

Stanovení hrubé vlákniny u celozrnných výrobků s přídavkem vybraných cereálií

Bc. Martina Karasová

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martina KARASOVÁ**
Osobní číslo: **T11857**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Stanovení hrubé vlákniny u celozrnných výrobků s přídavkem vybraných cereálií**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stanovení vlákniny u celozrnného pečiva
2. Charakterizace celozrnných a cereálních mouk a pečiva, surovin pro výrobu celozrnného pečiva a charakterizace vlákniny
3. Technologie výroby celozrnného pečiva
4. Chemické složení zrna obilovin, mouk a celozrnného pečiva
5. Metody stanovení vlákniny – popis, princip
6. Charakterizace metod statistických analýz pro hodnocení výsledků chemické analýzy

II. Praktická část

1. Vypracovat a popsat postup použitý při výrobě celozrnného pečiva, včetně surovin
2. Vypracovat a popsat metodu použitou při stanovení hrubé vlákniny
3. Vyhodnotit výsledky
4. Vypracovat diskuzi a formulovat závěr

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. KUČEROVÁ, J. Technologie cereálií. Brno: MZLU, 2004.
2. VELÍŠEK, J. Chemie potravin 1. Tábor: OSSIS, 1999.
3. KUBÁŇ, V. a P. KUBÁŇ. Analýza potravin. Brno: MZLU, 2007.
4. PŘÍHODA, J., P. HUMPOLÍKOVÁ a D. NOVOTNÁ. Základy pekárenské technologie. Praha: Pekař a cukrář s.r.o., 2003.
5. DENDY, D.A.V. a B.J. DOBRASZCZYK. Cereals and Cereal Products. Gaithersburg: Aspen Publishers, MD, 2001.
6. STRAIN, J.J., B. CABALLERO a M.J. SADLER. Encyclopedia of Human Nutrition. Academic Press, 1998.

Vedoucí diplomové práce:

doc.MVDr. Bohuslava Tremlová, Ph.D.
Veterinární a farmaceutická univerzita Brno

Datum zadání diplomové práce:

11. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: KARASOVÁ MARTINA

Obor: THEVP

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, považuji 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 9.5.2013

Karasová Martina

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Nerozpustná neboli hrubá vláknina je velice prospěšná pro lidský organismus. Její konzumace má kladný dopad na lidské zdraví a je vhodnou prevencí proti civilizačním chorobám. Významným zdrojem vlákniny jsou celozrnné výrobky. Cílem práce bylo stanovit obsah hrubé vlákniny u celozrnného pečiva s přidavkem vybraných cereálií (oves, kroupy, pohanka), které bylo vyrobeno v laboratorních podmínkách jako pekařský pokus, a výsledky porovnat s obsahem hrubé vlákniny u celozrnného pečiva nakoupeného v běžné tržní síti. Hrubá vláknina se stanovila vážkově po spálení vzorku po předešlé kyselé a zásadité hydrolyze. Hrubá vláknina se skládá z celulosy, hemicelulosy a ligninu.

Klíčová slova: hrubá vláknina, celozrnná mouka, celozrnné pečivo, pohanka, kroupy, oves

ABSTRACT

Insoluble or crude fiber is very helpful for human body. Its intake has positive impact on human health and it is appropriate prevention of lifestyle diseases. One of most important source of fiber is whole baked. The aim was to determinate the content of crude fiber in whole baked with addition of selected cereals (oats, barley, buckwheat), which were made in laboratory as a baker attempt and compare the results with the content of crude fiber in whole baked from market. Crude fiber was determined gravimetrically after combustion of the sample after previous acid and alkaline hydrolysis. Crude fiber consists of cellulose, hemicellulose and lignin.

Keywords: crude fiber, wholemeal flour, whole baked, buckwheat, barley, oats

Chtěla bych poděkovat mé vedoucí diplomové práce paní Doc. MVDr. Bohuslavě Tremlové, Ph.D. a také paní Ing. Martině Ošťádalové za odborné vedení, konzultace, připomínky a trpělivost při zpracovávání této diplomové práce a také za to, že jsem mohla svoji diplomovou práci zpracovávat na Ústavu vegetabilních potravin na VFU Brno.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CEREÁLIE A PSEUDOCEREÁLIE	13
1.1 MORFOLOGICKÁ STAVBA ZRNA.....	13
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA.....	14
1.2.1 Sacharidy.....	14
1.2.1.1 Škrob.....	15
1.2.1.2 Neškrobové polysacharidy.....	15
1.2.2 Bílkoviny.....	16
1.2.3 Lipidy.....	17
1.2.4 Vitamíny a minerální látky	17
1.3 CEREÁLIE PRO PEKÁRENSKOU VÝROBU	17
1.3.1 Pšenice	18
1.3.1.1 Chemické složení pšenice	19
1.3.1.2 Význam pšenice ve výživě.....	19
1.3.1.3 Využití pšenice v potravinářství.....	20
1.3.1.4 Pšenice špalda	20
1.3.2 Žito.....	21
1.3.2.1 Chemické složení žita	22
1.3.2.2 Význam žita ve výživě.....	22
1.3.2.3 Využití žita v potravinářství.....	22
1.3.3 Oves.....	23
1.3.3.1 Chemické složení ovsu	23
1.3.3.2 Význam ovsu ve výživě	24
1.3.3.3 Využití ovsu v potravinářství	24
1.3.4 Ječmen	25
1.3.4.1 Chemické složení ječmene.....	25
1.3.4.2 Význam ječmene ve výživě	25
1.3.4.3 Využití ječmene v potravinářství	26
1.3.5 Pohanka.....	27
1.3.5.1 Chemické složení pohanky	28
1.3.5.2 Význam pohanky ve výživě.....	28
1.3.5.3 Využití pohanky v potravinářství	28
2 MLÝNSKÁ A PEKÁRENSKÁ TECHNOLOGIE	30
2.1 MLÝNSKÁ TECHNOLOGIE.....	30
2.1.1 Příjem a skladování obilí	31
2.1.2 Čištění obilí a příprava k mletí.....	31
2.1.3 Vlastní mletí.....	32
2.1.3.1 Mletí pšenice	32
2.1.3.2 Mletí žita	33
2.1.4 Výroba celozrnné mouky.....	33
2.1.5 Výroba ovesných vloček.....	33
2.1.6 Výroba ječných krup.....	34
2.1.7 Zpracování pohanky	35

2.2	PEKÁRENSKÁ TECHNOLOGIE	36
2.2.1	Suroviny	36
2.2.2	Příprava těsta	38
2.2.2.1	Pšeničné těsto	38
2.2.2.2	Žitné těsto	38
2.2.3	Kynutí, tvarování a pečení	39
2.2.4	Výroba běžného pečiva	39
3	CHARAKTERISTIKA CELOZRNNÝCH MOUK A CELOZRNNÉHO PEČIVA	41
3.1	CELOZRNNÉ MOUKY	41
3.1.1	Chemické složení celozrnné mouky	41
3.1.2	Senzorické vlastnosti	42
3.2	CELOZRNNÉ PEČIVO	42
3.2.1	Senzorické vlastnosti	43
4	VLÁKNINA	45
4.1	CHEMICKÁ STAVBA VLÁKNINY	45
4.1.1	Nerozpustná (hrubá) vláknina	46
4.1.1.1	Celulosa	47
4.1.1.2	Hemicelulosa	48
4.1.1.3	Lignin	49
4.1.2	Rozpustná vláknina	49
4.1.2.1	Pektin	49
4.1.3	Ostatní složky vlákniny	50
4.2	TRÁVENÍ VLÁKNINY	50
4.3	VÝZNAM VLÁKNINY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA	51
4.4	ZDROJE VLÁKNINY	53
5	STANOVENÍ VLÁKNINY	54
II	PRAKTICKÁ ČÁST	56
6	MATERIÁL A METODIKA	57
6.1	MATERIÁL	57
6.1.1	Vzorky	57
6.1.1.1	Pečivo s přísadkou vybraných cereálií	57
6.1.1.2	Pečivo získané z běžné tržní sítě	58
6.1.2	Použité pomůcky, chemikálie a roztoky	59
6.2	METODIKA	59
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	62
7.1	PEČIVO VYROBENÉ JAKO PEKAŘSKÝ POKUS S PŘÍDAVKEM VYBRANÝCH CEREALIÍ	62
7.1.1	Celozrnné špaldové pečivo s přísadkou ječných krup	62
7.1.2	Celozrnné špaldové pečivo s přísadkou ovesa	63
7.1.3	Celozrnné špaldové pečivo s přísadkou pohanky	65
7.1.4	Celozrnné žitné pečivo s přísadkou ječných krup	66
7.1.5	Celozrnné žitné pečivo s přísadkou ovesa	68
7.1.6	Celozrnné žitné pečivo s přísadkou pohanky	69
7.1.7	Srovnání celozrnného špaldového pečiva s přísadkou vybraných cereálií	71

7.1.8	Srovnání celozrnného žitného pečiva s přídavkem vybraných cereálií.....	72
7.1.9	Srovnání celozrnného špaldového a celozrnného žitného pečiva s přídavkem vybraných cereálií.....	73
7.2	PEČIVO Z TRŽNÍ SÍTĚ.....	75
7.3	SROVNÁNÍ CELOZRNNÉHO PEČIVA S PŘÍDAVKEM VYBRANÝCH CEREÁLÍ S PEČIVEM Z TRŽNÍ SÍTĚ.....	76
ZÁVĚR		78
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		80
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		85
SEZNAM OBRÁZKŮ		86
SEZNAM TABULEK A GRAFŮ		87

ÚVOD

Obilná zrna byla již od pradávna součástí lidské stravy. K výživě se používala zrna celá nebo drcená a to včetně obalových vrstev a klíčku. Celá zrna se semílala na kamenných mlýnech na mouku, která byla určena k rychlé spotřebě. S průmyslovou revolucí se lidé začali stěhovat do měst a tím došlo i k průmyslově vyráběné mouce. Při mletí se začali odstraňovat obalové vrstvy a klíčky, a tím se přirozeně prodloužila údržnost mouky. Bílá mouka se postupně stala znakem luxusu, i když ztratila nutričně cenné látky (vitamíny, minerální látky, vláknina).

Až donedávna byla vláknina považována za nedůležitou složku potravin. Až ve 20. století se začala vnímat souvislost mezi příjmem vlákniny a různými onemocněními. Vláknina se dělí na rozpustnou a nerozpustnou a lze ji definovat jako složku rostlinných částí, které jsou odolné vůči trávení a adsorpci v lidském střevě a je úplně nebo částečně fermentovaná v tlustém střevě. Rozpustná vláknina (měkká vláknina) má schopnost absorbovat vodu, bobtnat a je hlavním substrátem pro střevní bakterie. Řadí se sem pektiny, slizy a rostlinné gummy. Vlákninu nerozpustnou (hrubá vláknina) tvoří celulóza, hemicelulóza a lignin. Hrubá vláknina navyšuje množství sněžené potravy a tím zpomaluje průchod střev a dodává dostatek času ke vstřebání výživným látkám. I když člověk nemá potřebné enzymy k trávení vlákniny, je i přesto do značné míry v lidském střevě trávena a to za pomoci bakteriálních enzymů.

Doporučená denní dávka vlákniny se udává na 30 g/den. Ve skutečnosti konzument denně přijme asi jen poloviční dávku. Dlouhodobý nízký příjem vlákniny je spojován se vznikem civilizačních onemocnění (cukrovka, rakovina tračnicku, aj.)

Vláknina se používá jako vhodný doplněk stravy při hubnutí, snižuje rychlost, kterou vstupuje glukosa do krevního řečiště, snižuje hladinu cholesterolu v krvi, dokáže na svůj povrch vázat toxiny a vyloučit je z těla, pozitivní vliv má také jako prevence zácpy.

Zvýšení konzumace vlákniny je tedy více než žádoucí, vhodné je do stravy zařadit dostatečné množství ovoce a zeleniny, ale také výrobky z tmavé a celozrnné mouky.

Cílem této práce bylo stanovit obsah hrubé vlákniny u vzorků pečiva z celozrnné žitné a celozrnné špaldové mouky s přidávkem vybraných cereálií (oves, kroupy, pohanka), které bylo vyrobeno v laboratorních podmínkách jako pekařský pokus, a u celozrnného pečiva dostupného v tržní síti. Hrubá vláknina byla stanovena vážkově po spálení vzorku po pře- dešlé kyselé a zásadité hydrolýze.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CEREÁLIE A PSEUDOCEREÁLIE

Obiloviny neboli cereálie patří botanicky mezi traviny *Graminea*. Téměř všechny známé obiloviny se řadí do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Výjimku tvoří pohanka, která patří do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*). V poslední době se také využívá laskavec neboli amarant z čeledi laskavcovité (*Amarantheceae*). Po lidskou výživu se využívá výhradně zrno (Příhoda a kol., 2003).

Na základě historických poznatků se předpokládá, že člověk začal pěstovat obilí kolem 12. – 10. tisíciletí před naším letopočtem. Obiloviny si i nadále drží význačné postavení jako základní potravina. Největší podíl celosvětově pěstovaných obilovin tvoří pšenice, dále žito, ječmen, kukuřice, rýže, oves, pohanka (Hrabě a kol., 2007).

V České republice jsou obiloviny nejdůležitější zemědělskou plodinou. Zaujímají více než 50 % veškeré orné půdy. Jako potraviny obiloviny kryjí 33 % energetické hodnoty, zajišťují 30 % konzumovaných bílkovin, 56 % sacharidů a 10 % tuků. Obiloviny jsou základní surovinou pro potravinářský průmysl, ale využívají se také na krmivářské účely nebo v průmyslu – zpracování ve škrobárnách (Moudrý, 2005).

Jakost obilovin je determinována geneticky, tzn. odrůdou. Kvalitu obilovin však významně ovlivňuje také průběh počasí a použitá agrotechnologie – hnojení, komplexní ochrana rostlin aj., protože jen zdravá rostlina může vyprodukovat zrna nejvyšší kvality (Kulovaná, 2002).

1.1 Morfologická stavba zrna

Morfologická stavba zrna je zhruba shodná u všech obilovin. Zrna se od sebe liší zejména tvarem, velikostí a podílem jednotlivých vrstev. Tvar může být kulatý až protáhlý. Zrna mohou být pluchatá, tzn. obsahují pluchy, které se před dalším zpracováním odstraňují, nebo jsou nahá (Příhoda a kol., 2003).

Každá obilka se skládá ze tří základních částí – endospermu, klíčku a obalových vrstev. U jednotlivých obilovin je hmotnostní podíl částí zrna rozdílný. Je to dáno odrůdou, půdními podmínkami, klimatem, hnojením atd.

Největší část zrna tvoří endosperm. Zaujímá až 86 % hmotnosti obilky. Endosperm se skládá především ze škrobu a bílkovin. Endosperm zajišťuje výživu zárodku. Od obalových vrstev je oddělen aleuronovou vrstvou, která je tvořena bílkovinami, minerálními

látkami, vitamíny a tuky. Při zpracování tvoří endosperm podstatnou složku finálního produktu – mouky (Hrabě a Komár, 2003).

Klíček tvoří nejmenší část zrna a je oddělen od endospermu štítkem. Z technologického hlediska je klíček nežádoucí, protože obsahuje značné množství tuku. Klíček se odstraňuje, aby nedocházelo ke žluknutí a tím ke znehodnocení mouky a cereálních výrobků. Kromě tuku klíček dále obsahuje jednoduché cukry, bílkoviny, minerální látky a pozoruhodný je obsah vitamínu E a vitamínu B1. Chemické složení klíčku se odvíjí od jeho úkolu – slouží jako zárodek nové rostliny, proto je zásobárnou živin, které jsou v době příznivých podmínek – klíčení – k dispozici pro růst.

Obalové vrstvy tvoří zhruba 8 – 14 % hmotnosti zrna a mají za úkol chránit obilku před mechanickým poškozením a krátkodobými účinky vody a škodlivých látek. Obalové vrstvy jsou tvořeny několika vrstvami buněk a dělí se na oplodí a osemení. Oplodí (perikarp) tvoří pokožka, buňky podélné, buňky příčné a buňky hadicové a obsahují převážně celulosu. Osemení (perisperm) je tvořen vrstvou barevnou a hyalinní. Osemení nese barviva a určuje tak barevný vzhled zrna. Obalové vrstvy při mletí přechází do otrub (Hrabě a kol., 2007; Příhoda a kol., 2003).

1.2 Chemické složení zrna

Obilné zrno se skládá ze dvou hlavních složek a to z vody a sušiny. Voda představuje důležitou složku obilného zrna, protože je potřebná pro všechny biologické a fyziologické procesy, které se v obilce odehrávají. Podle obsahu vody lze zrna rozdělit na mokrá (nad 17 %), vlhká (nad 15,5 %), středně suchá (nad 14 %) a suchá (do 14 %). Ze sušiny mají největší zastoupení polysacharidy, cca 75 %. Podíl bílkovin se pohybuje v rozmezí 10 – 15% a podíl tuku kolem 2 % (Macevilly, 2004; Kučerová 2004).

1.2.1 Sacharidy

Hlavním podílem jednotlivých složek obilky jsou sacharidy. Z monosacharidů se jedná o pentosy, které slouží jako základní stavební částice pentosanů, důležitých složek podpůrných pletiv. Dále je to glukosa a fruktosa. Z disacharidů je nejdůležitější sacharosa a maltosa. Sacharosa se nachází hlavně v klíčku. Velké je zastoupení polysacharidů – škrob, dextriny, celulósa, hemicelulósa, pektinové látky. Polysacharidy obilovin lze rozdělit na dvě skupiny a to na škrob a neškrobové polysacharidy (Hrabě a kol., 2007).

1.2.1.1 Škrob

Nejdůležitějším polysacharidem obilí je škrob. Jedná se o zásobní látku, která se nachází v parenchymatických buňkách endospermu. Obsah škrobu kolísá mezi 50 – 80 % v sušině. Z chemického hlediska se škrob skládá ze dvou složek, z amylosy a amylopektinu. Amylosa je nevětvený řetězec glukos s vazbami 1 – 4. Amylopektin je větvený řetězec glukos s vazbami 1 – 4 a 1 – 6 (Hrabě a kol., 2007).

Škrobové granule se vyskytují volně v amyloplastech. Škrobová zrna jsou ve studené vodě nerozpustná, tvoří suspenzi. Při zahřívání dochází k absorbování vody a do určité teploty se struktura škrobových granulí nemění. Po následném bobtnání zrn dochází k mazovatění neboli želatinaci, teploty mezi 50 – 70 °C. V procesu mazovatění nastávají nevratné změny. Stávající vazby se přerušují, molekuly vody se spojují s volnými vazebnými místy polymerů, ty se oddalují a rozpadají se šroubovice postranních řetězců amylopektinu. Struktura se stává neorganizovanou. Škrobová zrna přijímají velké množství vody, přibližně až 25 násobek své vlastní hmotnosti. S rostoucí viskozitou vzniká škrobový maz, při dalším zahřívání však viskozita klesá. Ochlazením naopak viskozita opět vzrůstá. Obnovují se vodíkové vazby mezi makromolekulami amylosy a amylopektinu. Při dostatečné koncentraci škrobu vzniká škrobový gel (trojrozměrná síť obsahující velké množství vody). Zmazovatělý škrob není termodynamicky stabilní. Po čase dochází k retrogradaci (Odstčil a Odstčilová, 2006). Škrob se uplatňuje v technologickém procesu tím, že umožňuje kvasinkám jejich činnost a účastní se na tvorbě střídky tím, že na sebe váže vodu uvolněnou denaturací bílkovin. Škrob podléhá vlivem enzymů hydrolyze. Tyto enzymy se nazývají obecně amylasy, α – amylasa hydrolyzuje polysacharidy za vzniku rozpustných škrobů, β – amylasa je enzym zcukřující. Amylasy hydrolyzují vazbu 1 – 4 od neredukujícího konce tak, že se od sebe oddělí poslední dvě glukosové jednotky (maltosa). Amylosa se tedy rozloží úplně, amylopektin asi jen z 60 %, protože amylasy nejsou schopny štěpit vazbu 1 – 6 (Hrabě a kol., 2007).

1.2.1.2 Neškrobové polysacharidy

Z neškrobových polysacharidů je důležitá celulóza. Jedná se o stavební polysacharid, tvoří základ buněčných stěn rostlin, kde vytváří pevná vlákna. Vyskytuje se v obalových vrstvách, její funkce je hlavně mechanická – ochrana zrna. Celulosu doprovází hemicelulosa a lignin (Příhoda a kol., 2003). Hemicelulosa se uplatňuje při stavbě rostlinných pletiv. Vyplňuje prostor mezi vlákny celulosy a společně se s celulosou podílí na rigiditě pletiv. Lig-

nin je hlavní komponent dřevní hmoty, ale v menší míře se vyskytuje také v obilí. Většina nativního ligninu je vázaná na hemicelulosu, v menší míře na celulosu (Velíšek a Hajšlová, 2009). Mezi neškrobové polysacharidy patří také pentosany. Jsou definovány jako polymery obsahující v molekule podstatný podíl pentos, hlavně arabinosy a xylosy, ale i jiné sloučeniny. Žitné pentosany tvoří vysoce viskózní koloidní roztoky. Váží na sebe vodu a společně se škrobem vytvářejí základ žitných těst (Příhoda a kol., 2003).

1.2.2 Bílkoviny

Nejvýznamnější dusíkatou látkou v obilném zrně jsou bílkoviny. Zvláštní postavení má bílkovina pšenice, která jako jediná běžně s vodou vytváří tzv. lepek. Vlastnosti lepku určují vlastnosti těsta, ale i jakost finálního výrobku. Obsah bílkovin se v pšenici pohybuje kolem 10 – 16 %, v žitě 8 – 15 %.

