

Stanovení stravitelnosti ve vybraných druzích netradičních cereálií

Dominika Začalová

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Dominika ZAČALOVÁ**
Osobní číslo: **T07138**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Stanovení stravitelnosti ve vybraných druzích netradičních cereálií**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická část

1. Popsat fyziologii a chemické složení obilovin
2. Stručně charakterizovat běžné obiloviny a některé netradiční druhy (kamut, aj.)

2. Praktická část

1. Stanovit stravitelnost ve vybraných druzích netradičních obilovin (kamut, kernotto) a srovnat ji se stravitelností tradičních druhů

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. Technologie výroby potravin rostlinného původu. Zlín: UTB Zlín, 2008. 179 s. ISBN 978-80-7318-372-1

[2] PRUGAR, J. a kol. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: ČZV, 2008. 327 s. ISBN 978-80-8657-628-2

[3] FRANCIS, F.J. Food science and technology. Canada: John Wiley & Sons, 2000. 2725 s. ISBN 978-04-7119-256-5

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zuzana Lazárková, Ph.D.

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2010

Ve Zlíně dne 15. dubna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



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

Příjmení a jméno: DOMINIKA JARÁLOVA¹ Obor: CHEMIE A TECHNOL. POTRAVIN

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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 19.5.2010

J. Jarálová

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá stravitelností vybraných netradičních druhů obilovin. V teoretické části práce jsou charakterizovány obiloviny jako takové, jejich chemické složení a vlastnosti. Dále jsou charakterizovány jednotlivé druhy obilovin běžně pěstované v České republice a některé netradiční druhy. Další kapitola je věnována stravitelnosti, trávicí soustavě a mechanismu trávení základních živin. Stravitelnost vybraných druhů obilovin (pšenice ozimá, kamut, špalda loupaná, špaldové kernotto, grünkern) byla stanovena metodou *in vitro*, s použitím inkubátoru Daisy po enzymové hydrolýze *pankreatinem*. Nejvyšší stravitelnost byla zjištěna u kamutu a špaldového kernotta, naopak nejnižší u grünkernu.

Klíčová slova: obiloviny, netradiční druhy obilovin, stravitelnost, *pankreatin*

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with the digestibility of selected non-traditional types of cereals. The theoretical part characterizes cereals, their chemical composition and properties. Further there are characterized the individual cereals commonly grown in the Czech Republic and some unusual species. Another chapter is devoted to digestion, digestive system and the mechanism of digestion of essential nutrients. Digestibility of selected cereals (winter wheat, kamut, peeled spelt, spelt kernotto, grünkern) was established by *in vitro* method using Daisy incubator after *pancreatin* enzyme hydrolysis. The highest digestibility was found in kamut and kernotto, while the lowest in grünkern.

Keywords: cereals, non-traditional types of cereals, digestibility, *pankreatin*

Chtěla bych poděkovat Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za její odborné rady a čas, který mi věnovala, především za ochotu. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu během celého studia.

*Daruješ-li člověku rybu,
nakrmíš ho na jeden den.
Naučíš-li ho lovit ryby,
nasytíš ho na celý život.*

(čínské přísloví)

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CEREÁLIE	12
1.1 OBILÍ, JEHO SLOŽENÍ A VLASTNOSTI	12
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILOVIN	13
1.2.1 Sacharidy	13
1.2.2 Bílkoviny	15
1.2.3 Lipidy	16
1.2.4 Vitaminy a minerální látky	16
1.3 JEDNOTLIVÉ DRUHY OBILOVIN.....	17
1.3.1 Pšenice (<i>Triticum L.</i>).....	17
1.3.1.1 Pšenice setá (<i>Triticum aestivum L.</i>).....	19
1.3.1.2 Pšenice tvrdá (<i>Triticum durum Desf.</i>)	20
1.3.1.3 Pšenice špalda (<i>Tricum spelta</i>)	21
1.3.1.4 Pšenice jednozrnka (<i>Triticum boeoticum</i>).....	22
1.3.1.5 Pšenice dvouzrnka (<i>Triticum dicoccum</i>)	22
1.3.2 Ječmen (<i>Hordeum L.</i>).....	23
1.3.3 Žito (<i>Secale cereale L.</i>)	24
1.3.4 Tritikale (<i>Triticosecale Witt.</i>).....	25
1.3.5 Proso (<i>Panicum miliaceum L.</i>).....	26
1.3.6 Oves (<i>Avena sativa L.</i>)	26
1.3.7 Čirok (<i>Sorghum Moench</i>).....	27
1.3.8 Rýže (<i>Oryza sariva</i>)	28
1.3.9 Kukuřice (<i>Zea mays</i>)	29
1.3.10 Pseudocereálie	30
1.3.10.1 Pohanka (<i>Fagopyrum vulgare L.</i>).....	31
1.3.10.2 Quinoa (<i>Quinoa ssp.</i>)	31
1.3.10.3 Amarant (<i>Amaranthus ssp.</i>)	32
2 STRAVITELNOST	33
2.1 TRÁVICÍ SOUSTAVA	33
2.2 TRÁVENÍ ZÁKLADNÍCH ŽIVIN	34
2.2.1 Trávení sacharidů	34
2.2.2 Trávení bílkovin	34
2.2.3 Trávení lipidů	35
2.3 STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	35
II PRAKTICKÁ ČÁST	37
3 CÍL PRÁCE	38
4 METODIKA	39

4.1	CHARAKTERISTIKA A PŘÍPRAVA VZORKŮ	39
4.2	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A PŘÍSTROJE	39
4.2.1	Chemikálie	39
4.2.2	Přístroje	40
4.3	STANOVENÍ VLHKOSTI A POPELE.....	40
4.3.1	Stanovení vlhkosti	40
4.3.2	Stanovení popele	41
4.4	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	41
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	44
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ VLHKOSTI A POPELE.....	44
5.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	45
	ZÁVĚR	47
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	58

ÚVOD

Cereálie jsou výrazem odvozeným ze jména řecké bohyně sklizně a zemědělství *Ceres*. Označuje veškeré obilniny a výrobky, jejichž hlavní složkou je jakékoli obilí. Obilí jsou šlechtěné trávy s jedlými semeny. Obiloviny jsou plody pěstovaných trav rodu *Gramineae*. Hlavními obilninami jsou pšenice, ječmen, oves, žito, rýže a kukuřice. Obilniny jsou nejdůležitější kulturní rostliny pěstované od nejstarších dob, které slouží z velké části k výživě lidstva (chlebové obilniny). Na obilninách si ceníme jejich výživovou hodnotu, možnost pěstování na velkých plochách, dobrou a jednoduchou skladovatelnost a velkou rozmanitost pokrmů, které se z nich připravují [1, 2].

Obiloviny byly zdrojem obživy pro lidskou rasu již od úsvitu civilizace, neboť uspokojovaly nutriční a materiálové potřeby. Obiloviny jsou bohatě rozmanité, na celém světě existuje více než 10 000 druhů. Obilniny se vyznačují obsahem mnoha látek, které jsou důležité pro lidský organizmus – sacharidy, bílkoviny, vláknina, vitaminy (B₁, B₂, E), minerální látky (draslík, hořčík, železo, vápník). Obilniny jsou prospěšné pro naše tělo tím, že podporují trávení a čistí střeva. Při optimální denní spotřebě, která se pohybuje okolo 30 gramů, cereálie pomáhají snižovat hladinu cukru, cholesterolu a udržovat tělesnou hmotnost. Tím nepřímo chrání srdce a působí preventivně před řadou civilizačních chorob [3, 4].

Teoretická část bakalářské práce je rozdělena na dvě kapitoly. První se zabývá významem obilí pro lidskou společnost, jeho stavbou, popisuje význam jednotlivých částí a seznamuje s jejich vlastnostmi. Další část je zaměřena na chemické složení obilky. Udává, z jakých složek se skládá a jaký je jejich význam pro lidský organizmus. V další části jsou charakterizovány jednotlivé druhy obilovin, zvláštní pozornost je věnována některým netradičním druhům. Druhá kapitola se zabývá stravitelností, je zde popsána funkce trávicí soustavy a mechanismus trávení základních živin. Dále jsou charakterizovány metody stanovení stravitelnosti.

V praktické části se práce zaměřuje na stanovení stravitelnosti vybraných druhů obilovin metodou *in vitro* s pomocí inkubátoru Daisy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CEREÁLIE

Cereálie, nebo obiloviny provázejí lidskou společnost od nepaměti. Na základě historických poznatků se předpokládá, že náznaky pěstování obilovin se datují 12 až 10 tisíciletí před naším letopočtem. První zprávy o chlebu kypřeném kváskem se objevují ve východním Středomoří kolem roku 1800 před naším letopočtem. K jeho rozšíření došlo zhruba o 1000 let později a až začátkem našeho letopočtu se rozšířila znalost výroby kynutého těsta mezi obyvatelé střední Evropy. Obiloviny si udržely v průběhu tisíciletí výlučné postavení základní potraviny. Teprve později, v druhé polovině 20. století, došlo k poklesu přímé spotřeby obilovin, kdy v některých vyspělých zemích bylo obilovinami pokryto pouze 20 až 30 % denní energetické potřeby (celosvětově cca 50 %) [5]. Obiloviny jsou nejvýznamnějším zdrojem energie ve formě sacharidů. Kromě nich však jsou zdrojem mnoha dalších životně důležitých látek, které sice jsou v jiných potravinách obsaženy třeba i ve vyšších koncentracích, ale spotřebou se zdaleka obilovinám nevyrovnají [6]. Jejich hlavní druhy jsou především chlebové obiloviny, pšenice a žito, dále ječmen, kukuřice, rýže, oves, pohanka.

1.1 Obilí, jeho složení a vlastnosti

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 zejména vnějších faktorů, jako je odrůda, půdní a klimatické podmínky, hnojení, agrotechnika aj. [5].

Obalové vrstvy (oplodí a osemení) obsahují vlákninu, minerální látky, bílkoviny a vitaminy skupiny B. Podle stupně vymletí přechází část těchto vrstev do mouky a zvyšuje tak její biologickou hodnotu. Osemení se skládá anatomicky ze dvou vrstev a to z barevné a hyalinní. Je onou částí ochranného obalu (slupky) zrna, která se při mletí odstraňuje a odpadá při mlýnském zpracování jako krmná mouka a otruby. Podstatnou částí této vrstvy je vláknina a látky minerální. Oplodí je vlastní zevní částí ochranného obalu (slupky) zrna a je anatomicky složeno ze čtyř vrstev. Vnější vrstvou je pokožka a po ní následuje vrstva střední, vrstva buněk příčných a láčkových. Z nich vrstva buněk příčných je mikroskopicky charakteristická pro žito a pšenici. Oplodí a jeho jednotlivé vrstvy se skládají z celulózy a z minerálních látek [7].

Klíček je zárodek budoucí rostliny. Celý klíček se nachází na štítku, kterým je oddělen vrstvou palisádových buněk od moučného jádra. Klíček obsahuje větší množství tuků, bílkoviny, lecitin, enzymy, vitaminy, růstové hormony a minerální látky. Klíček nemá dobrý vliv na skladování mouky (vyšší obsah tuku) a na pekařské a pečivářské vlastnosti mouky, proto se před mletím odstraňuje. Na trhu se však prodávají sušené obilné klíčky a jejich přidávání do pokrmu je vhodné [7].

Moučné jádro (endosperm) je tvořeno buňkami, které jsou vyplněny škrobem, a vrstvou buněk na obvodu (aleurónovými buňkami), vyplněnými bílkovinami (lepkem). Na množství a kvalitě těchto látek, hlavně lepku, závisí jakost mouky a její vhodnost pro použití k pekárenským a k cukrářským účelům. Minerální látky jsou v moučném jádru obsaženy jen nepatrně [8].

Vousek jsou jemné chloupky umístěné na opačném konci zrna, než je klíček. Pšeničné chlupy mají vnitřní otvor tenký a buněčnou stěnu silnou, kdežto u žitných chlupů je tomu naopak. Přesto, že jsou odstraňovány loupáním zrna, vyskytují se i v moukách, zvláště pak v moukách vymletých [7].

1.2 Chemické složení obilovin

Výrobky z obilnin zaujímají z hlediska objemu spotřeby velmi důležité postavení a výrazně ovlivňují výživovou bilanci našeho obyvatelstva. Jsou rozhodujícím zdrojem energie, sacharidů a rostlinných bílkovin a také významným dodavatelem některých minerálních látek (Ca, Fe a P) a vitaminů skupiny B, především tiaminu [9].

