

Stanovení nutričních parametrů u netradičních druhů pšenice a mouk

Bc. Iveta Maliňáková

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Iveta Maliňáková**
Osobní číslo: **T11841**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Stanovení nutričních parametrů u netradičních druhů pšenice a mouk.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručný popis anatomického a chemického složení obilky.
2. Charakteristika pšenice a její členění dle druhu a využití.
3. Vybrané metody stanovení a jejich popis.

II. Praktická část

1. Metodika stanovení jednotlivých nutričních charakteristik u vybraných druhů pšenice a pšeničných mouk.
2. Diskuze a formulace závěrů práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie. I, Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2003. ISBN 80-7080-530-7.

[2] PAŽOUT, V., HEMALOVÁ, V., ALDORFOVÁ, M. Hygiena a technologie vegetabilních produktů. I, Hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků, pekárenských výrobků, těst a těstovin. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7305-603-2.

[3] KONIK-ROSE, CH. et al. Effects of starch synthase IIa gene dosage on grain, protein and starch in endosperm of wheat. Theoretical and Applied Genetics, 2007, 115.8: 1053-1065.

[4] GAJDOŠOVÁ, A., ŠTURDÍK, E. Biologické, chemické a nutrično-zdravotné charakteristiky pekárských cereálií. Nova Biotechnologica, 2004, IV-1, 133-139. ISSN 1337-8783.

[5] McCLEARY, B. Dietary fibre analysis. Proceedings of the Nutrition Society, 2003, 3-9. ISSN 0029-6651.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce:

10. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 29.4.2014



.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce se zabývá popisem anatomických částí obilky a jejím chemickým složením. Dále je zde charakterizována pšenice, její dělení, popis analyzovaných vzorků a v neposlední řadě také metodika použitých analýz.

Praktická část diplomové práce uvádí postupy použitých metod při analýze sušiny, popela, škrobu, bílkovin, tuku, hrubé vlákniny a stravitelnosti živin.

Klíčová slova:

Pšenice, pšeničné otruby, sušina, popel, bílkoviny, škrob, tuk, vláknina, stravitelnost

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis deals with the description of anatomical parts of the grain and its composition. The wheat is also characterized here, its taxonomy and the methods used in the analysis.

The experimental part of the thesis presents the methods: dry matter, ash content, starch, fat, crude fiber and digestibility.

Keywords:

Wheat, wheat bran, dry matter, ash, protein, starch, fat, crude fibre, digestibility

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí diplomové práce Ing. Bc. Daniele Sumczynski Ph.D., za její odborné vedení, ochotu, vstřícnost a pomoc při řešení dané problematiky. Dále bych ráda poděkovala paní laborantce Ing. Lence Fojtíkové za cenné rady při práci v laboratoři.

Velký dík patří i mé rodině, která mě podporovala po celou dobu studia a hlavně mým dvěma synům za jejich nezměrnou trpělivost.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OBILOVINY (CEREÁLIE)	12
1.1 ANATOMICKÉ SLOŽENÍ OBILKY	12
1.1.1 Endosperm.....	13
1.1.2 Klíček	13
1.2 TAXONOMIE PŠENICE.....	14
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILKY PŠENICE	15
1.3.1 Bílkoviny a aminokyseliny	15
1.3.1.1 Lepek	19
1.3.2 Sacharidy	20
1.3.2.1 Škrob	20
1.3.2.2 Vláknina a její vliv na lidský organizmus	21
1.3.3 Lipidy	21
1.3.4 Minerální látky	22
1.3.5 Vitaminy.....	23
1.3.6 Biologicky aktivní sloučeniny.....	23
1.4 DRUHY BĚŽNÝCH OBILOVIN PĚSTOVANÝCH V ČR.....	24
1.5 CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH VZORKŮ	26
1.5.1 Pšenice špalda (<i>Triticum spelta</i> L.).....	26
1.5.2 Pšenice setá ozimá (<i>Triticum aestivum</i> L.)	26
1.5.3 Kamut (<i>Triticum turgidum subsp. turanicum</i>)	26
1.5.4 Otruby	27
1.5.5 Pšenice zelená (Freekeh).....	27
1.5.6 Pšenice červená BIO	28
1.6 PROCES MLETÍ MOUKY	28
2 PRINCIPY CHEMICKÝCH ANALÝZ	30
2.1 STANOVENÍ VLHKOSTI.....	30
2.2 STANOVENÍ POPELA.....	30
2.3 STANOVENÍ OBSAHU ŠKROBU	30
2.4 STANOVENÍ OBSAHU BÍLKOVIN	31
2.5 STANOVENÍ OBSAHU LIPIDŮ	31
2.6 METODY STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	32
2.7 STANOVENÍ STRAVITELNOSTI KOMBINOVANOU HYDROLÝZOU PEPSINEM A PANKREATINEM	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
3 CÍL PRÁCE	35
4 METODIKA PRÁCE	36

4.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	36
4.2	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY.....	37
4.3	VZORKY ANALYZOVANÝCH OBILOVIN	38
4.4	PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	38
4.5	STANOVENÍ VLHKOSTI REFERENČNÍ METODOU.....	39
4.6	STANOVENÍ OBSAHU POPELA.....	40
4.7	STANOVENÍ ŠKROBU DLE EWERSE.....	40
4.8	STANOVENÍ OBSAHU BÍLKOVIN DLE KJELDAHLA S ÚPRAVOU PODLE WINKLERA	41
4.9	STANOVENÍ OBSAHU TUKU DLE SOXHLETA.....	43
4.10	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	43
4.11	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI KOMBINOVANOU HYDROLÝZOU PEPSINEM A PANKREATINEM.....	45
4.12	STATISTICKÁ ANALÝZA	47
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	48
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ VLHKOSTI.....	48
5.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ POPELA.....	49
5.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ ŠKROBU.....	51
5.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU BÍLKOVIN	52
5.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ TUKU.....	55
5.6	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	57
5.7	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI KOMBINOVANOU HYDROLÝZOU PEPSINEM A PANKREATINEM.....	59
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	73
	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
	SEZNAM TABULEK.....	75

ÚVOD

Obiloviny tvoří převážnou část lidské stravy. Mezi nejvíce pěstovanou obilovinu, která má nezastupitelné místo v naší výživě, patří pšenice. Pšenice je charakteristická množstvím netypických odrůd. Méně známé odrůdy pšenice se pěstují zejména v minoritním množství, převážně v ekologickém zemědělství. Většinou se jedná o staré odrůdy, které jsou nenáročné na pěstební podmínky, hnojení a postřiky, avšak jejich značnou nevýhodou je, že nevykazují takový výnos, jako běžné šlechtěním upravené odrůdy obilovin.

V dnešní době stoupá zájem o netradiční výrobky s vyšší výživovou hodnotou. Netradiční druhy pšenice, jako kamut, pšenice špalda či červená pšenice vykazují příznivé nutriční hodnoty. Jsou vhodné k obohacení jídelníčku, jak z výživového hlediska – vyšší obsah minerálních látek, bílkovin, vlákniny, vitaminů, tak mohou pokrmy obohatit také po stránce vizuální, např. červená pšenice či výrobek ze zelené pšenice zvaný Freekeh nebo senzorigické, např. jemně oříšková chuť u pšenice kamut.

Pšeničné otruby jsou sice výrobek všeobecně známý, ale v jídelníčku poměrně opomíjený. Přitom jejich blahodárné účinky jsou nezanedbatelné. Slouží především jako tzv. funkční potraviny. Funkční potraviny se skládají z přirozeně se vyskytujících složek, ale mimo svou výživovou hodnotu vykazují i příznivý účinek na organismus. Otruby obsahují velké množství vlákniny a slouží tak k prevenci výskytu onemocnění trávicího ústrojí.

Náplní diplomové práce je popis morfologických částí obilného zrna a jeho chemické složení, přičemž je kladen důraz zejména na pšenici. Je zde charakterizována pšenice z taxonomického hlediska, její členění dle využití a v rámci popisu pšeničných druhů jsou v práci popsány ty druhy, jež byly použity k následné analýze. Dále jsou zde uvedeny principy metod použitých při analytickém stanovení.

Cílem praktické části práce bylo stanovení základních chemických parametrů u netradičních druhů pšenice a mouk. Jednalo se o stanovení vlhkosti, popela, škrobu, bílkovin, tuku, stanovení hrubé vlákniny a v poslední řadě také stanovení stravitelnosti živin kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBILOVINY (CEREÁLIE)

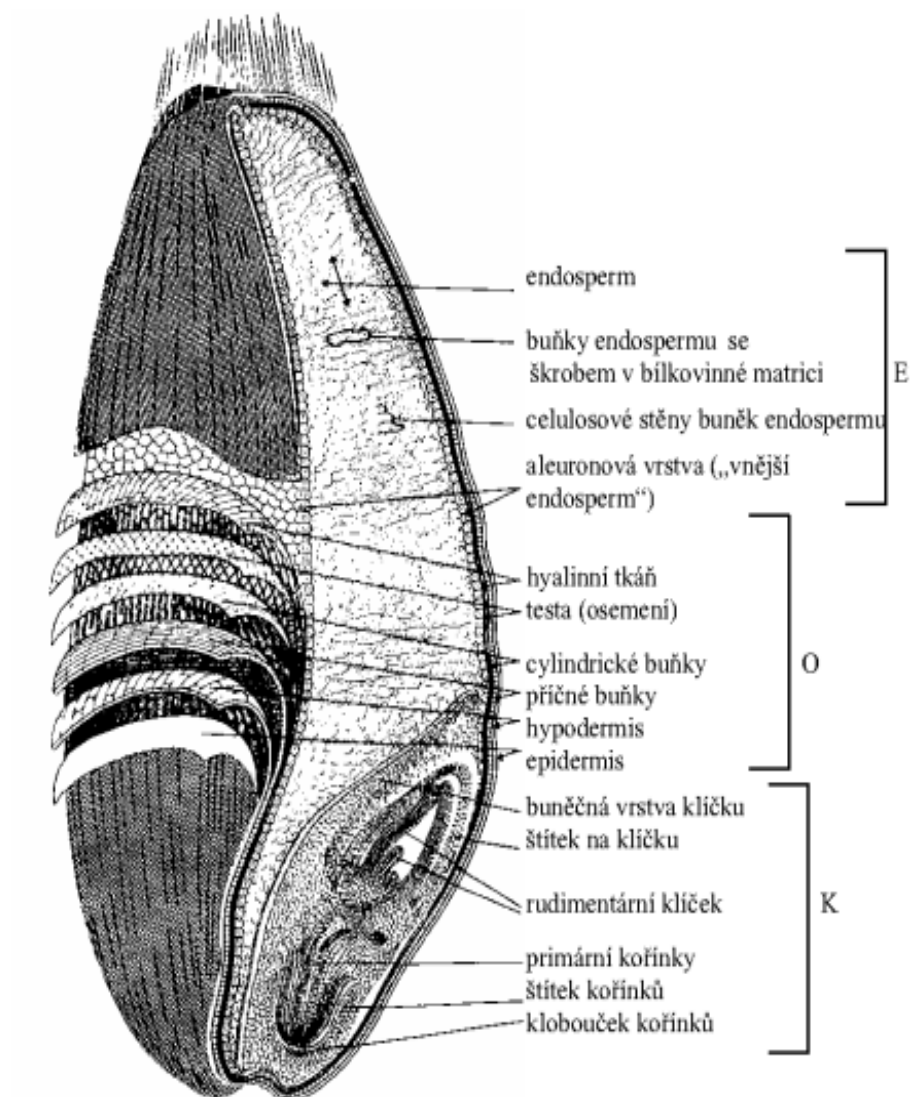
Pro převážnou část lidstva jsou obiloviny nejdůležitější a základní potravinou, která je v přirozeném stavu zdrojem sacharidů, ale dodává nám i bílkoviny, vitaminy, minerální látky a důležitou vlákninu [1].

Téměř všechny známé obiloviny patří do čeledi lipnicovité, latinsky *Poaceae*. Společný botanický původ obilovin z čeledi lipnicovité předurčuje jejich značnou vzájemnou podobnost jak ve struktuře a tvorbě zrna, tak v jeho chemickém složení [2].

Využití obilovin je velmi široké. Obiloviny se konzumují v různých formách úpravy (výrobky z mouky, loupané obilky – rýže, kroupy, jáhly, vločky apod.). Vedle toho jsou důležitou surovinou v potravinářském průmyslu k výrobě sladu (piva), lihu, cukru, farmaceutických přípravků aj. Také se z nich průmyslově získává celulóza [3].

1.1 Anatomické složení obilky

Plodem obilnin je obilka. Podle toho, zda jsou, či nejsou na povrchu obilky po výmlatu zachovány kvítkové orgány – plucha a pluška, rozlišujeme obilky pluchaté (obilka je uzavřena pluchou a pluškou) nebo nahé (povrch obilky tvoří oplodí). Nahé obilky má pšenice, žito, tritikale, kukuřice, nahý oves a nahý ječmen. Pluchaté obilky má obvykle ječmen, oves, rýže, proso a některé čiroky. Jednotlivé druhy obilovin jsou snadno identifikovatelné podle tvaru, velikosti a hmotnosti zrna. Nicméně mezi druhy existují velké variace a morfologie může být spojena také s parametry kvality. Každá obilka se skládá z endospermu, klíčku a obalových vrstev. Hmotnostní podíl jednotlivých částí zrna je rozdílný u jednotlivých obilovin a je proměnlivý vlivem vnitřních a vnějších faktorů, jimiž jsou například odrůda, půdní a klimatické podmínky, hnojení, agrotechnika a jiné. Průměrné složení pšeničného zrna tvoří z 15 % otruby (oplodí a osemení), z 82 % endosperm a ze 3 % klíček [4,5,6,7].



Obr. 1 Podélný řez pšeničným zrnem [2]

1.1.1 Endosperm

Endosperm tvoří největší část hmotnosti zrna. Je tvořen velkými hranolovitými buňkami a obsahuje především škrob a bílkoviny. Od obalových vrstev je oddělen vrstvou aleuronových buněk obsahujících bílkoviny, minerální látky, tuky a vitaminy. Endosperm zajišťuje výživu zárodku a při zpracování je podstatnou složkou finálního výrobku, jako je např. mouka nebo škrob [6].

1.1.2 Klíček

Klíček je zárodkem pro nové rostliny a plní funkci i jako nositel genetických informací. Před mlýnským zpracováním zrna je vždy předem odstraňován (broušením a tzv. špicováním) celý blok klíčku, který velmi rychle podléhá oxidačním a enzymovým změnám

a podstatně by zhoršoval senzoričnou kvalitu výrobku. Pokud má být klíček zpracován pro další potravinářské použití, musí být inhibovány jeho enzymy během několika hodin, jinak se již projeví příznaky chuťových a pachových změn [8,7].

Obalové vrstvy se v mlýnské technologii označují jako otruby. Jejich hlavní funkcí je ochrana zrn před účinky škodlivých látek, mechanickým poškozením a krátkodobě také před účinkem vody. Vnější obalové vrstvy mohou sloužit jako zdroj nestravitelné vlákniny, což je využíváno ke zvyšování výživové hodnoty výrobků. Obalové vrstvy tvoří oplodí a osemení. Oplodí (perikarp) tvoří pokožka (epidermis), buňky podélné (epikarp), buňky příčné (mesokarp) a buňky hadicové (endokarp). Osemení (perisperm) je tvořeno vrstvou barevnou a hyalinní (skelnou) [2,8,9].

1.2 Taxonomie pšenice

Pšenice se u nás pěstuje ve formě ozimé a jarní. Nové kultivary vznikly křížením druhu (*Triticum aestivum*) s dalšími druhy. Záměrem bylo především zvýšit odolnost vůči chorobám a škůdcům, výnos zrn a také zvýšení nutričních parametrů, jako je obsah bílkovin, vitaminů a lepku [4,10,11,12].

Podle počtu chromozomů rozlišujeme pšenice diploidní ($2n = 14$). Sem patří einkorn, tzv. divoká pšenice. Tetraploidní ($2n = 28$) jsou emer, durum, kamut a polská pšenice. Hexaploidní ($2n = 42$) jsou pšenice špalda a tritikale.

Podle druhu se pšenice dělí na (setá, shloučená, jednozrnka, naduřelá) či poddruhu (setá pravá, špalda, naduřelá – pravá, dvouzrnka, tvrdá, polská).

Pšeničné druhy se dělí dále podle:

- variety (*lutescens*, *milturum*, *erythrospermum*, *ferrugineum*),
- barvy klasu (červený, bílý),
- osinatosti klasu (bezosinatý, osinatý) [13,14,15,16,17,18].