Jakost lepku určuje také sílu mouky, rozeznáváme mouky silné (nad 12 % bílkovin) a mouky slabé (do 12 % bílkovin). Silné mouky dávají pevná a pomalu zrající těsta, která jsou schopna vázat hodně vody. Mají však nízkou aktivitu enzymů. Silné mouky mají zpravidla vysoký obsah lepku a těsto bývá tuhé. Slabé mouky mají opačné vlastnosti – těsta jsou měkká, roztékají se, rychle kvasí a vážou málo vody.

Největší zastoupení mají bílkoviny zásobní, mezi ně se řadí prolamin. V pšenici a v žitě se jedná o gliadin, v obilkách ječmene o hordein, v ovsu o avenin. Obsah gliadinu v pšenici se pohybuje v rozmezí 4 – 5 %. Dále jsou to gluteliny, které se z chemického hlediska velice podobají gliadinu. Z glutelinů je nejvýznamnější glutenin, jeho obsah v pšenici se pohybuje kolem 4 – 5 %.

Hlavními složkami lepku jsou lepkové bílkoviny – gliadin a glutenin. Gluteninová frakce představuje cca 40 % celkového obsahu bílkovin. Je klíčový při výrobě těsta, protože těstu dodává viskoelastické vlastnosti (Hrabě a kol., 2007).

Gliadin a glutenin společně s vodou vytváří pružný gel – lepek. Mezi fyzikální vlastnosti lepku se řadí bobtnavost, pružnost, tažnost a elasticita. Lepek vytváří kostru těsta tím, že vytváří trojrozměrnou síť peptidických řetězců propojených především disulfidickými můstky mezi jednotlivými aminokyselinami. Denaturace lepkových bílkovin nastává při teplotě 60 °C. Vlivem denaturace bílkovin se uvolní voda, která je potřebná pro mazovatění škrobu (Hrabě a kol., 2007).

1.2.3 Lipidy

Tuky tvoří malý podíl a jsou lokalizovány především v klíčku a aleuronové vrstvě. Obsah nasycených mastných kyselin se pohybuje kolem 18 – 25 %, obsah kyseliny olejové 16 – 18 %, obsah kyseliny linolové 48 – 57 % a obsah kyseliny linolenové kolem 5 %. Kvůli vyššímu podílu tuku v klíčku se klíček při mletí odstraňuje, protože při nevhodném skladování mouky může dojít k hydrolýze tuků a tím k nežádoucímu zvýšení kyselosti mouky. Žluknutí je podmíněno vyšší vlhkostí a také rozvojem plísní, které produkují lipasy (Hrabě a kol., 2007).

1.2.4 Vitamíny a minerální látky

Vitamíny jsou podobně jako tuk soustředěny do klíčku a do aleuronové vrstvy. Z lipofilních vitamínů najdeme v obilce vitamín A a vitamín E. Vitamín A (retinol) se nachází ve formě provitamínu β – karotenu. Vitamín E (tokoferol) se vyskytuje především v klíčku, v endospermu se prakticky nevyskytuje. Z hydrofilních vitamínů je nejvíce zastoupen vitamín B1 (thiamin). Obsah v pšenici je vyšší než v žitu. Jeho obsah se však snižuje při mlýnském opracování. Vysoce vymleté mouky obsahují více thiaminu než mouky nížce vymleté. Při pečení se thiamin termicky rozkládá, úbytek tvoří až 30 %. Dále se jedná o vitamín PP (niacin) který se nachází v aleuronové vrstvě a opracováním přechází do otrub.

Minerální látky tvoří celkově velmi malý podíl obilky. Nachází se především v osemeni a aleuronové vrstvě. Největší podíl tvoří oxid fosforečný ve formě fytinu. Dále lze v obilce nalézt oxid hořečnatý, draselný a vápenatý (Hrabě a kol., 2007). Minerální látky se souhrnně označují jako popel, tj. anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Obsah popela je cenný a pohybuje se kolem 1,5 – 2,5 %. Obsah popela vzrůstá se stupněm vymletí a je základem pro klasifikaci mouk a je dnes používané jako tzv. typové označení, např. T530 = 0,53 % popela. Typové číslo udává tisícinásobek obsahu popela v mouce. (Příhoda a kol., 2003).

1.3 Cereálie pro pekárenskou výrobu

Obiloviny patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*), jejich společný botanický původ jim předurčuje vzájemnou podobnost ve struktuře i ve složení. U nás se pro pekárenské výrobky používá převážně pšenice a žito (Příhoda a kol., 2003).

1.3.1 Pšenice

Pšenice je společně s rýží hlavní plodinou, která zabezpečuje obživu převážné části lidstva. Pšenice je jednou z nejstarších rostlin využívaných člověkem. Nejvíce se pěstuje pšenice obecná (*Triticum aestivum*) a pšenice tvrdá (*Triticum durum*). Především v ekologickém zemědělství má uplatnění také pšenice špalda (*Triticum spelta* L.). Produkce pšenice zaujímá až 1/3 celkové produkce obilí na světě, ale 1/2 však představuje krmné obilí. V České republice se produkce pšenice odhaduje na 3,7 – 3,8 milionů tun obilí ročně, k potravinářským účelům se dostává jen 1,2 milionů tun, zbytek je určen pro průmyslové zpracování nebo ke krmivářským účelům. Na jakosti mouky se podílí pěstovaná odrůda a pěstitelské podmínky. Pšenici lze podle uplatnění rozdělit na:

- **Pšenice potravinářská (jarní a ozimá forma)**
- **Pšenice těstářská**
- **Krmná pšenice**
- **Průmyslová pšenice**

Potravinářská pšenice se u nás pěstuje ve dvou formách – jarní a ozimá. Pro výrobu těstovin se volí pšenice tvrdá, která se mele na mouku, tzv. semolinu. Nehodí se na pečení pečiva, protože vykazuje malý objem pečiva a má tuhý lepek. Průmyslovou pšenici tvoří odrůdy pro produkci škrobu, etanolu nebo k energetickým účelům.

Odrůdy pšenice mají rozdílné vlastnosti a znaky, které se posuzují na stupnici od 1 do 9 bodů. Třídí se a to na odrůdy elitní pšenice (E), kvalitní pšenice (A), chlebová pšenice (B), keksová pšenice (K) a zvláštní pšenice (C).

Elitní pšenice je nejkvalitnější a označuje se jako zlepšující. Kvalitní pšenice je označována jako dobrá a samostatně zpracovatelná nebo doplňková. Chlebová pšenice se zpracovává do směsí. Keksová pšenice je vhodná na výrobu keksů a sušenek, kde jsou kladeny speciální požadavky na jakost pšenice. Zvláštní pšenice je určena ke zvláštním účelům a jakost se definuje rozdílně podle účelu využití (Pažout a kol., 2012).



Obr. 1. Pšenice setá

(<http://www.zdravejedlo.sk/wp-content/uploads/2011/12/psenica-300x300.jpg>)

1.3.1.1 Chemické složení pšenice

Pšenice je zdrojem energie, protože obsahuje velké množství škrobu, který je lehce stravitelný. Obsah škrobu se pohybuje v rozmezí 50 – 70 %, dále obsah bílkovin 8 – 13 %, obsah hrubé vlákniny je poměrně nízký. Z vitamínů jsou nejvíce zastoupeny vitamíny skupiny B a vitamín E. Z minerálních látek dominuje fosfor (Soukupová a Vaničková, 2008). Celkový obsah minerálií činí přibližně 1,3 – 3 %. Obsah lipidů nepřekračuje 3 % (Prugar a kol., 2008).

1.3.1.2 Význam pšenice ve výživě

Pšeničné výrobky jsou zdrojem lepku. Podíl lepkových bílkovin činí asi 80 % z celkového obsahu bílkovin. Přecitlivělost na lepek (glutenová frakce) je základem celiakie. Celiakie je choroba, kterou způsobují prolaminy obilného zrna – gliadin (pšenice), sekalin (žito), hordein (ječmen) a avenin (oves). Toxicita klesá v uvedeném pořadí. Principem celiakie je to, že v tenkém střevě člověka chybí enzym peptidasa štěpící nízkomolekulární peptidy, které vznikají na začátku trávení gliadinu. Tyto peptidy se dále neodbourávají, hromadí se a po dosažení určité koncentrace vyvolávají zdravotní komplikace. Celiakie je nevyléčitelná, jedinou terapií je omezit nebo úplně vyloučit lepek ze stravy (tzv. bezlepková dieta). Kromě celiakie vytvářejí bílkoviny pšenice také potravní alergii nebo nesnášenlivost, tj.

způsobí abnormální fyziologickou odezvu lidského organismu po přijetí potravy (Prugar a kol., 2008; Zemanová, 2010).

1.3.1.3 Využití pšenice v potravinářství

Pšenice je oblíbená pro svou bělavou barvu mouky a pro jemnost pečiva, dobrou pekařskou schopnost a zpracovatelnost díky lepku. Mnohem prospěšnější je pšeničná mouka celozrnná, protože obsahuje všechny nutričně prospěšné látky ze zrna. Tato mouka je zdrojem prospěšné vlákniny a hodnotných bílkovin. Celozrnná mouka pšeničná je k dostání v obchodech různé kvality a hrubosti. Po upečení vykazují příjemné oříškové aroma (Momčilová, 2012).

1.3.1.4 Pšenice špalda

Pšenice špalda (*Triticum spelta L.*) je prastarý druh pšenice. Jeho domovinou je pravděpodobně jihozápadní Asie, do Evropy se dostala při stěhování národů. Od pšenice seté se liší tvarem obilky. Zrna jsou protáhlejší, obaleny pluchou a jsou ve srovnání se zrny pšenice větší. V České republice se špalda pěstuje především v ekologickém zemědělství. Jedná se o poměrně nenáročnou plodinu. Ideální jsou horské a podhorské oblasti, vyžaduje dostatek vláhy, je nenáročná na podmínky prostředí, za to je velmi citlivá k přehnojení dusíkem. Klas špaldy je při dozrání převislý, delší než klas pšenice a stejně jako obilky má hnědou barvu. Špalda je hojně používána i k nepotravinářským účelům – její slupky slouží jako plnidlo do polštářů (Moudrý a Vlasák, 1996; Momčilová 2012).

Pšenice špalda má vyšší obsah nutričně cenných látek než pšenice. Díky většímu podílu aleuronové vrstvy obsahuje špalda více bílkovin než pšenice (16 – 17 %). Špalda je zdrojem thiamínu, riboflavinu a β – karotenu, z minerálních látek je významný vyšší obsah draslíku. Konzumace špaldy u osob trpící alergií na lepek vykazuje nižší projevy alergie (Anonym 1). Ve 100 g špaldového zrna je obsaženo 1 652 kJ, 2,5 g tuku, 68 g sacharidů a 9 g vlákniny (Momčilová, 2003).

Kvalita lepku je horší než u pšenice, což se také projevuje na její zhoršené pekařské kvalitě. Ze špaldové mouky se vyrábí široká paleta výrobků – chleba, palačinky, těstoviny, krupice na kaše, atd. (Pažout a kol., 2012).



Obr. 2. Pšenice špalda

(<http://www.dia-potraviny.cz/img/spalda.jpg>)

1.3.2 Žito

Žito seté (*Secale cereale*) je typickou chlebovou obilovinou. Křížením s pšenicí vznikl tzv. žitovec neboli triticales (Pažout a kol., 2012). Žito pochází z jihozápadní Asie. Dnes se pěstuje především v Evropě. Žito vynáší dobrou úrodu i v méně příznivých podmínkách. U nás se pěstuje ve vyšších polohách. Žitné zrno je podlouhlé, úzké a šedo-zeleně zbarvené. Má mírně trpkou chuť (Peková, 2002).



Obr. 3. Žito seté

(<http://www.menupodlegenu.cz/obrazky/plodiny-a-plody/zitne-klasy-nahled.jpg>)

1.3.2.1 Chemické složení žita

Z nutričního hlediska obsahuje žito 70 % sacharidů, 9 – 15 % bílkovin, asi 1,5 % tuku. Z minerálních látek je nejvíce zastoupen draslík, fosfor, fluor a síra (Soukupová a Vaníčková, 2008).

Sacharidy představují nejdůležitější skupinu zásobních látek. Největší podíl má škrob (52 – 59 %). Žitný škrob se vyznačuje nižší teplotou mazovatění (55 °C), a je také enzymaticky snáze odbouratelný. Technologicky nejvýznamnější jsou však pentosany. Jejich obsah se pohybuje mezi 7 – 9 %. Vyznačují se vysokou schopností vázat vodu. Důležitou složkou pentosanů je kyselina ferulová, která se podílí na tvorbě příčných vazeb mezi pentosany a dalšími složkami a tím vytváří pentoso – bílkovinnou strukturu, která včetně zbobtnalých škrobových zrn zadržuje kypřící plyn a umožňuje vytvářet objem těsta a pečiva. Tímto principem do značné míry nahrazuje funkci lepku (Prugar a kol., 2008). Nutriční hodnota zrna je příznivá. Cenný je obsah vitamínu skupiny B i vlákniny. Jelikož žito obsahuje lepek (gluten) nehodí se pro bezlepkové diety.

Ve 100 g žitného zrna je obsaženo 1 310 kJ, 10,8 g bílkovin, 1,5 g tuků a 71,8 g sacharidů (Peková, 2002).

1.3.2.2 Význam žita ve výživě

Ceněná je především žitná mouka celozrnná, protože obsahuje látky z celého zrna. Tato mouka má blahodárny vliv na lidské zdraví díky vyššímu obsahu vlákniny. Vláknina povzbuzuje činnost střev, chrání před zácpou a před hemeroidy, konzumace je prospěšná i pro cévy a celý oběhový systém (Peková, 2002). Jeho konzumace posiluje nervy a svaly, je prospěšná zejména pro činnost střev, čistí krev a brání chudokrevnosti, posiluje také zubní sklovinu (Zemanová, 2010).

1.3.2.3 Využití žita v potravinářství

Žitné a pšenično – žitné pečivo má svou dlouholetou tradici zejména ve střední a východní Evropě (Příhoda a kol., 2003). Dnes přetrvává poptávka po tmavých a celozrnných chlebech. Žitná mouka obsahuje dostatek lepku na přípravu vhodného těsta. Celozitný chléb má oproti pšeničnému chlebu tvrdší kůrku, drobnější póry a pevnější střídku, ale také intenzivnější aroma. Bývá hutnější, sytější a vykazuje delší přirozenou trvanlivost (Pažout a kol., 2012). V kuchyni má žitná mouka široké uplatnění – celozrnná nebo chlebová žitná

mouka je vhodná na pečení, žitné vločky jako přídavek do müsli. Žitné vločky jsou více ceněny, pokud jsou vyráběny z celého zrna (Peková, 2002).

1.3.3 Oves

Oves má v pěstování více než 1000 letou tradici. Pěstuje se v mnoha formách – s pluchou (oves setý, *Avena sativa*) nebo bezpluchý (oves nahý, *Avena nuda*). Po staletí má velký význam ve výživě. Ovesné zrno má podlouhlý tvar, světle žlutou barvu a mírně lesklý povrch. Ve srovnání s pšenicí je zrno měkké. V potravinářství se používá hlavně bezpluchá forma. Oves patří k nejodolnějším obilovinám. Vyhovují mu sušší a chladnější oblasti. Spolu s žitem se pěstují ve vyšších polohách (Peková, 2002).



Obr. 4. Oves setý

(<http://www.biolib.cz/IMG/GAL/48228.jpg>)

1.3.3.1 Chemické složení ovsa

Oves se řadí mezi funkční potraviny, tzn. potraviny poskytující konzumentovi nejen živiny, ale také zlepšují jeho zdravotní stav díky obsahu prospěšných látek. Příznivá je zejména aminokyselinová skladba bílkovin, ale také obsah oleje – kyseliny linolové a rozpustné vlákniny tvořené zejména β – glukany (Prugar a kol., 2008). β – glukany se řadí mezi hemichelulosity a jsou součástí hrubé vlákniny. Jsou rozpustné i nerozpustné ve vodě. Jejich rozpustnost je dána chemickým složením (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Oves má vysokou energetickou a nutriční hodnotu. Vyniká vyšším obsahem bílkovin ve srovnání s jinými obilovinami. Obsah bílkovin se pohybuje v rozmezí 14 – 21 %. Oves také obsahuje více tuku než jiné obiloviny, cca 2 – 4 %. Jedná se hlavně o nenasycené mastné kyseliny. Nejvíce tuku se nachází v klíčku (Pažout a kol., 2012).

Ve 100 g ovesného zrna je obsaženo 1 485 kJ, 13 g bílkovin, 6,2 g tuku a 62,5 g sacharidů. Ovesná zrna obsahují vitamíny skupiny B, vitamín E a biotin (Peková, 2002).

1.3.3.2 Význam ovesa ve výživě

Konzumace ovesných produktů má blahodárny vliv na lidský organismus, především pro osoby trpící vysokým cholesterolem, zácpou ale i pro diabetiky. Oves je bohatým zdrojem stravitelné i nestravitelné vlákniny. Pomáhá předcházet zácpě a podporuje optimální činnost střev. Stravitelná vláknina obsažená v ovsu snižuje hladinu LDL cholesterolu v krvi a tím také snižuje riziko vzniku kardiovaskulárních chorob. Americké výzkumy zjistily, že 85 % zkoumaných osob s denní porcí 80 g ovesných vloček snížily hladinu LDL cholesterolu cca o 20 %. Přičemž se hladina HDL cholesterolu zvýšila přibližně o 15 %. Konzumace ovesa má také další pozitivní dopady na lidské zdraví – snižuje krevní tlak, má protinfeční a protirakovinové účinky, tlumí zvýšenou činnost štítné žlázy. Nejznámějším léčebným účinkem ovesa je, že pomáhá předcházet zácpě. Zvětšuje objem stolice a působí preventivně proti vzniku rakoviny střev, divertikulitidy a hemeroidů. Oves je vhodnou potravinou i pro diabetiky, díky tzv. pomalým sacharidům, jejich trávení a vstřebávání trvá dlouho a proto je oves zdrojem dlouho a rovnoměrně se uvolňující energie (Peková, 2002).

1.3.3.3 Využití ovesa v potravinářství

Ovesná mouka se přidává do chleba i do jiných pekařských výrobků a to zejména do tyčinek, krekrů a pečivových směsí. Ovesná mouka činí pečivo jemnější, trvanlivější, ale na druhou stranu také drobivější a méně objemným (Pažout a kol., 2012). Ovesná mouka je nasládlá, její sladká chuť se zvýrazní špetkou soli. Jelikož oves neobsahuje lepek, vaznost těsta se podporuje přidáním vajec nebo alespoň bílku.

U nás však převládá konzumace ovesných vloček nebo ve formě müsli. Při výrobě ovesných vloček se zrno vyčistí a napaří přibližně na teplotu 95 °C, poté se válkuje a suší. Tepelným odbouráním škrobu a bílkovin se zlepšuje stravitelnost a inaktivací enzymů se omezí také žluknutí tuků. Opražené ovesné vločky mají oříškovou vůni. Ovesné vločky jsou výživnou a dieteticky hodnotnou potravinou. V domácnostech má oves využití především na výrobu domácího müsli, na zahušťování polévek nebo na přípravu lívanců a pro přípravu pomazánek (Peková, 2002).

1.3.4 Ječmen

Ječmen pochází z oblasti Himalájí, dodnes je v Tibetu základní potravinou jako ječná kaše campa. Ječmen je jednou z nejdůležitějších surovin pro výrobu piva. Ječné kroupy se přidávají do tradičních pokrmů, jako jsou např. zabijačkové výrobky (Soukupová a Vaníčková, 2008). Současná spotřeba ječmene je u nás nízká, 1,2 – 1,6 kg/osoba/rok. Ale lze předpokládat zvýšení konzumace vzhledem k jeho významným dietetickým účinkům (Pažout a kol., 2012).



Obr. 5. Ječmen

(http://www.nazeleno.cz/Files/ResizedImages/FckGallery/Nov%C3%BD%20objekt%20-%20WinRAR%20ZIP%20archiv%20%282%29.zip/106419315_-1x250_1203120946.jpg)

1.3.4.1 Chemické složení ječmene

Zrno obsahuje pomalé sacharidy v množství 75 – 80 %, 11 – 12 % bílkovin, zhruba 2 – 3 % nenasycených mastných kyselin. Z vitamínů jsou nejvíce zastoupeny vitamíny skupiny B a vitamín E, dále kyselina pantotenová, kyselina listová, biotin. Z minerálních látek je ječmen bohatý na vápník, draslík, fosfor a kyselinu křemičitou. Je zdrojem hrubé vlákniny (Momčilová, 2003).

Ve 100 g ječmeného zrna je obsaženo 1 450 kJ, 12 g bílkovin, 2,5 g tuku a 75 g bílkovin (Momčilová, 2012).

1.3.4.2 Význam ječmene ve výživě

Ječmen je výborným zdrojem rozpustné i nerozpustné vlákniny. Nejvíce jsou zastoupeny β – glukany, které jsou v zrna rozloženy rovnoměrně, tzn. že i po semletí na mouku je

ječmen výborným zdrojem vlákniny. Uvádí se, že ječné kroupy vykazují velice nízký glykemický index – jedna z nejnižší naměřených hodnot (Příhoda a kol., 2012).

Vláknina obsažená v ječmeni působí proti rozvoji kardiovaskulárních onemocnění, je dobrým prostředkem proti zácpě, příznivě působí při vředové chorobě žaludku. Preventivně působí proti cévním onemocněním, proti rakovině a příznivě působí při vředové chorobě žaludku i při střevních potížích. Pravidelná konzumace chrání kůži před záněty, také snižuje hladinu krevního cukru, dodává sílu a odolnost (Zemanová, 2010; Momčilová, 2012).