1.2.1 Sacharidy

Sacharidy tvoří hlavní podíl jednotlivých složek obsažených v obilovinách. Sacharidy obsažené v obilovinách můžeme rozdělit na monosacharidy, např. pentózy, které jsou základními stavebními složkami pentózanů, důležitých složek podpurných pletiv. Dalšími důležitými monosacharidy jsou glukóza a fruktóza. Tyto cukry jsou většinou obsaženy v oligosacharidech, např. sacharóze, která je obsažena především v klíčku, a dále maltóze. Maltózové číslo se využívá ke zjišťování tzv. cukrotvorné schopnosti mouky. Dále jsou v obilí obsaženy koloidně disperzní sacharidy, kde hlavními zástupci této skupiny jsou škrob, dextriny, celulóza, hemicelulózy, pentózany, pektinové látky [5].

Nejdůležitější zásobní látkou v obilce je škrob, jehož obsah kolísá od 50 do 80 % v sušině. V obilce je škrob obsažen v parenchymatických buňkách endospermu. Škrob je ve studené vodě nerozpustný, pouze bobtná. Při teplotě nad 60 °C ve vodě mazovatí a viskozita vzniklého mazu se prudce zvyšuje. Obilní škrob se skládá ze dvou složek, a sice z amylózy s nerozvětveným řetězcem s glykosidovou vazbou α (1→4) a amylopektinu s rozvětvenou strukturou s vazbami α (1→4) a α (1→6). Škrob se uplatňuje zejména v technologickém procesu, kdy po nabobtnání, zmazovnění a zcukření, umožní činnost kvasinkám a rozhodujícím podílem se účastní na tvorbě střídky tím, že váže vodu uvolněnou po denaturaci bílkovin [5].

Celulóza je nejrozšířenějším polysacharidem vůbec, neboť tvoří hlavní podíl organické hmoty na naší planetě. Spolu s hemicelulózami a ligninem patří k tzv. látkám stavebním, protože tvoří podstatnou část stěn rostlinných buněk a podpůrných rostlinných pletiv. Svou chemickou strukturou je celulóza polymer anhydro-D-glukopyranózových jednotek spojených (1→4) glukosidickými vazbami; má tedy obdobné složení jako amylóza, od níž se liší pouze tím, že jednotky jsou vázány v β -konfiguraci [10].

Celulózová vlákna (celulózové mikrofibrily) se skládají do paralelních řetězců. Tyto řetězce jsou bočně seřazeny do rovinného útvaru, takže tvoří list, jednotlivé listy se k sobě řadí vždy s posunem o jednu polovinu jednotky glukózy. Strukturně jsou celulózová vlákna pojena vodíkovými můstky, což jim dává výjimečnou pevnost a nerozpustnost [11].

V trávicím systému člověka nejsou produkovány vlastní enzymy štěpící celulózu a celulolytické enzymy produkované mikroorganismy trávicího traktu nemají u člověka, na rozdíl od přežvýkavců, praktický význam. Ačkoli celulóza není výživově využitelná, má příznivý vliv na peristaltiku střev, je totiž součástí vlákniny. Nicméně, při jejím vysokém obsahu dochází k průjmům a snižuje se tak využitelnost některých esenciálních výživových faktorů [10].

Vlákninu dělíme na rozpustnou a nerozpustnou. K rozpustné vláknině se řadí určitý podíl hemicelulóz. Např. asi třetina strukturních arabinoxylanů obilovin je rozpustných, rozpustná je také čtvrtina až asi polovina tzv. β -glukanů ječmene a i jistý podíl glukomannanů a galaktomannanů luštěnin, které se řadí především k rostlinným gumám. Rozpustné jsou také pektiny, rostlinné slizy, polysacharidy mořských řas, modifikované škroby a modifikované celulózy. K nerozpustné vláknině se řadí celulóza, část hemicelulóz

a lignin. Nerozpustná vláknina zvětšuje objem potravy, zkracuje dobu jejího průchodu zažívacím traktem a zlepšuje střevní peristaltiku. Rozpustná vláknina zvyšuje viskozitu obsahu žaludku a střev, zpomaluje promíchávání jejich obsahu, omezuje přístup pankreatických *amyláz* a *lipáz* k substrátům a tím absorpci živin střevní stěnou. Tím se zpomalí průchod střevního obsahu a sníží se difúze živin, váží se minerální látky (zejména ionty vápníku, železa, mědi a zinku) a modifikuje se tak jejich dostupnost. Rozpustná vláknina je částečně štěpena trávicími enzymy již v tenkém střevě. Nerozpustná vláknina odolává působení enzymů v tenkém střevě a je spolu s rozpustnou vlákninou více nebo méně metabolizována pouze mikroorganismy tlustého a slepého střeva [12].

Neškrobové polysacharidy jsou obecně nazývány rostlinné slizy a jedná se většinou o různé zesíťované makromolekuly polysacharidů. Slizy žitné mouky tvoří bílý, krystalický prášek, rozpustný ve vodě na čirý, bezbarvý, slabě opalizující roztok [5].

1.2.2 Bílkoviny

Nejvýznamnějšími dusíkatými látkami obilovin jsou bílkoviny, které často determinují technologickou jakost surovin. V roce 1907 publikoval Osborne frakcionaci pšeničných proteinů na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Bílkoviny tak byly rozděleny do čtyř skupin: albuminy (rozpustné ve vodě), globuliny (rozpustné v roztocích solí), prolaminy (rozpustné v 70 % etanolu) a gluteliny (zčásti rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad) [13]. Zvláštní postavení má zejména bílkovina pšeničná, která jako jediná vytváří běžně s vodou pružný gel, tzv. lepek, jehož fyzikální vlastnosti určují jakost pečiva [5]. Pšeničné gliadiny a gluteniny bobtnají pouze omezeně a za současného vložení mechanické energie a hnětení za přítomnosti vzdušného kyslíku, tvoří pevný gel, který nazýváme lepek. Vzhledem k tomu, že pšeničná mouka je v podstatě rozdrcený endosperm, při hnětení pšeničné mouky s vodou dochází právě ke vzniku lepku a ten tvoří „kostru“ těsta. Lepek je příčinou jedinečných vlastností pšeničného těsta, jeho tažnosti a pružnosti. Těsto žitné, jehož kostrou není bílkovinný gel, ale je tvořeno převážně na bázi polysacharidů, tyto vlastnosti nemá [13]. Do bezlepkových obilovin patří jáhle (proso), kukuřice, rýže, pohanka, quinoa – merlík chilský a amarant – laskavec [14].

1.2.3 Lipidy

Obilná zrna jsou na lipidy poměrně chudá. Tuk z obilných klíčků je z výživového hlediska velmi cenný, proto se z některých z nich lisují oleje [13]. Lipidy chlebových obilovin jsou nažloutlé olejovité kapaliny, které obsahují nenasycené i nasycené mastné kyseliny (zejména kyselinu olejovou, linolovou a linolenovou). Mezi lipofilní barviva cereálií se řadí karotenoidy, žlutá nebo červená barviva, v nichž nejvýznamnější v pšenici je xantofyl [5].

1.2.4 Vitaminy a minerální látky

Obecně je třeba říci, že endosperm obilovin je na vitaminy chudý. Vitaminy se vyskytují zejména v obalových vrstvách a klíčku. Obiloviny je možno považovat za zdroj vitaminů skupiny B (zejména B₁ a B₂). Kyselina nikotinová a nikotinamid (B₃) jsou ve vyšších množstvích přítomny v pšenici a ječmeni. Z ječného sladu se dostávají do piva, které je jejich bohatým zdrojem. Z lipofilních vitaminů je třeba zmínit vitamin E – tokoferol, který se ve vysoké koncentraci vyskytuje v pšeničných klíčcích, z nichž se dokonce izoluje při výrobě vitaminových preparátů ve farmaceutickém průmyslu [13].

Minerální látky souhrnně označujeme jako popel, to znamená anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Popel obilovin je tvořen převážně oxidem fosforečným, nejhojnějšími kovy jsou hořčík, vápník a železo. V popelu se často objevují i minerální kontaminanty, zejména těžké kovy [13]. Na obrázku (Obr. 1.) je znázorněno chemické složení jednotlivých druhů obilovin.

<i>Druh</i>	<i>Minerální látky</i>	<i>Bilkoviny</i>	<i>Tuky</i>	<i>Sacharidy</i>	<i>Vláknina</i>
Žito	1,7	9,0	1,7	70,7	1,9
Pšenice obecná	1,7	12,0	1,9	68,5	1,9
Pšenice tvrdá	1,7	13,2	2,4	65,0	2,5
Pšenice špalda bez pluch	1,8	13,5	1,6	67,0	1,5
Ječmen s pluchami	2,5	9,5	2,1	67,0	4,0
Ječmen bez pluch	1,3	7,5	1,2	73,6	1,4
Oves s pluchami	3,2	10,3	4,8	56,4	10,3
Oves bez pluch	2,3	13,0	7,0	71,6	1,4
Oves nahý	2,7	16,8		70,5	3,3
Kukuřice	1,5	11,0	4,4	67,2	2,2
Proso neloupané	3,8	10,6	3,7	58,6	8,1
Proso loupané	1,7	11,5	3,9	68,1	2,3
Pohanka loupaná	1,7	8,9	1,6	71,3	1,5
Rýže loupaná	0,8	7,4	0,4	75,6	0,8

Obr. 1. Chemické složení zrna obilnin v % při 15% vlhkosti

1.3 Jednotlivé druhy obilovin

1.3.1 Pšenice (*Triticum L.*)

Člověk pěstuje pšenici již více než 10 000 let. Za tu dobu prošla výraznou proměnou od divokých forem pšenice ke kulturně pěstovaným formám. V průběhu domestikace došlo k značné změně habitu rostliny ale i porostu, formy a rozšíření pěstování. V průběhu 19. století došlo k velkým změnám v pěstování a tím i v požadavcích na vlastnosti pšenice a začalo období organizované selekční práce. Se znovuobjevením Mendelových zákonů v roce 1900 nastoupilo období vědeckého šlechtění. Šlechtění pšenice je ale vlastně stejně staré jako její pěstování, přestože se v různých periodách nazývá různě. 20. století představovalo převratný pokrok ve šlechtění pšenice, označovaný jako zelená revoluce, který zachránil milióny lidí od hladu. V roce 1970 významný šlechtitel pšenice Norman Borlaug obdržel Nobelovu cenu míru za přínos v boji proti hladu na světě [15].

Pšenice se pěstuje ve většině zemí na všech kontinentech. Pět největších světových producentů pšenice jsou bývalý Sovětský svaz, Čína, USA, Indie a Kanada. Z těchto 5 států, pouze USA a Kanada vypěstují více pšenice, než zkonsumují a vyvázejí ji do ostatních zemí [16].

Cílem šlechtění ozimé a jarní pšenice jsou nové odrůdy s odpovídajícím komplexem vlastností, které respektují požadavky zemědělců, zpracovatelů a spotřebitelů [15].

Pšenici jarní je třeba sít jako první ze všech jařin, jakmile to vlhkostní a teplotní podmínky dovolí. Předčasné zpracování půdy může značně snížit výnos, protože dojde k rozmazání půdní struktury. Na druhou stranu pozdní výsev má vliv na snížení výnosu v desítkách $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ za den podle reakce odrůdy [17].

Pšenice ozimá je ze všech obilovin nejnáročnější na předplodinu, neboť ta podstatně mění půdní prostředí a vlastnosti důležité jak pro růst rostlin, tak pro tvorbu výnosu i jeho kvalitu. Při výběru předplodiny je nutno zohlednit podmínky výrobní oblasti, požadavky odrůd a konečné využití produkce. Nejvhodnější předplodinou ozimé pšenice v našich podmínkách je bezesporu vojtěška, a to díky množství a kvalitě posklizňových zbytků, které zanechává v půdě, i fixaci atmosférického dusíku hlízkovými bakteriemi. Pozvolna se uvolňující dusík z posklizňových zbytků vojtěšky je dobře využíván hlavně v období tvorby zrna [18].

Z pšenice se vyrábí např. pšeničná trhanka, otruby, bulgur, či kuskus. Pšeničná trhanka vzniká šetrným drcením obilných zrn pšenice ozimé, která je nazývána také královnou obilnin. Obsahuje vysoké množství minerálních látek a vitaminů [19].

Pšeničné otruby představují vlákninu v přírodním stavu. Denní dávka 30 g poskytne organizmu 13 g čisté vlákniny. Otruby obsahují vitaminy skupiny B, selen a zinek [20].

Bulgur je hrubě nalámaná pšenice (tzv. lámanka) [19]. Vyrábí se ze směsi několika různých druhů pšenice, nebo pouze z tvrdé pšenice, která byla nejprve předvařena a sušena na slunci. Pomocí síť se zlomky rozřídí podle velikosti na různě hrubé frakce [21, 22]. Na rozdíl od jednoduše drcené pšenice (šrotu), je bulgur již předvařený, což usnadňuje jeho kuchyňské využívání, neboť vyžaduje buď minimální, nebo vůbec žádnou tepelnou úpravu. Často stačí pouhé nabobtnání ve vodě a pak může být ihned smíchán s dalšími surovinami na pokrmy nevyžadující další tepelné zpracování [23]. Bulgur je velmi oblíbený pro svou jednoduchou a rychlou přípravu, oříškovou chuť, lehkou stravitelnost a nutričně příznivé složení (vysoký obsah vlákniny, vitaminů a minerálů a nízký obsah tuku) [19].

