

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2015

TEREZA BOČKOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav technologie potravin



Analýza vybraných potravin metodou NIR
Diplomová práce

Vedoucí práce:
prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.

Vypracovala:
Bc. Tereza Bočková

Brno 2015



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autorka práce: Bc. Tereza Bočková
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Obor: Jakost a zdravotní nezávadnost potravin
Vedoucí práce: prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.

Název práce: **Analýza vybraných potravin metodou NIR**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši z problematiky katalogů potravin podle jednotlivých zemí
2. Vyhodnoťte jednotlivé publikace (České, Slovenské, USA, Dánsko, EU) a abstrahujte závěry z literatury
3. Připravte si vzorky potravin a analyzujte pomocí metody NIR a porovnejte s analytickými hodnotami získanými klasickou cestou. Zaměřte se na krajově specifické potraviny s převahou rostlinných druhů. Analyzujte nejméně 20 potravin
4. Sepište esej na téma vaší práce - NIR a její uplatnění ve výživě a podívejte se kriticky na eseje spojené s analýzou rostlinných (veganských) potravin
5. Vytvořte originální schémata pro závislosti měřených hodnot u jednotlivých potravin. Popište tabulkové údaje a diskutujte se známými výsledky.
6. odevzdejte diplomovou práci

Rozsah práce: 20-40 stran

Literatura:

1. ČEPELKA, L. Analýza potravních zdrojů drobných zemních savců metodou NIRS. In *SilvaNet - WoodNet 2011*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, Brno, 613 00, 2011, s. 21. ISBN 978-80-7375-567-6.
2. ŠUSTOVÁ, K. Aplikace FT NIR techniky ke kontrole kvality mléčných výrobků. In *Kontrola kvalita mléka a mléčných výrobků*. Praha: Noack, 2006, s. 96--118.
3. JANKOVSKÁ, R. -- ŠUSTOVÁ, K. Aplikace NIR spektroskopie v hodnocení mlékárenských výrobků. *Mlékařské listy-Zpravodaj*. 2002. č. 70, s. 19--20. ISSN 1212-950X.
4. MLČEK, J. -- ŠUSTOVÁ, K. -- SIMEONOVÁ, J. Application of FT NIR spectroscopy in the determination of basic chemical composition of pork and beef meat. *Czech Journal of Animal Science*. 2006. sv. 51, č. 8, s. 361--368. ISSN 1212-1819.
5. *Použití metody NIR při kontrole a hodnocení kvality drůbežního masa.*
6. MÝLOVÁ, P. -- NĚMCOVÁ, A. Fruit quality assessment by NIR spectroscopy. In *Quality of Horticultural Production*. Lednice: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007, s. 59. ISBN 978-80-7375-060-2.
7. *Použití NIR spektroskopie v senzorické analýze potravin živočišného a rostlinného původu.*
8. *Použití NIR spektroskopie v senzorické analýze potravin živočišného původu : navazuje na RČ*

181/02.

9. DOLEŽEL, P. -- MUSELÍK, J. -- DVOŘÁČKOVÁ, K. -- ŠUSTOVÁ, K. Studium procesu homogenizace práškových směsí s využitím NIR spektroskopie. *Ceska a Slovenska Farmacie*. 2010. sv. 59, č. 6, s. 263--271. ISSN 1210-7816.
10. ŠUSTOVÁ, K. -- LUŽOVÁ, T. -- KOZELKOVÁ, M. -- MLČEK, J. Využití FT NIR spektroskopie ke kontrole falšování mléčných výrobků. In *Hygiena Alimentorum XXXIV*. 1. vyd. Bratislava, Slovensko: Štátna veterinárna potravinová správa Slovenskej republiky, Univerzita veterinárského lekárstva a farmácie v Košiciach, 2013, s. 77--79. ISBN 978-80-8077-334-2.
11. ŠUSTOVÁ, K. -- LUŽOVÁ, T. -- HAVLÍKOVÁ, M. Využití NIR spektroskopie ke kontrole falšování eidamských sýrů. In ČURDA, L. -- ŠTĚTINA, J. *Celostátní přehledky sýrů 2012 Výsledky přehledů a sborník přednášek konference Mléko a sýry*. Technická 5, 166 28 Praha 6: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2012, s. 188--191. ISBN 978-80-7080-838-2.

Datum zadání: říjen 2013

Datum odevzdání: duben 2015

Bc. Tereza Bočková
Autorka práce

prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Vedoucí práce

prof. MVDr. Ing. Petr Doležal, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci *Analýza vybraných potravin metodou NIR* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

Poděkování

Děkuji panu prof. Ing. Ladislavu Zemanovi, CSc., který mě provedl vytvořením této práce za důvěru, trpělivost a všechny odborné rady a informace, které mi poskytl. Dále bych chtěla poděkovat svým kamarádům, rodině a příteli za jejich podporu.

ABSTRAKT

BOČKOVÁ, T. Analýza vybraných potravin metodou NIR, Diplomová práce, MENDELU v Brně, 2015, 72s.

Cílem práce bylo posoudit různorodé vzorky vybraných regionálně pěstovaných obilnin, olejnin a luskovin pomocí NIR analyzátoru DA 7200 a výsledky porovnat s tabulkovými hodnotami a chemickým rozbořem. Celkem bylo použito 26 vzorků. Pro celá, drcená a mletá zrna a semena byla podle typu vzorku provedena analýza vlhkosti, obsahu hrubého proteinu, hrubé vlákniny, hrubého tuku a škrobu. Stanovení hrubého proteinu bylo ověřeno chemickou laboratoř. NIR měření ukázalo nesrovnalosti v případě vyhodnocení jednotlivých látek pro celá, drcená a mletá zrna nebo semena, přestože pro úpravu drcením a mletím byl použit vždy týž celý vzorek dané plodiny a naměřené hodnoty by se tedy měly shodovat. Zjistili jsme například obsah hrubého proteinu ve vzorku pšenice Apache (Litava) NIRS analýzou $129,3 \pm 1,78 \text{ g.kg}^{-1}$ pro celá zrna, $116,5 \pm 0,72 \text{ g.kg}^{-1}$ pro drcená zrna a $100,9 \pm 2,71 \text{ g.kg}^{-1}$ pro mletá zrna. Chemickým rozbořem jsme pro stejný vzorek zjistili hodnotu $120,8 \text{ g.kg}^{-1}$, podle různých zdrojů by se obsah hrubého proteinu v pšenici měl pohybovat mezi 118 a $132,1 \text{ g.kg}^{-1}$. Při vyhodnocení charakteristik všech celých, drcených a mletých vzorků vycházel obsah hrubého proteinu $135,6 \pm 8,78 \text{ g.kg}^{-1}$ pro celé, $132,3 \pm 9,97 \text{ g.kg}^{-1}$ pro drcené a $130,5 \pm 11,55 \text{ g.kg}^{-1}$ pro mleté vzorky. Vzhledem k tomu, že výsledky měření dusíkaté složky většinou dobře odpovídaly chemickým rozbořům i tabulkovým hodnotám, je patrné, že přístroj pracuje správně. Závěry diplomové práce však přinášejí předpoklad, že nastavení přístroje zatím není vhodné pro provádění rutinních vícečetných analýz různých materiálů.

Klíčová slova: obilniny, olejniny, luskoviny, infračervená spektrometrie, vlhkost, hrubý protein, hrubý tuk, hrubá vláknina, škrob

ABSTRACT

BOČKOVÁ, T. Analysis of selected foods by NIR, Master thesis, MENDELU in Brno, 2015, 72p.

The aim of the thesis was to examine samples of regionally grown cereals, oilseeds and legumes using NIR analyzer DA 7200 and compare the results to the tables and chemical analysis. A total of 26 samples were used. For the whole, crushed and milled grains and seeds, according to the type of the sample, analysis of water, crude protein, crude fiber, crude fat and starch were made. The content of crude protein was verified by the chemical laboratory. NIR measurements showed discrepancies in the case of evaluation of individual substances for the whole, crushed and milled grains or seeds, although the same material was used and the measured values should be similar. We have detected for example crude protein content in Apache (Litava) wheat sample by NIRS analysis $129,3 \pm 1,78 \text{ g.kg}^{-1}$ for the whole grains, $116,5 \pm 0,72 \text{ g.kg}^{-1}$ for the crushed grains and $100,9 \pm 2,71 \text{ g.kg}^{-1}$ for the milled grains. The chemical analysis for the same sample showed the value of $120,8 \text{ g.kg}^{-1}$. According to the literature, the crude protein content in wheat should be between 118 and $132,1 \text{ g.kg}^{-1}$. When evaluating the characteristics of the whole, crushed and milled samples crude protein content reached $135,6 \pm 8,78 \text{ g.kg}^{-1}$ for the whole, $132,3 \pm 9,97 \text{ g.kg}^{-1}$ for the crushed and $130,5 \pm 11,55 \text{ g.kg}^{-1}$ for the milled samples. Given that the crude protein measurement results were in accordance with the chemical analyses and the tabular values, it is apparent that the NIR analyzer is working properly. The results of this thesis, however, bring the presumption that the device setting is now not suitable for multiple analyses of different materials.

Keywords: cereals, oilseeds, pulses, infrared spectrometry, water, crude protein, crude fat, crude fiber, starch

OBSAH

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | ÚVOD | 10 |
| 2 | LITERÁRNÍ PŘEHLED..... | 11 |
| 2.1 | Obilniny..... | 11 |
| 2.1.1 | Využití obilnin..... | 11 |
| 2.1.2 | Obilniny z pohledu výživy člověka..... | 12 |
| 2.1.3 | Chemické složení..... | 13 |
| 2.1.4 | Analyzované druhy..... | 16 |
| 2.2 | Olejniny | 20 |
| 2.2.1 | Využití olejin | 20 |
| 2.2.2 | Olejniny z pohledu výživy člověka | 21 |
| 2.2.3 | Chemické složení..... | 21 |
| 2.2.4 | Analyzované druhy..... | 22 |
| 2.3 | Luskoviny | 24 |
| 2.3.1 | Využití luskovin | 24 |
| 2.3.2 | Luskoviny z pohledu výživy člověka | 25 |
| 2.3.3 | Chemické složení..... | 25 |
| 2.3.4 | Analyzované druhy..... | 27 |
| 3 | CÍL PRÁCE | 28 |
| 4 | MATERIÁL A METODIKA | 29 |
| 4.1 | Charakteristika a původ vzorků..... | 29 |
| 4.2 | Příprava vzorků | 30 |
| 4.3 | Metoda NIR | 30 |
| 4.3.1 | Princip infračervené spektrometrie..... | 30 |
| 4.3.2 | Příklady aplikací..... | 31 |
| 4.4 | NIR analyzátor..... | 32 |
| 4.4.1 | Aplikace DA 7200 NIR analyzátoru | 32 |
| 4.4.2 | Technické parametry | 33 |
| 4.5 | Postup měření vzorků metodou NIR a způsob vyhodnocení | 33 |
| 5 | VÝSLEDKY A DISKUZE | 35 |
| 5.1 | Obilniny..... | 35 |
| 5.1.1 | Pšenice..... | 35 |
| 5.1.2 | Ječmen..... | 39 |
| 5.1.3 | Žito | 43 |
| 5.1.4 | Oves..... | 44 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1.5 | Tritikale | 45 |
| 5.1.6 | Proso | 47 |
| 5.1.7 | Kukuřice | 48 |
| 5.2 | Olejniny | 50 |
| 5.2.1 | Hořčice | 50 |
| 5.2.2 | Len | 52 |
| 5.2.3 | Řepka | 54 |
| 5.2.4 | Slunečnice | 56 |
| 5.3 | Luskoviny | 57 |
| 5.3.1 | Hrách | 57 |
| 5.4 | Charakteristiky vzorků dle úpravy | 59 |
| 6 | ZÁVĚR | 62 |
| 7 | PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY | 66 |
| 8 | SEZNAMY | 71 |

1 ÚVOD

Obilniny, olejniny i luskoviny patří mezi nejdůležitější kulturní plodiny pěstované člověkem. Z hlediska výživy člověka tvoří obilniny a výrobky z nich v racionálním jídelníčku dominantní složku a poskytují asi 25 % z celkově přijímané energie ze stravy. Tuky a oleje získané v potravinářském průmyslu z olejin řadíme k základním potravinám, představují nejvydatnější energetický zdroj a jsou nositelé mnoha látek nezbytných pro organismus. Luskoviny zastupují významnou roli ve správné výživě díky svému složení o vysokém obsahu bílkovin a vlákniny a příznivé skladbě škrobu.

Z hlediska využití těchto kulturních plodin pro lidskou výživu, ke krmení hospodářských zvířat i pro další (technické) účely je třeba znát složení jednotlivých částí rostlin, které určuje způsoby jejich využití.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Metoda NIR je nedestruktivní analytická metoda, která se vyznačuje časovou nenáročností, přesnými výsledky a malými jednotkovými náklady bez produkce odpadů (Janova et al. 2015, Míka et al. 2008). Není nutná zdlouhavá příprava vzorků a samotné měření poskytuje vyhodnocení do několika sekund, přičemž je možné měřit několik parametrů současně. Materiál vzorku musí obsahovat vazby C–H, N–H, S–H nebo O–H a koncentrace měřené látky v něm musí být větší než 1 g.kg^{-1} . Lze měřit vzorky všech tří skupenství při obvyklé teplotě, a to laboratorně nebo plně mobilně. Díky svým přednostem může metoda NIR výborně sloužit řídicím pracovníkům ve výrobě k operativnímu rozhodování a pracovníkům v oboru kontroly jakosti. Uplatní se při nákupu potravinářských a zemědělských komodit i v oblasti obchodu. Hodnota těchto rychlých informací bude nejlépe uplatněna obzvláště v případech, kdy budou součástí uceleného funkčního systému na podporu jakosti (Míka et al. 2008).

2.1 Obilniny

Obilniny jsou nejstarší kulturní rostliny pěstované člověkem. Tvoří nejvýznamnější složku lidské výživy, proto je jejich produkce v zemědělské výrobě po celém světě dominantní. V podmínkách mírného pásma obsazuje 50 % z veškeré orné půdy (Tauferová et al. 2014). V lidské výživě jsou obilniny rozhodujícím zdrojem energie přijímané z potravy. Tuto energii získáváme především ze sacharidů, kterých obilniny obsahují 55 – 78 %, přičemž nejvíce je zastoupen škrob (Blatná et al. 2005). Obilniny jsou rovněž významným zdrojem bílkovin a obsahují výhodný poměr obsahu sacharidů a bílkovin pro výživu člověka i zvířat, důležitý je také obsah minerálních látek a vitaminů skupiny B. Obilí využívané jako krmivo má vysokou energetickou hodnotu (Tauferová et al. 2014).

2.1.1 Využití obilnin

Obilniny se upravují nejrůznějšími způsoby a konzumují se ve formě výrobků z mouky či jako loupané obilky – rýže, kroupy, jáhly, vločky, klíčky aj. V potravinářském průmyslu se z nich dále vyrábí slad (pivo), lih, lepidla, farmaceutické přípravky s obsahem vitaminů, sladových výtažků apod. Široké uplatnění nacházejí

obilniny ve zpracování ke krmným účelům jako jaderná krmiva (Kučerová et al. 2007, Tauferová et al. 2014). Pěstují se také jako krmiva na zelené krmení, k výrobě sena a siláží nebo na úsušky. V živočišné výrobě se využívá sláma, kterou je rovněž možno obohacovat půdu organickou hmotou nebo ji průmyslově zpracovávat na celulózu (Tauferová et al. 2014).

2.1.2 Obilniny z pohledu výživy člověka

Obilniny pro výživu člověka dodávají téměř $\frac{1}{2}$ energetické hodnoty a $\frac{1}{2}$ z celkově zkonsumovaných bílkovin. Kromě zajištění příjmu hlavních živin (sacharidy, bílkoviny) spočívá důležitost konzumace cereálních výrobků v obohacení složení stravy o významné nutričně a biologicky hodnotné látky – vitaminy, popeloviny aj. (Pelikán 2001).

Celá zrna cereálií jsou bohatá na složky spojené s významným vlivem na snižování rizika vzniku onemocnění srdce a cév, rakoviny, diabetu, nemocí trávicího ústrojí, vysokého krevního tlaku, obezity a dalších onemocnění. Jedná se především o potravní vlákninu, škrob, proteiny, antioxidanty, minerální látky, lignany a fenolové sloučeniny, z nichž je většina obsažena v klíčku a otrubách. Při mlýnském zpracování se obsah těchto látek snižuje v závislosti na stupni vymletí. Podle Kopáčové (2008) by se o zvýšení konzumace celých zrn obilnin měla zasazovat zdravotní tvrzení o celých zrnech a rozšiřování informací o potravinové pyramidě zdravé výživy doporučující alespoň šest porcí cereálních potravin za den, z čehož by tři výrobky měly být celozrnné. Ve skandinávských zemích existuje například doporučení pro příjem minimálně 75 g celého zrna na 10 MJ (2388 kcal) za den (Frølich et al. 2013).

Obilniny jsou tedy nejdůležitějším zdrojem potravní vlákniny, což je ta část potravy, která, která nepodléhá rozkladu enzymy v zažívacím traktu (Blatná et al. 2005). Vlákna působí pozitivně na fyziologické funkce trávicího traktu. Zasazuje se o udržování zdravé funkce tlustého střeva, vytváří gelotvorné struktury, zvětšuje objem potravy, což navozuje dřívější pocity nasycení a ovlivňuje vyprazdňování. Zdravotním účinkem vlákniny je proto preventivní působení proti chronickým zácpám a karcinomům tlustého střeva. Rozpustná část vlákniny z obilnin váže část cholesterolu a tím snižuje jeho plazmatickou hladinu v krvi a redukuje riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění. Vlákna také zabraňuje volné difuzi různých látek

v trávenině, pozitivně ovlivňuje bilanci žlučových kyselin a reguluje hladinu cukru v krvi, čímž hraje významnou roli v dietě diabetiků (Pelikán 2001).

Doporučená denní dávka vlákniny pro dospělého člověka je 30 g (Společnost pro výživu 2011).

2.1.3 Chemické složení

Chemické složení obilného zrna závisí zejména na oblasti pěstování, odrůdě, použitém hnojení a agrotechnice, na době setí a klimatických podmínkách (Pelikán 2001). Mezi jednotlivými druhy cereálií nejsou po stránce chemického složení příliš velké rozdíly (Kopáčová 2007). Následující tabulka nastiňuje obsah bílkovin, sacharidů, tuků, popelovin, vlákniny a vody ve vybraných druzích obilnin.

Tab. č. 1: Chemické složení obilnin (Petr et al. 1997)

| Druh | Bílkoviny [%] | Sacharidy [%] | Tuky [%] | Popeloviny [%] | Vláknina [%] | Voda [%] |
|-----------------|---------------|---------------|----------|----------------|--------------|----------|
| Pšenice | 12,4 | 65,3 | 1,7 | 1,8 | 2,7 | 14,6 |
| Žito | 11,4 | 62,0 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 15,3 |
| Ječmen | 10,5 | 66,0 | 2,1 | 2,7 | 4,8 | 13,8 |
| Oves | 11,7 | 54,5 | 6,0 | 3,0 | 10,8 | 12,0 |
| Kukuřice | 10,0 | 69,0 | 4,8 | 1,7 | 2,8 | 10,5 |
| Proso | 10,6 | 61,1 | 3,9 | 2,8 | 8,1 | 12,5 |

2.1.3.1 Voda

Ve vodě se uskutečňují všechny biochemické procesy spojené s růstem, dozráváním i skladováním obilných zrn. Z technologického hlediska rozlišujeme obilná zrna podle obsahu vody na mokrá obsahující nad 17 % vody, vlhká s obsahem nad 15,5 %, středně suchá s obsahem nad 14 % a suchá obsahující do 14 % vody (Pelikán 2001).

2.1.3.2 Sacharidy

Sacharidy tvoří největší podíl obilného zrna. Vyskytují se v obilce, a to ve formě cukrů, dextrinů, škrobu, hemicelulóz a celulózy (Kopáčová 2007, Pelikán 2001).

Glukóza je základním stavebním prvkem pro tvorbu škrobu a celulózy. Celkově nejdůležitější složkou obilného zrna je škrob. To, jaký je stav škrobu a aktivita amyláz, určuje kvalitu chleba a pečiva, zejména konzistenci střídy a barvu kůrky. V sušíně

pšeničného zrna se škrob vyskytuje obsahem 58 – 76 %, v ječmeni obsahem 56 – 66 %, v žitě v rozmezí 52 – 60 % a v kukuřici mezi 60 a 70 %.

Celulóza a hemicelulózy tvoří hlavní složku otrubnatých částic mouky a jsou podstatnou složkou cereální vlákniny (Pelikán 2001).

2.1.3.3 Dusíkaté látky

Organické dusíkaté látky v zrně zahrnují bílkoviny (albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny), dále složené bílkoviny (glykoproteidy, fosfoproteidy a nukleoproteidy) a nebílkovinné dusíkaté látky (aminokyseliny, aminy, amidy), obsažené zejména v klíčku a v aleuronové vrstvě (Pelikán 2001).

Bílkoviny jsou ze všech složek zrna nejvýznamnější pro technologické hledisko, výživnou i krmnou hodnotu obilnin. Obsah bílkovin v endospermu se snižuje směrem ke středu. Bílkoviny přecházejí do mouky a určují její technologické vlastnosti. Albuminy a globuliny označujeme jako rozpustné bílkoviny. Prolaminy (u pšenice nazývané gliadiny) a gluteliny (u pšenice zvané gluteniny) jsou tzv. bílkoviny lepku. Podíl bílkovin lepku tvoří např. u pšenice asi 80 % ze všech bílkovin přítomných v zrně a v těstě vytváří elastický a tažný hydratovaný gel. Gel je složen ze dvou vysokomolekulárních frakcí – gliadinu dodávajícího těstu tažnost a gluteninu, který je nositelem pružnosti. Lepková bílkovina má však velmi nízký obsah esenciální aminokyseliny lyzinu (Kopáčová 2007, Tauferová et al. 2014).

Prolaminy obilného zrna, tedy gliadin pšenice, sekalín žita, hordein ječmene a avenin ovsa jsou schopny u některých osob vyvolávat zdravotní obtíže na podkladě onemocnění celiakií. Nejvyšší toxicitu v tomto ohledu nese pšenice. Onemocnění celiakie je dané chybějícím enzymem (peptidasou) v tenkém střevě, který štěpí nízkomolekulární peptidy vznikající na začátku trávení gliadinu. Toxické peptidy se proto hromadí ve střevě. Onemocnění nelze vyléčit. Jedinci postižení celiakií by měli celoživotně dodržovat bezlepkovou dietu (Tauferová et al. 2014). Z hlediska onemocnění celiakií je rizikové předčasné zavádění potravin s obsahem lepku do jídelníčku kojence (Blatná et al. 2005).

Obsah proteinů a složení aminokyselin v zrnech dvanácti různých obilnin byl biochemicky stanoven a popsán ve studii z roku 2000. Stanovená koncentrace proteinů byla 14 – 16 % pro pšenici, 13,5 – 14,5 % pro tritikale, 10,4 – 14,3 % pro proso, 10,0 – 14,9 % pro ječmen, 12,4 – 12,9 % pro oves a 10,6 – 13,8 % pro kukuřici. Vysoký obsah

bílkovin (15,4 %) s příznivým složením aminokyselin vykazoval amarant (Matuz et al. 2000).

2.1.3.4 Tuky

Tuky v obilném zrně představují především oleje. Tuk v obilkách dosahuje množství asi 1,5 – 2,5 %. U ovsa, čiroku a kukuřice je podíl tuku větší (4 – 6 %). Největší podíl se vyskytuje v klíčku a aleuronové vrstvě. Významnou část zaujímají nenasycené mastné kyseliny, z čehož asi 55 % tvoří esenciální kyselina linolová (Pelikán 2001).

2.1.3.5 Minerální látky, vitaminy

Minerální látky jsou v zrně přítomny obsahem asi 1,5 – 3 %. Větší obsah popelovin je u pluchatých obil (ječmen, oves). Převažujícími prvky jsou draslík, fosfor a hořčík (Pelikán 2001). Největší obsah minerálií se soustředí v klíčku a v obalových vrstvách zrna, což ovlivňuje hodnocení jakosti mouky (Pelikán 2001, Tauferová et al. 2014).

Vitaminy jsou v největší míře obsaženy opět v klíčku a dále v aleuronové vrstvě zrna. Hlavními zastupiteli této skupiny látek jsou thiamin, riboflavin, niacin, kyselina pantothenová, pyridoxin, kyselina listová, biotin, tokoferol a provitamin A – karotenu. Při mlýnském zpracování velká část vitaminů přejde do otrub a tmavých mouk určených ke krmení. Světlé mouky v lidské výživě jsou proto na tyto látky méně bohaté.

V roce 2007 byla publikována chorvatská studie zaměřená na posouzení denního příjmu obilnin a výrobků z nich a jeho vlivu na celkový denní příjem vitaminů (thiaminu, riboflavinu, pyridoxinu a niacinu) a minerálních látek (Na, K, Ca, P, Fe). Průměrný denní příjem obilnin byl nižší na jaře, což sezónně ovlivnilo také nižší příjem vitaminů a minerálních látek. Obilniny a výrobky z nich v největší míře přispěly ke zvýšení příjmu železa a fosforu. Podíl na příjmu vitaminů byl nižší. Studie ukázala, že konzumace obilnin a cereálních výrobků by měla být zvýšena, především ve formě celých zrn, které by zlepšily příjem minerálních látek i vitaminů v populaci (Hardi 2008).

2.1.4 Analyzované druhy

2.1.4.1 Pšenice

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|---------|--|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklaráce |
| 1.11.1 | pšenice | Zrna druhu <i>Triticum aestivum</i> L., <i>Triticum durum</i> Desf. a jiných kultivarů pšenice. Výrobek může být ruminálně chráněný. | - |

Pšenice (*Triticum*) má historii dlouhou 5000 – 6000 let, pěstují se především pšenice tvrdá (*Triticum durum*) a pšenice obecná - setá (*Triticum aestivum* L.), která je u nás nejvíce rozšířená. Oba druhy mají dvě formy, jež se liší rozdílnými nároky na jarovizaci. Jedná se o pšenici ozimou a pšenici jarní (Benada et al. 2001). Pšenice ozimá je naší nejdůležitější obilninou a v současnosti pokrývá přibližně čtvrtinu orné půdy (Kostelanský et al. 2004, Tauferová et al. 2014). Pšenice ozimá i jarní lze využívat k potravinářským, krmivářským a technickým účelům (Benada et al. 2001, Kučerová et al. 2007).

Z celkové sklizně pšenice se největší část spotřebuje na výrobu chleba a pečiva (Chloupek et al. 2005). Pro výrobu těstovin vyhovuje pšenice tvrdá (*Triticum durum*) s vysokým obsahem tuhého lepku a tvrdým endospermem (Zimolka et al. 2005). Doporučené kvalitativní hodnocení pšenice pro potravinářské účely zahrnuje: vlhkost 14 %, obsah N-látek v sušině 12 %, příměsi, nečistoty, sedimentační index podle Zelenyho (objem sedimentu mouky získaný ze suspenze této mouky s roztokem kyseliny mléčné za určitý čas, vyjadřuje množství a kvalitu lepkových bílkovin) alespoň 30 ml, číslo poklesu (stupeň poškození sacharido-amylázového komplexu zrna amylolytickými enzymy) nejméně 220 s. Při hodnocení krmného obilí se posuzují vlhkost, nečistoty a obsah N-látek v sušině zrna. Ke krmným účelům se hodí odrůdy s vysokým obsahem dusíkatých látek, horší kvalitou lepku a nižším podílem nerozpustných složek zásobních bílkovin (Tauferová et al. 2014). Do popředí zájmu zemědělské veřejnosti se dostává i pšenice pro speciální použití, a to k výrobě škrobu a lihu (Zimolka et al. 2005).

2.1.4.2 Ječmen

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|--------|---|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklarace |
| 1.1.1 | ječmen | Zrna druhu <i>Hordeum vulgare</i> L. Výrobek může být ruminálně chráněný. | - |

Historické studie a zmínky z literárních zdrojů ukazují ječmen jako po pšenici druhou nejstarší obilninu využívanou člověkem (Zimolka et al. 2006). Ječmen dělíme zpravidla do dvou základních skupin, a to na dvouřadý, jarní (sladovnický – výroba sladu, piva; potravinářský – výroba krup, mouky) a víceřadý, ozimý užívaný jako krmný (Kučerová et al. 2007, Tauferová et al. 2014, Pelikán 2001).

Jarní ječmen (*Hordeum vulgare*) má protizánětlivé a antiseptické účinky. Je prokázáno, že ječná dieta snižuje hladinu cholesterolu v krvi, což je dané vysokým obsahem beta glukánů, které ječmen obsahuje v největším podílu ze všech obilnin. Ječmen je zdrojem bílkovin, b-komplexu, minerálních látek (zejména železa) a z naklíčeného ječmene se získávají enzymy (peptidázy). Ječmen lze také využít při získávání škrobu. Pěstované odrůdy jarního ječmene obsahují asi 11 % hrubých bílkovin a 3 – 3,5 g lysinu na 16 g dusíkatých látek v sušině zrna (Tauferová a kol 2014). Zajímavým produktem z ječmene je také ječný čaj (Kajimoto 2000).

2.1.4.3 Žito

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|-------|-------------------------------------|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklarace |
| 1.7.1 | žito | Zrna druhu <i>Secale cereale</i> L. | - |

Žito (*Secale cereale* L.) je mladším druhem než pšenice, ječmen i oves. Objevilo se v podstatě přirozeným výběrem z porostů pšenice, ve které se vyskytovalo jako plevel (Petr et al. 2008). Největší oblast využití je výroba žitného chleba, dále se uplatňuje na výrobu lihovin a kávovin. Ke krmným účelům je žito využíváno málo (Kučerová et al. 2007, Tauferová et al. 2014). Pomocí cílené infekce houbou paličkovíci nachovou lze z žita získat námel s obsahem alkaloidů s uplatněním ve farmaceutickém průmyslu. Jedná se o obilninu s vysokým obsahem antinutričních látek netvořící lepek. Kvalita žita hodnocena pro potravinářské účely: vlhkost 14 %, objemová hmotnost 730 g.l⁻¹, příměsi 4,0 %, nečistoty 0,0 %, číslo poklesu 120 – 170 s (Tauferová et al. 2014). V časopise *American Journal of Clinical Nutrition* byla v roce 2003 publikována studie s muži trpícími nadváhou. Výsledky zkoušení vlivu potravin s vysokým obsahem pšeničné a

žitné vlákniny ukázaly, že konzumace těchto potravin zlepšila hned několik různých markerů souvisejících se zdravím střev a metabolickou aktivitou ve srovnání s kontrolní skupinou. Vlákna pocházející z žita se zde jevila jako efektivnější než vlákna pšeničná (McIntosh et al. 2003).

2.1.4.4 Oves

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|-------|--|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklarace |
| 1.4.1 | oves | Zrna druhu <i>Avena sativa</i> L. a jiných kultivarů ovsu. | - |

Oves (*Avena sativa*, L.) se v potravinářství zpracovává na ovesné vločky, krupici a mouku. Má vysokou výživovou hodnotu i krmnou hodnotou a je dobře stravitelný. Jeho nutriční hodnota je dána zejména významným obsahem bílkovin (14 – 15 %) a tuku (7 - 10 %), je zdrojem hořčíku, vápníku, manganu, zinku, železa a dalších minerálních látek. Obsahuje lecitin, niacin, vitaminy skupiny B, vitamin E, antioxidační složky (Chloupek et al. 2005, Kostelanský et al. 2004, Tauferová et al. 2014).

O konzumaci ovsu je již dlouho známo, že se podílí na snižování celkové plazmatické hladiny cholesterolu a LDL cholesterolu. Tento účinek je obvykle připisován rozpustné vláknině, beta glukánům. Díky těmto poznatkům jsou ovsu připisovány preventivní účinky na kardiovaskulární zdraví. Kromě vlivu konzumace ovsu na snižování plazmatického a LDL cholesterolu však doposud nebyly v dostatečné míře zkoumány účinky ovesné diety na rozvoj aterosklerózy. Ochranná funkce vzhledem ke vzniku aterosklerózy by mohla být dána stopovými prvky s antioxidačními a protizánětlivými vlastnostmi obsaženými v ovsu (Andersson et al. 2012). Ovesná dieta pravděpodobně přispívá i ke zvýšení psychické stability organismu. Oves tvoří nadzemní biomasu, která se sklízí na zelené krmivo nebo senáž (Chloupek et al. 2005, Tauferová et al. 2014).

2.1.4.5 Tritikale

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|-----------|--|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklarace |
| 1.10.1 | tritikale | Zrna hybridu <i>Triticum x Secale cereale</i> L. Hybrid. | - |

Tritikale (*Triticum secale Müntzing*) je nejznámější plodinou, kterou vypěstoval člověk, a to z přírodního křížence pšenice obecné a žita setého. Podařilo se u něj získat

natolik výhodné vlastnosti od každého z rodičů, že došlo k významnému rozšiřování praktického užití (Petr et al. 2008). Tato plodina může produkovat vyšší výnos zrna a celkovou produkci biomasy než jakékoliv jiné obilniny v širokém rozmezí půd a klimatických podmínek. Jeho biologická hodnota je vhodná pro použití jako krmivo zvířat i pro lidskou výživu (Salmanowicz et al. 2013). Zrna tritikale obsahují asi 14 – 20 % bílkovin se specifickou skladbou aminokyselin. Využívá se především ke krmení (Chloupek et al. 2005). Fytomasa se také používá jako rané zelené krmení (Taufarová et al. 2014).

2.1.4.6 Proso

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|-------|--|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklarace |
| 1.3.1 | proso | Zrna druhu <i>Panicum miliaceum</i> L. | - |

Proso (*Panicum miliaceum* L.) bylo v minulosti nejrozšířenější obilninou v českých zemích, dnes však nenachází široké uplatnění. Část produkce je využívána v dietní výživě, dále se uplatňuje ve velké míře jako krmivo pro exotické ptáky (Kučerová et al. 2007, Taufarová et al. 2014). Oloupané obilky se jmenují jáhly, kaše z jahel je jahelník. Kromě kaší se proso používá k přípravě nekynutého chleba nebo kvašených plochých lívanců (Chloupek et al. 2005). Proso je velmi vhodnou obilninou pro pacienty s celiakií, kteří se ve své stravě musí vyhýbat lepku (Acko 2012).

2.1.4.7 Kukuřice

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|----------|---|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklarace |
| 1.2.1 | kukuřice | Zrna druhu <i>Zea mays</i> L. ssp. <i>mays</i> . Výrobek může být ruminálně chráněný. | - |

Kukuřice (*Zea Mays* L.) se dnes pěstuje na pěti světadílech a vedle pšenice a rýže patří mezi nejdůležitější obilniny ve výživě lidí, v oblasti krmiv i průmyslových a energetických plodin (Zimolka et al. 2008). Pěstuje se v mnoha formách. Pro výživu lidí se využívá kukuřice pukancová, v průmyslu a potravinářství se zpracovává kukuřičný škrob. Z kukuřice je možné připravovat také invertní cukr (Taufarová et al. 2014). K červeným kukuřičným obilkám se řadí quinquanthin, sloužící pro výrobu krupice, ze které se připravuje polenta. Pro výrobu chleba se kukuřice nehodí pro nízký obsah lepku a špatnou pekařskou kvalitu. Kukuřice se uplatňuje v cukrářství, pro výrobu dětské

výživy, z klíčků se vyrábí kvalitní olej (Chloupek et al. 2005). Sacharidy, jako hlavní složka zrna kukuřice obsahují škrob (60 – 70 %), zrno dále obsahuje dusíkaté látky (10 %), vlákninu (2 %), tuky (3 – 6 %). Po ovsu má kukuřice nejvyšší obsah tuku v semeni (Tauferová et al. 2014). Pro kombinaci gamma tokoferolu s alfa tokoferolem v kukuřičném oleji vyplývá z některých studií, že navzdory celkově nižšímu obsahu ekvivalentů alfa tokoferolu, poskytuje kukuřičný olej lepší protektivní účinky proti poškození DNA než samotný alfa tokoferol v olivovém či slunečnicovém oleji. Kukuřičný olej by tedy mohl být vhodným zdrojem potravních antioxidantů (vitamin E) redukcí rizika vzniku rakoviny (Elmadfa et al. 1999).

2.2 Olejiny

Již ve starověku se z rostlinných i živočišných surovin získávaly tuky a oleje používané pro výživu, kosmetiku, lékařství i technické účely. Zakladatelem chemie tuků byl francouzský chemik E. Chevreul (1786 – 1889), který zjistil, že tuky jsou estery mastných kyselin a glycerolu a izoloval nejvýznamnější mastné kyseliny. Tukový průmysl je dnes důležitou hospodářskou oblastí v potravinářství i v dalších sférách (Pelikán 2001). K olejninám patří rostliny, které obsahují významné množství oleje z ekonomického hlediska. Mezi nejvýznamnější světové olejiny patří sója, bavlník, řepka a jiné rostliny z čeledi brukvovitých, podzemnice, slunečnice, kokos, oliva, palma olejná, sezam. V Evropě se nejvíce pěstují řepka, slunečnice, oliva, sója, bavlník a len (Hosnedl et al. 1998).

2.2.1 Využití olejin

Tuky a oleje řadíme z hlediska lidské výživy k základním potravinám. Dále se, jak již bylo zmíněno, využívají v kosmetice, medicíně a k technickým účelům, stejně jako v krmivářství a při energetických aplikacích. Využití tuků a olejů ve výživě i pro chemotechnické účely závisí na jejich kvalitě, zejména co do požadavků na obsah a složení mastných kyselin (Tauferová et al. 2014). S rostoucím zájmem o zdravý životní styl roste potravinářské využití olejin, jimiž jsou nahrazovány tuky živočišné a současně obohacován jídelníček po stránce druhové pestrosti a chuťové rozmanitosti potravin. Tak získávají uplatnění i olejiny, které se v minulosti příliš nevyužívaly (Koprna, Havel 2002).

2.2.2 Olejiny z pohledu výživy člověka

Tuky a oleje rostlinného i živočišného původu jsou důležitou součástí lidské výživy. Tuky tvoří nejvydatnější energetický zdroj v naší stravě, jsou nositelem mnoha látek nezbytných pro organismus – esenciálních mastných kyselin, vitaminů rozpustných v tucích (A, D, E, K a provitaminů A – karotenu), sterolů aj. Dodávají pokrmům chuť, usnadňují žvýkání a polykání a ovlivňují pocit sytosti.

Ve výživě člověka by energetický příjem z tuků neměl překročit 30 % a současně by neměl klesnout pod 20 % z důvodu zajištění příjmu esenciálních mastných kyselin, v tuku rozpustných vitaminů aj. Vysoký příjem tuků v naší stravě (okolo 150 % denní doporučené dávky) je dán zejména konzumací tzv. skrytých tuků, obsažených v tučném mase a masných výrobcích, trvanlivém a jemném pečivu, smažených pokrmech apod.). Velmi důležité je nejen přijaté množství tuku, ale rovněž jeho složení, tj. poměr zastoupených mastných kyselin. Aktuální výživová doporučení navrhuji poměr mastných kyselin nasycených : monoenových : polyenových jako 1 : 1,4 : 0,6 a poměr (n-6) a (n-3) = 5 : 1 až 2 : 1 (Blatná et al. 2005).

Jako tuky pro typické nutriční použití jsou proto preferovány oleje s vyváženou skladbou mastných kyselin, převážně s 18 uhlíkovými atomy a s jednou nebo dvěma dvojnými vazbami v poloze 9 a 12 (Taufarová et al. 2014).

2.2.3 Chemické složení

Tuky získávané z různých druhů olejin se od sebe liší chemickým složením (zastoupením a obsahem mastných kyselin), které ovlivňuje jejich vlastnosti. Obsahují glycerol, nasycené mastné kyseliny (palmitová, stearová), nenasycené mastné kyseliny (olejová, linolová, linolenová). Dále jsou přítomny tzv. lipoidy (látky rozpustné v tucích), mezi které patří fosfolipidy (lecitin), tokoferoly (vit. E, antioxidanty) či karotenoidy představované provitaminem A (Kučerová et al. 2007).

Tabulka č. 2 uvádí přehled významnějších olejin pěstovaných na území ČR a SR a obsah oleje v jejich semenech.

Tab. č. 2: Obsah oleje v olejninách (Hosnedl et al. 1998)

| Druh | Obsah oleje [%] |
|------------------------|-----------------|
| Hořčice bílá | 22 – 42 |
| Len olejní a přadný | 30 - 48 |
| Mák setý | 40 - 55 |
| Ostropestřec mariánský | 25 - 35 |
| Pupalka dvouletá | 18 - 30 |
| Řepka olejka | 40 - 50 |
| Slunečnice roční | 35 - 52 |
| Světlice barvířská | 18 - 50 |
| Tykev olejní | 40 - 58 |

2.2.4 Analyzované druhy

2.2.4.1 Hořčice

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|------------------|---|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklarace |
| 2.9.1 | hořčičné otruby* | Výrobek ze zpracování hořčice (<i>Brassica juncea</i> L.). Sestává z částic vnějších obalů a z částí zrn | hrubá vláknina |
| * | | | |

*Pozn.: Nařízení Komise (EU) č. 68/2013 nezahrnuje hořčici, jako takovou, proto tabulka uvádí popis a deklarace hořčičných otrub, které jsou v nařízení zpracovány.

Hořčice zahrnuje druhy z čeledi Brassicaceae. Je to kulturní rostlina, která se pěstovala již 2000 let př. Kr. U nás má největší význam hořčice bílá (*Sinapis alba*). Palčivost všech částí rostliny je využívána k ochucování různých druhů pokrmů. Semena nejčastěji pěstovaných odrůd obsahují 30 % bílkovin a 30 % oleje. Kvalita vyrobené hořčice záleží na hořčičném glykosidu sinalbinu (Chloupek et al. 2005, Tauferová et al. 2014). Hořčice má mnoho zdravotních účinků, mezi které patří povzbuzování sekrece žaludku a činnosti slinných žláz, povzbuzování srdeční činnosti, zvyšování krevního tlaku, žlučopudné a antibakteriální působení. Hořčičné semeno je používáno rovněž ve farmakologii a při produkci oleje (Tauferová et al. 2014). Hořčice je alergenem, který způsobuje asi 1,1 % potravinových alergií u dětí (Morisset et al. 2003).

2.2.4.2 Len

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|--------------|---|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklaráce |
| 2.8.1 | lněné semeno | Semena lnu <i>Linum usitatissimum</i> L. (botanická čistota nejméně 93 %) celá, mačkaná nebo drcená. Může být ruminálně chráněný. | - |

Len olejný (*Linum usitatissimum* L.) je v celosvětovém měřítku nejrozšířenější skupinou lnu (77 %), zbylou část tvoří len přadný. Semeno lnu olejného je využíváno převážně k výrobě technického oleje. Pokrutiny slouží do krmných směsí. Potravinářský len se využívá v pekařských technologiích a farmaceutickém průmyslu (Taufarová et al. 2014). Lněné semeno je velmi bohatým zdrojem omega-3 mastných kyselin a lignanů. Jeho zastoupení ve stravě se pravděpodobně podílí na zabránění hypercholesterolemie a souvisejících srdečních příhod a infarktů (Prasad 1997).

2.2.4.3 Řepka

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|----------------|---|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklaráce |
| 2.14.1 | řepkové semeno | Semena řepky <i>Brassica napus</i> L. ssp. <i>oleifera</i> (Metzg.) Sinsk., indické <i>Brassica napus</i> L. var. <i>glauca</i> (Roxb.) O. E. Schulz a řepky <i>Brassica rapa</i> spp. <i>oleifera</i> (Metzg.) Sinsk. Botanická čistota nejméně 94 %. Může být ruminálně chráněný. | - |

Řepka olejná je v České Republice nejvýznamnější pěstovanou olejinou. Zralé semeno řepky obsahuje 6 – 8 % vody, obsah oleje v celém semeni se pohybuje okolo 40 %, obsah bílkovin asi 22 % s příznivým složením z hlediska výživy člověka. Pro lidskou výživu byly vyšlechtěny bezerukové odrůdy, za účelem zvýšení krmné hodnoty pokrutin se šlechtí odrůdy se sníženým obsahem glukosinolátů (Chloupek et al. 2005, Taufarová et al. 2014). Ačkoliv výsledky průzkumů znalostí spotřebitelů o složení řepkového oleje ukazují na velké nedostatky v této oblasti, řepkový olej je v současnosti odborníky považován za velmi dobrou dietní potravinu a Evropská unie organizuje projekty určené k jeho propagaci mezi běžné spotřebitele. Oproti slunečnicovému oleji běžně používanému k tepelné úpravě pokrmů má řepkový olej lepší tepelnou stabilitu a nižší obsah nasycených mastných kyselin. Řepkový olej patří ve výživě k nejlepším zdrojům esenciálních omega-3 nenasycených mastných kyselin (Brát et al. 2013).

2.2.4.4 Slunečnice

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|---------------------|---|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklaráce |
| 2.19.1 | slunečnicové semeno | Semena slunečnice <i>Helianthus annus</i> L. Výrobek může být ruminálně chráněný. | - |

Semena slunečnice roční (*Helianthus annus* L.) obsahují 50 – 60 % oleje s vysokým obsahem vitamínu E. Nažky slunečnice lze kromě výroby potravinářského oleje zpracovávat na mastné kyseliny, tokoferol, lecitin a vosky. K technickým účelům se využívají na výrobu změkčovadel a motorového oleje. Odrůdy vyznačující se většími a méně olejnatými semeny jsou přednostně určeny pro přímý konzum (Chloupek et al. 2005, Tauferová et al. 2014). Tradiční slunečnicový olej je zdrojem polynenasycených mastných kyselin, především kyseliny linolové. V lidské výživě se po mnoho let používá s cílem snížení příjmu nasycených mastných kyselin obsažených především v tucích získaných z živočišných zdrojů. Kyselina linolová, převládající mastná kyselina slunečnicového oleje snižuje hladinu plazmatického cholesterolu, mírně snižuje také hladinu triglyceridů v plazmě (Delplanque 2000).

2.3 Luskoviny

Luskoviny jsou nezastupitelnými plodinami z pohledu zemědělského i agroekologického. Ve středomořských podmínkách se pěstují především hrách, bob, sója, lupina, čočka a vikev. Existuje mnoho druhů, poddruhů, pěstitelských forem a variet, stovky odrůd hodících se pro různá uplatnění (Houba et al. 2009).

2.3.1 Využití luskovin

Využívají se v potravinářství a krmivářství, kde se uplatňují semena, a hovoříme o luštěninách. Dále může být používána zelená hmota jako celé nebo zpracované rostliny. Luskoviny se uplatňují také ve farmaceutickém průmyslu a škrobárenství (Houba et al. 2009).

2.3.2 Luskoviny z pohledu výživy člověka

K jedlým luskovinám se tradičně řadí: hrách, fazol, čočka a sója, v potravinářství se dále uplatňuje též hrachor, cizrna a bob. Konzumují se produkty ze zralých, suchých semen. Další možností je konzumovat nezralá semena nebo lusky jako zeleninu. Spotřeba luskovin ve výživě lidí dosahuje celosvětově 1 – 25 kg na osobu za rok, Česká republika se tak se spotřebou 1 – 2 kg na osobu za rok řadí k zemím s nejnižší konzumací luštěnin (Hosnedl et al. 1998, Tauferová et al. 2014).

Chemickým složením o vysokém podílu bílkovin, obsahu vlákniny a příznivé skladbě škrobu hrají luskoviny významnou roli ve správné výživě. Celková biologická hodnota rostlinných bílkovin je nižší než hodnota bílkovin z živočišných zdrojů a nutriční hodnotu snižuje také obsah antinutričních látek. K důležitým složkám luštěnin patří vysoký obsah vitaminů skupiny B a minerálních látek (fosforu, vápníku, hořčíku, železa, zinku, manganu, mědi, kobaltu, molybdenu, jodu, fluoru aj.).

Suchá semena luskovin mají tzv. nízký glykemický index, jsou proto výhodným zdrojem sacharidů i v rámci diabetické diety, prevenci a léčbě kardiovaskulárních onemocnění a obezity (Hosnedl et al. 1998).

2.3.3 Chemické složení

Největší podíl je tvořen sacharidy, významem se na první místo dostávají bílkoviny.

2.3.3.1 Bílkoviny

Bílkoviny běžně tvoří asi 20 – 25 % hmoty zrna (u hrachu, čočky, fazolu). Vyšší obsah bílkovin má zrno lupiny a sóji (34 – 38 %). Tyto bílkoviny jsou složeny z globulinů a albuminů a v malém množství také z glutelinů. Bílkoviny luštěnin mají vysokou biologickou hodnotu, jsou však známé deficitem sirných aminokyselin (Kučerová et al. 2007). Výživová hodnota bílkovin je vyšší než u obilnin, přesto patří rovněž mezi bílkoviny neplnohodnotné. Výhodnou kombinací jsou luštěniny v pokrmu s obilninami, kdy dojde ke zvýšení výživové hodnoty a může být dosaženo i kvality plnohodnotných bílkovin. Bílkovina sóji může u některých jedinců vyvolávat alergickou reakci (Blatná et al. 2005).

2.3.3.2 Tuky

Tuky tvoří v našich luskovinách asi 1 – 1,5 % semene. Větší množství tuků obsahuje sója (17 – 25 %). Jejich součástí jsou i fosfolipidy, zejména lecitin, jehož největší množství obsahuje opět sója (Kučerová et al. 2007). Složení mastných kyselin je příznivé. Ve výživě dále pozitivně působí také rostlinné steroly, které doprovázejí lipidy obsažené v luštěninách (Blatná et al. 2005).

2.3.3.3 Sacharidy

Sacharidy tvoří 52 – 60 % semene luštěnin (u sóji 20 – 30 %). Některé oligosacharidy – rozpustné cukry stachyosa, verbakosa a rafinosa jsou příčinou nežádoucího nadýmání. Největší podíl sacharidů však tvoří škrob. Vysoký je také obsah vlákniny (3,5 – 5,5 %), koncentrované zejména ve slupkách (Kučerová et al. 2007).

2.3.3.4 Minerální látky

Obsah minerálních látek v semenech se různí, pohybuje se okolo 3 – 4 %. Hlavními prvky jsou draslík a fosfor (Kučerová et al. 2007). Minerální látky z luštěnin jsou většinou špatně využitelné (Blatná et al. 2005).

2.3.3.5 Vitaminy

Luštěniny mají podobný, někdy vyšší obsah vitaminů jako obilniny. Jedná se především o vitaminy skupiny B, retinoly a tokoferoly (Kučerová et al. 2007).

2.3.3.6 Antinutriční a přirozeně toxické látky

Antinutriční a přirozeně toxické látky snižují nutriční hodnotu luštěnin. Mezi tyto látky patří glykosidy – linamarin, inhibitory proteas, saponiny, fenolové složky, goitrogenní látky a další. Teplota 85 °C většinu těchto inhibitorů zničí díky jejich termolabilitě. Některé z antinutričních látek jsou za určitých okolností také zdraví prospěšné. Jedná se např. o kyselinu fytovou, isoflavony či saponiny (Blatná et al. 2005, Kučerová et al. 2007). V obsahu antinutričních a toxických látek vynikají sójové boby (Blatná et al. 2005).

2.3.4 Analyzované druhy

2.3.4.1 Hrách

| Dle nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny | | | |
|---|-------|--|-------------------|
| Číslo | Název | Popis | Povinné deklaráce |
| 3.11.1 | hrách | Semena rostliny <i>Pisum</i> spp. Výrobek může být ruminálně chráněný. | - |

Hrách setý (*Pisum sativum* L.) je jarní luskovina pěstovaná především pro konzumní účely. Semeno obsahuje asi 25 % bílkovin (Taufarová et al. 2014). Suchá semena hrachu setého polního jsou využívána jako potravina, pochutina, krmivo a surovina k výrobě škrobu. Nezralá semena hrachu dřeňového jsou zeleninou a mohou se konzervovat, v suchém stavu mají příznivé složení pro výrobu škrobu. Nezralé lusky hrachu cukrového jsou plodovou zeleninou. U hrachu rolního se využívají celé rostliny formou píce ke krmení hospodářských zvířat (Houba et al. 2009). Po stránce výživy hospodářských zvířat oceňujeme u hrachu vysoký obsah bílkovin (22 – 26 % hrubých bílkovin) a skladbu aminokyselin. Hrách (zejména dřeňový) obsahuje také lecitin. Hrách je zdrojem vitaminů A, B₁, B₂ a C, v jeho klíčku je také vitamin E. Další hlavní složkou hrachu jsou sacharidy (46 – 58 %), vláknina je zastoupena asi v 5 – 6 %. Obsah popelovin se pohybuje okolo 2 – 4 % (Petr et al. 1973). Review z roku 2012 zabývající se zdravotními účinky hrachu v lidské stravě dokumentuje celou škálu látek s pozitivním vlivem. Vláknina podporuje gastrointestinální funkce organismu a společně s amylózou snižuje stravitelnost škrobu a glykemický index hrachu. Hydrolyzovaný protein hrachu poskytuje bioaktivní peptidy s antioxidační aktivitou. Hrách dále svým obsahem vitaminů a minerálních látek napomáhá v prevenci zdravotních rizik spojených s nedostatkem selenu a kyseliny listové. Polyfenoly mohou vykazovat antioxidační a antikarcinogenní aktivitu. Saponiny známé taktéž pro antikarcinogenní působení dále snižují hladinu cholesterolu v krvi. Oligosacharidy hrachu blahodárně podporují působení probiotik v tlustém střevě (Dahl et al. 2012).

3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo analyzovat vzorky potravin pomocí NIR analyzátoru DA 7200 od firmy PERTEN Instruments AB, porovnat naměřené výsledky s tabulkovými hodnotami a výsledky chemického rozboru a na základě toho posoudit, zda je přístroj vhodný k rutinní analýze potravinářských vzorků obilnin, celých semen olejnin a vybraných luskovin. Studovali jsme vliv úpravy zrn a semen na výsledek analýzy. Použili jsme analýzu celých, drcených a mletých zrna a semen.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Charakteristika a původ vzorků

K měření byly použity vzorky získané od firmy Sojka se sídlem v areálu hospodářského družstva Tišnov, Janáčkova ulice č. 513, která provádí nákup, skladování, čištění, kontrolu kvality, nakládku a prodej následujících zemědělských produktů: potravinářské obilí, krmné obilí, luštěniny a olejniny.

Konkrétně se jednalo o vzorky pšenice, pšeničného šrotu, ječmene, ječmenného šrotu, žita, ova, tritikale, prosa, kukuřice, kukuřičného šrotu, hořčice, lnu, řepky, slunečnice a hrachu. Veškeré z těchto komodit byly firmou Sojka pořízeny od zemědělců pěstujících na zemědělských plochách v blízkosti města Tišnov, v Jihomoravském kraji. Ke vzorkům jsem získala podrobnější informace rozhovorem s majitelem firmy panem Ing. Sojkou. Tyto informace o odrůdě, lokalitě vypěstování a roku sklizně jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tab. č. 3: Přehled informací o vzorcích použitých k analýze NIR spektroskopii

| Číslo | Vzorek | Odrůda | Lokalita | Rok |
|-------|--------------------|--------------------|------------------|------|
| 1 | Pšenice ozimá | Potenzial | Předklášteří | 2014 |
| 2 | Pšenice ozimá | Potenzial | Hvozdec | 2014 |
| 3 | Pšenice ozimá | Potenzial | Rohozec | 2014 |
| 4 | Pšenice ozimá | Tiguan | Maršov | 2014 |
| 5 | Pšenice ozimá | Apache | Litava | 2014 |
| 6 | Pšenice ozimá | Cubus | Řepka | 2014 |
| 7 | Pšenice ozimá | Sakura | Veverská Bítýška | 2014 |
| 8 | Ječmen sladovnický | Irina | Předklášteří | 2014 |
| 9 | Ječmen sladovnický | Irina | Deblín | 2014 |
| 10 | Ječmen sladovnický | Irina | Hvozdec | 2014 |
| 11 | Ječmen sladovnický | Bojos | Malhostovice | 2014 |
| 12 | Ječmen jarní | Heris | Drásov | 2014 |
| 13 | Ječmen jarní | Heris | Drásov | 2014 |
| 14 | Žito seté | Fugato | Hvozdec | 2014 |
| 15 | Oves setý | Zlaťák | Předklášteří | 2014 |
| 16 | Tritikale ozimé | Tulus | Deblín | 2014 |
| 17 | Proso seté | „mix“ | Ponětovice | 2014 |
| 18 | Kukuřice setá | 220x240 hybrid KWS | Brťov | 2014 |
| 19 | Hořčice bílá | Polarka | Deblín | 2014 |
| 20 | Len olejný | „neznámá“ | Drahonín | 2014 |

| | | | | |
|----|------------------|--------------------|-----------|------|
| 21 | Řepka ozimá | Artoga | Deblín | 2014 |
| 22 | Slunečnice černá | „neznámá“ | Třebíč | 2013 |
| 23 | Hrách setý | Concorde | Šerkovice | 2014 |
| 24 | Šrot kukuřičný | 220x240 hybrid KWS | Brťov | 2014 |
| 25 | Šrot ječmenný | Heris | Drásov | 2014 |
| 26 | Šrot pšeničný | Apache | Litava | 2014 |

4.2 Příprava vzorků

Vzorky byly připraveny vysypáním na síto, kde byly důkladně prohlédnuty a byly z nich vybrány cizí částice (zejména části stonků rostlin). Poté byly přesypány do plastových širokohrdlých bílých lahví o objemu 500 ml, uzavřeny a takto skladovány v prostoru laboratoře. Pro analýzu vzorků v základním stavu nebyly před měřením vzorky dále upravovány. Vzorky určené k analýze v drceném stavu byly připraveny drcením pomocí laboratorního šrotovníku MM od společnosti MEZOS spol. s r. o. Každý z nich byl vždy nasypán do 1 cm výše šrotovací komory a následně šrotován po dobu 1 sekundy. Takto připravený vzorek byl následně analyzován. Mletý stav vzorků byl zajištěn šrotováním pomocí laboratorního šrotovníku nasypáním do výše 1 cm šrotovací komory a šrotováním třikrát po dobu 9 sekund. Takto připravené vzorky byly dále analyzovány.

4.3 Metoda NIR

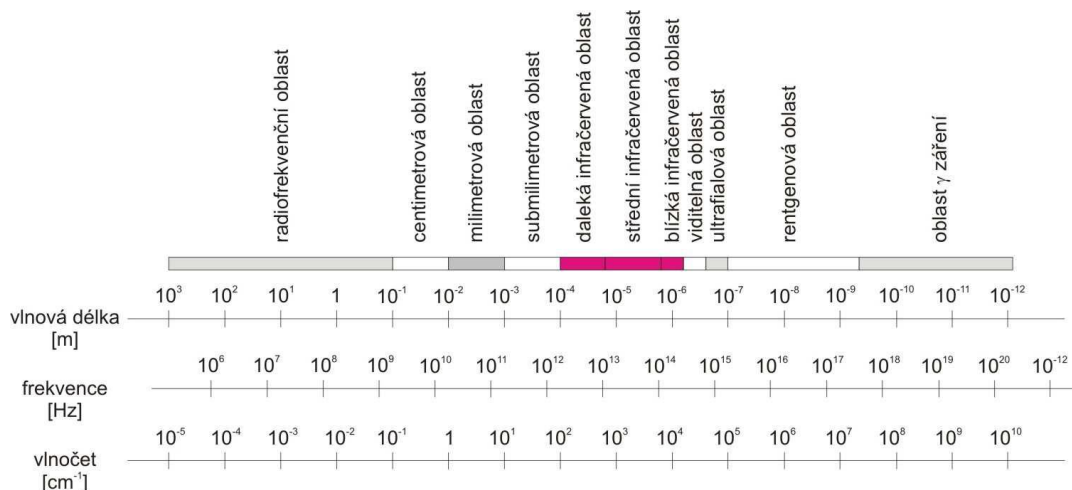
4.3.1 Princip infračervené spektrometrie

Princip infračervené spektrometrie spočívá v absorpci infračerveného záření molekulami látek. Infračervené záření má větší vlnovou délku a zároveň nižší energii než ultrafialové a viditelné záření. Infračervené záření spadá do oblasti elektromagnetického spektra v rozmezí 0,78 a 1000 μm . Místo vlnové délky se v infračervené spektrometrii používá také vlnočet. Infračervená oblast spektra má tyto části:

- blízká infračervená oblast (0,78 – 2,5 μm , tj. 12800 – 4000 cm^{-1});
- střední infračervená oblast (2,50 – 50 μm , tj. 4000 – 200 cm^{-1});
- vzdálená infračervená oblast (50 – 1000 μm , tj. 200 – 10 cm^{-1}).

Energie infračerveného záření není schopna měnit elektronové stavy, ale je zodpovědná za změny vibračních a rotačních stavů molekul. Infračervená absorpční spektra jsou vibračně – rotační (Klouda 2003).

Získané hodnoty vibračních energií souvisejí s pevností chemických vazeb, s molekulovou geometrií a hmotností jader, tj. se strukturou molekul. Přestože je tedy infračervená spektroskopie využívána k analýze makroskopických vzorků, je založena na interakci mikročástic (molekul) s infračerveným zářením (Kania 2007).



Obr. č. 1: Elektromagnetické spektrum (Kania 2007)

4.3.2 Příklady aplikací

V následujících tabulkách je uveden přehled příkladů aplikací na bázi kvalitativní a kvantitativní analýzy NIR.

Tab. č. 4: Aplikace na bázi kvalitativní NIR analýzy (Míka et al. 2008)

| Aplikace na bázi kvalitativní NIR analýzy |
|---|
| Predikce botanického složení porostu |
| Predikce olistění ve šlechtitelských programech trav, jetelovin aj. |
| Podíly jednotlivých komponent v krmných směsích |
| Odlíšení amorfni od krystalické formy |
| Přetřídění promíchaných materiálů či rozdělení různorodých souborů do podskupin |
| Měření barvy |
| Měření výživového stavu travního porostu, vodního stresu rostlin |

Tab. č. 5: Aplikace na bázi kvantitativní NIR analýzy (Míka et al. 2008)

| Aplikace na bázi kvantitativní NIR analýzy |
|--|
| Stanovení výživné hodnoty krmiv |
| Kvalita semen řepky |
| Kvalita potravinářských surovin a výrobků |
| Predikce obsahu dusíku |
| Predikce obsahu tuku |
| Kontrola kvality krmiv pro drobná domácí a okrasná zvířata |
| Predikce frakcí C v půdách |

4.4 NIR analyzátor

NIR analyzátor, na kterém probíhalo měření, byl Mendelovou univerzitou zakoupen od společnosti BioPro s. r. o., u které je v současné době podporována síť analyzátorů DA 7200 od švédské firmy PERTEN Instruments AB (Anonym 1). Analyzátor DA 7200 je spektrometr pro blízkou infračervenou reflektanci (NIR) navržený s cílem analyzovat zrniny, potraviny a krmiva. Využívá moderní optiku založenou na technologii diodového pole při sběru dat na všech vlnových délkách současně. Práce s přístrojem probíhá podle hesla „nasyp a vlož“, analýza trvá pouze několik sekund. Měření je bezkontaktní. Analyzovány mohou být rozličné typy vzorků bez předchozí úpravy (Anonym 2).

4.4.1 Aplikace DA 7200 NIR analyzátoru

Přístroj je dle výrobce vhodný pro analýzu všech zrnin a téměř všech konečných produktů vytvořených mokřím i suchým mletím. Je schopen analyzovat suroviny, meziprodukty i hotové potraviny a krmiva. Je vhodný pro analýzu všech druhů olejnatých semen a šrotů. Může analyzovat snídaňové cereálie, ovoce, zeleninu, mlékárenské výrobky a další potraviny. Tří – sekundové bezkontaktní měření bez nutnosti přípravy vzorku, čištění nebo změny uspořádání přístroje v případě rozdílných typů vzorků umožňuje snadnou analýzu (Anonym 2).

Hardware - Jedná se o kompaktní stolní přístroj. Obsahuje vestavěnou stacionární mřížku potaženou zlatem, která umožňuje separaci vlnových délek a diodového pole pro detekci energií s odezvou výsledku v sekundách. Rozsah přístroje činí 950 - 1650 nm. Má vestavěný počítač, dotykovou obrazovku, otáčení misky se vzorkem a automatizovaný referenční terč zajišťující stabilitu a přesnost přístroje (Anonym 2).

Software - Obslužný software se nazývá Simplicity. Ovládá se pomocí jednotlivého módu analýzy s dostupným vyhledáváním odlehlých výsledků (Anonym 2).

4.4.2 Technické parametry

Technické parametry DA 7200 NIR analyzátoru jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. č. 6: Technické parametry DA 7200 NIR analyzátoru (Anonym 2)

| | |
|--|--|
| Napětí | 115/230 V, 50/60 Hz, 115 W |
| Rozměry (výška x délka x šířka) | 556 x 375 x 370 mm, s dotykovou obrazovkou v horní části |
| Hmotnost | 21 kg |
| Rozsah vlnových délek | 950 – 1650 nm |
| Provozní prostředí | teplota 5 – 35 °C, vlhkost 35 – 80 % |
| Produkty | všechny druhy zrnin, granule, mouka, pasty atd. |
| Parametry | vlhkost, bílkoviny, tuk, vláknina, škrob a další |

4.5 Postup měření vzorků metodou NIR a způsob vyhodnocení

Každý vzorek byl měřen ve třech různých variantách, a to v základním stavu, drcený a mletý.

Vzorky v základním stavu byly na přístroji analyzovány celkem ve třech kolech. Každé z těchto kol obsahovalo 3 měření. Výsledky každého z těchto 3 měření byly vždy získány průměrem dvojího měření, což je dáno nastavením vlastního přístroje.

Stejně jako vzorky v základním stavu byly ve třech kolech analyzovány také vzorky drcené. Každé z těchto kol obsahovalo 3 měření.

U vzorků v mleté podobě opět proběhla tři kola měření. Každé z kol zahrnovalo 3 po sobě jdoucí měření a ve všech případech byly výsledky dány průměrem ze dvou analýz provedených přístrojem na základě jeho nastavení.

K biometrické analýze získaných dat byly použity metody popsané v knize Snedecor, Cochran (1971). K vyhodnocení jsme použili metodu souhrnných charakteristik, ANOVA a nebo kovariance. K porovnání rozdílů mezi jednotlivými skupinami vzorků jsme k hodnocení použili metody popsané ve stejné knize (vyvážené i nevyvážené modely). Kontrasty mezi průměry jsme hodnotili Scheffého testem (Scheffé, 1959).

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Obilniny

5.1.1 Pšenice

Tab. č. 7: Hodnoty zjištěné z tabulek - pšenice

| Parametr | HONDOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | 107,4 | 130,0 | 130,0 | 150,0 |
| Hrubý protein [g/kg] | 132,1 | 125,9 | 126,0 | 118,0 |
| Škrob [g/kg] | 577,7 | 594,0 | 594,0 | - |
| Hrubá vláknina[g/kg] | 107,0 | 26,9 | 27,0 | - |

Literatura uvádí vlhkost, tedy obsah vody v pšenici od 107,4 do 150 g.kg⁻¹, obsah hrubého proteinu 118 až 132,1 g.kg⁻¹. Z tabulek zjištěný obsah škrobu je 577,7 a 594 g.kg⁻¹. Moughan, Verstegen a Wisser-Reyneveld (1995) uvádí obsah škrobu v pšeničném zrně 651 g.kg⁻¹. Největší odlišnost mezi nalezenými daty je v hodnotách hrubé vlákniny, která v české literatuře odpovídá zhruba 27 g.kg⁻¹, zatímco v databázi USDA je uvedena jako 107 g.kg⁻¹. Tato odlišnost může vyplývat ze skutečnosti, že v případě amerických tabulek nejsou zaneseny údaje pro celá zrna pšenice, ale pro pšeničnou mouku.

Následující tabulky ukazují výsledky vlastního měření vzorků pšenice pomocí NIR analyzátoru.

Tab. č. 8: Naměřené hodnoty pro vlhkost - pšenice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | Dle tabulek |
|--|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Pšenice ozimá Potenzial (Předklášteří) | 127,3 ± 1,02 | 126,2 ± 1,19 | 122,7 ± 1,83 | 107 – 150 |
| Pšenice ozimá Potenzial (Hvozdec) | 121,7 ± 0,48 | 120,7 ± 0,74 | 122,0 ± 1,96 | |
| Pšenice ozimá Potenzial (Rohozec) | 128,2 ± 0,53 | 125,0 ± 0,96 | 125,1 ± 2,53 | |
| Pšenice ozimá Tiguan (Maršov) | 119,4 ± 0,67 | 118,5 ± 1,41 | 116,4 ± 1,27 | |
| Pšenice ozimá Apache (Litava) | 123,1 ± 0,74 | 122,0 ± 2,08 | 121,4 ± 1,95 | |
| Pšenice ozimá Cubus (Řepka) | 126,3 ± 0,63 | 127,4 ± 1,73 | 122,8 ± 1,88 | |
| Pšenice ozimá Sakura (Veverská Bítýška) | 120,2 ± 0,53 | 119,8 ± 1,69 | 118,9 ± 1,70 | |
| Pšeničný šrot Apache | 109,9 ± 0,80 | | | |

Celkový obsah vody ve všech měřených vzorcích zrn pšenice se pohyboval v rozmezí 116,4 (± 1,27) až 128,2 (± 0,53) g.kg⁻¹, u šrotu byla naměřena hodnota 109,9 (± 0,80) g.kg⁻¹. Všechna zjištěná data tedy korespondovala s hodnotami popsány v literatuře, většina z nich se blížila hodnotám uváděným v českých zdrojích (Vyskočil et al. 2008, Zeman et al. 1995).

Hodnota získaná měřením pšeničného šrotu se výrazně lišila od hodnot zjištěných u celých zrn a zrn upravených drcením a mletím

U pěti ze sedmi připravených vzorků zrn měření ukázalo vyšší obsah vody v celém zrně než v zrně drceném či mletém. V celé tabulce pozorujeme poměrně výrazné rozdíly mezi výsledky měření celých, drcených a mletých vzorků též zrn.

Tab. č. 9: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - pšenice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | | Dle tabulek |
|--|-----------------------|--------------|--------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | | |
| | celé | drcené | mleté | Chemická analýza | |
| Pšenice ozimá Potenzial (Předklášteří) | 103,1 ± 2,36 | 94,4 ± 0,85 | 59,7 ± 1,56 | 105,3 | 118-132 |
| Pšenice ozimá Potenzial (Hvozdec) | 133,6 ± 1,59 | 124,1 ± 0,87 | 107,1 ± 2,06 | 127,2 | |
| Pšenice ozimá Potenzial (Rohozec) | 130,7 ± 2,28 | 120,1 ± 0,72 | 106,7 ± 1,64 | 122,1 | |
| Pšenice ozimá Tiguan (Maršov) | 128,8 ± 1,20 | 114,6 ± 0,53 | 103,4 ± 1,51 | 118,7 | |
| Pšenice ozimá Apache (Litava) | 129,3 ± 1,78 | 116,5 ± 0,72 | 100,9 ± 2,71 | 120,8 | |
| Pšenice ozimá Cubus (Řepka) | 143,9 ± 1,26 | 138,9 ± 0,80 | 117,9 ± 3,38 | 130,5 | |
| Pšenice ozimá Sakura (Veverská Bítýška) | 126,5 ± 1,71 | 119,2 ± 1,20 | 107,2 ± 2,16 | 124,9 | |
| Pšeničný šrot Apache | 126,8 ± 1,20 | | | | |

Hodnoty hrubého proteinu ve vzorcích by se podle tabulek měly pohybovat v rozpětí 118 až 132,1 g.kg⁻¹. Nejnižší hodnota zjištěná měřením však byla 59,7 (± 1,56) g.kg⁻¹, nejvyšší zjištěná hodnota 143,9 (± 1,26) g.kg⁻¹.

Vzorek pšenice z Předklášteří vykazuje podle NIR analýzy oproti ostatním vzorkům odlišné – výrazně nižší hodnoty.

U všech vzorků zrn pšenice analyzovaných NIR jsme pozorovali stejný trend výsledků, kdy hodnoty hrubého proteinu byly nejvyšší pro celá zrna a nejnižší pro mletá zrna, přestože pro drcení i mletí byla použita stejná celá zrna vzorků.

Ačkoliv mleté vzorky vykazovaly hodnoty od 59,7 (± 1,56) do 117,9 (± 3,38) g.kg⁻¹, u šrotu byla hodnota hrubého proteinu naměřena jako 126,8 (± 1,20) g.kg⁻¹ a odpovídala tedy spíše hodnotám u celých a drcených zrn.

Obsah hrubého proteinu byl dále stanoven chemickou analýzou. Ta potvrdila nejnižší obsah hrubého proteinu ve vzorku pšenice z Předklášteří (105,3 g.kg⁻¹), u ostatních vzorků přinesla podobné výsledky jako provedená NIR analýza. Hodnoty obsahu hrubého proteinu stanoveného chemickou analýzou se ve vzorcích zrn pohybovaly v rozmezí od 105,3 do 130,5 g.kg⁻¹.

Z výsledků je patrné, že nejvyšší hodnoty jsme našli u celého zrna, nižší hodnoty u drceného a nejnižší hodnoty u mletého zrna. Z toho je zřejmé, že přístroj nelze bez

patříčné kalibrace pro tento typ úpravy používat. Mletí zrn zhoršuje výsledky analýz a do budoucna bude nutné provést důkladné srovnání chemických a naměřených hodnot a provést nové kalibrace. Tuto činnost nelze provádět bez součinnosti s prodejcem přístroje. V průběhu zpracování jsme se obrátili o pomoc při kalibraci na firmu Perten ze Švédska, firma však nesouhlasila se spoluprací, a proto byla firmou BioPro (Ing. Bien) provedena jen jedna korekce rovnic pro analýzu naměřených dat.

Tab. č. 10: Naměřené hodnoty pro škrob – pšenice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | ŠKROB [g/kg] | | | Dle tabulek |
|---|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měření vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Pšenice ozimá Potenzial (Předklášteří) | 631,4 ± 4,00 | 632,2 ± 2,55 | 602,3 ± 2,28 | 577 - 594 |
| Pšenice ozimá Potenzial (Hvozdec) | 625,8 ± 2,16 | 612,8 ± 2,40 | 591,8 ± 3,49 | |
| Pšenice ozimá Potenzial (Rohozec) | 650,8 ± 2,72 | 636,7 ± 2,25 | 615,0 ± 2,55 | |
| Pšenice ozimá Tiguan (Maršov) | 617,7 ± 1,96 | 597,6 ± 2,59 | 593,5 ± 2,02 | |
| Pšenice ozimá Apache (Litava) | 614,2 ± 2,16 | 601,5 ± 2,25 | 584,4 ± 1,74 | |
| Pšenice ozimá Cubus (Řepka) | 640,8 ± 2,85 | 622,5 ± 2,66 | 604,8 ± 2,85 | |
| Pšenice ozimá Sakura (Veverská Bítýška) | 652,8 ± 2,38 | 637,4 ± 1,79 | 621,2 ± 2,91 | |
| Pšeničný šrot Apache | 619,5 ± 3,54 | | | |

V případě zjišťování obsahu škrobu byla většina hodnot vyšší, než jsou hodnoty odečtené z tabulek udávající běžný obsah škrobu od 577,7 do 594 g.kg⁻¹ (Anonym 3 2001, Vyskočil a et al. 2008, Zeman et. al 1995). Škrob se podle NIR analýzy ve všech vzorcích pohyboval od 591 (± 3,49) do 652,8 (± 2,38) g.kg⁻¹.

Ve všech případech vzorků zrn s výjimkou vzorku pšenice z Předklášteří byla naměřena vždy nejvyšší hodnota obsahu škrobu pro celá zrna a nejnižší hodnota pro zrna mletá.

Tab. č. 11: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu – pšenice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÁ VLÁKNINA [g/kg] | | | Dle tabulek |
|---|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Pšenice ozimá Potenzial (Předklášteří) | 23,5 ± 0,51 | 23,0 ± 0,23 | 23,8 ± 0,00 | 27 - 107 |
| Pšenice ozimá Potenzial (Hvozdec) | 22,2 ± 0,47 | 23,1 ± 0,00 | 24,0 ± 0,35 | |
| Pšenice ozimá Potenzial (Rohozec) | 21,2 ± 0,31 | 22,2 ± 0,31 | 23,6 ± 0,35 | |
| Pšenice ozimá Tiguan (Maršov) | 22,0 ± 0,37 | 23,8 ± 0,00 | 23,9 ± 0,23 | |
| Pšenice ozimá Apache (Litava) | 23,3 ± 0,35 | 24,1 ± 0,37 | 24,6 ± 0,23 | |
| Pšenice ozimá Cubus (Řepka) | 21,5 ± 0,31 | 22,7 ± 0,37 | 23,9 ± 0,23 | |
| Pšenice ozimá Sakura (Veverská Bítýška) | 20,5 ± 0,35 | 22,2 ± 0,35 | 22,9 ± 0,31 | |
| Pšeničný šrot Apache | 22,8 ± 0,37 | | | |

Všechny výsledky NIR analýzy ukázaly nižší hodnoty obsahu hrubé vlákniny, než jaký uvádí tabulky (Anonym3 2001, Vyskočil a et al. 2008, Zeman et. al 1995). Stanovený obsah vlákniny ve vzorcích se pohyboval od 20,5 (± 0,31) do 24,6 (± 0,23) g.kg⁻¹.

Výsledky měření u všech vzorků ukázaly nejnižší hodnotu obsahu hrubé vlákniny u celých zrn a nejvyšší hodnotu obsahu u zrn mletých.

5.1.2 Ječmen

Tab. č. 12: Hodnoty zjištěné z tabulek - ječmen

| Parametr | HODNOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | 94,4 | 120,0 | 135,0 | 100,0 |
| Hrubý protein [g/kg] | 124,8 | 111,7 | 116,3 | 105,0 |
| Škrob [g/kg] | - | 536,3 | 533,0 | 528,0 |
| Hrubá vláknina [g/kg] | 173,0 | 49,1 | 60,0 | - |

Tabulka č. 12 shrnuje nalezené údaje o obsahu vody, hrubého proteinu, škrobu a hrubé vlákniny v literatuře. Hodnoty jsou v rámci různých tabulek podobné, potvrzuje je také Ewing (1997). Liší se obsah hrubé vlákniny uvedený v amerických přehledech (Anonym3 2011).

Následující tabulky ukazují výsledky vlastního měření vzorků ječmene NIR analýzou.

Tab. č. 13: Naměřené hodnoty pro vlhkost - ječmen (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | Dle tabulek |
|---|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Ječmen sladovnický Irina (Předklášteří) | 114,3 ± 2,59 | 107,1 ± 1,67 | 104,3 ± 5,00 | 94 - 135 |
| Ječmen sladovnický Irina (Deblín) | 114,3 ± 1,10 | 138,0 ± 5,02 | 98,7 ± 3,05 | |
| Ječmen sladovnický Irina (Hvozdec) | 109,0 ± 1,45 | 130,3 ± 4,37 | 104,1 ± 5,90 | |
| Ječmen sladovnický Bojos (Malhostovice) | 102,3 ± 1,27 | 122,8 ± 3,17 | 109,2 ± 6,95 | |
| Ječmen jarní Heris krmný (Drásov) | 104,3 ± 1,23 | 124,4 ± 3,70 | 115,1 ± 5,58 | |
| Ječmen jarní Heris (Drásov) | 107,6 ± 2,07 | 127,6 ± 4,57 | 118,9 ± 2,97 | |
| Ječmenný šrot Heris | 114,5 ± 2,88 | | | |

Výsledky získané měřením vlhkosti ve vzorcích ječmene přibližně odpovídaly hodnotám uváděným v literatuře a pohybovaly se v rozmezí od 98,7 ($\pm 3,05$) g.kg⁻¹ do 138,0 ($\pm 5,02$) g.kg⁻¹, kdy obě krajní hodnoty byly naměřeny u stejného vzorku ječmene z Deblína.

U některých vzorků se výsledky měření v jednotlivých úpravách (celé zrno, drcené a mleté) výrazně lišily ($P < 0,05$). Nejvyšší hodnoty naměřené vlhkosti vycházely u všech vzorků z měření zrna v drceném stavu.

Tab. č. 14: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - ječmen (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | | Dle tabulek |
|---|-----------------------|--------------|--------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Chemická analýza | |
| | celé | drcené | mleté | | |
| Ječmen sladovnický Irina (Předklášteří) | 97,1 ± 4,55 | 94,1 ± 1,36 | 102,0 ± 0,85 | 105,4 | 105 – 125 |
| Ječmen sladovnický Irina (Deblín) | 137,3 ± 1,60 | 127,5 ± 1,00 | 116,9 ± 5,06 | 117,9 | |
| Ječmen sladovnický Irina (Hvozdec) | 85,6 ± 2,32 | 86,4 ± 1,47 | 91,6 ± 1,47 | 109,7 | |
| Ječmen sladovnický Bojos (Malhostovice) | 126,1 ± 1,94 | 115,6 ± 1,59 | 117,1 ± 1,06 | 121,3 | |
| Ječmen jarní Heris krmný (Drásov) | 123,6 ± 1,04 | 115,3 ± 1,64 | 113,6 ± 2,75 | 120,4 | |
| Ječmen jarní Heris (Drásov) | 159,3 ± 2,31 | 146,7 ± 2,73 | 148,4 ± 1,20 | 126,4 | |
| Ječmenný šrot Heris | 125,9 ± 2,65 | | | | |

Hodnoty obsahu hrubého proteinu se velmi lišily mezi jednotlivými vzorky. Nejnižší obsah byl přístrojem naměřen ve vzorcích ječmene z Hvozdece a Předklášteří, což souhlasí také s výsledky chemických analýz. Největší obsah hrubého proteinu byl NIR metodou zjištěn ve vzorku jarního ječmene z Drásova, kde byla opět nejvyšší hodnota zaznamenána také za použití chemického stanovení.

Obsah hrubého proteinu ve všech vzorcích byl NIR metodou zjištěn v rozmezí 85,6 ($\pm 2,32$) až 159,3 ($\pm 2,31$) g.kg^{-1} , chemickou analýzou mezi 105,4 a 126,4 g.kg^{-1} . Výsledky chemické analýzy tedy lépe odpovídaly hodnotám nalezeným v literatuře (105 – 124,8 g.kg^{-1}). Závěrem pro ječmeny můžeme konstatovat, že přístroj NIR neposkytuje dostatečně správné údaje i když přesnost jednotlivých měření byla dostatečně vysoká.

Tab. č. 15: Naměřené hodnoty pro škrob – ječmen (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | ŠKROB [g/kg] | | | Dle tabulek |
|---|-----------------------|---------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Ječmen sladovnický Irina (Předklášteří) | 558,1 ± 7,44 | 630,4 ± 2,55 | 631,0 ± 8,77 | 528 – 536 |
| Ječmen sladovnický Irina (Deblín) | 531,4 ± 3,43 | 584,9 ± 5,80 | 642,4 ± 4,59 | |
| Ječmen sladovnický Irina (Hvozdec) | 580,6 ± 3,28 | 603,0 ± 31,89 | 648,7 ± 8,97 | |
| Ječmen sladovnický Bojos (Malhostovice) | 550,9 ± 2,47 | 594,9 ± 5,99 | 622,2 ± 9,20 | |
| Ječmen jarní Heris krmný (Drásov) | 551,7 ± 2,12 | 595,8 ± 6,18 | 614,3 ± 9,80 | |
| Ječmen jarní Heris (Drásov) | 508,6 ± 4,82 | 563,0 ± 7,45 | 571,8 ± 5,65 | |
| Ječmenný šrot Herris | 607,1 ± 6,53 | | | |

Tabulka č. 15 a zanesené údaje ukazují, že při měření obsahu škrobu v ječmeni byla u všech vzorků zjištěna nejnižší hodnota škrobu v celém zrně, vyšší v drceném zrně a nejvyšší v mletém zrně.

Všechny hodnoty spadaly do rozmezí 508 (± 4,82) až 648 (± 8,97) g.kg⁻¹. Literatura (např. Vyskočil et al. 2008) uvádí obsah škrobu v zrně ječmene okolo 530 g.kg⁻¹. Podobné údaje uvádí i Ewing (1997).

Tab. č. 16: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - ječmen (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÁ VLÁKNINA [g/kg] | | | Dle tabulek |
|---|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Ječmen sladovnický Irina (Předklášteří) | 46,9 ± 1,46 | 37,9 ± 2,34 | 36,8 ± 1,47 | 49 - 173 |
| Ječmen sladovnický Irina (Deblín) | 48,4 ± 0,95 | 40,5 ± 1,20 | 28,8 ± 0,49 | |
| Ječmen sladovnický Irina (Hvozdec) | 43,9 ± 0,66 | 39,8 ± 1,20 | 30,9 ± 1,78 | |
| Ječmen sladovnický Bojos (Malhostovice) | 42,0 ± 0,73 | 38,9 ± 0,78 | 34,5 ± 1,56 | |
| Ječmen jarní Heris krmný (Drásov) | 42,8 ± 0,66 | 40,9 ± 0,49 | 34,5 ± 1,35 | |
| Ječmen jarní Heris (Drásov) | 56,6 ± 0,97 | 47,5 ± 0,73 | 46,7 ± 1,12 | |
| Ječmenný šrot Heris | 35,1 ± 0,86 | | | |

Obsah vlákniny měřených vzorků ječmene byl ve všech vzorcích nejvyšší v případě celých zrn, nižší v případě drcených zrn a nejnižší v případě zrn mletých. Hodnoty se pohybovaly v širokém rozmezí od 28,8 ($\pm 0,49$) do 56,6 ($\pm 0,97$) g.kg⁻¹. Nejvyšší obsah vlákniny byl zjištěn u vzorku ječmene jarního z lokality Drásov.

5.1.3 Žito

Tab. č. 17: Hodnoty zjištěné z tabulek - žito

| Parametr | HODNOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | 106,0 | 115,0 | 125,0 | 145,0 |
| Hrubý protein [g/kg] | 103,4 | 110,0 | 100,6 | 116,0 |

Vzorky žita byly hodnoceny z hlediska obsahu vody (vlhkost) a obsahu hrubého proteinu. Hodnoty nalezené v jednotlivých literárních zdrojích jsou navzájem blízké, vyšší hodnotu vlhkosti uvádí Žáček (1994).

Níže uspořádané tabulky poskytují přehled hodnot získaných měřením NIR.

Tab. č. 18: Naměřené hodnoty pro vlhkost - žito (průměr \pm směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | |
|----------------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Žito seté Fugato (Hvozdec) | 114,3 \pm 2,46 | 119,8 \pm 3,60 | 114,7 \pm 2,78 | 106 - 145 |

Vlhkost stanovená NIR analyzátozem ve vzorku žita odpovídá tabulkovým hodnotám. Nejvyšší hodnota připadala na vzorek zrna v drceném stavu, výsledek obsahu vody v celém zrně se podobal výsledku stanovení pro mleté zrno.

Tab. č. 19: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - žito (průměr \pm směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Žito seté Fugato (Hvozdec) | 107,0 \pm 3,93 | 90,5 \pm 1,90 | 89,5 \pm 2,24 | 100 - 116 |

Výsledky měření NIR ukázaly v drceném a mletém zrně výrazně nižší hodnoty než v celém zrně, hodnoty byly také nižší v porovnání s daty z literatury. Laboratorní chemická analýza stanovila obsah proteinu na 101,9 g.kg⁻¹.

5.1.4 Oves

Tab. č. 20: Hodnoty zjištěné z tabulek - oves

| Parametr | HODNOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | 82,2 | 120,0 | 120,0 | 125,0 |
| Hrubý protein [g/kg] | 168,9 | 113,4 | 113,4 | 121,0 |

Obsah vody v zrně ovsa se podle pramenů pohybuje od 82,2 do 125 g.kg⁻¹. Obsah hrubého proteinu od 113,4 do 168,9 g.kg⁻¹. Americké tabulky USDA uvádějí nejnižší obsah vody a současně nejvyšší obsah proteinů.

Vlhkost a hrubý protein byly měřeny pomocí přístroje NIR, výsledky jsou zaneseny v tabulkách níže.

Tab. č. 21: Naměřené hodnoty pro vlhkost - oves (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Oves setý Zlat'ák (Předklášteří) | 108,6 ± 1,67 | 102,3 ± 3,28 | 111,6 ± 4,10 | 82 - 125 |

Vlhkost naměřená přístrojem ve vzorcích odpovídala tabulkovým hodnotám. Nejnižší hodnota byla stanovena pro drcené zrně, nejvyšší pro mleté zrně.

Tab. č. 22: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - oves (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Oves setý Zlat'ák (Předklášteří) | 115,9 ± 5,22 | 104,1 ± 2,72 | 134,4 ± 3,29 | 113 - 169 |

Hrubý protein naměřený ve vzorcích odpovídal hodnotám dle tabulek – např. Zeman et al. (1995). Hodnoty obsahu u celého, drceného a mletého vzorku se však viditelně lišily mezi sebou, zejména hodnoty 104,1 ($\pm 2,72$) g.kg⁻¹ pro obsah v drceném zrně a 134,4 ($\pm 3,29$) g.kg⁻¹ v zrně mletém. Hrubý protein stanovený chemickou analýzou byl 108,7 g.kg⁻¹.

5.1.5 Tritikale

Tab. č. 23: Hodnoty zjištěné z tabulek - tritikale

| Parametr | HODNOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | 105,1 | 110,0 | 110,0 | - |
| Hrubý protein [g/kg] | 130,5 | 124,4 | 124,4 | - |
| Škrob [g/kg] | - | 572,0 | 572,1 | - |
| Hrubá vláknina [g/kg] | - | 28,1 | 28,2 | - |

V případě tritikale byly pro srovnání použity data autorů: Vyskočil et al. 2008, Zeman et al. 1995 a údaje z tabulek USDA. Vlhkost ve vzorcích zrn by se měla pohybovat okolo 105 až 110 g.kg⁻¹, hrubý protein asi 125 až 130 g.kg⁻¹, škrob přibližně 570 g.kg⁻¹ a hrubá vláknina asi 28 g.kg⁻¹.

Výsledky měření jsou znázorněny v následujících tabulkách.

Tab. č. 24: Naměřené hodnoty pro vlhkost - tritikale (průměr \pm směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | |
|--------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měření vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Tritikale ozimé Tulus (Deblín) | 122,0 \pm 0,58 | 121,3 \pm 2,19 | 120,6 \pm 2,03 | 105,1 - 110 |

Obsah vody naměřený pro tritikale se pohyboval okolo 120 g.kg⁻¹, což je hodnota vyšší než tabulkové (Anonym3 2011, Vyskočil et al. 2008, Zeman et al. 1995). Měření celého, drceného a mletého zrna poskytlo v tomto případě podobné číselné výsledky.

Tab. č. 25: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - tritikale (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | |
|--------------------------------|-----------------------|--------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Tritikale ozimé Tulus (Deblín) | 126,3 ± 2,45 | 111,0 ± 1,60 | 95,8 ± 2,23 | 124 – 131 |

Hodnota obsahu hrubého proteinu byla chemickou analýzou stanovena na 116,6 g.kg⁻¹, výsledky získané měřením NIR se snižovaly od nejvyšší hodnoty pro celé zrno po nejnižší hodnotu pro mleté zrno. Tabulkovým hodnotám nejlépe odpovídal obsah naměřený pro celé zrno.

Tab. č. 26: Naměřené hodnoty pro škrob - tritikale (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | ŠKROB [g/kg] | | | |
|--------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Tritikale ozimé Tulus (Deblín) | 697,1 ± 7,01 | 674,1 ± 3,95 | 665,0 ± 4,24 | 572 – 572 |

Škrob naměřený ve vzorcích tritikale se snižoval v závislosti na úpravě zrna. Opět byla zaznamenána nejvyšší hodnota pro celé zrno, nižší pro drcené zrno, nejnižší pro zrno mleté. Všechny údaje byly řádově asi o 100 g.kg⁻¹ vyšší než tabulkové hodnoty (Vyskočil et al 2008, Zeman et al. 1995).

Tab. č. 27: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - tritikale (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÁ VLÁKNINA [g/kg] | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Tritikale ozimé Tulus (Deblín) | 22,1 ± 0,37 | 23,3 ± 0,31 | 23,3 ± 0,31 | 28 |

Výsledky měření hrubé vlákniny ukázaly rovnoměrné výsledky pro různě úpravy zrna. Hodnoty obsahu byly nižší než data uvedená v Katalogu krmiv a Kapesním katalogu krmiv.

5.1.6 Proso

Tab. č. 28: Hodnoty zjištěné z tabulek - proso

| Parametr | HODNOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | 86,7 | - | 120,0 | 125,0 |
| Hrubý protein [g/kg] | 110,2 | - | 112,7 | 109,0 |
| Škrob [g/kg] | - | - | 453,6 | - |
| Hrubá vláknina [g/kg] | 85,0 | - | 75,9 | - |

Podle literatury by se vlhkost v prosu měla pohybovat v rozmezí asi 87 až 125 g.kg⁻¹, obsah hrubého proteinu okolo 110 g.kg⁻¹. Obsah škrobu by měl vycházet okolo 450 g.kg⁻¹ (Zeman et al. 1995). A obsah hrubé vlákniny asi v rozmezí 75 až 85 g.kg⁻¹ (Anonym3 2011, Zeman et al. 1995).

Tab. č. 29: Naměřené hodnoty pro vlhkost - proso (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Proso seté (Ponětovice) | 109,4 ± 1,37 | 110,8 ± 1,96 | 113,6 ± 3,51 | 87 - 125 |

Vlhkost naměřená ve vzorcích odpovídala tabulkovým hodnotám. NIR měření ukázalo nejvyšší hodnotu pro mleté zrno.

Tab. č. 30: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - proso (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Proso seté (Ponětovice) | 127,9 ± 0,84 | 121,0 ± 0,87 | 105,5 ± 1,67 | 109 – 113 |

Hrubý protein stanovený laboratorní chemickou analýzou byl 108,7 g.kg⁻¹. Ve výsledcích měření jsme pozorovali odlišnou – výrazně nižší hodnotu pro mleté zrno.

Tab. č. 31: Naměřené hodnoty pro škrob - proso (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | ŠKROB [g/kg] | | | |
|----------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Proso seté (Ponětovice) | 574,9 ± 4,20 | 569,7 ± 3,81 | 572,7 ± 3,39 | 454 |

Měření škrobu přineslo podobné výsledky pro celé, drcené i mleté zrno, výsledky se také příliš nelišily od hodnot, které uvádí Zeman et al. (1995).

Tab. č. 32: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - proso (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÁ VLÁKNINA [g/kg] | | | |
|----------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Proso seté (Ponětovice) | 38,7 ± 0,50 | 36,7 ± 0,50 | 35,9 ± 0,60 | 76 - 85 |

Obsah hrubé vlákniny byl v zrně prosa nejnižší v případě mletého vzorku. Všechny naměřené výsledky ukázaly obsah vlákniny asi o polovinu nižší než hodnoty v použitých tabulkách.

5.1.7 Kukuřice

Tab. č. 33: Hodnoty zjištěné z tabulek - kukuřice

| Parametr | HODNOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | 103,7 | 120,0 | 120,0 | 100,0 |
| Hrubý protein [g/kg] | 94,2 | 96,7 | 96,7 | 99,0 |
| Hrubý tuk [g/kg] | 47,4 | 39,3 | 39,3 | 40,4 |
| Škrob [g/kg] | - | 592,0 | 592,1 | - |

Z parametrů popsaných v literatuře vyplývá, že ve vzorku kukuřice by měla být naměřena vlhkost v rozmezí asi 100 až 120 g.kg⁻¹, hrubý protein asi 94 až 99 g.kg⁻¹, hrubý tuk mezi asi 39 až 47,5 g.kg⁻¹ a škrob okolo 590 g.kg⁻¹. Moughan, Verstegen a Wissler-Reyneveld (1995) uvádí hodnotu obsahu škrobu v kukuřičném zrně jako 690 g.kg⁻¹.

Výsledky měření jsou zaneseny v dalších tabulkách.

Tab. č. 34: Naměřené hodnoty pro vlhkost – kukuřice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | Dle tabulek |
|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Kukuřice setá (Brťov) | 129,1 ± 1,90 | 118,1 ± 3,37 | 108,6 ± 4,98 | 100 - 120 |
| Kukuřičný šrot | 115,6 ± 3,36 | | | |

Vlhkost naměřená ve vzorcích odpovídala tabulkovým hodnotám – např. Vyskočil et al. 2008. Nejvyšší hodnota vlhkosti byla zjištěna u celého zrna, nižší u drceného zrna, nejnižší u mletého zrna.

Tab. č. 35: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - kukuřice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | Dle tabulek |
|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Kukuřice setá (Brťov) | 88,2 ± 1,39 | 82,1 ± 0,70 | 78,9 ± 4,01 | 94 - 99 |
| Kukuřičný šrot | 57,0 ± 0,49 | | | |

Hrubý protein stanovený v našem vzorku chemickou analýzou byl 80,4 g.kg⁻¹, což je v souladu s výsledky NIR měření celých, drcených a mletých zrn. Kukuřičný šrot vykazoval hodnotu nižší a výrazně se lišící od tabulkových.

Tab. č. 36: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - kukuřice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ TUK [g/kg] | | | Dle tabulek |
|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Kukuřice setá (Brťov) | 38,3 ± 0,71 | 40,0 ± 0,78 | 36,9 ± 1,17 | 39 – 47 |
| Kukuřičný šrot | 41,1 ± 0,78 | | | |

Hodnoty hrubého tuku byly podobné pro celá, drcená i mletá zrna. Nejvyšší obsah jsme zaznamenaly u vzorku kukuřičného šrotu. Všechna data odpovídala hodnotám nalezeným v literárních pramenech – např. Vyskočil et al. (2008), Zeman et al. (1995).

Tab. č. 37: Naměřené hodnoty pro škrob - kukuřice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | ŠKROB [g/kg] | | | Dle tabulek |
|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Kukuřice setá (Brťov) | 614,7 ± 5,57 | 681,7 ± 0,71 | 737,1 ± 5,58 | 592 |
| Kukuřičný šrot | 709,6 ± 1,01 | | | |

Měření škrobu nám ukázalo poměrně významně rozdílné hodnoty. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána pro mletá zrna, nejnižší pro zrna celá – oproti drcenému zrnu byl zde rozdíl větší než 100 g.kg⁻¹.

5.2 Olejnin

5.2.1 Hořčice

Tab. č. 38: Hodnoty zjištěné z tabulek - hořčice

| Parametr | HODNOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | - | - | 110,0 | - |
| Hrubý protein [g/kg] | - | - | 274,0 | 333,0 |
| Hrubý tuk [g/kg] | - | - | 229,0 | 332,0 |
| Hrubá vláknina [g/kg] | - | - | 99,0 | - |

Hodnoty pro hořčici byly převzaty do Žáčka (1994) a Vyskočila et al. (2008). Následující přehled tabulek ukazuje výsledky měření.

Tab. č. 39: Naměřené hodnoty pro vlhkost - hořčice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | Dle tabulek |
|-------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | |
| | celé | drcené | mleté | |
| Hořčice bílá Polarka (Deblín) | 105,6 ± 1,01 | 95,7 ± 1,80 | 85,2 ± 3,49 | 110 |

Vlhkost naměřená ve vzorku kukuřice byla $85,2 (\pm 3,49)$ až $105,6 (\pm 1,01)$ g.kg⁻¹, blížila se tedy tabulkové hodnotě, kterou uvádí Zeman et al. (1995): 110 g.kg⁻¹. Mezi celým a drceným vzorem byl v naměřených hodnotách rozdíl 20,4 g.kg⁻¹.

Tab. č. 40: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - hořčice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | |
|-------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Hořčice bílá Polarka (Deblín) | $265,6 \pm 1,02$ | $271,7 \pm 0,55$ | $287,0 \pm 0,24$ | 274 - 333 |

Měřené hodnoty pro hořčici souhlasily s daty z Katalogu krmiv (Zeman et al. 1995). Obsah hrubého proteinu stanovený pro srovnání chemickou analýzou byl 256,7 g.kg⁻¹.

Tab. č. 41: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - hořčice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ TUK [g/kg] | | | |
|-------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Hořčice bílá Polarka (Deblín) | $294,4 \pm 1,50$ | $320,1 \pm 1,38$ | $329,3 \pm 1,42$ | 229 - 332 |

Naměřené hodnoty pro obsah hrubého tuku velmi dobře odpovídaly tabulkovým hodnotám – např. Žáček (1994). Mezi celým, drceným a mletým vzorkem tentokrát nebyl vidět velký rozdíl.

Tab. č. 42: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - hořčice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÁ VLÁKNINA [g/kg] | | | |
|-------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Hořčice bílá Polarka (Deblín) | $154,6 \pm 1,96$ | $207,0 \pm 1,15$ | $233,5 \pm 0,83$ | 99 |

U stanovení hrubé vlákniny jsme pozorovali velmi nestejnoroďá data pro vzorek v základním stavu, drcený a mletý. Hodnoty byly navíc výrazně vzdálené obsahu udávanému v tabulkách, kde Zeman et al. (1995) uvádí hodnotu 99 g.kg⁻¹.

5.2.2 Len

Tab. č. 43: Hodnoty zjištěné z tabulek - len

| Parametr | HONDOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | 69,6 | 100,0 | 100,0 | - |
| Hrubý protein [g/kg] | 182,9 | 221,0 | 216,5 | 130,0 |
| Hrubý tuk [g/kg] | 421,6 | 301,8 | 301,9 | 216,0 |
| Hrubá vláknina [g/kg] | 273,0 | 79,4 | 79,4 | - |

Tabulka č. 43 ukazuje, že pro semeno lnu je typická vlhkost 69,6 až 100 g.kg⁻¹, obsah hrubého proteinu podle různých zdrojů od 130 do 221 g.kg⁻¹ a hrubého tuku od 216 do 421,6 g.kg⁻¹. Obsah hrubé vlákniny uváděný v českých zdrojích: 79,4 g.kg⁻¹ - Vyskočil et al. (2008), Zeman et al. (1995), se výrazně liší od hodnoty zahraničních tabulek (273,0 g.kg⁻¹).

Další tabulky obsahují výsledky naměřené metodou NIR.

Tab. č. 44: Naměřené hodnoty pro vlhkost - len (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Len olejní (Drahonín) | 99,0 ± 1,32 | 87,1 ± 1,83 | 85,1 ± 3,95 | 70 - 100 |

Vzorky lnu obsahovaly 85,1 (± 3,95) až 99,0 (± 1,32) g.kg⁻¹ vody, přičemž nejvyšší hodnota patřila celému, nejnižší hodnota mletému semenu. Obsah odpovídal hodnotám uváděných v tabulkách.

Tab. č. 45: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - len (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Len olejní (Drahonín) | 233,6 ± 15,25 | 249,6 ± 0,20 | 262,7 ± 0,25 | 130 – 221 |

Obsah hrubého proteinu vyhodnoceného NIR analyzátozem se jevil jako lehce vyšší než údaje zaznamenané z literatury. Chemicky stanovená hodnota (240,5 g.kg⁻¹) nám vyšší obsah potvrdila. Obsah se dle údajů NIR zvyšoval se stupněm zpracování semene.

Tab. č. 46: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - len (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ TUK [g/kg] | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Len olejní (Drahonín) | 355,0 ± 4,47 | 353,4 ± 0,97 | 370,8 ± 1,64 | 216 - 422 |

Obsah hrubého proteinu ve vzorku byl přístrojem opět naměřen jako zvyšující se se stupněm zpracování semene, pro mleté semeno byla hodnota významně vyšší. Měření odpovídalo hodnotám nalezeným v literatuře.

Tab. č. 47: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - len (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÁ VLÁKNINA [g/kg] | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Len olejní (Drahonín) | 88,9 ± 1,38 | 112,3 ± 0,36 | 125,4 ± 0,57 | 79 - 273 |

Hrubá vláknina byla stejně jako dva předchozí parametry přístrojem vyhodnocena jako zvyšující se od celého semena přes drcené k mletému semenu. Nejnižší naměřená byla hodnota 88,9 (± 1,38) g.kg⁻¹ pro celé semeno, nejvyšší 125,4 (± 0,57) pro mleté semeno, přičemž všechna naměřená data spadala do tabulkových hodnot.

5.2.3 Řepka

Tab. č. 48: Hodnoty zjištěné z tabulek - řepka

| Parametr | HONDOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | - | 100,0 | 100,0 | - |
| Hrubý protein [g/kg] | - | 202,6 | 209,6 | 192,0 |
| Hrubý tuk [g/kg] | - | 408,3 | 368,7 | 445,0 |
| Hrubá vláknina [g/kg] | - | 68,2 | 126,4 | - |

Semena řepky by měla obsahovat asi 100 g.kg⁻¹ vody, asi 190 až 210 g.kg⁻¹ hrubého proteinu a asi 370 až 445 g.kg⁻¹ hrubého tuku. Hodnota pro obsah hrubé vlákniny se liší podle různých autorů: 68,2 g.kg⁻¹ (Vyskočil et al. 2008) nebo 126,4 g.kg⁻¹ (Zeman et al. 1995).

Následující tabulky přináší přehled měřených hodnot.

Tab. č. 49: Naměřené hodnoty pro vlhkost - řepka (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Řepka ozimá Artoga (Deblín) | 96,2 ± 4,92 | 95,4 ± 2,01 | 88,3 ± 3,81 | 100 |

Vlhkost určená přístrojem NIR byla nejvyšší pro celé semeno, nižší pro drcené semeno, nejnižší pro semeno mleté. Tabulkové hodnotě 100 g.kg⁻¹ nejlépe odpovídala hodnota zjištěná u celého semene.

Tab. č. 50: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - řepka (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | |
|-----------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Řepka ozimá Artoga (Deblín) | 171,4 ± 1,97 | 207,8 ± 0,96 | 238,4 ± 0,34 | 192 – 210 |

Hrubý protein stanovený ve vzorcích byl tentokrát nejnižší pro celé semeno, vyšší pro drcené, nejvyšší pro semeno mleté, přičemž výsledek obsahu v celém semenu 171,4 ($\pm 1,97$) g.kg⁻¹ se lišil od hodnot nalezených v tabulkách (192 – 209,6 g.kg⁻¹) i od chemického stanovení, kterým byl hrubý protein určen jako 211,3 g.kg⁻¹.

Tab. č. 51: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - řepka (průměr \pm směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ TUK [g/kg] | | | |
|-----------------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Řepka ozimá Artoga (Deblín) | 421,8 \pm 0,50 | 442,4 \pm 1,16 | 444,2 \pm 2,28 | 369 - 445 |

Stanovení hrubého tuku přineslo podobné hodnoty pro všechny tři úpravy vzorku a výsledky se také shodovaly s literaturou.

Tab. č. 52: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - řepka (průměr \pm směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÁ VLÁKNINA [g/kg] | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Řepka ozimá Artoga (Deblín) | 78,9 \pm 0,54 | 87,4 \pm 0,30 | 104,6 \pm 0,49 | 68 – 126 |

Získané hodnoty hrubé vlákniny se výrazně lišily mezi jednotlivými úpravami semene, nejvyšší hodnota byla zjištěna pro mleté semeno. Obsah vlákniny odpovídal tabulkám.

5.2.4 Slunečnice

Tab. č. 53: Hodnoty zjištěné z tabulek - slunečnice

| Parametr | HODNOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | - | 90,0 | 90,0 | - |
| Hrubý protein [g/kg] | - | 159,2 | 159,2 | 117,0 |
| Hrubý tuk [g/kg] | - | 332,8 | 332,9 | 277,0 |
| Hrubá vláknina [g/kg] | - | 234,2 | 234,3 | - |

Vlhkost v semeni slunečnice by se měla pohybovat okolo 90 g.kg⁻¹, hrubý protein asi v rozmezí 117 až 159 g.kg⁻¹, hrubý tuk přibližně od 277 do 333 g.kg⁻¹ a hrubá vláknina asi 234 g.kg⁻¹.

Tab. č. 54: Naměřené hodnoty pro vlhkost - slunečnice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | |
|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Slunečnice černá (Třebíč) | 88,4 ± 7,67 | 95,6 ± 8,11 | 96,7 ± 11,66 | 90 |

U semen slunečnice jsme pro vlhkost opět pozorovaly rozdílné hodnoty pro celá, drcená a loupaná semena. Všechny přibližně odpovídaly hodnotě 90 g.kg⁻¹ nalezené v tabulkách (Vyskočil et. al 2008, Zeman et al. 1995).

Tab. č. 55: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - slunečnice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Slunečnice černá (Třebíč) | 142,6 ± 5,60 | 166,8 ± 0,74 | 204,2 ± 1,01 | 117 – 159 |

Hrubý protein stanovený chemickou analýzou byl 1855,4 g.kg⁻¹, čemuž nejlépe odpovídala hodnota zjištěná pro drcené semeno. Výsledky pro celé a mleté semeno se od této hodnoty vzdalovaly.

Tab. č. 56: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - slunečnice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ TUK [g/kg] | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Slunečnice černá (Třebíč) | 433,3 ± 7,41 | 495,1 ± 2,28 | 472,4 ± 1,80 | 277 – 333 |

U slunečnice jsme zaznamenaly vyšší hodnoty obsahu tuku, než jak je uvedeno v literatuře. Nejvyšší hodnota změřená pro drcené semeno byla 495,1 (± 2,28) g.kg⁻¹.

Tab. č. 57: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - slunečnice (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÁ VLÁKNINA [g/kg] | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Slunečnice černá (Třebíč) | 168,3 ± 2,83 | 153,1 ± 0,41 | 147,5 ± 0,33 | 234 |

Obsah hrubé vlákniny byl nejvyšší pro celé, nejnižší pro mleté semeno, celkově však tentokrát výsledky dosahovaly mnohem nižších hodnot než tabulkových.

5.3 Luskoviny

5.3.1 Hrách

Tab. č. 58: Hodnoty zjištěné z tabulek - hrách

| Parametr | HODNOTY ZJIŠTĚNÉ Z TABULEK - SOUHRN | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | USDA 2015 | Kapesní katalog krmiv 2008 | Katalog krmiv 1995 | Potravinářské tabulky 1994 |
| Vlhkost [g/kg] | 112,7 | 120,0 | 120,0 | - |
| Hrubý protein [g/kg] | 245,5 | 216,4 | 216,4 | 237,0 |
| Hrubý tuk [g/kg] | 11,6 | 15,4 | 15,4 | 13,9 |
| Hrubá vláknina [g/kg] | 255,0 | 56,8 | 56,8 | 54,0 |

Hrách jako zástupce luskovin by měl obsahovat asi 112 až 120 g.kg⁻¹ vody, asi 216 až 246 g.kg⁻¹ hrubého proteinu, přibližně 11,5 až 15,5 g.kg⁻¹ hrubého tuku a 54 až 255

g.kg^{-1} hrubé vlákniny podle různých pramenů. Vysoký obsah vlákniny (255 g.kg^{-1}) uváděný v amerických tabulkách USDA je možná dán faktem, že je zde pracováno s hrachem jako s celými lusky.

Následující tabulky jsou přehledem hodnot naměřených pomocí NIR.

Tab. č. 59: Naměřené hodnoty pro vlhkost - hrách (průměr \pm směrodatná odchylka)

| Vzorek | VLHKOST [g/kg] | | | |
|---------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Hrách setý Concorde (Šerkovice) | $124,2 \pm 2,54$ | $114,2 \pm 2,59$ | $99,2 \pm 5,70$ | 113 - 120 |

Pro vlhkost byla zaznamenána různorodá data ve vztahu k úpravě semene. Nejvyšší hodnota byla přístrojem vyhodnocena pro celá semena hrachu.

Tab. č. 60: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - hrách (průměr \pm směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ PROTEIN [g/kg] | | | |
|---------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Hrách setý Concorde (Šerkovice) | $213,5 \pm 1,43$ | $211,9 \pm 1,59$ | $196,2 \pm 1,54$ | 216 – 246 |

Nejvyšší hodnota hrubého proteinu byla opět naměřena pro celá semena. Tato hodnota $213,5 (\pm 1,43)$ také nejlépe odpovídala hodnotám dle tabulek – např. Vyskočil et al. 2008. Co se týká chemického stanovení, hrubý protein v tomto případě vycházel $205,1 \text{ g.kg}^{-1}$.

Tab. č. 61: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - hrách (průměr \pm směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÝ TUK [g/kg] | | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Hrách setý Concorde (Šerkovice) | $49,0 \pm 0,44$ | $58,5 \pm 0,27$ | $75,1 \pm 0,25$ | 12 – 15 |

Stanovené hodnoty hrubého tuku se zásadně lišily od tabulkových, přičemž vidíme také velké rozdíly mezi výsledky pro celá, drcená a mletá semena.

Tab. č. 62: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - hrách (průměr ± směrodatná odchylka)

| Vzorek | HRUBÁ VLÁKNINA [g/kg] | | | |
|---------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Vlastní měřené vzorky | | | Dle tabulek |
| | celé | drcené | mleté | |
| Hrách setý Concorde (Šerkovice) | 95,9 ± 0,73 | 100,3 ± 0,37 | 111,8 ± 0,49 | 54 - 255 |

U hrubé vlákniny již výsledky pro jednotlivé typy vzorků nekolísaly tak výrazně. Nejvyšší hodnota byla zjištěna pro mleté semeno. Obsah hrubé vlákniny ve vzorcích byl podle NIR analýzy zhruba dvojnásobný oproti hodnotám uváděným v českých zdrojích.

5.4 Charakteristiky vzorků dle úpravy

Tabulka č. 63 uvádí přehled charakteristik celých vzorků.

Tab. č. 63: Charakteristiky celých vzorků

| | CELÉ VZORKY | | | | |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Vlhkost</i> | <i>Hr.protein</i> | <i>Hr.tuk</i> | <i>Hr.škrob</i> | <i>Vláknina</i> |
| Stř. hodnota | 114,05 | 135,59 | 232,44 | 607,36 | 51,88 |
| Chyba stř. hodnoty | 2,074 | 8,781 | 69,915 | 12,252 | 8,928 |
| Medián | 114,42 | 127,36 | 294,39 | 614,67 | 40,36 |
| Směr. odchylka | 10,575 | 44,773 | 184,977 | 53,405 | 41,876 |
| Rozptyl výběru | 111,83 | 2004,59 | 34216,44 | 2852,15 | 1753,59 |
| Špičatost | -0,170 | 2,581 | -2,522 | -0,237 | 2,882 |
| Šikmost | -0,582 | 1,354 | -0,154 | 0,071 | 1,837 |
| Rozdíl | 40,667 | 209,589 | 398,044 | 203,333 | 147,800 |
| Minimum | 88,44 | 55,98 | 35,22 | 508,56 | 20,53 |
| Maximum | 129,11 | 265,57 | 433,27 | 711,89 | 168,33 |
| Počet | 26 | 26 | 7 | 19 | 22 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 4,27 | 18,08 | 171,07 | 25,74 | 18,57 |

Tabulka č. 64 je přehledem charakteristik drcených vzorků.

Tab. č. 64: Charakteristiky drcených vzorků

| | DRCENÉ VZORKY | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Vlhkost</i> | <i>Hr.protein</i> | <i>Hr.tuk</i> | <i>Hr.škrob</i> | <i>Vláknina</i> |
| Stř. hodnota | 115,79 | 132,36 | 250,07 | 620,28 | 53,87 |
| Chyba stř. hodnoty | 2,419 | 9,969 | 75,141 | 8,606 | 10,429 |
| Medián | 119,13 | 119,67 | 320,07 | 612,80 | 37,28 |
| Směr. odchylka | 12,332 | 50,834 | 198,805 | 37,513 | 48,917 |
| Rozptyl výběru | 152,08 | 2584,11 | 39523,27 | 1407,24 | 2392,86 |
| Špičatost | 0,068 | 1,875 | -2,319 | 0,602 | 3,973 |
| Šikmost | -0,720 | 1,452 | -0,064 | 0,815 | 2,065 |
| Rozdíl | 50,889 | 214,778 | 455,100 | 146,556 | 184,833 |
| Minimum | 87,11 | 56,96 | 39,97 | 563,00 | 22,17 |
| Maximum | 138,00 | 271,73 | 495,07 | 709,56 | 207,00 |
| Počet | 26 | 26 | 7 | 19 | 22 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 4,98 | 20,53 | 183,86 | 18,08 | 21,68 |

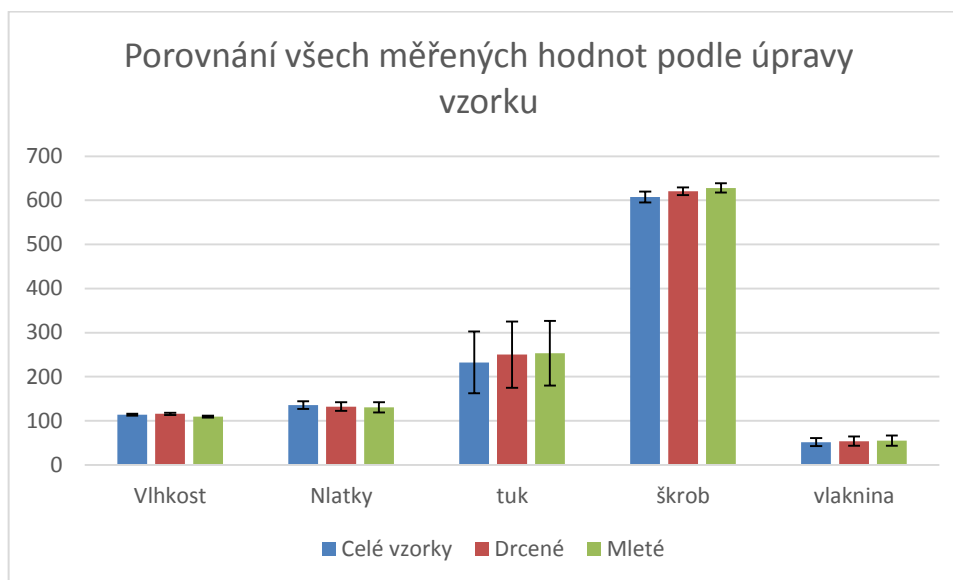
Tabulka č. 65 shrnuje údaje o charakteristikách mletých vzorků.

Tab. č. 65: Charakteristiky mletých vzorků

| | MLETÉ VZORKY | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Vlhkost</i> | <i>Hr.protein</i> | <i>Hr.tuk</i> | <i>Hr.škrob</i> | <i>Vláknina</i> |
| Stř. hodnota | 109,81 | 130,53 | 253,58 | 627,82 | 55,43 |
| Chyba stř. hodnoty | 2,292 | 11,549 | 73,261 | 10,539 | 11,691 |
| Medián | 112,58 | 110,40 | 329,27 | 615,00 | 32,69 |
| Směr. odchylka | 11,686 | 58,890 | 193,829 | 45,939 | 54,836 |
| Rozptyl výběru | 136,57 | 3468,04 | 37569,71 | 2110,38 | 3006,95 |
| Špičatost | -0,144 | 1,507 | -2,459 | 0,560 | 4,431 |
| Šikmost | -0,823 | 1,461 | -0,170 | 1,069 | 2,130 |
| Rozdíl | 39,956 | 229,922 | 435,433 | 165,333 | 210,567 |
| Minimum | 85,11 | 57,08 | 36,93 | 571,78 | 22,94 |
| Maximum | 125,07 | 287,00 | 472,37 | 737,11 | 233,51 |
| Počet | 26 | 26 | 7 | 19 | 22 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 4,72 | 23,78 | 179,26 | 22,14 | 24,31 |

Charakteristiky z tabulek č. 63, 64 a 65 nám umožnili vytvořit graf, který porovnává všechny měřené parametry veškerých vzorků podle úpravy. Při prohlédnutí grafu na první pohled není vidět výrazný rozdíl výsledků jednotlivých parametrů pro celá, drcená a mletá zrna nebo semena. U naprosté většiny parametrů měřených

v diplomové práci však tyto rozdíly byly významné, což svědčí pro předpoklad, že přístroj není optimálně nastaven pro vícečetnou analýzu potravinářských vzorků různých materiálů.



Obr. č. 2: Graf porovnání všech naměřených hodnot podle úpravy

6 ZÁVĚR

Analyzátor DA 7200 je NIR spektrometr, navržený s cílem analyzovat zrniny, potraviny a krmiva s tím, že vzorky by měly být spolehlivě analyzovány i bez předchozí úpravy. Výrobce uvádí použití pro různé typy vzorků. Přístroj by měl být vhodný pro analýzu všech zrnin a téměř všech konečných produktů vytvořených mokřým i suchým mletím. Použití přístroje zahrnuje analýzu surovin, meziproductů i hotových potravin a krmiv, měl by být vhodný k měření látek všech druhů olejnatých semen a šrotů (Anonym 2). Cílem této diplomové práce bylo analyzovat vzorky pomocí přístroje DA 7200 a na základě porovnání výsledků s údaji z literatury a výsledky chemické analýzy posoudit, zda je přístroj vhodný k rutinní analýze potravinářských vzorků obilnin, celých semen olejnin a vybraných luskovin.

Praktická část práce byla cílena na analýzu vzorků z lokálních provozů z okolí města Tišnova a Brna, kde je kladen důraz na biologickou hodnotu surovin. Vybrány byly rostlinné druhy z řady obilnin, olejnin a luskovin a analyzovány v podobě zrn a semen v původním, drceném a mletém stavu.

Celkem bylo pracováno s 26 vzorky, z nichž bylo 7 vzorků pšenice (+ 1 vzorek pšeničného šrotu), 6 vzorků ječmene (+ 1 vzorek ječmenného šrotu), 1 vzorek žita, 1 vzorek ovsu, 1 vzorek tritikale, 1 vzorek prosa, 1 vzorek kukuřice (+ 1 vzorek kukuřičného šrotu), dále po jednom vzorku hořčice, lnu, řepky, slunečnice a 1 vzorek hrachu. Podle typu vzorku byl stanoven obsah vlhkosti, hrubého proteinu, hrubé vlákniny, škrobu a hrubého tuku. Hrubý protein byl za účelem srovnání vyhodnocen chemickou laboratoří.

Ve vzorcích **pšenice** byl stanoven obsah vody ($109,9 \pm 0,80$ - $128,2 \pm 0,53$ g.kg⁻¹), hrubého proteinu ($59,7 \pm 1,56$ g.kg⁻¹ - $143,9 \pm 1,26$ g.kg⁻¹), škrobu ($591 \pm 3,49$ až $652,8 \pm 2,38$ g.kg⁻¹) a hrubé vlákniny ($20,5 \pm 0,31$ - $24,6 \pm 0,23$ g.kg⁻¹). Obsah **vody** byl v pěti ze sedmi případů nejvyšší u celých zrn. Obsah **hrubého proteinu** byl u všech vzorků vyhodnocen jako nejvyšší pro celá zrna. U pěti ze šesti vzorků byly také v případě **škrobu** naměřeny nejvyšší hodnoty pro celá zrna. Výsledky měření **hrubé vlákniny** ukázaly naopak u všech vzorků pro celá zrna nejnižší hodnoty.

Stejně jako pšenice byly vzorky **ječmene** a ječmenného šrotu vyhodnoceny pro obsah vlhkosti ($98,7 \pm 3,05$ - $138,0 \pm 5,02$ g.kg⁻¹), hrubého proteinu ($85,6 \pm 2,32$ až

159,3±2,31 g.kg⁻¹), škrobu (508±4,82 - 648±8,97 g.kg⁻¹) a hrubé vlákniny (28,8±0,49 až 56,6±0,97 g.kg⁻¹). Obsah **vody** se u některých vzorků v jednotlivých úpravách (celé zrno, drcené a mleté) výrazně lišil, nejvyšší hodnoty vycházeli u všech vzorků v drceném stavu. Obsah **hrubého proteinu** se velmi lišil mezi vzorky z jednotlivých lokalit, což částečně potvrdila i chemická analýza. Nejvyšší hodnoty byly ve většině případů zaznamenány pro celé zrno. Při měření **škrobu** v ječmeni byl u všech vzorků zjištěn nejnižší obsah v celém zrně. Obsah **vlákniny** byl naproti tomu ve všech vzorcích nejvyšší v případě celých zrn.

Vzorek **žita** byl NIR metodou hodnocen z hlediska vlhkosti (114,3±2,46 až 119,8±3,60 g.kg⁻¹) a obsahu hrubého proteinu (89,5± 2,24 - 107,0±3,93 g.kg⁻¹). Nejvyšší hodnota obsahu **vody** v žitu připadala na vzorek v drceném stavu. Co se týče obsahu **hrubého proteinu**, NIR analýza ukázala v drceném a mletém zrně výrazně nižší hodnoty než v celém zrně. Na stejné parametry byl měřen vzorek **ovsa**, u kterého jsme zjistili vlhkost 102,3± 3,28 - 111,6±4,10 g.kg⁻¹ a obsah hrubého proteinu 104,1±2,72 až 134,4±3,29 g.kg⁻¹. Nejvyšší hodnota **vlhkosti** odpovídala mletému zrně, nejnižší drcenému zrně. Naměřené hodnoty obsahu **hrubého proteinu** u celého, drceného a mletého vzorku se viditelně lišili mezi sebou. Hrubý protein stanovený chemickou analýzou byl 108,7 g.kg⁻¹.

Tritikale bylo hodnoceno z hlediska vlhkosti (120,6±2,03 - 122,0±0,58 g.kg⁻¹), hrubého proteinu (95,8±2,23 - 126,3±2,45 g.kg⁻¹), škrobu (665,0±4,24 - 697,1±7,01 g.kg⁻¹) a hrubé vlákniny (22,1±0,37 - 23,3±0,31 g.kg⁻¹). Výsledky vyhodnocení obsahu **vlhkosti** a **hrubé vlákniny** poskytovaly v tomto případě sourodé hodnoty. Obsah **hrubého proteinu**, stejně tak i obsah **škrobu** se podle NIR snižoval od nejvyšší hodnoty pro celé zrno až po nejnižší u zrna mletého. **Proso** (vlhkost: 109,4±1,37 až 113,6±3,51 g.kg⁻¹, hrubý protein: 105,5±1,67 - 127,9 ± 0,84 g.kg⁻¹, škrob: 569,7±3,81 až 574,9±4,20 g.kg⁻¹, hrubá vláknina: 35,9±0,60 - 38,7±0,50 g.kg⁻¹) vykazovalo poměrně sourodé hodnoty s výjimkou většího rozptylu výsledků u **hrubého proteinu**. Ten byl chemickou analýzou stanoven na 108,7 g.kg⁻¹, čemuž nejlépe odpovídá výsledek mletého vzorku. Poslední posuzovanou obilninou byla **kukuřice** měřená na vlhkost (118,1±3,37 - 129,1±1,90 g.kg⁻¹), hrubý protein (78,9±4,01 - 88,2±1,39 g.kg⁻¹), hrubý tuk (36,9±1,17 - 40,0±0,78 g.kg⁻¹) a škrob (614,7±5,57 - 737,1±5,58 g.kg⁻¹). Nejširší rozpětí hodnot zde pozorujeme u **škrobu**, kde nejvyšší hodnota připadala na mletý vzorek.

Měření olejnin zahrnovalo **hořčici** s následujícími výsledky pro vlhkost: $85,2 \pm 3,49$ až $105,6 \pm 1,01$ g.kg⁻¹, hrubý protein $265,6 \pm 1,02$ - $287,0 \pm 0,24$ g.kg⁻¹, hrubý tuk $294,4 \pm 1,50$ - $329,3 \pm 1,42$ g.kg⁻¹ a hrubou vlákninu $154,6 \pm 1,96$ - $233,5 \pm 0,83$ g.kg⁻¹. Zejména u stanovení **hrubé vlákniny** jsme pozorovali velmi nestejnoroďá data pro vzorek v základním stavu (nejnižší obsah), drcený a mletý (nejvyšší obsah), výsledky obsahu hrubé vlákniny byly navíc vzdáleny tabulkovým hodnotám. Podobnými závěry o obsahu hrubé vlákniny můžeme komentovat i vzorek **lnu** (hrubá vláknina: $88,9 \pm 1,38$ až $125,4 \pm 0,57$ g.kg⁻¹). Len byl dále popsán výsledky: vlhkost $85,1 \pm 3,95$ - $99,0 \pm 1,32$ g.kg⁻¹, hrubý protein $233,6 \pm 15,25$ - $262,7 \pm 0,25$ g.kg⁻¹, hrubý tuk $353,4 \pm 0,97$ až $370,8 \pm 1,64$ g.kg⁻¹. **Řepka** i **slunečnice** vycházely po stránce výsledků nejvíce různoroďe v případě měření **hrubého proteinu** (řepka: $171,4 \pm 1,97$ - $238,4 \pm 0,34$ g.kg⁻¹, slunečnice: $142,6 \pm 5,60$ - $204,2 \pm 1,01$ g.kg⁻¹), kdy u obou plodin nejnižší hodnota připadá na celé semeno, nejvyšší na mleté semeno. Dalšími parametry pro řepku byly: vlhkost ($88,3 \pm 3,81$ - $96,2 \pm 4,92$ g.kg⁻¹), hrubý tuk ($421,8 \pm 0,50$ - $444,2 \pm 2,28$ g.kg⁻¹) a hrubá vláknina ($78,9 \pm 0,54$ - $104,6 \pm 0,49$ g.kg⁻¹). Slunečnice byla dále měřena na vlhkost ($88,4 \pm 7,67$ - $96,7 \pm 11,66$ g.kg⁻¹), hrubý tuk ($433,3 \pm 7,41$ - $495,1 \pm 2,28$ g.kg⁻¹) a hrubou vlákninu $147,5 \pm 0,33$ - $168,3 \pm 2,83$ g.kg⁻¹).

Jako zástupce luskovin byl analyzován **hrách** (vlhkost: $99,2 \pm 5,70$ - $124,2 \pm 2,54$ g.kg⁻¹, hrubý protein: $196,2 \pm 1,54$ - $213,5 \pm 1,43$ g.kg⁻¹, hrubý tuk: $49,0 \pm 0,44$ - $75,1 \pm 0,25$ g.kg⁻¹, hrubá vláknina: $95,9 \pm 0,73$ - $111,8 \pm 0,49$ g.kg⁻¹). Jak je vidět z výsledků, jsou hodnoty pro týž vzorek poměrně různoroďe. Nejvyšší hodnoty byly navíc u různých parametrů naměřeny pro celé semeno, jindy naopak pro mleté semeno.

Předložené výsledky dokládají časté nestejnoroďe výsledky pro celá, drcená a mletá zrna nebo semena. Pozorovali jsme navíc, že v některých případech byly nejvyšší obsahy zaznamenávány v celých vzorcích, jindy naopak v případě mletých úprav a zřídka také v případě drcených úprav zrn nebo semen. Přesnější určení závislosti vyhodnocování obsahu přístrojem na stupni úpravy vzorku by vyžadovalo další měření a více vzorků.

Vzhledem k tomu, že přístroj byl navržen za účelem analýzy vzorků v různých stavech a úpravách, nemělo by docházet k odlišnostem ve srovnání u individuálních vzorků. Vzhledem k tomu, že výsledky měření většinou dobře odpovídaly chemickým rozborům i tabulkovým hodnotám je patrné, že přístroj pracuje správně. Naše výsledky však přinášejí předpoklad, že jeho nastavení není optimální pro provádění rutinních

vícečetných analýz různých materiálů. Přístroj zatím není vhodný pro analýzu různých vzorků a je třeba kalibrovat jeho nastavení a zpřesnit rovnice.

7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

ACKO, D. K. Importance and possibilities of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) production for human nutrition, and animal feed in Slovenia. *JOURNAL OF FOOD AGRICULTURE & ENVIRONMENT*, 2012, roč. 2, č. 10, s. 636-640. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com.proxy.mzk.cz/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=17&SID=W14c4p1BHcEN12eS3BO&page=1&doc=1.

ANDERSSON, K. E. – HELLSTRAND, P. Dietary oats and modulation of atherogenic pathways. *Molecular Nutrition*, 2012, vol. 56, issue 7, s. 1003-1013. DOI: 10.1002/mnfr.201100706. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/mnfr.201100706>.

ANONYM 1, *Aplikační servis a vývoj* [on line]. Dostupné z: <http://www.biopro.cz/sluzby/aplikacni-servis-a-vyvoj/> [cit. 2015-3-16].

ANONYM 2, *Perten Instruments DA 7200 NIR analyzátor potravin a krmiv* [on line]. Dostupné z: <http://www.biopro.cz/xmedia/pdf/DA7200.pdf> [cit. 2015-3-16].

ANONYM 3, *U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service*. 2011. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 24. Nutrient Data Laboratory Home Page, Dostupné z: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.

ANONYM 4, Nařízení Komise (EU) č. 68/2013 ze dne 16. ledna 2013 o katalogu pro krmné suroviny Text s významem pro EHP. *OJ L 29, 30.1.2013, p. 1–64 (BG, ES, CS, DA, DE, ET, EL, EN, FR, IT, LV, LT, HU, MT, NL, PL, PT, RO, SK, SL, FI, SV). Special edition in Croatian: Chapter 03 Volume 067 P. 14 – 77*. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32013R0068>.

ANONYM 5, *Referenční hodnoty pro příjem živin*. V ČR 1. vyd. Praha: Společnost pro výživu, 2011, 192 s. ISBN 9788025469873.

BENADA, J. *Metodika pěstování jarních obilnin: ječmen jarní, oves, pšenice jarní*. Kroměříž: Zemědělský výzkumný ústav, 2001, 143 s. ISBN 80-902545-4-3.

BLATTNÁ, J. - MEČIAR, L. – VAŠÁK, J. *Výživa na začátku 21. století aneb o výživě aktuálně a se zárukou*. Vyd. 1. Praha: Společnost pro výživu, 2005, 79 s. ISBN 80-239-6202-7.

BRÁT, J. - BARANYK, P. – DOSTÁLOVÁ, J. - ŠKERŮK, J. Řepkový olej - olej nad zlato. *Practicus*, 2013, č. 6, s. 18-21. Dostupné z: <http://web.practicus.eu/sites/cz/Documents/Practicus-2013-06/18-Repkovy-olej-olej-nad-zlato.pdf>.

DAHL, W. J. - FOSTER, L. M. - TYLER, R. T. Review of the health benefit of peas (Pisum sativum L.). *British Journal of Nutrition*, 2012, vol. 108, S1, S3-S10. DOI: 10.1017/S0007114512000852. Dostupné z: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0007114512000852.

DELPLANQUE, B. The nutritional value of sunflower oils: linoleic sunflower seeds and seeds with high oleic content. *OCLEAGINEUX CORPS GRAS LIPIDES*, 2000, roč. 6, č. 7.

ELMADFA, I. - PARK, E. Impact of diet with corn oil or olive/sunflower oils on DNA damage in healthy young men. *European Journal of Nutrition*, 1999-12-1, vol. 38, issue 6, s. 286-292. DOI: 10.1007/s003940050079. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s003940050079>.

EWING, N.W. *The feeds directory*. England 1997. ISBN 1-899043-01-2.

FRØLICH, W. – ÅMAN, P. – TETENS, I. Whole grain foods and health – a Scandinavian perspective. *Food*, 2013-2-12, vol. 57. DOI: 10.3402/fnr.v57i0.18503. Dostupné z: <http://www.foodandnutritionresearch.net/index.php/fnr/article/view/18503>.

HOSNEDL, V. - MEČIAR, L. – VAŠÁK, J. *Rostlinná výroba*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 1998, 165, [15] s. ISBN 80-213-0153-8.

HOUBA, M. - HOCHMAN, M. - HOSNEDL V. *Luskoviny: pěstování a užití*. 1. vyd. České Budějovice: Kurent, 2009, 133 s. ISBN 978-80-87111-19-2.

CHLOUPEK, O. - PROCHÁZKOVÁ, B. – HRUDOVÁ, E. *Pěstování a kvalita rostlin*. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005, 178 s. ISBN 978-80-7157-897-0.

JANOVA, E. - BRYJA, J. - CIZMAR, D. – CEPELKA, L. – HEROLDOVA, M. A new method for assessing food quality in common vole (*Microtus arvalis*) populations. *European Journal of Wildlife Research* [online], 2015, vol. 61, issue 1, s. 57-62 [cit. 2015-03-21]. DOI: 10.1007/s10344-014-0873-5. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10344-014-0873-5>.

KAJIMOTO, G. Chemical composition of barley tea. *JOURNAL OF THE JAPANESE SOCIETY FOR FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NIPPON SHOKUHIN KAGAKU KOGAKU KAISHI*, 2000, roč. 1, č. 47, s. 9-16. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com.proxy.mzk.cz/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=4&SID=W14c4p1BHcEN12eS3BO&page=2&doc=19.

KANIA, P. Infračervená spektrometrie. *VŠCHT v Praze, Ústav analytické chemie*, 2007. Dostupné z: http://old.vscht.cz/anl/lach1/7_IC.pdf.

KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003, 132 s. ISBN 80-86369-07-2.

KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Praha: ÚZPI, 2007, 55 s. ISBN 978-80-7271-184-0.

KOPÁČOVÁ, O. Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům (II. část). *Agronavigátor* [online], 2008, článek 80929 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=print&val=80929>.

KOPRNA, R. – HAVEL, J. Využití olejnin pro potravinářské účely. *Úroda*. 2002. Dostupné z: <http://uroda.cz/vyuziti-olejnin-pro-potravinarske-ucely/>.

KOSTELANSKÝ, F. *Obecná produkce rostlinná*. 2., nezměn. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, 212 s. ISBN 978-80-7157-765-2.

KUČEROVÁ, J. – PELIKÁN, M. – HŘIVNA, L. *Zpracování a zbožiznalství rostlinných produktů*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007, 122 s., [3] l. ISBN 978-80-7375-088-6.

MATUZ, J. - BARTOK, T. - MOROCZ-SALAMON, K. – BONA, L. Structure and potential allergenic character of cereal proteins - I. Protein content and amino acid composition. *Cereal research communications*, 2000, roč. 3, č. 28, s. 263-270. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com.proxy.mzk.cz/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=19&SID=U13liPtQ1YD8LRWHmH8&page=1&doc=21.

MCINTOSH, G.H. – NOAKES, M. – ROYLE, P. J. – FOSTER, P. R. Whole-grain rye and wheat foods and marker softbowel health in overweight middle-aged men. *AMERICAN JOURNAL OF CLINICAL NUTRITION*, 2003, roč. 4, č. 77, s. 967-974. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com.proxy.mzk.cz/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=8&SID=W14c4p1BHcEN12eS3BO&page=3&doc=22

MÍKA, V. – KOHOUTEK, A. – NERUŠIL, P. *Spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIR): výběr praktických aplikací v zemědělství*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008, 44 s. ISBN 978-80-87011-53-9.

MORISSET, M., - MONERET-VAUTRIN, D. A. - MAADI, F. - FREMONT, S. - GUENARD, L. – CROIZIER, A. - KANNY, G. Prospective study of mustard allergy:

first study with double-blind placebo-controlled food challenge trials (24 cases). *Allergy*, 2003, vol. 58, issue 4, s. 295-299. DOI: 10.1034/j.1398-9995.2003.00074.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1034/j.1398-9995.2003.00074.x>.

MOUGHAN, P. - VERSTEGEN, M.W.A. - WISSER-REYNEVELD, M.I. *Modelling the Growth of Pigs*. EAAP Publication, No. 78, Wageningen Pers, Wageningen, 1995, pp. 209-222.

PELIKÁN, M. *Zpracování obilovin a olejnin*. Vyd. 2., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 148 s. ISBN 80-7157-525-9.

PETR, J. – HÚSKA, J. *Speciální produkce rostlinná*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1997, 193 s. ISBN 80-213-0152-x.

PETR, J. *Hrách a bob*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1973.

PETR, J. *Žito a tritikale: biologie, pěstování, kvalita a využití*. 1. vyd. Praha: ProfiPress, 2008, 192 s. ISBN 978-80-86726-29-8.

PRASAD, K. Dietary flax seed in prevention of hypercholesterolemic atherosclerosis. *Atherosclerosis*, 1997, vol. 132, issue 1, s. 69-76. DOI: 10.1016/S0021-9150(97)06110-8. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021915097061108>.

SALMANOWICZ, B. - LANGNER, M. - WIŚNIEWSKA, H. - APOLINARSKA, B. - KWIATEK, M. - BŁASZCZYK, L. Molecular, Physicochemical and Rheological Characteristics of Introgressive Triticale/Triticum monococcum ssp. monococcum Lines with Wheat 1D/1A Chromosome Substitution. *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, vol. 14, issue 8, s. 15595-15614. DOI: 10.3390/ijms140815595. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1422-0067/14/8/15595/>.

SCHEFFÉ, H. *The Analysis of Variance*. Wiley, New York. 1959 (reprinted 1999), 354 pp. ISBN 0-471-34505-9.

SNEDECOR, G.W. – COCHRAN, W. G. *Statistical methods*. Iowa State University Press, 1971 (printed 1980), 593 pp. ISBN 0-8138-1560-6.

TAUFEROVÁ, A. *Rostlinná produkce*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014, 140 s. ISBN 978-80-7305-716-9.

UGARČIĆ - HARDI. *Flour - bread '07: proceedings of the 4th International congress [and] 6th Croatian congress of cereal technologists, Opatija, October 24-27, 2007*. Osijek: Faculty of food technology J. J. Strossmayer University of Osijek, 2008. ISBN 978-953-7005-153.

VYSKOČIL, I. et al. *Kapesní katalog krmiv*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 84 s. ISBN 978-80-7375-218-7.

ZEMAN, L. et al. *Katalog krmiv*. VÚVZ Pohořelice, 1995. ISBN: 80-901598-3-4.

ZIMOLKA, J. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. 1. vyd. Praha: ProfiPress, 2006, 200 s. ISBN 80-86726-18-5.

ZIMOLKA, J. *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: ProfiPress, 2008, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.

ZIMOLKA, J. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. 1. vyd. Praha: ProfiPress, c2005, 179 s. ISBN 80-86726-09-6.

ŽÁČEK, Z. – ŽÁČEK A. *Potravinářské tabulky*. 1.vyd. Praha: SPN, 1994, 484 s. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-04-24457-2.

8 SEZNAMY

Seznam tabulek

Tab. č. 1: Chemické složení obilnin

Tab. č. 2: Obsah oleje v olejninách

Tab. č. 3: Přehled informací o vzorcích použitých k analýze NIR spektroskopii

Tab. č. 4: Aplikace na bázi kvalitativní NIR analýzy

Tab. č. 5: Aplikace na bázi kvantitativní NIR analýzy

Tab. č. 6: Technické parametry DA 7200 NIR analyzátoru

Tab. č. 7: Hodnoty zjištěné z tabulek - pšenice

Tab. č. 8: Naměřené hodnoty pro vlhkost - pšenice (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 9: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - pšenice (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 10: Naměřené hodnoty pro škrob – pšenice (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 11: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu – pšenice (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 12: Hodnoty zjištěné z tabulek - ječmen

Tab. č. 13: Naměřené hodnoty pro vlhkost - ječmen (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 14: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - ječmen (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 15: Naměřené hodnoty pro škrob – ječmen (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 16: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - ječmen (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 17: Hodnoty zjištěné z tabulek - žito

Tab. č. 18: Naměřené hodnoty pro vlhkost - žito (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 19: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - žito (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 20: Hodnoty zjištěné z tabulek - oves

Tab. č. 21: Naměřené hodnoty pro vlhkost - oves (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 22: Naměřené hodnoty pro hrubý protein – oves (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 23: Hodnoty zjištěné z tabulek - tritikale

Tab. č. 24: Naměřené hodnoty pro vlhkost - tritikale (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 25: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - tritikale (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 26: Naměřené hodnoty pro škrob - tritikale (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 27: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - tritikale (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 28: Hodnoty zjištěné z tabulek - proso

Tab. č. 29: Naměřené hodnoty pro vlhkost - proso (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 30: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - proso (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 31: Naměřené hodnoty pro škrob - proso (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 32: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - proso (průměr ± směrodatná odchylka)

Tab. č. 33: Hodnoty zjištěné z tabulek - kukuřice
Tab. č. 34: Naměřené hodnoty pro vlhkost – kukuřice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 35: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - kukuřice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 36: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - kukuřice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 37: Naměřené hodnoty pro škrob - kukuřice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 38: Hodnoty zjištěné z tabulek - hořčice
Tab. č. 39: Naměřené hodnoty pro vlhkost - hořčice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 40: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - hořčice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 41: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - hořčice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 42: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - hořčice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 43: Hodnoty zjištěné z tabulek - len
Tab. č. 44: Naměřené hodnoty pro vlhkost - len (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 45: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - len (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 46: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - len (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 47: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - len (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 48: Hodnoty zjištěné z tabulek - řepka
Tab. č. 49: Naměřené hodnoty pro vlhkost - řepka (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 50: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - řepka (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 51: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - řepka (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 52: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - řepka (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 53: Hodnoty zjištěné z tabulek - slunečnice
Tab. č. 54: Naměřené hodnoty pro vlhkost - slunečnice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 55: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - slunečnice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 56: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - slunečnice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 57: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - slunečnice (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 58: Hodnoty zjištěné z tabulek - hrách
Tab. č. 59: Naměřené hodnoty pro vlhkost - hrách (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 60: Naměřené hodnoty pro hrubý protein - hrách (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 61: Naměřené hodnoty pro hrubý tuk - hrách (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 62: Naměřené hodnoty pro hrubou vlákninu - hrách (průměr ± směrodatná odchylka)
Tab. č. 63: Charakteristiky celých vzorků
Tab. č. 64: Charakteristiky drcených vzorků
Tab. č. 65: Charakteristiky mletých vzorků

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Elektromagnetické spektrum

Obr. č. 2: Graf porovnání všech naměřených hodnot podle úpravy