V prosinci roku 2010 byla publikována vědecká studie, která se zabývala účinkem β – glukanu ječmene na lipidový metabolismus člověka. Studie prokázala pozitivní účinek ječmene na snížení hladiny LDL cholesterolu, který se ukládá v cévních stěnách a tím snižuje jejich pružnost a průtok krve. Další studie ukázali, jak pozitivně ovlivňuje konzumace ječmene na postprandální glykemii. Pro tělo je výhodné, když se glukosa dostává do krve pozvolna ale v dostatečném množství. Nižší hladinu postprandální glykemie vykazují potraviny s nízkým glykemickým indexem, kam se ječmen rozhodně řadí. Konzumace ječmene má také blahodárný vliv na lidi trpící nadváhou nebo trpící cukrovkou typu II. β – glukane ze stravy (10 g ječného β – glukanu) významně ovlivnil inzulínovou odpověď organismu (Tláskal a Gabrovská, 2012).

1.3.4.3 Využití ječmene v potravinářství

Nejkvalitnější část produkce putuje na sladovnickou výrobu. Z ječmene se také připravují kávové náhražky, tzv. melta (Soukupová a Vaníčková, 2008). U krup a krupek se hodnotí barva kroupy po oloupání, u nás se dává přednost kroupám bílým před modrozelenými. V obchodech jsou k dostání ječné kroupy různých velikostí celé i drcené (Momčilová, 2003; Pažout a kol., 2012).

Z ječmene se vyrábí mouka jen okrajově. Konzument není zvyklý na nahořklou chuť ječných výrobků. Před první světovou válkou se však ječmen běžně mlel na mouku, která nacházela uplatnění především v domácnostech. Sensoricky je ale přídavek nad 20 % ječné mouky ve směsi pro konzumenta nepřijatelný. Odlišné složení zrna ječmene omezuje jeho použití v pekařské technologii jako tradiční surovinu. Při zpracování ječmene na mouku je důležitým krokem zrno oloupat, protože obsahuje pluchu. Pro samotné mletí se používá mlýn žitný s poupraveným nastavením chodů. Ječmen má nižší obsah bílkovin, které mají odlišné vlastnosti než bílkoviny jiných obilovin. Bílkoviny ječmene neumožňují vytvořit dostatečně pružné a tažné těsto, proto se ječná mouka používá ve směsi s pšeničnou mou-

kou. Ječná mouka ve směsi s pšeničnou vykazuje menší objem pečiva, především nad 50 % ječné mouky ve směsi. Ale kvůli chuťovým preferencím se do pekařských výrobků nepřidává více než 20 % ječné mouky (Sluková 2012).

Ječná mouka má vyšší obsah popelovin a vyznačuje se až dvojnásobnou absorpcí vody a to díky neškrobovým polysacharidům – β – glukanům a arabinoxylanům. Obsah β – glukanů je nejvyšší ze všech cereálií (Prugar a kol., 2008).

1.3.5 Pohanka

Pohanka (*Fagopyrum esculentum*) pochází z jihozápadní Číny. U nás se pěstují dva druhy pohanky – pohanka setá a pohanka tatarská. Pohanka setá má zrno hnědé barvy, pohanka tatarská má zrna zelená (Momčilová, 2012). Pohanka je druh teplomilné rostliny, která se vyznačuje listy srdcového tvaru. V Evropě se pěstuje nejen jako léčivá bylina, ale také jako funkční potravina s vysokou nutriční hodnotou (Soukupová a Vaničková, 2008). Plodem pohanky je hladká trojboká nažka s celokrajnými hranami. Barva závisí na odrůdě. Může být šedá, mramorová, hnědá, fialová až černá. Povrch nažky je tvořen dvěma nesrostlými blánami a to oplodím a osemením. Pod osemením se nachází endosperm, který tvoří 70 % hmotnosti nažky. Uprostřed endospermu je na průřezu patrný zárodek. Pohanka patří do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*) a je to jednoletá dvouděložná rostlina. U nás se pěstuje hlavně v ekologickém zemědělství a zaujímá jen 0,12 % orné půdy (Moudrý, 2005).

Pohanka se řadí do tzv. pseudocereálií. Pseudocereálie se řadí mezi alternativní plodiny, které mají za úkol zpestřovat potravní nabídku. I když nepatří botanicky do čeledi lipnicovitých, zpracovávají se podobným způsobem (Prugar a kol., 2008). Z pseudocereálií je nejrozšířenější pohanka. Mezi pseudocereálie však patří také laskavec amarant nebo quinoa – merlík čínský (Příhoda a kol., 2003).



Obr. 6. Pohanka setá

(<http://www.fiftyfifty.cz/img/article/2008/03/c8028169.jpg>)

1.3.5.1 Chemické složení pohanky

Pohanka neobsahuje lepek a je proto vhodnou potravinou pro osoby trpící celiakií. Pohanka obsahuje významnou látku – rutin. Jeho obsah klesá v řadě květ – list – zrno (Momčilová, 2012). Pohanka je zdrojem draslíku, fosforu, mědi, železa, selenu a vitamínů skupiny B a tokoferolu (Soukupová a Vaníčková, 2008). Při srovnání pohanky a jiných pseudocereálií (amarant, quinoa) má pohanka více škrobu a bílkovin (12 %). Nejvíce tuku je v klíčku ale také v endospermu, přibližně 1,5 – 3,7 %. Ze sacharidů je nejvíce zastoupen škrob, který zaujímá 51 – 67 % hmotnosti nažky. V porovnání s jinými obilovinami pohanka obsahuje poměrně málo vlákniny, ale vykazuje vyšší obsah rozpustné vlákniny. Pohanka je cenným zdrojem minerálních látek, obsah se pohybuje kolem 2,5 % (Moudrý, 2005).

1.3.5.2 Význam pohanky ve výživě

Pohanka se řadí mezi funkční potraviny, její konzumace má pozitivní dopad na lidské zdraví. Potlačuje karcinogenezi tlustého střeva, snižuje krevní cholesterol, působí proti vysokému tlaku a v neposlední řadě má vysokou nutriční hodnotu. Konzumace pohanky je vhodná především pro osoby trpící celiakií. Pohanka je ale také známým alergenem, alergie se může projevit kopřivkou nebo rýmou (Prugar a kol., 2008).

Díky vysokému obsahu rutinu, dříve označovaného jako vitamín P, má pohanka výrazný účinek na lidské zdraví. Vykazuje antioxidační aktivitu, má protizánětlivé, antimutagení a antikarcinogenní účinky. Působí na uvolnění hladkého svalstva. Pohanka posiluje imunitní systém, reguluje krevní srážlivost a zvyšuje pružnost cévních stěn (Moudrý, 2005). Rutin obsažený v pohance posiluje působení vitamínu C a zvyšuje elasticitu krevních kapilár. Konzumace pohanky zvyšuje imunitu, je doporučována při detoxikačních kúrách, snižuje riziko infarktu (Zemanová, 2010).

1.3.5.3 Využití pohanky v potravinářství

Pohanka má široké spektrum využití – konvekční a dietní potravina, bylinná droga (surovina pro farmaceutický průmysl), meziplodina k obnovení půdní úrodnosti, jako krmivo, medonosná plodina. Hlavní uplatnění má však v lidské výživě. Loupaná pohanka je lehce stravitelná, je zvláště vhodná při cévních obtížích. Obsahuje také značné množství lecitinu (0,5 %), významné látky pro podporu mozkové kůry. Jelikož neobsahuje lepek je vhodná pro osoby trpící celiakií. V obchodech lze nakoupit pohanku loupanou i neloupanou, lámanku, krupici, ale i mouky – tmavé i světlé. Pohanka se přidává také do pekařských vý-

robků – výroba pohankového chleba, křehkého chleba s pohankou, pohankového toastu (Moudrý, 2005).

2 MLÝNSKÁ A PEKÁRENSKÁ TECHNOLOGIE

2.1 Mlýnská technologie

Obilná zrna a luštěniny byly od pradávna součástí základní potravy člověka v mírném pásu. Obilná zrna byla používána k výživě celá nebo drcená (včetně slupky a klíčku). Celá zrna se semílaly na kamenných mlýnech na šrot nebo mouku, určených k rychlé spotřebě. V 19. století se lidé s průmyslovou revolucí začali stěhovat do měst a tím došlo i k průmyslově vyráběné mouce. Mlynáři se snažili prodloužit skladovatelnost mouky a postupně se začaly z mouky odstraňovat klíčky a obalové vrstvy zrna. Tím došlo také ke zjemnění pečiva. Na druhou stranu se z mouky vytratily nutričně cenné látky. Bílá mouka se postupně stala znakem blahobytu, celozrnná mouka zůstala pokrmem chudých (Momčilová, 2012).

Cílem mlýnské technologie je vymlet maximální podíl endospermu. Kontrolní činnost ve mlýnech je zaměřena zejména na sledování vstupních surovin, meziproductů, hotových výrobků, ale také na kontrolu vlastního technologického procesu (Pažout a kol., 2012).

Mlýnská technologie zpracovává obilí na výrobky jedlé (mouky, krupice) i na výrobky krmné (krmné mouky, otruby). U nás jsou hlavními surovinami tradičně pšenice a žito (Hrabě a kol., 2007). Roční produkce představuje asi 1 200 milionů tun pšenice a 180 tisíc tun žita. Samozřejmě nechybí ani zpracování jiných obilovin, nejčastěji ječmene, ovsa, pohanky, kukuřice.

Hlavním úkolem mlýnské technologie je oddělit obalové vrstvy od endospermu a to postupným drcením zrn s následným vytríděním podle velikosti. Každá obilovina vyžaduje jiný postup zpracování (Pažout a kol., 2012). Mlýnská technologie se rozděluje do několika na sebe navazujících úseků:

- **Příjem obilí**
- **Skladování obilí**
- **Čištění obilí a příprava k mletí**
- **Vlastní mletí**
- **Skladování a expedice mlýnských výrobků**

Podle Vyhlášky č. 333/1997 Sb. se obilným mlýnským výrobkem rozumí výrobek získaný zpracováním jednoho nebo více botanických druhů obilovin, pohanky nebo rýže, získaný vícestupňovým mlýnským postupem. Moukou se rozumí obilný mlýnský výrobek získaný

mletím obilných zrn, pohanky a rýže, tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a podle druhu použité obiloviny, pohanky nebo rýže. Mezi mlýnské obilné výrobky se řadí mouka, která se dělí na mouku hladkou, polohrubou, hrubou a celozrnnou.

2.1.1 Příjem a skladování obilí

Při příjmu obilovin se kontroluje kvalita, ta je základem pro standardizaci mlýnských výrobků. Při vstupní kontrole se odebírají vzorky pro určení jakosti. Po období sklizně jsou zrna v období dormace a posklizňového dozrávání. Přirozenou úlohou zrna je stát se zárodkem nové rostliny (Pažout a kol., 2012).

Dnes převažuje skladování v silech. Pro zachování kvality zrna je potřebné v co největší míře omezit a zpomalit veškeré životní pochody obilek. Cílem je obilné zrno uvést do stavu tzv. anabiosy. Nesmí však dojít k umrtvení zrna. Míra životních pochodů obilek závisí především na dvou zásadních faktorech – na vlhkosti a na teplotě. Vlhkost skladovaného obilí by při normální teplotě neměla přesahovat 14 %. Při zhoršených povětrnostních podmínkách mají zrna vyšší vlhkost, proto se před vlastním skladováním suší na požadovanou vlhkost (Kadlec a kol., 2002). Vysušení zrn se provádí buď teplým vzduchem v sušárně nebo aktivním větráním.

Zrna nesmí ztrácet při skladování kvalitu, skladují se v suchém stavu a pravidelně se provádí kontrola kvality. Je dokázáno, že zrna, která putují hned ke zpracování, jeví horší mlýnské i pekařské vlastnosti. Zrna je potřebné ponechat 3 – 6 týdnů dozrát (Pažout a kol., 2012).

2.1.2 Čištění obilí a příprava k mletí

Čištění a příprava zrn k mletí probíhají v částech mlýna, kterým se souhrnně říká čistírna. Hlavním krokem je sestavení směsi na zámel. Tato směs se čistí a třídí. Obilí z různých partií se smíchá tak, aby vlastnosti směsi odpovídali co nejvíce pro dané účely zpracování. Směs na zámel se připravuje přímo nebo nepřímou (Kadlec a kol., 2002; Pažout a kol., 2012).

Cílem je oddělit hrubé příměsi, zrna jiných obilovin, semena plevelu nebo poškozená zrna. Jednotlivé operace lze podle fyzikálních principů, podle kterých pracují, rozdělit na:

- **Třídění na sítích a triérech**
- **Aerodynamické třídění**
- **Třídění na základě rozdílné hustoty zrn a nečistot**

- **Magnetické odstraňování kovových příměsí**

Odkaménkovač je stroj, který odděluje od sebe částice o stejné velikosti ale rozdílné hustotě. Triéry slouží k odstranění zrn stejné hmotnosti, ale jiného tvaru. Na konec zrna procházejí přes magnetický separátor.

Další technologickou operací je hydrotermická úprava, která spojuje působení vody a tepla. Zrna se v nakrápěči nakrápí vodou, dochází k dokonalému promísení zrna a vody a následně se nechá odležet. Další povrchové úpravy zahrnují loupání na dvou loupacích strojích a kartáčování na jednom stroji. Máčení zrn před mletím má svůj technologický význam – umožňuje správné vymílání (Pažout a kol., 2012).

2.1.3 Vlastní mletí

Vlastní proces mlýnského zpracování se skládá ze dvou základních operací – drcení meliva a třídění produktů. Tato operace se několikrát opakuje a nazývá se mlecím chodem nebo pasáží. Každý mlecí chod se skládá z drcení meliva a následného vytřídění podle granulace. K třídění meliva slouží rovinné vysévače, které jsou tvořené sestavami sít. Z každé pasáže se získává široké spektrum roztríděných produktů, jedním z nich jsou i tzv. pasážní mouky, ze kterých se následně míchají obchodní mouky (Kadlec a kol., 2002; Pažout a kol., 2012).

2.1.3.1 Mletí pšenice

Mletí pšenice má tři etapy:

- **Šrotování**
- **Luštění krupic**
- **Vymílání**

Úkolem šrotování je šetrně otevřít zrna, oddělit endosperm od obalových vrstev v hrubších částech s nízkým výtěžkem pasážní mouk. Luštění krupic zahrnuje drcení vytříděných a vyčištěných krupic. Při vymílání se drtí čistý endosperm na požadovanou granulaci. Obecně se zařazuje 5 šrotových, 4 – 5 luštících a 6 a více vymílacích pasáží. Celkově se počet pasáží pohybuje v rozmezí 15 – 20 (Pažout a kol., 2012). Mletí pšenice a žita je odlišné. Pšenici lze snadno zbavit obalových vrstev od endospermu. Pšenice se mele šetrněji, tzv. na vysoko (Kadlec a kol., 2002).

2.1.3.2 Mletí žita

Technologie mletí žita je jednodušší než technologie mletí pšenice. Obecně se zařazuje 4 – 5 šrotovacích, 1 – 2 krupicové pasáže bez čištění. Celkový počet pasáží je 7 – 10. U žita je odstranění obalových vrstev od endospermu obtížnější, proto se mele násilněji, tzv. na plocho. Cílem je získat z každé pasáže co nejvíce pasážní mouky (Pažout a kol., 2012).

2.1.4 Výroba celozrnné mouky

Výtěžnost mouky se vyjadřuje v procentech vůči původní hmotnosti zrna. Čím vyšší je stupeň vymletí tím je větší podíl obalových částí v mouce, což má za následek vyšší obsah popelovin. Stupeň vymletí obilných výrobků se shoduje s obsahem minerálních látek a udává, jaký podíl mouky byl získán ze 100 dílů obilí. Nízký stupeň vymletí mají velice jemné mouky (40 – 75 %), vysoký stupeň vymletí mají mouky celozrnné nebo šrot. (Pažout a kol., 2012). Celozrnná mouka je mleta z celého zrna, přirozeně tedy obsahuje všechny prospěšné látky vyskytující se v obilovinách. Podle způsobu mletí obsahuje celozrnná mouka klíček celý nebo jeho podstatnou část. Mele se na ocelových válcích nebo tradičním způsobem na kamenném mlýně. Důležitým krokem při výrobě celozrnných mouk je kvalitní čištění zrn. Je nutno vytřídit zrna poškozená, nedozrálá a jiné příměsi. Zrna se lehce shora obrušují. Tento proces nahrazuje mytí. Vyčištěná celá zrna se semelou, mouka se prosévá podle granulace a balí pro zákazníky. Celozrnné mouky lze vyrábět i přidáním otrub do mouky bílé. Důležité je uchování mouky kvůli tukům z klíčků. Aby nedocházelo ke žluknutí, mouka by se měla skladovat do teploty 15 °C v suchu a chladu. K dostání je nejběžněji celozrnná mouka mletá na válcovém mlýně, specialitou jsou ovšem mlýny kamenné. Obecně platí, že celozrnná mouka je zdravější než mouka bílá. Každá celozrnná mouka se chová trochu jinak, má svoji charakteristickou vůni a chuť (Zemanová, 2010).

2.1.5 Výroba ovesných vloček

Surovinou jsou zrna ovesa potravinářského i nahého, která musí odpovídat příslušné normě. Nejdříve se zrna zbaví nečistot a příměsí (vzduchové oddělení lehkých nečistot, odkaménkovač, feromagnetická kontrola), dále se zrna vytřídí na 3 velikostní frakce a následuje loupání. Dalšími technologickými operacemi jsou broušení ovesné rýže, kondicionování, napařování (90 – 95 °C), vločkování na válcových stolicích a chlazení vloček. Následně

vločky procházejí opět přes magnetický separátor a balí se do spotřebních obalů a expedují. Vedle ovesných vloček se také vyrábí ovesná mouka. Principem výroby je mletí ovesných vloček na válcovém stroji s následným proséváním (Kadlec a kol., 2002). Ovesné vločky se vyrábí o tloušťce 0,5 – 0,7 mm. Jemné ovesné vločky se získávají příčným řezáním ovesné rýže, proto jsou drobnější a slabší (Příhoda a kol., 2003).



Obr. 7. Ovesné vločky

(<http://www.muslimanie.cz/data/m/ovesne-vlocky.jpg>)

2.1.6 Výroba ječných krup

Z ječmene se vyrábí kroupy o různé velikosti (velké, střední, zabijačkové, malé), krupky (perličky, lámanka) a ječná krupice. Lámankou se rozumí drcené kroupy netříděné. Perličky jsou drobné krupky o velikosti 1 – 2 mm. Podle Vyhlášky č. 333/1997 Sb. se ječné kroupy dělí na perličky, lámanku, malé kroupy a ostatní kroupy. Technologické operaci při čištění zrn ječmene jsou obdobné jako u čištění zrn ovsa. Po očištění se zrna loupají, brousí, leští a na sítích se třídí podle velikosti. Na závěr procházejí feromagnetickou kontrolou a výrobky se balí do spotřebitelských obalů a expedují. Ve mlýnech se vyrábí i ječná krupice, která se získává drcením vyčištěného ječmene (Kadlec a kol., 2002).



Obr. 8. Ječné kroupy

(<http://www.skola-hubnuti.cz/wp-content/uploads/2012/12/kroupy.png>)

2.1.7 Zpracování pohanky

V souvislosti s lidskou výživou má největší význam pohanka loupaná (tzv. kroupy), krupice a v menší míře mouka. Obtíže při zpracování pohanky vyplývají z tvaru zrna. Pohankové zrno musí být před vlastním zpracováním důkladně očištěno a zbaveno všech příměsí. Dále se nažky musí zbavit plev, kterými jsou obaleny. V současné době se používá dvou mechanických postupů a to mechanické nebo termické loupání. Mechanické loupání zachovává původní chuťové vlastnosti a vysokou dietetickou hodnotu. Principem je opakované broušení obalových vrstev nažky mezi mlýnskými kameny. Při termickém loupání se pohanka napařuje v napařovacím šneku, kde dochází ke zvlhčení zrna. Následně se prudce osuší. Touto úpravou se sníží soudržnost obalových vrstev a endospermem a jeho zpevnění. Při dalším opracování se méně drobí a kroupy mají lepší tvar. Před vlastním loupáním se pohanka třídí do 5 – 6 frakcí podle velikosti. Cílem loupání je odstranit pluchy ze zrna a dosáhnout co nejvíce nepoškozených krup. Při loupání zrn se získává přibližně 65 – 70 % krup a 2 – 5 % lámanky, ty se mohou následně semlít na pohankovou mouku (Pelikán, 2001; Anonym 2).



Pohanková mouka - celozrnná

Obr. 9. Pohanková mouka

(<http://www.revolucni-vyziva.cz/banery/pohanko-mouka.jpg>)

2.2 Pekárenská technologie

Na mlýnskou technologii navazuje technologie pekárenská, jejímž účelem je vyrábět konzumní chléb a různé druhy pečiva (Hrabě a kol., 2007).

Podle Vyhlášky č. 333/1997 Sb. se běžné pečivo dělí na pečivo pšeničné, žitné, žitno – pšeničné, pšenično – žitné, celozrnné, vícezrnné a speciální. Běžným pečivem se rozumí tvarovaný pekařský výrobek vyrobený z pšeničné nebo žitné mouky anebo z jiných obilných mlýnských výrobků, přísad a přídatných látek, který obsahuje nejméně 8,2 % bezvodého tuku a méně než 5 % cukru, vztaženo na celkovou hmotnost obilných mlýnských výrobků. Pšeničné pečivo musí obsahovat min. 90 % mlýnských výrobků z pšenice, žitné pečivo min. 90 % mlýnských výrobků ze žita. Žitno – pšeničným pečivem se rozumí pekařský výrobek vyrobený min. z 50 % mlýnských výrobků ze žita a min. 10 % mlýnských výrobků z pšenice. Pšenično – žitné pečivo naopak musí obsahovat min. 50 % mlýnských výrobků z pšenice a min. 10 % mlýnských výrobků z žita. Celozrnné pečivo musí obsahovat z celkové hmotnosti mlýnských výrobků min. 80 % celozrnné mouky nebo jim odpovídající množství upravených obalových částic z obilky. Do těsta vícezrnného pečiva se přidává min. 5 % jiných výrobků než z pšenice nebo žita, luštěniny nebo olejniny.