Kuskus je výrobek z tvrdé pšeničné krupice, ječmene nebo prosa. V současné době se zpracovává průmyslově jako sušený instantní produkt, i když v některých zemích Afriky je dodnes používán tradiční způsob výroby – pšenice se máčí ve slané vodě a ručně se

prosívá na malá zrnka, která se následně vaří a suší na slunci. Teprve potom dostane kuskus svou konečnou podobu [24]. Kuskus se při přípravě stejně jako bulgur nevaří, ale zalévá vařící vodou nebo vařícím pokrmem. V naší kuchyni se kuskus nejčastěji používá jako alternativa rýže nebo těstovin. Je velice výživný, lehce stravitelný a v případě celozrnné formy obsahuje spoustu cenných látek obsažených právě v obalových vrstvách zrna, zejména vlákninu [19, 25, 26].

1.3.1.1 Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.)

Význam pšenice seté v naší republice vyplývá z jejího dominantního postavení ve struktuře obilnin i ostatních plodin pěstovaných na orné půdě, kde zaujímá cca 30 % plochy. Současný stav pěstování a využívání zrna však této skutečnosti plně neodpovídá. Dochází k meziročnímu kolísání osevních ploch a při výkyvech ročníkových podmínek i v celkovém objemu produkce zrna. Přestože se největší podíl (téměř 60 %) zkrmuje, větší část osevních ploch pšenice je využívána s cílem dosažení potravinářské (pekařské) kvality, která je realizována za vyšší ceny. Potřebný objem pšenice cca 1,2 mil. t (tj. kolem 35 % z celkové produkce) pro mlýnsko-pekárenské zpracování stagnuje a pro nadbytečné objemy pšenice v této kvalitě se pak hledá nepotravinářské využití, např. k výrobě biolihu [6].

Pšenice setá je nejnáročnější obilnina. Má slabě rozvinutý kořenový systém, menší konkurenční schopnost vůči plevelům. Mezi hlavní problémy při jejím pěstování v ekologickém zemědělství patří udržení optimální produkční hustoty porostu, regulace zaplevelení a kvalita (obsah lepku). V osevním postupu se zařazuje po jetelovině, luskovině nebo hnojené okopanině. Vyžaduje slehlou, ale strukturní půdu. Na přelomu září a října (čím výše, tím dříve) se vysévá 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ do obilních řádků. Včasné setí umožní podzimní odnožení, ale vede obvykle k většímu zaplevelení. Plevelé se regulují vláčením před vzejitím nebo po začátku odnožování (2 – 3x). Růst odnoží podpoří jarní časné přihnojení kejdou, močůvkou nebo jemně rozmetaným hnojem (10 t.ha⁻¹). Je vhodné vybrat odrůdy méně odnožující, odolné proti houbovým chorobám (zvláště septorióze). Potravinářská pšenice se sklízí na počátku plné zralosti (kvalita lepku, porůstání) [27].

1.3.1.2 Pšenice tvrdá (*Triticum durum* Desf.)

Pšenice tvrdá má nelámavý klas, s osinami většinou delšími než klas. Její plevy mají téměř shodnou délku s pluchami. Obilka je sklovitá, trojhranná s vpadlým klíčkem, neochmýřená, její lepek je vhodný k výrobě těstovin. V hlavních oblastech jejího pěstování převažují jarní odrůdy, ve střední Evropě se pěstuje i ozimá forma, která má však horší jakost.

S ohledem na požadovanou jakost zrna se vyžaduje včasná sklizeň, a to na počátku žluté zralosti. Prodloužením sklizně a vlivem deštivého počasí v období voskové zralosti se snižuje sklovitost, číslo poklesu i další jakostní ukazatele [18].

Za starověkého předchůdce moderní pšenice tvrdé, který se začal vyskytovat ve stejné době jako tři druhy tetraploidní pšenice určené k mletí, je považován kamut (pšenice khorasan, *Triticum. turgidum* subsp. *turanicum*) [28].

Nakysaný a zakypřený chléb je znám již asi 3500 let, důkazy pocházejí ze starého Egypta. Z Egypta před 3500 roky se bohužel nedochovaly žádné receptury. Základ však přežil: egyptský druh obilí kamut, který by mohl dnes opět získat na významu, neboť zrna obsahuje výrazně více živin, než normální pšenice. Kamut patří k nejstarším druhům obilí a pochází z divoce rostoucí pšenice. Dnes se jedná o kulturní formu tvrdé pšenice. Kamut, pšenice jednozrnka i pšenice dvouzrnka patří k rodu pšenic a tyto plodiny jsou stejně jako měkká pšenice, špalda a tvrdé pšenice samostatným druhem. Zrna kamutu je dvakrát tak velká, než je normální pšeničné zrna [29].

Na rozdíl od jiných druhů obilí neprošel kamut procesem tzv. hybridace či genetických úprav. Díky tomu, že pěstování nebylo dotčeno moderními zemědělskými postupy, zachoval si kamut původní vlastnosti a vysoký obsah živin. Vzhledem k tomu, že je kamut pěstován výhradně v podmínkách certifikovaného ekologického zemědělství, je k dostání vždy v bio kvalitě [30, 31, 32].

Kamut obsahuje až o 40 % více bílkovin a prokazatelně více nenasycených mastných kyselin a minerálů než moderní druhy pšenice. Obsahuje také například o 30 až 35 % více hořčíku a zinku než jiné druhy obilí. Kromě toho má kamut zvláště vysoký obsah stopového prvku selen. Těsta z kamutu lze zpracovávat podobně jako žitná těsta. Svou lahodnou ořechovou chutí je obilí vhodné pro výrobu chleba a těstovin, v nichž se jinak zpracovává pšenice nebo špalda. Z výzkumu, který vypracovala Mezinárodní asociace pro

potravinové alergie (IFAA) vyplývá, že mnozí lidé trpící alergií na pšenici, nevykazují alergii na kamut [29, 30].

Kamut má mnoho kulinářských výhod. Díky své všestrannosti, unikátní chuti a snadné stravitelnosti je ideální na přípravu jakýchkoliv jídel od jednoduchých svačin až po nejnáročnější pokrmy. Chuť produktů vyrobených z kamutu překoná díky vnitřní sladkosti a bohaté chuti ty výrobky, které byly vyrobeny z moderních obilnin [33]. Kamut je produkován zejména v severní Americe a Evropě a dále v některých asijských a afrických zemích [34].

1.3.1.3 Pšenice špalda (*Triticum spelta*)

Je považována za starou kulturní evropskou pšenici. Dosvědčují to archeologické nálezy z doby bronzové z oblasti Švýcarska a Německa, ale i z Polska, Anglie a Skandinávie. V oblastech obývaných Slovany nebyla špalda tak častá jako na území Germánů, kde se udržela v hojné míře až do začátku 20. století. Například ve Württenbersku zaujímala špalda ještě v roce 1860 90 % osevu pšenice a teprve potom byla postupně vytlačena pšenicí setou. Tradičně se pěstuje zejména ve vyšších polohách. V současné době se rozšiřuje její pěstování v zemích západní Evropy, v Německu, Belgii, severní Francii, Švýcarsku, Rakousku a severním Španělsku. Plochy pěstování zde dosahují celkem okolo 30 000 ha, rozšiřuje se i v ekologickém zemědělství [6, 35].

Informace o pěstování špaldy v českých zemích (užíval se pro ni staročeský název samopše) pocházejí z poloviny 18. století. Pěstovala se na Litomyšlsku jako surovina pro výrobu kávoviny. V první polovině dvacátého století však postupně z našich polí zmizela. V současné době plochy pšenice špaldy v ČR zaujímají kolem 1000 ha, zájem o ni v posledních letech souvisí zejména s rozvojem ekologického zemědělství [35].

Hlavní šlechtitelské cíle směřují k odstranění některých nepříznivých vlastností, jako zkrácení délky stébla, zvýšení produktivity klasu a zvýšení odolnosti proti poléhání při zachování vysokého obsahu bílkovin a příznivého složení esenciálních aminokyselin. Špalda obsahuje vysoký podíl vlákniny, bílkovin, nenasycených mastných kyselin, sacharidů, minerálů a vitaminů skupiny B, na druhé straně neobsahuje cholesterol. Pro pěstování pšenice špaldy platí obdobné zásady jako pro pšenici setou, je však skromnější, nenáročnější a odolnější nepříznivým podmínkám, škůdcům a chorobám. Je to plodina vhodná zejména pro systémy hospodaření s nižšími vstupy a pro ekologické zemědělství

[35, 36, 37, 38]. Pšenice špalda má klas lámavý, dlouhý, velmi řídký. Klásky jsou čtyřkvěté, pouze dva kvítky jsou plodné, obilky pevně uzavřené v pluchách. Pěstuje se ozimá i jarní forma [27, 37].

Špaldě jsou připisovány pozitivní účinky na stimulaci imunitního systému. Zároveň je špalda lehce stravitelná a má mnohem nižší toxicitu pro choulostivé jedince, alergické na lepek. Proto ji mohou lidé s alergií na pšenici použít jako náhradu pšenice. Nesmíme ovšem zaměnit alergii na pšenici s celiakií. Špalda není bezlepková a není tedy vhodná k výživě celiatiků [37, 38].

Ze špaldy se vyrábí celozrnná mouka, krupice, či kernotto. Špaldové kernotto jsou kroupy vyrobené broušením obalových vrstev zrn pšenice špaldy. Proto není nutné kernotto před vařením namáčet [39, 40]. Špalda se využívá k výrobě těstovin (Schwaben-spätzle), špaldota (alternativa rizota) a bulguru. Ze špaldy se praží také káva bez obsahu kofeinu, ve Švýcarsku se špalda používá jako sladová přísada do piva, špaldové vločky mohou být základem do müsli. Špalda se konzumuje též ve formě zelených zrn, jako tzv. grünkern. Grünkern je pěstován v poměrně malé oblasti v jižním Německu kolem města Boxberg. Vyrábí se ze špaldových zrn sklizených v tzv. mléčné zralosti, tedy ještě před úplným dozráním. Tato zrna se pak restují nad ohněm z bukového dřeva. Tím se docílí jemně uzené a výjimečně aromatické chuti a vůně. Tato netradiční pochoutka je rovněž známá pod názvem „zelený kaviár“. Používá se podobně jako zrno špaldy. Pokrmům dodává specifickou chuť a aroma [27, 36, 37, 41, 42].

1.3.1.4 Pšenice jednozrnka (*Triticum boeoticum*)

Jednozrnka je starobyrou obilninou. Nejstarší nálezy jsou, podobně jako u dvouzrnky, datovány do období 7 tisíc let př. n. l. Na Balkáně a ve střední Evropě byla rozšířena v neolitu. V severní Evropě byla více rozšířená než dvouzrnka, která převládala ve středních a jižních oblastech kontinentu. Často se vyskytovala jako příměs dvouzrnky. Ve dvacátém století se místy pěstovala na území Španělska, Francie, Švýcarska a Německa, na Balkáně, v Turecku a Maroku [27].

1.3.1.5 Pšenice dvouzrnka (*Triticum dicoccum*)

Nejstarší archeologický nález pšenice dvouzrnky je datován do 7. tisíciletí př. n. l. Je tedy spojována se vznikem a počátky primitivního zemědělství. Její pěstování se šířilo z jihozápadní

Asie do ostatních oblastí. Na území dnešní ČR byla významnou plodinou až do příchodu Slovanů v 6. století př. n. l., kteří zavedli pěstování pšenice seté.

Pěstování dvouzrnky však přetrvalo v extenzi vnějších podmínkách až do současné doby. Ve druhé polovině 20. století se sela v Pyrenejích, v Asturii, v Alpách, na Balkáně, na Kavkazu a Zakavkazí, Iránu, severní Africe, Indii a okolních oblastech. Na území bývalého Československa se zachovalo pěstování dvouzrnky na česko-slovenském pomezí [27].

1.3.2 Ječmen (*Hordeum L.*)

Ječmenářství bylo významnou součástí českého zemědělství již v dobách Rakousko-Uherska a jeho úroveň se udržela i po roce 1918 v novém československém státě. Po celé 20. století ovlivňovaly produkci sladovnického ječmene původní odrůdy vzniklé na bázi hanáckých vysoce jakostních odrůd. V současné době jsou ale na našich polích pěstovány především zahraniční odrůdy. Je to způsobeno, kromě určitého omezení českého šlechtění ječmene, i silným vlivem globalizace, která zasáhla pivovarství a sladařství a následně tedy i ječmenářství. Začleněním České republiky do svazku zemí Evropské unie se nezměnilo nic na faktu, že sladařství i pivovarství zůstává nadále významnou součástí českého potravinářství. Předpokladem úspěchu je ovšem perfektní kvalita suroviny a výrobků, které na domácí i mezinárodní trh budeme dodávat. Dnes rozhoduje pouze a jedině optimální a vyrovnaná standardní kvalita bez výkyvů, neboť jen taková surovina je vhodná pro vysoce sofistikované technologické postupy velkokapacitních sladoven a pivovarů [6].

