení vlhkosti obilovin upravuje ČSN ISO 712, 2003. Dle této normy je vlhkost definována jako úbytek hmotnosti výrobku, vyjádřený v procentech, ke kterému dojde za podmínek definovaných v této mezinárodní normě. Vlhkost obilovin se stanovuje navážením vzorku a následným sušením v elektrické sušárně predehřáté na teplotu 105 °C (kontrolní metoda) po dobu 3 hodin do konstantní hmotnosti, nebo při teplotě 130 °C (referenční metoda) po dobu 1 hodiny [69,100,101,103,104].

Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 333/1997 Sb., která upravuje požadavky na mlýnské obilné výrobky, těstoviny a pekařské výrobky, ve znění pozdějších předpisů uvádí, že vlhkost mouk ze všech druhů obilovin smí být nejvýše 15 % [105].



Obrázek 7 - Sušárna Venticell 111 comfort [106]

5.3 Stanovení hrubé a neutrálně detergentní vlákniny

Metoda spočívá ve využití filtračních sáčků typu F57 firmy ANKOM, ve kterých je zatavený vzorek. Rozpustné látky odchází stěnou sáčku do roztoku a nerozpouštěné částice zůstávají uvnitř. Sáčky jsou určeny na jedno použití. Uzavírají se zatavením pomocí pulzní svářečky. Po zatavení jsou sáčky vloženy do nosiče extrakčního přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer, který zahřívá a promývá sáčky extrakčním činidlem. Takto je možné současně zpracovat až 24 vzorků, které jsou rozpouštěny a současně filtrovány. Díky využití filtračních sáčků odpadá samostatná filtrace a tím se zjednodušuje pracovní postup [107].



Obrázek 8 - ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer (ANKOM Technology, New York) [108]

5.4 Stanovení stravitelnosti s použitím inkubátoru Daisy

Stravitelnost vybraných vzorků cereálií byla stanovena metodou *in vitro* s použitím inkubátoru Daisy (ANKOM Technology, New York). Principem bylo simulování podmínek působení trávicích enzymů na potraviny v lidském těle.

Stravitelnost sušiny (DMD, Dry Matter Digestibility) a organické hmoty (OMD, Organic Matter Digestibility) byla stanovena působením enzymu *pepsinu* (z vepřové žaludeční sliznice, 0,7 FIP-U/g, Merk KGaA, Německo) a *pankreatinu* (z vepřové slinivky, proteázová aktivita 350 FIP-U/g, lipázová aktivita 6000 FIP-U/g, amylázová aktivita 7500 FIP-U/g Merk KGaA, Německo) na vzorky cereálií. Stravitelnost sušiny a organické hmoty byla stanovena působením jednotlivých enzymů na vzorky. Poté byla provedena kombinovaná hydrolýza, a to nejprve *pepsinem* a poté *pankreatinem*. Současně s analýzou vzorků byl přiložen i prázdný korekční sáček. Pro stanovení stravitelnosti byla použita metoda, která vznikla modifikací prováděcí metodiky určené pro stanovení stravitelnosti krmiv „Stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty pepsin-celulázovou metodou užitím Daisy inkubátoru“ podle Třináctého [109].



Obrázek 9 - Daisy inkubátor (ANKOM Technology, New York) [110]



Obrázek 10 - Filtrační sáčky ANKOM F 57 [111]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části práce bylo charakterizovat některé tradiční a netradiční druhy obilovin, se zaměřením na pšenici a rýži, popsat jejich chemické složení a nutriční hodnotu, charakterizovat zažívací trakt člověka a trávení základních živin. Dále je zde definovaná a charakterizovaná vláknina spolu s metodami jejího stanovení.

Cílem praktické části bylo provést u předložených vzorků obilovin stanovení obsahu sušiny a popela, hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny s použitím přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer a stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolýzou *pepsinem* a *pankreatinem* s použitím inkubátoru Daisy.

7 METODIKA PRÁCE

7.1 Použité pomůcky a chemikálie

7.1.1 Použité chemikálie

Stanovení stravitelnosti

- ❖ aceton
- ❖ HCl – 37%
- ❖ *pepsin* – z vepřové žaludeční sliznice, 0,7 FIP-U/g, Merk KGaA, Německo
- ❖ *pankreatin* – z vepřové slinivky, proteázová aktivita 350 FIP-U/g, lipázová aktivita 6000 FIP-U/g, amylázová aktivita 7500 FIP-U/g Merk KGaA, Německo
- ❖ KH_2PO_4
- ❖ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$

Stanovení hrubé vlákniny

- ❖ H_2SO_4 – 96%
- ❖ NaOH
- ❖ aceton

Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

- ❖ NDČ: neutrálně-detergentní činidlo obsahující disodnou sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný
- ❖ NDR: neutrálně-detergentní roztok obsahující NDČ, siřičitan sodný a α – amyláza
- ❖ aceton
- ❖ trietylglykol (ANKOM Technology)
- ❖ siřičitan sodný
- ❖ α – amyláza

7.1.2 Použité laboratorní přístroje a pomůcky

Stanovení stravitelnosti

- ❖ Daisy^{II} Incubator - ANKOM Technology, New York
- ❖ Filtrační sáčky F 57, velikost pórů 50 μm , ANKOM Technology, New York
- ❖ laboratorní sušárna Venticell
- ❖ analytické váhy

- ❖ pulzní svářečka pro zatahovávání sáčků
- ❖ inkubační láhve (Adam, AFA – 210 LC, Schoeller instruments, ČR)
- ❖ temperanční vodní lázeň Memmert, Německo
- ❖ filtrační papír
- ❖ kádinky, pipety, odměrné válce, odměrné baňky, kovová lžička
- ❖ teploměr
- ❖ mlýnek na obiloviny Waldner Biotech
- ❖ elektrická muflová pec
- ❖ exsikátor
- ❖ laboratorní kleště
- ❖ spalovací porcelánové kelímky
- ❖ pH metr typ 211, Hanna instrument
- ❖ digestoř

Stanovení popela

- ❖ spalovací porcelánové kelímky
- ❖ elektrická muflová pec
- ❖ laboratorní kleště
- ❖ analytické váhy
- ❖ exsikátor
- ❖ mlýnek na obiloviny Waldner Biotech
- ❖ plastová lžička

Stanovení sušiny

- ❖ hliníkové misky
- ❖ analytické váhy
- ❖ exsikátor
- ❖ plastová lžička, skleněná tyčinka
- ❖ laboratorní sušárna Venticell
- ❖ mlýnek na obiloviny Waldner Biotech

Stanovení vlákniny

- ❖ Filtrační sáčky F 57, velikost pórů 50 μm , ANKOM Technology, New York
- ❖ analytické váhy
- ❖ ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer, ANKOM Technology, New York

- ❖ laboratorní sušárna Venticell
- ❖ pulzní svářečka pro zatahovávání sáčků
- ❖ filtrační papír
- ❖ kádinky, pipety, odměrné válce, odměrné baňky, kovová lžička
- ❖ mlýnek na obiloviny Waldner Biotech
- ❖ elektrická muflová pec
- ❖ exsikátor
- ❖ laboratorní kleště
- ❖ spalovací porcelánové kelímky
- ❖ varná konvice
- ❖ digestoř

7.2 Použité vzorky obilovin

Pro stanovení bylo použito 16 druhů cereálií, které byly před vlastní analýzou rozemlety pomocí mlýnku Waldner Biotech na obiloviny. Pro analýzu bylo použito 9 druhů pšenice a 7 druhů rýže.

Pšenice červená Kli

- vyšlechtěna prof. Dr. agr. Janem Sneydem z Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Fakultät Agrarwirtschaft



Obrázek 11 – pšenice červená Kli

Pšenice červená Rotdri

- vyšlechtěna prof. Dr. agr. Janem Sneydem z Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Fakultät Agrarwirtschaft



Obrázek 12 – pšenice červená Rotdri

Pšenice Dickh

- vyznačuje se vysokým obsahem dusíku



Obrázek 13 – pšenice Dickh

Pšenice Busöko

- starší odrůda Bussard
- zrna pochází ze zemských ekologických zkoušek Baden-Württembergu



Obrázek 14 – pšenice Busöko

Pšenice Aktöko

- zrna pochází ze zemských ekologických zkoušek Baden-Württembergu, jedna z nejvýznamnějších odrůd v dané oblasti



Obrázek 15 – pšenice Aktöko

Pšenice Dicköko

- stará odrůda Dickkopf s vysokou kvalitou
- zrna pochází ze zemských ekologických zkoušek Baden-Württembergu



Obrázek 16 – pšenice Dicköko

Pšenice špalda Oberöko

- stará odrůda pšenice špaldy
- zrna pochází ze zemských ekologických zkoušek Baden-Württembergu



Obrázek 17 – pšenice špalda Oberöko

Bio pšenice červená – 300 g

- výrobce: Bio nebio s.r.o., země původu: Česká republika



Obrázek 18 – Bio pšenice červená

Grünkern – 500 g

- výrobce: Pro-bio s.r.o., země původu: Itálie



Obrázek 19 - Grünkern

Jasmínová rýže červená – 500 g

- výrobce: FAIROVĚ s.r.o., země původu: Thajsko



Obrázek 20 – Jasmínová rýže červená

Jasmínová rýže hnědá – 500 g

- výrobce: FAIROVĚ s.r.o., země původu: Thajsko



Obrázek 21 – Jasmínová rýže hnědá

Rýže červená Biolinie – 500 g

- výrobce: Pro-bio s.r.o., země původu: Itálie



Obrázek 22 – rýže červená Biolinie

Lila Reis (Fialová rýže) – 500 g

- výrobce: Fair Trade Centrum s.r.o., země původu: Laos



Obrázek 23 – Lila Reis (Fialová rýže)

Rýže basmati natural – 500 g

- výrobce: Zdraví z přírody, země původu: Řecko



Obrázek 24 – rýže basmati natural

Bio mléčná rýže kulatozrná loupaná – 500 g

- výrobce: Bio nebio s.r.o., země původu: Itálie



Obrázek 25 – Bio mléčná rýže kulatozrná loupaná

Khaw Dam - černá rýže neloupaná, dlouhozrná – 500 g

- výrobce: Fair Trade Centrum s.r.o., země původu: Česká republika



Obrázek 26 – Khaw Dam – černá rýže neloupaná, dlouhozrná

7.3 Stanovení popela

Prázdné porcelánové kelímky byly dány vyžít do muflové pece při teplotě 550 °C po dobu jedné hodiny. Poté byly ochlazeny v exsikátoru a zváženy na analytických vahách s přesností na 0,0001 g. Následně bylo do nich naváženo asi 1 g vzorku, s přesností na 0,0001 g. Kelímky byly umístěny do muflové pece, kde se vzorky nechaly spalovat při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. V popelu nesmí být výrazné černé body, které charakterizují nedokonalé spálení. Po dokonalém spálení byly kelímky vyjmuty z pece a poté vloženy do exsikátoru. Po ochlazení byly kelímky zváženy na analytických vahách. Výsledkem je průměr z pěti provedených stanovení od každého vzorku a byla vypočtena směrodatná odchylka.

Obsah popela v % (w/w) se vypočte ze vzorce (1):

$$X = \frac{(m_a - m_b)}{m_c - m_b} * 100 \quad (1)$$

kde X = obsah popela [%]

m_a = hmotnost spalovacího kelímku se vzorkem po procesu spalování [g]

m_b = hmotnost prázdného kelímku [g]

m_c = hmotnost kelímku se vzorkem před spálením [g].

Obsah popela v sušině mouky v % (w/w) se vypočte ze vzorce (2):

$$Y = \frac{X}{S} \times 100 \quad (2)$$

kde S = sušina vzorku v % (w/w).

7.4 Stanovení sušiny

Hliníkové misky s víčkem byly dány na vysušení do sušárny, při teplotě 105 °C po dobu jedné hodiny. Po ochlazení v exsikátoru byly zváženy na analytických vahách a byl do nich navážen 1 g vzorku pokrmu s přesností na 0,0001 g. Vzorek se rozprostřel do stejnoměrné vrstvy. Navážení každého vzorku se opakovalo celkem pětkrát. Poté byly hliníkové misky s naváženými vzorky umístěny do sušárny přehřáté na teplotu 105 °C. Vzorky se sušily do konstantní hmotnosti při teplotě 105 °C. Po uplynutí doby sušení byly

hliníkové misky pro ochlazení umístěny do exsikátoru. Následně byly misky zváženy na analytických vahách. Výsledkem byl průměr z pěti provedených stanovení a byla vypočtena směrodatná odchylka.

Výpočet sušiny u vzorku se vypočte ze vzorce (3):

$$S = \frac{m_3 - m_1}{m_2} * 100, \quad (3)$$

kde S = sušina vzorku [%]

m_1 = hmotnost prázdné vysušené misky s víčkem [g]

m_2 = hmotnost navážky vzorku [g]

m_3 = hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g].

Množství vlhkosti V (%) se vypočítalo ze vzorce (4):

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

7.5 Stanovení vlákniny

7.5.1 Stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina je tvořena celulózou a ligninem, což jsou nerozpustné části vlákniny. U stanovení je použito slabé kyseliny a zásady a bylo provedeno v přístroji ANKOM₂₂₀ Fiber Analyzer. Rozpustná vláknina uniká do inkubačního roztoku.

Pro stanovení bylo připraveno 2 l H_2SO_4 ($c = 0,1275 \text{ mol.dm}^{-3}$) a 2 l $NaOH$ ($c = 0,313 \text{ mol.dm}^{-3}$). Filtrační sáčky byly promyty v acetonu a ponechány na vzduchu odvětrat. Sáčky popsané fixem na textil byly zváženy (hmotnost m_1). Do každého sáčku byl navážen 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g a sáčky byly ihned zataveny (hmotnost m_2). Jeden sáček byl označen jako korekční a byl zataven prázdný. Obsah sáčků byl před uložením do nosiče přístroje ANKOM₂₂₀ Fiber Analyzer rovnoměrně rozprostřen. Do přístroje byla nalita H_2SO_4 ($c = 0,1275 \text{ mol.dm}^{-3}$), bylo zapnuto topení a míchání a přístroj byl uzavřen na 45 minut. Po uplynutí nastavené doby bylo vypnuto topení a míchání a pomocí vypouštěcího ventilu byla kyselina pomalu odpuštěna. Po otevření víka byl obsah přístroje i se vzorky 3x propláchnut horkou vodou. Poté byl do přístroje nalit $NaOH$ ($c = 0,313 \text{ mol.dm}^{-3}$) a po zapnutí míchání a topení byl opět přístroj uzavřen na 45 minut. Po uplynutí

45 minut bylo vypnuto míchání a topení, přístroj byl otevřen a pomocí vypouštěcího ventilu byl hydroxid odpuštěn. Poté byl přístroj se sáčky propláchnut 3x horkou a nakonec 1x studenou vodou pro ochlazení přístroje a sáčků. Při jednotlivém proplachování horkou vodou bylo zapnuto míchání na 5 minut. Poté byly sáčky vyjmuty, pomocí filtračního papíru vysušeny a vloženy na 3 minuty do acetonu. Poté byly opět osušeny filtračním papírem a nechány odvětrat. Sáčky byly po odvětrání vloženy do sušárny nastavené na teplotu 105 °C na 4 hodiny. Po uplynutí 4 hodin byly dány na vychladnutí do exsikátoru a zváženy (hmotnost m_3). Poté byl každý sáček vložen do předem popsaneho a zváženého porcelánového kelímku a žihán 5,5 hodiny při teplotě 550 °C. Po vychladnutí v exsikátoru byl porcelánový kelímek zvážen a byla zaznamenána hmotnost spáleného obsahu (hmotnost m_4).

Hrubá vláknina CF v % byla vypočtena pomocí vztahu (5) až (7):

$$CF = \frac{(m_3 - m_1 * c_1) - (m_4 - m_1 * c_2)}{m_2} * 100, \quad (5)$$

kde $c_1 = \frac{m_S}{m_1},$ (6)

$$c_2 = \frac{m_P}{m_1}, \quad (7)$$

kde m_1 = hmotnost prázdného sáčku [g]

m_2 = hmotnost navážky vzorku [g]

m_3 = hmotnost sáčku po vysušení [g]

m_4 = hmotnost popele [g]

c_1 = korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g]

c_2 = korekce hmotnosti sáčku po spálení [g]

m_S = hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g]

m_P = hmotnost popele prázdného sáčku [g].

7.5.2 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Neutrálně detergentní vláknina je tvořena celulózou, hemicelulózou a ligninem a byla získána po hydrolýze vzorku v prostředí neutrálního roztoku detergentu laurylsulfátu sodného. Rozpustná vláknina uniká do inkubačního roztoku. Stanovení bylo provedeno na přístroji ANKOM₂₂₀ Fiber Analyzer.

Bylo připraveno neutrálně-detergentní činidlo (NDC): 120 g činidla + 20 ml trietylglykolu do 2 l (pH = 6,9 – 7,1) a neutrálně-detergentní roztok (NDR): do 2 l NDC bylo přidáno 20 g siřičitanu sodného (0,5 g.50ml⁻¹) + 4 ml α -amylázy. Filtrační sáčky byly promyty v acetonu a ponechány na vzduchu odvětrat. Sáčky popsané fixem na textil byly zváženy (hmotnost m_1). Do každého sáčku bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,0001 g a sáčky byly ihned zataveny (hmotnost m_2). Jeden sáček byl označen jako korekční a byl zataven prázdný. Obsah sáčků byl před uložením do nosiče přístroje ANKOM₂₂₀ Fiber Analyzer rovnoměrně rozprostřen. Do přístroje byl nalit neutrálně-detergentní roztok, bylo zapnuto míchání a topení (100 °C) a přístroj byl uzavřen. Čas byl nastaven na 75 minut. Po uplynutí této doby bylo topení a míchání vypnuto a pomocí vypouštěcího ventilu byl roztok vypuštěn. Po otevření víka byl přístroj i se vzorky 3x propláchnut horkou vodou vždy s přídávkem 4 ml α -amylázy. Poslední proplach byl proveden studenou vodou pro ochlazení přístroje a sáčků. Při každém proplachování bylo po dobu 5 minut spuštěno míchání. Poté byly sáčky vyjmuty, pomocí filtračního papíru vysušeny a vloženy na 3 minuty do acetonu. Poté byly opět osušeny filtračním papírem a nechány odvětrat. Sáčky byly po odvětrání vloženy do sušárny nastavené na teplotu 105 °C na 4 hodiny. Po uplynutí 4 hodin byly dány na vychladnutí do exsikátoru a zváženy (hmotnost m_3). Poté byl každý sáček vložen do předem popsaného a zváženého porcelánového kelímku a žihán 5,5 hodiny při teplotě 550 °C. Po vychladnutí v exsikátoru byl porcelánový kelímek zvážen a byla zaznamenána hmotnost spáleného obsahu (hmotnost m_4).

Neutrálně-detergentní vláknina NDF v % byla vypočtena pomocí vztahu (8) až (10):

$$NDF = \frac{(m_3 - m_1 * c_1) - (m_4 - m_1 * c_2)}{m_2} * 100, \quad (8)$$

$$\text{kde } c_1 = \frac{m_S}{m_1}, \quad (9)$$

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

kde m_1 = hmotnost prázdného sáčku [g]

m_2 = hmotnost navážky vzorku [g]

m_3 = hmotnost sáčku po vysušení [g]

m_4 = hmotnost popele [g]

c_1 = korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g]

c_2 = korekce hmotnosti sáčku po spálení [g]

m_S = hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g]

m_P = hmotnost popele prázdného sáčku [g].

7.6 Stanovení stravitelnosti

7.6.1 Kombinovaná hydrolýza *pepsinem* a *pankreatinem*

Do suchých filtračních sáčků (F 57, velikost pórů 50 μm , ANKOM Technology, New York) popsaných a vypraných v acetonu (hmotnost m_1) bylo naváženo 0,25 g zhomogenizovaného vzorku obiloviny s přesností na 0,0001 g (hmotnost m_2). Sáčky se vzorky byly zataveny a spolu s prázdným (korekčním) zataveným sáčkem, byly umístěny do inkubačních lahví v množství maximálně 25 kusů. Do každé inkubační láhve bylo přidáno 1,7 l roztoku HCl (0,1 mol.dm⁻³) předem vytemperovaného na 40 °C, ve kterém byly rozpuštěny 3 g *pepsinu*. Láhve byly ihned umístěny do inkubátoru Daisy a inkubovány po dobu 4 hodin (doba, po kterou se potrava obvykle může zdržet v žaludku). Následně byly sáčky několikrát propláchnuty destilovanou vodou. Přebytečná voda byla odstraněna pomocí filtračního papíru. Dále bylo jako inkubačního roztoku použito 1,7 l fosfátového pufru s pH 7,45 vytemperovaného na 40 °C. Byl připraven smícháním KH₂PO₄ (9,078 g.dm⁻³) a Na₂HPO₄.12 H₂O (23,889 g.dm⁻³) a smícháním v poměru 2 : 8. Do inkubačního pufru se přidalo 3 g *pankreatinu* a sáčky se vzorky, které byly předtím podrobeny účinku *pepsinu*. Po inkubační době 24 hodin (obvyklá doba pro trávení živin v tenkém střevu) byly inkubační láhve umístěny do vodní lázně na 80 °C, tato teplota byla udržována po dobu 30 minut za účelem odstranění/vysrážení škrobu. Poté byly sáčky promyty destilovanou vodou, přebytečná voda byla odstraněna filtračním papírem. Sáčky byly vysušeny v laboratorní sušárně při teplotě 103 °C po dobu 24 hodin, umístěny

v exsikátoru a chladné zváženy (hmotnost m_3). Následně, byly spáleny v muflové peci při 550 °C po dobu 5,5 hodiny a po zchladnutí v exsikátoru zváženy (hmotnost m_4).

Hodnoty stravitelnosti, vyjádřené jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD), byly vypočteny podle rovnic (11) až (16):

$$DMD = 100 - \frac{100 * DMR}{m_2 * DM} \quad (11)$$

$$DMR = m_3 - m_1 c_1 \quad (12)$$

$$DM = \frac{Su * m_s}{100} \quad (13)$$

$$OMD = 100 - \frac{100 * (DMR - AR)}{m_2 * DM * OM} \quad (14)$$

$$AR = m_4 - m_1 c_2 \quad (15)$$

$$OM = \frac{Su - Po}{100}, \quad (16)$$

kde 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]

Su = 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]

c_1 = korekce hmotnosti sáčku po inkubaci [g]

c_2 = korekce hmotnosti sáčku po spálení [g].

Výpočet korekcí se vypočte ze vztahů (17) a (18):

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (17)$$

$$c_1 = \frac{m_p}{m_1} \quad (18)$$

kde m_s = hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci [g]

m_p = je hmotnost popela sáčku [g].

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

8.1 Výsledky stanovení popela

Stanovení popela bylo provedeno podle metodiky popsané v kapitole 7.3. Výsledky stanovení popela u rýže jsou znázorněny v tabulce 10 a výsledky stanovení popela u pšenice v tabulce 11. Stanovení bylo provedeno 5x u každého vzorku a vypočítán průměr se směrodatnou odchylkou.

Tabulka 10: Obsah popela u vzorků rýže (\pm SD)

Vzorek	Obsah popela (%)	Obsah popela v sušině (%)
Jasmínová rýže červená	1,36 \pm 0,10	1,52 \pm 0,11
Jasmínová rýže hnědá	1,41 \pm 0,03	1,57 \pm 0,02
Rýže červená Biolinie	1,63 \pm 0,10	1,81 \pm 0,11
Lila Reis	0,43 \pm 0,07	0,48 \pm 0,08
Rýže basmati natural	1,47 \pm 0,06	1,65 \pm 0,07
Bio mléčná rýže	0,30 \pm 0,04	0,34 \pm 0,04
Khaw Dam	1,20 \pm 0,04	1,24 \pm 0,16

SD – směrodatná odchylka

Obiloviny obsahují popeloviny (minerální látky) jejichž obsah je podle zdroje v rozmezí 0,45 až 1,90 %. Vyšší je u tmavších, tzv. vysokovymletých mouk, které mají větší podíl otrub [112,113].

Obsah popela ve vzorcích rýže byl v rozmezí 0,30 do 1,63 % a obsah popela v sušině se pohyboval od 0,34 do hodnoty 1,81 %.

Celkové výsledky spíše odpovídají té vyšší hranici, kterou činí obsah popela v celozrnných moukách. Ačkoliv vysoký obsah popelovin může být dán netradičními odrůdami rýže, u stanovení mohlo dojít i k nehomogennímu rozemletí vzorku s následným nedokonalým spálením v peci.

Nejnižší hodnotu vykazovala Bio mléčná rýže, kde hlavní podíl tvoří endosperm bez obalových vrstev, ostatní vzorky byly rozemlety i s obalovými vrstvami, a proto byl u nich obsah popele vyšší, nejvyšší pak u červené rýže Biolinie.

Tabulka 11: Obsah popela u vzorků pšenice (\pm SD)

Vzorek	Obsah popela (%)	Obsah popela v sušině (%)
Pšenice Kli	1,82 \pm 0,08	2,06 \pm 0,10
Pšenice Rotdri	1,72 \pm 0,04	1,95 \pm 0,04
Pšenice Dickh	1,54 \pm 0,04	1,72 \pm 0,04
Pšenice Busöko	1,47 \pm 0,05	1,62 \pm 0,06
Pšenice Aktöko	1,69 \pm 0,06	1,86 \pm 0,06
Pšenice Dicköko	1,61 \pm 0,02	1,77 \pm 0,02
Pšenice Oberöko	1,91 \pm 0,10	2,10 \pm 0,11
Bio červená pšenice	1,67 \pm 0,02	1,85 \pm 0,02
Grünkern	2,08 \pm 0,07	2,23 \pm 0,07

SD – směrodatná odchylka

Obsah popela u jednotlivých druhů obilovin se pohybuje v rozmezí od 1,47 do 2,08 % a obsah popela v sušině od 1,62 do 2,23 %. Celkové výsledky atakují spíše horní hranici, která je typická pro celozrnné mouky.

Nejvyšší hodnota byla naměřena u grünkernu, to je dáno speciální přípravou uzením. Vysoké procento obsahu popela v sušině (nad horní mezní hodnotou udávanou v potravinářských tabulkách) vykazovaly vzorky pšenice Kli (2,06 %), Rotdri (1,95 %), Oberöko (2,10 %) a grünkern (2,23 %), poněvadž obsahují více povrchových částí zrna, kde je největší obsah minerálních látek. U stanovení mohlo dojít také k nehomogennímu rozemletí vzorku s následným nedokonalým spálením v peci.

8.2 Výsledky stanovení sušiny

Stanovení sušiny i vlhkosti bylo provedeno podle metodiky popsané v kapitole 7.4 pomocí kontrolní metody. Výsledky stanovení sušiny u rýže jsou znázorněny v tabulce 12 a výsledky stanovení sušiny u pšenice v tabulce 13. Pro každý vzorek bylo provedeno stanovení 5x. Vypočítané hodnoty byly zprůměrovány a byla vypočítaná směrodatná odchylka.

Tabulka 12: Obsah sušiny a vlhkosti u vzorků rýže (\pm SD)

Vzorek	Obsah sušiny (%)	Obsah vlhkosti (%)
Jasmínová rýže červená	89,06 \pm 0,07	10,94 \pm 0,07
Jasmínová rýže hnědá	89,87 \pm 0,05	10,13 \pm 0,05
Lila Reis	90,45 \pm 0,05	9,55 \pm 0,05
Rýže basmati natural	89,18 \pm 0,07	10,82 \pm 0,07
Rýže červená Biolinie	89,87 \pm 0,05	10,13 \pm 0,05
Bio mléčná rýže	88,96 \pm 0,01	11,04 \pm 0,01
Khaw Dam	91,04 \pm 0,03	8,96 \pm 0,03

SD – směrodatná odchylka

Výsledky stanovení splňují požadavky na obsah sušiny, jelikož odpovídají požadavkům na vlhkost v obilovinách, která podle vyhlášky MZe ČR č. 333/1997 Sb. nesmí přesáhnout 15 %. Obsah vody u všech vzorků nepřesáhl hodnotu 12,5 %, můžeme tedy mluvit o zrnech suchých. Obsah sušiny ve vzorcích rýže se pohyboval v rozmezí 88,96 až 91,04 %. Nejvyšší obsah sušiny měl a rýže Khaw Dam 91,04 % a Lila s hodnotou 90,45 %. Obsah vlhkostí u jednotlivých druhů rýže se pohybuje v rozmezí od 8,96 do 11,04 %. Nejvyšší vlhkost měla Bio mléčná rýže 11,04 %. Nejnižší vlhkost 8,96 % vykazovala rýže Khaw Dam [105].

Tabulka 13: Obsah sušiny a vlhkosti u vzorků pšenice (\pm SD)

Vzorek	Obsah sušiny (%)	Obsah vlhkosti (%)
Pšenice Kli	88,09 \pm 0,07	11,91 \pm 0,07
Pšenice Rotdri	88,28 \pm 0,08	11,72 \pm 0,08
Pšenice Dickh	89,61 \pm 0,05	10,39 \pm 0,05
Pšenice Busöko	90,64 \pm 0,05	9,36 \pm 0,05
Pšenice Aktöko	90,99 \pm 0,49	9,01 \pm 0,49
Pšenice Dicköko	90,74 \pm 0,04	9,26 \pm 0,04
Pšenice Oberöko	90,77 \pm 0,05	9,23 \pm 0,05
Bio červená pšenice	90,10 \pm 0,07	9,90 \pm 0,07
Grünkern	93,26 \pm 0,08	6,74 \pm 0,08

SD – směrodatná odchylka

Vyhláška MZe ČR č. 333/1997 Sb. stanovuje kritérium, že vlhkost mouky by neměla přesáhnout 15 %. Obsah vody u všech vzorků nepřesáhl hodnotu 12,5 %, můžeme tedy opět mluvit o zrnech suchých [105].

Obsah vlhkostí u jednotlivých druhů obilovin se pohybuje v rozmezí od 6,74 do 11,91 %. Nejvyšší vlhkost byla zjištěna u Pšenice Kli. Nejnižší vlhkost a nejvyšší obsah sušiny ze vzorků pšenice vykazoval grünkern. Tato skutečnost je dána technologií jeho zpracování, kdy se zrna grünkernu po sklizni suší v kouři z bukového dřeva, což je právě jeden z předpokladů pro jeho hodnoty sušiny a vlhkosti.

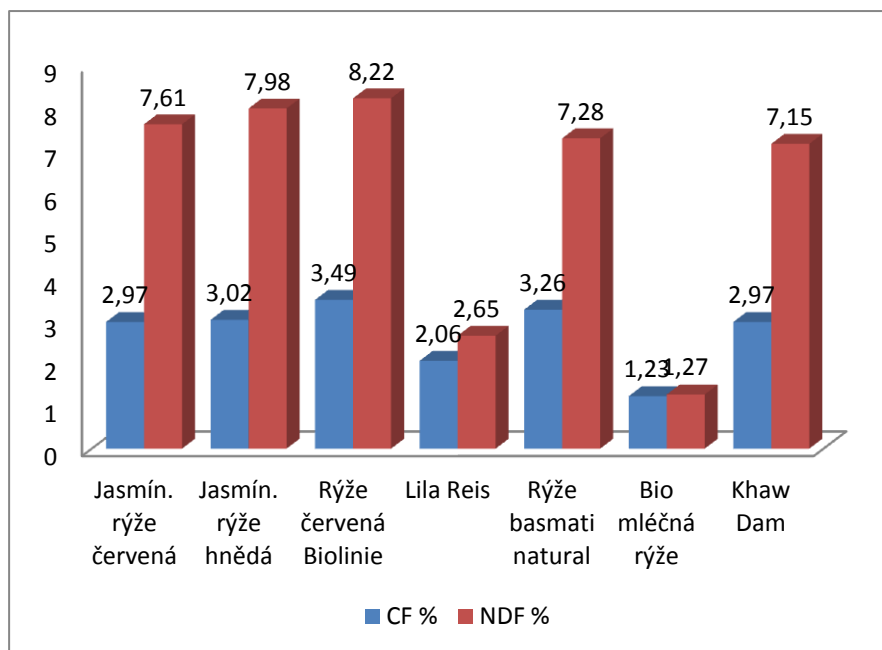
8.3 Výsledky stanovení hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny

Podle metodiky uvedené v kapitole 7.5 bylo provedeno stanovení hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF). Obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) byl stanoven v jednom vzorku 5x. V tabulce 14 a 15 jsou znázorněny získané výsledky u vzorků rýže a pšenice. Získané výsledky stanovení vlákniny byly podrobeny statistické analýze v programu STATVYD verze 2.0 beta.

Tabulka 14: Obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) v jednotlivých vzorcích rýže (\pm SD)

Vzorek	CF (%)	NDF (%)
Jasmínová rýže červená	2,97 \pm 0,16	7,61 \pm 0,33
Jasmínová rýže hnědá	3,02 \pm 0,10	7,98 \pm 0,42
Rýže červená Biolinie	3,49 \pm 0,15	8,22 \pm 0,43
Lila Reis	2,06 \pm 0,06	2,65 \pm 0,29
Rýže basmati natural	3,26 \pm 0,19	7,28 \pm 0,13
Bio mléčná rýže	1,23 \pm 0,19	1,27 \pm 0,10
Khaw Dam	2,97 \pm 0,09	7,15 \pm 1,41

SD – směrodatná odchylka



Graf 1 - Obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) v jednotlivých vzorcích rýže

Hodnoty NDF vyjadřují celkový obsah vlákniny ve vzorku (jsou zde zahrnuty nerozpustné součásti spolu s částečně rozpustnou hemicelulózou). Tato hodnota by měla být vyšší než hodnota CF, která představuje komplex ligninu a celulózy. Tento předpoklad byl splněn u všech vzorků rýže i pšenice.

Nejvyšší hodnota NDF ve vzorcích rýže byla u vzorku rýže červené Biolinie 8,22 % a také u Jasmínové rýže červené 7,61 % a hnědé 7,98 %, tyto hodnoty ukazují, že při zpracování rýže nebyly odstraněny obalové vrstvy obsahující dostatek vlákniny. Nejnížší obsah NDF byl u Bio mléčné rýže 1,27 %, také měla tato rýže nejnížší obsah CF vlákniny 1,23 %. Je to dáno tím, že zrna jsou při zpracování zbavena veškerých částí oplodí, jsou chudá na obalové vrstvy a tudíž i na vlákninu.

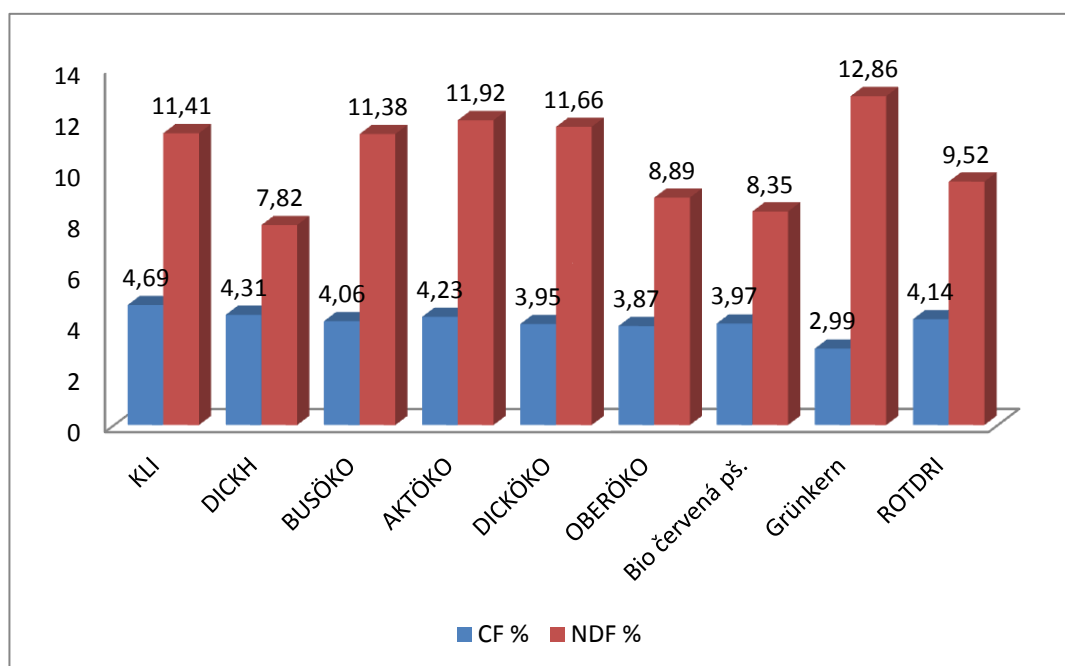
Nejvyšší hodnota CF ve vzorcích rýže byla naměřena u rýže basmati natural 3,26 % a u rýže červené Biolinie 3,49 %.

Největší rozdíl mezi hodnotami CF a NDF byl zaznamenán u rýže Lila, hodnota rozdílu činila pouze 0,59 %. Takto nízká hodnota značí jen minimální obsah částečně rozpustné hemicelulózy na rozdíl od dostatku celulózy a ligninu.

Tabulka 15: Obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) v jednotlivých vzorcích pšenice (\pm SD)

Vzorek	CF (%)	NDF (%)
Pšenice Kli	4,69 \pm 0,06	11,41 \pm 0,86
Pšenice Rotdri	4,14 \pm 0,18	9,52 \pm 0,14
Pšenice Dickh	4,31 \pm 0,20	7,82 \pm 0,63
Pšenice Busöko	4,06 \pm 0,16	11,38 \pm 0,65
Pšenice Aktöko	4,23 \pm 0,23	11,92 \pm 0,15
Pšenice Dicköko	3,95 \pm 0,12	11,66 \pm 0,78
Pšenice Oberöko	3,87 \pm 0,03	8,89 \pm 0,51
Bio červená pšenice	3,97 \pm 0,40	8,35 \pm 0,85
Grünkern	2,99 \pm 0,35	12,86 \pm 1,19

SD – směrodatná odchylka



Graf 2 - Obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) v jednotlivých vzorcích pšenice

Největší obsah neutrálně-detergentní vlákniny u vzorků pšenice vykazoval vzorek grünkernu, a to 12,86 %. Vysoký obsah odpovídá bohatosti obalových vrstev zrna grünkernu. Na druhou stranu měl nejnižší hodnotu hrubé vlákniny, pouze 2,99 %. U grünkernu byl tedy zaznamenán i největší rozdíl mezi hrubou a neutrálně-detergentní

vlákninou, hodnota je 9,87 %. Tato hodnota připadá na částečně rozpustnou hemicelulózu zahnutou v neutrálně-detergentní vláknině.

S nejnižší hodnotou neutrálně-detergentní vlákniny 7,82 % a druhou největší hodnou hrubé vlákniny 4,31 % vyšla pšenice Dickh. U ní byl také zaznamenán nejmenší rozdíl mezi hrubou a neutrálně-detergentní vlákninou, a to 3,51 %. Nízkou hodnotu NDF obsahovala také červená pšenice Bio 8,35 %. Nejvíce hrubé vlákniny obsahovala pšenice Kli 4,69 %.

Podle statistického vyhodnocení výsledků u rýže i u pšenice jsem dospěl k závěru, že na hladině významnosti 5 % nebyly shledány mezi soubory statisticky významné rozdíly.

8.4 Výsledky stanovení stravitelnosti metodou *in vitro*

Podle metodiky uvedené v kapitole 7.6 bylo provedeno stanovení stravitelnosti kombinovanou metodou pomocí enzymů *pepsinu* a *pankreatinu*.

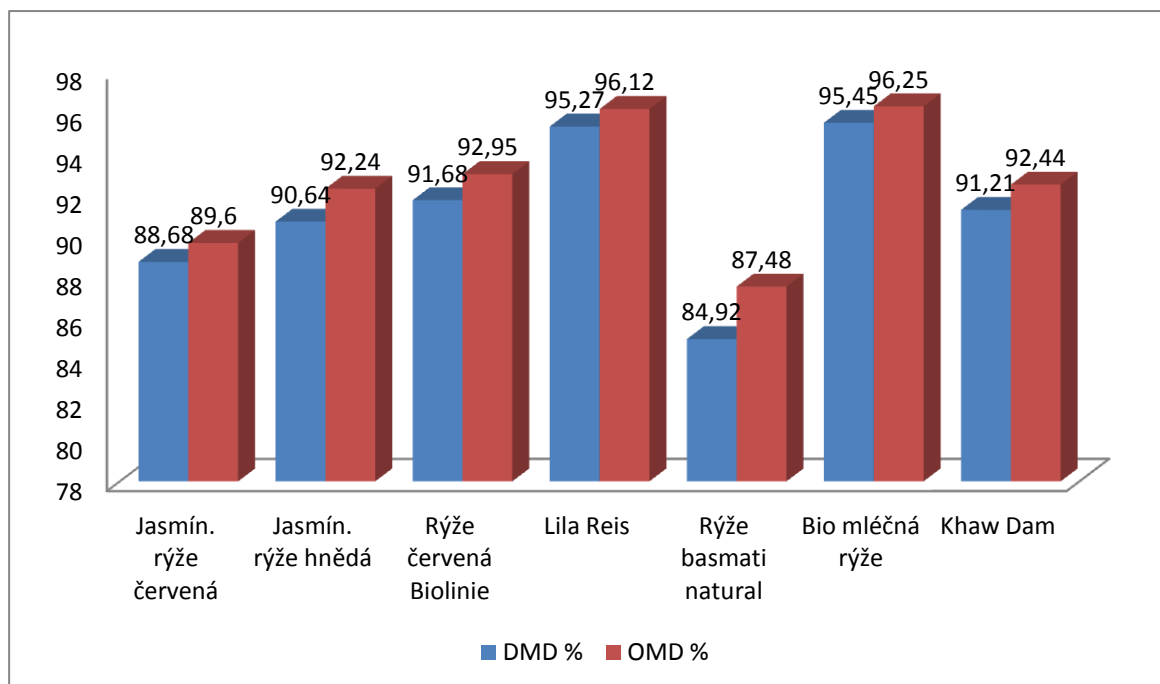
Stravitelnost vzorků obilnin byla stanovena v % jako stravitelnost sušiny – DMD a jako stravitelnost organické hmoty – OMD.

Získané výsledky stanovení stravitelnosti byly podrobeny statistické analýze v programu STATVYD verze 2.0 beta.

Tabulka 16: Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti vzorků rýže při kombinované hydrolyze pepsinem a pankreatinem (\pm SD)

Vzorek	DMD (%)	OMD (%)
Jasmínová rýže červená	88,68 \pm 0,30	89,60 \pm 0,23
Jasmínová rýže hnědá	90,64 \pm 0,67	92,24 \pm 0,71
Rýže červená Biolinie	91,68 \pm 0,27	92,95 \pm 0,13
Lila Reis	95,27 \pm 0,58	96,12 \pm 0,70
Rýže basmati natural	84,92 \pm 1,87	87,48 \pm 1,83
Bio mléčná rýže	95,45 \pm 1,06	96,25 \pm 0,90
Khaw Dam	91,21 \pm 0,34	92,44 \pm 0,39

SD – směrodatná odchylka



Graf 3 - Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti vzorků rýže při kombinované hydrolýze pepsinem a pankreatinem

V tabulce 16 jsou uvedeny naměřené hodnoty DMD a OMD vzorků rýže, při kombinované hydrolýze *pepsinem* a *pankreatinem*. U všech analyzovaných vzorků rýže byly hodnoty stravitelnosti DMD nižší než OMD. Největší rozdíl mezi hodnotami DMD a OMD byl zaznamenán u vzorku rýže basmati natural, rozdíl činil 2,56 %. U vzorku bio mléčné rýže byl zaznamenán nejmenší rozdíl, který činil 0,8 %. Nejnižší hodnoty stravitelnosti měly vzorky s vyšším podílem obalových částic: rýže basmati natural, jasmínová rýže červená a jasmínová rýže hnědá.

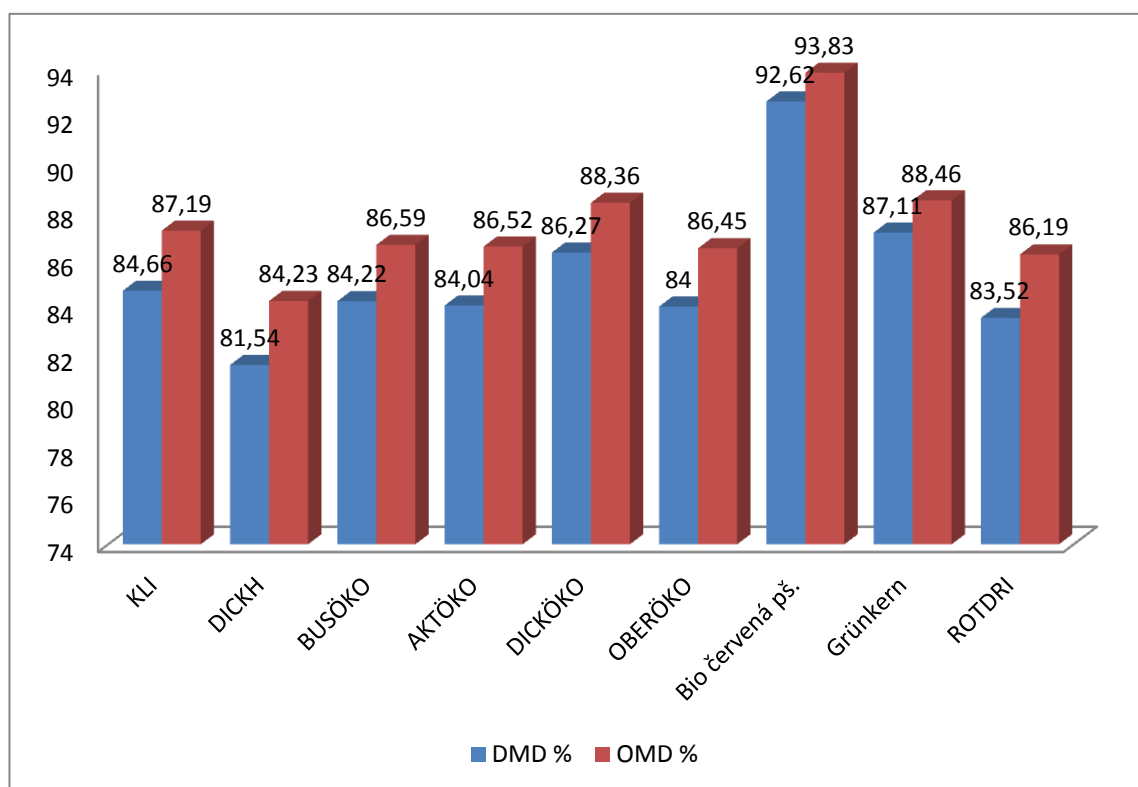
Nejvyšší stravitelnost sušiny 95,45 % i organické hmoty 96,25 % měl vzorek bio mléčné rýže. Je to dáno tím, že bio mléčná rýže je zbavena obalových vrstev obsahujících nestravitelnou vlákninu a vyznačuje se vysokým obsahem snadno stravitelného škrobu.

Nejnižší hodnotu stravitelnosti sušiny 84,92 % i organické hmoty 87,48 % vykazoval vzorek rýže basmati natural. Rýže basmati je obecně bohatá na obsah vlákniny a nestravitelné podíly.

Tabulka 17: Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti vzorků pšenice při kombinované hydrolyze pepsinem a pankreatinem (\pm SD)

Vzorek	DMD (%)	OMD (%)
Pšenice Kli	84,66 \pm 0,35	87,19 \pm 0,41
Pšenice Rotdri	83,52 \pm 1,34	86,19 \pm 0,99
Pšenice Dickh	81,54 \pm 0,27	84,23 \pm 0,14
Pšenice Busöko	84,22 \pm 1,56	86,59 \pm 1,43
Pšenice Aktöko	84,04 \pm 0,94	86,52 \pm 0,80
Pšenice Dicköko	86,27 \pm 0,70	88,36 \pm 0,61
Pšenice Oberöko	84,00 \pm 0,31	86,45 \pm 0,27
Bio červená pšenice	92,62 \pm 0,37	93,83 \pm 0,46
Grünkern	87,11 \pm 0,71	88,46 \pm 0,49

SD – směrodatná odchylka



Graf 4 - Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti vzorků pšenice při kombinované hydrolyze pepsinem a pankreatinem

V tabulce 17 jsou uvedeny naměřené hodnoty DMD a OMD vzorků pšenice. U všech analyzovaných vzorků byly OMD hodnoty stravitelnosti vyšší než DMD. Největší rozdíl

mezi OMD a DMD byl zaznamenán u vzorku pšenice Dickh a Rotdri, rozdíl činil 2,69 % pro Dickh a 2,67 % pro pšenici Rotdri. U vzorku bio červené pšenice byl zaznamenán nejmenší rozdíl, činil 1,21 %. Nejnižší hodnotu stravitelnosti sušiny i organické hmoty vykazoval vzorek pšenice Dickh, hodnota činila 81,54 % pro DMD a 84,23 % pro OMD. Nejvyšší stravitelnost sušiny i organické hmoty vykazovala bio červená pšenice s hodnotami 92,62 % pro DMD a 93,83 % pro OMD.

Podle statistického vyhodnocení výsledků u rýže i pšenice jsem dospěl k závěru, že na hladině významnosti 5 % nebyly shledány mezi soubory statisticky významné rozdíly.

Stravitelnost je ovlivněna mnoha faktory, zejména použitou metodou, enzymem a dobou hydrolýzy. V našem případě byla použita metoda, která využívá působení pepsinu po dobu 4 hodin a následné působení pankreatinu po 24 hodin.

Hodnoty stravitelnosti analyzovaných cereálií jsou těžko porovnatelné s literaturou, jelikož většina publikovaných údajů se vztahuje na objemná krmiva, kde je stravitelnost cereálií stanovena pouze v krmných směsích s použitím jiných metod a za jiných podmínek [114].

ZÁVĚR

Obiloviny jsou hlavní potravinou téměř všech kultur. Jako potravina kryjí asi 30 – 40 % energetické hodnoty a patří na první místo v úhradě energie. Obsahují vysoké procento sacharidů, minerálních látek, vitaminů skupiny B a naprosto nezanedbatelný obsah vlákniny, která snižuje hladinu cholesterolu v krvi, usnadňuje pohyb střev a má pozitivní účinky na lidský organizmus.

Tato práce shrnuje poznatky o vybraných druzích pšenice a rýže, jejich chemické složení, nutriční hodnoty, popisuje zažívací trakt člověka a je zde popsáno trávení základních živin. Dále definuje vlákninu a zabývá se jejím složením, vlastnostmi a stanovením.

Cílem této práce bylo stanovit obsah popela, sušiny, stravitelnosti a vlákniny u vybraných druhů obilovin.

Obsah popela byl stanoven spálením vzorků v muflové peci. Sušina se stanovovala sušením vybraných vzorků v elektrické sušárně. Stravitelnost byla zjištěna pomocí kombinované hydrolýzy *pepsinem* a *pankreatinem* v inkubátoru Daisy a obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) byl stanoven v přístroji ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer. Hrubá vláknina byla stanovena pomocí slabé kyseliny a slabé zásady a tvořil ji nehydrolyzovaný zbytek ligninu a celulózy, ten byl po hydrolýze stanoven gravimetricky. A neutrálně-detergentní vláknina byla stanovena po hydrolýze vzorku v prostředí neutrálního roztoku detergentu laurylsulfátu sodného a nehydrolyzovaný zbytek byl také zjištěn gravimetricky, tvořila ho celulóza, hemicelulóza a lignin.

Obsah popela ve vzorcích rýže se pohyboval v rozmezí 0,30 % až 1,63 % a obsah popela v sušině od 0,34 % do hodnoty 1,81 %. U analyzované pšenice byly tyto hodnoty od 1,47 % do 2,08 % a pro popel v sušině od 1,62 % do 2,23 %. Nejvyšší hodnota byla naměřena u grünkernu, to je i dáno speciální přípravou.

Obsah sušiny ve vzorcích obilovin se pohyboval v rozmezí 88,96 % až 93,26 %. Obsah vlhkosti u žádné obiloviny nepřesáhl hranici 15 % danou vyhláškou MZe ČR č. 333/1997 Sb. Obsah nepřesáhl ani hodnotu 12 %, a proto můžeme hovořit o zrnech suchých.

Pro vytvoření nutriční hodnoty potravin je důležitým ukazatelem obsah vlákniny. Stanovením vlákniny byla potvrzena skutečnost, že neoloupaná zrna obsahující obalové vrstvy vykazují vyšší hodnoty vlákniny, než zrna loupaná. Hodnoty NDF, vyjadřující

celkovou vlákninu, by měl být vyšší než u hrubé vlákniny (CF). Tento předpoklad byl splněn u všech analyzovaných vzorků.

Nejvyšší obsah CF obsahoval vzorek pšenice Kli, a to 4,69 %. A obsah neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) byl nejvyšší u grünkernu, vykazující hodnotu 12,86 %.

Ze zjištěných výsledků stravitelnosti vyplývá, že u všech analyzovaných vzorků rýže i pšenice byly hodnoty stravitelnosti organické hmoty (OMD) vyšší než hodnoty stravitelnosti sušiny (DMD).

U stanovení rýže byla zjištěna nejvyšší hodnota stravitelnosti sušiny 95,45 % i organické hmoty 96,25 % u bio mléčné rýže. Je to dáno tím, že bio mléčná rýže je zbavena obalových vrstev obsahujících nestravitelnou vlákninu. Naopak nejnižší hodnotu stravitelnosti sušiny 84,92 % i organické hmoty 87,48 % vykazoval vzorek rýže basmati natural. Rýže basmati natural je obecně bohatá na obsah nestravitelných podílů.

Při stanovení stravitelnosti pšenice vykazoval nejnižší hodnotu stravitelnosti sušiny 81,54 % i organické hmoty 84,23 % vzorek pšenice Dickh. Nejvyšší stravitelnost sušiny 92,62 % i organické hmoty 93,83 % vykazovala bio červená pšenice.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KUČEROVÁ, Jindřiška. *Technologie cereálií*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, 141 s. ISBN 80-7157-811-8.
- [2] ŽDÁRSKÝ, Josef a Vladimír BENDA. *Biologie II*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1992, 252 s. ISBN 8070801689.
- [3] DEMIRBAS, A. β -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.06.003.
- [4] KADLEC, Pavel. *Procesy potravinářských a biochemických výrob*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003, 308 s. ISBN 80-7080-527-7.
- [5] SHEWRY, Peter R. Improving the protein content and composition of cereal grain. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.06.006.
- [6] CASTRO-RUBIO, A., M.C. GARCIA a M.L. MARINA. Rapid separation of soybean and cereal (wheat, corn, and rice) proteins in complex mixtures: Application to the selective determination of the soybean protein content in commercial cereal-based products. DOI: 10.1016/j.aca.2005.10.076.
- [7] ČEPIČKA, Jaroslav. *Obecná potravinářská technologie*. Vyd. 1. Praha: VŠCHT, 1995, 246 s. ISBN 8070802391.
- [8] LANGMAIER, Ferdinand. *Nauka o zboží*. Vyd. 3., nezměn. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta managementu a ekonomiky, 2004, 144 s. ISBN 8073181738.
- [9] TOPPING, David. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.06.004.
- [10] PŘÍHODA, Josef, Marie HRUŠKOVÁ a Pavel SKŘIVAN. *Cereální chemie a technologie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003, 202 s. ISBN 8070805307.
- [11] HRABĚ, Jan, Ignác HOZA a Otakar ROP. *Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 178 s. ISBN 8073183722.

- [12] ANJUM, Faqir M., Ijaz AHMAD, Masood S. BUTT, M.A. SHEIKH a Imran PASHA. Amino acid composition of spring wheats and losses of lysine during chapati baking. DOI: 10.1016/j.jfca.2004.04.009.
- [13] COUDRAY, Charles, Marie A. LEVRAT-VERNY, Jean C. TRESSOL, Christine FEILLET-COUDRAY, Noëlle M. HORCAJADA-MOLTENI, Christian DEMIGNE a Yves RAYSSIGUIER. Mineral supplementation of white wheat flour is necessary to maintain adequate mineral status and bone characteristics in rats. [online]. 2001, č. 15, 131 - 137 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.urbanfischer.de/journals/jtraceelm>
- [14] JIANG, Xiao-ling, Ji-chun TIAN, Zhi HAO a Wei-dong ZHANG. Protein Content and Amino Acid Composition in Grains of Wheat-Related Species. DOI: 10.1016/S1671-2927(08)60066-8.
- [15] SAHRAWAT, Ashok Kumar, Dirk BECKER, Stephanie LÜTTICKE a Horst LÖRZ. Genetic improvement of wheat via alien gene transfer, an assessment. DOI: 10.1016/S0168-9452(03)00323-6.
- [16] TANG, Jianwei, Chunqin ZOU, Zhonghu HE, Rongli SHI, Ivan ORTIZ-MONASTERIO, Yanying QU a Yong ZHANG. Mineral element distributions in milling fractions of Chinese wheats. DOI: 10.1016/j.jcs.2008.06.008.
- [17] *FAO očekává ve světě rekordní sklizeň pšenice* [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=print&val=115880>>
- [18] JONES, Huw D. Wheat transformation: current technology and applications to grain development and composition. DOI: 10.1016/j.jcs.2004.08.009.
- [19] ORTIZ, Rodomiro, Kenneth D. SAYRE, Bram GOVAERTS, Raj GUPTA, G.V. SUBBARAO, Tomohiro BAN, David HODSON, John M. DIXON, J. IVÁN ORTIZ-MONASTERIO a Matthew REYNOLDS. Climate change: Can wheat beat the heat? DOI: 10.1016/j.agee.2008.01.019.
- [20] VAN DER BORGHT, Anne, Hans GOESAERT, Wim S. VERAVERBEKE a Jan A. DELCOUR. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. DOI: 10.1016/j.jcs.2004.09.008.
- [21] *STRATFOR: Situace na trhu potravinových komodit 2012* [online]. [cit. 2013-02-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.diplomaticaffairs.eu/stratfor-situace-na-trhu-potravinovych-komodit-2012-2/>>

- [22] TIMSINA, J a D.J CONNOR. Productivity and management of rice-wheat cropping systems: issues and challenges. DOI: 10.1016/S0378-4290(00)00143-X.
- [23] *Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice* [online]. [cit. 2013-02-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.vukrom.cz/vyzkum/ukoncene-2009/qg50041/metodika>>
- [24] *Pšenice obecná* [online]. [cit. 2013-02-16]. Dostupné z WWW: <<http://vfwww.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/psenice.htm>>
- [25] *Pšenice červená BIO* [online]. [cit. 2013-02-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.solnelampy.cz/name/P%C5%A1enice+%C4%8Derven%C3%A1+BIO/product-details/7e56467d-91bf-4eab-9214-dc5443228412/process.aspx>>
- [26] *Pšenice červená* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://panpekar.blogspot.cz/2011/10/psenice-cervena.html>>
- [27] *Staronový kamut je velmi výživný* [online]. [cit. 2013-03-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=89344&ids=167>>
- [28] *Gesundheit und Ernährung* [online]. [cit. 2013-03-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.kamut.com/de/health.html>>
- [29] *Kamut grain* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kamut_grain.jpg>
- [30] *Grünkern BIO 300g/PRO-BIO (BIOHARMONIE)* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://vitamina.cz/grunkern-bio-300g-pro-bio,2331.html>>
- [31] *Grünkern 300g BIO BIOHARMONIE* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://eshop.provita.cz/grunkern-300g-bio-bioharmonie/d-70827/>>
- [32] PUUMALAINEN, Tuija, Heli NYKOPP a Hely TUORILA. Old Product in a New Context: Importance of the Type of Dish for the Acceptance of Grünkern, a Spelt-Based Traditional Cereal. *LWT - Food Science and Technology* [online]. roč. 35, č. 6, s. 549-553. DOI: 10.1006/fstl.2002.0910.
- [33] *Grünkern* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://eat-smarter.de/magazin/warenkunde/gruenkern/>>
- [34] *Rýže setá* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <ryze-seta.webnode.cz>
- [35] THIND, Gurpreet Kaur a D.S. SOGI. Identification of coarse (IR-8), fine (PR-106) and superfine (Basmati-386) rice cultivars. DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.10.015.

- [36] ZHANG, Chun-hong, Jin-zhou LI, Zhen ZHU, Ya-dong ZHANG, Ling ZHAO a Cai-lin WANG. Cluster Analysis on Japonica Rice (*Oryza sativa* L.) with Good Eating Quality Based on SSR Markers and Phenotypic Traits. DOI: 10.1016/S1672-6308(08)60113-4.
- [37] ANTOINE, Johann M.R., Leslie A. HOO FUNG, Charles N. GRANT, Haile T. DENNIS a Gerald C. LALOR. Dietary intake of minerals and trace elements in rice on the Jamaican market. DOI: 10.1016/j.jfca.2012.01.003.
- [38] WANG, Ke Min, Jian Guo WU, Guan LI, Da Peng ZHANG, Zhong Wei YANG a Chun Hai SHI. Distribution of phytic acid and mineral elements in three indica rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. DOI: 10.1016/j.jcs.2011.03.002.
- [39] *Rýže a její druhy* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.fitkul.cz/clanky/393-Ryze-a-jeji-druhy>>
- [40] YU, Yong-Hong, Gang LI, Ye-Yang FAN, Ke-Qin ZHANG, Jie MIN, Zhi-Wei ZHU a Jie-Yun ZHUANG. Genetic relationship between grain yield and the contents of protein and fat in a recombinant inbred population of rice. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.03.008.
- [41] ZHA, Xue-Qiang, Jun-Hui WANG, Xue-Fei YANG, Hao LIANG, Ling-Ling ZHAO, Su-Hua BAO, Jian-Ping LUO, Ying-Yin XU a Bin-Bin ZHOU. Antioxidant properties of polysaccharide fractions with different molecular mass extracted with hot-water from rice bran. DOI: 10.1016/j.carbpol.2009.05.020.
- [42] WU, Jianguo G., Chunhai SHI a Xiaoming ZHANG. Estimating the amino acid composition in milled rice by near-infrared reflectance spectroscopy. DOI: 10.1016/S0378-4290(02)00006-0.
- [43] ASHIDA, Kanae, Shuichi IIDA a Takeshi YASUI. Lack of 26kDa globulin accompanies increased free amino acid content in rice (*Oryza sativa* L.) grains. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.01.002.
- [44] YONEMARU, Jun-ichi a Satoshi MORITA. Image analysis of grain shape to evaluate the effects of high temperatures on grain filling of rice, *Oryza sativa* L. *Field Crops Research*. DOI: 10.1016/j.fcr.2012.08.003.
- [45] *Jaký je způsob pěstování rýže, její původ a hlavní oblasti výskytu?* [online]. [cit. 2013-04-2]. Dostupné z WWW: <http://www.agronavigator.cz/inf_pult.asp?ids=0&ch=0&zobraz=1&id_dotazu=888>

- [46] *About Oryza glaberrima* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <http://www.gramene.org/Oryza_glaberrima/Info/Index/Kawano>
- [47] PEŠEK, Milan. *Potravinářské zbožíznalství*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2000, 175 s. ISBN 80-7040-399-3.
- [48] SOMPONG, R., S. SIEBENHANDL-EHN, G. LINSBERGER-MARTIN a E. BERGHOFER. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry*. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.05.115.
- [49] *Rýže – druhy rýže, její jakost* [online]. [cit. 2013-03-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=80973&ids=167>>
- [50] PARENGAM, Montira, Kunchit JUDPRASONG, Songsak SRIANUJATA, Sitima JITTINANDANA, Sirinart LAOHAROJANAPHAND a Arporn BUSAMONGKO. Study of nutrients and toxic minerals in rice and legumes by instrumental neutron activation analysis and graphite furnace atomic absorption spectrophotometry. DOI: 10.1016/j.jfca.2009.12.012.
- [51] *Rýže setá* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://ryze-seta.webnode.cz/album/fotogalerie/ryze2-jpg1/>>
- [52] GANOPOULOS, Ioannis, Anagnostis ARGIRIOU a Athanasios TSAFTARIS. Adulterations in Basmati rice detected quantitatively by combined use of microsatellite and fragrance typing with High Resolution Melting (HRM) analysis. *Food Chemistry*. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.04.109.
- [53] KUMAR, Rajinder, Balwinder SINGH, Kousik MANDAL, Abhijit KAR a Preetinder Singh SARAO. Bioefficacy and fate of fipronil and its metabolites in basmati rice under sub-tropical climatic conditions. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.11.017.
- [54] ROHILA, Jai S, Rajinder K JAIN a Ray WU. Genetic improvement of Basmati rice for salt and drought tolerance by regulated expression of a barley Hva1 cDNA. DOI: 10.1016/S0168-9452(02)00155-3.
- [55] NOVOTNÝ, Ivan a Michal HRUŠKA. *Biologie člověka pro gymnázia*. Vyd. 2., upr. Praha: Fortuna, 1997, 136 s. ISBN 80-716-8462-7.
- [56] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6.

- [57] BRÁZDOVÁ, Zuzana. *Výživa člověka*. Vyd. 1. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1995, 146 s.
- [58] MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 208 s. ISBN 80-247-1190-7.
- [59] ROP, Otakar, Pavel VALÁŠEK a Ignác HOZA. *Teoretické principy konzervace potravin I*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2005, 130 s. ISBN 80-7318-339-0.
- [60] HOZA, Ignác a Daniela KRAMÁŘOVÁ. *Potravinářská biochemie I*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 168 s. ISBN 80-7318-295-5.
- [61] JEON, Jong-Seong, Nayeon RYOO, Tae-Ryong HAHN, Harkamal WALIA a Yasunori NAKAMURA. Starch biosynthesis in cereal endosperm. DOI: 10.1016/j.plaphy.2010.03.006.
- [62] LABUSCHAGNE, M.T., O. ELAGO a E. KOEN. The influence of temperature extremes on some quality and starch characteristics in bread, biscuit and durum wheat. DOI: 10.1016/j.jcs.2008.09.001.
- [63] DWIVEDI, Sanjay, Aradhana MISHRA, Preeti TRIPATHI, Richa DAVE, Amit KUMAR, Sudhakar SRIVASTAVA, Debasis CHAKRABARTY, Pabodh Kumar TRIVEDI, Bijan ADHIKARI, Gareth John NORTON, Rudra Deo TRIPATHI a Chandra Shekhar NAUTIYAL. Arsenic affects essential and non-essential amino acids differentially in rice grains: Inadequacy of amino acids in rice based diet. DOI: 10.1016/j.envint.2012.04.012.
- [64] KOEHLER, P., R. KIEFFER a H. WIESER. Effect of hydrostatic pressure and temperature on the chemical and functional properties of wheat gluten III. Studies on gluten films. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.11.004.
- [65] *16 důvodů proč jíst rýži* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://zdrava-vyziva.doktorka.cz/duvodu-proc-jist-ryzi/>>
- [66] *Rostlinná barviva* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <http://kfrserver.natur.cuni.cz/lide/edmunz/praktika_fr/mb130c14/navody/1_barviva.pdf>
- [67] RODRÍGUEZ, Lía Hernández, Desireé Afonso MORALES, Elena Rodríguez RODRÍGUEZ a Carlos Díaz ROMERO. Minerals and trace elements in a collection of wheat landraces from the Canary Islands. DOI: 10.1016/j.jfca.2011.04.016.

- [68] FAN, Ming-Sheng, Fang-Jie ZHAO, Susan J. FAIRWEATHER-TAIT, Paul R. POULTON, Sarah J. DUNHAM a Steve P. MCGRATH. Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. DOI: 10.1016/j.jtemb.2008.07.002.
- [69] DAVÍDEK, Jiří. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981, 718 s.
- [70] HOZA, Ignác, Pavel BUDINSKÝ a Daniela KRAMÁŘOVÁ. *Potravinářská biochemie II*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 104 s. ISBN 80-7318-395-1.
- [71] KYRITSI, A., C. TZIA a V.T. KARATHANOS. Vitamin fortified rice grain using spraying and soaking methods. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.06.001.
- [72] ČERMÁK, Bohuslav. *Výživa člověka*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2002, 224 s. ISBN 80-7040-576-7.
- [73] SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. *Atlas fyziologie člověka*. 6. přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2004, XII, 435 s. ISBN 80-247-0630-X.
- [74] DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Olomouc: Epava, 2000, 480 s. ISBN 80-86297-05-5.
- [75] WILHELM, Zdeněk. *Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy*. 3., přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2002c1995, 116 s. ISBN 80-210-2837-8.
- [76] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 2*. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2002, 470 s. ISBN 80-247-0143-x2.
- [77] *Digestive system diagram* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Digestive_system_diagram_cs.svg>
- [78] MAROUNEK, Milan, Pavel BŘEZINA a Jan ŠIMŮNEK. *Fyziologie a hygiena výživy*. 2., dopl. vyd. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 2003, 148 s. ISBN 80-7231-106-9.
- [79] HOZA, Ignác, Daniela KRAMÁŘOVÁ a Pavel BUDINSKÝ. *Potravinářská biochemie III*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 123 s. ISBN 80-731-8396-X.

- [80] *Biochemické pojmy - pepsin* [online]. [cit. 2013-02-28]. Dostupné z WWW: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/ebook.html?p=pepsin>
- [81] BLAŽEJ, Anton. *Štruktúra a vlastnosti vláknitých bielkovín*. Bratislava: Veda, 1978, 453 s.
- [82] ROKYTA, Richard, Dana MAREŠOVÁ a Zuzana TURKOVÁ. *Somatologie I. a II.: učebnice*. Vyd. 2. Praha: Eurolex Bohemia, 2003, 264 s. ISBN 80-86432-49-1.
- [83] *Biochemické pojmy - chymozin* [online]. [cit. 2013-02-28]. Dostupné z WWW: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/ebook.html?p=chymosin>
- [84] *Biochemické pojmy - lipasy* [online]. [cit. 2013-02-28]. Dostupné z WWW: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/ebook.html?p=lipasy>
- [85] *Potřebná, ale stále deficitní vláknina* [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=print&val=99340>>
- [86] CARTER, John W., W.Elaine HARDMAN, David W. HEITMAN a Ivan L. CAMERON. Type and amount of individual dietary fibers on: Serum lipid profiles, serum glucose concentration and energy intake in rats. DOI: 10.1016/S0271-5317(98)00142-0.
- [87] *Soudobý pohled na vlákninu potravy* [online]. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.agro-navigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=88134>>
- [88] *VÝSKUMNÝ ÚSTAV POTRAVINÁRSKY BRATISLAVA - Vlákna v potravinách* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.vup.sk/index.php?start&mainID=1&navID=43>>
- [89] *Vlákna* [online]. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.celostnimedicina.cz/vlaknina.htm?gclid=CIWp7o2kqrUCFYVb3god42YAyg>>
- [90] ELLEUCH, Mohamed, Dorothea BEDIGIAN, Olivier ROISEUX, Souhail BESBES, Christophe BLECKER a Hamadi ATTIA. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077.
- [91] LAI, Vivian M.F., Shin LU, Wen Hsien HE a Hua Han CHEN. Non-starch polysaccharide compositions of rice grains with respect to rice variety and degree of milling. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.03.024.

- [92] KOMÁREK, Jaroslav, Miroslav ŠRÁMEK a Jaroslav MRÁZEK. *Deriváty celulózy*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966, 181 s.
- [93] SLAVIN, Joanne L. Dietary fiber and body weight. DOI: 10.1016/j.nut.2004.08.018.
- [94] GRIGELMO-MIGUEL, Nuria a Olga MARTÍN-BELLOSO. Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. DOI: 10.1016/S0963-9969(98)00087-8.
- [95] WILLIAMS, Christine L. Dietary fiber in childhood. DOI: 10.1016/j.jpeds.2006.06.066.
- [96] TUROWSKI, Maciej, Balasaheb DESHMUKH, Robert HARFMANN, Jerry CONKLIN a Stephanie LYNCH. A method for determination of soluble dietary fiber in methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose food gums. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.09.006.
- [97] ESCARNOT, E., R. AGNEESSENS, B. WATHELET a M. PAQUOT. Quantitative and qualitative study of spelt and wheat fibres in varying milling fractions. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.02.047.
- [98] *Analýza potravin – podpůrné texty 3. ročník kombinovaná forma - 5. Analýza sacharidů*
- [99] ČSN ISO 2171: 2008. *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich. Stanovení popela*.
- [100] NOVOTNÝ, František. *Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd: jednotné pracovní postupy*. 2. vyd. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Odbor odrůdového zkušebnictví, 2006, 4 sv. (205, 206, 205, 202 s.). ISBN 80-86548-81-31-4.
- [101] SKOUPIL, Jan a Zdeňka LECJAKSOVÁ. *Chemické kontrolní metody: pro 4. ročník SPŠ studijního oboru zpracování mouky*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1988, 279 s.
- [102] *Muflová pec se zapuštěnými topnými prvky v keramické mufli* [online]. [cit. 2013-04-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.pecenabertherm.cz/muflove-pece-labo.html>>
- [103] ČSN ISO 712: 2003. *Obiloviny a výrobky z obilovin - Stanovení vlhkosti - Referenční metoda*
- [104] OPEKAR, František. *Základní analytická chemie: pro studenty, pro něž analytická chemie není hlavním studijním oborem*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2003, 201 s. ISBN 80-246-0553-8.

- [105] *Vyhláška č. 333/1997 Sb., která upravuje požadavky na mlýnské obilné výrobky, těstoviny a pekařské výrobky, ve znění pozdějších předpisů* [online]. [cit. 2011-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1007478&docType=ART&nid=113>>
- [106] *Sušárna VENTICELL s nucenou cirkulací vzduchu* [online]. [cit. 2013-03-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.verkon.cz/susarny-bmt>>
- [107] TEPER, I.: *ANKOM 220 – nový přístup ke stanovení vlákniny. Krmivářství*, 4, 2003. s. 20 – 21.
- [108] *ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer* [online]. [cit. 2013-03-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.ankom.com/service-procedures.aspx>>
- [109] MIŠURCOVÁ, Ladislava. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*, Zlín: UTB Zlín, Dizertační práce, 2008, 120 s.
- [110] *Daisy inkubátor* [online]. [cit. 2013-03-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.ankom.com/service-procedures.aspx>>
- [111] *Filtrační sáčky ANKOM F 57* [online]. [cit. 2013-03-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.ankom.com/service-procedures.aspx>>
- [112] ŽÁČEK, Zdeněk a Aleš ŽÁČEK. *Potravinářské tabulky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1994, 484 s. ISBN 8004244742.
- [113] *Typy mouky* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <http://www.pekarny.unas.cz/typy_mouky1.html>
- [114] HLAVÁČKOVÁ, Alena. *Vztah jednotlivých frakcí polysacharidů k energetické hodnotě krmiva*. Praha: CZU Praha, Autoreferát doktorské disertační práce, 2013, 19 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMK	Aminokyselina.
AR	Hmotnost popela vzorku bez sáčku.
ATP	Adenozintrifosfát.
CF	Crude Fibre, hrubá vláknina.
ČSN	Česká technická norma.
DM	Dry Matter, obsah sušiny ve vzorku.
DMD	Dry Matter Digestibility, hodnota stravitelnosti sušiny vzorku.
DMR	Hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení.
DMSO	Dimetylsulfoxid.
GIT	Gastrointestinální trakt.
HPLC	High-performance Liquid Chromatography, vysokoúčinná kapalinová chromatografie
MK	Mastná kyselina.
Mze ČR	Ministerstvo zemědělství České republiky.
NDC	Neutrálně-detergentní činidlo.
NDF	Neutral Detergent Fibre, neutrálně-detergentní vláknina.
NDR	Neutrálně-detergentní roztok.
OM	Organic Matter, obsah organické hmoty v sušině vzorku.
OMD	Organic Matter Digestibility, hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku.
Po	Obsah popela ve vzorku.
SD	Směrodatná odchylka.
Su	Obsah sušiny ve vzorku.
TDF	Total Dietary Fibre, celková vláknina potravy.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Pšenice červená	14
Obrázek 2 - Kamut.....	14
Obrázek 3 - Grünkern	15
Obrázek 4 - Rýže	17
Obrázek 5 - Trávicí soustava	29
Obrázek 6 - Muflová pec	39
Obrázek 7 - Sušárna Venticell 111 comfort.....	40
Obrázek 8 - ANKOM ²²⁰ Fiber Analyzer (ANKOM Technology, New York).....	41
Obrázek 9 - Daisy inkubátor (ANKOM Technology, New York)	42
Obrázek 10 - Filtrační sáčky ANKOM F 57.....	42
Obrázek 11 – pšenice červená Kli	47
Obrázek 12 - pšenice červená Rotdri.	48
Obrázek 13 – pšenice Dickh	48
Obrázek 14 - pšenice Busöko.....	49
Obrázek 15 – pšenice Aktöko	49
Obrázek 16 – pšenice Dicköko	50
Obrázek 17 - pšenice špalda Oberöko.....	50
Obrázek 18 – Bio pšenice červená.....	51
Obrázek 19 - Grünkern.....	51
Obrázek 20 – Jasmínová rýže červená.....	52
Obrázek 21 - Jasmínová rýže hnědá.....	52
Obrázek 22 – rýže červená Biolinie.....	52
Obrázek 23 - Lila Reis (Fialová rýže).....	53
Obrázek 24 – rýže basmati natural	53
Obrázek 25 – Bio mléčná rýže kulatozrná loupaná	54
Obrázek 26 - Khaw Dam - černá rýže neloupaná, dlouhozrná.....	54

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Chemické složení základních obilnin v %</i>	19
<i>Tabulka 2: Obsah hlavních polysacharidů v pšeničné mouce (v %)</i>	23
<i>Tabulka 3: Proteiny obilovin a jejich složení (%)</i>	24
<i>Tabulka 4: Obsah aminokyselin v pšenici a rýži (v g vztaženo na 16 g dusíku)</i>	25
<i>Tabulka 5: Rozdělení látkového složení v jednotlivých částech zrna v % sušiny</i>	26
<i>Tabulka 6: Obsah vitaminů v hnědé, bílé a předvařené rýži (mg.100 g⁻¹)</i>	27
<i>Tabulka 7: Hlavní enzymové aktivity přítomné v trávicím traktu</i>	31
<i>Tabulka 8: Množství rozpustné a nerozpustné vlákniny v pšeničné mouce</i>	34
<i>Tabulka 9: Složení vlákniny cereálií, ovoce a zeleniny v %</i>	35
<i>Tabulka 10: Obsah popela u vzorků rýže (± SD)</i>	62
<i>Tabulka 11: Obsah popela u vzorků pšenice (± SD)</i>	63
<i>Tabulka 12: Obsah sušiny a vlhkosti u vzorků rýže (± SD)</i>	64
<i>Tabulka 13: Obsah sušiny a vlhkosti u vzorků pšenice (± SD)</i>	64
<i>Tabulka 14: Obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) v jednotlivých vzorcích rýže (± SD)</i>	65
<i>Tabulka 15: Obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) v jednotlivých vzorcích pšenice (± SD)</i>	67
<i>Tabulka 16: Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti vzorků rýže při kombinované hydrolyze pepsinem a pankreatinem (± SD)</i>	68
<i>Tabulka 17: Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti vzorků pšenice při kombinované hydrolyze pepsinem a pankreatinem (± SD)</i>	70

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 - Obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) v jednotlivých vzorcích rýže</i>	<i>66</i>
<i>Graf 2 - Obsah hrubé (CF) a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) v jednotlivých vzorcích pšenice</i>	<i>67</i>
<i>Graf 3 - Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti vzorků rýže při kombinované hydrolyze pepsinem a pankreatinem</i>	<i>69</i>
<i>Graf 4 - Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti vzorků pšenice při kombinované hydrolyze pepsinem a pankreatinem</i>	<i>70</i>