2.2.1 Suroviny

Mezi základní pekárenské suroviny se řadí mouka, voda, sůl a droždí. Další suroviny nejsou pro přípravu těst nezbytně nutné, ale mají zlepšující charakter. Řadí se sem vejce, cukr, tuk, mléčné výrobky (mléko, máslo, sýry), barvicí látky (karamel, cikorka) a různá semínka (lněné, sezamové, oříšky, ovesné vločky aj.). V současné době se do těsta přidává celá řada zlepšovatel – enzymy, emulgátory, oxidanty, látky vážící vodu aj. Recepturní poměr surovin jednotlivých složek se v recepturách předepisuje v procentech na celkovou hmotnost mouky (Kadlec a kol., 2002).

Kvalitu finálního výrobku předurčuje mouka. Ta ve většině těst tvoří 60 % a více z celkové hmotnosti. Základem pro většinu pekárenských výrobků je mouka pšeničná a žitná o různém stupni vymletí. Síla mouky je dána kvalitou a množstvím lepku.

Voda je základní surovinou a používá se voda pitná. Tvrdost vody (obsah rozpuštěných vápenatých a hořečnatých iontů) má vliv na těsto. Měkká voda dává volnější a lepkavé těsto, tvrdá voda zpomaluje fermentaci a ztužuje lepek. Proto se jeví jako nejlepší použít vodu středně tvrdou.

Další technologicky důležitou surovinou je sůl. Ta se do těsta přidává nejen jako chuťová přísada, ale také jako regulátor důležitých technologických procesů. Přídavek soli má vliv na reologické vlastnosti těsta, ztužuje konzistenci lepkové bílkoviny, ale současně také brzdí fermentaci a činí těsto tužším. Neosolené těsto rychle překeře a roztéká se, naopak přesolené těsto špatně keře a dává výrobky o malém objemu se špatnou pórovitostí. Sůl se přidává v množství 1 – 2 % na hmotnost mouky. Do těsta se používá sůl jemně mletá, na posypání výrobků se používají solné krystalky (Pažout a kol., 2012).

Nakypření těsta je technologicky důležitý úkol, protože se vytváří struktura charakteru tuhé pěny. Kypřit se může třemi způsoby a to biologickou cestou pomocí kvasinek *Sacharomyces cerevisiae*, chemickou cestou nebo mechanickou/termicko – mechanickou cestou (Kadlec a kol., 2002).

Základem tradičního kvasu byla mouka a voda, tato směs po čase začala kvasit (fermentovat) a to díky bakteriím a kvasinkám přítomných ze vzduchu. Kvas dokáže chléb přirozeně konzervovat (Zemanová, 2010). Dnes se však od používání kvasu upouští a je nahrazován droždím. Důležitým ukazatelem droždí je jejich aktivita, která se sleduje prostřednictvím objemu uvolněného oxidu uhličitého nebo nárůstem objemu pečiva. Do těsta lze použít droždí čerstvé lisované, granulované, aktivní sušené nebo instantní sušené droždí. Z ekonomických důvodů se nejčastěji používá čerstvé lisované droždí (Pažout a kol., 2012).

Do těsta se přidávají také různé přídatné látky, např. emulgátory, hydrokoloidy, konzervační látky aj. Emulgátory jsou látky, které umožňují vznik stejnorodé směsi dvou a více nemísitelných kapalin. Podporují vznik a stálost emulzí tuku a vody, které se vyskytují ve většině těst. Emulgátory mohou být recepturní složkou (např. vaječný žloutek) nebo aditivem. Dochází k rozptýlení tuku v těstě, ke zlepšení zpracovatelnosti těsta ale také ke zpevnění struktury těsta. Dalšími zlepšujícími látkami jsou hydrokoloidy. Jejich významnou vlastností je schopnost vázat velký objem vody. Zvyšují schopnost těsta i střídy poutat vodu. Mezi hydrokoloidy se řadí např. kaseináty, mléčné bílkoviny, vitální lepek, arabská guma, modifikované škroby aj. Z konzervačních látek je povoleno použití kyseliny sorbové, oxidu siřičitého a jeho sloučenin, kyseliny propionové a jejích solí. Z enzymových preparátů se v pekárenské technologii pro zvýšení objemu výrobku, zlepšení barvy kůrky, zlepšení textury střídy a zpomalení stárnutí výrobků používá amylasa (Kučerová, 2004).

2.2.2 Příprava těsta

Pro vedení těst existují dvě formy:

- **Nepřímé vedení**
- **Přímé vedení**

Nepřímé vedení je tradičním způsobem vedení těsta. Nejdříve se připravuje kvasný předstupeň. V minulosti tento způsob vedení byl velice rozšířen. Smícháním mouky, vody, droždí a sladu se získal omládek, který se nechal 1 – 2 hodiny prokvasit a následně se smíchal se zbytkem mouky, vody, soli a zbylých surovin podle receptury. Tento způsob vedení těsta se z časových důvodů ve velkovýrobnách nepoužívá. **Přímé vedení** je dnes ve velkovýrobnách velice rozšířené. Všechny suroviny se smíchají v těsto tzv. „na záraz“. Při hnětení těsta dochází ke spojování surovin, tomuto procesu se také říká vývin těsta. Po vyhnětení dochází ke kvašení. Vzniklé těsto se nechá 120 – 150 minut zrát (Kadlec a kol., 2002).

2.2.2.1 Pšeničné těsto

Bílkoviny pšenice se výrazně liší od ostatních rostlinných bílkovin svou schopností tvorby pružného gelu – lepku. Lepek se skládá z gliadinu a gluteninu. Chemické složení lepku a koloidně chemický stav bílkovin ovlivňují jeho fyzikální vlastnosti – bobtnavost, pružnost, tažnost a plasticitu. Lepek vytváří konstituci těsta tím, že vytváří trojrozměrnou síť peptidických řetězců. Tyto řetězce jsou vzájemně pospojovány různými můstky a vazbami, nejdůležitější jsou však disulfidické můstky mezi jednotlivými aminokyselinami (Hrabě a kol., 2007). Trojrozměrná síť lepkové bílkoviny se vytváří při procesu hnětení těsta. Lepek dodává těstu pružnost a tažnost (Kadlec a kol., 2002).

2.2.2.2 Žitné těsto

Žitná bílkovina je odlišná od bílkoviny pšeničné a není schopna sama vytvářet trojrozměrnou síť. Lepku napomáhají žitné pentosany. U žitné mouky se hodnotí amylasso – škrobový komplex. Pokud je vysoká aktivita enzymů, cukry se rychle přeměňují na maltosu a dextriny a napadají narušená škrobová zrna. Tím se zhoršují zpracovatelské vlastnosti. Znamená to, že pokud dojde brzy po uhnětení těsta k bouřlivé fermentaci, kvasinková aktivita se brzy vyčerpá a v závěru výrobek ztratí objem a po tvarování se těsto propadne. Amylasso – škrobový komplex se měří amylografem. V důsledku drsnějšího vymílání žitné mouky obsahuje žitná mouka více narušených škrobových zrn, které při pečení dříve mazovají.

Proto má žitné těsto charakter vysoce viskózní kapaliny. Vykazuje také menší pružnost a je podstatně lepivější (Kadlec a kol., 2002).

2.2.3 Kynutí, tvarování a pečení

Po vykynutí těsta se těsto dělí na klonky o takovém objemu, který po upečení dává požadovanou hmotnost finálního výrobku. K dělení na klonky slouží speciální plotna s ruznicí opatřenou noži, která těsto naklonkuje. Před tvarováním se klonky nechávají 2 – 10 minut předkynout. Poté se tvarují na požadovaný tvar a na vozíku se výrobky nechávají dokynout 20 – 40 minut. Poslední operací je sázení výrobků do pece. Proces pečení je energeticky nejnáročnější operací v pekárně.

Při pečení dochází k mnoha změnám. Při teplotách nad 60 °C dochází k denaturaci bílkovin. Bílkoviny následkem denaturace uvolní dosud vázanou vodu, kterou přijímá škrob, který začíná mazovatět. Těmito procesy se vytvoří správná střídka. Část vody se vypaří, ale k tomu, aby voda neunikala a byla přítomna pro škrob, zabraňuje kůrka. Před sázením do pece se výrobky ovlažují vodou, která se při sázení do pece rychle odpaří a tím vznikne těžko propustná kůrka. Při pečení dochází k tvorbě barevných látek – Maillardova reakce a karamelizace. Pečení má několik fází a to zapékání, pečení a dopékání.

Při zapékání jsou výrobky vystaveny nejvyšším teplotám, pro chléb 280 – 240 °C, pro běžné a jemné pečivo se volí teploty nižší, 240 – 200 °C. Postupně se teplota snižuje a na závěr se výrobky dopékají při teplotách kolem 200 °C. Po upečení se výrobky nechají zchladnout na vozících. Pokud se chleby krájí, musí být na kráječi naprosto vychladlé. V malovýrobnách se většinou vozí vozíky s výrobky rovnou do pece. Velkovýrobny mají průběžné pece, kde na jedné straně se výrobky sází do pece a na konci z pece vycházejí upečené výrobky (Kadlec a kol., 2002).

2.2.4 Výroba běžného pečiva

Při výrobě běžného pečiva se používá kontinuální hnětač, který všechny suroviny podle příslušné receptury hněte v těsto. Doba kynutí se různí a je závislá na mnoha faktorech – kvalita mouky, množství droždí, teplota prostředí, způsob hnětení. Během zrání těsta se těsto 2 x přetuzuje k vypuzení oxidu uhličitého a ke stimulaci kvasinek čerstvým vzduchem. Takto připravené vyzrálé těsto se dělí na klonky a po krátkém nakynutí se tvarují do požadovaného tvaru ručně nebo strojově.

Nejběžněji používaným strojem na tvarování běžného pečiva je tzv. rohlíkový stroj. Klonek těsta je dvěma páry rozvalovacích válců vytvarován na placku, která se následně svine na rohlík mezi dvěma pásy protisměrným pohybem. Při tvarování housek a hvězdiček se vyrábějí požadované tvary pomocí raznic.

Vytvarované výrobky se nechávají kynout v uzavřené kynárně s teplotou 30 – 35 °C přibližně 45 minut. Před sázením do pece se jejich povrch různě upravuje – vlaží se vodou a sype posypkou (sůl, mák, kmín, semínka).

Výrobky se po celou dobu pečou v zapařeném prostoru. Doba pečení výrobků s hmotností 45 g je cca 12 – 13 minut, veky o hmotnosti 400 – 480 g přibližně 18 – 20 minut (Hrabě a kol., 2007).

3 CHARAKTERISTIKA CELOZRNNÝCH MOUK A CELOZRNNÉHO PEČIVA

3.1 Celozrnné mouky

Zrna obilovin se skládají ze tří částí – obal, endosperm a jádro. Obal (otruby) je zdrojem vlákniny ale také minerálních látek. V endospermu je zastoupen především škrob a bílkoviny. Klíček je zdrojem cenných olejů a v nich rozpuštěných vitamínů, hlavně vitamínu E. Po staletí se zrno mlelo celé tak, že mouky obsahovaly klíček i obalové vrstvy. Snahou obchodníků a mlynářů bylo získat mouku trvanlivější a postupně se začala vymílat. Výsledkem byla mouka bílá, která byla v minulosti považována za luxus. Bílá mouka má sice delší trvanlivost, ale je ochuzena o vlákninu a důležité živiny (Zemanová, 2010).

3.1.1 Chemické složení celozrnné mouky

Chemické složení mouk závisí na druhu mouky, ale obecně se skládají ze škrobu, bílkovin, tuků, vlákniny, minerálních látek a vitamínů.

Nejvíce je v mouce zastoupen škrob. Uplatňuje se především při vyšších teplotách kdy mazovatí. Škrobová zrna se v mouce vyskytují o různé velikosti (malá i velká), porušená i neporušená.

Převážnou část bílkovin tvoří bílkoviny jednoduché – albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny. Lepkové bílkoviny (gliadin a glutenin) s vodou vytvářejí trojrozměrnou síť, která dodává těstu pružnost a tažnost. V žitné mouce se nachází více albuminů a globulinů (přibližně 1/3 všech bílkovin), proto je žitné těsto viskóznější a lepivější a není tak pružné. Malé množství lipidů je v mouce technologicky nutné. Tuk společně s lepem vytváří komplex a podporuje jeho bobtnavost. Stářím mouky vzrůstá množství volných mastných kyselin a tím se přirozeně zvyšuje kyselost mouky.

Hrubá vláknina (celulosa, hemicelulosa, lignin) se nachází hlavně v obalových vrstvách zrna. Ještě donedávna byl zastáván názor, že vláknina v mouce snižuje její jakost, ale přítomnost vlákniny, vzhledem k jejím pozitivním vlastnostem na zdraví člověka, je nezbytná.

Minerální látky neboli popeloviny se vyskytují převážně v obalových vrstvách, proto se jejich obsah zvyšuje u vysoce vymleté mouky, které jsou tmavší.

Pšeničná bílá mouka se vymílá na 70 – 77 %, u chlebové mouky se zvyšuje procento vymletí na 83 % u celozrnné mouky až na 97 %. Žitné mouky se vymílají na 70 – 75 %,

tmavší chlebové na 83 %, u celozrnných mouk je stupeň vymletí až 97 % (počítáno na hmotnost zrna). S vyšším obsahem vymletí se zvyšuje obsah popela, ale i minerálních látek a vlákniny (Skoupil, 1994).

Podle výše vymletí se u pšeničné mouky udává obsah vlákniny:

- 40 % vymleté 0,10 g/kg
- 73 % vymleté 0,20 g/kg
- 94 % vymleté 1,70 g/kg

Pšeničná mouka celozrnná obsahuje 70 – 80 % škrobu, 2 – 5 % zkvasitelných cukrů, 9 – 12 % bílkovin, 0,5 – 2 % lipidů, 0,4 – 1,8 % minerálních látek a 0,1 – 1,8 % vlákniny (Bulková, 2011). Bílá mouka je oproti mouce celozrnné ochuzena řádově o 60 % vápníku, 76 % železa, 85 % hořčíku, 78 % zinku, 77 % vitamínu B1 a 86 % vitamínu E. V celozrnné mouce se vyskytují polysacharidy, které se do krve uvolňují pomalu a postupně během zažívání, proto po konzumu celozrnných výrobků se hladina cukru v krvi drží na stálé úrovni. Jednoduché cukry z bílé mouky ovšem zvyšují hodnotu krevního cukru na jednou (Zemanová, 2010).

3.1.2 Senzorické vlastnosti

Vůně mouky má být charakteristická. Nesmí být zatuchlá nebo nesmí být cítit po chemikáliích ani po plísní. Chut' mouky je typická nasládlá, u výše vymletých mouk je mírně natrpklá až nahořklá. Chut' nesmí být kyselá, žluklá, mýdlovitá, nahořklá zatuchlá nebo plesnivá. Barva mouky je odlišná podle stupně vymletí. Pšeničná bílá mouka je bílá s nažloutlým odstínem. Pšeničná chlebová mouky je bílá se žlutošedým nebo našedlým odstínem. Celozrnná mouka se vyznačuje hnědavým, načervenalým nebo tmavočerveným odstínem. Barva je dána slupkou. Žitná mouka světlá (výrazková) je typicky bílá, žitná mouka chlebová je šedobílá (Bulková, 2011).

Podle Vyhlášky č. 333/1997 Sb. nesmí být bílé mouky běleny chlorem, vlhkost mouky nesmí přesáhnout hodnotu 15 % vlhkosti. Celozrnné mouky smí obsahovat nejvýše 1,9 % minerálních látek.

3.2 Celozrnné pečivo

Chléb a pečivo má v naší výživě dominující úlohu. Druhy chleba, které se pečou v jednotlivých krajinách, se odlišují podle toho, jaké obiloviny se v jednotlivých krajinách

pěstují, ale také podle stravovacích zvyklostí dané krajiny. Pro nás je typický chléb připravený z pšeničné mouky s přidavkem žitné mouky, ale v různých koutech světa jsou základními surovinami pro chléb a různé placky např. oves, ječmen, kukuřice, rýže, proso aj.

Pečivo a chléb vyrobený z nízkovymleté mouky poskytuje lidskému tělu více energie než pečivo a chléb vyrobené z vysokovymleté tmavé mouky. Bílé pečivo také obsahuje více sacharidů a lépe se tráví než tmavé nebo celozitné pečivo. Lehčí trávení je způsobeno lepkem, který se při působení žaludečních kyselin rozpustí a kousky pečiva se v tenkém střevě lépe stráví, ale také pórovitostí střídky – bílý chléb 73 – 83 %, tmavý chléb 51 – 73 % (Szemes a Karovič, 1991).

Celozrnné a vícezrnné pečivo se vyrábí z celozrnné pšeničné a žitné mouky. Do těsta se mohou přidávat otruby, ovesné vločky nebo různá semínka (slunečnicová, sezamová atd.). Hlavním důvodem proč bychom měli do svého jídelníčku zařazovat celozrnné a vícezrnné pečivo je díky 2 – 3 x množství vlákniny. Lněná nebo slunečnicová semínka představují zdroj kvalitních bílkovin a tuků s obsahem omega – 3 – nenasycených mastných kyselin (Kučerová, 2004).

Vědci a lékaři na celém světě upozorňují na nízkou konzumaci celozrnných výrobků a nabádají k jejímu zvýšení. Celozrnné výrobky obsahují hrubou vlákninu, která je nezbytná pro lidské zdraví. Je zdrojem protirakovinových látek, podporuje zdravou funkci střev, odbourává cholesterol. Nedostatek vlákniny se projeví nejprve tělesnou a následně duševní únavou a může vyústit v civilizační choroby - cukrovka, rakovina, nízká odolnost vůči stresu, aj. (Momčilová, 2012).

3.2.1 Senzorické vlastnosti

Podle Vyhlášky č. 333/1997 Sb. se stanoví požadavky na jakost pekařských výrobků. Běžné pečivo a čerstvé běžné pečivo má být pravidelně formované dobře klenuté. Kůrka má mít zlatohnědou barvu, povrch má být čistý, křupavý a bez obnažené střídky. Střídka má být dobře propečená, pórovitá, pružná a stejnorodá. Vůně pečiva má být příjemná pečivo-vá. Chléb a čerstvý chléb má být klenutého tvaru, pravidelně formovaný, čisté kůrky zlatohnědé barvy bez zřetelně obnažené střídky. Střídka má být dobře propečená, pórovitá, pružná a stejnorodá. Výrobky jsou chuti chlebové a příjemné vůně.

Tvar pečiva by neměl být deformovaný, pomačkaný, plochý, nepravidelný nebo rozlámaný. Kůrka nesmí jevit známky připálení, nebo být nedopečená a znečištěná. Střídka by mě-

la být nejideálněji stejnoměrně pórovitá, ne sražená, nedopečená, plesnivá nebo s hručkami mouky a soli.

Snahou obchodníků je co nejvíce prodloužit trvanlivost pečiva a chleba. Jako nejspolehlivější způsob se jeví hotové pekařské výrobky zamrazit. Pod teplotu $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ se zastaví retrogradace škrobu a tím se zpomalí proces stárnutí pečiva. Chlazení na požadovanou teplotu by mělo proběhnout do 60 minut. Pekařské výrobky lze tak vyrábět do zásoby a podle potřeby rozpečené nabízet zákazníkům. Výhodou je plynulé zásobování (Bulková, 2011). U nebaleného pekařského výrobku, který byl v hotovém stavu zamrazen a spotřebiteli je nabízen v rozmraženém stavu, se tam, kde je výrobek nabízen k prodeji, viditelně umístí v blízkosti názvu výrobku údaj „rozmrazeno“. U nebaleného pekařského výrobku, který byl dokončen ze zmrazeného polotovaru, se tam, kde se prodává, v blízkosti názvu označí údajem „ze zmrazeného polotovaru“ (Vyhláška č. 333/1997 Sb.)

4 VLÁKNINA

Vláknina potravy byla až do nedávna považována za bezvýznamnou složku potravin. Až ve 20. století se začala vnímat souvislost mezi příjmem vlákniny a různými onemocněními. Na vyvinutí metody pro stanovení vlákniny bylo nejdříve potřebné prostudovat její vliv na gastrointestinální trakt lidského těla (Sandberg, 1982). Význam vlákniny je nesporný. Lékařské zprávy stále podávají nové informace, proč konzumovat více vlákniny. Spotřeba v České republice je brána jako trvale nedostačující. Na příjmu vlákniny se významně podílí konzumace cereálních výrobků (Příhoda a Hrušková, 2007).

Terminologie vlákniny byla předmětem mnoha diskuzí po řadu let. Trowell v roce 1972 definoval vlákninu potravy (Dietary Fiber) jako stavební materiál stěn rostlinných buněk, které nejsou hydrolyzovány lidskými enzymy. Řadila se sem celuloza, necelulose polysacharidy (hemiceluloza, pektin) a lignin. Později, roku 1976, byla tato definice upravena. Vláknina potravy byla definována jako součet rostlinných polysacharidů a ligninu, které nejsou tráveny lidskými enzymy v těle. Pod názvem „komplexní vláknina“ se rozumí vláknina potravy a přidružené látky (vosky, kutin, nestravitelné proteiny nebo jiné substance vázané na buněčnou stěnu). Hrubá vláknina představuje malé množství vlákniny potravy a je definována jako zbytek po kyselé a alkalické extrakci (Sandberg, 1982).

Vláknina je složitý komplex látek rostlinného původu, které se od sebe vzájemně liší svými vlastnostmi. Každá složka vlákniny se významně podílí na nutriční hodnotě potravy. (Lutonská a Pichl, 1983).

Termín „Dietary Fiber“ neboli dietní vláknina se v češtině často nahrazuje výrazem vláknina potravy. Skládá se z rozpustné a nerozpustné vlákniny. Součástí vlákniny potravy je hrubá vláknina (Lutonská a Pichl, 1983).

4.1 Chemická stavba vlákniny

Základem vlákniny jsou polysacharidy. Obecně se polysacharidy dělí na homopolysacharidy a heterosacharidy. Homopolysacharidy jsou složeny výlučně stejným monomerem monosacharidu. Řadí se sem např. amyloza, amylopektin. Heteropolysacharidy se skládají ze dvou a více různých monomerů monosacharidů nebo obsahují jejich deriváty, např. estery cukrů, aminocukry, kyselinu glukuronovou atd. Podle základní funkce rozlišujeme polysacharidy na:

- Zásobní (rezervní) – škrob, neškrobové polysacharidy
- Stavební (strukturní) – celuloza, necelulose polysacharidy (hemiceluloza, pektin)

- Jiná funkce – rostlinné exudáty, rostlinné slizy

Ve výživě člověka se uplatňují mnohem více polysacharidy rostlin než polysacharidy živočichů. Mnohé rostlinné polysacharidy se přidávají do potravin jako aditivní látky a to ve formě přirozené i modifikované (např. modifikovaná celulósa, modifikovaný škrob).

Z výživového hlediska rozdělujeme polysacharidy na:

- Využitelné
- Nevyužitelné (balastní)

Mezi využitelné polysacharidy se řadí škrob, který je základním zdrojem energie. Nevyužitelným polysacharidům se říká souhrnně vláknina potravy.

Vláknina potravy se skládá z:

- Rozpustná vláknina
- Nerozpustná vláknina (Odstčil a Odstčilová, 2006)

Vláknina je tvořena směsí heterogenních látek různého chemického složení, fyzikálních a biologických vlastností a účinků. V potravinách se vláknina vyskytuje přirozeně nebo se do potravin přidává ve formě aditiv.

Vláknina se obecně dělí na vlákninu hrubou a vlákninu potravy (Zamrazilová, 1989).

Jednotlivé složky vlákniny se převážně ale ne úplně zcela nalézají v buněčných stěnách rostlin. Polysacharidy vlákniny lze jednoduše rozdělit na dvě skupiny:

- Celulósa
- Necelulosové polysacharidy

Mezi necelulosové polysacharidy patří hemicelulósa, pektinové substance a ostatní polysacharidy jako jsou např. rostlinné slizy nebo gummy (Sandberg, 1982).

4.1.1 Nerozpustná (hrubá) vláknina

Hrubá vláknina neboli „Crude Fiber“ je definována jako zbytek potravy rostlinného původu, který zůstává po působení kyselin a louhů. Zahrnuje jen některé složky vlákniny – celulosu, hemicelulosy a lignin. Hrubá vláknina je někdy označována též jako vláknina nerozpustná. Je tedy patrné, že hrubá vláknina je součástí vlákniny potravy, která dále obsahuje také látky ve vodě rozpustné (rozpustná vláknina). Poměr jednotlivých složek vlákniny

ny nelze přepočítat v různých potravinách žádným koeficientem, protože tento poměr značně kolísá. Proto se může poměr obou hodnot značně lišit (Zamrazilová, 1989).

4.1.1.1 *Celulosa*

Celulosa je v přírodě nejrozšířenější organická struktura. Jedná se o základní polysacharid vyšších rostlin, zelených řas a hub (Odstčil a Odstčilová, 2006).

Z chemického hlediska celulosa patří mezi homoglykany. Její kostra je tvořena β – D – glukopyranosou. Vlastní stavební jednotkou je disacharid celobiosa, který je tvořen β – D – glukopyranosou spojené vazbou 1 – 4. Postupnou polymerizací vzniká polykondenzát. Ze stupně polymerace vyplývá, že celulosa je makromolekulární sloučenina. Jednotlivé molekuly celulosy tvoří vlákna, která jsou z části pravidelná a vytváří útvary – mikrofibrily. Po vzájemném spojení tvoří fibrily, které jsou základní složkou stěn rostlin a dřevin. Ve stěnách rostlinných buněk vytváří celulosa porézní pletivo spojené dutinkami, které jsou vyplněny dalšími složkami buněčných stěn a to především ligninem a hemicelulosami. Tím se vytváří soustava, která se vzájemně prolíná (Lutonská a Pichl, 1983).

Obsah celulosy je v rostlinách rozdílný. V ovoci se obsah celulosy pohybuje kolem 1 – 2 %, obiloviny a luštěniny obsahují celulosy více 2 – 5 %. U pšeničné mouky se obsah celulosy liší podle stupně vymletí, 0,2 – 3 %. Otruby jsou výborným zdrojem, obsahují až 30 – 35 % celulosy (Odstčil a Odstčilová, 2006). Celulosa je nejvíce zastoupena v obalových vrstvách zrna, kde plní funkci stavební. Proto je kladen větší důraz na konzumaci celozrnných výrobků (Příhoda a kol., 2003).

Celulosa je po chemické stránce nerozpustná ve vodě, ve zředěných kyselinách a ve většinou rozpouštědel. K hydrolyze na rozpustné fragmenty dochází až v koncentrovaných kyselinách (Odstčil a Odstčilová, 2006). Dobře se také rozpouští v amoniakálním roztoku hydroxidu měďnatého (Schweitzerovo činidlo) a v alkalickém roztoku sirovodíku (Lutonská a Pichl, 1983).

Celulosa je štěpena komplexem celulytických enzymů některých organismů (bakterie a plísně) a hub. Souhrnně se označují jako celulasa. Obratlovci vlastní celulasy nemají, proto nedokáží celulosu využít. Trávicí trakt býložravců je však uzpůsoben k trávení rostlinné potravy díky symbiotickým bakteriím (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Celulosa se používá při výrobě potravin také jako aditivní látka. Větší uplatnění než nativní celulosa má modifikovaná celulosa, která se získává částečnou hydrolyzou (mikrokrytalická celulosa) nebo se upravuje na různé deriváty (karboxymethylcelulosa, atd). Používají

se jako potravinová vláknina, emulgátory, plnidla, stabilizátory pěny nebo jako zahušťovač (Odstčil a Odstčilová, 2006).

4.1.1.2 *Hemicelulosa*

Hemicelulosa je společný název pro necelulosové polysacharidy buněčných stěn rostlin. Vyplňují prostor mezi vlákny celulosy (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Hemicelulosy se všeobecně uplatňují v přírodě při stavbě rostlinných pletiv. V komplexu s celulosou zaručují rigiditu pletiv.

Podobně jako celulosa jsou hemicelulosy makromolekulární látky. Řadí se sem lineární polysacharidy. Makromolekuly hemicelulos jsou složeny z relativně malého počtu sacharidů. Těmi základními jsou D – xylosa, D – manosa, D – galaktosa, L – arabinosa, L – fruktosa. Jednotlivé jednotky jsou pospojovány různými typy glykosidických vazeb. Z toho vyplývá, že chemická stavba hemicelulos je značně komplikovaná.

Hydrolyze podléhají v přítomnosti roztoků zředěných kyselin. Účinkem zředěných roztoků alkálií lze určitý podíl hemicelulos vyextrahovat z rostlinného materiálu (Lutonská a Pichl, 1983).

Hemicelulosy lze rozdělit na dvě velké skupiny.

- Heteroglukany
- Heteroxylyany

Mezi heteroglukany patří xyloglukany a β – glukany. Základem xyloglukanů je β – D (1 – 4) – glukán s jednotkami D – xylopyranosy v postranních řetězcích, které jsou vázány na glukosu vazbou α – (1 – 6). V obilovinách je jejich počet menší než např. u ovoce. β – glukany jsou z části nerozpustné i rozpustné ve vodě, jejich rozpustnost závisí na jejich struktuře. Obsah β – glukánů je vyšší v obilovinách než v ovoci. U některých může tvořit až 30 % neškrobových polysacharidů. Jejich obsah v obilovinách klesá v řadě oves – ječmen – pšenice.

Hlavní řetězec heteroxylyanů je tvořen D – xylanopyranosovými jednotkami vzájemně pospojované vazbami β 1 – 4. S ohledem na jejich strukturu se jim říká také arabinoxylany nebo pentosany (Velíšek a Hajšlová, 2009).

V zásadě lze pentosany rozdělit podle rozpustnosti ve vodě na rozpustné a nerozpustné. Nerozpustné hemicelulosy doprovázejí celulosu v buněčných stěnách. Z rozpustných pentosanů je významný žitný pentosan, protože s vodou vytváří v těstě vysoce viskózní roz-

tok. Je schopen na sebe navázat značný podíl vody. Společně se škrobem vytváří základ žitných těst (Příhoda a kol., 2007).

4.1.1.3 Lignin

Lignin je hlavní komponent dřevní hmoty, ale v menší míře se nachází také v ovoci, zelenině a obilí. Otruby obsahují cca 8 % ligninu. V gastrointestinálním traktu se lignin nerozkládá, štěpí se pouze vazby mezi ligninem a ostatními polymery (Velíšek a Hajšlová, 2009). Z hlediska významnosti a funkce nativních biopolymerů buněčných stěn rostlin, zaujímá lignin třetí místo po celuloze a hemiceluloze. Většina nativního ligninu je chemicky vázaná na hemicelulosu a z části i na celulosu. Z chemického hlediska se jedná o trojrozměrný aromatický kopolymer. V molekule ligninu jsou kromě methylových skupin (10 – 21 %) přítomné i volné hydroxylové skupiny. Základní složky ligninu jsou odvozeny od α – fenylpropanu. Lignin tvoří neuspořádaně organické polymery, které se syntetizují z rozdílných typů fenylpropanových jednotek. Přitom se předpokládá, že při biosyntéze nastává nejprve postupná tvorba tzv. fenolických bloků. Složení ligninu je odvozené od jeho funkce v rostlinném pletivu. Po chemické stránce je lignin prakticky nerozpustný v kyselinách a částečně rozpustný v některých rozpouštědlech. Lignin je přirozenou součástí rostlinných pletiv. Obsah ligninu v částech rostlin může dosahovat až 25 % (Lutonská a Pichl, 1983).

4.1.2 Rozpustná vláknina

Rozpustná vláknina (tzv. měkká) má schopnost absorbovat vodu, bobtnat a je hlavním substrátem pro střevní bakterie účastnící se trávení sacharidů. Řadí se sem pektiny, slizy a rostlinné gemy (Soukupová a Vaníčková, 2008).

4.1.2.1 Pektin

Pektin je polysacharidem vyšších rostlin, je zabudován do rostlinných pletiv. Jeho složení je proměnlivé. Základní strukturou je řetězec kyseliny galakturonové, jejíž jednotky jsou více či méně esterifikovány metanolem. Ve vedlejších řetězcích jsou navázány také různé monosacharidy, např. galaktosa, manosa, arabinosa aj. (Odstčil a Odstčilová, 2006).

Pektinové látky se řadí mezi vysokomolekulární polymery. Svoji strukturou se podobají celuloze. Část rostlinných pektinů se dobře extrahuje vodou. Podíl vodorozpustných pektinů je funkcí stupně ontogeneze rostlinného materiálu. V plodech jeho rozpustnost stoupá dozráváním. Podíl, který se nerozpouští ve vodě, se nazývá protopektin. S postupující on-

togenezi přechází protopektin na rozpustný pektin a ten až na kyselinu pektinovou. Tyto procesy mají enzymatický charakter štěpení. Působením pektinázy vznikají z protopektinu rozpustné pektiny, tím že se zmýdelňují esterické vazby pektinu za vzniku kyseliny pektinové se účinkem pektinázy hydrolyzuje až na kyselinu D – galakturonovou. Výskyt pektinu v rostlinách úzce souvisí s jejich funkcí. Tvoří podstatu tzv. střední lamely. Jedná se o buňkové příhrádky, které se tvoří při dělení buněk. Pektiny tvoří mezibuněčnou hmotu, která má funkci tmelu mezi sousedícími buňkami v rostlinných pletivech. I když jsou pektiny obsažené v každé rostlině, variabilita jejich obsahu se značně liší podle jednotlivých částí rostlin. Obecně lze tvrdit, že nejvíce pektinu obsahují plody (Lutonská a Pichl, 1983).

4.1.3 Ostatní složky vlákniny

Mezi ostatní složky vlákninového komplexu patří různé rostlinné gummy a slizy. Pod pojmem rostlinné gummy se rozumí látky, které rostlina vylučuje v místě mechanického poškození. Jedná se o látky hydrofilní povahy, které po styku se vzduchem tuhnou na polotuhé až tuhé hmoty. Z chemického hlediska se jedná o soli vysokomolekulárních kyselin, které mají charakter polysacharidových řetězců. Rostlinné slizy lze definovat jako ve vodě nerozpustné polysacharidy, které při bobtnání vytváří slizovitou hmotu (Lutonská a Pichl, 1983).

4.2 Trávení vlákniny

Lidský organismus nemá enzymy potřebné k trávení vlákniny, ale i přesto je vláknina do značné míry v lidském střevě trávena. Trávení vlákniny umožňují bakteriální enzymy. Celulosa je odbourána enzymem celulasou na oligosacharidy, hemicelulosa je odbourána enzymem hemicelulasou a pektin se degraduje na nižší pektinové složky pektinasou nebo pektinhydrolasou. Tyto procesy jsou ovlivňovány pH prostředím, teplotou, vodní aktivitou i obsahem střeva. Bakteriální degradace vede k produkci plynů a kyselin s krátkým řetězcem ale také energie. Tyto látky jsou však zpětně využívány bakteriemi pro jejich růst a vývoj. Podle výzkumů American Association of Cereal Chemists je trávení vlákniny v žaludku a tenkém střevě značně limitováno, hlavní trávení probíhá v tlustém střevě. V průměru je asi 50 % zkonsumované celulosy využito střevní mikroflórou. Využitelnost celulosy ovšem výrazně ovlivňuje její zdroj, velikost částic, doba průchodu střevem ale také na složení mikroflóry střeva. Celulosa z ovoce a zeleniny je lépe využívána než celulosa z pšeničných otrub (Sandberg, 1982).

4.3 Význam vlákniny ve výživě člověka

Vláknina se dělí na rozpustnou a nerozpustnou. Rozpustná vláknina (tzv. měkká) má schopnost absorbovat vodu, bobtnat a je hlavním substrátem pro střevní bakterie účastnící se trávení sacharidů. Řadí se sem pektiny, slizy a rostlinné gummy. Nerozpustnou vlákninu tvoří celulóza, hemicelulóza a lignin. Tato část vlákniny má významný vliv na vstřebávání sacharidů, tuků a cholesterolu v tenkém střevě. Navyšuje množství sněžené potravy a tím zpomaluje průchod střev a tím dodává dostatek času výživným látkám, aby se uvolnily a vstřebaly do těla (Soukupová a Vaničková, 2008).

Zácpa je časté onemocnění, kterým trpí asi 30 % dospělé populace. Tato porucha nejčastěji postihuje starší věkovou skupinu obyvatelstva. Konzumace přiměřeného množství vlákniny má preventivní účinky proti zácpě.

Uvádí se, že v Evropě až 50 % populace trpí nadváhou. Vláknina se používá jako vhodný doplněk stravy při hubnoucích dietách. Pokrm s vyšším obsahem vlákniny potlačují chuť k jídlu tím, že zaplní žaludek, dodávají pocit sytosti. Doba trávení se zvyšuje a brzy se nedostaví pocit hladu. Důležité je vlákninu včleňovat do jídelníčku postupně, aby mělo tělo dostatek času se přizpůsobit (Anonym 3).

Při trávení sacharidů se v horní části trávicího traktu (žaludku) produkuje glukosa, fruktosa a galaktosa, které se následně absorbují střevní sliznicí. Přítomnost vlákniny redukuje účinnost enzymatické hydrolýzy sacharidů a snižuje se rychlost, kterou vstupuje glukosa do krevního oběhu.

Vláknina má pozitivní vliv také na hladinu cholesterolu. Nerozpustná vláknina na sebe váže žlučové kyseliny a snižuje absorpci tuků a cholesterolu. Rozpustná vláknina snižuje hladinu LDL cholesterolu. Vláknina na sebe váže fekální žlučové kyseliny a zvyšuje exkreci cholesterolu vázaného na žlučové kyseliny (Kohout, 2010).

Rozpustná i nerozpustná vláknina má vliv na zvětšení stolice. Hrubá vláknina zvětšuje stolicí tím, že do své struktury absorbuje molekuly vody. Rozpustná vláknina působí nepřímě. Jelikož je využívána střevními bakteriemi, jen malá část odchází do stolice. Velikost stolice je zvýšena růstem střevních mikroorganismů.

Hrubá vláknina zapříčiňuje tzv. vyprazdňovací efekt tlustého střeva. Zvyšuje peristaltiku střev a na svůj povrch absorbuje toxiny, které vznikají v zažívacím traktu. Tímto principem snižuje riziko vzniku civilizačních chorob. Je dokázáno, že v industriálně nezvinutých afrických zemích, kde je spotřeba cereálií vysoká, je počet lidí trpících civilizačními chorobami značně malý (Kulovaná, 2002).

Pozitivní vliv má vláknina i na prevenci rakoviny tračníku. Nerozpustná vláknina váže na sebe karcinogeny a ty jsou společně s vlákninou vylučovány stolicí. Rozpustná vláknina je substrátem pro bifidogenní bakterie, které produkují mastné kyseliny s krátkým řetězcem. Tyto kyseliny se stávají výživným substrátem pro buňky sliznice tlustého střeva (kolonocyty). Správný růst kolonocytů snižuje rakovinu tlustého střeva (Kohout, 2010). Velká část neškrobových polysacharidů přichází do tenkého střeva v neporušeném stavu. Ve střevě je fermentována střevní mikroflórou za vzniku mastných kyselin. Mastné kyseliny s krátkým řetězcem snižují pH tlustého střeva, inhibují růst patogenních organismů, stimuluje střevní průtok krve a zvyšují absorpci minerálních látek. Snížením pH tlustého střeva se rozpouští nerozpustné minerální soli, zejména vápník, hořčík, železo. Tím se zvyšuje jejich využitelnost (Houdková, 2012).

Americký úřad pro kontrolu léků a potravin (FDA) a Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) oznámily nová fakta, týkající se pozitivního vlivu β – glukánů. Přítomnost β – glukánů ve stravě člověka snižuje koronární onemocnění srdce. Také je dokázáno, že β – glukany regulují glukosu v krevní plazmě a tím výrazně ovlivňují tvorbu inzulinu (Hvizdalová, 2012).

Mezi hlavní funkce vlákniny tedy patří:

- Regulace digesce a absorpce sacharidů v tenkém střevě
- Regulace a absorpce tuků a cholesterolu v tenkém střevě
- Vazba žlučových kyselin na přechodu tenkého a tlustého střeva
- Vazba vody s následným zvětšením střevního obsahu
- Zdroj pro bakterie produkující substráty pro kolonocyty
- Naředění toxického odpadu
- Úprava doby průchodu tráveniny trávicím traktem

Podle výzkumu provedeného v roce 2005 v centru výživy Fakultní Thomayerovy nemocnice v Praze je konzumace vlákniny v české populaci podprůměrná. Sledovaní pacienti byli dotazováni a na základě jejich dvoudenního jídelníčku bylo vyhodnoceno, že průměrná denní konzumace vlákniny činí 11,73 g. Doporučenou denní dávku vlákniny je 30 g. Méně než 25 g vlákniny denně tak přijímá 98 % české populace. Detailnější výsledky ukázaly, že do 10 g vlákniny denně zkonsumovalo 42,93 % pacientů, 10 – 15 g vlákniny denně přijalo 35,06 % pacientů, 15 – 20 % pouze 4,68 % účastníků výzkumu. Množství 25 – 30 g vlákniny zkonsumovalo pouhých 1,38 % pacientů a nad 30 g vlákniny přijalo 0,6 %

pacientů. Výzkum ukázal, že konzumace vlákniny je u české populace podprůměrný a jeho nízký příjem je spojován se vznikem civilizačních chorob (Kohout, 2010).

Zvýšení obsahu vlákniny v dietě je více než žádoucí. Vhodné je upravit stravu a zařadit dostatečné množství ovoce a zeleniny, ale také výrobky z tmavé a celozrnné mouky. V oblasti cereálií lze jako zdroj vlákniny také zařadit vedlejší produkty a odpady z mlýnské technologie jako např. klíčky a otruby.

Na druhou stranu má nadměrný příjem vlákniny nežádoucí účinky. Dokázalo se, že nadměrné množství vlákniny může snižovat resorpci minerálních látek (Lutonská a Pichl, 1983). Nadbytek vlákniny na sebe váže minerální látky a ty bez využití odchází z těla. Zvláště nebezpečný je nadbytek vlákniny pro malé děti a pro osoby s citlivějším zažíváním (Zemanová, 2010). Deficit vápníku, hořčíku, železa nebo zinku byl zjištěn při nadměrné konzumaci vlákniny v kombinaci s kyselinou fytoovou (Prugar a kol., 2008).