Podle potravinářského využití (pšenice pekárenská, pšenice pečivářská). Požadavky na potravinářskou pšenici jsou popsány v normě ČSN 46 1100-2 (461100). Pšenice potravinářská se podle využití rozděluje na pšenici pekárenskou a pšenici pečivářskou, přičemž každá z těchto pšenic má stanoveny samostatné hodnoty jakostních parametrů. Tyto dva typy se od sebe liší především v hodnotách jakostních ukazatelů, a to obsahem dusíkatých látek a hodnotou sedimentačního indexu – Zeleného testem. Pekárenská pšenice musí

mít obsah N-látek nejméně 11,5 hmot. % a sedimentační index – Zeleného test nejméně 30 ml. Obsah N-látek nahrazuje ukazatel jakosti obsahu mokrého lepku. Naproti tomu u pšenice pečivářské je obsah N-látek nejvýše 11,5 hmot. % a sedimentační index – Zeleného test nejvýše 25 ml [19].

1.3 Chemické složení obilky pšenice

Obilné zrno se skládá ze dvou hlavních složek a to z vody a sušiny. Voda představuje důležitou složku obilného zrna, je potřebná pro všechny biologické a fyziologické procesy, které se v obilce odehrávají. Podle obsahu vody lze zrna rozdělit na mokrá (nad 17 %), vlhká (nad 15,5 %), středně suchá (nad 14 %) a suchá (do 14 %). Obilné výrobky musí splňovat dle vyhlášky č. 333/1997 ve znění pozdějších předpisů obsah vlhkosti do 15 %. Ze sušiny mají největší zastoupení polysacharidy, cca 75 %. Podíl bílkovin se pohybuje v rozmezí 10 – 15% a podíl lipidů je kolem 2 % [20,21,22].

V tab. 1 jsou uvedeny údaje o chemickém složení zrna obilnin v % při 15% vlhkosti [23].

Tab 1. Chemické složení zrna obilovin [23]

Druh	Minerální látky	Bílkoviny	Sacharidy	Tuky	Vláknina
Žito	1,7	9,0	70,7	1,7	1,9
Pšenice obecná	1,7	12,0	68,5	1,9	1,9
Pšenice tvrdá	1,7	13,2	65,0	2,4	2,5
Pšenice špalda bez pluch	1,8	13,5	67,0	1,6	1,5
Ječmen s pluchami	2,5	9,5	67,0	2,1	4,0
Ječmen bez pluch	1,3	7,5	73,6	1,2	1,4
Oves s pluchami	3,2	10,3	56,4	4,8	10,3
Oves bez pluch	2,3	13,0	71,6	7,0	1,4

1.3.1 Bílkoviny a aminokyseliny

Obsah bílkovin je výrazně ovlivňován odrůdou a pěstebními podmínkami. V různých částech zrna jsou bílkoviny s odlišným složením a velikostí makromolekuly a tudíž s nesterajným podílem dusíku. V zabezpečení příjmu bílkovin jsou obiloviny na druhém místě

za masem. Na výživě člověka se podílí až 30 % [24,7,1,25]. Obsah bílkovin v pšeničném zrně se pohybuje mezi 10 – 17 % [26,27].

Rozhodující část bílkovin je uložena v endospermu a aleuronové vrstvě. Vlastnosti bílkovin závisí na chemickém složení a na jejich strukturním uspořádání. Pšeničné bílkoviny lze rozdělit podle Osbourny na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech do čtyř skupin:

- gliadiny – rozpustné v 70 % etanolu,
- gluteniny – z části rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad,
- albuminy – rozpustné ve vodě,
- globuliny – rozpustné v roztocích solí [28].

Albuminy a globuliny (protoplazmatické, enzymaticky aktivní bílkoviny) obsahují příznivé aminokyselinové složení a jejich obsah je pod silnou genetickou kontrolou. Nejvíce jsou obsaženy v aleuronové vrstvě obilky, jejich obsah je poměrně málo ovlivnitelný pěstitelskými podmínkami a agrotechnikou, např. hnojením. Gliadiny „na síru bohaté“ jsou proteiny obsahující velké množství aminokyselin prolinu a glutaminu. Zahrnují α -, β -, γ -gliadiny a tzv. nízkomolekulární podjednotky gluteninů. „Na síru chudé“ bílkoviny jsou reprezentovány ω -gliadiny [29,30].

Kuncl uvádí zastoupení proteinů v bílkovině pšeničného zrna takto [26]:

- gliadiny (gliadin) – obsah 40 – 45 %, biologická hodnota nízká, technologická hodnota je významná,
- gluteliny (glutenin) – obsah 34 – 45 %, biologická hodnota střední, technologická hodnota je stejně jako u gliadinu významná,
- albuminy – obsah 5 – 10 %, biologická hodnota výborná, technologická hodnota je nevýznamná,
- globuliny – obsah 4 – 6 %, biologická hodnota výborná, technologická hodnota je nevýznamná [26].

Kvalitu bílkovin určuje zastoupení aminokyselin, ze kterých jsou bílkoviny složeny. Dominantní aminokyselinou v obilovinách je kyselina glutamová, která je přítomna výhradně jako glutamin. Jeho obsah v bílkovině zrna a mouky představuje více než 1/3 z celkového obsahu aminokyselin. Druhou, nejvíce zastoupenou aminokyselinou je prolin, který díky

svému strukturnímu uspořádání dává předpoklady k vytvoření pružné prostorové bílkovinné struktury pšeničného těsta. Bílkoviny obilovin však neobsahují všechny esenciální aminokyseliny v potřebném množství, proto je označujeme jako neplnohodnotné. U pšenice je limitující aminokyselinou lyzin [31,9]. Obsah aminokyselin v cereáliích (v g vztaženo na 16 g dusíku) uvádí následující tab. 2 [31]. Hlavní vliv na skladbu aminokyselin v pšeničném zrně mají gliadiny a gluteniny, které tvoří 90 % bílkovin celého zrna [26,27].

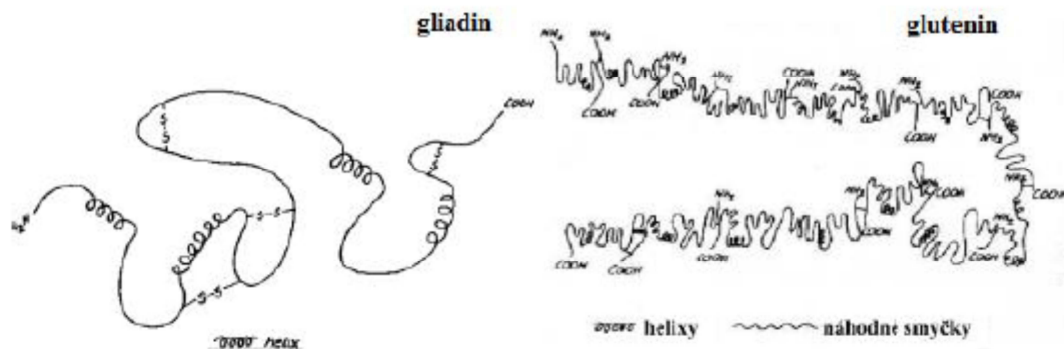
Tab. 2 Obsah aminokyselin v cereáliích [31]

AMK	Pšenice	Žito	Ječmen	Oves	Kukuřice
Ala	3,6	4,3	4,0	4,5	7,5
Arg	4,6	4,6	4,7	6,3	4,2
Asx	4,9	7,2	5,7	7,7	6,3
Cys	2,5	1,9	2,3	2,7	1,6
Glx	29,9	24,2	23,6	20,9	18,9
Gly	3,9	4,3	3,9	4,7	3,7
His	2,3	2,2	2,1	2,1	2,7
Ile	3,3	3,5	3,6	3,8	3,7
Leu	6,7	6,2	6,7	7,3	12,5
Lys	2,9	3,4	3,5	3,7	2,7
Met	1,5	1,5	1,7	1,7	1,9
Phe	4,5	4,4	5,1	5,0	4,9
Pro	9,9	9,4	10,9	5,2	8,9
Ser	4,6	4,3	4,0	4,7	5,0
Thr	2,9	3,3	3,3	3,3	3,6
Trp	0,9	1,0	0,9	1,1	0,7
Tyr	3,0	1,9	3,1	3,3	3,8
Val	4,4	4,8	5,0	5,1	4,8

1.3.1.1 Lepek

Nařízení komise (ES) č. 41/2009 definuje lepek jako bílkovinnou frakci z pšenice, žita, ječmene, ovsa nebo jejich kříženců a derivátů, na kterou mají některé osoby nesnášenlivost a která je nerozpustná ve vodě a 0,5 mol.dm⁻³ roztoku chloridu sodného [32].

Pšeničný lepek, je pružný gel, který je tvořen zásobními proteiny (gliadiny a gluteniny). Vzniká jejich smísením s vodou a mechanickou energií ve formě hnětení spolu s přítomností vzdušného kyslíku [33].



Obr. 2 Struktury gliadinu a gluteninu [34]

Lepek má rozhodující roli při tvorbě těsta, určuje tzv. pekařskou sílu mouky, což je schopnost vázat vodu. Síla mouky je určena množstvím a kvalitou bílkovin. Silné mouky dávají pevná, pomalu zrající těsta. Mají však nízkou aktivitu enzymů, proto jsou škrob a bílkoviny v těstech odbourávány jen nepatrně. Silné mouky mají vysoký obsah lepku, těsto je však tuhé a pro jeho další zpracování je nutné ho nechat déle zrát [27,35,8].

Lepek vyvolává u senzitivních jedinců alergickou reakci. Neustále diskutovanou obilovinou z hlediska využití pro potřeby celiaků zůstává oves, přestože aveniny ovsa neobsahují alergenní epitopy, ne všichni pacienti ovesnou bílkovinu tolerují [36].

Výskyt celiaků u evropské populace činí asi 0,5 % a její jedinou léčbou je dodržování tzv. bezlepkové diety, kdy se ze stravy pacienta vyloučí bílkoviny pšenice, ječmene a žita [37].

Celiakie způsobuje celoživotní nesnášenlivost lepku. Symptomatologie celiakie se mění v závislosti na věku nemocného. Typické střevní příznaky se vyskytují v současnosti převážně jen u malých dětí (do 3 let), a to průjemy, břišní koliky, zástava růstu, střídání nálad, deficit svalové hmoty [38].

1.3.2 Sacharidy

Sacharidy obilovin představují 40 – 55 % celkového příjmu energie, někdy i více. Tvoří největší podíl zrna. Z vysokomolekulárních polysacharidů, které se zde vyskytují, je nejvíce zastoupen škrob. Z dalších polysacharidů zde nalezneme celulózu, hemicelulózy, pektiny či β -glukany. Celulóza ve formě vláken z obalových vrstev je obsažená v celozrnných moukách, příznivě působí na fyziologii trávení. Hemicelulózy jsou uloženy převážně v pod-obalových vrstvách a také plní funkci převážně nestravitelné vlákniny potravy. Jejich důležitou složkou jsou pentózy heterogenního složení, s převahou arabinózy a xylózy, neboť na sebe váží vodu a jsou schopny tvořit viskózní roztoky. Obsah pentózů v pšeničné mouce se pohybuje mezi 1 – 3 %. Jsou významné především při tvorbě žitného těsta. β -glukany jsou rozpustné polysacharidy, které rovněž vytvářejí viskózní koloidní roztoky a nalezneme je nejvíce v ječmeni a ovsu. Obsah β -glukanů v pšeničném zrně je 0,54 – 1,4 %. Monosacharidy a oligosacharidy jsou v obilných zrnech obsaženy jen v nepatrném množství, v rozmezí 1 – 2 % a jsou zastoupeny především sacharózou, v malých množstvích maltózou, fruktózou či glukózou [39,7,40].

1.3.2.1 Škrob

Škrobové granule se nacházejí v endospermu a jejich podoba je pro jednotlivé druhy obilovin charakteristická. Množství škrobu v pšeničném zrně se pohybuje v rozmezí od 65 do 75 % [41]. Hlavními složkami škrobu jsou dva α -D-glukany – lineární amyulóza s α -(1→4)- glykosidovými vazbami (základní stavební jednotkou je maltóza) a větvený amylopektin (základními stavebními jednotkami jsou maltóza a izomaltóza), obsahující α -(1→4) a α -(1→6)- glykosidové vazby. Velikost zrn pšeničného škrobu souvisí s jeho chemickým složením, které následně může ovlivňovat jeho funkční vlastnosti. Běžně obsahuje pšeničný škrob 20 – 30 % amyulózy a 70 – 80 % amylopektinu [42,43].

Amyulóza je rozpustná ve vodě, amylopektin pouze bobtná. Celkově vytváří škrob s vodou za tepla gelovitý maz. Teploty mazování jsou u různých škrobů rozdílné. Zpravidla se pohybují mezi 55 a 70 °C. Po ochlazení dojde k vytvoření pružného škrobového gelu, který je hlavním nositelem vláčnosti ve střídkě výrobku [44].

Pšeničný škrob je snadno stravitelný v tenkém střevě, což vede k rychlému nárůstu hladiny glukózy v krvi [45].

1.3.2.2 Vláknina a její vliv na lidský organizmus

Vláknina potravy (označovaná také jako balastní nebo nevyužitelné sacharidy) je tvořena řadou chemických sloučenin, které jí dodávají specifické fyziologické, funkční a nutriční vlastnosti. Termín vláknina byl použit již v roce 1953 a její definice od té doby prošla řadou změn a úprav formálních i obsahových. V roce 1998 byla ustavena komise AACC (American Association for Cereal Chemists – Americká asociace sdružující odborníky z oblasti cereálií) s cílem revidovat a aktualizovat definici vlákniny, která byla posléze schválena ve znění: "Vlákninu potravy tvoří jedlé části rostlin nebo analogické sacharidy, které jsou odolné vůči trávení a absorpci v lidském tenkém střevu a jsou zcela nebo částečně fermentovány v tlustém střevu. Vláknina potravy zahrnuje polysacharidy, oligosacharidy, lignin a přidružené rostlinné složky. Vláknina potravy vykazuje prospěšné fyziologické účinky – laxativní a/nebo upravující hladinu cholesterolu v krvi a/nebo upravující hladinu glukózy v krvi" [46].

Vláknina se uplatňuje charakteristickými fyzikálními a chemickými vlastnostmi, které vyplývají ze schopnosti zvětšovat objem a z její viskozity. Vláknina snižuje příjem energie rychlým navozením procesu syčení a sytosti. Přidáním vlákniny se změní chuť, textura a energetická vydatnost potravy. Ve většině průmyslově vyspělých zemí se pohybuje příjem vlákniny potravou od pouhých 11 do 13 g.den⁻¹. Minimální doporučená dávka vlákniny však je nejméně 25 – 35 g na den. Nedostatek vlákniny v potravě má za následek zvýšený výskyt kolorektálního karcinomu, z metabolických a nutričních poruch se nedostatek vlákniny podílí na vzniku obezity a rozvoji diabetu 2. typu [47,48].

Vláknina cereálií se skládá ze 71 – 82 % z necelulózových polysacharidů, 12 – 22 % tvoří celulóza a 0 – 15 % lignin [31].

Obsah vlákniny v zrně pšenice je 11,8 – 12,1 %, pšeničná mouka obsahuje 2,3 – 5,6 % vlákniny [7].

1.3.3 Lipidy

Jejich společnou vlastností je relativní nerozpustnost ve vodě a dobrá rozpustnost v nepolárních rozpouštědlech jako éter, chloroform a benzen. Lipidy jsou důležitou složkou potravy, nejen pro svou vysokou energetickou hodnotu, ale i pro obsah esenciálních mastných kyselin. Celkový obsah lipidů v zrně je velmi malý. Obsah lipidů v celém zrně se pohybuje mezi 2,0 – 2,5 %, v aleuronové vrstvě 7,0 – 8,5 %, v zárodku jejich obsah kolísá

mezi 12 – 16 %. Obsah lipidů v endospermu se udává mezi 0,5 – 0,7 %. Největší zastoupení lipidů se nachází v samotném klíčku pšeničného zrna. Význam mají zejména polární lipidy (fosfolipidy), kterých je v pšenici cca 30 % z celkového obsahu lipidů [49,7,1].

Kyselina fosforečná uvolněná štěpením fosfolipidů spolu s nenasycenými mastnými kyselinami způsobuje snadnou oxidaci tuku [4].

Z nenasycených mastných kyselin jsou podle Velíška v pšenici zastoupeny kyselina linolová, v množství 40 – 50 %, kyselina olejová 20 – 45 % a kyselina linolenová 2 – 3 %. Z nasycených mastných kyselin se v pšenici vyskytuje především kyselina palmitová, v množství 14 – 17 % a kyselina stearová 1 – 3 % [31].

1.3.4 Minerální látky

Minerální látky označujeme jako popel, což je anorganický zbytek po spálení materiálu. Množství popela v obilném zrně se pohybuje v rozmezí 1,25 – 2,5 %. U pluchatých obilovin je jejich obsah vyšší. V pšenici je v průměru 1,84 % minerálních látek. Klíček a obalové vrstvy, zejména aleuronová, mají největší zastoupení popelovin v semenu, endosperm je na minerální látky chudý. Významný je obsah minerálních látek v obalových vrstvách obilky 1,5 % (kukuřice) až 5,9 % u rýže. Popel je tvořen z největší části oxidem fosforečným, dále je zde oxid hořečnatý, draselný a vápenatý. Méně je pak oxidu sodného a křemičitého [50]. Značné rozdíly v obsahu minerálních prvků jsou mezi pšeničnou moukou a pšeničných otrubami [51]. Tab. 3 udává obsah minerálních prvků mezi odrůdami pšenice ozimé.

Tab. 3 Obsah minerálních látek u pšenice ozimé v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ [51]

Minerální látky	Pšeničná mouka	Pšeničné otruby
Hořčík	777 – 876	3,3 – 3,8
Fosfor	796 – 886	5,9 – 7,4
Síra	1,4 – 2,2	1,9 – 2,8
Draslík	1,5 – 2,0	9,3 – 11,3
Zinek	5,3 – 8,7	51,1 – 80,7
Mangan	4,6 – 6,9	105 – 148

Obsah minerálních prvků není konstantní, do značné míry je ovlivněn geneticky volbou odrůdy, obsahem minerálií v půdě a formou hnojení [4].

1.3.5 Vitaminy

Vitaminy jsou v obilovinách soustředěny především v klíčku a aleuronové vrstvě. Obiloviny jsou považovány za jeden z hlavních zdrojů tiaminu, kde se vyskytuje nejčastěji jako volný. Obsah tiaminu se snižuje při pečení termickým rozkladem, ale také při skladování a vyšší vlhkosti. Podle stupně vymletí zbývá ve světlých moukách např. jen cca 20–30 % původního obsahu vitaminů skupiny B v zru. Riboflavin se nachází především v klíčku. Ztráty riboflavinu při technologickém zpracování a při skladování jsou menší než u tiaminu. Obiloviny mají na první pohled značný obsah niacinu, zejména pšenice a ječmen. Na jeho obsah má ale značný vliv mletí a loupání, neboť niacin je z velké části uložen v klíčku a v otrubách. Kyselina pantotenová je obsažena v pšenici, zejména sklovité. Jeho retence v chlebu je poměrně vysoká (až 90 %). Pyridoxin se v potravinách rostlinného původu vyskytuje hlavně jako pyridoxol a pyridoxal. V obilovinách je hlavní formou volný pyridoxol a pyridoxol vázaný na D-glukózu. Jeho ztráty při technologickém zpracování bývají poměrně malé. Obsah vitamínu C prudce vzrůstá pouze ve vyklíčeném obilí, ve zralém obilí se tento vitamin prakticky nevyskytuje. V malém množství je obsažen β -karoten v klíčcích. Tokoferoly jsou obsaženy především v klíčku, v endospermu se prakticky nevyskytují [8,31,52].

Pšenice obsahuje ve 100 g sušiny 0,45 mg.g⁻¹ tiaminu, 0,15 mg.g⁻¹ riboflavinu, 5,0 mg.g⁻¹ niacinu, 1,0 mg.g⁻¹ kyseliny pantotenové a 0,4 mg.g⁻¹ pyridoxinu [53].

1.3.6 Biologicky aktivní sloučeniny

Biologicky významnými látkami vyskytujícími se v pšeničném zru je kyselina fytová (fosforečný ester *myo*-inositolu). Kyselina fytová je považována za antinutriční látku. Přestože tvoří hlavní zásobu fosforu, a v semenech obilovin představuje 50–85 % fosforu, snižuje jeho využití organizmem. Fytiny jsou soli kyseliny fytové tvořené spolu s ionty vápníku nebo hořčíku. U kyseliny fytové se předpokládá významná úloha v prevenci civilizačních onemocnění, prospěšné účinky v prevenci rakoviny tlustého střeva a prevenci tvorby ledvinových kamenů. V pšenici zaujímá fytát 1,13 % a vyskytuje se především v obalové vrstvě, v endospermu je její výskyt nízký [54,9].

V obilovinách se nachází také řada pigmentů, které způsobují její zbarvení. Hlavními pigmenty červené a tvrdé pšenice jsou karotenoidy, xantofyly a flavony [55].

Karotenoidy jsou lipofilní polyenová barviva. Jsou důležitá z hlediska výživy, protože plní funkci provitaminu skupiny A [56]. Žlutou barvu endospermu pšenice seté způsobují xantofyly karotenoidů, konkrétně se jedná o violaxantin, anteraxantin, zeaxantin a lutein, který je zastoupen v nejvyšším množství. Obsah karotenoidů v obilném zrna pšenice seté je pouze $200 \mu\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ zrna, oproti dřívějšímu $1 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$. Důvodem je, že genotypy s menším obsahem karotenoidů mají vyšší výnosy než jejich původní druhy, ze kterých byly vyšlechtěny. Obsah luteinu v pšeničných otrubách se pohybuje mezi $0,50 - 1,80 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Tyto pigmenty jsou žádoucí kvůli své barvě, která způsobuje atraktivnější vzhled výrobku. Příkladem žluté varianty je např. pšenice tvrdá (*Triticum turgidum subsp. durum*), která se používá k výrobě těstovin [57].

Červené až červenohnědé zbarvení obilky pšenice seté je způsobeno také přítomností fenolických látek [58]. Fenolické sloučeniny a zejména antokyany, jsou obsaženy v obilovinách ve formě konjugované i volné. Největší koncentrace těchto látek v zrna pšenice je v aleuronové vrstvě, méně v embryu a osemeni zrna [59].

Fenolické látky se vyskytují u všech druhů obilovin a působí jako antioxidanty. Antioxidanty prodlužují stálost potravin a omezují aktivitu volných kyslíkových radikálů [60,61].

Mezi fenolické kyseliny vyskytující se v cereáliích patří, kyselina ferulová, jejíž obsah činí v pšenici $371 - 441 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ [62]. Vyskytuje se i v pšeničných otrubách v koncentraci mezi $99 - 231 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Koncentrace kyseliny *p*-hydroxybenzoové v pšenici se pohybuje mezi $7,2 - 34,1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, syringové $10,1 - 57,1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. V obilce se dále vyskytuje cholin, který je důležitý pro neuromotorickou činnost lidského organismu. V obalových vrstvách se také vyskytuje kyselina *p*-aminobenzoová, která je významným růstovým faktorem pro mikroorganismy [63,62].

1.4 Druhy běžných obilovin pěstovaných v ČR

Podle soupisu výměry učiněné v roce 2013, jsou obiloviny pěstovány na 57,7 % osevní plochy (57,1 % orné půdy), přičemž nejrozšířenější obilovinou je pšenice ozimá, která zaujímá 31,8 % osevní plochy. Obilovinami osetá plocha ve výši 1 428 000 hektarů je o 16 tisíc hektarů (o 1,1 %) nižší než v roce 2012 [64].

Oves setý, latinsky *Avena sativa* L. se u nás pěstuje ve dvou formách, a to jako oves pluchatý a oves nahý s bezpluchou obilkou. Chemické složení ovsa pluchatého a nahého je rozdílné. Zrno ovsa pluchatého obsahuje 12,4 % dusíkatých látek, 39,6 % škrobu a 3,5 % tuku. Zrno ovsa nahého obsahuje 16,5 % dusíkatých látek, škrobu 56,3 % a tuku 8,3 %. Podíl pluch tvoří 22 – 24 % hmotnosti zrna. Bílkovinný komplex ovsa se ve srovnání s pšenicí vyznačuje snazší stravitelností a vyšším podílem esenciálních aminokyselin. Pro zpracování v potravinářském průmyslu je určen oves nahý (bezpluchý) [65].

Ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.) je druhou nejstarší plodinou hned po pšenici. Pochází pravděpodobně z Asie, odkud se rozšířil přes Balkán do Evropy. Pro potravinářské využití se pěstuje ječmen víceřadý (*Hordeum vulgare* convar. *vulgare*) a ječmen dvouřadý (*Hordeum vulgare* convar. *distichon*). U nás se pěstují převážně jarní formy dvouřadého ječmene. Z potravinářského hlediska je významná výroba sladu, krup, krupek a ječné mouky. Ječmen je bohatým zdrojem vitamínu E a β -glukanů, které snižují hodnotu LDL cholesterolu. Obilky ječmene jsou lehce loupateľné, středně tvrdé, jejich barva je jasně žluto-bílá. Celé ječné zrno se skládá z 65 – 68 % škrobu, 10 – 17 % bílkovin, 4 – 9 % β -glukanů, zhruba 2 – 3 % tuků a 1,5 – 2,5 % minerálních látek. Celé zrno ječmene obsahuje cca 11 – 20 % celkové vlákniny, 11 – 14 % nerozpustné vlákniny a 3 – 10 % rozpustné vlákniny [3,66,7].

Žito seté (*Secale cereale* L.) je naší tradiční obilovinou využívanou pro potravinářské, pícninářské, krmivářské, technické (bioetanol) a farmaceutické (námel) účely. V ČR se pěstuje pouze ozimá forma. Žitná mouka je základní složkou chleba, perníků a perníkových produktů, využívá se rovněž na přípravu těstovin. V zrně žita je obsaženo 14 % vody, 71,9 % bezdusíkatých látek extraktivních, 8,9 % dusíkatých látek, 2 % vlákniny, 1,4 % tuku a 1,8 % popelovin [40,65].

Kukuřice setá (*Zea mays* L.) patří do jednoho botanického druhu, má však mnoho různých odrůd. Odrůdy se však liší tvarem zrna, obsahem škrobu a bílkoviny, podílem amylozy a amylopektinu aj. V posledních desetiletích se stále rozšiřuje použití kukuřičné krupice pro výrobu různých snack výrobků, především extrudovaných. Oblíbená je i kukuřice cukrová, která se používá jako zelenina či kukuřice pukancová [7,53].

Obsah dusíkatých látek u kukuřice je nízký asi 9,0 – 9,5 %. Obsah hrubé vlákniny je 2 % a minerálních látek 1,4 %. Kukuřičné zrno má ze všech obilovin nejvyšší energetickou

hodnotu. Obsahuje vysoký podíl škrobu a obsah bezdusíkatých látek výtažkových, které tvoří převážně sacharidy, je asi 70 % [4].

1.5 Charakteristika analyzovaných vzorků

1.5.1 Pšenice špalda (*Triticum spelta* L.)

Pšenice špalda je lehce stravitelná a připisuje se jí pozitivní účinek na stimulaci imunitního systému. Na základě odrůdových pokusů od roku 1991 dosahovaly klasické špaldy obsah bílkovin 18 až 20 % s velmi kvalitním lepem a výnosem vyloupaného zrna 60 – 70 % vzhledem k ozimé pšenici seté. Podíl pluch je 28 – 35 %. Pekařské výrobky ze špaldy jsou vysoce kvalitní a dieteticky velmi cenné. Zrno má vyšší obsah bílkovin, lipidů, minerálních látek, vitaminů a esenciálních aminokyselin než pšenice obecná. Je vhodná do těstovin a müsli. Zelená, nedozrálá zrna lze upravovat pražením (grünkern) nebo jako „zelený kaviár“ (kořeninový přípravek) [67,68,69,70,4].

1.5.2 Pšenice setá ozimá (*Triticum aestivum* L.)

U pšenice obecné existuje značná morfologická i fyziologická mnohotvárnost. Pšenice ozimá je jedna z nejpěstovanějších plodin v ČR. Petr a kol. uvádí, že pšenice pěstovaná v ekologickém zemědělství má vyšší obsah esenciálních aminokyselin, vyšší obsah albuminů a globulinů, což je žádoucí zejména z pohledu výživové hodnoty. Z technologického hlediska je ekologicky pěstovaná pšenice ozimá využitelná k pečivárenskému zpracování, protože pekárenské jakosti lze dosáhnout velmi těžko [71,72,73,74].

Centrum pro databázi a složení potravin uvádí obsah nutričních látek ve 100 g jedlého podílu u pšenice ozimé v množství 2,9 g celkových lipidů, 13,4 g bílkovin, 74,6 g celkových sacharidů a 1,8 g popela [75].

1.5.3 Kamut (*Triticum turgidum* subsp. *turanicum*)

Kamut je starověký druh pšenice. Z taxonomického hlediska byla tato pšenice dlouhou dobu identifikována jako poddruh *polonicum*. Správně byla klasifikována až v roce 1994 jako dnes známá *Triticum turgidum* subsp. *turanicum*. Dnes se tato obilnina prodává pod názvem kamut [76]. Kamut je registrovanou ochrannou známkou pšenice Khorasan. Zrna kamutu jsou dvakrát větší než zrna pšenice. Celozrnné výrobky z kamutu mají mírně „ořechovou chuť“ a jsou lehce stravitelná. Zrna kamutu mají ve srovnání s pšenicí vyšší obsah bílkovin o 20 – 40 %, obsahují více lipidů, vitaminů, minerálních látek [77,17,78].

Kamut se pěstuje pouze v podmínkách ekologického zemědělství. Zrno kamutu i pekárenské výrobky z kamutu obsahují větší množství kvalitních bílkovin, nenasycených mastných kyselin, minerálů a stopových prvků než běžné pečivo. Kamut obsahuje vysoké množství selenu (asi $900 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) [79].

Kamut obsahuje ve 100 g: 2g lipidů, 9 g vlákniny a 15 g bílkovin. Obsah vody ve 100 g kamutu je 11,0 g a popela 1,8 g [80].

1.5.4 Otruby

Pšeničné otruby jsou získávány v průmyslovém procesu mletí jako vedlejší produkt [109]. Otruby jsou vnější obalové vláknité vrstvy (slupky) a klíček zrna, které se někdy praží či spaří a pak se vysoušejí [81].

Obsah rozpustné vlákniny u pšeničných otrub se pohybuje mezi 0,9 a 4,1% , zatímco nerozpustné vlákniny mezi 21 a 64 %. Otruby mají vysokou antioxidační aktivitu, obnovují činnost střevního traktu, pomáhají při vylučování škodlivých látek z organismu, snižují hladinu cholesterolu v krvi a pomáhají při redukční dietě [82,83,81].

Vytříděné otruby se používají jako nutriční fortifikant při výrobě chleba a pečiva, ke zvýšení obsahu vlákniny [7].

Dlouhodobá či trvalá konzumace otrub není žádoucí, v organismu na sebe mohou vázat některé z minerálních látek (Ca, Fe, Zn, Cu) [81].

1.5.5 Pšenice zelená (Freekeh)

Freekeh se vyrábí z tvrdozrné pšenice nebo pšenice špaldy. Pro výrobu freekehu se pšenice sklízí nezralá, přesně v okamžiku, kdy pšenice začíná zlátnout, ale zrno je ještě zelené, měkké a mléčné. Po sklizni se klasy nechají pár dní sušit na slunci a potom se opatrně ožehnou. Oheň se kontroluje, aby zrna v klasech byla jen lehce opražena. Zrna tím získají kouřovou, zemitou příchuť po oříšcích, která je pro freekeh typická. Působením tepla se zastaví proces zrání a enzymatické činnosti. Poté se zrno suší a láme, podobně jako bulgur. Freekeh obsahuje kvalitní bílkoviny v množství $20 \text{ g}\cdot 100^{-1} \text{ g}$, má vysoký obsah vlákniny, který odpovídá množství $10 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ výrobku. Obsah tuku je nízký, cca $2,5 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ [84,85].

1.5.6 Pšenice červená BIO

Červená pšenice se taxonomicky řadí mezi *Triticum aestivum subsp. aestivum* L. a dále se řadí do variety *ferrugineum*, která je osinatá, či variety *milturum*, pro pšenici červenou bezosinnou [18].

V barevných odrůdách pšenice, jsou obsaženy antokyany, které slouží jako fyziologicky aktivní látky. Významně ovlivňují výživovou hodnotu výsledných potravinářských surovin. Antokyany jsou ve vodě rozpustné přírodní pigmenty, které způsobují zbarvení některých částí obilovin. Nacházejí se ve vakuolách buněk a způsobují různé odstíny oranžové přes červenou, fialovou a modrou. Koncentrace antokyanů se zvyšuje v průběhu zrání zrna, v době zralosti jejich množství v zrně klesá [55,59,86].

Antokyany mají schopnost vázat těžké kovy, působí jako prevence při kardiovaskulárních a nádorových onemocněních [87,88,89].

Jsou obsaženy nejen v červených odrůdách pšenic, ale i v pšenicích s modrým aleuronem a purpurovým perikarpem [90].

Barviva obsažená v červené pšenici jsou obsažena především ve slupce. Proto je obsah antokyanů o to vyšší, o co je vyšší hrubost mletí. Zvláště důležité funkční látky, které obsahuje červená pšenice a její typická barva zůstávají zachovány i po procesu pečení [91].

1.6 Proces mletí mouky

Mletí je složitý proces, jehož úkolem je co nejúplněji oddělit obalové vrstvy od pšeničného endospermu a rozmělnit endosperm na jemné podíly předepsané granulace. Celý proces probíhá postupně a sestává z několika základních technologických etap, které jsou označovány jako „mlecí chody“ neboli „pasáže“.

Proces mletí pšenice je rozdělen do tří základních etap:

- šrotování – jde o šetrné ošetření pšeničného zrna, oddělení endospermu od obalových vrstev v hrubších částicích s nízkým výtěžkem pasážních mouk;
- luštění krupic – tedy drcení vytříděných a vyčištěných krupic obsahující část slupky tak, aby slupka zůstala neporušená a dala se snadno na sítích oddělit;
- vymílání – představuje drcení částic čistého endospermu na požadovanou granulaci a ze slupky je odstraněna poslední tenká vrstva endospermu tak, aby otruby byly jen čisté obalové částice [22].

Současné technologické postupy tvoří zpravidla 5 šrotových, 4 – 5 luštících a 6 i více vymílacích pasáží. Z každé z nich je získána jedna nebo více pasážních mouk, které se především dle obsahu popela a granulace míchají na obchodní druhy mouk [22].

Obiloviny se dostávají ke spotřebiteli převážně jako mlýnské a pekařské výrobky.

Patří sem:

- mouky – jsou výrobky získané mletím obilí a tříděním podle velikosti částic (hladká, polohrubá, hrubá), obsahu minerálních látek a druhu použitého obilí,
- vločky – jsou výrobky z vyčištěného a oloupaného obilného zrna nebo bezpluchého nebo zbaveného pluch, získané jeho mačkáním nebo příčným řezáním,
- krupice – je mlýnský obilný výrobek získaný v první fázi mletí obilí v podobě hrubších částic zbavených slupky, z vyčištěného obilného zrna, získaný šetrným drcením. Vyrábí se v druzích: pšeničná krupice hrubá, jemná a kukuřičná, atd. [92].

2 PRINCIPY CHEMICKÝCH ANALÝZ

2.1 Stanovení vlhkosti

Hlavními důvody stanovení obsahu vody v potravinách, jsou technologická a hygienická jakost, protože obsah vody, potažmo aktivita vody přímo ovlivňuje údržnost potravin [93]. Stanovení vlhkosti může být významným ukazatelem jakosti a trvanlivosti výrobku. Sušinou se nazývá hmotnost vzorku po odstranění vody sušením. Obsah vody, jež se označuje jako vlhkost, se určí z hmotnostního úbytku po vysušení vzorku. Podle normy ČSN ISO 712 (46-1014), se stanovuje vlhkost v obilovinách a výrobcích z obilovin pomocí referenční metody. Tato metoda je vhodná pro pšenici, rýži, ječmen, proso, žito, oves, tritikale a čirok ve formě zrn, šrotu, krupice nebo mouky. Vzorek se nejprve rozemele a poté se suší při teplotě $130\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ po dobu jedné hodiny [94,95].

Kromě této metody je možné použít také metodu rozhodčí, kdy sušení probíhá při teplotě $103 \pm 2\text{ °C}$ do konstantního úbytku hmotnosti.

Podle AOAC (Association of Official Analytical Chemists – Americká asociace sdružující odborníky z oblasti cereálií) se sušení provádí při 130 °C po dobu 1 hodiny nebo při $98 - 100\text{ °C}$ 5 hodin za sníženého tlaku.

Rychlá metoda spočívá v sušení při 155 °C 15 minut (stanovený obsah vlhkosti je vyšší), lze použít i mikrovlnné sušení a také sušení v exikátoru nad P_2O_5 při 50 °C 100 hodin [96].

2.2 Stanovení popela

Popel u mouky je množství nespalitelných látek, které zůstanou po spálení vzorku dle předepsané metody. Zpopelnění se provádí při teplotě $550 - 600\text{ °C}$ po dobu 5,5 h, zváží se, vznikne sulfátový popel. Při teplotě zpopelnění 900 °C do konstantního úbytku hmotnosti je popel složen převážně z fosforečnanů a oxidů kovů [97,96].

Obsah popela v obilovinách se stanovuje dle platné normy ČSN ISO 2171 (461019).

2.3 Stanovení obsahu škrobu

Škrob se může stanovit pomocí metod hydrolytických, kdy se škrob hydrolyzuje na glukózu a ta se následně stanoví (např. titračně, polarimetricky, amperometricky). Obsah škrobu se dopočítá z obsahu glukózy vynásobené faktorem 0,9. Nebo se škrob může stanovit polarimetricky či vážkově [96].

V praktické části diplomové práce se stanovil škrob metodou podle Ewerse, dle platné normy ČSN 56 0512-16. Polarimetrické stanovení škrobu podle Ewerse udává také norma ČSN ISO 10520.

Tato polarimetrická metoda, využívá mimořádné specifické otáčivosti škrobu, která se pohybuje v rozmezí $(\alpha)_D \pm 190^\circ$ až 202° , takže touto metodou lze stanovit i malá množství škrobu. Hemicelulózy, které přecházejí do roztoku se škrobem, stanovení neruší, neboť jsou opticky méně aktivní, dextriny podobné otáčivostí škrobu lze snadno z roztoku odstranit. Pomocí zředěné HCl se škrob převede na rozpustnou formu za tepla. Při tomto postupu je dosaženo čířícího účinku vytvořením sraženiny hexakyano-železnatanu draselného v cukerném roztoku. Používá se 30 % síranu zinečnatého (Carrez I) a 15 % hexakyanoželeznatanu draselného (Carrez II). Po vyčeření se rozpustný škrob určí polarimetricky [98,99].

2.4 Stanovení obsahu bílkovin

Obsah „hrubých“ bílkovin je dosud všeobecně získáván na základě stanovení obsahu dusíku dle Kjeldahla a přepočtem na bílkoviny s násobným koeficientem 5,7 (používáno pro obiloviny pro lidskou výživu, pšeničné mouky apod.). Podstatou metody je mineralizace vzorku v koncentrované kyselině sírové za přídavku katalyzátoru, kdy se převedou dusíkaté látky na síran amonný, ze kterého se pomocí přebytku alkalického hydroxidu vytěsní amoniak, který se spolu s vodní parou předestiluje do předlohy s přebytkem např. kyseliny borité a stanoví se zpětnou titrací pomocí $0,25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ kyseliny sírové na indikátor Tashiro [96,99].

Bílkoviny obilovin je možné stanovit také pomocí NIR spektrometrie či spektrofotometricky v UV nebo viditelné oblasti (bílkoviny je však nutné převést do roztoku) [96].

2.5 Stanovení obsahu lipidů

Nejrozšířenější metody pro stanovení lipidů v potravinách jsou extrakční metody, jejichž pracovní postupy se liší podle povahy vzorku. Lipidy, vyextrahované z potravin se označují jako souhrn všech látek získaných rozpouštědlem z analyzovaného materiálu za podmínek metody. Hlavní složkou lipidů jsou většinou triacylglyceroly. K extrakci se používá Soxhletova aparatura, nebo Soxhletova metoda s Twisselmannovým nádstavcem. Twisselmannův extraktor má oproti Soxhletovu extraktoru výhodu v tom, že je rychlejší a rozpouštědlo je možné recyklovat. Kratší doba extrakce je dána intenzivnější cirkulací ex-

trakčního rozpouštědla. Princip stanovení spočívá v extrakci rozemletého vysušeného vzorku lipofilním rozpouštědlem (éterem, hexanem aj.). Po odstranění rozpouštědla a po vysušení v sušárně se zjistí hmotnost tuku tak, že se zváží vyextrahovaný podíl [100].

2.6 Metody stanovení hrubé vlákniny

Za nerozpustnou vlákninu se považuje reziduum po kyselé a alkalické nebo enzymové hydrolyze vzorku. Kyselá hydrolyza se provádí 0,1275 mol.dm⁻³ kyselinou sírovou, následuje filtrace a promytí zbytku éterem či jiným rozpouštědlem a zvážení. Postup kombinace kyselé a následně alkalické hydrolyzy odtučněného vzorku je určen dle normy ČSN ISO 5498 (46 1018). Vzorek se rozemele, popřípadě se odextrahuje tuk. Poté následuje hydrolyza roztokem H₂SO₄ o předepsané koncentraci za varu, pak oddělení a promytí nerozpustného zbytku. Poté následuje hydrolyza tohoto nerozpustného zbytku roztokem NaOH o předepsané koncentraci za varu, pak oddělení, promytí, vysušení a zvážení nezhydrolyzovaného zbytku a stanovení úbytku jeho hmotnosti spálením. Jedná se o stanovení tzv. hrubé vlákniny [96,101].

Stanovení hrubé vlákniny v obilovinách lze provést na přístroji ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer s použitím filtračních sáčků typu F 57 (Ankom Technology, Macedon NY, USA). Po naplnění sáčků a jejich uzavření jsou vzorky uloženy do analyzátoru, kde probíhá kyselá a posléze alkalická hydrolyza vzorku [102].



Obr. 3 Ankom Fiber Analyzer [103]

2.7 Stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem

Stanovení stravitelnosti potravin metodami *in vivo* je velmi těžko proveditelné, finančně nákladné a časově zdouhavé. Z toho důvodu došlo k rozvoji alternativních laboratorních technik a začaly se využívat metody *in vitro*. Jednou z posledních, je využití inkubátoru Daisy – (Ankom Technology, USA). U jednotlivých vzorků jsou posuzovány hodnoty stravitelnosti, které jsou vyjádřeny jako stravitelnost sušiny DMD (Dry Matter Digestibility) a stravitelnost organické hmoty OMD (Organic Matter Digestibility). Metoda *in vitro* simuluje podmínky lidského trávení a stravitelnost živin v žaludku a tenkém střevě. Stanovením DMD a OMD ve vzorcích pšenice bylo provedeno hydrolýzou s použitím enzymů pepsinu a pankreatinu [104,105,106].



Obr. 4 Inkubátor Daisy [103]

Pankreatin je směs enzymů lipázy, proteázy a amylázy. Enzym pankreatin je nezbytný pro trávení živin. K jeho tvorbě dochází ve slinivce břišní (pankreatu). Pro laboratorní účely se získává pankreatin z pankreatu zvířat (saviců), nejčastěji vepřů [107].

Enzym pepsin je proteolytický enzym, který je obsažen v žaludeční šťávě [108].

Rozklad složek potravy a vstřebávání živin jsou závislé na aktivitě enzymových a transportních systémů a na době, kterou stráví potrava v trávicím traktu [108].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části práce je velmi stručně charakterizovat základní, u nás pěstované či používané obiloviny, s důrazem na pšenici, morfologickou stavbu zrna a její nutriční složení. Dalším obsahem teoretické části práce je zpracovat blíže poznatky o nutričním složení pšenice. Dále jsou v teoretické části stručně popsány metody analytických stanovení, které byly využity v rámci analýz v experimentální části.

Náplní praktické části diplomové práce je stanovení sušiny, popela, obsahu škrobu, bílkovin, lipidů, hrubé vlákniny a stravitelnosti v daných vzorcích pšenice, případně mouk (šrotu) či otrub.

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Použité chemikálie

Stanovení škrobu

HCl 1,124 hmot. % (PENTA, Ing. Petr Lukeš)

Carrez I (30 % ZnSO₄)

Carrez II (15 % K₄ [Fe (CN)₆]

Stanovení bílkovin

H₂SO₄ 96% (Ing. Petr Lukeš)

H₂O₂ 36 % (CHEMAPOL)

NaOH 30 hmot. % (PENTA, Ing. Petr Lukeš)

H₃BO₃ 2 hmot. % (PENTA, Ing. Petr Lukeš)

Tashiro indikátor (FLUKA)

Na₂SO₄ + CuSO₄ (směsný katalyzátor v poměru 10:1)

H₂SO₄ (0,0254 mol.dm⁻³)

Stanovení tuku

n-hexan (Ing. Petr Lukeš)

Stanovení hrubé vlákniny

H₂SO₄ (0,1275 mol.dm⁻³)

NaOH (0,313 mol.dm⁻³)

Aceton (Ing. Petr Lukeš)

Stanovení stravitelnosti

Aceton (Ing. Petr Lukeš)

HCl (0,1 mol.dm⁻³)

Pepsin (z vepřové žaludeční sliznice, 0,7 FIP-U/g, Merk KGaA, Německo)

Pankreatin (z vepřové slinivky, proteázová aktivita 350 FIP-U/g, lipázová aktivita 6000 FIP-U/g, amylázová aktivita 7500 FIP-U/g Merk KGaA, Německo)

$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (LACHEMA)

KH_2PO_4 (Ing. Petr Lukeš)

4.2 Použité přístroje a pomůcky

Mlýnek na obiloviny – Waldner Biotech Combi Star

Kuchyňský mixér Braun – MR 6550 MCA

Analytické váhy – AFA 210 LC, SCHOELLER, ČR

Elektrická sušárna – Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR

Muflová pec – LM 112 10, MLW Elektro – VEBF NĚMECKO

Předvážky – Kern 600 – 2, SRN

Extrakční patrony

Extrakční přístroj podle Twisselmana

Parnas–Wagnerova aparatura

Polarimetr – Optika Mikroskopes

Vodní lázeň – Memmert, Německo

Mineralizátor Block digest 12 a mineralizační zkumavky

Filtrační sáčky F57, velikost pórů 50 μm , ANKOM Technology, New York

Pulzní svářečka – Penta

ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer, ANKOM Technology, New York

pH metr typ 211, Hanna instrument

Inkubační láhve – Adam, AFA -210 LC, Schoeller, ČR

Daisy^{II} Incubator – ANKOM Technology, New York

Běžné laboratorní sklo a pomůcky

4.3 Vzorke analyzovaných obilovin

Tab. 4 Vzorke obilovin

Vzorek č.		Země původu
1.	Bio červená pšenice (jarní)	ČR
2.	Špalda loupaná bio	ČR
3.	Pšenice ozimá bio	ČR
4.	Kamut	Kanada
5.	Otruby špaldové mleté	ČR
6.	Otruby pšeničné	ČR
7.	Pšenice Dickopf, 2012	Německo
8.	Pšenice Dickopf, 2013	Německo
9.	Pšenice Klima	Německo
10.	Pšenice Rotkorn	Německo
11.	Pšenice zelená Freekeh	Rakousko

4.4 Příprava vzorků

Vzorke bio červené pšenice, české špaldy loupané, pšenice ozimé v bio kvalitě, kamutu, špaldových a pšeničných otrub a pšenice zelené freekeh byly zakoupeny v obchodní síti v celkovém objemu 3 kg od každého vzorku. Tyto obiloviny byly skladovány uzavřené v obchodním balení, a to nejvýše jeden týden v laboratoři při 23 °C. Poté byly vzorky pomlety na obilném mlýnku Waldner Biotech Combi Star. Mletí probíhalo v režimu mikromletí, analyzován byl vždy celý pomletý podíl, čili šrot (pomletá zrna). Otruby mletí byly podrobeny taktéž, stejně jako celá zrna v režimu mikromletí. Poté byly vzorky uskladněny v tmavých PET lahvích uzavřených víčkem v klimatizované laboratoři při 23 °C.

Vzorky pšenice Dickopf (sklizeň 2012), Dickopf (sklizeň 2013), dále pšenice Rotkorn a Klima (vše sklizeň 2013) byly poskytnuty prof. Dr. Janem Sneydem z Hochschule Wirtschaft und Umwelt Nürtingen–Geislingenu. Úprava vzorků a jejich uchování před analýzou probíhalo stejným postupem, jako je uvedeno výše.



Obr. 5 Mlýnek na obiloviny [110]

4.5 Stanovení vlhkosti referenční metodou

Hliníkové misky byly nejprve předsušeny v elektrické sušárně při 130 ± 3 °C po dobu 1 hodiny. Poté byly umístěny do exikátoru, kde se nechaly vychladnout. Misky se zvažily na analytických vahách s přesností na 0,1 mg a do každé z nich byl navážen 1 g vzorku opět s přesností na 0,1 mg. Vzorek byl rozprostřen do stejnoměrné vrstvy a byl sušen v sušárně o teplotě 130 ± 3 °C po dobu 1 hodiny. Po vychladnutí v exikátoru byly misky zvaženy na analytických vahách s přesností na 0,1 mg [ČSN ISO 712 (461014)]. Výsledkem je průměr z pěti stanovení.

Výpočet obsahu vlhkosti v %:

$$S = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100 \quad (1)$$

m_1 – hmotnost vysušené prázdné misky [g]

m_2 – hmotnost misky se vzorkem před sušením [g]

m_3 – hmotnost misky se vzorkem po sušení [g].

Výpočet obsahu sušiny v %:

$$S = 100 - W \quad (2)$$

S – obsah sušiny [%]

W – obsah vody [%].

4.6 Stanovení obsahu popela

Prázdné porcelánové kelímky se vyžíhaly při 550 °C po dobu 1 hodiny. Poté se nechaly ochladnout v exikátoru a zvážily se na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. Do každého z kelímků byl navážen 1 g vzorku a kelímky byly vloženy do muflové pece, kde se vzorek spaloval při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po dokonalém spálení byly kelímky pomocí laboratorních kleští vyjmuty z pece a vloženy do exikátoru k vychladnutí. Po ochladnutí byly kelímky zváženy na analytických vahách, opět s přesností na 0,1 mg [ČSN ISO 2171 (461019)]. Výsledkem je průměr z pěti stanovení.

Výpočet obsahu v %:

$$X = \frac{(m_a - m_b)}{m_c - m_b} * 100 \quad (3)$$

m_a – hmotnost porcelánového kelímku s popelem [g]

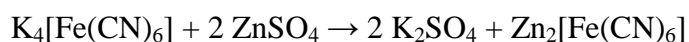
m_b – hmotnost prázdného kelímku [g]

m_c – hmotnost kelímku s navážkou mouky [g].

4.7 Stanovení škrobu dle Ewerse

Stanovení škrobu bylo provedeno modifikací metody dle Ewerse, ČSN EN ISO 10520 (566-120). Do 100 ml odměrné baňky se navázilo na předvážkách 5 g suchého, zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,001 g, k němu se přidalo 25 ml zředěné HCl (pro obilný škrob 1,124 hmot. %). Obsah baňky se důkladně promíchal, a stěny se spláchly dalšími 25 ml zředěné kyseliny chlorovodíkové, aby se odstranily ulpělé zbytky vzorku na stěnách nádoby. Potom se baňka opět důkladně promíchala a vložila do vroucí vodní lázně tak, aby byl její obsah celý ponořený ve vodě. Během prvních 3 minut se baňka promíchává neustále, poté se 15 minut její obsah vaří ve vodní lázni. Po 15 minutách se baňka vyjmula z vodní lázně, přidalo se dalších 20 ml HCl (1,124 hmot. %), baňka se vzorkem se ochladi-

la pod tekoucí vodou na laboratorní teplotu. Obsah baňky se následně vyčeřil 3 ml Carrezova činidla I, obsah se 1 minutu důkladně promíchal. Pak se přidalo 3 ml Carrezova činidla II a opět se obsah baňky 1 minutu důkladně promíchal. Po 5 minutovém působení se odměrná baňka doplnila destilovanou vodou po rysku a obsah se důkladně promíchal. Roztok se zfiltraval přes suchý skládaný filtr. První podíly filtrátu se vlily zpět na filtr. Polarimetrická trubice délky 1 dm byla nejprve vypláchnuta získaným čirým filtrátem a po vypláchnutí byla získaným filtrátem naplněna až po okraj. Optická otáčivost zkoumaného vzorku se změřila pro každý vzorek čtyřikrát. Obsah škrobu se vypočítal vynásobením stupňů odečtených na stupnici Soleil-Ventzkeho přepočítávacím faktorem pro příslušný druh škrobu [ČSN EN ISO 10520 (56 6-120)]. Výsledkem je průměr ze čtyř stanovení.



Výpočet obsahu škrobu v %:

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

$[\alpha]_{\lambda}^t$ – specifická otáčivost při teplotě t a vlnové délce λ (pro pšeničný škrob 182,7 °) [°]

l – tloušťka vrstvy (délka polarimetrické trubice) [dm]

n – navážka [g]

Výpočet pro α :

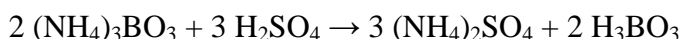
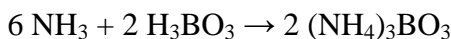
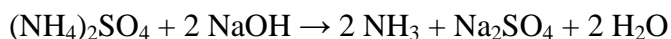
$$\alpha = [\alpha]_{\lambda}^t * l * c \quad (5)$$

c – koncentrace stanovované látky [$\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$].

4.8 Stanovení obsahu bílkovin dle Kjeldahla s úpravou podle Winklera

V první fázi stanovení byla provedena mineralizace vzorku mokrou cestou pomocí mineralizační aparatury Digesdahl. Do mineralizační zkumavky bylo na analytických vahách naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. V digestoři bylo ke vzorku přidáno 10 ml koncentrované H_2SO_4 (96-%), 0,5 ml H_2O_2 (36-%) a 1 malá lžička směšného katalyzátoru ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ v poměru 10:1). Potom byla zkumavka vložena na topnou desku

mineralizátoru Bloc Digest 12 s přídatným zařízením umožňujícím odsávání par vznikajících zplodin a byl zapnut vyhřívací blok, pračka plynů a digestoř. Teplota ohřevu byla nastavena na 400 °C. Po vyhřátí topného zařízení probíhala mineralizace 1 hodinu. Po skončení mineralizace byl vypnut vyhřívací blok a zkumavky byly umístěny do stojanu a ponechány vychladnout. Po vychladnutí byly získané mineralizáty kvantitativně převedeny do odměrných baněk o objemu 25 ml. Pro následné stanovení obsahu N a bílkovin byla použita Parnas-Wagnerova aparatura. Do destilační baňky přístroje bylo napipetováno 10 ml zředěného mineralizátu a 20 ml 30 hmot. % NaOH. Amoniak, uvolněný přidávkem NaOH, se predestiluje pomocí destilace s vodní parou, a jímá se do předlohy s 50 ml 2 hmot. % roztoku H₃BO₄. Po skončení destilace se do předlohy přidaly 3 – 4 kapky indikátoru Tashiro a destilát se titroval 0,025 mol·dm⁻³ H₂SO₄ do stálého červenofialového zbarvení. Z množství spotřebované kyseliny sírové se vypočítal obsah dusíku a ten se přepočítal na obsah hrubé bílkoviny vynásobením přepočítávacím faktorem. Přepočítávací faktor pro pšeničná pomletá zrna je 5,83 (konkrétně se jedná o faktor pro cereální mouky), pro otruby potom 6,31. Výsledkem je průměr ze čtyř provedených stanovení.



Výpočet obsahu hrubé bílkoviny v mg:

$$m_B = b * 10^{-3} * c_{\text{H}_2\text{SO}_4} * M_N * f_t * f_z * f_{př} \quad (6)$$

b – spotřeba odměrného roztoku H₂SO₄ při titraci [ml]

c – přesná koncentrace odměrného roztoku H₂SO₄ [mol·dm⁻³]

M_N – molární hmotnost dusíku (M_N=14,01) [g·mol⁻¹]

f_t – titrační faktor

f_z – poměrový zředovací faktor

f_{př} – přepočítávací faktor podle druhu potraviny.

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny v %:

$$S_B = \frac{m_B}{m_n} * 100$$

m_B – obsah hrubé bílkoviny [g]

m_n – hmotnost navážky vzorku [g].

4.9 Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta

Do extrakční patrony bylo naváženo 5 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Patrona byla nahoře utěsněna malým smotkem vaty a vložena do střední části extrakčního Twisselmannova nádstavce. Na spodní zábrus extrakčního přístroje se nasadila předem vysušená a s přesností na 0,1 mg zvážená extrakční baňka se skleněnými kuličkami. Do této baňky bylo nalito 100 ml extrakčního činidla n-hexanu. Poté byla baňka umístěna na topné hnízdo, napojena na extraktor s chladičem a následovala extrakce po dobu 5 hodin. Po uplynutí této doby byla extrakce přerušena, uzavřel se kohout a oddestilovala se většina extrakčního činidla. Střední část přístroje se opatrně oddělila a oddestilovaný hexan se slil do láhve. Baňka s tukem a zbylým hexanem se nechala volně odpařit v digestoři. Poté byla baňka s vyextrahovaným tukem umístěna do sušárny, kde byla vysušena při 105 °C po dobu 30 minut. Po uplynutí této doby se baňka vytáhla ze sušárny a nechala vychladnout v exikátoru. Po ochlazení se zvážíla. Stanovení bylo provedeno u každého vzorku třikrát.

Výpočet obsahu tuku v %:

$$P_t = \frac{m_b - m_a}{m_n} * 100 \quad (7)$$

m_a – hmotnost prázdné baňky s kuličkami [g]

m_b – hmotnost vysušené baňky s tukem [g]

m_n – hmotnost navážky vzorku [g].

4.10 Stanovení hrubé vlákniny

Do předem zváženého prázdného filtračního sáčku F57 (s přesností na 0,1 mg), který byl předem proprán v acetonu a dokonale odvětrán v digestoři, bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Filtrační sáčky se vzorky a filtrační sáček pro stanovení korekce

(prázdný) byly zataveny. Ze zatavených sáčků se vzorkem byl extrahován tuk propíráním acetonem v uzavřené nádobě. Následně byly filtrační sáčky opět odvětrány v digestoři. Filtrační sáčky byly poté umístěny do analyzátoru Ankom. Do přístroje byla přidána $0,1275 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$ a hydrolýza vzorků probíhala při $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 45 minut. Po uplynutí nastavené doby bylo vypnuto topení a míchání, kyselina byla vypuštěna a sáčky v přístroji byly promývány $3\times$ po dobu 5 minut horkou destilovanou vodou ($85 - 90 \text{ }^\circ\text{C}$). Následně byl postup opakován s přídatkem $0,313 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ NaOH}$ při $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 45 minut. Po uplynutí této doby byl NaOH vypuštěn a sáčky se promývaly $3\times$ horkou destilovanou vodou a $1\times$ studenou destilovanou vodou 5 minut. Sáčky byly vyjmuty z přístroje a pomocí filtračního papíru z nich byla vysušena přebytečná voda. Ponořily se na 3 minuty do acetonu, odvětraly se v digestoři a následně vysušily v sušárně při $105 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 4 hodin. Po vychladnutí v exikátoru se vysušené filtrační sáčky se vzorky zvážily s přesností na $0,1 \text{ mg}$ a následně se vložily do předem vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku. Poté se spálily v muflové peci při $550 \text{ }^\circ\text{C}$ 5,5 hodiny. Po vychladnutí kelímků v exikátoru byly vzorky opět zváženy s přesností na $0,1 \text{ mg}$. Každé stanovení bylo provedeno $3\times$.

Výpočet obsahu hrubé vlákniny v %:

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

m_1 – hmotnost prázdného sáčku [g]

m_2 – hmotnost navážky vzorku [g]

m_3 – hmotnost vysušeného sáčku [g]

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

c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g]

c_2 – korekce sáčku po spálení [g].

Výpočet korekce v g:

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

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

m_s – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolýze [g]

m_p – hmotnost popela prázdného sáčku [g].

4.11 Stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem

Do předem zváženého prázdného filtračního sáčku F57 (s přesností na 0,1 mg), který byl předem proprán v acetonu a dokonale odvětrán v digestoři, bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Sáčky spolu s korekčním (prázdným) sáčkem byly zataveny a umístěny do inkubačních láhví. Do každé inkubační láhve bylo nalito 1,7 l HCl o koncentraci $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, ve které byly rozpuštěny 3 g pepsinu. Poté byly láhve umístěny do inkubátoru Daisy a inkubovány po dobu 4 hodin. Po uplynutí této doby byly sáčky propláchnuty několikrát destilovanou vodou, která byla ze sáčku odstraněna pomocí filtračního papíru. Připravilo se 1,7 l fosfátového pufru s pH 7,45, který se připravil smícháním KH_2PO_4 (9,078 g na 1 l) spolu s $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ (23,889 g na 1 l). V inkubačním fosfátovém pufru se rozpustily 3 g pankreatinu, přidaly se sáčky, vše se dalo do inkubačních láhví a vložilo do inkubátoru Daisy po dobu 24 hodin. Po ukončení inkubace byla láhev vložena na 30 minut do sušárny vyhřáté na $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Poté byly sáčky několikrát propláchnuty destilovanou vodou (odstranění zmazovatěného škrobu). Sáčky byly vloženy do elektrické sušárny po dobu 24 hodin při teplotě $105 \text{ }^\circ\text{C}$, poté se umístily do exikátoru a po vychladnutí se zvážily. Následně byly v předem vyžíhaných a na 0,1 mg zvážených porcelánových kelímcích spáleny v muflové peci při $550 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 5,5 hodiny. Kelímky byly po zchladnutí v exikátoru zváženy opět s přesností na 0,1 mg. Stravitelnost byla vyjádřena jako stravitelnost organické hmoty OMD (Organic Matter Digestibility) a jako stravitelnost sušiny vzorku DMD (Dry Matter Digestibility) vyjádřené v %.

Výpočet stravitelnosti v %:

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

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

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

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

$$AR = m_4 - m_1 * c_1 \quad (15)$$

$$OM = \frac{S - P}{100} \quad (16)$$

DMD – hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%]

DMR – hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení [g]

DM – obsah sušiny ve vzorku [g]

OMD – hodnota stravitelnosti organické hmoty ve vzorku [%]

AR – hmotnost popela vzorku bez sáčku [g]

OM – obsah organické hmoty v sušině vzorku [g]

S – obsah sušiny ve vzorku [%]

P – obsah popela ve vzorku [%]

m_s – hmotnost vzorku na stanovení sušiny [g]

m_1 – hmotnost sáčku [g]

m_2 – hmotnost vzorku [g]

m_3 – hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g]

m_4 – hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g]

c_1 – korekce hmotnosti sáčku po inkubaci [g]

c_2 – korekce hmotnosti sáčku po spálení [g].

Výpočet korekce v g:

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

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (18)$$

m_s – hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci [g]

m_p – hmotnost popela sáčku [g].

4.12 Statistická analýza

Naměřené výsledky byly podrobeny Dean–Dixonovu testu (Q–testu) pro vyloučení odlehlejšího výsledku. Dále byl pro statistické vyhodnocení využit parametrický test srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův t–test). Pro vyhodnocení byl použit statistický program StatK25, hladina významnosti byla 0,5 % [111].

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výsledky stanovení vlhkosti

Stanovení vlhkosti pomocí referenční metody bylo provedeno a vyhodnoceno dle postupu uvedeného v kapitole 4.5. Výsledky jsou uvedeny jako aritmetický průměr v následujících tabulkách, spolu se směrodatnými odchylkami. Výsledky jsou vypočteny podle vzorců č. 1 a 2.

Tab. 5 Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny v pšenici

Vzorek	Sušina (%)	Vlhkost (%)
Bio červená pšenice	89,0 ± 2,6 ^a	11,0 ± 2,6 ^a
Špalda loupaná	89,2 ± 2,1 ^a	10,8 ± 2,1 ^a
Pšenice ozimá bio	89,0 ± 2,1 ^a	11,0 ± 2,1 ^a
Kamut zrno	90,6 ± 2,2 ^a	9,4 ± 2,2 ^a
Pšenice Dickopf (žeň 2012)	91,2 ± 2,1 ^a	8,8 ± 2,1 ^a
Pšenice Dickopf (žeň 2013)	90,4 ± 2,3 ^a	9,6 ± 2,3 ^a
Pšenice Klima	91,3 ± 2,3 ^a	8,7 ± 2,3 ^a
Pšenice Rotkorn	91,0 ± 2,6 ^a	9,0 ± 1,6 ^a

Obsah sušiny ve vzorcích pšenice se pohyboval mezi 89,0 – 91,3 %. Obsah vlhkosti byl stanoven mezi 8,7 – 11,0 %. Jak je patrné z naměřených výsledků, obsah sušiny či vlhkosti se u jednotlivých vzorků statisticky nelišil ($P \geq 0,05$).

Tab. 6 Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny v otrubách

Vzorek	Sušina (%)	Vlhkost (%)
Špaldové otruby	92,0 ± 2,3 ^a	8,0 ± 2,3 ^a
Pšeničné otruby	88,9 ± 2,6 ^a	11,1 ± 2,6 ^a

U měření vlhkosti špaldových či pšeničných otrub bylo zjištěno, že obsah vlhkosti se v nich vzájemně statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Obsah vlhkosti byl u špaldových otrub 8,0 % a u pšeničných otrub pak 11,1 %.

Tab. 7 Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny u výrobku Freekeh

Vzorek	Sušina (%)	Vlhkost (%)
Pšenice zelená (Freekeh)	88,9 ± 1,3	11,1 ± 1,3

Sušina u výrobku Freekeh byla stanovena na 88,9 %, vlhkost byla 11,1 %.

Vyhláška MZe č. 333/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů stanoví obsah vlhkosti pro obilné mlýnské výrobky nejvýše 15 % [21]. ČSN 46 1100-2 uvádí vlhkost jako ukazatele kvality pšenice, která má činit u pšenice pro potravinářské využití maximálně 14 % [112]. Obě tyto podmínky byly splněny u všech 11 druhů analyzovaných vzorků.

5.2 Výsledky stanovení popela

Výsledky ze stanovení popela uvedené v tabulkách č. 8, 9 a 10 byly získány a vyhodnoceny pomocí postupu uvedeného v kapitole 4.6. Výsledky jsou zpracovány jako aritmetický průměr z provedených stanovení, spolu se směrodatnými odchylkami. Výsledky obsahu popela jsou vypočteny dle vzorce č. 3.

Tab. 8 Výsledky stanovení popela v pšenici

Vzorek	Obsah popela (%)
Bio červená pšenice	1,84 ± 0,15 ^a
Špalda loupaná	1,88 ± 0,10 ^a
Pšenice ozimá bio	1,49 ± 0,16 ^{b,c,d,e,f,g}
Kamut zrno	1,56 ± 0,10 ^{c,d,e,f,g}
Pšenice Dickopf (žeň 2012)	1,54 ± 0,10 ^{d,e,f,g}
Pšenice Dickopf (žeň 2013)	1,60 ± 0,10 ^{e,f,g}
Pšenice Klima	1,59 ± 0,10 ^{f,g}
Pšenice Rotkorn	1,63 ± 0,10 ^g

Obsah popela je přímo úměrný obsahu minerálních látek ve vzorku. Čím více popela zůstalo po spálení vzorku, tím více minerálních látek vzorek obsahoval.

Statisticky nejnižší obsah popele byl naměřen u vzorku pšenice ozimé, a to 1,49 % ($P < 0,05$). Druhý nejnižší obsah popele byl naměřen u vzorků pšenice Dickopf (sklizeň 2012), a to 1,54 %, stejně tak jako u vzorku kamutu, jež obsahuje 1,56 % popele. Mezi obsahem popele v pšenici Dickopf (sklizeň 2012) a obsahem popele v kamutu není statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Nevyšší obsah popele byl naměřen u vzorků špaldy loupané a červené pšenice a to, 1,88 %, respektive 1,84 % ($P < 0,05$). Také vzorek pšenice Dickopf (sklizeň 2013) s 1,6 % a pšenice Klima s 1,59 % popela nevykazují žádné statistické rozdíly ($P \geq 0,05$).

V pšenici je v průměru 1,84 % minerálních látek [50]. Průměrný obsah popele ve stanovených vzorcích pšenic byl 1,64 %, což se blíží uvedenému literárnímu údaji.

Studie provedená v roce 2005 prezentuje, že celozrnná špaldová mouka je v porovnání s tou z pšenice seté bohatší na obsah popelovin. Tato skutečnost vyplývá zejména z dosažených výsledků, kdy obsah popela v celozrnné mouce z pšenice špaldy byl stanoven na 1,83 % v porovnání s pšenicí ozimou, kde byl obsah popela 1,49 % ($P < 0,005$). Je známo, že pšenice špalda má více obalových vrstev, které jsou bohaté na minerální látky [113]. Námi naměřené výsledky ukazují, že obsah popele v pomletém zrna pšenice špaldy 1,88 % byl vyšší než v pšenici ozimé 1,49 % ($P < 0,05$).

Tab. 9 Výsledky stanovení popela v otrubách

Vzorek	Obsah popela (%)
Špaldové otruby	7,16 ± 0,27 ^a
Pšeničné otruby	5,61 ± 0,14 ^b

Obsah popela u pšeničných otrub byl 5,61 %, což bylo méně než obsah popelovin u otrub špaldových, které obsahovaly 7,16 % ($P < 0,05$).

Obsah popela v otrubách se pohybuje od 5 do 7 % [7]. Toto tvrzení odpovídá naměřeným výsledkům, kdy u pšeničných otrub byl stanoven obsah popela na 5,61 % a u špaldových otrub byl zjištěn obsah popela 7,16 %. Další ze zdrojů uvádí obsah popela v pšeničných otrubách na 5,99 % [114], s čímž se můžeme s obsahem popela 5,61 % u pšeničných otrub taktéž ztotožnit. Studie provedená v roce 2005 uvádí, že jemné špaldové otruby obsahují

o 25 % více popelovin než jemné pšeničné otruby [113]. Tento závěr lze vzhledem k získaným výsledkům potvrdit.

Tab. 10 Výsledky stanovení popela u výrobku Freekeh

Vzorek	Obsah popela (%)
Pšenice zelená (Freekeh)	1,87 ± 0,14

Výrobek Freekeh obsahoval 1,87 % popele. Obsah popela je vyšší hlavně z toho důvodu, že se jedná o špaldu, která na rozdíl od pšenice seté vykazuje vyšší obsah popele.

5.3 Výsledky stanovení škrobu

Stanovení škrobu probíhalo dle metodiky popsané v kapitole 4.7. Získaná data byla vypočtena dle vzorců č. 4 a 5. Výsledky uvedené v tabulce 11, 12 a 13 spolu se směrodatnou odchylkou, jsou aritmetickým průměrem provedených stanovení.

Tab. 11 Výsledky stanovení škrobu v pšenici

Vzorek	Obsah škrobu (%)
Bio červená pšenice	57,0 ± 1,8 ^a
Špalda loupaná	57,2 ± 1,6 ^a
Pšenice ozimá bio	56,2 ± 2,3 ^{a,b,c}
Kamut zrno	55,3 ± 1,9 ^{a,b}
Pšenice Dickopf (žně 2012)	54,4 ± 1,6 ^{b,c,d,e}
Pšenice Dickopf (žně 2013)	53,8 ± 1,7 ^{c,d,e}
Pšenice Klima	54,8 ± 1,7 ^{a,d,e}
Pšenice Rotkorn	55,1 ± 1,6 ^{a,e}

Statisticky nejvyšší obsah škrobu byl stanoven u vzorků: špaldy loupané, a to 57,2 %, dále u bio červené pšenice (57,0 %), pak také u pšenice ozimé (56,2 %), kamutu (55,3 %), pšenice Klima (54,8 %) a pšenice Rotkorn (55,1 %) ($P < 0,05$). Nejnižší obsah škrobu měla pšenice Dickopf (sklizeň 2013) s 53,8 %, jejíž hodnota obsahu škrobu je statisticky srovná-

telná s hodnotou obsahu škrobu např. s pšenicí Dickopf ze sklizně 2012 či pšenicí Klima ($P < 0,05$).

Obsah škrobu v sušině pšeničného zrna se pohybuje v rozmezí 58 – 76 %, což přepočteno na čerstvou hmotu odpovídá rozmezí cca 51 – 67 % [115]. Námi stanovené výsledky u vzorků pšenice vykazují průměrný obsah škrobu 55,5 %, který je v souladu s citovanými údaji [115].

Tab. 12 Výsledky stanovení škrobu v otrubách

Vzorek	Obsah škrobu (%)
Špaldové otruby	$1,6 \pm 0,1^a$
Pšeničné otruby	$13,2 \pm 0,4^b$

Špaldové otruby obsahovaly 1,6 % škrobu. V pšeničných otrubách byl zjištěn obsah škrobu 13,2 %. Tyto výsledky se od sebe navzájem statisticky liší ($P < 0,05$).

Otruby jsou na obsah škrobu poměrně chudé. Vyšší obsah škrobu u pšeničných otrub je pravděpodobně zapříčiněn nízkým vymletím zrna, kdy při mletí došlo k zachycení škrobu na vrstvách otrub.

Tab. 13 Výsledky stanovení škrobu u výrobku Freekeh

Vzorek	Obsah škrobu (%)
Pšenice zelená (Freekeh)	$43,4 \pm 1,5$

Pšenice zelená obsahovala 43,4 % škrobu. Výrobek Freekeh vykazuje nízký obsah škrobu, protože k jeho výrobě se používají zrna v mléčné zralosti, které neobsahují tolik škrobu, jako zrna zralá.

5.4 Výsledky stanovení obsahu bílkovin

Stanovení bílkovin bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 4.8 a vypočteno dle vzorce v č. 6. Výsledky jsou aritmetickým průměrem získaných dat a jsou zapsány v tabulkách 14, 15 a 16.

Tab. 14 Výsledky stanovení bílkovin v pšenici

Vzorek	Obsah bílkovin (%)
Bio červená pšenice	11,3 ± 0,5 ^a
Špalda loupaná	16,9 ± 0,8 ^{b,c}
Pšenice ozimá bio	11,0 ± 0,5 ^a
Kamut zrno	16,7 ± 0,8 ^c
Pšenice Dickopf (žeň 2012)	14,5 ± 0,7 ^{d,e}
Pšenice Dickopf (žeň 2013)	14,5 ± 0,6 ^e
Pšenice Klima	11,2 ± 0,6 ^a
Pšenice Rotkorn	12,3 ± 0,3 ^f

Obsah bílkovin se u vzorků pšenice pohyboval v rozmezí 11,0 – 16,9 %. Nejvyšší obsah bílkovin byl zjištěn u vzorku pšenice špaldy, a to 16,9 %, a dále také u vzorku kamutu (16,7 %) ($P < 0,05$). Nejnižší obsahy bílkovin byly naměřeny u vzorků pšenice ozimé (11,0 %), červené pšenice (11,3 %) a pšenice Klima (11,2 %) ($P < 0,05$). U vzorků pšenice Dickopf (2012) a Dickopf (2013) byl stanoven totožný obsah bílkovin, a to 14,5 % ($P \geq 0,05$).

Pšenice špalda obsahuje více bílkovin oproti pšenici seté. Tato skutečnost je dána větším zastoupením aleuronové vrstvy u špaldy [116]. Vavreinová uvádí obsah bílkovin u pšenice špaldy v rozmezí 16 – 17 % [117], což se shoduje s naměřenými údaji (16,9 % bílkovin u pšenice špaldy).

Norma ČSN 461100-2 uvádí jako minimální požadavek na kvalitu pšeničného zrna umožňujícího pekárenské zpracování obsah 11,5 % N-látek [112]. Tento minimální požadavek nesplnily vzorky pšenice bio červená, bio ozimá a Klima, které vykazovaly obsah bílkovin nižší než 11,5 %. Tyto vzorky by byly vhodné k pečivárenskému zpracování, u kterého je považován za limitující požadavek obsah bílkovin maximálně do 11,5 %.

Obsah bílkovin v pšeničném zrnu se pohybuje v rozmezí 10 – 17 % [1]. Tyto hodnoty splňovaly všechny analyzované vzorky pšenice.

Tab. 15 Výsledky stanovení bílkovin v otrubách

Vzorek	Obsah bílkovin (%)
Špaldové otruby	16,7 ± 0,9 ^a
Pšeničné otruby	17,4 ± 0,9 ^a

Obsah bílkovin u špaldových otrub je 16,7 % a pšeničných otrub pak 17,4 %, hodnoty jejich obsahů nevykazovaly žádné statisticky významné rozdíly ($P \geq 0,05$).

Dostupná literatura uvádí koncentraci bílkovin v pšeničných otrubách od 15,4 do 18,3 % [118]. Tato hodnota se potvrdila u obou stanovovaných vzorků otrub. Krejčířová a kol. uvádí, že ekologický způsob pěstování má negativního dopad na snížení obsahu hrubého proteinu v zrně obilovin, které zvyšuje právě dusíkaté hnojivo [119].

Tab. 16 Výsledek stanovení bílkovin u výrobku Freekeh

Vzorek	Obsah bílkovin (%)
Pšenice zelená (Freekeh)	17,1 ± 0,8

Pšenice zelená obsahuje 17,1 % bílkovin.

5.5 Výsledky stanovení tuku

Obsah tuku dle Soxhleta byl stanoven podle postupu uvedeného v kapitole 4.9. Výsledky byly vypočteny dle vzorce č. 7 a jsou uvedeny jako aritmetický průměr v tabulkách č. 17, 18 a 19.

Tab. 17 Výsledky stanovení tuku v pšenici

Vzorek	Obsah tuku (%)
Bio červená pšenice	2,9 ± 0,1 ^a
Špalda loupaná	2,6 ± 0,1 ^{b,c}
Pšenice ozimá bio	2,5 ± 0,1 ^c
Kamut zrno	2,2 ± 0,2 ^d
Pšenice Dickopf (žeň 2012)	3,2 ± 0,1 ^e
Pšenice Dickopf (žeň 2013)	3,1 ± 0,2 ^{a,e}
Pšenice Klima	2,8 ± 0,1 ^f
Pšenice Rotkorn	3,0 ± 0,1 ^a

Nejnižší obsah tuku byl zjištěn u vzorku pšenice kamut a to 2,2 %. Nejvíce tuku obsahovala pšenice Dickopf (sklizeň 2012) a to 3,2 % a také pšenice Dickopf (sklizeň 2013), která měla 3,1 % tuku ($P < 0,5$). Statistický rozdíl mezi sebou nevykazovaly pšenice bio červená s 2,9 % tuku, pšenice Dickopf (žeň 2013) s 3,1 % tuku a pšenice Rotkorn s 3,0 % tuku ($P \geq 0,05$). U pšenice ozimé bio bylo vyextrahováno 2,5 % tuku a u České špaldy loupané 2,6 % tuku ($P \geq 0,05$).

Pšenice špalda obsahuje 2,5 % tuku [117], což se shoduje s námi stanovenou hodnotou u špaldy loupané, která obsahovala 2,6 % tuku.

Průměrný obsah tuku ve 100 g sklizeného zrna pšenice je 2,7 g [40]. Tichá a Vyzínová uvádějí, že pšenice obsahuje 1,5 – 3 % tuku v sušině, což se u stanovovaných vzorků pšenice také potvrdilo [4].

Tab. 18 Výsledky stanovení tuku v otrubách

Vzorek	Obsah tuku (%)
Špaldové otruby	6,7 ± 0,2 ^a
Pšeničné otruby	4,3 ± 0,1 ^b

Pšeničné otruby obsahovaly 4,3 % tuku, což je o 2,4 % méně než u otrub špaldových, ve kterých byl stanoven obsah tuku na 6,7 %. Tyto dva druhy otrub se od sebe navzájem statisticky liší ($P < 0,05$).

Sudha et al. uvádí obsah tuku v pšeničných otrubách v množství 5,83 % [114]. Lze konstatovat, že hodnoty obsahu tuku ve stanovených vzorcích otrub se s tímto tvrzením shodují.

Tab. 19 Výsledky stanovení tuku u výrobku Freekeh

Vzorek	Obsah popela (%)
Pšenice zelená (Freekeh)	3,2 ± 0,5

U výrobku Freekeh byl stanoven obsah tuku na 3,2 %.

5.6 Stanovení hrubé vlákniny

Stanovení obsahu hrubé vlákniny bylo provedeno podle metodického postupu uvedeného v kapitole 4.10. U získaných výsledků, které byly vypočteny podle vzorců č. 8, 9 a 10, byla provedena statistická analýza. V tabulkách č. 20, 21, 22 jsou uvedeny zprůměrované výsledky stanovení spolu se směrodatnou odchylkou.

Tab. 20 Výsledky stanovení hrubé vlákniny v pšenici

Vzorek	Obsah CF (%)
Bio červená pšenice	1,8 ± 0,1 ^a
Špalda loupaná	1,5 ± 0,1 ^b
Pšenice ozimá bio	2,1 ± 0,2 ^{c,d,f}
Kamut zrno	1,8 ± 0,1 ^a
Pšenice Dickopf (žeň 2012)	2,1 ± 0,1 ^{a,c,d,f}
Pšenice Dickopf (žeň 2013)	2,2 ± 0,2 ^{d,f}
Pšenice Klima	2,7 ± 0,1 ^e
Pšenice Rotkorn	2,2 ± 0,1 ^f

Obsah hrubé vlákniny se pohyboval v rozmezí od 1,5 do 2,7 %. Nejnižší obsah hrubé vlákniny byl naměřen u vzorku špaldy loupané, a to 1,5 % ($P < 0,05$). Nejvyšší obsah hrubé vlákniny byl naměřen u vzorku pšenice Klima, a to 2,7 % ($P < 0,05$).

Mezi vzorky, u kterých nebyly naměřeny významné statistické rozdíly, jsou- červená pšenice a kamut. Obě pšenice obsahovaly 1,8 % hrubé vlákniny ($P \geq 0,05$). Další vzorky, mezi nimiž nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly, jsou např. pšenice ozimá a pšenice Dickopf (sklizeň 2012), Rotkorn a také Dickopf (sklizeň 2013).

Nejnižší obsah hrubé vlákniny u pšenice špaldy si lze vysvětlit tím, že zrno bylo podrobeno při potravinářském zpracování loupání, a tím došlo ke zbavení nerozpustných látek tvořících hrubou vlákninu, které jsou obsaženy v obalové vrstvě zrna, tedy byla odstraněna značná část celulózy a ligninu.

Tab. 21 Výsledky stanovení hrubé vlákniny v otrubách

Vzorek	Obsah CF (%)
Špaldové otruby	9,8 ± 0,2 ^a
Pšeničné otruby	11,1 ± 0,2 ^b

Špaldové otruby obsahovaly 9,8 % hrubé vlákniny. Otruby pšeničné 11,1 % hrubé vlákniny. Rozdíl mezi těmito dvěma vzorky činí 1,3 %. Tyto vzorky se od sebe navzájem statisticky liší ($P < 0,05$).

Otruby jsou velmi bohaté na obsah vlákniny, protože jsou tvořeny obalovými vrstvami zrn, v nichž je její obsah nejvyšší.

Tab. 22 Výsledky stanovení hrubé vlákniny u výrobku Freekeh

Vzorek	Obsah CF (%)
Pšenice zelená (Freekeh)	2,3 ± 0,3

Výrobek Freekeh obsahoval 2,3 % hrubé vlákniny.

5.7 Stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem

Podle metodiky uvedené v kapitole 4.11 bylo provedeno stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem. Získané výsledky vypočítané podle vzorců č. 11 až 18 byly zprůměrovány a jsou uvedeny v tabulkách č. 23, 24 a 25 jako stravitelnost organické hmoty vzorku v % (OMD) a stravitelnost sušiny vzorku v % (DMD).

Tab. 23 Výsledky stanovení stravitelnosti vzorků pšenice

Vzorek	OMD (%)	DMD (%)
Bio červená pšenice	78,8 ± 2,1 ^a	75,7 ± 2,1 ^a
Špalda loupaná	84,2 ± 1,6 ^{b,c,e,f,g,h}	81,7 ± 1,9 ^{b,c,e,f,g,h}
Pšenice ozimá bio	85,4 ± 2,6 ^{c,d,e,f,g,h}	83,3 ± 2,9 ^{c,d,e,f,g,h}
Kamut zrno	87,6 ± 2,2 ^{d,e,f,h}	85,9 ± 1,3 ^{d,e}
Pšenice Dickopf (žeň 2012)	86,7 ± 2,2 ^{e,f,g,h}	85,4 ± 2,1 ^{e,f,h}
Pšenice Dickopf (žeň 2013)	84,6 ± 1,3 ^{f,g,h}	83,4 ± 1,5 ^{f,g,h}
Pšenice Klima	83,3 ± 1,8 ^{g,h}	80,8 ± 2,1 ^{g,h}
Pšenice Rotkorn	85,2 ± 2,1 ^h	83,5 ± 1,3 ^h

Všechny vzorky vykazovaly hodnotu stravitelnosti organické hmoty (OMD) vyšší než hodnotu stravitelnosti sušiny (DMD).

Hodnoty OMD se pohybovaly v rozmezí 78,8 až 87,6 %. Nejvyšší hodnoty OMD byly naměřeny u vzorku pšenice kamut, a to – 87,6 %, dále u vzorku Dickopf (žeň 2012) 86,7 %, pšenice ozimé 85,4 %, rotkorn 85,2 %, Dickopf (žeň 2013) 84,6 % a špaldy loupané 84,2 %. Nejnižší hodnoty OMD byly naměřeny ve vzorku bio červené pšenice, kde byla stravitelnost 78,8 % ($P < 0,05$).

Stravitelnost DMD byla nejvyšší u pšenice kamut, a to 85,9 % a dále pak u vzorku Dickopf (sklizeň 2012) 85,4 %, rotkorn 83,5 %, Dickopf (sklizeň) 2013 vykazovala 83,4 %, pšenice ozimá 83,3 %, špalda loupaná 81,7 % a pšenice Klima 80,8 % ($P < 0,05$). Nejnižší hodnotu DMD měl vzorek červené pšenice, a to 75,7 % ($P < 0,05$).

Ze získaných údajů je zřejmé, že nejlépe stravitelná je pšenice Dickopf.

Tab. 24 Výsledky stanovení stravitelnosti otrub

Vzorek	OMD (%)	DMD (%)
Špaldové otruby	49,3 ± 0,4 ^a	40,3 ± 1,5 ^a
Pšeničné otruby	48,5 ± 0,5 ^b	39,1 ± 1,3 ^b

Stanovené hodnoty stravitelnosti organické hmoty OMD u vzorků otrub se pohybovaly v rozsahu od 48,5 do 49,3 % a stravitelnost sušiny DMD v rozsahu 39,1 – 40,3 %. Mezi těmito výsledky je statistický rozdíl ($P > 0,05$). Výsledné hodnoty OMD byly vyšší než hodnoty DMD. Stravitelnost organické hmoty byla u obou vzorků cca o 9 % vyšší než stravitelnost sušiny.

Nízkou stravitelnost otrub lze zdůvodnit vysokým obsahem nestravitelných složek vlákniny, která je v otrubách obsažena.

Tab. 25 Výsledky stravitelnosti u výrobku Freekeh

Vzorek	OMD (%)	DMD (%)
Pšenice zelená (FREEKEH)	87,5 ± 1,2	85,6 ± 1,5

U pšenice zelené byla stanovena stravitelnost v sušině vzorku v množství 85,6 % a stravitelnost organické hmoty vzorku v množství 87,5 %. Rozdíl mezi OMD a DMD činil 1,9 %.

Vzhledem k tomu, že většina publikací zabývajících se stravitelností cereálií se vztahuje pouze na objemová krmiva či krmné směsi, je porovnání s literaturou těžce proveditelné [120].

ZÁVĚR

Teoretická část práce se zabývá stručným popisem anatomického a chemického složení zrna obilovin s důrazem na pšenici. Je charakterizováno taxonomické zařazení pšenice a její potravinářské dělení, dále jsou zde popsány i druhy ostatních obilovin, které se běžně pěstují v České republice, jako je oves, ječmen, žito a kukuřice. Popis druhů pšenice je zaměřen zejména na druhy pšenice, které se stanovovaly v praktické části práce.

Náplní praktické části diplomové práce bylo stanovení nutričních charakteristik u netradičních druhů pšenice a pšeničných otrub. Jednalo se o stanovení vlhkosti, popela, škrobu, bílkovin, tuku, hrubé vlákniny a stravitelnosti.

Obsah vlhkosti byl stanoven referenční metodou dle ČSN ISO 712 (461014) a pohyboval se v rozmezí 8,7 – 11,0 % u pšenice, 8,0 – 11,1 % u otrub a 11,1 % u výrobku Freekeh. Všechny dosažené výsledky vlhkosti odpovídaly požadavku dle vyhlášky č. 333/1997 Sb., která stanovuje obsah vlhkosti pro obilné mlýnské výrobky maximálně 15 %.

Obsah popela byl stanoven spálením vzorku v muflové peci podle platné normy ČSN ISO 2171 (461019) a tvořil 1,49 – 1,88 % u pšenice, 5,6 – 7,16 % u otrub a 1,87 % u výrobku Freekeh.

Škrob byl stanoven pomocí Ewersovy metody. Obsah škrobu u pšenice se pohyboval v rozmezí 53,8 – 57,2 %, u otrub 1,6 – 13,2 % a výrobek Freekeh obsahoval 43,4 % škrobu.

Pšenice obsahovaly 11,0 – 16,9 % bílkovin, otruby 16,7 – 17,4 % a výrobek Freekeh 17,1 %. Bílkoviny byly stanoveny metodou podle Kjeldahla s úpravou dle Winklera.

Stanovení tuku probíhalo dle metody podle Soxhleta. U pšenice se obsah tuku pohyboval v rozmezí 2,2 – 3,2 %, u otrub 4,3 – 6,7 %. Výrobek Freekeh obsahoval 3,2 % tuku.

Hrubá vláknina byla analyzována pomocí přístroje Ankom Fiber Analyzer po kyselé a následně alkalické hydrolýze a odečtu popela. U předložených vzorků pšenice byl zjištěn obsah hrubé vlákniny v množství 1,5 – 2,7 %, otruby obsahovaly 9,8 – 11,1 % hrubé vlákniny a výrobek Freekeh vykazoval hodnotu 2,3 % hrubé vlákniny.

Stanovení stravitelnosti probíhalo kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem metodou *in vitro*. Všechny analyzované vzorky vykazovaly hodnotu stravitelnosti organické hmoty vyšší než hodnotu stravitelnosti sušiny vzorku. Hodnoty OMD u pšenice byly

v rozsahu 78,8 – 87,6 %, DMD 75,7 – 85,9 %. U otrub se stravitelnost organické hmoty pohybovala v rozmezí 48,5 – 49,3 %. Hodnota OMD u výrobky Freekeh byla 87,5 % a DMD 85,6 %.

Trendem současnosti je snaha o zvýšení nutriční hodnoty komerčně vyráběných pečárenských a pečivárenských výrobků. Jako perspektivní se jeví využití otrub, které vynikají zejména vysokým obsahem vlákniny a netradičních druhů pšenice, jež obsahují poměrně vysoké zastoupení bílkovin, minerálních látek a mnohé z nich vynikají dobrou stravitelností v organismu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GAJDOŠOVÁ, A., ŠTURDÍK, E. *Biologické, chemické a nutrično-zdravotné charakteristiky pekářských cereálií*. Nova Biotechnologica, 2004, IV-1, s. 133-139. ISSN 1337-8783.
- [2] PAŽOUT, V., HEMALOVÁ, V., ALDORFOVÁ, M. *Hygiena a technologie vegetabilních produktů: hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků, pekárenských výrobků, těst a těstovin*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-603-2.
- [3] ANONYM. *Polní plodiny: Obiloviny*. 1 s. Citace: [2013-11-25]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Plodiny2.pdf>
- [4] TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. *Polní plodiny*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2006, 5-8 s. Citace: [2013-11-25]. Dostupné z: http://vfu-www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/Polni_plodiny.doc
- [5] EVERS, T., MILLART, S. *Cereal grain structure and development: Some implications for quality*. Journal Cereal Science, 2001, no. 36, p. 261-284.
- [6] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati Zlín, 2008, 6-7 s. ISBN 978-80-7318-520-6
- [7] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická Praha, 2003, 28-202 s. ISBN 80-7080-530-7
- [8] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I.: *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati Zlín, 2006, 178s. ISBN 80-7318-372-2
- [9] KALDEC, P. a kol. *Technologie potravin*. 1. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická Praha, 2007. ISBN 80-7080-509-9.
- [10] GRUNDAS, S. T. *Wheat*. Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Academic Press: Oxford, 2003, vol. 10, s. 6130-6146.
- [11] MICHALOVÁ, A., STEHNO, Z., VACULOVÁ, K. *Opomíjené plodiny a jejich využití ve výživě I. – Obilniny*, 2000. Citace: [2013-11-25]. Dostupné z: <http://bioacnet.uniag.sk/podujatia/Liptov2000/pr%C3%ADspevky/Michalova.html>

- [12] MCINTOSH, R. A. *Wheat*. Encyclopedia of Grain Science. Academic Press: Oxford, 2004, vol. 3, s. 323-329.
- [13] ZIMOLKA, J. *Pšenice: Pěstování, hodnocení a užití zrna*. Vyd. 1. Praha: Profi Press, 2005, s. 180. ISBN 80-86726-09-6
- [14] HEUN, M et al. *Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting*. Science, 1997, 278, p. 1312-1314.
- [15] NESBITT, M. *Where was einkorn wheat domesticated?* Trends in Plant Science, 1998, 3, p. 1360-1385.
- [16] DUBCOVSKY, J., DVORAK, J. *Genome plasticity a key factor in the success of polyploidy wheat under domestication*. Science, 2007, 316, p. 1862-1866.
- [17] STALLKNECHT, G. F., GILBERTSON, K. M., RANNEY, J. E. *Alternative Wheat Cereals as Food Grains: Einkorn, Emmer, Spelt, Kamut, and triticale*. Progress in new crops, 1996, p. 156-170. Citace: [22. 3. 2014]. Dostupné z:
<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-156.html#TRITICALE>
- [18] ANONYM. *Profil taxonu: rod pšenice Triticum L*. Citace: [28. 3. 2014]. Dostupné z:
<http://www.biolib.cz/cz/taxonsubtaxa/id42536/>
- [19] KOLOMAZNÍK, J. a kol. *Správná výrobní praxe pro skladování zrnin a olejnin*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2006, s. 9-10. ISBN 80-7084-561-9
- [20] MACEVILLY, C. *Cereals*. Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Oxford: Academic Press, 2004. vol. 2.
- [21] Vyhláška č. 333/1997 zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. Příloha č. 2, 6792 s. Citace: [15. 4. 2014]. Dostupné z:
<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1007478&docType=ART&nid=11816>
- [22] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno, 2004, 141 s. ISBN 80-7157-811-8
- [23] PETR, J., LOUDA, F. *Produkce potravinářských surovin*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická Praha, 1998, 213 s. ISBN: 80-7080-332-0
- [24] VODEHNAL, D. *Stanovení záchovné potřeby lysinu, treoninu, metioninu+cystinu a tryptofanu u prasat*. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha, 1998, 50 s. Diplomová práce.

- [25] RINCÓN-LEÓN, F. *Functional foods*. Encyclopedia of Food Science and Nutrition. London: Academic Press, 1999.
- [26] KUNCL, L. *Hodnocení kvality zemědělských výrobků*. České Budějovice: Vysoká škola zemědělská, Agronomická fakulta, 1989. 116 s.
- [27] PELIKÁN, M., SÁKOVÁ, L. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. Vyd. 1. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2001, 235 s. ISBN 80-7040-502-3
- [28] SLUKOVÁ, M. *Kvalitativní ukazatele pšenice a pšeničných mouk*. Vysoká škola chemicko-technologická Praha, 2003. Citace: [2013-10-05]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf
- [29] PETR, J. a kol. *Rukověť agronoma*. Praha: SZN, 1989, 688 s.
- [30] ŠAŠEK, A. *Bílkovinné signální geny pšenice obecné*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1996, 61 s.
- [31] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. Vyd. 2. Tábor: OSSIS, 2002, 344 s. ISBN 80-86659-00-3.
- [32] NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 41/2009 ze dne 20. Ledna 2009 o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku.
- [33] KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH, M. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2010, 536 s. ISBN: 978-80-7418-051-4
- [34] LASZTITY, R. *The Chemistry of Cereal proteins*. CRC press, 1984. Boca Raton.
- [35] HAMPL, J. *Cereální chemie a technologie*. ALFA Bratislava: Praha 1970.
- [36] MICHALÍK, I. *Výživná a technologická kvalita rostlinných produktů a ich potravinárske využitie*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Vedecká monografia, 2006, 198 s.
- [37] HULÍN, P., DOSTÁLEK, P., HOCHÉL, I. *Metody stanovení lepkových bílkovin v potravinách*. Chemické listy, 2008, 102, s. 327-337. ISSN: 1213-7103
- [38] FRIČ, P., ZAVORAL, M., DVOŘÁKOVÁ, T. *Choroby způsobené lepem*. Vnitřní lékařství, 2013, 59 (5), s 376-382. ISSN: 0042-773X
- [39] GROFOVÁ, Z. *Nutriční podpora- praktický rádce pro sestry*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 2007, 71 s. ISBN 978-80-247-1868-2

- [40] KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2007. ISBN 978-80-7271-184-0
- [41] BELDEROK, B., MESDAG, H., DONNER, D. A. *Bread-Making Quality of Wheat*. Springer. New York, 2000.
- [42] KONIK-ROSE, Ch. et al. *Effects of starch synthase IIa gene dosage on grain, protein and starch in endosperm of wheat*. Theoretical and Applied Genetics, 2007, 115, 8, p. 1053-1065.
- [43] ŠÁRKA, E., BUBNÍK, Z. *Morfologie, chemická struktura, vlastnosti a možnost využití pšeničného B-škrobu*. Chemické listy, 2010, 104, 318-325 s. ISSN 1213-7103
- [44] KADLEC, P. A KOL. *Technologie sacharidů*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická Praha, 2000, 138 s. ISBN 80-7080-400-9
- [45] SOBAL, J., *Using a model of the food and nutrition systém for examiring whde grain foods from agriculture to health*. Whole grains and health. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2007, 17-25.
- [46] KOPÁČOVÁ, O. *Vláknina potravy a nutriční hodnota potravin*. 2004. Citace: [2014-4-16]. Dostupné z:
<http://www.agrovzdelavani.cz/default.asp?ch=207&ids=1979&typ=1&val=31558>
- [47] HAINER, V. a kol. *Základy klinické obezitologie*. Vyd. 2. Praha: Grada Publishing, 2011, 190 s. ISBN 978-80-247-3252-7
- [48] ZADÁK, Z., TICHÁ, A., HYŠPLER, R., JURAŠKOVÁ, B. *Význam dietní vlákniny ve stáří*. Česká lékařská společnost J. E. Purkyně, 2010, 8, 1-2, 45 s. ISSN 1804-7874
- [49] MURRAY, K., et al. *Harper's Illustrated Biochemistry*. McGraw-Hill, 2003, p. 107-111. ISBN 0-07-138901-6
- [50] FAN, M-S. et al. *Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years*. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2008, 22.4, p. 315-324.
- [51] PETERSON, C. J., JOHNSON, V. A., MATTERN, P. J. *Evaluation of Variation in Mineral Element Concentrations in Wheat Flour and Bran of Different Cultivars*. Cereal Chemistry, 1983, 60, 6, s. 450-455
- [52] TRUSWELL, A. S. *Cereal grains and coronary heart disease*. European Journal of Clinical Nutrition. 2002, 56, 1, p. 1-14

- [53] ŠAŠKOVÁ, D., ŠTOLFA, V. *Trávy a obilí*. Vyd. 1. Praha: Artia, 1993, 64 s. ISBN 80-85805-03-0
- [54] STRUNECKÁ, A., PATOČKA, J. *K čemu je dobrá kyselina fytoová?* Kontakt, 2006, 8, 1- 200, 169 – 170 s. ISSN 1212-4117
- [55] CHABINOVÁ, J., ZÍTKA, O. et al. *Optimization chromatographic isolation of anthocyanins*. Poster ze: Zborníka z 18. vedeckej konferencie: *Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín*. Piešťany: Výzkumný ústav rastlinnej výroby, 2011, s. 119-121. ISBN: 978-80-89417-29-2
- [56] MORAVCOVÁ, J. *Biologicky aktivní přírodní látky. Interní studijní pomůcka*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická Praha, 2006, 66 s. Citace: [2014-4-19]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/lam/new/bapl2003-01.pdf>
- [57] ŠULOVÁ, R., POSPÍCHALOVÁ, M., BALARINOVÁ, A., KABÁTOVÁ, N., PALIČKOVÁ, A. *Žluté pigmenty v odrůdách pšenice seté*. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno. Referát ze: Sborník příspěvků XLII. *Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin*. Editoři: Cejpek, K., Špicner, J. Praha, 2012, s. 79. ISBN 978-80-7080-839-9
- [58] TROJAN, V., MUSILOVÁ, M., VYHNÁNEK, T., HAVEL, L. *Storage of anthocyanins in caryopses of common beat (*Triticum aestivum* L.)*. Brno: Mendlova univerzita Brno 2011, s. 726. [2014-4-19]. Dostupné z: http://mnet.mendelu.cz/mendelnet2011/articles/27_trojan_485.pdf
- [59] BARTL, P., TREMLOVÁ, B., OŠŤÁLOVÁ, M., POKORNÁ, J., ŽĎÁRSKÝ, M. *Kvalitativní a kvantitativní stanovení antokyanů v kultivarech pšenice s modrým a purpurovým zrnem*. Potravinářstvo, 2013, 7, 145-148 s. ISSN 1337-0960
- [60] DYKES, L., ROONEY, L. W. *Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits*. Cereal Food World, 2007, 52, p. 105-111.
- [61] MARCANÍKOVÁ, K., BEŇOVÁ, B. *Využití coulometrického detektoru pro analýzu fenolických látek*. Chemické listy, 2010, 104, s. 27-30.
- [62] YU, L. *Effects of Genotype, Enviroment and Genotype. Wheat antioxidants*. Edited by: Liangli Yu. USA, 2008, p. 28. ISBN 978-0-470-04259-5

- [63] ZHOU, K., SU, L., LIANGLI., L. Y. *Phytochemicals and Antioxidant Properties in Wheat Bran*. Department of Nutrition and Food Science. 2004, 52, 20, p. 6108-6114
- [64] Český statistický úřad. *Soupis ploch osevů 2013*. Agrární poradensko informační centrum Agrární komory ČR. Citace: [2014-4-15]. Dostupné z:
<http://www.apic-ak.cz/soupis-ploch-osevu-2013.php>
- [65] PULKRÁBEK, J., CAPOUCHOVÁ, I. a kol. *Speciální fytotechnika: Žito seté (Secale cereale L.), Oves setý (Avena sativa L)*. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha, 2003. Citace: [2013-10-8]. Elektronická skripta. ISBN 80-213-1020-0. Dostupné z:
http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=261
- [66] BAIK, B. K., ULLRICH, S. K. *Barley for food: Characteriscics, improvement, and renewed interest*. Journal of Cereal Science, 2008, vol. 48, p. 233-242.
- [67] MICHALOVÁ, A. *Význam některých „zapomenutých“ obilnin a pseudoobilnin a jejich potravinářské využití*. Nový venkov, 2000, 9., vol. 4, 32-33 s.
- [68] KONVALINA, P., et al. *Pěstování a využití pšenice špaldy v ekologickém zemědělství (metodika pro praxi)*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha, 2012. ISBN: 978-80-7427-118-2
- [69] BAREŠ, I. a kol. *50. let studia genofondu pšenice (rodu Triticum L.) ve VÚRV v Praze-Ruzyni. Historie a současný stav práce s genofondem v ČR: Sborník referátů ze semináře*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha-Ruzyně, 2002. ISBN 80-86555-14-3
- [70] KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., JANOVSÁ, D., KÁŠ, M. *Opomíjené obilniny a pseudoobilniny*. Zemědělec. 2013 (17), 33 s. ISSN: 1211-3816
- [71] KŘEN, J. *Pěstování obilnin a výběr odrůd. Metodické listy č. 6*. Spolek poradců v ekologickém zemědělství ČR. Citace: [2014-4-19]. Dostupné z:
<http://www.eposcr.eu/wp-content/uploads/2011/04/ML06-Obilniny.pdf>
- [72] HROMÁDKO, M., HEŘMANSKÁ, A. *Reakce výnosů ozimé pšenice na odchylky teplot a srážek v dlouhodobém časovém horizontu*. Citace: [2014-4-20]. Dostupné z:
<http://www.cbks.cz/Rostliny2011/prispevky/HromadkoHermanska.pdf>
- [73] PETR, J., KODEŠ, A., STEHLÍKOVÁ, K., HUBERT, D., SVOBODOVÁ, P. *Feeding quality of beat from conventional and ecological fading*. Scienta Agriculturae Bohemica, 2004 (2), 35, p. 74-78.

- [74] KREJČÍŘOVÁ, L., SLUKOVÁ, M., CAPOUCHOVÁ I. *Rozdíly ve skladbě zásobních bílkovin u pšenice ozimé vypěstované ekologicky a konvenčně*. Obilnářské listy, 2010, č. 2, roč. 18, s. 39 s.. ISSN: 1213-3981
- [75] ANONYM. Centrum pro databázi a složení potravin. *Pšenice ozimá (Triticum aestivum)*. Citace: [19.4.2014]. Dostupné z: <http://www.czfcdb.cz/potravinyny/?id=176>
- [76] SIMONATO, B. et al. *Allergenic potential of Kamut® wheat*. Allergy, 2002, vol. 57 (7), p. 653-654.
- [77] SACKS, G. *Kamut: A new Old Grain*. Gastronomica. 2005, vol. 5, no. 4. Citace: [2014-4-15]. Dostupné z: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-156.html#TRITICALE>
- [78] QUINN, R. M. *Kamut®: Ancient Grain*. New Cereal. Perspectives on new crops and new uses, 1999. Citace: [2014-3-22]. Dostupné z: <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/pdf/v4-182.pdf>
- [79] ANONYM. *Kamut – prapůvodní obilí*. Prameny zdraví. Citace: [2014-4-19]. Dostupné z: <http://www.magazinzdravi.cz/kamut-prapuvodni-obili>
- [80] ANONYM. *Kamut, uncooked*. Nutrition data. Citace: [2014-3-22]. Dostupné z: <http://nutritiondata.self.com/facts/cereal-grains-and-pasta/10353/2>
- [81] JAROLÍMKOVÁ, J. *Jak připravovat obiloviny, luštěniny, semena a ořechy. Kap: „Formy obilovin na trhu“*. Vyd. 2. Praha, 2007. ISBN: 978-80-7246-355-8
- [82] ESPOSITO, F. et al. *Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products*. Food Research International. 2005, vol 38 (10), p. 1167-1173
- [83] NIKITIN, S. *Pozor! Škodlivé potraviny: ne vše, co chutná je dobré*. Vyd. 1. Překlad Mária Swingerová. Praha: Lott, 2005, 181 s. ISBN 80-868-5403-5
- [84] ANONYM. *Pšenice zelená Freekeh*. Citace: [2014-3-31]. Dostupné z: <http://www.countrylife.cz/psenice-zelena-freekeh-400-g-country-life>
- [85] ANONYM. *Calories in Freeken Original*. Calorie Count. Citace: [2014-4-20]. Dostupné z: <http://caloriecount.about.com/calories-freekeh-foods-original-i283388>

[86] KNIEVEL, D. C. et al. *Grain color development the inheritance of high anthocyanin blue aleurone and purple pericarp in spring wheat (Triticum aestivum L.)*. Journal of Cereal Science, 2009, 50, p. 113-120.

[87] KONCZAK, I., ZHANG, W. *Anthocyanins – more than nature's colours*. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 2004, p. 239-240.

[88] CASTANEDA-OVANDO, A. et al. *Chemical studies of anthocyanins: A review*. Food Chemistry, 2008, 113, p. 859-871.

[89] HOSSEINIAN, F. S. et al. *Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat*. Food Chemistry, 2008, 109, p. 916-924.

[90] PROKINOVÁ, E., VÁŇOVÁ, M., KOCHANOVÁ, M. *Choroby obilnin- stav, perspektivy. Osivo a sadba: odborný a vědecký seminář pořádaný ČZU v Praze: sborník referátů*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2009, s. 21. ISBN 978-80-213-1891-5

[91] ANONYM. *Pšenice červená bio*. Citace: [2014-4-19]. Dostupné z:

<http://www.cereus.cz/name/P%C5%A1enice+%C4%8Derven%C3%A1+BIO/product-details/7e56467d-91bf-4eab-9214-dc5443228412/process.aspx>

[92] BABIČKA, L. *Průvodce světem potravin: Rady spotřebitelům, na co si dát pozor při nakupování a manipulaci s potravinami*. Praha: Ministerstvo zemědělství, Odbor bezpečnosti potravin, 2012, s. 14. ISBN 978-80-7434-086-4

[93] KOPLÍK, R. *Základy analýzy potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická Praha. Přednáška. Citace: [2013-12-16]. Dostupné z:

<http://web.vscht.cz/koplikr/%C4%8C%C3%A1stB1.pdf>

[94] HÁLKOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J. *Analýza potravin*. Vyd. 2. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka, 2001, 101 s. ISBN 80-86494-02-0.

[95] ČSN ISO 712 (46 1014). *Obiloviny a výrobky z obilovin- Stanovení vlhkosti- Praktická referenční metoda*. Český normalizační institut, 2003.

[96] KOPLÍK, R. *Obiloviny (cereálie) a výrobky z nich*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická Praha. Citace: [2013-12-16]. Dostupné z:

http://web.vscht.cz/~koplikr/2_Cere%C3%A1lie.pdf

[97] HÁLKOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ J. *Analýza potravin- laboratorní cvičení*. Vyd. 2. Brno: RNDr. Ivan Straka, 2001, 69-70 s. ISBN 80-86494-03-9

- [98] ČSN ISO 56 0512-16. *Metody zkoušení mlýnských výrobků. Část: 16 Stanovení škrobu polarimetricky podle Ewerse.*
- [99] KOHOUTKOVÁ, J. *Laboratoř analýzy potravin a přírodních produktů.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická Praha. [2013-12-16]. Dostupné z:
<http://web.vscht.cz/~kohoutkj/laborato%20LAP.htm>
- [100] SKOUPIL, J., LECJAKSOVÁ, Z. *Chemické kontrolní metody.* Vyd. 1. Praha: SNTL, 1988, 279 s.
- [101] ČSN ISO 5498 (46 1018). *Zemědělské a potravinářské výrobky. Stanovení obsahu hrubé vlákniny. Obecná metoda.*
- [102] MIŠURCOVÁ, L. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka.* Zlín: Univerzita Tomáše Bati Zlín. Disertační práce, 2008, 120s.
- [103] *Ankom fiber analyzer a inkubátor Daisy.* Citace: [20.4.2014]. Dostupné z:
<http://www.ankom.com/instrument-manuals.aspx>
- [104] MIŠURCOVÁ, L., KRÁČMAR, S. *Stanovení stravitelnosti produktů ze sladkovodních a mořských řas.* *Potravinářstvo*, 2010, 4(1), 64-70 s. ISSN 1338-0230
- [105] SCHURG, W. A. *Compilation of data evaluating various techniques for determining digestion of equine rations.* Proceedings of the 7th Equine Nutrition and Physiology Society Symposium. Warrenton, VA, USA, 1981, p. 1–2
- [106] ABDOULI, A., ATTIA S. B. *Evaluation of a two-stage in vitro technique for estimating digestibility of equine feeds using horse faeces as the source of microbial inoculum.* *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 132, p. 155–162.
- [107] SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS, A. *Atlas fyziologie člověka.* Vyd. 6. Grada publishing, 2004, 448. s. ISBN 80-247-0630-X
- [108] HAVLÍK, J., MAROUNEK, M. *Živiny a živinové potřeby člověka.* Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha, 2012. 3-8 s. ISBN 978-80-213-2269-1
- [109] Esposito, F. et al. Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. *Food Research International*. 2005, vol 38 (10), pp 1167-1173.
- [110] ANONYM. *Elektrický mlýnek na obilí – vložkovač COMBI-STAR Waldner Biotech.* Citace: [2014-4-25]. Dostupné z: <http://www.bio-eko-logicky.cz/elektricky-mlynek-na-obili-vlockovac-combi-star-MCS.html>

- [111] BUŇKA, F., KRÍŽ, O., HRABĚ, J. *StatK25. Verze 2.0 beta.*
- [112] ČSN 46 1100-2 *Obiloviny potravinářské - Část 2: Pšenice potravinářská.*
- [113] RUIBAL-MENDIETA, N. L. et al. *Spelt (Triticum aestivum ssp. Spelta) as a source of breadmaking flours and bran naturally enriched in oleic acid and minerals but not phytic acid.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005 (53): 2751-2759.
- [114] SUDHA, M. L., RAMASARMA, P. R., VENKATESWARA RAO, G. *Wheat bran stabilization and its use in the preparation of high-fiber pasta.* Food Science and Technology International. 2011, 17, p. 47-53.
- [115] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I.* Tábor: OSSIS, 1999, 352 s. ISBN 80-902391-3-7
- [116] MICHALOVÁ, A., HUTAŘ, M. *Pšenice špalda. Výživa a potraviny,* 1998, 53, 6, 186 – 188 s.
- [117] VAVREINOVÁ, S., GABROVSKÁ, D., RYSOVÁ, J., LAKNEROVÁ, I. *Využití netradičních plodin pro výrobu potravin.* Potravinářská revue. Praha: VUP Praha, 2012, 4, 16 s. ISSN 1801-9102.
- [118] PETERSON, C. J., JOHNSON, V. A., MATTERN, P. J. *Evaluation of Variation in Mineral Element Concentrations in Wheat Flour and Bran of Different Cultivars.* Cereal Chemistry, 60 (6): 450-455
- [119] Krejčířová, L., Capouchová, I., Bicanová, E., Faměra, O. *Storage protein composition of winter wheat from organic farming.* Scientia Agriculturae Bohemica, 2008 (1): 6-11, 39
- [120] HLAVÁČOVÁ, A. *Vztah jednotlivých frakcí polysacharidů k energetické hodnotě krmiva.* Praha: Česká zemědělská univerzita Praha. Autoreferát doktorské disertační práce, 2013, 19 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- AACC American Association for Cereal Chemists. Americká asociace sdružující odborníky z oblasti cereálií.
- ČSN Česká technická norma.
- DMD Dry Matter Digestibility. Stravitelnost sušiny.
- ISO International Organization for Standardization. Mezinárodní organizace pro normalizaci.
- LDL Low Density Lipoprotein. Lipoprotein s nízkou hustotou.
- Mze Ministerstvo zemědělství.
- N-látky Dusíkaté látky.
- OMD Organic Matter Digestibility. Stravitelnost organické hmoty.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Podélný řez pšeničným zrnem	13
Obr. 2 Struktury gliadinu a gluteninu	19
Obr. 3 Ankom Fiber Analyzer	32
Obr. 4 Inkubátor Daisy	33
Obr. 5 Mlýnek na obiloviny	39

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Chemické složení zrna obilovin	15
Tab. 2 Obsah aminokyselin v cereáliích	18
Tab. 3 Obsah minerálních látek u pšenice ozimé v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	22
Tab. 4 Vzorky obilovin	38
Tab. 5 Stanovení vlhkosti a sušiny v pšenici	48
Tab. 6 Stanovení vlhkosti a sušiny v otrubách	48
Tab. 7 Stanovení vlhkosti a sušiny u výrobku Freekeh	49
Tab. 8 Stanovení popela v pšenici	49
Tab. 9 Stanovení popela v otrubách	50
Tab. 10 Stanovení popela u výrobku Freekeh	51
Tab. 11 Stanovení škrobu v pšenici	51
Tab. 12 Stanovení škrobu v otrubách	52
Tab. 13 Stanovení škrobu u výrobku Freekeh	52
Tab. 14 Stanovení bílkovin v pšenici	53
Tab. 15 Stanovení bílkovin v otrubách	54
Tab. 16 Stanovení bílkovin u výrobku Freekeh	54
Tab. 17 Stanovení tuku v pšenici	55
Tab. 18 Stanovení tuku v otrubách	56
Tab. 19 Stanovení tuku u výrobku Freekeh	56
Tab. 20 Stanovení hrubé vlákniny v pšenici	57
Tab. 21 Stanovení hrubé vlákniny v otrubách	58
Tab. 22 Stanovení hrubé vlákniny u výrobku Freekeh	58
Tab. 23 Stanovení stravitelnosti vzorků pšenice	59
Tab. 24 Stanovení stravitelnosti vzorků otrub	60
Tab. 25 Stanovení stravitelnosti u výrobku Freekeh	60