Genetická úprava ječmene a pšenice začala být běžná na konci 90. let 20. století. Jsou zde snahy nechat si proces genetické úpravy těchto plodin patentovat a je pravděpodobné, že v budoucnu se budou takto geneticky upravené plodiny komerčně využívat [43].

Ječmen jarní se pěstuje pro produkci krup a sladu. Je druhem se slabě vyvinutým kořenovým systémem, slabou schopností příjmu živin, malou konkurenční schopností vůči plevelům a náchylností k houbovým chorobám. Ječmen jarní vyžaduje půdu s lehce a rychle přístupnými živinami. Vhodnou předplodinou jsou okopaniny hnojené hnojem. Půda pro ječmen musí být prokypřená, prohřátá. Ječmen se vysévá na jaře co nejdříve (nesnáší zamokření) do běžných obilních řádků do hloubky 3 – 5 cm výsevkem 3,5 – 4,0 mil. klíčivých zrn. ha^{-1} . Po setí za sucha nebo při vytvoření půdního škraloupu je vhodné přivalit půdu rýhovanými nebo hřebovými válci. Plevely regulujeme vláčením před vzejitím a 1 – 2x po začátku odnožování až

do počátku sloupkování. Sklizeň se provádí v plné zralosti. Při předčasné sklizni hrozí nižší klíčivost, při pozdní sklizni je nebezpečí výdrolu [27].

Zmínky o pěstování ozimého ječmene u nás jsou mnohem pozdějšího období než u jarního ječmene. Kořenový systém je u něj méně vyvinut, z čehož vyplývá nižší schopnost příjmu živin vázaných v sorpčním půdním komplexu a také požadavek vyšších dávek dusíku [44].

1.3.3 Žito (*Secale cereale L.*)

Žito je mladším obilným druhem, než je pšenice, ječmen a oves. Jako samostatná plodina se objevilo přirozeným výběrem z porostů pšenice, kterou zaplevelovalo. Při postupu pšenice na sever do drsnějších, pro ni méně příznivých podmínek žito převládlo, až zůstalo téměř v čisté kultuře. Přirozeným výběrem bylo také dosaženo kratší vegetační doby, zkrácení a zvýšení pevnosti a nelámavosti klasového větene a zvětšení obilek. K uplatnění v horších podmínkách a konkurenceschopnosti proti jiným obilným druhům včetně plevelů jistě přispěl mohutnější kořenový systém. Tak se žito rozšířilo do chladnějších, méně úrodných poloh, které byly zemědělsky osvojovány až v pozdějších dobách než úrodné oblasti v nížinách řek [45].

Žito se často v některých krajích pěstovalo ve směsi s pšenicí jako tzv. sourež. V období 1898 – 1907, kdy podle záznamů obilniny zahrnovaly v českých zemích 64,5 % orné půdy, bylo jejich rozdělení následující: žito 23,8 %, ječmen 16,8 %, oves 15,7 % a pšenice 8,2 %. Ještě v roce 1938 byla produkce žita na území Čech a Moravy větší (1577 tis. tun) než pšenice (1513 tis. tun). Po druhé světové válce nastal výrazný pokles osevních ploch žita, které neobstálo při nástupu intenzivních způsobů pěstování pšenice, ječmene a kukuřice. Ty odsunuly žito do méně úrodných, nepříznivých podhorských, tzv. marginálních oblastí. Tento pokles zesílil ještě v 90. letech a přetrvává až do dnešní doby [6].

Žito patří mezi nejméně náročné obilniny, je mrazuvzdorné, snáší dobře lehké, písčité, kyselé půdy i nepříznivé klimatické podmínky. Je citlivé na přílišnou vlhkost půdy. S rozvojem velkovýrobního zemědělství však jeho význam poklesl, jelikož žito má vyšší sklon k poléhání a porůstání a obtížněji se sklízí. Také pro velkopekárný je technologie pečení žitného chleba náročnější [46].

1.3.4 Tritikale (*Triticosecale Witt.*)

Již v šedesátých letech minulého století se předpokládalo, že jedním z intenzifikačních faktorů po roce 2000 budou nové, člověkem vytvořené druhy kulturních rostlin. To se naplnilo v případě křížence pšenice a žita, tritikale [45].

Tritikale je zatím nejznámější plodinou, kterou vypěstoval člověk, i když k jejímu záměrnému vytvoření otevřela cestu sama příroda spontánním křížencem pšenice a žita, jenž objevil Wilson ve Skotsku v roce 1876. Tento kříženec však byl sterilní. Plodný kříženec byl poprvé získán německým šlechtitelem W. Rimpauem v roce 1888. Zprávu o pšeničnožitném kříženci podal Wittmack v roce 1899. V počátcích uvědomělého šlechtění se mnozí šlechtitelé pokoušeli o získání hybridu pšenice a žita. Vznikala řada kříženců, které byly pokládány za kuriozity. Od té doby nechyběl nějaký kříženec pšenice a žita v žádné šlechtitelské školce a botanické zahradě, ale žádný z nich nemohl v té době konkurovat ve výnosu běžně pěstovaným krajovým a šlechtěným odrudám. A tak stále zůstával nenaplněn sen šlechtitelů spojit vlastnosti dvou chlebových druhů obilí, skromnost a nenáročnost žita s vysokou výnosností a kvalitou pšenice. Ani v první polovině 20. století se tento cíl nevytratil z výzkumných a šlechtitelských programů. V některých zemích se odborníci dále věnovali tvorbě kříženců mezi pšenicí a žitem a jejich zušlechťování [45].

Existuje řada průkopnických prací z dvacátých a třicátých let minulého století, např. v bývalém SSSR v Saratovské výzkumné stanici Mejster a Levitzki vytvořili amfidiploidy včetně prvních cytogenetických studií. Lebeděv vypěstoval první tetraploidní tritikale, Pisarev získal první jarní tritikale sekundárního původu křížením hexaploidního a oktoploidního tritikale. Ve Švédsku se tritikale věnoval Müntzing. V roce 1948 začal v Maďarsku šlechtit tritikale Kiss. Kromě řady jiných odrud vynikla v roce 1979 odruda Bökölo. Zde musíme připomenout velký přínos kanadského šlechtění hexaploidních tritikale (Schebeski) a mezinárodního střediska šlechtění [45].

Tritikale je tolerantní k horším půdně klimatickým podmínkám, k půdě s kyselějším pH, obsahem Al iontů a s menším obsahem mikroelementů. Má menší nároky na hnojení a ochranu proti chorobám a škůdcům, než pšenice [46].

Výroba bioetanolu z obilovin je významnou součástí využití rostlinné produkce k nepotravinářským účelům. V posledních letech se mnoho institucí a organizací v České republice věnuje výběru odrud obilnin k produkci bioetanolu, a to zejména s ohledem na

obsah škrobu a výnos zrna. Jednou z obilovin, která se k výrobě biolihu používá, je právě tritikale [47].

Všeobecně nejvíce ceněnou vlastností tritikale je krmná hodnota zrna. V této oblasti bylo vykonáno mnoho krmivářských pokusů na ověření krmné hodnoty. Obsah bílkovin nemusí být vždy rozhodujícím ukazatelem kvality krmného obilí [48].

1.3.5 Proso (*Panicum miliaceum L.*)

Proso pochází z asijské i evropské části bývalého SSSR, Persie, Turecka, Afgánistánu, Mongolska, Mandžuska a Číny. Z čínských letopisů vyplývá, že se proso pěstovalo před 4 – 5 000 lety. Důkazem může být i to, že proso bylo zahrnuto mezi pět druhů rostlin, které zaséval sám císař Ching Šen Nong (2 700 let př. n. l.) [49].

Kořen prosa je tak jako u ostatních obilnin svazčitý, mělce uložený do šířky. Při klíčení vyrůstá z obilky jen jeden primární kořínek. Jeho funkce se po vytvoření druhotných kořenů ztrácí. Stéblo prosa je v horní části vyplněné dřevem a je poměrně slabé. Výška stébla je 80 – 130 cm. Kolénka jsou viditelně ztlustělá. Z každého kolénka vyrůstá pochva listů. Charakteristickým znakem prosa je poměrně bohaté ochlupení dolní a střední části stébla a listů. Dokonce již první listy jsou silně ochlupeny, což je rozlišovací znak např. beru a čiroku. List se skládá z pochvy, která objímá stéblo, a čepele listu. Květenství prosa může vytvořit 10 až 40 větví, což představuje vysoký produkční potenciál, protože větve mohou stále od spodu přirůstat [49, 50].

Jáhly jsou potravinářskou surovinou vyráběnou loupáním prosa. Vznikají tak žluté kuličky o průměru asi 1 mm. Jsou velmi dobře stravitelné, a proto vhodné pro všechny věkové kategorie i pro dietní stravu při alergiích, poruchách trávení a cévních chorobách. Mají vysokou výživovou hodnotu – obsahují minerální látky (draslík, hořčík, fosfor, měď, železo, zinek), vlákninu a vitaminy skupiny B. Protože proso neobsahuje gluten, je spolu s rýží a kukuřicí vhodnou obilninou pro alternativní stravu kojenců mezi 4. a 6. měsícem věku a pro bezlepkovou dietu [50, 51, 52].

1.3.6 Oves (*Avena sativa L.*)

Oves je jedním z nejmladších obilních druhů. Oblast jeho původu není dosud zcela zřejmá, ale uvádí se Malá Asie. Obilky ovsa mají vysokou nutriční hodnotu danou vysokým

obsahem bílkovin a tuku, převyšující ostatní obilní druhy. Kromě toho se mu již od pradávna přisuzují i léčivé a posilující účinky. Ovesná kaše byla oblíbená u Germánů a velký význam měl oves v armádách Římanů [53].

Oves je nejméně náročná obilnina na živiny, které dobře přijímá z půdy. Snáší kyselou půdu, je však citlivý na nevyváženou bilanci živin. Větší požadavky má na obsah draslíku a hořčíku v půdě. Nároky ovsa na teplo nejsou vysoké, zato nedostatkem vláhy trpí. Proto je významnou obilninou podhorských a horských oblastí [46]. Oves má mohutnou kořenovou soustavu, která umožňuje velmi dobře čerpat živiny. Plně využije pro svou výživu i posklizňové zbytky, organické hnojení nebo např. zaoraný drn. Je vhodnou plodinou pro rekultivaci [54].

Ovesná sláma je nejvíce ceněna pro svoji krmnou hodnotu, která je nejvyšší ze všech běžných obilovin. Zrno slouží zejména ke krmení koní, skotu a drůbeže [55]. Vlákna ovsa má vysoký podíl rozpustné složky včetně β -glukanů. Cení se i vysoký obsah minerálních látek, hořčíku, vápníku, železa, zinku, manganu a dalších. Obsahuje lecitin, niacin, vitamin B₁ (tiamin), vitamin E a antioxidanty. Oves se stává dietní potravinou pro děti, mládež, sportovce, nemocné a staré lidi. Je prokázán vliv ovesné diety na snížení výskytu nádorového onemocnění zažívacího traktu, snížení hladiny cholesterolu v krvi, redukcii glukózy v krvi diabetiků, omezení cévních a srdečních chorob [53]. Z ovsa se vyrábí proteinové izoláty, kroupy, krupice, mouky, plnidla do jogurtů, kulinářské oleje a kosmetické výrobky. Z ovesné mouky nelze připravit chléb a běžné pečivo. Nedovolují to vlastnosti lepku, ale vzhledem k vysokému obsahu antioxidantů je možné ovesnou mouku či vločky přidávat do chleba [53].

1.3.7 Čirok (*Sorghum Moench*)

Zahrnuje řadu jedno i víceletých druhů, převážně rostoucích v subtropických a tropických oblastech. Čirok pochází z afrického kontinentu. Postupně se rozšířil do teplých a suchých oblastí všech kontinentů. Představuje nejvýznamnější obilninu aridních oblastí schopnou růst i v limitních podmínkách, kde se již ostatním plodinám nedaří. Kulturní čiroky se vyznačují velkou ekologicko-geografickou a odrůdovou proměnlivostí [53].

Čirok je mohutná rostlina, připomínající svým charakterem kukuřici. Stéblo dorůstá u moderních odrůd až 2 m výšky. Listy mají zvlněny a ostrý okraj a jsou pokryty slabým voskovým povlakem. Někdy bývají mladé listy se slabým antokyanovým nádechem. Čirok

nesnáší pokles teplot pod 10 °C. Nízké teploty vyvolávají žloutnutí listů a zhoršují opylení květů. Jejich vegetace musí proběhnout v nejteplejším období roku. Nároky na vodu jsou u čiroku nižší [53].

Zrnový čirok se pěstuje hlavně v Africe a Asii na chudých a často erozí ohrožených půdách. Obilky se konzumují rozemleté na mouku nebo krupici. Připravují se z nich kašovitě pokrmy nebo pečivo. Cukrový čirok má význam jako krmná plodina, ale využívá se i v potravinářském průmyslu. Stébla obsahují šťávu až s 18 % převážně nekrystalického hroznového cukru. Vyrábějí se z ní zahuštěné sirupy. Technický čirok se používá na výrobu kartáčů, štětek a košťat. Zrno se, jako vedlejší produkt, zkrmuje [53]. Jako hlavní plodina může čirok, především čirok cukrový, ve vhodných polohách dosáhnout výnosů kukuřice nebo je dokonce předčít. Obzvláště zajímavé je pěstování čiroku tam, kde suché periody v některých letech ohrožují jistotu výnosu kukuřice. Ve srovnání s kukuřicí nastupuje u čiroku stres z rostoucích teplot mnohem později. Kromě toho jsou listy čiroku tolerantní vůči horku – zatímco u kukuřice jsou při dlouhodobém horku a suchu škody nevratné, reagují listy čiroku pouze vadnutím a ztuhlostí způsobenou vysycháním. Po srážkách mohou listy opět zregenerovat [56].

Čirok obsahuje méně oleje, lyzinu a žádný karoten, zato více bílkovin a tryptofanu. Některé odrůdy jsou bohaté na antioxidanty. Kromě toho čirok neobsahuje lepek. Drobná zrna čiroku musí být rozemleta jemněji než kukuřičná zrna, jinak vzniká nebezpečí, že bude část nestrávena a vyloučena [57].

1.3.8 Rýže (*Oryza sariva*)

Rýže je kulturní tráva, která svými plody – obilkami – živí více než polovinu obyvatel zeměkoule. Je to mladší obilnina než ječmen, proso a pšenice. Pravděpodobně vznikla z planého druhu rostoucího na březích řek a v bažinách jihovýchodní Asie. Planá rýže se od kulturní liší tím, že má drobné obilky. Rýže se pěstovala v mladší době kamenné v Číně, odkud se rozšířila na západ do Arábie a Persie. V Egyptě neznali rýži až do středověku. Do Severní Ameriky byla přivezena až v 17. století. Dnešní kulturní formy rýže se rozdělují podle nároků na zavlažování na dva typy: horský a bažinný. Horská rýže se pěstuje v terasových políčkách bez zaplavování až do výše 2700 m nad mořem, ale vyžaduje velké množství srážek. Její pěstování je méně náročné na ruční práci. Má drobné obilky, a proto nízké výnosy. Bažinná rýže se pěstuje v nížinách a deltách řek s vysokou teplotou vody a

vzduchu a s velkým množstvím slunečního svitu. Vyžaduje zavodňování a více manuální práce. Tyto dva typy se dále dělí na skupiny rýží velkozrnných s obilkami delšími než 7 mm, a drobnozrnných s obilkami kratších než 5 mm. Dále rozlišujeme rýži moučnatou a sklovitou. Moučnatá má vysoký obsah škrobu, cukru a dextrinů, při vaření se rozpadává a tvoří mazlavou kaši [55]. Rýže natural je loupaná, ale neleštěná rýže, nezbavená části vlákniny, bohatá na vitaminy a minerální látky. Je to velmi vyvážená obilnina s dobře využitelnými bílkovinami [51].

Rýže neobsahuje lepek, a tak nepředstavuje pro náš zažívací systém metabolickou zátěž a mohou ji konzumovat lidé nemocní celiakií. Rýže je doporučována při nejrůznějších dietetických potížích, alergiích, pro rekonvalescenty a díky svému nízkému obsahu tuku i pro redukční diety. Výborně se také hodí jako první obilnina pro kojence již od 6 měsíců [58].

Nečekaně chladné počasí vede v Jižní Koreji a Číně k drastickým ztrátám na výnosech, podobně jako tomu bylo v prosinci 2009 v indické oblasti Orissa a ve Vietnamu v únoru 2008. Pokud jsou rostliny rýže příliš dlouho vystaveny nízkým teplotám, netvoří fertilní pyl a tudíž ani žádná zrna. Vědeckému týmu Mezinárodního výzkumného institutu rýže (IRRI) na Filipínách se podařilo identifikovat geny pro toleranci vůči chladu. Po cíleném křížení různých odrůd vznikla nová varianta, která může nástup nízkých teplot přečkat bez poškození. Tato nová varianta se již intenzivně testuje v Jižní Koreji a Bangladéši [59].

1.3.9 Kukuřice (*Zea mays*)

Po objevení Ameriky koncem 15. století byla do Evropy přivezena řada kulturních, do té doby neznámých rostlin. Kromě kukuřice to byly např. brambory, tabák a rajče. Kukuřice je po rýži a pšenici nejdůležitější světovou obilninou. Pravděpodobně vznikla z plané, dnes již vyhynulé kukuřice s rozpadavým větvenem, která rostla na planinách Jižní a Střední Ameriky. Postupným křížením vznikla rostlina zvaná teosinta, která dosud divoce roste ve Střední Americe a pěstuje se tam jako pícnina. Tato tráva se podobá kukuřici, liší se od ní jen samičím květenstvím. Nejstarší zbytky kukuřice byly nalezeny v mexických sídlištích starých více než 5500 let. Obilky byly nalezeny v hrobech starých Inků, ve stavbách Mayů a Aztéků. Do Evropy přivezl první zrna kukuřice Kolumbus již ze své první cesty v roce 1493. Počátkem 16. století se kukuřice rozšířila ze Španělska po celém Středomoří [55].

Kukuřice je u nás již delší dobu doporučována pro bezlepkovou dietu a je k dostání v nejrůznějších úpravách. Jsou to například mražená nebo sterilovaná zrna cukrové kukuřice v mléčné zralosti, dále je možno koupit kukuřičnou krupici a mouku, známý je také kukuřičný škrob Maizena, kukuřičné lupínky (corn flakes), pražená kukuřice (pukancová, pop-corn), křehký chléb, křupky, instantní mouka, hotová ztuhlá kaše (polenta) atd. Kukuřice není tak dokonale vyváženou obilovinou, jako ostatní zde uvedené. Obsahuje však navíc provitamin A a čerstvá i vitamin C. Ve srovnání s rýží, jáhly a pohankou má nejvyšší obsah vlákniny [51]. Díky vysokému obsahu vitamínu B₁ a manganu je vynikajícím přírodním uklidňujícím prostředkem, který zároveň posiluje schopnost soustředění a mentální výkonnost. Dále kukuřice obsahuje hodně železa (pro krvetvorbu), hořčíku (pro činnost svalů a srdce), zinku (pro zdravou pokožku a vlasy) a selenu (pro dobrou imunitu) [60].

Kukuřice je jednoletá rostlina s mohutným kořenovým systémem. Nejvíce kořenů je rozprostřeno v hloubce do 20 cm. Kořeny se rozrůstají nejdříve do šířky až do vzdálenosti 60 až 80 cm a později do hloubky 50 až 100 cm. Kukuřice proto vzdoruje poměrně dobře suchu. Podíl kořenů na hmotnosti celé rostliny činí v době květu asi 30 %. Stéblo je válcovité, hladké, lysé a vyplněné dřevem, proto je pevné. Je rozděleno kolénky na stébelné články. Z každého kolénka na stéble vyrůstají střídavé listy. Čepel listů je široká, čárkovitě kopinatá na okraji mírně zvlněná. Listy jsou na líci jemně obrvené, na rubu hladké. Samčí květenství je na vrcholu rostliny, samičí květenství, klas, je umístěn ve střední části stébla. Kukuřice je rostlina cizoprašná – opyluje se cizím pylem přenášeným větrem. Obilka mívá různý tvar a barvu podle odrůdy. Obilky kukuřice mají poměrně malý klíček s jedním kořínkem [55].

1.3.10 Pseudocereálie

Andská oblast jako geneticky významné centrum skýtá velkou různorodost rostlinných druhů v různých stádiích domestikace. Některé z těchto pěstovaných druhů hrají důležitou roli ve světové výživě, např. brambory. Bohužel, většina z těchto cenných rostlin je málo známá nejen ve světě, ale i v oblastech původu, a proto jsou málo využívány. V poslední době je andským plodinám (okopaninám a pseudoobilovinám) věnována velká pozornost díky jejich produkčnímu potenciálu i v nepříznivých podmínkách, jejich využití v

zemědělských soustavách a jejich cenným nutričním vlastnostem jako dietetickým zdrojům [61].

Pseudocereálie jsou oproti obilovinám výrazně lepší z hlediska kvalitativního složení bílkovin. Obsahují až 2 – 3x více lyzinu než pšenice setá. Tuky pseudocereálií mají poněkud vyšší obsah nenasycených mastných kyselin, především kyseliny olejové. Vzhledem k vyššímu obsahu účinných látek se využívají pseudocereálie pro přípravu specifických diet při celiakii, ateroskleróze, cukrovce aj., jako funkční potraviny či součást cereálních výrobků [62].

Do této skupiny plodin jsou řazeny dvouděložné rostliny z botanicky odlišných čeledí, jako pohanka z čeledi *Polygonaceae*, merlík čilský, neboli quinoa z čeledi *Chenopodiaceae* a laskavec, či amarant (*Amaranthus ssp.*) z čeledi *Amaranthaceae* [62, 63].

1.3.10.1 Pohanka (*Fagopyrum vulgare* L.)

Pohanka je dvouděložná rostlina z čeledi rdesnovitých, ale má podobně moučná zrna jako obilí. Byla oblíbená u všech Slovanů, podobně jako proso, ale dnes je pro nás, stejně jako proso, chuťově nezvyklá. Je ceněna zejména pro vysoký obsah lehce stravitelných bílkovin, příznivé složení tuků (vysoký obsah kyseliny linolenové a linolové) a vysoký obsah alkaloidu rutinu, který zvyšuje pružnost cévních a žilných stěn, snižuje hladinu cholesterolu v krvi, rozšiřuje cévy. K vaření se používají oloupané pohankové nažky, částečně rozdrcené vyloupané nažky, krupice a mouka. Plevy pohanky jsou bohaté na železo. Přidávají se do krmiva pro zvířata nebo se z nich vaří léčivý čaj, podobně jako i z natě a květu pohanky. Mladou nat' pohanky přidáváme do polévek podobně jako jiné nat'ové koření [51, 64, 65].

1.3.10.2 Quinoa (*Quinoa ssp.*)

Quinoa je dvouděložná rostlina z čeledi merlíkovitých. Quinoa se sklízí v období zralosti semen, kdy rostlina je ještě napůl zelená. Při postupné ruční sklizni se pomocí srpů oddělují nadzemní části rostliny ve výšce, kde se začíná větvit. Následuje dosoušení na slunci, jehož délka je v závislosti na vlhkosti vegetativních orgánů, teplotě, vzdušné vlhkosti a intenzitě slunečního záření 15 až 18 dní. Vyčištění semen od obalů, zbytků stonku, hlíny a případných jiných nečistot probíhá při prohazování ve větru. Semena quinoj se vaří a připravuje se z nich mnoho druhů polévek, placek, sladkých výživných

kaší a nápojů, kvašený alkoholický nápoj „chicha“ a mnoho dalších. Pražená semena se melou a po přidání třtinového cukru či melasy se získá tradiční pokrm „machca“. Zelené listy quinoj a mladé nadzemní části rostlin se zpracovávají na rozličné oblíbené saláty, ať již ve formě syrové, spařené či vařené. Takto se zpracovávají především listy typu „pandrak“. Listy se také zkrmuji a může se jich využívat i jako hnojiva [61, 66, 67].

1.3.10.3 Amarant (*Amaranthus ssp.*)

Amarant pěstovali staří Aztékové, Inkové a Mayové jako svou základní potravinu, kterou nazývali „svatým zrnem“ a používali ji přírodní léčitelé i při svých rituálních obřadech. Nejvzácnější pro ně bylo zrno, které se dalo skladovat celoročně. Amarant je svými vlastnostmi důležitý jako prevence pro všechny věkové kategorie. Zvláštní význam má pro malé děti (lyzin podporuje tvorbu mozkových buněk) a pro sportovce (minerály, vitaminy, nenasycené mastné kyseliny a kvalitní bílkovina podporují růst svalové hmoty). U starší generace podporuje regeneraci buněk a významně ovlivňuje látkovou výměnu. Teprve před několika lety byl amarant znovu objeven jako obilí pro běžnou potřebu a od té doby je podporován širokou veřejností [68, 69].

Dosud bylo v přírodě zachováno dle botanické klasifikace šedesát druhů rostlin rodu *Amarantus*. Většinou roste planě a jen několik málo druhů je pěstováno pro sklizeň. Jde o rostliny, které se podobají klasickým užitkovým trávám (cereáliím), ale zároveň mají i řadu odlišností. Užitek z hlediska potravy poskytují dvojí. Nejen svými semeny (zrny), ale zároveň i chutným jedlým podílem zeleniny jejich listové části. Jsou celoroční, rychle rostoucí, vyžadují přímý sluneční svit, jsou nenáročné na kvalitu půdy a odolné vůči suchu. Tvar zrna je čočkovitý. Sklizeň zrna je možná podle klimatu až třikrát ročně [61].

2 STRAVITELNOST

Pro stanovení nutriční hodnoty každé potraviny je nutné kromě jednotlivých nutričních faktorů zjistit také jejich využitelnost lidským organismem neboli stravitelnost. Stravitelnost je dána množstvím živiny, které bylo absorbováno zažívacím ústrojím [70].

2.1 Trávicí soustava

Trávicí soustava (gastrointestinální trakt, GIT) se účastní přeměny látek (metabolizmu):

- a) trávením, tj. mechanickým a chemickým zpracováním potravin;
- b) vstřebáváním, tj. převáděním jednoduchých látek vzniklých trávením do vnitřního prostředí organismu. Vstřebané látky využije organismus jako zdroj energie a také jako stavební látky;
- c) odstraňováním nestravitelných odpadních látek z organismu.

Sliny obsahují 99 % vody, 0,7 % organických a 0,3 % anorganických látek. Obsahují slinnou *amylázu*, *mucin* a *lysozym*. Existují velké slinné žlázy příušní, podčelistní a podjazykové. Jazyk obrací a posouvá potravu. Jícen navazuje na žaludek česlem. Žaludek je vystlán sliznicí. Kyselina chlorovodíková vytváří v žaludku kyselé prostředí, brání rozkladu některých vitaminů (B₁, B₂, C) a přeměňuje nerozpustné minerální látky na soli rozpustné ve vodě. Tenké střevo je tvořeno výběžky, tzv. klky. Do dvanáctníku se otvírá vývod žlučový a vývod slinivky břišní. Mezi klky jsou střevní žlázy, produkující slabě zásaditou střevní šťávu. Šťáva obsahuje enzymy *peptidázy*, *lipázy* a *amylázy*. Slinivka břišní je smíšenou žlázou. Součástí pankreatické šťávy jsou *trypsin*, *lipázy* a *amylázy*. Mezi žláзовými trubičkami jsou vtroušeny shluky drobných buněk – Langerhansovy ostrůvky, vyměšující do krve hormon inzulin. Játra vylučují žluč, která odtéká do žlučovodu. Sliznice tlustého střeva není zřasena klky. Obsahuje četné žláзовé buňky produkující hlen, který usnadňuje klouzání houstnouceho obsahu střevního. Pro podněcování pohybů střev a správné vyprazdňování tlustého střeva je důležitá vláknina v potravě. Výkaly se hromadí v esovité kličce a v konečníku [71, 72].

2.2 Trávení základních živin

2.2.1 Trávení sacharidů

Trávení škrobu začíná v ústech, účinkem slinné α -amylázy zvané *ptyalin*. Po přestupu tráveniny do žaludku je enzymatická aktivita *amylázy* inaktivována nízkým pH žaludeční šťávy. Trávení škrobu pokračuje v tenkém střevě, kde je polysacharid tráven pankreatickou α -amylázou. Obě *amylázy* (slinná i pankreatická) štěpí škrob na maltózu a α -dextrin. Maltóza se skládá ze dvou molekul glukózy, α -dextrin je oligosacharid tvořený několika molekulami glukózy. Disacharidy z potravy a výše jmenované meziprodukty trávení škrobu jsou tráveny enzymy, které se nacházejí v kartáčovém lemu enterocytů. Disacharidy jsou rozkládány střevními enzymy *laktázou*, *sacharázou* a *maltázou*, α -dextrin je štěpen *α -dextrinázou*. *Laktáza* štěpí laktózu na glukózu a galaktózu. Je významně zastoupena u novorozenců, v dospělém věku tvoří průměrně okolo 10 %. V naší populaci se vyskytuje asi v 10 – 30 % deficit *laktázy* (v některých oblastech Afriky je deficit tohoto enzymu téměř 100 %). Při deficitu *laktázy* se voda váže na nerozštěpenou laktózu a způsobí průjem a nadýmání. *Sacharáza* štěpí sacharózu na glukózu a fruktózu, *maltáza* rozkládá maltózu na dvě molekuly glukózy, *α -dextrináza* štěpí α -dextrin na jednotlivé molekuly glukózy [73, 74, 75].

2.2.2 Trávení bílkovin

Bílkoviny (zejména jejich základní jednotky aminokyseliny) jsou nepostradatelným základním kamenem organizace a struktury organismu. Trávení bílkovin začíná v žaludku. Kyselina chlorovodíková aktivuje *pepsinogen* na aktivní *pepsin*. Ten při nízkém pH štěpí peptidové vazby bílkovin [76]. V období mléčné výživy je v žaludeční šťávě místo *pepsinu* přítomen enzym *rennin* (*chymozin*), který způsobuje srážení mléka. Trávení bílkovin pokračuje v tenkém střevě činností pankreatických enzymů *trypsinu*, *chymotrypsinu* a *karboxypeptidázy*. Pankreatické enzymy jsou produkovány v neaktivní formě jako *trypsinogen*, *chymotrypsinogen* a *prokarboxypeptidáza*. Jejich aktivace probíhá v tenkém střevě. Všechny proteolytické enzymy s výjimkou *karboxypeptidázy* jsou *endopeptidázy*, které štěpí peptidové vazby uvnitř bílkovinné molekuly. Produktem jejich trávicí činnosti jsou oligopeptidy o několika aminokyselinách. *Karboxypeptidáza* je *exopeptidáza*, která odštěpuje jednotlivé aminokyseliny z konce bílkovinného řetězce. V kartáčovém lemu a v

cytoplazmě enterocytů jsou přítomny střevní *peptidázy* a *aminopeptidázy*, které dokončují trávení bílkovin rozštěpením oligopeptidů na jednotlivé aminokyseliny [73, 75].

2.2.3 Trávení lipidů

V běžné stravě jsou nejvíce zastoupeny triacylglyceroly (neutrální tuky), méně pak fosfolipidy a cholesterol. Triacylglyceroly jsou enzymaticky štěpeny již v dutině ústní (slinnou *lipázou*), hlavně však ve dvanáctníku pankreatickou a střevní *lipázou*. Mléčná *lipáza* má význam pouze u kojenců. Pro působení pankreatické *lipázy* je nezbytná předchozí emulgace tuků. Na emulgaci se podílejí hlavně soli žlučových kyselin a lecitin, jejichž zdrojem je žluč. Hlavním smyslem emulgace je zvětšit plochu tukových kapének, na které se enzym může uplatnit. Optimální lipolytický účinek pankreatické *lipázy* se projeví pouze v přítomnosti koenzymu *kolipázy*. Tato látka brání inhibičnímu účinku, který mají žlučové kyseliny na enzymatický účinek *lipázy*. *Kolipáza* je secernována do pankreatické šťávy v neaktivní formě jako *prokolipáza*, aktivuje se v tenkém střevě pomocí *trypsinu*. Konečnými produkty trávení triacylglycerolů jsou volné mastné kyseliny, glycerol, mono- a diacylglyceroly. Cholesterol je v potravě přítomen většinou ve formě esterů. Estery cholesterolu jsou štěpeny pankreatickou *cholesterolesterázou* na cholesterol a volné mastné kyseliny. Fosfolipidy jsou tráveny pankreatickou *fosfolipázou* na lyzofosfolipidy a mastné kyseliny [73, 74].

2.3 Stanovení stravitelnosti

Vzhledem k široké škále nutričně významných látek není jednoduché stanovit jednotnou metodu pro zjišťování stravitelnosti. Stravitelnost lze stanovit jak metodami *in vivo*, tak i *in vitro*. Metodou *in vivo* je na pokusných objektech stanoveno množství spotřebovaného dusíku ve vztahu k přijatému a vyloučenému dusíku organismem. Metody *in vitro* jsou založeny na simulování podmínek *in vivo* v laboratorních podmínkách, kdy je stanoveno množství dusíku před a po působení proteolytických enzymů [70].

Metody *in vivo* jsou bilanční pokusy, které se rozdělují podle přípravné periody a hlavní bilanční periody. Rozlišujeme klasickou metodu, indikátorovou metodu, diferenční metodu a substituční metodu. U klasické metody se sledují kvantitativně krmiva, dále příjem jednotlivých živin, obsah živin nedožerků, kvantitativně se shromažďují výkaly a provádí se chemické analýzy obsahu živin. U indikátorové metody se stanovuje stravitelnost živin,

pozorují se změny indikátoru v živině a v krmivu a také poměr indikátoru k živině ve výkalech. Indikátory jsou přirozené složky krmiva a nebo exoindikátory. Metody *in vitro* zahrnují inkubace vzorků v přístroji v laboratoři za stálé teploty a prostředí [77].

PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo zpracovat literární rešerši týkající se jednotlivých druhů obilovin a dále stravitelnosti.

Cílem praktické části práce bylo stanovit stravitelnost ve vybraných druzích netradičních cereálií metodou *in vitro*, s použitím inkubátoru Daisy po enzymové hydrolýze *pankreatinem* a srovnat ji se stravitelností tradičních druhů.

4 METODIKA

4.1 Charakteristika a příprava vzorků

V práci bylo použito celkem pět druhů cereálií: pšenice ozimá, špalda loupaná, kamut, špaldové kernotto a grünkern. Vzorky byly zakoupeny přímo u výrobce prakticky ihned po zabalení do spotřebitelského obalu. Jednalo se o cereálie výrokové řady BIOHARMONIE od výrobce PRO-BIO s.r.o. Charakteristika vzorků je uvedena v tabulce (Tab. 1.)

Vzorky obilovin byly před vlastní analýzou mlety pomocí kuchyňského mixéru na co nejjemnější částice cca po dobu pěti minut.

Analýzy byly provedeny nejen u syrového pomletého zrna, ale také po tepelné úpravě ve vroucí vodě (45 – 60 minut, dle pokynů na obalu).

Tab. 1. Charakteristika analyzovaných vzorků cereálií

Cereálie	Hmotnost balení (g)	Země původu
Pšenice ozimá	1000	ČR
Špalda loupaná	1000	Slovensko
Kamut	500	Kanada
Špaldové kernotto	500	ČR
Grünkern	300	Rakousko

4.2 Použité chemikálie, přístroje a pomůcky

4.2.1 Chemikálie

- aceton p.a. (Ing. Petr Lukeš)
- enzym *pankreatin* (Merk KgaA)
- KH_2PO_4 p.a. (Ing. Petr Lukeš)
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (Lachema)

4.2.2 Přístroje a pomůcky

- běžné laboratorní pomůcky a laboratorní sklo
- kuchyňský mixér MR 6560 MCA (Braun)
- analytické váhy Explorer Pro model EP 214 CM (Ohaus)
- sušárna Venticell (BMT)
- Daisy inkubátor (ANKOM Technology)
- elektrická muflová pec 018 LP (Elektrické pece Svoboda)
- filtrační sáčky F 57 (ANKOM Technology)
- předvážky KB 600-2 (Kern)
- impulsní svářečka pro uzavírání sáčků (Penta)

4.3 Stanovení vlhkosti a popele

4.3.1 Stanovení vlhkosti

Vlhkost byla stanovena modifikovanou metodou uvedenou v ČSN EN ISO 712 [78].

Do vysušené předem zvážené hliníkové misky s víčkem byl navážen pomletý vzorek o hmotnosti 5 g, který byl zvážen na analytických vahách s přesností 0,0001 g. Následně byla hliníková miska vložena do sušárny předeřáté na teplotu 105 ± 2 °C. Vzorek byl sušen do konstantního úbytku hmotnosti. Po vysušení byla miska tímto víčkem uzavřena a vložena do exsikátoru. Po vychladnutí byla miska opět zvážena.

Obsah vlhkosti a sušiny byl vypočten podle vztahů (1.1) a (1.2):

$$V = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (1.1)$$

$$S = 100 - V \quad (1.2)$$

kde V.....obsah vlhkosti (%)

S.....obsah sušiny (%)

m_1hmotnost misky se vzorkem po vysušení při 105 °C (g)

m_2hmotnost prázdné vysušené misky (g)

mhmotnost navážky vzorku (g)

4.3.2 Stanovení popele

Popel byl stanoven podle metody uvedené v ČSN ISO 2171 [79].

Do vyžíhaného předem zváženého porcelánového kelímku byl navážen pomletý vzorek o hmotnosti 1 g, který byl zvážen na analytických vahách s přesností 0,0001g. Poté následovalo vložení porcelánového kelímku do muflové pece, kde se vzorek spaloval 5 hodin při teplotě 550 ± 10 °C. Po spálení byl kelímek vyjmut na azbestovou podložku a následně vložen do exsikátoru. Po vychladnutí byl porcelánový kelímek opět zvážen.

Obsah popela byl vypočten podle vztahu (1.3):

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (1.3)$$

kde P.....obsah popela (%)

m_1hmotnost žíhacího kelímku se vzorkem po spálení při 550 °C (g)

m_2hmotnost prázdného vyžíhaného kelímku (g)

mhmotnost navážky vzorku (g)

4.4 Stanovení stravitelnosti

Stravitelnost byla stanovena metodou *in vitro* s použitím inkubátoru Daisy po enzymové hydrolýze *pankreatinem*. *Pankreatin* je směs enzymů *proteázy*, *α -glykosidázy (amylázy)* a *triglycerolhydrolázy (lipázy)* [70].

Do zvážených filtračních sáčků vypraných v acetonu (m_1) bylo naváženo 0,25 g pomletého vzorku (m_2). Sáčky se vzorky byly poté zataveny a spolu s prázdným zataveným sáčkem, který sloužil pro výpočet korekce, byly umístěny do inkubačních lahví s fosfátovým pufrům. Fosfátový pufr byl připraven smícháním KH_2PO_4 (9,078 g.l⁻¹) a $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$

(11,876 g.l⁻¹) v poměru 2:8. Do inkubační lahve bylo přidáno 1700 ml fosfátového pufru, pH bylo upraveno na 7,45 a láhev byla vytemperována na teplotu 40 °C. Do lahve byly přidány 3 g *pankreatinu* a zatavené sáčky. Láhev byla vložena do inkubátoru Daisy a inkubována po dobu 24 hodin. Po ukončení inkubace byla lahev vložena na 30 min do sušárny vyhřáté na 50 °C a poté byly sáčky několikanásobně propláchnuty destilovanou vodou. Tak byl ze vzorků odstraněn zmazovatěly škrob. Sáčky byly sušeny v laboratorní sušárně při 105 °C po dobu 24 hodin, umístěny do exsikátoru a zváženy (m_3). Poté byly spáleny v muflové peci při 550 °C po dobu 5 hodin a po zchladnutí zváženy (m_4) [70].

Stravitelnost sušiny (DMD) byla vypočítána podle vzorců (1.4) až (1.6):

$$DMD = 100 - \frac{100 * DMR}{m_2 * DM} \quad (1.4)$$

$$DMR = m_3 - m_1c_1 \quad (1.5)$$

$$DM = \frac{S * m_s}{100} \quad (1.6)$$

Stravitelnost organické hmoty (OMD) byla vypočítána podle vzorců (1.7) až (1.9):

$$OMD = 100 - \frac{100 * (DMR - AR)}{m_2 * DM * OM} \quad (1.7)$$

$$AR = m_4 - m_1c_2 \quad (1.8)$$

$$OM = \frac{S - P}{100} \quad (1.9)$$

kde DMD.....stravitelnost sušiny vzorku (%)

OMD.....stravitelnost organické hmoty vzorku (%)

DMR.....hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení (g)

DM.....obsah sušiny ve vzorku (g)

OM.....obsah organické hmoty v sušině vzorku (g)

AR.....hmotnost popela vzorku bez sáčku (g)

m_1hmotnost prázdného sáčku (g)

m_2navážka vzorku (g)

m_3hmotnost vzorku a sáčku po inkubaci a vysušení (g)

m_4hmotnost vzorku a sáčku po inkubaci a spálení (g)

c_1korekce hmotnosti sáčku po inkubaci (g)

c_2korekce hmotnosti sáčku po spálení (g)

m_shmotnost vzorku na stanovení sušiny (g).

Korekce byly vypočteny podle vzorců (1.10) a (1.11):

$$c_1 = \frac{m_3}{m_1} \quad (1.10)$$

$$c_2 = \frac{m_4}{m_1} \quad (1.11)$$

kde m_3hmotnost prázdného vysušeného sáčku po inkubaci (g)

m_4hmotnost popele prázdného sáčku (g).

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výsledky stanovení vlhkosti a popele

Stanovení vlhkosti, sušiny a popele u syrových a vařených cereálií byly provedeny podle metod, které jsou uvedeny v kapitole 4.3.1 a 4.3.2. Výsledné hodnoty jsou v procentech se směrodatnou odchylkou součástí tabulky (Tab. 2.).

Tab. 2. Výsledky stanovení vlhkosti, sušiny a popele u syrových a vařených cereálií

Cereálie	Syrové cereálie			Vařené cereálie		
	Vlhkost (%)	Sušina (%)	Popel (%)	Vlhkost (%)	Sušina (%)	Popel (%)
Pšenice ozimá	12,83 ± 0,04	87,17 ± 0,04	1,66 ± 0,01	60,88 ± 0,12	39,12 ± 0,12	0,67 ± 0,01
Špalda loupaná	12,45 ± 0,27	87,55 ± 0,27	1,84 ± 0,05	67,05 ± 0,03	32,95 ± 0,03	0,61 ± 0,00
Kamut	10,42 ± 0,25	89,58 ± 0,25	1,90 ± 0,01	58,54 ± 0,14	41,46 ± 0,14	0,85 ± 0,00
Špaldové kernotto	12,26 ± 0,00	87,74 ± 0,00	1,67 ± 0,01	73,35 ± 0,37	26,65 ± 0,37	0,40 ± 0,00
Grünkern	9,54 ± 0,06	90,46 ± 0,06	2,08 ± 0,00	64,62 ± 0,12	35,38 ± 0,12	0,61 ± 0,00

Pozn.: výsledky jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka (SD)

Vlhkost je u obilovin velmi důležitým faktorem, protože obiloviny se uskladňují v silech a větší vlhkost by mohla způsobit hnití nebo jiné mikrobiologické změny. Obsah vlhkosti u syrových cereálií byl v rozmezí 9,54 % až 12,83 %. Nejvyšší obsah vlhkosti byl stanoven v zrně pšenice ozimé. Naopak nejnižší vlhkost byla zjištěna u grünkernu, což bylo pravděpodobně způsobeno speciální výrobou této obiloviny. Grünkern se totiž upravuje pražením nad ohněm z bukového dřeva. Podle přílohy č. 2 k vyhlášce č. 268/2006 Sb., ve které jsou uvedeny požadavky na smyslovou, fyzikální a chemickou jakost mouk ze všech

druhů obilovin, je maximální přípustná hodnota vlhkosti 15 % [80]. Lze konstatovat, že obsah vlhkosti ve všech vzorcích tento požadavek splňoval.

Obsah sušiny vypočítaný z vlhkosti byl u nevařených cereálií v rozmezí od 87,17 – 90,46 %. Nejvyšší obsah byl stanoven u grünkernu a nejnižší u pšenice ozimé, což odpovídá analyzovanému obsahu vlhkosti.

Hodnoty obsahu popela byly v rozmezí od 1,66 % až po 2,08 %. Nejvyšší hodnota byla u grünkernu a nejnižší u pšenice ozimé. Obsah popela je závislý na vymletí. Čím více bylo zrno vymleto, tím větší byl obsah popele.

Obsah vlhkosti u vařených cereálií byl v rozmezí 58,54 % až po 73,35 %. Vysoká vlhkost byla samozřejmě způsobena vařením cereálií, kdy došlo k zvětšování objemu zrna, neboť zrna pojímala vodu. Hodnota sušiny byla zjištěna v rozmezích od 26,65 % – 41,46 %. Nejvyšší obsah měl kamut a nejnižší špaldové kernotto. Obsah popela se pohyboval v rozmezí od 0,40 % u špaldového kernotta až po 0,85 % u kamutu.

5.2 Výsledky stanovení stravitelnosti

Stanovení stravitelnosti bylo provedeno podle metody, která je uvedena v kapitole 4.4. Výsledné hodnoty jsou v procentech se směrodatnou odchylkou v tabulce (Tab.3.).

Stravitelnost sušiny syrových cereálií (DMD) se pohybovala v rozmezí od 64,02 % u grünkernu až po 81,94 % u kamutu. Hodnoty stravitelnosti organické hmoty (OMD) byly ve všech případech vyšší než hodnoty DMD, průměrně o 2 – 3 %. Vysokou hodnotu stravitelnosti u špaldového kernotta (81,22 %) lze vysvětlit nízkým obsahem vlákniny způsobené odstraněním obalových vrstev zrna (pluch).

Stravitelnost sušiny vařených cereálií byla průměrně o 7 % vyšší než DMD obilovin syrových, což bylo samozřejmě způsobeno jejich tepelnou úpravou. Nejvyšší stravitelnost vykazovalo špaldové kernotto (98,59 %), naopak nejnižší stravitelnost pak opět grünkern (91,83 %). Stravitelnost organické hmoty byla u všech analyzovaných obilovin stejně jako v případě syrových cereálií vyšší než stravitelnost sušiny, průměrně o 3 %.

Srovnáme-li stravitelnost prastarého druhu pšenice, tedy kamutu, se stravitelností běžné pšenice ozimé, je možné říci, že stravitelnost kamutu je téměř o 10 % vyšší než

stravitelnost ozimé pšenice. Podobný výsledek byl získán také srovnáním stravitelnosti špaldy loupané a špaldového kernotta – kernotto vykazovalo téměř o 5 % vyšší stravitelnost než běžná špalda. Jiná situace nastala u zrna grünkernu, jehož stravitelnost byla oproti loupané špaldě o více než 12 % nižší.

Tab. 3. Výsledky stravitelnosti sušiny a organické hmoty

Cereálie	Syrové cereálie		Vařené cereálie	
	DMD (%)	OMD (%)	DMD (%)	OMD (%)
Pšenice ozimá	72,11 ± 0,50	75,59 ± 0,43	93,56 ± 0,41	96,54 ± 0,22
Špalda loupaná	76,71 ± 0,32	79,29 ± 0,34	95,45 ± 0,28	97,38 ± 0,10
Kamut	81,94 ± 0,22	83,54 ± 0,20	97,52 ± 0,09	98,00 ± 0,08
Špaldové kernotto	81,22 ± 0,30	83,53 ± 0,26	98,59 ± 0,05	98,89 ± 0,04
Grünkern	64,02 ± 0,10	67,21 ± 0,08	91,83 ± 0,37	96,22 ± 0,12

Pozn.: výsledky jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka (SD)

Stravitelnost je ovlivněna mnoha faktory, zejména použitou metodou, enzymem a dobou hydrolýzy. V našem případě byla použita metoda navržená Mišurcovou [60], která využívá *pankreatin* a dobu hydrolýzy 24 hodin. Navážka *pankreatinu* byla zvolena na základě výsledků práce Machaly [81], který testoval různé navážky a 3 g byly shledány jako optimální. Kromě *pankreatinu*, který je směsí *amylázy*, *lipázy* a *proteázy*, a jeho použití tedy simuluje pouze střevo, by bylo možné použití směs *pankreatinu* a *pepsinu* za účelem simulace trávení v nejen ve střevě, ale i v žaludku. Stravitelnost zjištěná po hydrolýze kombinací těchto dvou enzymů by pravděpodobně byla vyšší než stravitelnost analyzovaná pouze za pomoci *pankreatinu*. Kromě toho by bylo vhodné zjistit stravitelnost po jiné době hydrolýzy. Tato problematika bude předmětem dalšího výzkumu.

ZÁVĚR

Cereálie jsou nepostradatelným zdrojem vitaminů, minerálních látek, lipidů, vlákniny a sacharidů. V dnešní době lidé více myslí na své zdraví, a proto kromě běžných druhů obilovin vyhledávají i některé netradiční druhy, jako například kamut (prastarý egyptský druh pšenice), grünkern (získaný restováním pšenice špaldy nad ohněm z bukového dřeva), či špaldové kernotto (vyráběné odstraněním obalových vrstev zrna špaldy).

Cílem této práce bylo stanovit stravitelnost ve vybraných druzích netradičních cereálií a srovnat ji se stravitelností tradičních druhů. Stravitelnost byla stanovena metodou *in vitro* pomocí inkubátoru Daisy po enzymatické hydrolýze *pankreatinem*.

Ze získaných výsledků vyplývá, že hodnoty stravitelnosti organické hmoty byly ve všech případech vyšší než stravitelnost sušiny a že stravitelnost vařených cereálií byla vyšší než stravitelnost obilovin syrových. Nejvyšší hodnota stravitelnosti byla zjištěna u kamutu a špaldového kernotta, naopak nejnižší u grünkernu. Lze konstatovat, že netradiční druhy cereálií kamut a kernotto jsou lépe stravitelné než příslušné tradiční druhy pšenice a špaldy, což nelze říci o grünkernu, jehož stravitelnost byla ve srovnání se špaldou podstatně nižší.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANONYM. *Obilniny a cereálie*. [online]. [cit. 2010-5-17]. Dostupné z:
< <http://www.peruanskebyliny.cz/solia/eshop/17-1-OBILNINY-CEREALIE>>
- [2] KENT, N., EVERS, A. *Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture*. Tarrytown: Woodhead Publishing, 1994. 334 s. ISBN 978-00-80-408-34-7
- [3] ANONYM. *Cereálie*. [online]. [cit. 2010-5-17]. Dostupné z:
< <http://www.hubnuti.org/encyklopedie/cerealie/>>
- [4] CAMPBELL, G., WEBB, C. *Cereals: novel uses and processes*. New York: Springer, 1997. 289 s. ISBN 978-03-06-455-83-4
- [5] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Zlín: UTB Zlín, 2008. 179 s. ISBN 978-80-7318-372-1
- [6] PRUGAR, J. a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: ČAZV, 2008. 327 s. ISBN 978-80-8657-628-2
- [7] MATĚJOVSKÝ, K. *Přehled pekařství I*. Praha: ROH, 1955. 149 s.
- [8] BLÁHA, L., KOPOVÁ, I., ŠREK, F. *Suroviny pro učební obor Cukrář*. Praha: Informatorium, 2007. 257 s. ISBN 978-80-7333-000-2
- [9] PRUGAR, J., HRAŠKA, Š. *Kvalita pšenice*. Bratislava: Příroda, 1986. 223 s.
- [10] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin*. Praha: SNTL, 1983. 629 s.
- [11] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D. *Potravinářská biochemie I*. Zlín: UTB Zlín, 2008. 169 s. ISBN 978-80-7318-295-3
- [12] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin I*. Havlíčkův Brod: OSSIS, 2009. 580 s. ISBN 978-80-8665-915-2
- [13] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. Praha: VŠCHT, 2004. 202 s. ISBN 80-7080-530-7

- [14] ANONYM. *Bezlepkové obiloviny*. [online]. [cit. 2010-4-19]. Dostupné z: <<http://www.potravinova-alergie.info/clanek/bezlepkove-obiloviny.php>>
- [15] HOSNEDL, V., DOLEŽEL, J., CHLOUPEK, O. *Pšenice – od genomu po rohlík*. České Budějovice: Kurent, 2008. 184 s. ISBN 978-80-8711-112-3
- [16] FRANCIS, F.J. *Food Science and Technology*. Amherst: John Wiley & Sons, 2000. 2725 s. ISBN 978-04-7119-256-5
- [17] KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J. *Pěstování obilnin a pseudobilnin v ekologickém zemědělství*. České Budějovice: Zemědělská fakulta JČU, 2008. 68 s. ISBN 978-80-7394-116-1
- [18] ZIMOLKA, J. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Praha: Profi Press, 2005. 179 s. 978-80-8672-609-0
- [19] ANONYM. *Potraviny (racionální a BIO): Obiloviny, výrobky z obilovin*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.elixirzdravi.com/cs/katalog/8/8.1/obiloviny-vyroby-z-obilovin.htm>>
- [20] MEDAL, R. *Pšeničné otruby*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.bio-obchod.sk/produkt-800/psenicne-otruby.htm>>
- [21] ANONYM. *Bulgur wheat*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <http://mideastfood.about.com/od/middleeasternfood101/a/bulghur_wheat.htm>
- [22] ANONYM. *Bulgur*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bulgur>>
- [23] ANONYM. *Bulgur*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.dia-potraviny.cz/bulgur.html>>
- [24] ANONYM. *Kuskus (cous cous)*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.kuskus.mikrostranky.com>>
- [25] ANONYM. *Kuskus*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kuskus>>

- [26] ANONYM. *Co je to Cous Cous*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.chemievjidle.cz/prakticke-informace/co-je-to-cous-cous-kus-kus>>
- [27] MOUDRÝ, J. *Pěstování a využití některých opomíjených a netradičních plodin v ČR*. Praha: VÚRV, 2001. 106 s.
- [28] STALLKNECHT, G.F, GILBERTSON, K.K, RANNEY, E.J. *Kamut origin and taxonomy*. [online]. [cit.2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/V3-156.html#KAMUT>>
- [29] BERÁNKOVÁ, J. *Staroronový kamut je velmi výživný*. [online]. [cit. 2010-3-22]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=104&ch=1&typ=1&val=89344>>
- [30] VESELÁ, I. *BIO kamut*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.bio-life.cz/clanky/bio/bio-kamut.html>>
- [31] ANONYM. *Kamut a dvouzrnka*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.probio.cz/vyrobky/obilniny/kamut-a-dvouzrnka>>
- [32] ANONYM. *Kamut® zrna 500g BIO COUNTRY LIFE*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.countrylife.cz/kamut-r-zrno-500-g-bio-country-life>>
- [33] ANONYM. *Recipes*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.kamut.com/en/using.html>>
- [34] ANONYM. *Kamut*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Kamut>>
- [35] MOUDRÝ, J., VLASÁK, M. *Pšenice špalda alternativní plodina*. Praha: ÚZPI, 1996. 28 s.
- [36] ANONYM. *Pšenice špalda*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%A1enice_%C5%A1palda>
- [37] DANKOVÁ, Z. *Špalda budiž pochválena*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.velkaepocha.sk/200901226928/Spalda-budiz-pochvalena.html>>
- [38] ANONYM. *Špalda*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.spalda.cz>>

- [39] ANONYM. *Bio špaldové kernotto*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <http://www.biokvalita.cz/index.php?akce=detail&zbozi_id=421>
- [40] ANONYM. *Špalda*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.probio.cz/vyrobky/obilniny/spalda>>
- [41] TOUŠ, V. *Vladimír Touš – Mlýn Hamr*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.mlynhamr.cz/spalda.php>>
- [42] ANONYM. *Recepty z Grünkernu*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.probio.cz/ARCHIV/recepty/grunkern.htm>>
- [43] MORRIS, P., BRYCE, J. *Cereal Biotechnology*. Edinburgh: CRC Press, 2000. 252 s. ISBN 978-08-4930-899-4
- [44] LEKEŠ, J. *Šlechtění obilovin na území Československa*. Brno: Brázda, 1997. 279 s. ISBN 80-209-0271-6
- [45] PETR, J. a kol. *Žito a tritikale – biologie, pěstování, kvalita a využití*. Praha: Profi Press, 2008. 192 s. ISBN 978- 80-86726-29-8
- [46] KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J. *Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/ecologica/pestovani_rostlin.pdf>
- [47] PETR, J. *Tritikale – opomíjená obilnina*. [online]. [cit. 2010-5-17]. Dostupné z: <http://www.agroweb.cz/Tritikale-%E2%80%93-opomijena-obilnina__s87x28389.html>
- [48] VARGA, J., LÍŠKA, E., ŽAJOVÁ, A., POSPÍŠIL, R., HALÁS, L. *Tritikale*. Nitra: ÚVTIP, 2000. 104 s. ISBN 80-85330-71-7
- [49] MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J., PETR, J., MICHALOVÁ A. *Pohanka a proso*. Praha: ÚZPI, 2005. 206 s. ISBN 80-7271-162-8
- [50] ANONYM. *Proso*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Proso>>
- [51] ČERMÁKOVÁ, M., ČERNÁ, O. *Kukuřice, rýže, jáhly, pohanka: teplé a studené pokrmů: pečivo, deserty*. Jihlava: Pavla Momčilová, 1999. 69 s. ISBN 80-85936-35-6

- [52] ANONYM. *Jáhly*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/J%C3%A1hly>>
- [53] PETR, J., HÚSKA, J. *Speciální produkce rostlinná: (Obecná část a obilniny)*. Praha: Agronomická fakulta ČZU, 1997. 193 s. ISBN 80-213-0152-X
- [54] ANONYM. *Oves*. [online]. [2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.agromanual.cz/cz/atlas/plodiny/plodina/oves.html>>
- [55] ŠAŠKOVÁ, D., ŠTOLFA, V. *Trávy a obilí (člověk v přírodě)*. Praha: Artia, 1993. 64 s. ISBN 978-80-8580-503-1
- [56] KOUBOVÁ, D. *Při pěstování čiroku je největším problémem chladno*. [online]. [cit. 2010-5-17]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=103&ch=1&typ=1&val=87875>>
- [57] KOUBOVÁ, D. *Čirok místo kukuřice*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=103&ch=1&typ=1&val=87086>>
- [58] ANONYM. *Rýže*. [online]. [cit. 2010-5-17]. Dostupné z: <<http://probio.cz/vyrobky/ryze>>
- [59] KOUBOVÁ, D. *Nová odrůda rýže odolává chladu*. [online]. [cit. 2010-5-17]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=103&ch=1&typ=1&val=98783>>
- [60] ANONYM. *Kukuřice*. [online]. [cit. 2010-5-17]. Dostupné z: <<http://probio.cz/vyrobky/obilniny/kukurice>>
- [61] FERNÁNDEZ, C., ČEPKOVÁ, P. *I. mezinárodní seminář „Andské plodiny“ v České republice*. Praha: KTSP ITSZ ČZU, 2003. 132 s. ISBN 80-213-1040-5
- [62] KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J. *Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/ecologica/pestovani_rostlin.pdf>
- [63] ANONYM. *Pseudocereal*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Pseudocereal>>
- [64] ANONYM. *Pohanka*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.pohankovymlyn.cz/pohanka.php>>

- [65] ANONYM. *Buckwheat*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Buckwheat>>
- [66] ANONYM. *Quinoa*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.fairtrade.cz/index.php?clanek=209>>
- [67] ANONYM. *Quinoa*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Quinoa>>
- [68] ANONYM. *Amaranth grain*. [online]. [cit. 2010-5-2]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Amaranth_grain>
- [69] KOUBOVÁ, D. *Pseudocereálie v Jižní Ameriky*. [online]. [2010-5-2]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=33468&ids=414>>
- [70] MIŠURCOVÁ, L. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. Doktorská disertační práce. Zlín: UTB, 2008. 120 s.
- [71] JELÍNEK, J., ZICHÁČEK, V. *Biologie pro gymnázia (teoretická a praktická část)*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2004. 574 s. ISBN 80-7182-177-2
- [72] MERKUNOVÁ, A. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada Publishing a.s, 2008. 302 s. ISBN 80-2471-521-X
- [73] ŠVÍGLEROVÁ, J. *Trávení a vstřebávání*. [online]. [cit. 2010-5-7]. Dostupné z: <<http://mefanet.lfp.cuni.cz/clanky.php?aid=8>>
- [74] WILHELM, Z. *Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy*. Brno: MU, 2003. 115 s. ISBN 80-210-2837-8
- [75] MAROUNEK, M., BŘEZINA, P., ŠIMŮNEK, P. *Fyziologie a hygiena výživy*. Vyškov: VVŠ PV, 2000. 132 s. ISBN 80-7231-057-7
- [76] KALÁB, M., OREL, M. *Základy anatomie a fyziologie pro studenty humanitních oborů II*. Olomouc: UP, 2009. 99 s. ISBN 978-80-244-2226-8
- [77] NÁMĚSTKOVÁ, P. *Stravitelnost organické hmoty a metody jejího stanovení*. [online]. [cit. 2010-5-17]. Dostupné z: <http://www.eamos.cz/amos/koz/externi/koz_539/metody_stanoveni/organicke_hmoty.ppt>

- [78] ČSN EN ISO 712 – *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Praktická referenční metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2003. s. 12
- [79] ČSN ISO 2171 – *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich – Stanovení obsahu popela spalováním*. Praha: Český normalizační institut, 2008. s. 16
- [80] Vyhláška č. 268/2006 Sb. [online]. [cit. 2010-5-21]. Dostupné z:
<<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1007478&docType=ART&nid=11307>>
- [81] MACHALA, P. *Vliv obsahu vlákniny na stravitelnost cereálií a pseudocereálií*. Diplomová práce. Zlín: UTB, 2009. 75 s.
- [82] ANONYM. *Pšenice ozimá*. [online]. [cit. 2010-5-23]. Dostupné z:
<<http://www.probio.cz/vyrobky/obilniny/psenice>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DMD	Stravitelnost sušiny (Dry matter digestibility)
GIT	Gastrointestinální trakt
IFFA	Mezinárodní organizace pro potravinové alergie (International Food Allergy Association)
IRRI	Mezinárodní výzkumný institut rýže (International rice research institute)
OMD	Stravitelnost organické hmoty (Organic matter digestibility)
P	Popel
S	Sušina
V	Vlhkost

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Chemické složení zrna obilnin v % při 15% vlhkosti	17
--	----

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Charakteristika analyzovaných vzorků cereálií	39
Tab. 2. Výsledky stanovení vlhkosti, sušiny a popele u syrových a vařených cereálií	44
Tab. 3. Výsledky stravitelnosti sušiny a organické hmoty	46

SEZNAM PŘÍLOH

P I Fotografie analyzovaných vzorků cereálií [31, 40, 82]

**PŘÍLOHA PI: FOTOGRAFIE ANALYZOVANÝCH VZORKŮ
CEREÁLÍÍ [31, 40, 82]**



Pšenice ozimá



Špalda loupaná



Kamut



Špaldové kernotto



Grünkern