4.4 Zdroje vlákniny

V minulých letech byl příjem vlákniny přirozeně vyšší a to díky konzumaci celozrnné mouky. Dnes kvůli převaze bílého pečiva se množství přijaté vlákniny snížil. I pohanka, dříve hojně využívaná k lidské spotřebě, z našich stolů mizí a přitom je pohanka významným zdrojem vlákniny. Mezi potraviny, které obsahují velké množství vlákniny, se řadí především otruby, ovesné vločky, hrách, fazole, celozrnný chléb, neloupaná rýže. Ořechy, zelená zelenina, jablka a tmavý chléb se vyznačují středním množstvím vlákniny. Mezi potraviny s nízkým obsahem vlákniny patří rajčata, salát, okurky, loupaná rýže a bílý chléb a pečivo. Cukr, vejce, mléko, sýry, maso a ryby neobsahují žádnou vlákninu (Anonym 1). Mezi zdroje nerozpustné vlákniny se řadí celozrnné potraviny, otruby, ořechy, semena aj. zdrojem rozpustné vlákniny jsou především luštěniny, dále oves, žito, ječmen, ovoce (jablka, banány), listová a kořenová zelenina a semena jitrocele indického, tzv. pallium (Anonym 4).

5 STANOVENÍ VLÁKNINY

Již v roce 1672 Grew v jeho studii o rostlinných buněčných stěnách mluví o vláknině. Údaje týkající se obsahu rostlinné vlákniny byly však poprvé publikovány Einhofem v roce 1806. V 19. století byly první metody stanovení vlákniny založeny na myšlence nerozpustnosti v kyselinách a zásadách. Zbytku po odmaštění a ošetření kyselinou a následně zásadou se říkalo hrubá vláknina. První metody stanovení byly zpracovány Hennebergem a Stohmannem v roce 1860 a 1864 (Mózsik *et al.*, 1986).

Vlákninou potravy se rozumí zbytek buněk rostlinných pletiv, který nepodléhá hydrolýze alimentárními enzymy a nezměněný prochází zažívacím ústrojím. Každá složka vlákninového komplexu má jinou nutriční hodnotu a utilizace jednotlivých složek ale i celku závisí na typu zažívacího traktu. Chemickou cestou se podíl vlákniny určuje po hydrolýze tenzidy za přesně definovaných podmínek a navazuje na Van Soestovu koncepci, která podle způsobu izolace zavádí pojmy:

- Acido – detergentní vláknina (ADF)
- Neutrálně – detergentní (NDF)

Acido – detergentní vláknina (Acidodetergent Fiber – ADF) je zbytek stěn rostlinných buněk izolovaný po kyselé hydrolýze reagenční směsí cetyltrimetylamonium bromidem v roztoku kyseliny sírové za definovaných podmínek. ADF je tvořena lignocelulosovým komplexem.

Neutrálně – detergentní vláknina (Neutraldetergent Fiber – NDF) je zbytek stěn rostlinných buněk izolovaný po hydrolýze v prostředí roztoku pufru pH 7 a účinné látky laurylsulfátu sodného za definovaných podmínek. NDF je tvořena celulosou, hemicelulosou, a ligninem (Lutonská a Pichl, 1983).

K analýze vlákniny se používají 3 typy metod:

- Gravimetrické metody
- Kolorimetrické metody
- Chromatografické metody

Gravimetrické metody jsou založeny na principu vážení vzorku po extrakci některými činidly. Těmito metodami lze stanovit hrubou vlákninu, ADF a NDF. Kromě rozpouštění v chemických činidlech používají novější metody enzymatické štěpení. Druhým typem metod jsou **kolorimetrické metody**. Na základě barevné reakce lze stanovit celulosu, ne-

celulosové polysacharidy a lignin. Třetí typ metod je založen na principu stanovení jednotlivých složek vlákniny pomocí **chromatografie**. Protože vláknina potravy je tvořena mnoha složkami, dělá potíž vytvořit přesnou chemickou analýzu (Zamrazilová, 1989).

Základním rozdílem mezi kolorimetrickými metodami a chromatografií je ten, že kolorimetrické metody nám udávají celkové množství pentos, pomocí chromatografie se stanoví nejen souhrnné číslo ale také obsah jednotlivých komponentů vlákniny. Nejpoužívanější metodou jak lze individuálně stanovit polysacharidy ve vláknině je použití plynové chromatografie (Holas a Kratochvíl, 1982).

V roce 2007 McCleary popsal metodu rozšířeného enzymatického trávení při teplotě 37 °C, která byla navržena tak, aby simulovala lidské trávení. Poté následuje gravimetrická izolace a kvantifikace nerozpustné vlákniny a také rozpustné vlákniny nerozpustné v etanolu. Rozpustná vlákninová frakce se sráží 78 % roztokem etanolu. Pro kvantifikaci vlákniny rozpustné ve vodě ve vodě i v alkoholu je filtrát zahuštěn, neionizován a znovu zkoncentrován. Posledním krokem analýzy je kapalinová chromatografie. Celková vláknina představuje sumu rozpustné a nerozpustné vlákniny. Tato metoda byla v roce 2011 schválena AACC (Suková, 2012).

Hrubou vlákninu lze v rostlinném materiálu stanovit vážkově po spálení vzorku za předchozí kyselé a zásadité hydrolýze. Vzorek se nechá nejprve povařit s kyselinou sírovou a následně s hydroxidem draselným. Toto stanovení vychází z faktu, že hrubá vláknina nepodléhá kyselé ani zásadité hydrolýze (Pozdíšek a Trojanová, 2011).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 MATERIÁL A METODIKA

Vláknina je důležitou složkou potravin, protože má pozitivní vliv na zdraví člověka. Významným zdrojem vlákniny jsou obiloviny a výrobky z něj, obzvláště celozrnné pečivo. Vlákninou potravy se rozumí zbytek rostlinných pletiv, který nepodléhá hydrolyze alimentárními enzymy. Hrubá vláknina, jako součást vlákniny potravy, není rozpustná v kyselinách ani v zásadách, proto se stanovuje jako zbytek po kyselé a zásadité hydrolyze. Do hrubé vlákniny se řadí celulósa, hemicelulósa a lignin (Lutonská a Pichl, 1983).

6.1 Materiál

6.1.1 Vzorky

Stanovení hrubé vlákniny bylo provedeno celkem u 40 vzorků pečiva. Každý vzorek byl proměřen 2x. Bylo analyzováno:

- pečivo s přidavkem vybraných cereálií (kroupy, oves, pohanka), které bylo vyrobeno v laboratoři na Ústavu vegetabilních potravin jako pekařský pokus
- pečivo získané z běžné tržní sítě

6.1.1.1 Pečivo s přidavkem vybraných cereálií

Pečivo s přidavkem vybraných cereálií bylo vyrobeno v laboratorních podmínkách prostřednictvím pekařského pokusu pomocí přímého vedení. Hlavní surovinou byla celozrnná mouka (celozrnná mouka špaldová a nebo celozrnná mouka žitná). Do mouky byly pak přidány různé dávky vybraných cereálií (kroupy, oves, pohanka). Přidávky cereálií byly pomlety na stejnou hrubost. Jejich koncentrace se ve výrobcích postupně zvyšovala (uvedeno níže).

Jednotlivé koncentrace cereálních přísad byly:

10 %	360 g mouky + 40 g cereálií
20 %	320 g mouky + 80 g cereálií
30 %	280 g mouky + 120 g cereálií
40 %	240 g mouky + 160 g cereálií
50 %	200 g mouky + 200 g cereálií

Použitá receptura pro výrobu celozrnného pečiva:

- 400 g mouky (mouka + přídavek vybrané cereálie)
- 16 g tuku
- 16 g droždí
- 8 g soli
- 240 ml vody

Z připravených surovin se na hnětači (VORTEX) 8,5 minut hnětlo těsto, které následně zráló v termostatu (vlhké prostředí) při teplotě 30 – 32 °C po dobu 15 minut. Následně se těsto rozdělilo na klonky o hmotnosti 70 g a vytvarovalo se do formy bulek. Vytvořené bulky se nechaly vykynout (termostat, 30 – 32 °C, 30 minut). Potom se klonky ovlažily vodou a pekly se při teplotě 250 °C přibližně 15 minut. Po upečení se vzorky pečiva nechaly zchladit. Takto bylo vyrobeno 30 kusů vzorků celozrnného pečiva.

6.1.1.2 Pečivo získané z běžné tržní sítě

V tržní síti bylo nakoupeno běžně dostupné pečivo, které v názvu obsahovalo označení „mnohozrnný“, „celozrnný“ nebo „víceizrnný“ nebo s přídavkem vybrané cereálie (pohanka). Celkem bylo nakoupeno a následně v laboratoři zanalyzováno 10 vzorků pečiva.

Přehled nakoupeného pečiva:

- **Večka pohanková**
- **Rohlík graham Spar**
- **Rohlík víceizrnný**
- **Rohlík slunečnicový**
- **Rohlík multi**
- **Rohlík pohankový**
- **Raženka cereální**
- **Kaiserka s pohankou**
- **Chlebánek celozitný**
- **Kaiserka cereální**

6.1.2 Použité pomůcky, chemikálie a roztoky

Použité pomůcky:

- Fiber Bag
- 1 l kádinky bez výlevky
- Filtrační pytlík
- Skleněná rozpěrka
- Chladič
- Vaříč
- Sušárna
- Muflová pec
- Analytické váhy
- Rychlovarná konvice

Použité chemikálie a roztoky:

- Kyselina sírová $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,13 \text{ mol/l}$
- Hydroxid draselný $c(\text{KOH}) = 0,23 \text{ mol/m}$
- Diethylether s rozsahem varu $40 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$

6.2 Metodika

Stanovení hrubé vlákniny se skládá z několika následujících kroků:

- **Zvážení filtračního pytlíku a vzorku**
- **3 x přemytí diethyletherem**
- **Var s H_2SO_4 , 30 minut**
- **Vymytí zbytků kyseliny vřící vodou**
- **Var s KOH, 30 minut**
- **Vymytí zbytků hydroxidu vřící vodou**
- **Sušení, $105 \text{ }^\circ\text{C/noc}$**
- **Zpopelnění, $600 \text{ }^\circ\text{C}$, 4 hodiny**
- **Zvážení popela**
- **Výpočet**

Popis metodiky

Prvním krokem při stanovení hrubé vlákniny je příprava pomůcek a potřebných chemikálií. Na analytických váhách se zváží hmotnost jednotlivých filtračních pytlíků (Fiber Bagů). Následně se zváží 1 g vzorku a vloží se do Fiber Bagu. Fiber Bag se vzorkem se nasadí do karuselu s rozpěrkami a v litrové kádince bez výlevky se 3x přemyje studeným diethyletherem s rozsahem varu 40 – 60 °C. Tento krok je potřebný ke zbavení tuků ze vzorků. Následně se Fiber Bagy se vzorky nechají přibližně 2 minuty osušit. Dalším krokem je vaření vzorků s kyselinou sírovou ($c = 0,13 \text{ mol/l}$) na vařiči. Doba varu je 30 minut a stopuje se od počátku varu. Před vlastním zahříváním je potřeba mít zapnutý chladič, který chladí kádinku, ve které je karusel se vzorky. Zbytek kyseliny sírové se odstraní přelitím vřící vodou, celkově 3x. Následně se vzorky nechají vařit s hydroxidem draselným ($c = 0,23 \text{ mol/l}$). Doba varu je 30 minut a stopuje se od počátku varu. Opět je nutné mít zapnutý chladič. Vymytí zbytků hydroxidu draselného se provede vřící vodou, celkově 3x. Fiber Bagy se dají na připravená a popsaná hodinová sklíčka, ve kterých se následně suší v sušárně. Sušení probíhá při teplotě 105 °C, ideálně přes noc. Hodinová sklíčka se vzorky se následující den nechají zchladit v exsikátoru minimálně po dobu 30 minut. Vysušené Fiber Bagy po vyvaření se zváží na analytických váhách. Zváží se i jednotlivé spalovací kelímky, které je potřeba také popsat. Vysušený a zchlazený Fiber Bag se nechá v příslušném spalovacím kelímku zpopelnit v muflové peci (600 °C/4 hod). Spalovací kelímky se nechají vychladit v exsikátoru, minimálně 30 minut a zváží se. Je potřebné provést také slepý pokus s prázdným Fiber Bagem. Hodnota surové vlákniny se spočítá podle vzorečku.

Množství hrubé vlákniny (%):

$$\text{surová vláknina [\%]} = \frac{[(\chi - \alpha) - (\delta - \zeta)] * 100}{\beta}$$

$$\text{hodnota slepého pokusu } \zeta = \delta - \Psi,$$

kde:

- α hmotnost Fiber Bagu v g
- β hmotnost navážky vzorku v g
- χ hmotnost spalovacího kelímku a vysušeného Fiber Bagu po vyvaření v g
- δ hmotnost spalovacího kelímku a popela v g
- ζ hodnota slepého pokusu prázdného Fiber Bagu v g
- Ψ hmotnost spalovacího kelímku v g

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

U vybraných vzorků (celkem 40) byl stanoven obsah hrubé vlákniny a to vážkově po spálení vzorku po předešlé kyselé a zásadité hydrolyze. Každý vzorek byl proměřen 2x. Slepý pokus s prázdným Fiber Bagem byl analyzován rovněž 2x. Hodnota slepého pokusu je 0,0063 g, s touto hodnotou se počítá u všech výpočtů.

7.1 Pečivo vyrobené jako pekařský pokus s přidavkem vybraných cereálií

7.1.1 Celozrnné špaldové pečivo s přidavkem ječných krup

Na výrobu vzorků byla vybrána celozrnná mouka špaldová s přidavkem vybrané cereálie – ječných krup. Kroupy byly pomlety na stejnou hrubost a přidávány do mouky až do celkového obsahu 50 %.

Složení špaldového pečiva s přidavkem ječných krup:

10 %	360 g špaldové mouky + 40 g krup
20 %	320 g špaldové mouky + 80 g krup
30 %	280 g špaldové mouky + 120 g krup
40 %	240 g špaldové mouky + 160 g krup
50 %	200 g špaldové mouky + 200 g krup

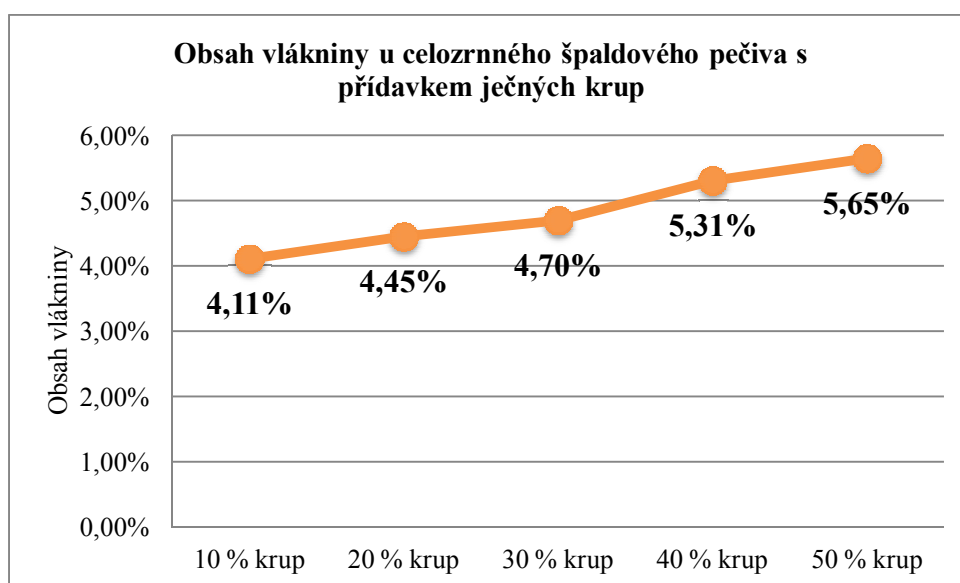
Naměřené výsledky zahrnuje tabulka č. 1.

Tab. 1. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ječných krup

Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ječných krup v %			
Přídavek:	1. měření	2. měření	průměr
10 % krup	4,12	4,10	4,11
20 % krup	4,36	4,53	4,45
30 % krup	4,53	4,85	4,70
40 % krup	5,25	5,37	5,31
50 % krup	5,61	5,68	5,65

Nejvyšší a statisticky prokazatelný ($p < 0,05$) obsah vlákniny byl naměřen u vzorku s přidavkem 50 % ječných krup (5,65 %), naopak nejnižší ($p < 0,05$) obsah vlákniny vykazovalo pečivo s přidavkem 10 % ječných krup (4,11 %). Z grafu (Graf 1.) je patrné, že zvyšující se podíl ječných krup v pečivu má vliv na obsah vlákniny. S vyšším podílem ječných krup se zvyšuje obsah vlákniny, který je statisticky prokazatelný ($p < 0,05$) od 30 % přidavku ječných krup.

Graf 1. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ječných krup



Nejvýraznější nárůst obsahu vlákniny byl zaznamenán u vzorku s 40 % ječných krup (nárůst o 0,61 %). Celkový rozdíl obsahu vlákniny mezi nejnižším a nejvyšším podílem přidavku ječných krup byl 1,54 %.

7.1.2 Celozrnné špaldové pečivo s přidavkem ovsa

Na výrobu vzorků byla použita celozrnná špaldová mouka s přidavkem vybrané cereálie – ovsa. Oves byl pomletý na stejnou hrubost jako mouka a přidával se v určitém poměru do konečné koncentrace 50 %.

Složení špaldového pečiva s přidavkem ovsa:

10 %	360 g špaldové mouky + 40 g ovsa
20 %	320 g špaldové mouky + 80 g ovsa
30 %	280 g špaldové mouky + 120 g ovsa

40 % 240 g špaldové mouky + 160 g ovsa

50 % 200 g špaldové mouky + 200 g ovsa

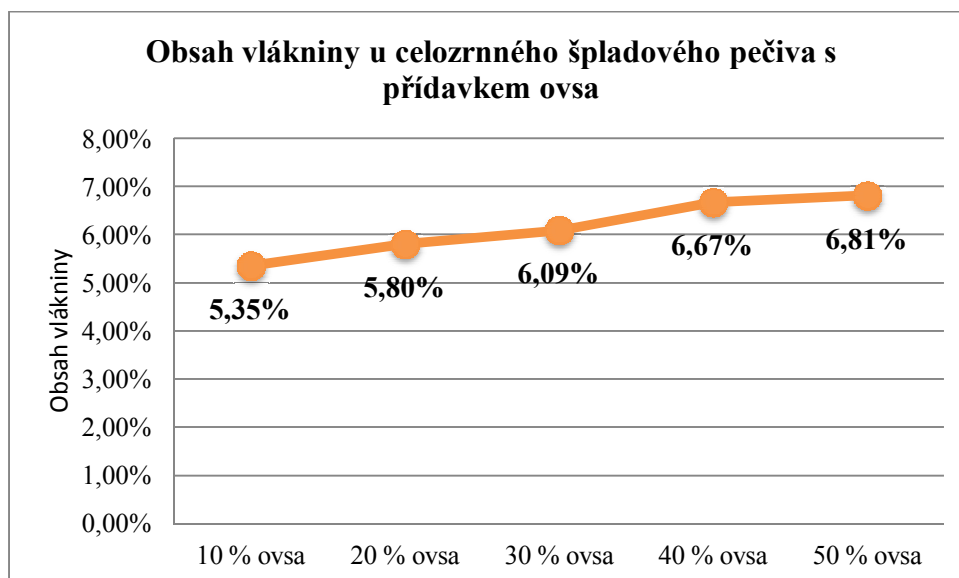
Výsledky zahrnuje tabulka č. 2. a graficky jsou znázorněny v grafu č. 2.

Tab. 2. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přídavkem ovsa

Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přídavkem ovsa v %			
Přídavek:	1. měření	2. měření	průměr
10 % ovsa	5,33	5,36	5,35
20 % ovsa	5,99	5,61	5,80
30 % ovsa	6,24	5,93	6,09
40 % ovsa	6,71	6,63	6,67
50 % ovsa	6,88	6,73	6,81

Nejvyšší obsah vlákniny byl stanoven u vzorku s přídavkem ovsa v celkové koncentraci 50 % (6,81 %). Nejnižší obsah vlákniny vykazovalo pečivo s přídavkem 10 % ovsa (5,35 %). Z grafu (Graf 2) je patrné, že zvyšující se obsah vlákniny v pečivu statisticky prokazatelně ($p < 0,05$) koreluje se zvyšujícím se podílem ovsa, již od 20 % přídavku ovsa.

Graf 2. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přídavkem ovsa



Nejvýraznější nárůst obsahu vlákniny vykazovalo pečivo s 40 % přídavku ovsu (nárůst o 0,45 %). Rozdíl v obsahu vlákniny mezi prvním a posledním vzorkem byl 1,46 %.

7.1.3 Celozrnné špaldové pečivo s přídavkem pohanky

Na výrobu vzorků byla vybrána celozrnná špaldová mouka, do které se přimíchal přídavek pohanky, který byl pomletý na stejnou hrubost. Celkový podíl pohanky v pečivu činil 10 – 50 %.

Složení špaldového pečiva s přídavkem pohanky:

10 %	360 g špaldové mouky + 40 g pohanky
20 %	320 g špaldové mouky + 80 g pohanky
30 %	280 g špaldové mouky + 120 g pohanky
40 %	240 g špaldové mouky + 160 g pohanky
50 %	200 g špaldové mouky + 200 g pohanky

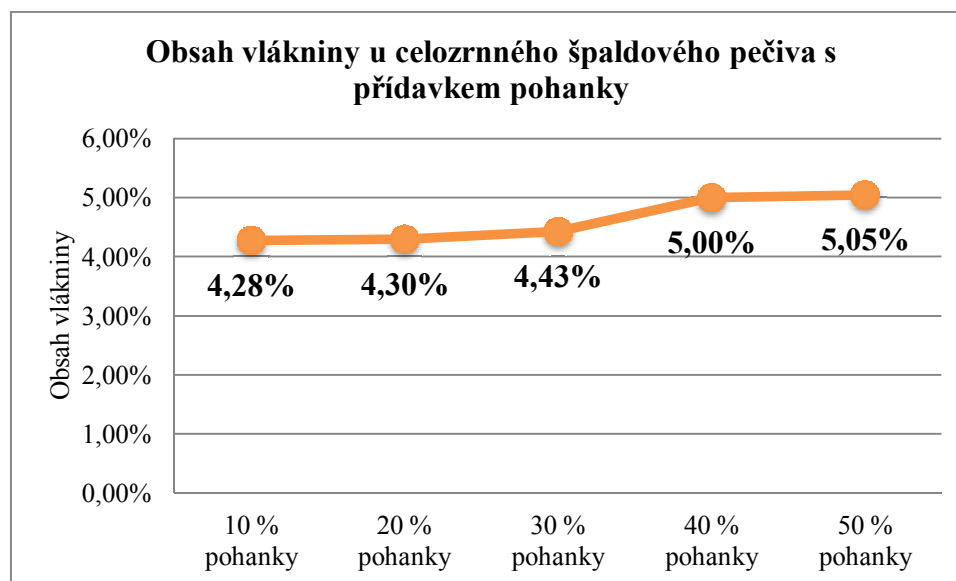
Výsledky stanoveného obsahu vlákniny jsou zaznamenány v tabulce č. 3.

Tab. 3. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přídavkem pohanky

Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přídavkem pohanky v %			
Přídavek:	1. měření	2. měření	průměr
10 % pohanky	4,29	4,27	4,28
20 % pohanky	4,52	4,07	4,30
30 % pohanky	4,80	4,05	4,43
40 % pohanky	4,90	5,10	5,00
50 % pohanky	5,14	4,96	5,05

Z naměřených výsledků je patrné, že stanovený obsah vlákniny se ve vzorcích zvyšuje s vyšším přídavkem přidané pohanky. Nejvyšší hodnota vlákniny byla naměřena u vzorku s 50 % pohanky (5,05 %), naopak nejnižší ($p < 0,05$) obsah vlákniny byl stanoven u vzorku pečiva s přídavkem 10 % pohanky (4,28 %). Stoupající tendenci obsahu vlákniny v pečivu ukazuje graf (Graf 3.), od přídavku 30 % pohanky byl zjištěn statisticky prokazatelný nárůst ($p < 0,05$) celkového množství vlákniny.

Graf 3. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem pohanky



Obsah vlákniny se nepatrně zvyšoval až do přídavku 30 %, výrazný nárůst vlákniny byl zaznamenán u vzorku s 40 % pohanky (nárůst o 0,57 %). Celkový rozdíl obsahu vlákniny mezi vzorky s přídavkem 10 % a 50 % pohanky byl 0,77 %.

7.1.4 Celozrnné žitné pečivo s přidavkem ječných krup

U žitného celozrnného pečiva s přidavkem ječných krup byl sledován obsah hrubé vlákniny. Ječné kroupy byly pomlety na stejnou hrubost a byly přidávány do pečiva od 10 % do 50 % celkové koncentrace.

Složení celozrnného žitného pečiva s přidavkem ječných krup:

10 % 360 g celozrnné žitné mouky + 40 g krup

20 % 320 g celozrnné žitné mouky + 80 g krup

30 % 280 g celozrnné žitné mouky + 120 g krup

40 % 240 g celozrnné žitné mouky + 160 g krup

50 % 200 g celozrnné žitné mouky + 200 g krup

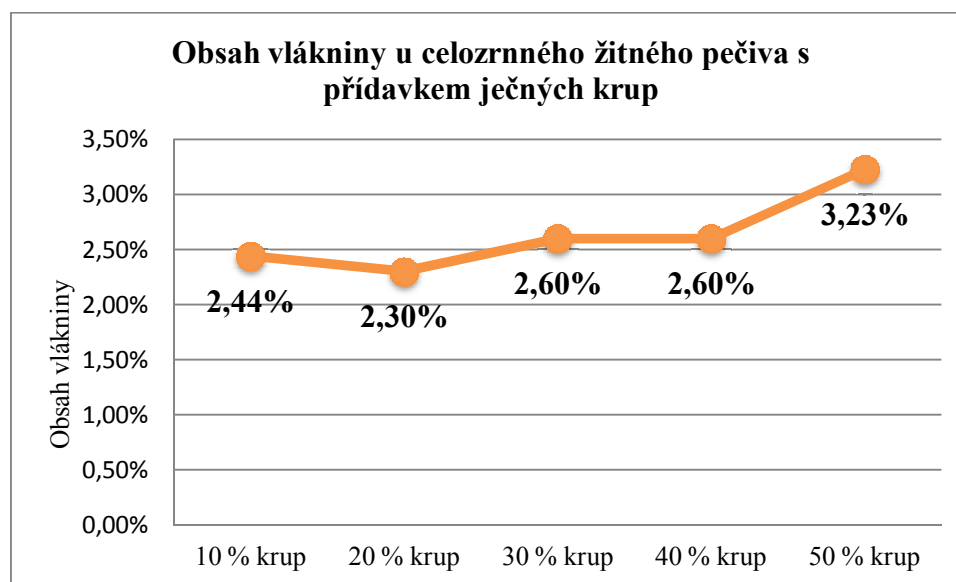
Naměřené hodnoty obsahu surové vlákniny jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tab. 4. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem ječných krup

Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem ječných krup v %			
Přídavek:	1. měření	2. měření	průměr
10 % krup	2,59	2,28	2,44
20 % krup	2,62	2,34	2,30
30 % krup	2,72	2,47	2,60
40 % krup	2,56	2,63	2,60
50 % krup	3,16	3,29	3,23

Nejvyšší hodnota vlákniny byla stanovena u vzorku pečiva s 50 % ječných krup (3,23 %), naopak nejnižší hodnota vlákniny byla stanovena u vzorku pečiva s nejnižším přidavkem (10 %) ječných krup (2,44 %). Výsledky jsou také zaznamenány v grafu č. 4.

Graf 4. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem ječných krup



Mírný pokles obsahu vlákniny mezi prvním a druhým vzorkem celozrnného žitného pečiva byl pravděpodobně zapříčiněn chybou měření, statisticky prokazatelný rozdíl ($p < 0,05$) mezi těmito vzorky pečiva nebyl nalezen. Obsah hrubé vlákniny byl statisticky prokazatel-

ně vyšší ($p < 0,05$) u vzorků obsahující 30 % a více krup. Nejvýraznější nárůst ($p < 0,05$) obsahu vlákniny byl zaznamenán u vzorku s nejvyšším podílem ječných krup (0,63 %). Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou obsahu vlákniny je 0,93 %.

7.1.5 Celozrnné žitné pečivo s přídavkem ovsa

Na výrobu celozrnného žitného pečiva byla použita celozrnná žitná mouka s přídavkem vybrané cereálie – ovsa. Oves byl přidáván v celkovém podílu 10 – 50 % a byl pomletý na stejnou hrubost.

Složení celozrnného žitného s přídavkem ovsa:

10 %	360 g celozrnné žitné mouky + 40 g ovsa
20 %	320 g celozrnné žitné mouky + 80 g ovsa
30 %	280 g celozrnné žitné mouky + 120 g ovsa
40 %	240 g celozrnné žitné mouky + 160 g ovsa
50 %	200 g celozrnné žitné mouky + 200 g ovsa

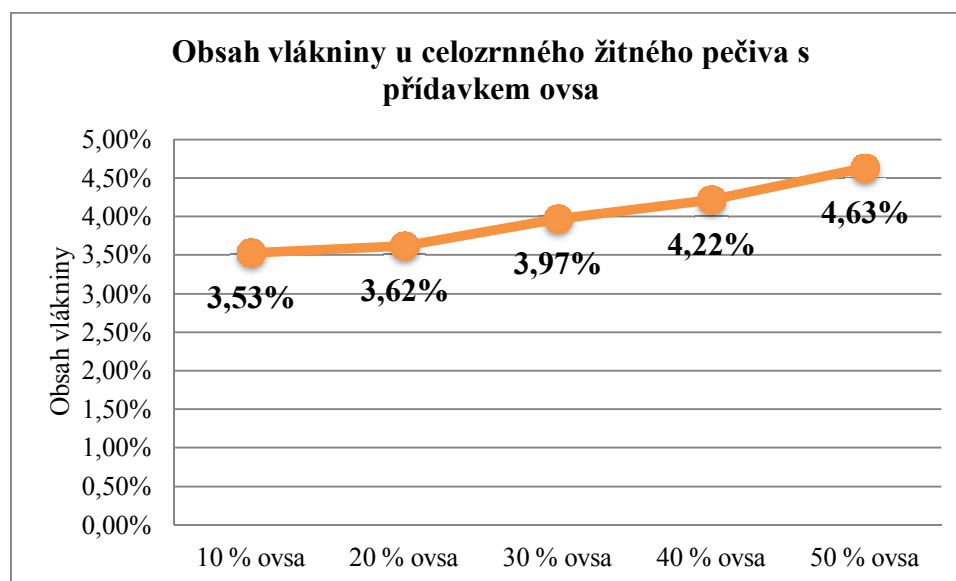
Výsledky stanoveného obsahu vlákniny jsou zaznamenány v tabulce č. 5.

Tab. 5. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přídavkem ovsa

Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přídavkem ovsa v %			
Přídavek:	1. měření	2. měření	průměr
10 % ovsa	3,43	3,62	3,53
20 % ovsa	3,62	3,62	6,62
30 % ovsa	3,92	4,02	3,97
40 % ovsa	4,22	4,22	4,22
50 % ovsa	4,63	4,62	4,63

Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva se zvyšuje se zvyšujícím se přídavkem ovsa. Nejvyšší hodnota byla naměřena u vzorku s 50 % přídavkem ovsa (4,63 %), nejnižší hodnota byla naměřena u vzorku s 10 % přídavku ovsa (3,53 %). Z grafu (Graf 5.) je patrný mírný nárůst vlákniny. Nárůst obsahu vlákniny byl statisticky prokázán ($p < 0,05$) od 40 % přídavku ovsa.

Graf 5. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem ovsa



Růst obsahu vlákniny je pozvolný a celkově se obsah vlákniny zvýšil o 1,1 %. Nejvýraznější nárůst vlákniny vykazoval vzorek s 50 % obsahem ovsa (nárůst o 0,41 %).

7.1.6 Celozrnné žitné pečivo s přidavkem pohanky

Na výrobu celozrnného žitného pečiva byla do mouky přidána pohanka (podíl 10 – 50 %), která byla pomleta na stejnou hrubost.

Složení celozrnného žitného pečiva s přidavkem pohanky:

10 %	360 g celozrnné žitné mouky + 40 g pohanky
20 %	320 g celozrnné žitné mouky + 80 g pohanky
30 %	280 g celozrnné žitné mouky + 120 g pohanky
40 %	240 g celozrnné žitné mouky + 160 g pohanky
50 %	200 g celozrnné žitné mouky + 200 g pohanky

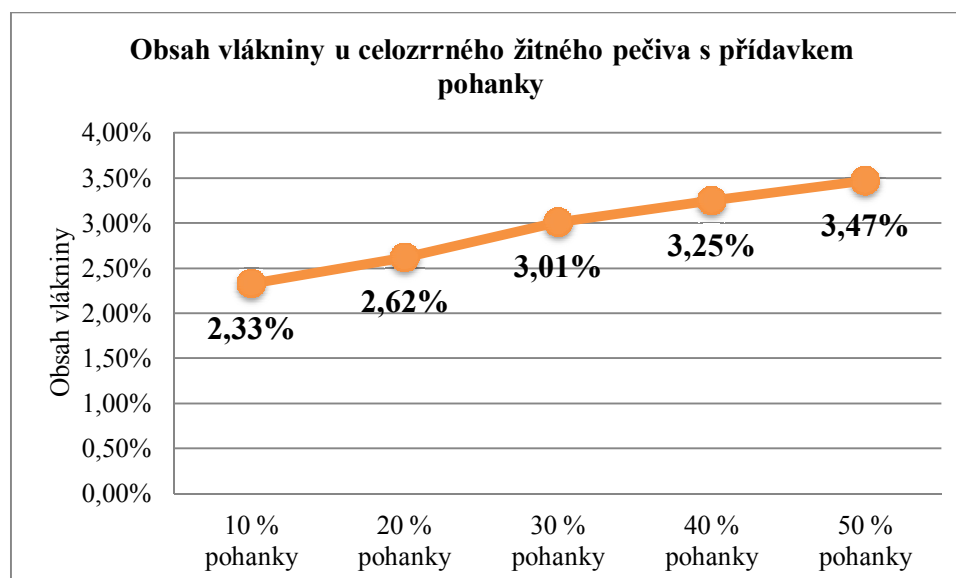
V tabulce č. 6 jsou zaznamenány hodnoty obsahu vlákniny ve vzorcích.

Tab. 6. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem pohanky

Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem pohanky v %			
Přídavek:	1. měření	2. měření	průměr
10 % pohanky	2,14	2,51	2,33
20 % pohanky	2,61	2,62	2,62
30 % pohanky	2,92	3,19	3,01
40 % pohanky	3,24	3,25	3,25
50 % pohanky	3,12	3,51	3,47

Z výsledků je patrná přímá úměra mezi zvyšujícím se podílem přidavku pohanky a zvyšujícím se obsahem vlákniny. Nejvyšší hodnotu vlákniny vykazovalo pečivo s přidavkem 50 % pohanky (3,47 %), nejnižší obsah vlákniny byl naměřen u pečiva s nejnižším přidavkem pohanky (2,33 %).

Graf 6. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem pohanky



Nejvýraznější nárůst vlákniny ($p < 0,05$) byl zaznamenán u pečiva s 30 % podílem pohanky (0,39 %). Celkově se obsah vlákniny zvýšil o 1,14 %.

7.1.7 Srovnání celozrnného špaldového pečiva s přidavkem vybraných cereálií

Celozrnné špaldové pečivo obsahovalo vybrané cereálie (kroupy, oves, pohanka) v celkovém podílu 10 – 50 %.

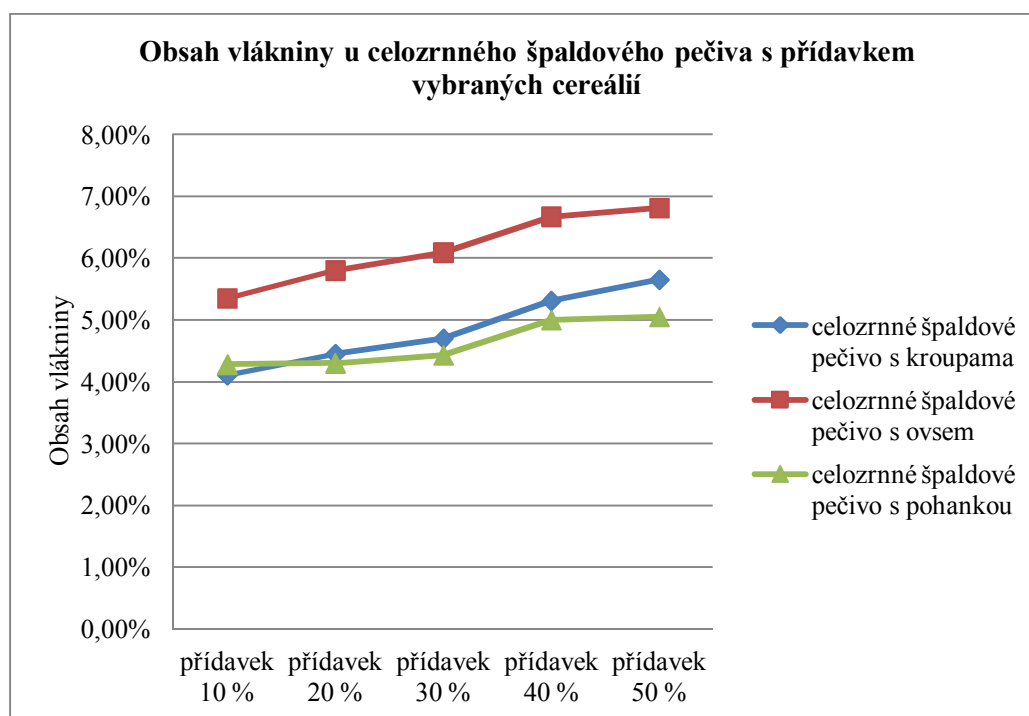
Nejnižší hodnotu obsahu vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s obsahem 10 % vybrané cereálie vykazovalo pečivo s přidavkem ječných krup (4,11 %). Nepatrné zvýšení obsahu vlákniny nastalo u pečiva s přidavkem pohanky (4,28 %), nejvyšší obsah vlákniny ($p < 0,05$) byl zaznamenán u vzorku s 10 % ovsa (5,35 %), který obsahoval o 1,24 % více vlákniny než pečivo s kroupami.

Nejvyšší hodnota vlákniny ($p < 0,05$) byla naměřena u pečiva s 50 % ovsa (6,81 %), nejnižší naopak u pečiva s 50 % pohanky (5,05 %). Rozdíl v obsahu vlákniny mezi těmito vzorky činí 1,76 %.

Z výsledků je patrné, že nejvyšší nárůst obsahu vlákniny bylo prokázáno u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ječných krup, kde postupně došlo ke zvýšení obsahu vlákniny až o 1,54 %, kdy byl nejvyšší nárůst obsahu vlákniny zaznamenán u vzorku s 40 % krup (nárůst o 0,61 %). Nepatrně nižší nárůst obsahu vlákniny ve srovnání s přidavkem ječných krup byl prokázán u pečiva s přidavkem ovsa, kde celkový rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším podílem ovsa byl 1,46 %. Nejvýraznější nárůst vlákniny byl u vzorku s 20 % přidavku ovsa. Po přidavku 50 % pohanky se obsah vlákniny zvýšil o 0,77 %, což je hodnota nižší než u přidavku krup a ovsa. Nejvýraznější nárůst obsahu vlákniny byl prokázán u vzorku s 40 % pohanky.

Nejvyšší hodnoty obsahu vlákniny vykazují vzorky pečiva s přidavkem ovsa, nejnižší hodnoty obsahu vlákniny naopak byly stanoveny u pečiva s jednotlivými přidavky pohanky. Nejvyšší nárůst obsahu vlákniny u jednotlivých podílů přidavku cereálií byl prokázán u přidavku ječných krup (celkový nárůst o 1,54 %), nejnižší naopak u přidavku pohanky (celkový nárůst o 0,77 %).

Graf 7. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem vybraných cereálií



7.1.8 Srovnání celozrnného žitného pečiva s přidavkem vybraných cereálií

Celozrnné žitné pečivo obsahovalo vybrané cereálie (kroupy, oves, pohanka) v celkovém podílu 10 – 50 %.

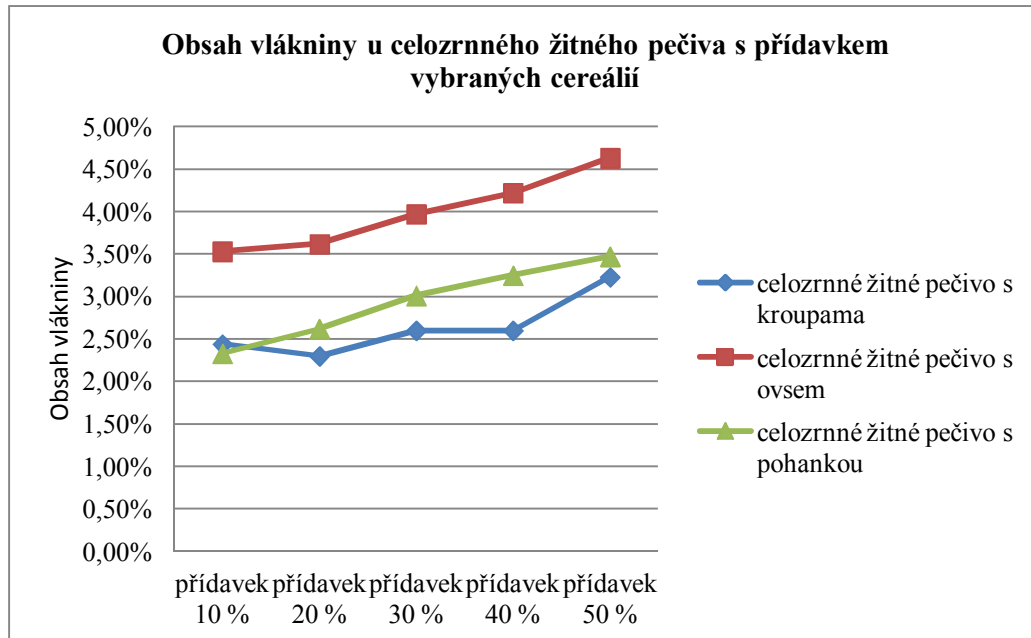
U 10 % přídavku vybrané cereálie mělo nejvyšší obsah vlákniny ($p < 0,05$) pečivo s přídavkem ovsa (3,63 %), nejméně ($p < 0,05$) pečivo s přídavkem pohanky (2,33 %). Obsah vlákniny u 10 % přídavku ječných krup byl oproti přídavku pohanky jen nepatrně vyšší (2,44 %).

Nejvyšší obsah vlákniny ($p < 0,05$) vykazovalo pečivo s přídavkem 50 % ovsa (4,63 %), méně vlákniny obsahovalo pečivo s přídavkem 50 % pohanky (3,47 %) a nejnižší obsah vlákniny ($p < 0,05$) byl naměřen u pečiva s 50 % přídavkem ječných krup (3,23 %).

Nárůst vlákniny byl u jednotlivých vybraných cereálií rozdílný. Nejnižší nárůst vlákniny byl prokázán u vzorků pečiva s přídavkem ječných krup (celkový nárůst vlákniny o 0,79 %). Nárůst vlákniny u pečiva s ovsem a pohankou byl velmi podobný, u pohanky nárůst vlákniny o 1,14 %, u ovsa nárůst vlákniny o 1,10 %. U pečiva s přídavkem ovsa a krup byl výrazný nárůst vlákniny prokázán u 50 % přídavku (nárůst o cca 0,5 %), u pečiva s pohankou byl nejvýraznější nárůst vlákniny prokázán u 30 % přídavku (nárůst o 0,39 %).

Z výsledků je patrné, že ve srovnání jednotlivých cereálií bylo nejvyšší množství vlákniny naměřeno u pečiva s přídavkem ovsa, nejméně naopak u přídavku krup.

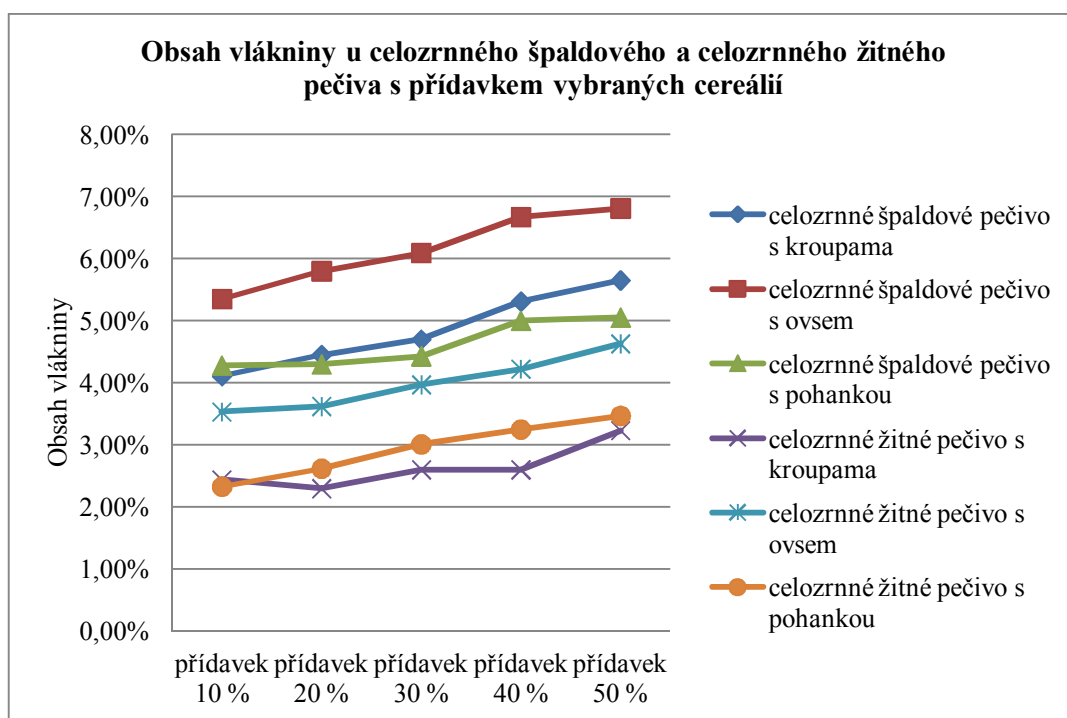
Graf 8. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přídavkem vybraných cereálií



7.1.9 Srovnání celozrnného špaldového a celozrnného žitného pečiva s přídavkem vybraných cereálií

Po přídavku vybrané cereálie došlo ke zvýšení obsahu vlákniny jak u pečiva vyrobeného z celozrnné špaldové mouky tak u pečiva vyrobeného z celozrnné žitné mouky. Nárůst vlákniny po přidání vyšších podílů jednotlivých přídavků je patrný z grafu č. 9. Obsah vlákniny klesal v řadě: celozrnná špaldová mouka s přídavkem ovsa, krup, pohanky, celozrnná mouka žitná s přídavkem ovsa, pohanky, krup.

Graf 9. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového a celozrnného žitného pečiva s přidavkem vybraných cereálií



Vyšší obsah vlákniny v pečivu koreluje s vyššími podíly přídavků vybraných cereálií. Nárůst obsahu vlákniny po přídavku 10 – 50 % cereálií se pohyboval v rozmezí 0,77 – 1,54 %.

Z naměřených výsledků je patrné, že obsah vlákniny je vyšší u špaldového pečiva bez ohledu na přidané cereálie a to zhruba o 2 %. Je to dáno tím, že celozrnná mouka špaldová obsahuje více hrubé vlákniny než celozrnná mouka žitná. Žitná mouka obsahuje ve vodě rozpustné pentosany, které nejsou součástí hrubé vlákniny (Příhoda a kol., 2007).

Nejvyšší hodnota vlákniny byla naměřena u celozrnného špaldového pečiva s 50 % přídavkem ova (6,81 %), z celozrnného žitného pečiva bylo také naměřeno nejvíce vlákniny u 50 % přídavku ova (4,63 %). Rozdíl obsahu vlákniny mezi těmito pečivy je však patrný a to 2,18 %.

U celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ječných krup byly naměřeny hodnoty obsahu vlákniny nepatrně vyšší než po přidavku pohanky, ale nižší ve srovnání s přidavkem ova. U celozrnného žitného pečiva s přidavkem ječných krup byly naměřeny hodnoty obsahu vlákniny nejnižší.

Přídavek pohanky v celozrnném špaldovém pečivu vykazoval ve srovnání s ovsem a kroupami nejnižší hodnotu naměřené vlákniny, u celozrnného žitného pečiva byl obsah vlákniny po přidavku pohanky nepatrně vyšší než u ječných krup, ale nižší než po přidavku ovsa. Z výsledků vyplývá, že nejvyšší množství vlákniny obsahoval vzorek pečiva vyrobený z celozrnné špaldové mouky s přidavkem ovsa. Přídavek ovsa vykazuje vyšší nárůst obsahu vlákniny ve vzorcích (nárůst o více než 1 %). Rozdíl mezi obsahem vlákniny po přidavku ječných krup nebo pohanky není výrazný.

7.2 Pečivo z tržní sítě

V tržní síti bylo nakoupeno celkem 10 kusů různého pečiva, které v názvu obsahovalo označení „mnohozrnný“, „celozrnný“ nebo „vícezrnný“ nebo přídavek vybrané cereálie (pohanka). U každého kusu pečiva byl stanoven obsah hrubé vlákniny (Tab. 7.) Každý vzorek byl proměřen 2x a následně byla vypočítána průměrná hodnota obsahu vlákniny.

Seznam nakoupeného pečiva: večka pohanková, Spar rohlík graham, rohlík vícezrnný, rohlík slunečnicový, rohlík multi, rohlík pohankový, raženka cereální, kaiserka s pohankou, chlebánek celožitný a kaiserka cereální.

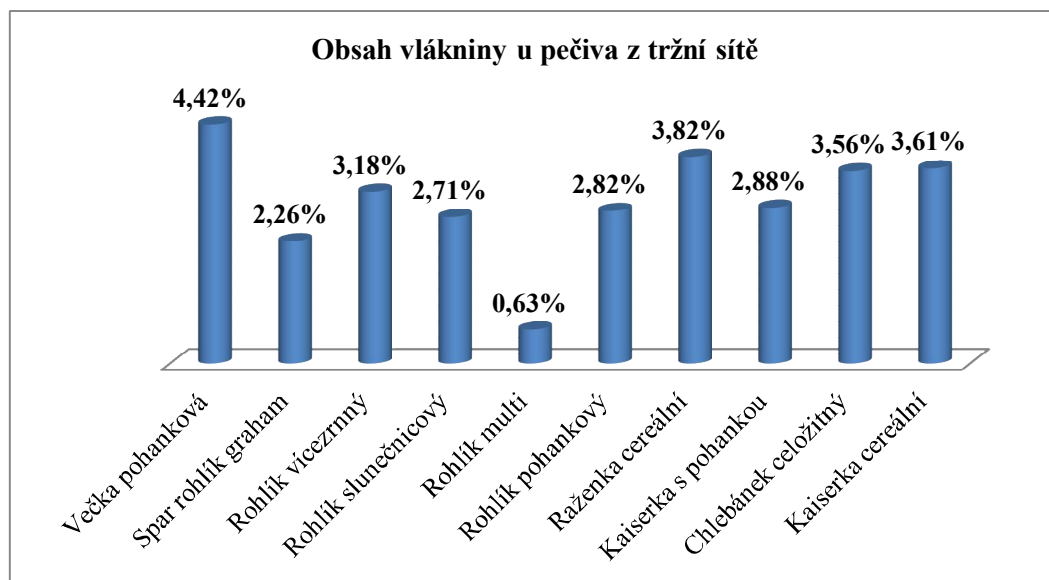
Tab. 7. Obsah vlákniny u pečiva z tržní sítě

Obsah vlákniny u pečiva z tržní sítě v %			
	1. měření	2. měření	průměr
Večka pohanková	4,02	4,81	4,42
Spar rohlík graham	2,26	2,26	2,26
Rohlík vícezrnný	2,99	3,36	3,18
Rohlík slunečnicový	2,91	2,50	2,71
Rohlík multi	0,53	0,53	0,63
Rohlík pohankový	3,31	2,33	2,82
Raženka cereální	3,99	3,64	3,82
Kaiserka s pohankou	3,16	2,60	2,88
Chlebánek celožitný	3,40	3,71	3,56
Kaiserka cereální	3,11	4,10	3,61

Nejvyšší hodnoty surové vlákniny byly naměřeny u večky pohankové (4,42 %), raženky cereální (3,82 %) a kaiserky cereální (3,61 %). I přes příznačný název byla u rohlíku multi

stanovena nejnižší hodnota vlákniny (0,63 %). Je zřejmé, že rohlík multi byl vyroben převážně z pšeničné mouky hladké. U ostatních vzorků pečiva se obsah vlákniny pohyboval přibližně na stejné úrovni (2,26 % – 3,56 %), jak lze vidět v grafu č. 10.

Graf 10. Obsah vlákniny u pečiva z tržní sítě



Po srovnání obsahu vlákniny u večky pohankové (4,42 %), rohlíku pohankového (2,82 %) a kaiserky pohankové (2,88 %) lze usuzovat, že večka pohanková obsahovala mnohem větší podíl pohanky. I přesto, že ve srovnání pohanky s jinými obilovinami, pohanka obsahuje méně hrubé vlákniny (např. oproti ovsu), lze i přesto považovat pohanku za dobrý zdroj hrubé vlákniny (Moudrý, 2005).

7.3 Srovnání celozrnného pečiva s přidavkem vybraných cereálií s pečivem z tržní sítě

Ve srovnání obsahu hrubé vlákniny u celozrnného pečiva s přidavkem vybraných cereálií s pečivem získaným z tržní sítě lze vyvodit, že nejvíce vlákniny obsahovalo pečivo vyrobené z celozrnné mouky špaldové s přidavkem ovsu (6,81 %).

Z pečiva z tržní sítě vykazovala nejvyšší obsah vlákniny večka pohanková (4,42 %). Tento obsah vlákniny je srovnatelný s obsahem vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s 20 % přidavkem ječných krup (4,45 %) nebo s obsahem vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s 30 % přidavkem pohanky (4,43 %).

U raženky cereální byl naměřen druhý nejvyšší obsah vlákniny z nakoupeného pečiva (3,82 %). Tento obsah vlákniny je nejbližší obsahu vlákniny u celozrnného žitného pečiva

s 30 % přídavkem ovsa (3,97 %). Třetí nejvyšší obsah vlákniny z pečiva získaného z tržní sítě byl stanoven u kaiserky cereální (3,61 %). Tento obsah vlákniny odpovídá obsahu vlákniny u celozrnného žitného pečiva s 20 % přídavkem ovsa (3,62 %). Na výrobu raženky i kaiserky byla použita cereální směs, která kromě celozrnné mouky pšeničné, žitné a špaldové, obsahovala mimo jiné také ovesné vločky, které jsou významným zdrojem rozpustné i nerozpustné vlákniny (Peková, 2002).

Celkem pět vzorků pečiva z tržní sítě mělo obsah vlákniny vyšší než 3 % (večka pohanková, raženka cereální, kaiserka cereální, chlebánek celožitný a rohlík vícezrnný). Jejich obsah vlákniny odpovídá obsahu vlákniny naměřenému u celozrnného žitného pečiva s přídavkem ovsa (10 – 50 %), celozrnného žitného pečiva s 50 % ječných krup a celozrnného žitného pečiva s obsahem pohanky vyšší než 40 %.

Spar rohlík graham, rohlík slunečnicový, rohlík pohankový a kaiserka s pohankou vykazovaly obsah vlákniny v rozmezí 2,26 – 2,88 %. Tyto hodnoty jsou srovnatelné s obsahem vlákniny u celozrnného žitného pečiva s 10 – 30 % přídavku pohanky nebo 10 – 40 % přídavku krup.

ZÁVĚR

Vláknina je prospěšná pro lidské zdraví. Její konzumace je vhodnou prevencí proti vzniku civilizačních chorob (cukrovka, zácpa, rakovina tlustého střeva, atd.). Doporučená denní dávka vlákniny je 30 g, reálný příjem vlákniny je však přibližně o polovinu nižší.

Cílem práce bylo stanovit obsah hrubé vlákniny u celozrnného pečiva s přidavkem vybrané cereálie. Analýza byla provedena u celozrnného pečiva (celozrnná mouka špaldová a celozrnná mouka žitná) s přidavkem ječných krup, ovsy a pohanky s konečným podílem 10 %, 20 %, 30 %, 40 % a 50 % přidavku, které bylo vyrobeno přímým vedením jako pekařský pokus v laboratorních podmínkách. Obsah vlákniny byl srovnán s obsahem vlákniny u pečiva získaného z běžné tržní sítě.

Po přidavku vybrané cereálie došlo vždy ke zvýšení obsahu vlákniny. Z naměřených hodnot je patrné, že výrobky ze špaldové mouky ať už s přidavkem ovsy, krup nebo pohanky vykazovaly vyšší obsah vlákniny než výrobky z celozrnné žitné mouky. Špaldová mouka obsahuje více hrubé vlákniny než žitná mouka, což se také na výsledcích projevilo.

Nejvyšší obsah vlákniny byl stanoven u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ovsy. U přidavku 50 % ovsy byl obsah vlákniny 6,81 %. I u celozrnného žitného pečiva s přidavkem ovsy byly stanoveny hodnoty obsahu vlákniny vyšší než po přidavku ječných krup či pohanky. Celkový nárůst obsahu vlákniny po přidavku ovsy (10 – 50 % množství ovsy v mouce) byl u celozrnného špaldového pečiva 1,46 % a u celozrnného žitného pečiva 1,10 %.

Z vybraných cereálních přidavků se oves jeví jako lepší zdroj vlákniny než pohanka a kroupy, jeho vyšší obsah v pečivu vypovídá o vyšším obsahu vlákniny.

Jednotlivé přidavky pohanky a ječných krup (10 – 50 %) v celozrnném špaldovém a celozrnném žitném pečivu vykazovaly podobné hodnoty obsahu vlákniny. Nelze tedy s přesností určit, zda je lepším zdrojem hrubé vlákniny pohanka nebo kroupy.

V tržní síti bylo nakoupeno a následně zanalyzováno 10 kusů pečiva. Nejvyšší hodnoty obsahu vlákniny byly stanoveny u večky pohankové (4,42 %), raženky cereální (3,82%) a kaiserky cereální (3,61 %), naopak nejnižší obsah vlákniny byl naměřen u rohlíku multi (0,63 %). U ostatních vzorků pečiva se obsah vlákniny pohyboval mezi 2,26 – 3,46 %.

Celozrnné žitné a celozrnné špaldové pečivo s přidavkem ječných krup, ovsy nebo pohanky sice vykazovalo vyšší hodnoty obsahu hrubé vlákniny než pečivo zakoupené v tržní síti, a jsou vzhledem ke svému obsahu hrubé vlákniny zdraví prospěšnější, ale pro konzumenta je důležité nejen složení pečiva (druh mouky) ale také, aby pečivo odpovídalo jeho senzo-

rickým požadavkům (nedoporučuje se konzumace výrobků s více než 20 % ječné mouky kvůli nahořklé chuti, ovesná mouka činí pečivo drobným).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literární zdroje:

BULKOVÁ, Věra. *Rostlinné potraviny*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011, 162 s. ISBN 978-80-7013-532-7.

HRABĚ, Jan, František BUŇKA a Ignác HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu: pro kombinované studium*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 189 s. ISBN 978-80-7318-520-6.

HRABĚ, Jan a Aleš KOMÁR. *Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin*. Vyškov: VVŠ PV, 2003, 163 s. ISBN 80-7231-107-7.

KADLEC, Pavel. *Technologie potravin*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.

KOHOUT, Pavel. *Potraviny - součást zdravého životního stylu*. Olomouc: Solen, 2010, 106 s. ISBN 978-80-87327-39-5.

KRATOCHVÍL, Jaroslav a Jiří HOLAS. *Progress in cereal chemistry and technology: proceedings of the 7. World Cereal and Bread Congress, Prague, Czechoslovakia, June 28-July 2, 1982*. Amsterdam: Elsevier, 1983, 25, 694 s.

KUČEROVÁ, Jindřiška. *Technologie cereálií*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, 141 s. ISBN 80-7157-811-8.

LUTONSKÁ, Pavla a Ivan PICHL. *Vláknina (chemické zloženie, metódy stanovenia, význam vo výžive)*. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1983, 141 s.

MACEVILLY, C. *Cereals. Encyclopedia of Food Science and Nutrition: Vol. 2*. Oxford: Academic Press, 2004.

MOMČILOVÁ, Pavla. *Stručná celozrnná bio kuchařka: zdravá výživa pro každého*. Čestlice: Medica Publishing, c2012, 67 s. ISBN 978-80-85936-68-1.

MOMČILOVÁ, Pavla. *Špalda a ječmen ve zdravé kuchyni: teplé a studené pokrmy, pečivo, dezerty, nápoje*. Vyd. 1. Čestlice: Pavla Momčilová - Medica Publishing, 2003, 109 s., [4] s. obr. příl. ISBN 80-85936-44-5.

MOUDRÝ, Jan. *Pohanka a proso*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2005, 206 s., 16 s. barev. obr. příl. ISBN 80-7271-162-8.

MOUDRÝ, J a M VLASÁK. *Pšenice špalda-alternativní plodina: Metodiky pro zemědělskou praxi 6/96*. Praha: UZPI, 1996.

MÓZSIK, Gyula, Cs RUZSA a T JÁVOR. *Research on Dietary Fibres: a joint study of Medicine, Nutrition and Industry. The Symposium... Sept. 23-24, 1983 in Pécs, Hungary*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1986, 14, 222 s.

ODSTRČIL, Jaroslav a Milada ODSTRČILOVÁ. *Chemie potravin*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006, 164 s. ISBN 80-7013-435-6.

PAŽOUT, Vladimír, Vierošlava HEMALOVÁ a Magda ALDORFOVÁ. *Hygiena a technologie vegetabilních produktů: hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků, pekárenských výrobků, těst a těstovin*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012, 84 s. ISBN 978-80-7305-603-2.

PEKOVÁ, Andrea. *Oves a žito ve zdravé kuchyni: [teplé a studené pokrmy, pečivo - müsli - dezerty]*. Čestlice: Pavla Momčilová - Medica Publishing, 2002, 78 s., [4] s. barev. obr. příl. ISBN 80-85936-42-9.

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

POZDÍŠEK, Jan a Helena TROJANOVÁ. *Alternativní stanovení vlákniny (CF, NDF a ADF) na zařízení Fibertec Systém 2023 a 2021: metodická příručka*. Rapotín: Agrovýzkum Rapotín, 2011, 34 s. ISBN 978-80-87592-08-3.

PRUGAR, Jaroslav. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 2008, 327 s., [13] s. obr. příl. ISBN 978-80-86576-28-2.

PŘÍHODA, Josef a Marie HRUŠKOVÁ. *Mlynářská technologie: Svazek 1. Hodnocení kvality*. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky, 2007. ISBN 978-80-239-9475-9.

PŘÍHODA, Josef, Marie HRUŠKOVÁ a Pavel SKŘIVAN. *Cereální chemie a technologie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003, 202 s. ISBN 80-7080-530-7.

SOUKUPOVÁ, Jana a Markéta VANÍČKOVÁ. *Člověk a výživa*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008, 2 sv. ISBN 978-80-244-2244-2.

SANDBERG, Ann Sofie. *Dietary fibre - determination and physiological effects: a study on ileostomy patients*. Göteborg: A.S. Sandberg, 1982, 51 s.

SKOUPIL, Jan. *Suroviny na výrobu pečiva*. Pardubice: Kora, 1994. ISBN 808564407X.

SZEMES, Vojtech a Vincent KAROVIČ. *Chlieb náš každodenný*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1991, 199 s.

VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6.

ZAMRAZILOVÁ, Elvíra a Jaroslav MAYZLÍK. *Vláknina potravy - význam ve výživě a v klinické medicíně*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1989, 39 s., s. 43-79.

ZEMANOVÁ, Hana. *BioAbecedář Hanky Zemanové*. Vyd. 1. Praha: Smart Press, 2010, 422 s. ISBN 978-80-87049-30-3.

Internetové zdroje:

Jecmen. *Nazeleno* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: http://www.nazeleno.cz/Files/ResizedImages/FckGallery/Nov%C3%BD%20objekt%20-%20WinRAR%20ZIP%20archiv%20%282%29.zip/106419315_-1x250_1203120946.jpg

Kroupy. *Skola hubnuti* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.skola-hubnuti.cz/wp-content/uploads/2012/12/kroupy.png>

Kvalita obilnin. In: KULOVANÁ, Eliška. *Agroweb* [online]. 2002 [cit. 2013-02-02]. Dostupné z: http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN__s44x8475.html

Metoda stanovení nerozpustné, rozpustné a celkové vlákniny. In: SUKOVