

# Stravitelnost netradičních cereálií

Petr Svoboda

---

Bakalářská práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

Ústav technologie a mikrobiologie potravin  
akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Petr SVOBODA  
Osobní číslo: T08364  
Studijní program: B 2901 Chemie a technologie potravin  
Studijní obor: Chemie a technologie potravin

Téma práce: Stravitelnost netradičních cereálií

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Základní metabolismus sacharidů, lipidů a bílkovin včetně enzymů, které tyto reakce katalyzují.
2. Charakterizace netradičních druhů cereálií a jejich chemické složení.

### II. Praktická část

1. Stanovení stravitelnosti netradičních druhů cereálií a výrobků z nich metodou *in vitro* v inkubátoru Daisy.
2. Formulace závěrů práce.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. Technologie výroby potravin rostlinného původu. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005.
- [2] BENDA, V., BABŮREK, I., ŽDÁRSKÝ, J. Biologie II, Nauka o potravinářských surovinách. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2000.
- [3] PRÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie. I, Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2003.
- [4] SHEWRY, P., R. Improving the protein content and composition of cereal grain, Journal of Cereal Science, 2007, VOL. 46, 239-250.
- [5] DEMIRBAS, A. Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey, Food Chemistry, 2005, VOL. 90, 773-777.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání bakalářské práce:

**11. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**30. května 2011**

Ve Zlíně dne 12. dubna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Svoboda Petr

Obor: Chemie a technologie potravin

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně ..... 27.5.2011

.....  


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

(1) Vysoká škola 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.

---

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

(1) Vysoká škola 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.

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

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

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

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). 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 výdělků 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**

Bakalářská práce byla zaměřena na stravitelnost vybraných cereálií. Dalším cílem bylo samotné stanovení stravitelnosti metodou *in vitro*, popela a sušiny u vybraných vzorků obilovin. V této práci je také obsažena charakteristika základních druhů obilnin a obecně jejich stavba. Jsou zde také charakterizovány základní živiny a popsán proces jejich vstřebávání v trávicím traktu člověka.

Klíčová slova: cereálie, pseudocereálie, stravitelnost, *pepsin*, *pankreatin*, vláknina

## **ABSTRACT**

Bachelor's thesis was focused on the *in vitro* digestibility of selected cereals. Another objective was to determine the ash and dry matter in samples of cereals. This work also includes characterization of basic grain types and their general construction. They are also characterized by the essential nutrients and the process of their absorption in the gastrointestinal tract of humans is described.

Keywords: cereals, pseudocereals, digestibility, *pepsin*, *pancreatin*, dietary fibre

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné rady a připomínky, poskytnuté materiály, za vedení a trpělivost při sepisování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu a povzbuzení v průběhu studia.

#### Prohlášení

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

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta



# OBSAH

|  |           |
|--|-----------|
| ÚVOD.....  | 11        |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>1 OBILOVINY.....</b>  | <b>13</b> |
| 1.1 MORFOLOGIE OBIÍ .....  | 13        |
| 1.1.1 Vegetativní části obilovin .....                                       | 13        |
| 1.1.2 Květ a květenství obilovin .....                                       | 14        |
| 1.1.3 Obilka.....  | 14        |
| 1.1.3.1 Obalové vrstvy.....  | 15        |
| 1.1.3.2 Aleuronová vrstva.....   | 15        |
| 1.1.3.3 Endosperm .....  | 16        |
| 1.1.3.4 Klíček.....  | 16        |
| 1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILOVIN.....   | 16        |
| 1.2.1 Sacharidy .....  | 17        |
| 1.2.2 Bílkoviny.....   | 18        |
| 1.2.3 Lipidy .....   | 19        |
| 1.2.4 Minerální látky .....  | 19        |
| 1.2.5 Vitaminy.....  | 19        |
| <b>2 DRUHY OBILOVIN.....</b>   | <b>21</b> |
| 2.1 PŠENICE ( <i>TRITICUM</i> ) .....  | 21        |
| 2.1.1 Pšenice červená ( <i>Triticum aestivum</i> var. <i>milturum</i> )..... | 21        |
| 2.1.2 Kamut.....   | 22        |
| 2.1.3 Grünkern .....   | 22        |
| 2.2 JEČMEN ( <i>HORDEUM</i> ).....   | 23        |
| 2.3 ŽITO ( <i>SECALE CEREALE</i> ).....                                      | 24        |
| 2.4 ŽITOVEC ( <i>TRITICOSECALE</i> WITT.) .....                              | 24        |
| 2.5 OVES ( <i>AVENA SATIVA</i> ) .....                                       | 25        |
| 2.6 PROSO ( <i>PANICUM MILIACEUM</i> ).....                                  | 25        |
| 2.7 RÝŽE ( <i>ORYZA SATIVA</i> ) .....                                       | 26        |
| 2.8 KUKUŘICE ( <i>ZEA MAYS</i> ).....  | 27        |
| 2.9 ČIROK ( <i>SORGHUM BICOLOR</i> (L.) MOENCH.).....                        | 27        |
| 2.10 PSEUDOCEREÁLIE.....   | 28        |
| 2.10.1 Amarant ( <i>Amaranthus</i> ssp.) .....                               | 28        |
| 2.10.2 Pohanka ( <i>Fagopyrum vulgare</i> ) .....                            | 28        |
| 2.10.3 Quinoa ( <i>Quinoa</i> ssp.) .....                                    | 29        |
| <b>3 STRAVITELNOST.....</b>  | <b>31</b> |
| 3.1 TRÁVICÍ TRAKT .....  | 31        |
| 3.2 TRÁVICÍ ENZYMY .....   | 32        |
| 3.2.1 Pepsin.....  | 32        |
| 3.2.2 Pankreatin .....   | 32        |
| 3.3 TRÁVENÍ ŽIVIN .....  | 32        |
| 3.3.1 Trávení sacharidů .....  | 32        |
| 3.3.2 Trávení lipidů .....   | 33        |
| 3.3.3 Trávení bílkovin .....   | 34        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.4       | VLÁKNINA.....   | 34        |
| <b>4</b>  | <b>STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....</b>                              | <b>36</b> |
| 4.1       | STANOVENÍ POPELA.....   | 36        |
| 4.2       | STANOVENÍ SUŠINY .....  | 36        |
| 4.3       | STANOVENÍ STRAVITELNOSTI S POUŽITÍM INKUBÁTORU DAISY.....         | 37        |
| <b>II</b> | <b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>  | <b>39</b> |
| <b>5</b>  | <b>METODIKA PRÁCE.....</b>  | <b>40</b> |
| 5.1       | POUŽITÉ POMŮCKY A CHEMIKÁLIE .....                                | 40        |
| 5.1.1     | Použité chemikálie .....  | 40        |
| 5.1.2     | Použité laboratorní přístroje a pomůcky .....                     | 40        |
| 5.2       | POUŽITÉ VZORKY OBILNIN .....                                      | 41        |
| 5.3       | STANOVENÍ POPELA.....   | 42        |
| 5.4       | STANOVENÍ SUŠINY .....  | 43        |
| 5.5       | STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....                                     | 44        |
| 5.5.1     | Kombinovaná hydrolýza <i>pepsinem</i> a <i>pankreatinem</i> ..... | 44        |
| <b>6</b>  | <b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>                                    | <b>47</b> |
| 6.1       | VÝSLEDKY STANOVENÍ POPELA.....                                    | 47        |
| 6.2       | VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY .....                                   | 48        |
| 6.3       | VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI METODOU <i>IN VITRO</i> .....   | 48        |
|           | <b>ZÁVĚR .....</b>  | <b>51</b> |
|           | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>                             | <b>52</b> |
|           | <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>                    | <b>60</b> |
|           | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                                       | <b>61</b> |
|           | <b>SEZNAM TABULEK.....</b>  | <b>62</b> |
|           | <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>   | <b>63</b> |

## ÚVOD

Cereální potraviny získaly svůj název podle římské bohyně úrody nazývané Ceres. Obiloviny provázejí lidskou společnost od nepaměti. První zprávy o chlebu kypřeném kváskem se objevují ve východním Středomoří kolem roku 1800 před naším letopočtem. Až začátkem našeho letopočtu se rozšířila znalost výroby kvašeného těsta mezi obyvatele střední Evropy. Jejich hlavní druhy jsou především chlebové obiloviny, pšenice a žito, dále ječmen, kukuřice, oves, rýže, pohanka. Představují 35 % denní energetické potřeby. Největší podíl z vypěstovaných obilovin tvoří pšenice. Středozápad USA, Kanada, Argentina, Austrálie a celá Evropa jsou oblasti světa s největší produkcí pšenice na světě. Podíl bílkovin na celkové spotřebě energie v potravě je u obyvatel vyspělých zemí mezi 30 – 40 % a v rozvojových zemích dosahuje dokonce až 90 %. Obiloviny jsou největším dodavatelem bílkovin na světě, z celkového příjmu bílkovin zaujímají bílkoviny z cereálií 20 – 60 %. Ovšem jejich nutriční hodnota nedosahuje hodnot živočišných bílkovin. Obiloviny mají nízký obsah aminokyseliny lyzinu, nicméně jsou významným zdrojem cenných vitaminů skupiny B, např. B<sub>1</sub> (tiamin), B<sub>6</sub> (pyridoxin) a zdrojem minerálních látek [1,2].

Obiloviny jsou snadno pěstitelné, lze při výsevu i sklizni použít mechanizace, dosáhnout vysokých výnosů a jejich skladovatelnost nečiní významné obtíže. Díky tomu se staly obiloviny nejvýznamnější potravinářskou komoditou na světě [2].

Teoretická část práce popisuje charakteristiky základních druhů cereálií a pseudocereálií. Dále popisuje vlákninu a její význam pro lidskou výživu a nakonec se zabývá trávením základních živin.

Cílem praktické části bakalářské práce bylo stanovení vybraných charakteristik u různých druhů obilovin používaných pro lidskou výživu, či potravinářské účely. Šlo o stanovení popela, sušiny a poté stravitelnosti u vzorků červené pšenice, ovsa bezpluchého, žita ozimého, grünkernu, špaldy loupané, špaldového kernota, kamutu a u směsi pšenično-žitné mouky v poměrech pšenice k žitu 10:90, 50:50 a 90:10.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 OBILOVINY

Obiloviny jsou nejvýznamnější skupinou potravinářských plodin, pro člověka jsou základem stravy již po tisíciletí. Podíl obilovin na celkové spotřebě energie v potravě je u obyvatel vyspělých zemí 30 – 40 %, v rozvojových zemích dosahuje i 90 %. Mezi tradiční evropské obiloviny patří pšenice, žito, ječmen a oves. Na jihu Evropy k nim tradičně patří kukuřice. Na jihovýchodě a na východě Evropy se rozsáhleji pěstovalo proso, méně čirok. Dříve byla dominantní obilovinou rýže v oblastech Indie, Dálného Východu a části Tichomoří. Zatímco proso, pohanka a z části kukuřice byly tradičními obilovinami v oblasti Ruska a Blízkého Východu. Hlavními zdroji potravy v Africe byly proso, pohanka, kukuřice a čirok. Tam kde byla dříve konzumována výhradně rýže a kukuřice, se během dvaceti či třiceti let začala hojně pěstovat pšenice. Většinou šlo o rozvojové země, které si z ekonomických důvodů nemohly dovézt dostatečného množství pšenice a pro její pěstování mají jen omezené klimatické podmínky [2,3,4,5,6].

Obiloviny řadíme do třídy jednoděložných rostlin, čeledi lipnicovitých. Tyto obiloviny jsou vyšlechtěné jednoleté trávy: pšenice, žito, žitovec, ječmen, oves, proso, čirok, rýže, kukuřice a další. Víceleté trávy se jako obiloviny neprosadily, protože část zásobních látek ukládají do vegetativních orgánů na úkor semen. Pohanka, laskavec a merlíky jsou pro svůj význam v potravě a podle technologie pěstování také řazeny mezi obiloviny. Jedná se také o jednoleté rostliny, ale patřící do třídy dvouděložných rostlin, pohanka patří do čeledi rdesnovitých, laskavec je řazen do čeledi laskavcovitých a merlíky zase do příbuzné čeledi merlíkovitých. Tyto rostliny zařazujeme do skupiny nazývané pseudocereálie. Celosvětová produkce obilnin dosahuje 2 miliard tun ročně. Nejvýznamnější obilovinou je pšenice, po ní následuje kukuřice, rýže, ječmen, čirok, oves, proso a žito [1,2,4,5,7].

### 1.1 Morfologie obilí

#### 1.1.1 Vegetativní části obilovin

Obiloviny vytvářejí nadzemní orgány, jako jsou stébla, listy, květenství a plody a dále podzemní orány, mezi něž patří kořeny, odnožovací kolénka. Rostliny netvoří vegetativní zásobní orgány (hlízy, bulvy nebo cibule). Obiloviny mají svazčité kořeny, pseudocereálie mají kulovitý tvar kořenu. Kořeny obilovin mají upevňovací, vyživovací, zásobní, ale nikoliv rozmnožovací funkci. Nejbohatší kořenovou soustavu mají žito a oves, a proto mohou dobře čerpat živiny i vláhu z půdy, jsou méně náročné na hnojení a typ zeminy.

Méně vyvinutý kořenový systém má jarní pšenice a nejchudší kořenový systém nalézáme u jarního ječmene [2].

Stéblo plní u obilovin funkci stonku, u pseudocereálií je to lodyha. Po sklizni jsou tyto části nazývány slámou. Stébla jsou dlouhá 50 až 300 cm, záleží na druhu obilovin, jsou kruhového průřezu, mírně kónická a většinou dutá [2].

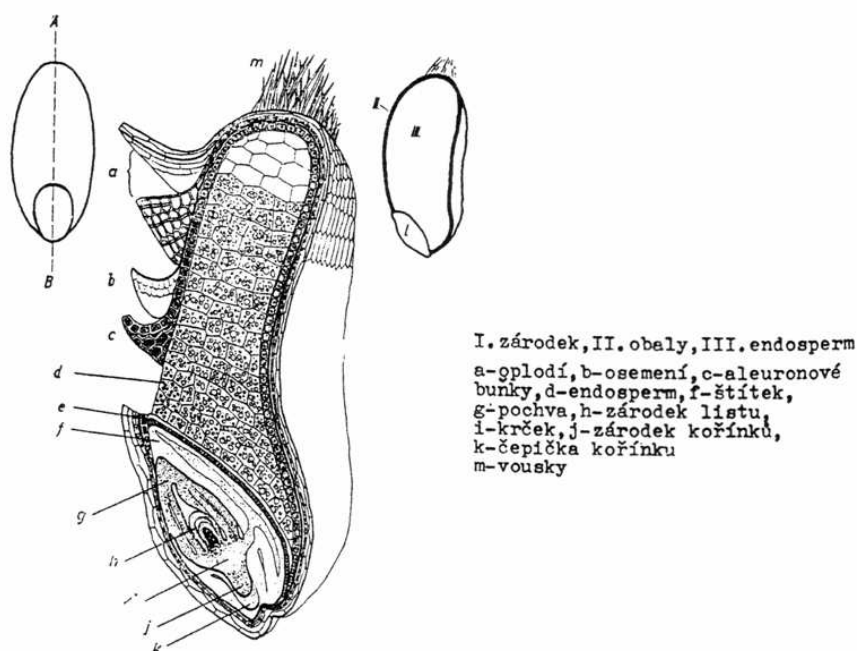
List vyrůstá z horní části kolénka, je přisedlý, vztyčený a převislý. Má úzkou čárkovitou čepel a pochvu, která objímá kolénko a dolní část článku stébla. Na přechodu čepele a pochvy je jemný blanitý jazýček zvaný ligula, který přiléhá ke stěnám stébla. Dále jsou zde dvě ouška zvaná *auricula*, která v přední části obepínají stéblo. Ječmen má nápadně dlouhá a hladká ouška, která se při objímání stébla až překrývají, jazýček je vysoký a celokrajný. Pšenice má velká ouška, která se pouze svými konci dotýkají, ale jsou nápadně porostlá trichomy. Jazýček je středně vysoký, uprostřed vyšší, jemně pilovitý. Žito má krátká, hladká ouška, která se nedotýkají. Jazýček je nízký rovný a na okrajích zubatý. Oves nemá ouška, ale jazýček je vysoký a jemně pilovitý [2].

### 1.1.2 Květ a květenství obilovin

Květenstvím obilovin je buď klas, který je u pšenice, žita a ječmene, nebo lata, kterou má oves, rýže, čirok a proso. Klas se skládá z klasového vřetena, po jeho obou stranách střídavě vyrůstají klásky. Každý klásek je tvořen z několika květů. Květ uzavírá vnější pleva, plucha s osinou nebo bez ní a vnitřní pluška. Lata je morfologicky stejná jako klas, liší se jen tím, že postranní větve květenství nejsou zkrácené [2].

### 1.1.3 Obilka

Obiloviny se vyznačují jednosemenným suchým plodem, zvaným nažka. U obilovin z čeledi lipnicovitých se nažka nazývá obilka [2].



Obrázek 1 - Anatomické složení obilky [2]

### 1.1.3.1 Obalové vrstvy

Obilná zrna se skládají z obalových vrstev, které chrání endosperm a klíček před vnějšími vlivy jako je vysychání a krátkodobé účinky vody a také před mechanickým poškozením od škůdců. Také proto jsou tvořeny nerozpustnými polysacharidy a obtížně bobtnajícími materiály, a to především celulózu. Tyto obalové vrstvy jsou označovány jako otruby. Obalové vrstvy obilky se skládají ze dvou hlavních částí. Na povrchu obilky je několikavrstevné oplodí, které se nazývá perikarp. Pod ním se nalézá jednovrstevné osemení, které se nazývá testa, nesoucí v buňkách barviva, určující vnější barevný vzhled zrna. Dále se pod oplodím nalézá jedna tenká vrstva vnějšího bílku, který se nazývá perisperm, pod ním je jedna nebo více vrstev buněk aleuronových [1,2,8,9].

Obalové vrstvy jsou bohaté na vlákninu (celulóza a hemicelulóza) a minerální látky (vápník, železo, hořčík, křemík, fosfor) [8].

### 1.1.3.2 Aleuronová vrstva

Aleuronová vrstva je měkká jednoduchá vrstva buněk tvořící asi 8 % z celého zrna, oddělující obalové vrstvy obilného zrna od endospermu. Je tvořena velkými parenchymatickými buňkami, které se nacházejí nad endospermem, mají tvar krychle nebo kvádrů v jedné vrstvě, například u pšenice. U ječmene např. dokonce až ve čtyřech

vrstvách. Buňky jsou vyplněny drobnými a kulatými zrny zvanými aleurony, což jsou krystaloidy bílkovin, převážně globulinového typu. Aleuronová vrstva obsahuje vysoký podíl bílkovin, které na sebe vážou kyselinu fosforečnou. Také je v těchto buňkách obsaženo nejvíce minerálních látek ze všech částí zrna [1,2,8,9].

### ***1.1.3.3 Endosperm***

Vnitřní část obilky je vyplněna endospermem, který je tvořen tenkostěnným parenchymem, tvořeným velkými hranolovitými buňkami. Endosperm představuje největší podíl zrna, který činí 84 – 86 % hmotnosti zrna, je jeho technologicky nejvýznamnější částí. Kromě velkého množství škrobu, jehož obsah je 55 – 69 %, obsahují buňky endospermu další polysacharidy (pentózany), bílkoviny, tuky, minerální látky a další důležité látky pro klíčící rostlinu. Škrobová zrna mají svou vzhledovou druhovou charakteristiku [1,2,5].

### ***1.1.3.4 Klíček***

Klíček neboli embryo je základ budoucí rostliny, který se nalézá na spodní hřbetní části obilky. Je nejmenší, avšak nejvíce proměnlivá část obilky. Například u obilky pšenice tvoří pouze 3 % hmotnosti, nese genetickou informaci. Klíček se skládá z vegetačního vrcholu, který je obalený prvními lístky a na dolní straně je kořínek zakrytý kořenovou pochvou. Klíček je spojen k endospermu štítkem, který obsahuje až 33 % bílkovin. Je také cenným zdrojem tuků, jednoduchých cukrů, bílkovin, enzymů a vitaminů rozpustných v tucích, především vitaminu E a vitaminů skupiny B. Obilné klíčky jsou používány nejen ke krmení, ale také se uplatňují v potravinářství a ve farmaceutickém průmyslu [1,2,5,8].

## **1.2 Chemické složení obilovin**

Chemické složení je ovlivňováno druhem, odrůdou, klimatickými a pěstitelskými podmínkami. Obsah vody se pohybuje od 12 – 15 %, zbytek je tvořen sušinou. Obiloviny jsou významným zdrojem  $\beta$ -glukanů, minerálů, vitaminů a rostlinných bílkovin, dále jsou vynikajícím zdrojem zinku, železa, mědi, manganu, molybdenu a bóru a poskytují významné množství fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a dusíku [2,4].



Tabulka 1: Průměrné chemické složení základních obilnin v % (podle Šimona) [2]

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

### 1.2.1 Sacharidy

Sacharidy tvoří hlavní složku obilovin. Sacharidy obsažené v obilovinách lze rozdělit na monosacharidy, např. pentózy, které jsou základními stavebními částicemi pentózanů, důležitých složek podpůrných pletiv. Dále je to glukóza a fruktóza. Nejdůležitějším disacharidem je sacharóza, která je obsažena především v klíčku, pak maltóza. Maltózové číslo se využívá ke zjišťování tzv. cukrotvorné schopnosti mouky. Dále jsou to polysacharidy, kde hlavními zástupci této skupiny jsou škrob, dextriny, celulóza, hemicelulóza, pentózany, pektinové látky [1].

Škrob je zásobním polysacharidem, který je obsažen v parenchymatických buňkách endospermu. Obsah škrobu v obilce kolísá v rozmezí 50 – 80 % v sušině. Škrob obsažený v mouce, kterou tvoří endosperm je vyšší než 80 %. Obsah škrobu v sušině zrna u jednotlivých obilovin je následující: žito od 52 do 60 %, ječmen od 56 do 66 %, kukuřice od 60 do 70 % a u pšenice od 58 do 76 % [8].

Škrob se v obilovinách a rostlinách vyskytuje ve formě škrobových zrn. Je složen ze dvou částí, amylozy a amylopektinu, které jsou tvořeny glukózovými jednotkami. Poměr těchto složek v našich obilovinách je 25 % amylozy a 75 % amylopektinu. Amylóza je rozpustná ve vodě a amylopektin v ní pouze bobtná [8].

Neškrobovými polysacharidy jsou obecně nazývány rostlinné slizy a jedná se většinou o různě zesíťované makromolekuly polysacharidů na bázi pentóz – xylózy a arabinózy – čistých pentózanů, nebo příslušných glykoproteinů. Slizy jsou polyfunkční, tvoří jednak součást buněčných stěn, buněčného obsahu a zúčastňují se metabolismu (tzv. ve vodě rozpustné pentózany). Dále bylo zjištěno, že existují i pentózany nerozpustné ve vodě, s podobnou strukturou jako slizy. Neškrobové sacharidy přítomné v obilovinách

a nerozpustné ve vodě jsou řazeny mezi celulózy a hemicelulózy. Z neškrobových polysacharidů je nejvýznamnější celulóza, která je nerozpustná ve vodě a za normálních teplot nebobtná. Vyskytuje se v obalových vrstvách. V pšenici jí je zastoupeno asi 1,6 %, v ječmeni jsou jí 4 % a oves obsahuje přes 10 % celulózy [1,5,8].

### 1.2.2 Bílkoviny

Obilné bílkoviny můžeme rozdělit podle morfologického původu, biologické funkce, chemického složení a na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Podle morfologického původu lze rozlišit bílkoviny endospermu, aleuronové vrstvy a zárodečné, které pocházejí z klíčku. Podle biologické funkce v rostlině můžeme rozlišit bílkoviny metabolicky aktivní (enzymy, membránové složky ribozomů) a zásobní, ty se dělí na nízkomolekulární a vysokomolekulární. Podle chemického složení se v obilovinách vyskytují obě základní skupiny bílkovin, a to jednoduché a složené. Proteinové molekuly jsou tvořeny různě dlouhými řetězci aminokyselin, které jsou vzájemně spojeny peptidovou vazbou [1,9].

Z hlediska lidské výživy jsou obiloviny důležitým zdrojem bílkovin, nicméně mají nízkou výživovou kvalitu kvůli nízkému množství esenciálních aminokyselin, zvláště lyzinu. Zajímavé postavení má hlavně pšeničná bílkovina, která jako jediná vytváří běžně s vodou pružný gel tzv. lepek. Obsah bílkovin v pšenici se pohybuje v rozmezí 10 – 16 %, u žita od 8 – 15 %. Pšenice s obsahem bílkovin nad 13 % je považována za velmi dobrou, pod 12 % za střední až slabou. Mezi obilné prolaminy patří pšeničný a žitný gliadin, ječný hordein, ovesný avenin, kukuřičný zein. Gliadin obsažený v pšenici se pohybuje v rozmezí od 4 do 5 %. Obilí dále obsahuje gluteliny, které se svým aminokyselinovým složením blíží gliadinům. Známější jsou pouze pšeničný glutenin, jehož obsah je od 4 do 5 %. V obilovinách se nacházejí rovněž albuminy a globuliny, což jsou protoplazmatické bílkoviny, v pšenici tvoří kolem 20 % veškerých bílkovin [1,7].

Bílkoviny pšenice se výrazně liší od ostatních rostlinných bílkovin pro svou schopnost tvořit pružný gel – lepek. Hlavními složkami lepku jsou lepkové bílkoviny gliadin (prolamin), poskytuje lepku tažnost a glutenin (glutelin), poskytují lepku pružnost. Gluteninová frakce představuje asi 40 % celkového obsahu bílkovin a je považována za klíčový faktor při výrobě těsta a pečiva, a to svým vlivem na vizkoelastické vlastnosti těsta. Lepek vytváří konstituci těsta tím, že vytváří trojrozměrnou síť peptidických řetězců propojených navzájem různými můstky a vazbami [1,5].

### 1.2.3 Lipidy

Obilná zrna patří k semenům, která obsahují nejnížší množství tuku, pouze 1,5 – 2,5 %. Tuk je obsažen především v klíčku a v aleuronové vrstvě. Tučky chlebových obilovin jsou nepolární, nažloutlé, olejovité kapaliny, obsah jejich nasycených mastných kyselin je 18 – 25 %, kyselinu olejovou obsahují z 16 – 18 %, kyselinu linolovou ze 48 – 57 % a kyselinu linolenovou asi z 5 %. Kyselina linolová podléhá při delším skladování oxidaci, jejímž následkem mouka žlukne. V obilném zrnu je také část polárních lipidů (fosfatidů). Jsou přítomny především fosfatidylcholin a fosfatidyletanolamin. Fosfatidy jsou podobné tukům, v jejich molekule je obsažena kyselina fosforečná a organická báze [1,8].

Dalšími doprovodnými látkami lipidů v obilovinách jsou lipofilní barviva, mezi něž patří karotenoidy, žlutá a oranžová barviva [8].

### 1.2.4 Minerální látky

Obiloviny jsou vynikajícím zdrojem minerálních látek, nejvíce je zde zastoupeno železo, fosfor, draslík, vápník, hořčík a dusík, dále pak zinek, měď, mangan, molybden a bór. V žitě je v průměru 1,82 %, v pšenici 1,84 % minerálních látek. Největší obsah minerálií byl zajištěn v osemení a v aleuronové vrstvě. Endosperm je na minerální látky chudý. Největší podíl minerálií, prakticky poloviční, tvoří v obilovině oxid fosforečný. Dále je ve větším množství obsažen oxid draselný, hořečnatý a vápenatý. Malé množství je oxidu sodného, křemičitého aj. [1,4].

### 1.2.5 Vitaminy

Vitaminy jsou v obilovinách soustředěny především v klíčku a aleuronové vrstvě, endosperm je na vitaminy chudý. Vitamin A je obsažen ve formě svého provitaminu  $\beta$ -karotenu v klíčcích. Obiloviny jsou považovány za jeden z hlavních zdrojů hlavně vitaminů skupiny B. Vitamin B<sub>1</sub> se vyskytuje v klíčcích a aleuronové vrstvě, jeho obsah v pšenici je vyšší než v žitu. Vitamin B<sub>2</sub> se nachází rovněž především v klíčku a řadíme jej ke žlutým dusíkatým barvivům zvaným flaviny. Vitamin B<sub>3</sub> je v dosti velkém množství obsažen v pšenici a ječmeni, je termostabilní a stálý vůči oxidaci. Je lokalizován do aleuronové vrstvy, a proto hlavní podíl přechází do otrub. Vitamin B<sub>5</sub> je obsažen také v pšenici, zejména sklovité. Vitamin B<sub>6</sub> se nachází také v aleuronové vrstvě a ve štítku, ale také v droždí. Vitamin C zralé obilí neobsahuje, jeho obsah je vysoký ve vyklíčeném obilí. Vitamin E je ve vysoké koncentraci obsažen především v klíčku, z něhož se dokonce

izoluje při výrobě vitaminových preparátů ve farmaceutickém průmyslu, ale v endospermu se vitamin E téměř nevyskytuje [1,9].

*Tabulka 2: Rozdělení látkového složení v jednotlivých částech zrna v % sušiny [8]*

| <b>Složka</b>            | <b>Popel</b> | <b>Bílkoviny</b> | <b>Tuky</b> | <b>Celková vláknina</b> | <b>Pentózany</b> | <b>Škrob</b> |
|--------------------------|--------------|------------------|-------------|-------------------------|------------------|--------------|
| <b>Oploří a osemení</b>  | 3,4          | 6,9              | 0,8         | 50,9                    | 46,6             | -            |
| <b>Aleuronová vrstva</b> | 10,9         | 31,7             | 9,1         | 11,9                    | 28,3             | -            |
| <b>Klíček</b>            | 5,8          | 34,0             | 27,6        | 2,4                     | -                | -            |
| <b>Endosperm</b>         | 0,6          | 12,6             | 1,6         | 0,6                     | 3,3              | 80,4         |

## 2 DRUHY OBILOVIN

### 2.1 Pšenice (*Triticum*)

Pšenice patří do skupiny obilovin *Triticeae*. V potravinářství se využívá pšenice obecná (*Triticum aestivum*), pšenice tvrdá (*Triticum durum*), pšenice špalda (*Triticum spelta*), pšenice červená (*Triticum aestivum* var. *milturum*), kamut, kernoto a grünkern. Kamut je staroegyptská pšenice (*Triticum turgidum* subsp. *turanicum*), kernoto jsou obroušená zrna nešlechtěné pšenice špaldy a grünkern je pšenice špalda sbíraná v období mléčné zralosti a sušená v kouři bukových pilin. Pšenice je jednou z hlavních potravinářských plodin světa a základem lidské výživy ve světě. Je jedním z nejvýznamnějších zdrojů rostlinných bílkovin v lidské stravě, a také dodává tělu důležité vitaminy (B a E), minerální látky (hořčík a fosfor) a vlákninu. Je to obilovina, která tvoří lepek a umožňuje výrobu kvašeného chleba. Kromě toho se přísady z pšenice přidávají do celé řady zpracovávaných potravin, jako jsou nudle, těstoviny a obilné výrobky k snídani. Méně kvalitní průmyslová pšenice se používá ke krmení zvířat [9,10,11].

#### 2.1.1 Pšenice červená (*Triticum aestivum* var. *milturum*)

Byla objevena v roce 1872 na pobřeží Rudého moře v dnešní Etiopii. Má o 20 – 25 % nižší výnosy, ale vyšší odolnost. Barviva obsažená v červené pšenici (antokyany) jsou obsažena především ve slupce a proto, čím je vyšší hrubost mletí při zpracování, tím je obsah antokyanů vyšší. Důležité funkční látky, které obsahuje a její typická barva zůstávají zachovány i po procesu pečení. Obsah antokyanů je podle Vysoké školy z Walesu 20 mg.100 g<sup>-1</sup> a je tak srovnatelný s červeným vínem. V porovnání s tím je jejich obsah v klasické pšenici zanedbatelný. Antokyany působí v těle jako antioxidanty, zvláště pohlcují volné radikály a pomáhají při odstraňování škodlivin z těla. Tímto působením antokyany 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 [12].

Tabulka 3: Porovnání základních nutričních látek v % u normální a červené pšenice [12]

| (% sušiny)            | Normální pšenice | Červená pšenice |
|-----------------------|------------------|-----------------|
| <b>Tuk</b>            | 1,9              | 2,1             |
| <b>Bílkoviny</b>      | 16,4             | 14,1            |
| <b>Škrob</b>          | 69,5             | 72,9            |
| <b>Balastní látky</b> | 13,9             | 13,7            |



Obrázek 2 – Pšenice červená [13]

### 2.1.2 Kamut

Kamut je znovuobjevenou starověkou variantou dnešní pšenice. Zrna kamutu jsou svým tvarem stejná jako pšeničná zrna, jsou ale přinejmenším dvakrát větší. Mají v průměru o 30 % více proteinů a zvýšený obsah vitaminů E, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, fosforu, hořčíku, zinku, mědi a komplexních sacharidů. Jedním z významných hledisek pěstování pšenice kamutu je i fakt, že má velkou schopnost produkovat vysoce jakostní zrno bez nutnosti použít umělá hnojiva a pesticidy. Je tedy vynikající plodinou pro organické zemědělství [14].



Obrázek 3 – Kamut [15]

### 2.1.3 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 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 [16,17].



Obrázek 4 – Grünkern [18]



Obrázek 5 – Pšenice [19]



Obrázek 6 – Pšeničné klasy [20]

## 2.2 Ječmen (*Hordeum*)

Ječmen je starověká a důležitá obilovina. Hlavními druhy v potravinářství jsou ječmen víceřadý (*Hordeum vulgare*) a ječmen dvouřadý (*Hordeum distichum*) [9,21].

Ječmen byl nejprve využíván jako krmivo pro hospodářská zvířata a k výrobě sladu, až později byl pěstován pro potravinářské účely. Ječmen je nejvíce přizpůsobitelný druh obiloviny, kterou lze pro její nízké klimatické nároky pěstovat skoro všude. Stal se velmi důležitým potravinovým zdrojem v mnoha částech světa, včetně Blízkého Východu, severní Afriky, severní a východní Evropy a Asie [11,21,22].

Zrno ječmene je čisté, baculaté, lehce loupateľné, středně tvrdé, jednotné velikosti a má žlutobílou barvu. Je vhodné pro potravinářské využití, protože účinnost  $\beta$ -glukanů, tokoferolů a tokotrienolů v potravinářských výrobcích z ječmene snižuje hladinu krevního LDL cholesterolu (LDL, Low Density Lipoprotein, Lipoproteiny s nízkou hustotou) [21].



Obrázek 7 – Ječmen [23]

Obrázek 8 – Ječmenné klasy  
[24]

### 2.3 Žito (*Secale cereale*)

Po pšenici, rýži a kukuřici je žito nejdůležitější obilovina. V potravinářství je nejvíce využíváno žito seté (*Secale cereale*). Podstatná část žitných plodin se používá pro výrobu chleba, a to zejména ve střední, severní a východní Evropě, kde jeho výnosy převyšují více než 3 milióny tun za rok. Žito obsahuje 13 – 17 % vlákniny, což je nejvyšší množství mezi běžně pěstovanými obilovinami. Žito není příliš náročné na kvalitu půdy a hnojení, proto může být pěstováno v oblastech, které obecně nejsou vhodné pro jiné obiloviny [9,25,26,27].



Obrázek 9 – Žito [28]



Obrázek 10 – Žitné klasy [29]

### 2.4 Žitovec (*Triticosecale* Witt.)

Žitovec je hybridní obilnina, která vznikla křížením pšenice obecné (rod *Triticum*) a žita setého (rod *Secale*). Žitovec má velkou výnosnost, je nenáročná rostlina odolává i horším pěstitelským podmínkám než pšenice a vyznačuje se dobrým zdravotním stavem. U nás se nejvíce pěstují ozimé odrůdy, existují ale i jarní formy. Zrno tritikale má nápadně velkou obilku, u některých odrůd se svařtělým povrchem. Potravinářské využití tritikale je především pro výrobu mouky na chléb. Tritikale má u nás zatím nedocenenou vysokou



krmnou hodnotu. Ta je dána vyšším obsahem bílkovin a výhodnou skladbou aminokyselin, obzvláště vyšším obsahem lyzinu [30].



Obrázek 11 – Žitovec [31]



Obrázek 12 – Klasy žitovce [32]

## 2.5 Oves (*Avena sativa*)

Nejznámějším pěstovaným druhem je oves setý *Avena sativa*. Oves má pluchaté, štíhlé a podlouhlé zrno. Při loupání proto vznikají značně velké ztráty. Výjimkou je oves nahý, *Avena nuda*, jehož plucha je přirostlá a proto se při sklizni ztrácí. Touto ztrátou při obroušování zrna by nahý oves měl výhodu, ale je málo odolný vůči mechanickému poškození a tudíž je hůře skladovatelný. Oves je především krmnou obilovinou. V potravinářství se používá k výrobě ovesných vloček. Ojedinele se vyrábí i ovesná mouka a mírně obroušená ovesná rýže, nahnědlé barvy [9,33].



Obrázek 13 – Oves [34]



Obrázek 14 – Ovesné klasy [35]

## 2.6 Proso (*Panicum miliaceum*)

V potravinářství se běžně využívá proso seté (*Panicum miliaceum*), které je pěstováno v Rusku, Číně a USA. Zrna prosa se obroušují a leští, mají žlutou barvu a nazývají se jáhly. Jáhly jsou využívány k přípravě jáhlových kaší, nákypů a k pečení plochých chlebů. Proso má vysokou nutriční hodnotu. Obsahují 10 % bílkovin, 4 % lipidů, minerální látky (železo)

a vitaminy (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, karotenoidy). Pro svou snadnou stravitelnost jsou doporučovány pro dětskou výživu. Proso neobsahuje lepek a je tedy vhodné pro bezlepkovou dietu celiaků [9,33,36].



Obrázek 15 - Proso [37]



Obrázek 16 – Klasy prosa [38]

## 2.7 Rýže (*Oryza sativa*)

Rýže (*Oryza sativa*) je nejrozšířenější obilovina pro přímou konzumaci, je převládající plodinou tropů a subtropů, nejvíce je pěstována v asijských a afrických zemích a částečně i v Americe. Rýže slouží také ke krmení zvířat. Má spoustu tvarů, s nimiž jsou spojeny některé fyzikální vlastnosti zrna. Krátká a kulatá zrna jsou více rozvářivá, lepivá a méně udrží tvar. Po uvaření obsahují více vody než zrna dlouhá a štíhlá. Podle nároků na zavlažování se rozlišuje rýže setá neboli bažinná, která vyžaduje po celou dobu vegetace zavlažování, ale poskytuje vyšší výnosy. A rýže horská, která je nenáročná na pěstování, ale má nižší výnosy. Rýže je velmi dobře stravitelná. Je v ní obsažen hlavně škrob, a to z 60 – 80 %, dále málo bílkovin, skoro žádný tuk, je hypoalergenní. Druhy rýže se slupkou jsou zdrojem nejen škrobů, ale i nerozpustné vlákniny a vitamínů skupiny B a E a některých minerálních látek [9,33,39,40].



Obrázek 17 - Rýže [41]

## 2.8 Kukuřice (*Zea mays*)

Ve světové produkci je kukuřice hodnocena jako třetí hlavní obilnina po pšenici a rýži. Plodina má širší rozsah použití, od potravy či potravinářské suroviny přes průmyslové zpracování pro výrobu škrobu a používá se také jako píce ke krmení zvířat. Kukuřice má velký počet různých kultivarů a má široký rozsah tolerance k různým podmínkám prostředí. Tato plodina je chutná, rychle rostoucí a má poměrně vysokou nutriční hodnotu [42].



Obrázek 18 – Kukuřice [43]



Obrázek 19 – Kukuřičné klasy [44]

## 2.9 Čirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.)

Čirok je tolerantní k suchým i k podmáčeným půdám nebo půdám bohatých na sůl. Je to životně důležitá plodina pro miliony lidí v Africe a Asii. Čirok je chudý na lepek a proto je vhodný pro celiaky. Je také významným zdrojem antioxidantů a snižuje hladinu cholesterolu. Je vhodný pro výrobu sušenek, pečiva a těstovin, dále je primárně používán jako krmivo pro zvířata. Hraje důležitou roli při výrobě etanolu a dalších bio-průmyslových výrobků, jako jsou biomasy. Čirok je bohatým zdrojem různých fytochemikálií, včetně tříslovin, fenolových kyselin, antokyanů a fytoosterolů. Tyto fytochemikálie mají pozitivní vliv na lidské zdraví, mají vysokou antioxidační aktivitu ve srovnání s ostatními obilovinami nebo ovocem. Spotřeba čiroku snižuje riziko některých typů rakoviny, podporuje kardiovaskulární systém [45,46,47,48].



Obrázek 20 – Čirok [49]



Obrázek 21 – Klasy čiroku [50]

## 2.10 Pseudocereálie

### 2.10.1 Amarant (*Amaranthus* ssp.)

Amarant neboli laskavec patří do skupiny pseudocereálií. Má bohaté laty s množstvím šedozelených drobných zrníček dozrávajících postupně, proto je jejich sklizeň velmi náročná. Semena amarantu jsou bohatým zdrojem bílkovin, které se svým aminokyselinovým složením podobají živočišným, a proto je vhodný zejména pro vegetariány. Jeho semena jsou vhodná také pro celiaky, protože neobsahují lepek. Amarant je cenným zdrojem vitaminů (B<sub>2</sub>, E) a minerálních látek (Ca, Mg, K, Fe). V jeho tuku je obsažena nenasycená mastná kyselina linolová, olejová a linolenová. Tuk obsahuje také skvalen, který snižuje hladinu cholesterolu v krvi, dále je to významný antioxidant [9,51].



Obrázek 22 – Amarant [52]



Obrázek 23 – Amarantové klasy [53]

### 2.10.2 Pohanka (*Fagopyrum vulgare*)

Pohanka setá je na rozdíl od většiny obilovin vysoce výživná pseudocereálie. Je jedinou obilovinou, která nepatří do čeledi trav, ale do čeledi rdesnovitých. Pěstovanými druhy

jsou pohanka obecná (*F. esculentum*), pohanka tatarská (*F. tataricum*) a pohanka střelovitá (*F. saggitatum*). Ovšem nejdůležitější z nich je pohanka obecná, která tvoří asi 90 % produkce na světě [33,54].

Zrna jsou trojboké nažky o průměru 4 – 5 mm, tmavohnědé nebo šedé, obsahující glykosid rutin, který má aterosklerotické účinky, má posilující účinek na imunitní systém, zvyšuje pružnost cévních stěn, reguluje krevní srážlivost, reguluje obsah cholesterolu v krvi. Semena pohanky jsou bohatá na škrob (65 – 75 %) a bílkoviny (10 – 12,5 %), obsahují mnoho cenných látek, jako jsou antioxidantní látky, minerály a vláknina. Pohanka je také vhodná pro diabetiky a pacienty trpící celiakií [33, 54, 55].

Nejširší použití pohanky je pro přípravu kaší, zavářek do polévek a jako přílohy k jídlům. Vyrábí se z ní mouka, ale samotná se pro pekařské výrobky běžně nepoužívá. Smíchává se s pšeničnou, žitnou, kukuřičnou nebo rýžovou moukou, ze získaných směsí se připravují speciální druhy chleba, pečiva, sušenek, těstovin [9,33,54].



Obrázek 24 – Pohanka [54]

### 2.10.3 Quinoa (*Quinoa ssp.*)

Quinoa je pseudocereálie andských oblastí, patřící do čeledi merlíkovitých. Hlavním vývozcem semen na světě jsou Bolívie a Peru. Ze semen quinoi se vyrábí mouka hrubá i hladká, která je používána na přípravu chleba, koláčů, dále se ze semen vyrábí fermentované nápoje. Quinoa je používána jako alternativa rýže a potravin pro kojeneckou výživu. Jejich listy, kořeny a stonky se používají jako krmiva pro hospodářská zvířata. Semena obsahují vysoce kvalitní bílkoviny, jejichž obsah je vyšší než u ostatních

obilovin. Jsou zvláště bohatá na obsah sacharidů, minerálních látek (Ca, Fe, Mn, Mg, Cu, K) a esenciálních aminokyselin, zejména lyzinu, tryptofanu a cysteinu. Semena mají vyšší nutriční hodnotu než obiloviny jako jsou kukuřice, oves, pšenice a rýže [56,57,58,59,60,61,62].

Semena svým tvarem připomínají sezamová semínka. Mají kuželovitý, válcovitý nebo elipsoidní tvar s velikostí mezi 1 a 3 mm. Namočením semen se z jejich povrchu odstraňují mýdlové saponiny a hořké terpenoidní látky, zbytková voda je používána třeba jako šampón na vlasy. Je tolerantní vůči mrazu, slaným a suchým půdám [56,57,58,60,61,62].

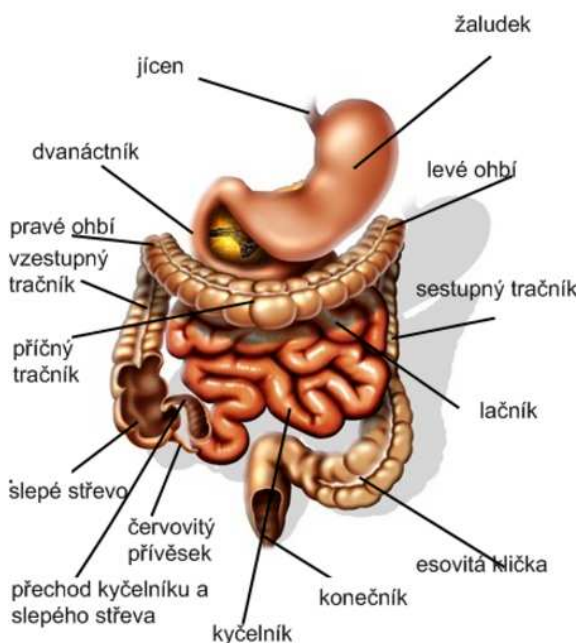


Obrázek 25 – Quinoa [63]

### 3 STRAVITELNOST

#### 3.1 Trávicí trakt

Organismus potřebuje pro své životní pochody přiměřené množství živin – sacharidů, tuků, bílkovin, vitaminů, minerálních látek a vody. Tyto látky se získávají z potravy, která se přijímá a zpracovává v trávicí soustavě (GIT, gastrointestinální trakt). GIT zajišťuje mechanické a chemické zpracování přijatých živin. Tento proces nazýváme trávení. Takto zpracované látky mohou být efektivně vstřebány. Mezi funkce GIT nepatří jen trávení a vstřebávání, ale také ukládání některých látek do zásob (Fe, tuk apod.) nebo zajištění ochrany organismu před škodlivými látkami, či bakteriemi v potravě [64,65].



Obrázek 26 – Trávicí trakt člověka [66]

Trávicí systém se skládá ze dvou typů orgánů, z trávicí trubice a připojených žláz. Trávicí trakt je dlouhá, svinutá trubice, jejíž stěna je tvořena čtyřmi vrstvami. Sliznicí, podslizničním vazivem, svalovinou a pobřišnicí. Žlázy trávicí trubice jsou exokrinního typu, tj. produkují své sekrety do orgánových dutin. Výjimkou je slinivka břišní, která obsahuje i ostrůvky tkáně s vnitřní sekrecí. GIT prochází od dutiny ústní, hrudní, břišní a pánevní dutinou. Každý oddíl má své drobné žlázy, uložené přímo ve stěně trubice. Trávicí trubice se skládá z ústní dutiny (*cavitas oris*), hltanu (*pharynx*), jícnu (*oesophagus*), žaludku (*ventriculus*), tenkého střeva, které se dále dělí na dvanáctník

(*duodenum*), lačník (*jejunum*) a kyčelník (*ileum*). Dále se skládá z tlustého střeva a jeho úseků, tj. 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*) [64,65,67].

K trávicí trubici jsou připojeny i velké samostatné žlázy, tj. příušní žláza, podčelistní a podjazyková slinná žláza, slinivka břišní a játra. Potrava putuje z úst do jícnu, žaludku a poté prochází tenkým střevem, kde se živiny sliznicí tenkého střeva vstřebávají do krve. Nestrávené zbytky potravy putují do tlustého střeva, ve kterém se trávenina (*chymus*) zahušťuje vstřebáváním vody a soli. Trávenina pobývá v tlustém střevě od 8 do 12 hodin. Všechna nestrávená potrava hromadící se v konečníku se nazývá stolice, ta je následně vypuzena defekačním procesem z těla ven [64,65,67].

## 3.2 Trávicí enzymy

### 3.2.1 Pepsin

*Pepsin* je proteolytický enzym obsažený v žaludku všech obratlovců (kromě některých ryb, např. kapr). Má nejvyšší aktivitu při nízkém pH, odpovídajícím podmínkám v žaludku. Sliznice žaludku produkuje nejprve pepsinogen, který přechází na aktivní *pepsin* účinkem kyseliny chlorovodíkové. Nejlépe štěpí peptidové vazby, na nichž se podílejí aromatické a dikarboxylové aminokyseliny. Produktem působení *pepsinu* na bílkoviny je tzv. pepton, směs peptidů obsahujících obvykle 3 – 30 aminokyselinových zbytků [68,69,70].

### 3.2.2 Pankreatin

Pankreatin je směsí enzymů: *lipázy* (*triglycerolhydrolázy*), *proteázy* a  *$\alpha$ -amylázy*. Tato směs enzymů je tvořena slinivkou břišní (*pankreas*). Pro laboratorní účely se *pankreatin* získává z pankreatu savců, především vepřů [71].

## 3.3 Trávení živin

### 3.3.1 Trávení sacharidů

Vyrovnaná strava obsahuje značné množství sacharidů, především polysacharidů. Nejvíce zastoupen je škrob, protože tvoří polovinu hmoty obilných zrn. Trávení škrobu začíná v ústech pomocí *ptyalinu*, což je  *$\alpha$ -amyláza*. Doba působení  *$\alpha$ -amylázy* je velmi krátká a tudíž trávení tímto enzymem není příliš významné. Molekuly amylózy a amylopektinu



jsou štěpeny nejprve za vzniku dextrinů a nakonec maltózy. Štěpení škrobu dokončují *disacharidázy maltáza* a *izomaltáza*, které jsou obsaženy ve střevní šťávě a na povrchu sliznice mikrokřků. *Maltáza* štěpí vazby  $\alpha$ -1-4 v maltóze a maltotrióze. *Izomaltáza* štěpí vazby  $\alpha$ -1-6 v dextrinu. Výsledným produktem je glukóza, která je rychle vstřebávána pomocí aktivního transportu z tráveniny do krve, proti koncentračnímu spádu a za spotřeby energie (ATP, Adenozintrifosfát) [70,72].

Monosacharidy se vstřebávají již v první části tenkého střeva. Glukóza a galaktóza se vstřebávají velmi rychle za pomoci aktivního transportu. Fruktóza pomalejší difuzí. Sacharóza je štěpena enzymem *invertázou* a laktóza enzymem *laktázou*. Oba enzymy jsou ve střevní šťávě a na povrchu slizničních buněk. Savci produkují enzymy schopné štěpit škrob, nikoli však další polysacharidy. V předních oddílech trávicího traktu se proto pouze částečně štěpí polymery fruktózy, fruktózany (např. inulin). Tyto polysacharidy se částečně štěpí účinkem žaludeční kyselosti. Další polysacharidy jako celulóza, hemicelulóza a pektin tvoří tzv. vlákninu. Vlákna se může částečně fermentovat až v tlustém střevě účinkem bakterií [70,72].

### 3.3.2 Trávení lipidů

Většinu lipidů tvoří triglyceridy vyšších mastných kyselin. V rostlinných olejích převládají nenasycené vyšší mastné kyseliny, včetně těch esenciálních. V ovoci a zelenině bývá lipidů spíše málo. Výjimku tvoří olivy. Nejvíce lipidů obsažených v potravě představují tuky a oleje živočišného původu nebo získané ze semen rostlin. Tuky a oleje jsou koncentrovaným zdrojem energie a nosičem lipofilních vitaminů a umožňují jejich vstřebávání [72].

Trávení lipidů začíná v žaludku činností žaludeční *lipázy*. V sekretu žlázek na povrchu jazyka a v žaludeční stěně je *lipáza* s nízkou aktivitou. Hydrolyzuje triglyceridy obsahující mastné kyseliny s krátkým řetězcem. Uvolněné hydrofilní mastné kyseliny se vstřebávají již v žaludku a přecházejí do vrátnicové žíly. Hlavním místem trávení lipidů je tenké střevo, kde působí *pankreatická lipáza*. Produktem hydrolýzy je směs vyšších mastných kyselin a monoglyceridů. Tuky i produkty štěpení jsou ještě v tenkém střevu emulgovány žlučovými kyselinami. Emulgace napomáhá k tomu, aby produkty štěpení (volné vyšší mastné kyseliny a monoglyceridy) pronikly do buněk střevní sliznice. Volné vyšší mastné kyseliny a monoglyceridy se prostou difuzí dostávají do slizničních buněk. S mastnými kyselinami obsahujícími méně než 12 atomů uhlíku se nic v buňkách neděje a přecházejí

přímo do krve. Mastné kyseliny s delším uhlíkatým řetězcem jsou využity k esterifikaci monoglyceridů na triglyceridy. Triglyceridy jsou dále obaleny vrstvičkou proteinů a fosfolipidů a jako takové tvoří chylomikrony, které pokračují do lymfatických cév [70,72].

### 3.3.3 Trávení bílkovin

Trávení bílkovin začíná v žaludku. Kyselost žaludečních šťáv denaturuje bílkoviny a tím se stávají přístupnější účinkům proteolytických enzymů. V žaludeční šťávě je enzym *pepsin*, vylučován v neaktivní formě jako pepsinogen. Teprve účinkem kyseliny chlorovodíkové se v žaludku mění pepsinogen na aktivní *pepsin*. Působením *pepsinu* vzniká z denaturované bílkoviny směs polypeptidů. Hlavním místem trávení bílkovin je tenké střevo. Zdrojem enzymů jsou žaludeční a pankreatická šťáva. Pankreatická šťáva obsahuje enzym *trypsin*, *chymotrypsin*, *elastázu* a *karboxypeptidázu*. *Trypsin* a *chymotrypsin* štěpí bílkoviny na peptidy. *Chymotrypsin* lépe koaguluje mléko, není aktivován *enterokinázou*, nýbrž samotným *trypsinem* a přednostně štěpí vazby nepolárních aminokyselin. *Trypsin* štěpí naopak vazby tvořené zásaditými aminokyselinami, zejména vazby tvořené lyzinem, histidinem a argininem. *Elastáza* štěpí peptidové vazby aminokyselin s nejmenší molekulovou hmotností (glycin, alanin a serin). Následuje štěpení peptidů pomocí enzymů zvaných *peptidázy*. V pankreatické šťávě se nachází enzym *karboxypeptidáza*, která štěpí peptidy od jejich karboxylového konce. Na druhé straně, střevní šťáva s obsaženým enzymem *aminopeptidázou* štěpí aminokyseliny od jejich aminového konce. Dále obsahuje střevní šťáva *dipeptidázy*, které rozklad bílkovin dokončí. Štěpení di- a tripeptidů probíhá současně na mikrokličích i v slizničních buňkách [72].

## 3.4 Vlákna

Vlákninu tvoří nestravitelné sacharidy rostlinného původu, tzv. balastní polysacharidy, které odolávají zředěným kyselinám. Vlákna obsahuje směs rostlinných polymerů na bázi sacharidů, a to jak oligosacharidů, tak polysacharidů jako je například celulóza, hemicelulóza, pektinové látky, gumy a inulin, který může být spojen s ligninem a jinými nesacharidovými složkami (např. s polyfenoly, vosky, saponiny, fytáty). Vlákna můžeme rozdělit na **rozpustnou** (pektiny) a **nerozpustnou** (celulóza a hemicelulóza). Mezi nejčastější zdroje rozpustné vlákniny patří ovoce, zelenina a luštěniny. Otruby

z pšenice, ječmene a ovsa, dále kukuřice, rýže a ostatní cereálie jsou zase bohaté na nerozpustnou vlákninu [73,74,75,76].

Příjem vlákniny je spojen s řadou zdravotních výhod. Hraje důležitou roli při snižování rizika řady onemocnění, jako je zácpa, cukrovka, kardiovaskulární choroby, obezita a rakovina tlustého střeva. Prochází zažívacím traktem, aniž by byla rozložena a absorbována. Samotná vláknina absorbuje vodu, zmnožuje střevní obsah, dodává rychle pocit sytosti a urychluje střevní peristaltiku. Některé typy vlákniny jako např. pektin a chitin, snižují hladinu cholesterolu v plazmě tím, že na sebe vážou štěpné produkty cholesterolu, tj. žlučové kyseliny. Takto vázané žlučové kyseliny se nemohou vstřebávat zpět do jater a sloužit znovu jako zdroj pro syntézu cholesterolu [73,77,78,79,81].

Současná výživová doporučení uvádí průměrný denní příjem vlákniny v množství 25 g u žen mladších 50 let, 21 g pro ženy starší 50 let, 38 g u mužů mladších 50 let a 30 g pro muže starší 50 let. Z toho 20 – 30 % by měla tvořit rozpustná vláknina [74].

## 4 STANOVENÍ STRAVITELNOSTI

### 4.1 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 zkušebního vzorku při 550 °C po dobu 5,5 hodiny až do dokonalého spálení organických látek, získaný zbytek se zvážil [82].

Mezi nespalitelné minerální látky, především z obalových částí zrn, patří draselné, sodné, vápenaté a hořečnaté soli fosforečnanů, hydrogenfosforečnanů, dihydrogenfosforečnanů, síranů, chloridů, uhličitanů, křemičitanů apod. [83].



Obrázek 27 – Muflová pec [84]

### 4.2 Stanovení sušiny

Odvážené množství rozemletého vzorku se sušilo v elektrické sušárně předehřáté na teplotu 105 °C po dobu 3 hodin, do dosažení konstantní hmotnosti [82].



Obrázek 28 – Sušárna Venticell 111 comfort [85]

### 4.3 Stanovení stravitelnosti s použitím inkubátoru Daisy

Stravitelnost vybraných vzorků cereálií byla stanovena metodou *in vitro* s použitím inkubátoru Daisy (ANKOM Technology, New York). 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. Byla provedena kombinovaná hydrolýza, nejdříve *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 [86].



Obrázek 29 – inkubátor Daisy [87]



Obrázek 30 – Filtrační sáčky ANKOM F 57 [88]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Použité pomůcky a chemikálie

#### 5.1.1 Použité chemikálie

Stanovení stravitelnosti

- aceton
- HCl – 35%
- *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
- $\text{KH}_2\text{PO}_4$
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$

#### 5.1.2 Použité laboratorní přístroje a pomůcky

Stanovení stravitelnosti

- Daisy<sup>II</sup> Incubator - ANKOM Technology, New York
- Filtrační sáčky F 57, velikost pórů 50  $\mu\text{m}$ , ANKOM Technology, New York
- laboratorní sušárna Venticell
- analytické váhy
- zažehlovačka 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
- kuchyňský mixér
- 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
- kuchyňský mixér
- plastová lžička

#### Stanovení sušiny

- hliníkové misky
- analytické váhy
- exsikátor
- plastová lžička, skleněná tyčinka
- laboratorní sušárna Venticell
- kuchyňský mixér

## 5.2 Použité vzorky obilnin

Pro stanovení bylo použito deset druhů cereálií, které byly před vlastní analýzou rozemlety pomocí kuchyňského mixéru. Pro analýzu byly použity vzorky pšenice bio červená (PČ), kamut (K), oves bezpluchý (OB), žito ozimé bio (ŽO), směsi mouky pšenice:žito (PŽ) v poměrech 10:90, 90:10, 50:50 - jedná se o žitnou mouku chlebovou, datum výroby 13.12.2011 a pšeničnou mouku T 530, datum výroby 8.1.2011, Výrobce Penam a.s., Brno, mlýn Kroměříž. Dále grünkern (G), špaldové kernoto (ŠK), špalda loupaná (ŠL). Vzorky obilovin byly zakoupeny přímo u firmy ProBio, zabaleny a zaslány na univerzitu 25.10.2010. Byla zakoupena jednotlivá maloobchodní balení s gramáží 350 g až 1 kg. Oves a žito byly zakoupeny v prodejně se zdravou výživou ve Zlíně, výrobky pocházejí od firmy Country life. Všechny vzorky byly skladovány v temnu v klimatizované laboratoři, kde byla teplota nastavena na laboratorní teplotu (23 °C). Jejich charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Seznam a charakteristiky použitých obilovin

| Vzorek   | Výrobce               | Země původu          |
|----------|-----------------------|----------------------|
| ČP       | Eko farma p. Hlaváče  | ČR                   |
| OB       | Country life          | ČR                   |
| ŽO       | Country life          | ČR                   |
| G        | Pro Bio řada Harmonie | Rakousko             |
| ŠL       | Pro Bio řada Harmonie | Slovensko            |
| ŠK       | Pro Bio řada Harmonie | ČR                   |
| K        | Pro Bio řada Harmonie | Slovensko            |
| PŽ 10:90 | Penam, a.s.           | Brno – mlýn Kroměříž |
| PŽ 90:10 | Penam, a.s.           | Brno – mlýn Kroměříž |
| PŽ 50:50 | Penam, a.s.           | Brno – mlýn Kroměříž |

Tabulka 5: Energetické a nutriční hodnoty použitých obilovin udávané výrobcem ve 100g výrobku

| Vzorek | Energetická<br>hodnota (kJ, kcal) | Bílkoviny<br>(g.100g <sup>-1</sup> ) | Sacharidy<br>(g.100g <sup>-1</sup> ) | Lipidy<br>(g.100g <sup>-1</sup> ) |
|--------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| ČP     | 1358/331                          | 10,4                                 | 74,2                                 | 1,6                               |
| OB     | 1628/389                          | 16,9                                 | 66,3                                 | 6,9                               |
| ŽO     | 1358/330                          | 10,5                                 | 70,2                                 | 2,0                               |
| G      | 1382/329                          | 12,3                                 | 82,5                                 | 3,0                               |
| ŠL     | 1480/352                          | 18,0                                 | 88,0                                 | 2,5                               |
| ŠK     | 1480/352                          | 16,0                                 | 68,0                                 | 2,5                               |
| K      | 1507/359                          | 19,8                                 | 88,0                                 | 2,8                               |

### 5.3 Stanovení popela

Prázdné porcelánové kelímky byly dány na vyžhání do muflové pece při teplotě 550 °C na dobu 1 hodiny. Po ochlazení v exsikátoru byly 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 pomocí laboratorních kleští do pece. Pec byla uzavřena a vzorek se nechal spalovat při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodin. 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 ze tří 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).

## 5.4 Stanovení sušiny

Hliníkové misky s víčkem byly dány na vysušení do sušárny, která byla vyhřátá na teplotu 105 °C po dobu jedné hodiny. Po ochlazení byly zváženy na analytických vahách a byl do nich navážen 1 g vzorku pokrmu s přesností na 0,0001 g. Vzorek se rozprostřel pomocí skleněné tyčinky do stejnoměrné vrstvy. Navážení každého vzorku se opakovalo celkem třikrát. Poté byly hliníkové misky s naváženými vzorky umístěny do sušárny předehřáté na teplotu 105 °C. Vzorek se sušil do konstantní hmotnosti při teplotě 105 °C. Doba sušení se počítá od dosažení 105 °C. Po uplynutí doby sušení byly hliníkové misky umístěny do exsikátoru. Následně byly misky zváženy na analytických vahách. Výsledkem byl průměr ze tří 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):

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

## 5.5 Stanovení stravitelnosti

### 5.5.1 Kombinovaná hydrolýza *pepsinem* a *pankreatinem*

Do suchých filtračních sáčků (F 57, velikost pórů 50  $\mu\text{m}$ , ANKOM Technology, New York) vypraných v acetonu (hmotnost  $m_1$ ) bylo naváženo 0,25 g zhomogenizovaného vzorku obiloviny s přesností na 0,0001g (hmotnost  $m_2$ ). Sáčky se vzorky byly zataveny a spolu s prázdným 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  $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) 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  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (9,078  $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) a  $\text{Na}_2\text{HPO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$  (23,889  $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) 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 zváženy (hmotnost  $m_3$ ). Následně, byly spáleny v muflové peci při 550 °C po dobu 5,5 hodin a po zchlazení v exsikátoru zváženy (hmotnost  $m_4$ ).

Hodnoty stravitelnosti, vyjádřené jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD), byly pro všechny typy hydrolýzy vypočteny podle rovnic (5) až (10):

$$DMD = 100 - \frac{100 * DMR}{m_2 * DM} \quad (5)$$

$$DMR = m_3 - m_1 c_1 \quad (6)$$

$$DM = \frac{Su * m_s}{100} \quad (7)$$

$$OMD = 100 - \frac{100 * (DMR - AR)}{m_2 * DM * OM} \quad (8)$$

$$AR = m_4 - m_1 c_2 \quad (9)$$

$$OM = \frac{Su - Po}{100}, \quad (10)$$

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 11 a 12:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (11)$$

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

kde  $m_s$  = hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci [g]

$m_p$  = je hmotnost popela sáčku [g].

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1 Výsledky stanovení popela

Stanovení popela bylo provedeno podle metodiky popsané v kapitole 5.3. Před samotným stanovením byly vzorky pomlety a homogenizovány kuchyňským mixérem na částičky nepřesahující velikost 1 mm. Výsledky stanovení jsou znázorněny v tabulce 6.

Tabulka 6: Obsah popela v sušině u jednotlivých vzorků obilovin ( $\pm SD$ )

| Vzorek   | Obsah popela (%) | Obsah popela v sušině (%) |
|----------|------------------|---------------------------|
| ČP       | 1,12 $\pm$ 0,006 | 1,69 $\pm$ 0,169          |
| OB       | 1,10 $\pm$ 0,002 | 1,77 $\pm$ 0,267          |
| ŽO       | 1,11 $\pm$ 0,018 | 1,81 $\pm$ 0,023          |
| G        | 1,07 $\pm$ 0,002 | 2,06 $\pm$ 0,031          |
| ŠL       | 1,09 $\pm$ 0,003 | 1,97 $\pm$ 0,088          |
| ŠK       | 1,09 $\pm$ 0,002 | 1,70 $\pm$ 0,024          |
| K        | 1,09 $\pm$ 0,001 | 1,58 $\pm$ 0,027          |
| PŽ 10:90 | 1,05 $\pm$ 0,001 | 1,04 $\pm$ 0,075          |
| PŽ 90:10 | 1,05 $\pm$ 0,003 | 1,02 $\pm$ 0,009          |
| PŽ 50:50 | 1,05 $\pm$ 0,001 | 1,02 $\pm$ 0,041          |

SD – směrodatná odchylka

Obiloviny obsahují popeloviny (minerální látky) jejichž obsah je podle zdroje [89] v rozmezí 0,45 až 1,90 %. Vyšší je u tmavších, tzv. vysoko vymletých mouk, které mají větší podíl otrub [89,90].

Obsah popela ve vzorcích obilovin byl v rozmezí 1,05 až 1,12 % a obsah popela v sušině 1,02 až 2,06 %. Celkové výsledky spíše odpovídají té vyšší hranici, kterou činí obsah popela v celozrnných moukách. Ačkoliv vysoký obsah popelovin může být dán netradičními odrůdami obilovin, u stanovení mohlo dojít i k nehomogennímu rozemletí vzorku s následným nedokonalým spálením v peci.

Nejnižší hodnoty vykazovaly směsi pšeničné a žitné mouky, kde hlavní podíl tvoří endosperm, ostatní vzorky byly rozemlety i s obalovými vrstvami, a proto byl u nich obsah popele vyšší, nejvyšší pak u červené pšenice. Z netradičních cereálií vykazoval grünkern mezní hodnoty. Měl z nich nejnižší obsah popela a naopak v sušině nejvyšší. To je dáno speciální přípravou uzením.

## 6.2 Výsledky stanovení sušiny

Stanovení sušiny bylo provedeno podle metodiky popsané v kapitole 5.4. Pro každý vzorek bylo provedeno stanovení třikrát. Vypočítané hodnoty byly zprůměrovány a zaznamenány do tabulky 7.

Tabulka 7: Obsah sušiny v jednotlivých vzorcích obilovin ( $\pm SD$ )

| Vzorek   | Obsah sušiny (%)  | Obsah vlhkosti (%) |
|----------|-------------------|--------------------|
| ČP       | 87,65 $\pm$ 0,003 | 12,35              |
| OB       | 89,97 $\pm$ 0,003 | 10,03              |
| ŽO       | 89,81 $\pm$ 0,003 | 10,19              |
| G        | 91,40 $\pm$ 0,002 | 8,6                |
| ŠL       | 89,57 $\pm$ 0,002 | 10,43              |
| ŠK       | 90,04 $\pm$ 0,001 | 9,96               |
| K        | 90,63 $\pm$ 0,001 | 9,37               |
| PŽ 10:90 | 93,95 $\pm$ 0,001 | 6,05               |
| PŽ 90:10 | 93,98 $\pm$ 0,003 | 6,02               |
| PŽ 50:50 | 93,99 $\pm$ 0,001 | 6,01               |

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. [91] nesmí přesáhnout 15 %. Obsah vody u všech vzorků nepřesáhl hodnotu 12,5 %, můžeme tedy mluvit o zrnech suchých. Obsah sušiny ve vzorcích obilovin se pohyboval v rozmezí 87,65 až 93,99 %. Nejvyšší obsah sušiny měly směsi pšeničné a žitné mouky, téměř 94 %. Nejvyšší vlhkost měla pšenice červená, ta se po sklizni pouze čistí a nijak dál neupravuje. Nejnižší vlhkost a nejvyšší obsah sušiny z netradičních cereálií vykazoval grünkern, po sklizni je sušen v kouři z bukového dřeva, což je právě jeden z předpokladů pro jeho hodnoty sušiny a vlhkosti.

## 6.3 Výsledky stanovení stravitelnosti metodou *in vitro*

Podle kapitoly 5.5 byla provedena metodika stanovení stravitelnosti kombinovanou metodou pomocí enzymů *pepsinu* a *pankreatinu*. Při tomto stanovení činila navážka obou enzymů 3 g, což v přepočtu na hydrolýzu jednoho vzorku je asi 0,096 g enzymu.

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



Tabulka 8: Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti obilovin při kombinované hydrolýze pepsinem a pankreatinem ( $\pm$  SD)

| Vzorek   | DMD (%)         | OMD (%)         |
|----------|-----------------|-----------------|
| ČP       | 91,9 $\pm$ 0,48 | 93,5 $\pm$ 0,41 |
| OB       | 94,0 $\pm$ 0,25 | 95,2 $\pm$ 21   |
| ŽO       | 81,2 $\pm$ 0,44 | 83,5 $\pm$ 2,31 |
| G        | 92,1 $\pm$ 0,46 | 93,3 $\pm$ 0,43 |
| ŠL       | 92,7 $\pm$ 0,15 | 93,9 $\pm$ 0,18 |
| ŠK       | 94,3 $\pm$ 0,46 | 95,4 $\pm$ 0,42 |
| K        | 91,9 $\pm$ 0,93 | 93,0 $\pm$ 0,92 |
| PŽ 10:90 | 95,7 $\pm$ 0,07 | 96,2 $\pm$ 0,15 |
| PŽ 90:10 | 99,8 $\pm$ 0,17 | 99,6 $\pm$ 0,18 |
| PŽ 50:50 | 97,7 $\pm$ 0,58 | 97,8 $\pm$ 0,57 |

SD – směrodatná odchylka

V tabulce 8 jsou uvedeny naměřené hodnoty DMD a OMD vzorků obilovin při kombinované hydrolýze *pepsinem* a *pankreatinem*. U všech analyzovaných vzorků byly DMD hodnoty stravitelnosti nižší než OMD. Největší rozdíl DMD a OMD byl zaznamenán u vzorku žita ozimého, rozdíl činil 2,44 %. U vzorku směsi pšenično-žitné mouky v poměru 50:50 byl zaznamenán nejmenší rozdíl, činil 0,09 %. Nejnižší hodnoty stravitelnosti měly vzorky s vyšším podílem obalových částic: žito ozimé, kamut a červená pšenice.

Nejvyšší stravitelnost sušiny měl vzorek směsi pšenično-žitné mouky v poměru 90:10 s hodnotou 99,80 %. To je dáno jistě tím, že mouka je zbavena velkého podílu nestravitelné vlákniny a vyznačuje se vysokým obsahem snadno stravitelného škrobu. Nejnižší hodnotu stravitelnosti sušiny vykazoval vzorek žita ozimého, hodnota činila 81,15

%. Žito je obecně spolu s ovsem bohaté na obsah vlákniny a nestravitelné podíly. Nejvyšší stravitelnost organické hmoty vykazovala opět směs pšenično-žitné mouky v poměru 90:10. Nejnižší hodnotu mělo žito ozimé, činila 83,5 %. Nízká hodnota stravitelnosti byla jistě způsobena vyšším podílem nestravitelných obalových částí.

## ZÁVĚR

Cereálie představují jednu z nejdůležitějších základních potravin, tzv. funkčních potravin, které se vyznačují vysokým zdrojem sacharidů, bílkovin, vitaminů, minerálních látek a dodávají nám i důležitou vlákninu. Do popředí se dostávají některé netradiční druhy cereálií, jako je například kernoto a grünkern, což jsou upravená semena pšenice špaldy, v prvním případě odstraněním obalových vrstev zrn a ve druhém, jejich pražením. Dále je zde netradiční a prastarý kamut, který pěstovali už staří Egypťané.

Cílem této práce bylo stanovit obsah sušiny, popela a stravitelnost vybraných druhů obilovin. Mezi zkoumané vzorky byly vybrány pšenice červená, oves bezpluchý, žito ozimé, grünkern, špalda loupaná, špaldové kernoto, kamut a směs pšenično-žitné mouky v poměru pšenice k žitu (10:90, 50:50 a 90:10).

Obsah sušiny byl stanoven sušením vybraných vzorků v elektrické sušárně. Popel obilovin se stanovoval v muflové peci a stravitelnost byla stanovena metodou *in vitro* pomocí inkubátoru Daisy po enzymatické hydrolýze *pepsinem* a *pankreatinem*.

Obsah sušiny ve vzorcích obilovin se pohyboval v rozmezí 87,65 až 93,99 %. Obsah vody ve vzorcích obilovin nepřesáhl hodnotu 12,5 %, což odpovídá vyhlášce [91]. Největší obsah sušiny měly směsi pšeničné a žitné mouky, téměř 94 %. Nejmenší obsah sušiny měl vzorek pšenice červené 87,65 %. Obsah popela obilovin byl v rozmezí 1,05 % (směsi pšeničné a žitné mouky) až 1,12 % (červená pšenice). Ze získaných výsledků testu stravitelnosti vyplývá, že hodnoty stravitelnosti organické hmoty byly ve všech případech vyšší než hodnoty stravitelnosti sušiny. Nejvyšší hodnota stravitelnosti byla zjištěna u všech tří směsí mouk a u špaldového kernota, naopak nejnižší byla zjištěna u žita ozimého, kamutu a grünkernu. Na rozdíl od směsí mouk, které jsou tvořeny endospermem, vykazovaly rozemleté vzorky v laboratoři nízké hodnoty stravitelnosti, které byly jistě způsobeny vyšším podílem obalových vrstev.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I.: *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, 1. vyd., Zlín: UTB Zlín, 2006, 178 s. ISBN 80-7318-372-2.
- [2] BENDA, V., BABŮREK, I., ŽĎÁRSKÝ, J.: *Biologie II Nauka o potravinářských surovinách*, Praha: VŠCHT Praha, 2000, 195 s. [online]. [2011-01-07]. Dostupné z WWW: <<http://biomikro.vscht.cz/trp/documents/baburek/BII.pdf>>
- [3] TOPPING, D. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health, *Journal of Cereal Science*, 2007, Vol. 46, 220-229.
- [4] DEMIRBAS, A.  $\beta$ -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey, *Food Chemistry*, 2005, Vol. 90, 773-777.
- [5] KADLEC, P.: *Procesy potravinářských a biochemických výrob*, 1. vyd., Praha: VŠCHT Praha, 2003, 308 s. ISBN 80-7080-527-7.
- [6] ČEPIČKA, J.: *Obecná potravinářská technologie*, 1. vyd., Praha: VŠCHT Praha, 1995, 246 s. ISBN 80-7080-239-1.
- [7] SHEWRY, P. R. Improving the protein content and composition of cereal grain, *Journal of Cereal Science*, 2007, Vol. 46, 239-250.
- [8] KUČEROVÁ, J.: *Technologie cereálií*, 1. vyd., Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, 141 s. ISBN 80-7157-811-8.
- [9] PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M., SKŘIVAN, P.: *Cereální chemie a technologie I*, 1. vyd., Praha: VŠCHT Praha, 2003, 202 s. ISBN 80-7080-530-7.
- [10] SAHRAWAT, A. K., BACKER, D., LÜTTICKE, S., LÖRZ, H. Genetic improvement of wheat via alien gene transfer, an assessment, *Plant Science*, 2003, Vol. 168, 1147-1168.
- [11] JONES, H. D. Wheat transformation current technology and applications to grain development and composition, *Journal of Cereal Science*, 2005, Vol. 41, 137-147.
- [12] *Pšenice červená BIO*, [online]. [cit. 2011-04-02]. 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>>
- [13] *Pšenice červená BIO*, [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné z WWW: <[http://www.danfood.cz/obchod/product.php?id\\_product=712](http://www.danfood.cz/obchod/product.php?id_product=712)>

- [14] *Kamut*, [online]. [cit. 2011-04-03]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92219>>
- [15] *Kamut grain*, [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kamut\\_grain.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kamut_grain.jpg)>
- [16] *Grünkern BIO*, [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.vitamina.cz/Grunkern-BIO-300g-PRO-BIO,2331.html>>
- [17] *Pšenice špalda*, [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.probio.cz/ARCHIV/vyrobky/psenice-spalda.htm>>
- [18] *Grünkern* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://de.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BCnkern>>
- [19] *Ozimá pšenice* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<[http://www.strube.cz/ozima\\_psenice/?n=5-72](http://www.strube.cz/ozima_psenice/?n=5-72)>
- [20] *Rusko kvůli suchu dočasně zastavilo vývoz pšenice* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.svet-potravin.cz/clanek.aspx?id=2059&idreturn=0>>
- [21] BAIK, B. K., ULLRICH, S. K. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest, *Journal of Cereal Science*, 2008, Vol. 48, 233-242.
- [22] DEGHAN-BANADAKY, M., CORBETT, R., OBA, M. Effect of barley grain processing on productivity of cattle, *Animal Feed Science and Technology*, 2007, Vol. 137, 1-24.
- [23] *Ječmen setý* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.biolib.cz/cz/image/id98526/?orderby=2&uid=3858>>
- [24] *Ječmen ozimý* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.selgen.cz/katalog/agrotechnika-5/jecmen-ozimy-70/>>
- [25] ANGELIS, M. D., CODA, R., SILANO, M., MINERVINI, F., RIZZELLO, C. G., CAGNO, R. D., VICENTINI, O., VINCENZI, M. D., GOBBETTI, M. Fermentation by selected sourdough lactic acid bacteria to decrease coeliac intolerance to rye flour, *Journal of Cereal Science*, 2006, Vol. 43, 301-314.
- [26] RAKHA, A., AMAN, P., ANDERSSON, R. Characterisation of dietary fibre components in rye products, *Food Chemistry*, 2010, Vol. 119, 859-867.

- [27] VERWIMP, T., VANDEPUTTE, G. E., MARRANT, K., DELCOUR, J. A. Isolation and characterisation of rye starch, *Journal of Cereal Science*, 2004, Vol. 39, 85-90.
- [28] *Trstnaté žito* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.vurv.cz/altercrop/zito.htm>>
- [29] *Žito* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<[http://www.stockphotos.cz/image.php?img\\_id=18175065&img\\_type=1](http://www.stockphotos.cz/image.php?img_id=18175065&img_type=1)>
- [30] *Tritikale* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92031>>
- [31] *Tritikale* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<[http://web2.mendelu.cz/af\\_222\\_multitext/krmiva/page.php?lang=cze&id=16](http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/krmiva/page.php?lang=cze&id=16)>
- [32] *Tritikale* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.strube.cz/trikale/?n=5-74>>
- [33] PEŠEK, M. *Potravinářské zbožíznalství*, 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2000, 175 s. ISBN 80-7040-399-3.
- [34] *Nahý oves* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.vurv.cz/altercrop/oves.htm>>
- [35] *Current halachic thinkers on oats* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://thesensitivebaker.com/gluten-free-bakery/index.php/techie-details-on-oats/>>
- [36] *Proso* [online]. [cit. 2011-04-03]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92236>>
- [37] *Proso seté* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://vfu-www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/proso.htm>>
- [38] *Proso* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://jajuszka.rajce.idnes.cz/biologie/>>
- [39] TIMSINA, J., CONNOR, D. J. Productivity and management of rice–wheat cropping systems: issues and challenges, *Field Crops Research*, 2001, Vol. 69, 93-132.

- [40] *Rýže a její druhy* [online]. [cit. 2011-04-03]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92335>>
- [41] *How to Make Perfect Korean Steamed Rice* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://mykoreankitchen.com/2007/05/21/how-to-make-perfect-korean-steamed-rice-step1-what-is-good-rice/>>
- [42] HASSAN, M. M. Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays L.*), *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 2011, Vol. 10, 17-23.
- [43] *Popcorn - kukuřice na pražení* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.poex.cz/eshop/73-popcorn---kukurice-na-prazeni.html>>
- [44] *Kukurica* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.pramen.info/c/1919/kukurica.htm>>
- [45] MOORE, J. W., DITMORE, M., TEBEEST, D. O. The effects of cropping history on grain sorghum yields and anthracnose severity in Arkansas, *Crop Protection*, 2009, Vol. 28, 737-743.
- [46] TAYLOR, J. R. N., SCHOBBER, T. J., BEAN, S. R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets, *Journal of cereal Science*, 2006, Vol. 44, 252-271.
- [47] MULLET, J. E., KLEIN, R.R., KLEIN, P. E. Sorghum bicolor – an important species for comparative grass genomics and source of beneficial genes for agriculture, *Current Opinion in Plant Biology*, 2001, Vol. 5, 118-121.
- [48] AWIKA, J. M., ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health, *Phytochemistry*, 2004, Vol. 65, 1199-1221.
- [49] *Čirok* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.papousekshop.eu/cirok.html> >
- [50] *Čirok* [online]. [cit. 2011-04-03]. Dostupné z WWW:  
<<http://biom.cz/cz/obrazek/cirok>>
- [51] *Amarant* [online]. [cit. 2011-04-03]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76533>>

- [52] *Organic Amaranth Grain* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.purcellmountainfarms.com/organic%20amaranth%20grain.htm>>
- [53] *Amarant* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.starch.dk/isi/starch/amaranth.asp>>
- [54] *Pohanka* [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92029>>
- [55] CHOI, S. M., MINE, Y., MA, CH. Y. Characterization of heat-induced aggregates of globulin from common buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*), *International Journal of Biological Macromolecules*, 2006, Vol. 39, 201-209.
- [56] MEDINA, W., OKURTYYS, O., AGUILERA, J. M. Study on image analysis application for identification Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd*) geographical provenance, *LWT – Food Science and Technology*, 2010, Vol. 43, 238-246.
- [57] LETELIER, M. E., ROJAS, C. R., JOFRÉ, S. S., PARKS, P. A. Surfactant and antioxidant properties of an extract from *Chenopodium quinoa Willd* seed coats, *Journal of Cereal Science*, 2011, Vol. xxx, 1-5.
- [58] BRADY, K., HO, CH. T., ROSEN, R. T., SANG, S., KERWE, M. V. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa, *Food Chemistry*, 2007, Vol. 100, 1209-1216.
- [59] JACOBSEN, S. E. Developmental stability of quinoa under European conditions, *Industrial Crops and Products*, 1988, Vol. 7, 169-174.
- [60] KULJANABHAGAVAD, T., THONGPHASUK, P., CHAMULITRAT, W., WINK, M. Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa Willd.*, *Phytochemistry*, 2008, Vol. 69, 1919-1926.
- [61] WARD, M. W. Response to selection for reduced grain saponins content in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *Field Crops Research*, 2000, Vol. 68, 157-163.
- [62] BHARGAVA, A., SHUKLA, S., OHRI, D. *Chenopodium quinoa* – An Indian perspective, *Industrial Crops and Products*, 2006, Vol. 23, 73-87.
- [63] *Recipes for Health: Quinoa* [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné z WWW:  
<[http://topics.nytimes.com/top/news/health/series/recipes\\_for\\_health/quinoa/index.html](http://topics.nytimes.com/top/news/health/series/recipes_for_health/quinoa/index.html)>



- [64] NOVOTNÝ, I., HRUŠKA, M.: *Biologie člověka pro Gymnázia*, 2. vyd., Praha, Fortuna, 1999, 136 s. ISBN 80-7168-462-7.
- [65] MOUREK, J.: *Fyziologie – Učebnice pro student zdravotnických oborů*, 1. vyd., Praha, Grada Publishing, 2005, 204 s. ISBN 80-247-1190-7.
- [66] *Anatomie trávicího traktu* [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.strevni-zanety.cz/anatomie-traviciho-traktu>>
- [67] DYLEVSKÝ, I.: *Somatologie – Učebnice pro zdravotnické školy a bakalářské stadium*, 2. vyd., Olomouc, EPAVA, 2000, 480 s. ISBN 80-86297-05-5.
- [68] *Pepsin* [online]. [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW:  
<[http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-002/ebook.html?p=pepsin](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/ebook.html?p=pepsin)>
- [69] BLAŽEJ, A., DEYL, Z., ADAM, M., GALATÍK, A., MICHLÍK, I., SMEJKAL, P.: *Štruktúra a vlastnosti vláknitých bielkovín*, 1. vyd., Bratislava, VEDA, 1978, 545 s. ISBN 71-156-78.
- [70] HOZA, I., BUDINSKÝ, P., KRAMÁŘOVÁ, D.: *Potravinářská biochemie III.*, 1 vyd., Zlín: UTB Zlín, 2006, 123 s. ISBN 80-7318-396-X
- [71] SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS, A., WOLF-RÜDIGER, G., ROTHENBURGER, A.: *Atlas fyziologie člověka*, 6. vyd., Praha, Grada, 2004, 435 s. ISBN 80-247-0630-X
- [72] MAROUNEK, M., BŘEZINA, P., ŠIMŮNEK, J.: *Fyziologie a hygiena výživy*, 2. vyd., Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 2003, 148 s. ISBN: 80-7231-106-9.
- [73] BROWNLEE, I., A. The physiological roles of dietary fibre, *Food Hydrocolloids*, 2011, Vol. 25, 238–250.
- [74] ELLEUCH, M., BEDIGIAN, D., ROISEUX, O., BESBES, S., BLECKER, CH. Hamadi Attia Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications, *Food Chemistry*, 2011, Vol. 124, 411-421.
- [75] ZACHERL, CH., EISNER, P., ENGEL, K., H. In vitro model to correlate viscosity and bile acid-binding capacity of digested water-soluble and insoluble dietary fibres, *Food Chemistry*, 2011, Vol. 126, 423-428.

- [76] REDONDO-CUENCA, A., VILLANUEVA-SUA´REZ, M., J., APARICIO, M., I. Soybean seeds and its by-product okara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst methods, *Food Chemistry*, 2008, Vol. 108, 1099-1105.
- [77] RAMULU, P., RAO, P., U. Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits, *Journal of Food Composition and Analysis*, 2003, Vol. 16, 677-685.
- [78] KRISTENSEN, M., JENSEN, M., G. Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity, *Appetite*, 2011, Vol. 56, 65-70.
- [79] FERGUSON, L., R., ROBERTONB, A., M., WATSONA, M., E., TRIGGSC, CH., M., HARRISB, P., J. The effects of a soluble-fibre polysaccharide on the adsorption of carcinogens to insoluble dietary fibres, *Chemico-Biological Interactions* 1995, Vol. 95, 245-255.
- [81] BRÁZDOVÁ, Z.: *Výživa člověka*, 1. vyd., Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 1995, 146 s. ISBN neuvedeno.
- [82] NOVOTNÝ, F.: *Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd*, 2. vyd., Brno: ÚKZÚZ Brno, 2006, 173 s. ISBN 80-86548-81-3.
- [83] SKOUPIL, J., LECJAKSOVÁ, Z.: *Chemické kontrolní metody*, 1. vyd., Praha, SNTL, 1988, 279 s. ISBN neuvedeno.
- [84] *Muflová pec se zapuštěnými topnými prvky v keramické mufli* [online]. [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.pecenabertherm.cz/muflove-pece-labo.html>>
- [85] *Sušárna VENTICELL s nucenou cirkulací vzduchu* [online]. [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.verkon.cz/susarny-bmt/>>
- [86] MIŠURCOVÁ, L.: *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*, Zlín: UTB Zlín, Dizertační práce, 2008, 120 s.
- [87] *Daisy II Incubator, 120v Domestic* [online]. [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.ankom.com/product/daisy-ii-incubator,-120v-domestic.aspx>>
- [88] *Fiber Filter bags - 100 count* [online]. [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.ankom.com/product/fiber-filter-bags-100-count.aspx>>
- [89] ŽÁČEK, Z., ŽÁČEK A.: *Potravinářské tabulky*, 1. vyd., Praha, SPN, 1994, 484 s. ISBN 80-04-24474-2.

[90] *Druhy obilovin* [online]. [cit. 2011-05-02]. Dostupný z WWW:

<[http://www.pekarny.unas.cz/typy\\_mouky1.html](http://www.pekarny.unas.cz/typy_mouky1.html)>

[91] *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=11307>>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

|        |  |
|--------|--|
| AR     | Hmotnost popela vzorku bez sáčku.  |
| ATP    | Adenozintrifosfát.   |
| DM     | Dry Matter, obsah sušiny ve vzorku.  |
| DMD    | Dry Matter Digestibility, hodnota stravitelnosti sušiny vzorku.              |
| DMR    | Hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení.                            |
| GIT    | Gastrointestinální trakt.  |
| LDL    | Low Density Lipoprotein, Lipoproteiny s nízkou hustotou.                     |
| Mze ČR | Ministerstvo zemědělství České republiky.                                    |
| 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.  |

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1 - Anatomické složení obilky [2].....        | 15 |
| Obrázek 2 – Pšenice červená [13].....                 | 22 |
| Obrázek 3 – Kamut [15] .....                          | 22 |
| Obrázek 4 – Grünkern [18].....                        | 23 |
| Obrázek 5 – Pšenice [19].....                         | 23 |
| Obrázek 6 – Pšeničné klasy [20].....                  | 23 |
| Obrázek 7 – Ječmen [23] .....                         | 24 |
| Obrázek 8 – Ječmenné klasy [24] .....                 | 24 |
| Obrázek 9 – Žito [28].....                            | 24 |
| Obrázek 10 – Žitné klasy [29] .....                   | 24 |
| Obrázek 11 – Žitovec [31] .....                       | 25 |
| Obrázek 12 – Klasy žitovce [32] .....                 | 25 |
| Obrázek 13 – Oves [34].....                           | 25 |
| Obrázek 14 – Ovesné klasy [35].....                   | 25 |
| Obrázek 15 - Proso [37].....                          | 26 |
| Obrázek 16 – Klasy prosa [38] .....                   | 26 |
| Obrázek 17 - Rýže [41].....                           | 26 |
| Obrázek 18 – Kukuřice [43] .....                      | 27 |
| Obrázek 19 – Kukuřičné klasy [44].....                | 27 |
| Obrázek 20 – Čirok [49] .....                         | 28 |
| Obrázek 21 – Klasy čiroku [50].....                   | 28 |
| Obrázek 22 – Amarant [52] .....                       | 28 |
| Obrázek 23 – Amarantové klasy [53] .....              | 28 |
| Obrázek 24 – Pohanka [54] .....                       | 29 |
| Obrázek 25 – Quinoa [63] .....                        | 30 |
| Obrázek 26 – Trávicí trakt člověka [66].....          | 31 |
| Obrázek 27 – Muflová pec [84].....                    | 36 |
| Obrázek 28 – Sušárna Venticell 111 comfort [85] ..... | 37 |
| Obrázek 29 – inkubátor Daisy [87].....                | 38 |
| Obrázek 30 – Filtrační sáčky ANKOM F 57 [88] .....    | 38 |

**SEZNAM TABULEK**

|   |    |
|---|----|
| <i>Tabulka 1: Průměrné chemické složení základních obilnin v % (podle Šimona).....</i>  | 17 |
| <i>Tabulka 2: Rozdělení látkového složení v jednotlivých částech zrna v % sušiny.....</i>   | 20 |
| <i>Tabulka 3: Porovnání základních nutričních látek v % u normální a červené pšenice .....</i>  | 21 |
| <i>Tabulka 4: Seznam a charakteristiky použitých obilovin .....</i>   | 42 |
| <i>Tabulka 5: Energetické a nutriční hodnoty použitých obilovin udávané výrobcem ve<br/>100g výrobku .....</i>                                | 42 |
| <i>Tabulka 6: Obsah popela v sušině u jednotlivých vzorků obilovin (<math>\pm SD</math>).....</i>   | 47 |
| <i>Tabulka 7: Obsah sušiny v jednotlivých vzorcích obilovin (<math>\pm SD</math>).....</i>  | 48 |
| <i>Tabulka 8: Hodnoty DMD a OMD stravitelnosti obilovin při kombinované hydrolyze<br/>pepsinem a pankreatinem (<math>\pm SD</math>) .....</i> | 49 |

## SEZNAM PŘÍLOH

P I – Vzorčky obilovin a jejich použité zkratky

## PŘÍLOHA P I: VZORKY OBILOVIN A JEJICH POUŽITÉ ZKRATKY

Vzorek 1: **ČP** – pšenice červená



Vzorek 2: **OB** – oves bezpluchý



Vzorek 3: **ŽO** – žito ozimé



Vzorek 4: **G** – grünkern



Vzorek 5: **ŠL** – špalda loupaná





Vzorek 6: **ŠK** – špaldové kernoto



Vzorek 7: **K** – kamut



Vzorek 8: **PŽ 10:90** – směs pšenice a žita v poměru 10:90

Vzorek 9: **PŽ 90:10** - směs pšenice a žita v poměru 90:10

Vzorek 10: **PŽ 50:50** - směs pšenice a žita v poměru 50:50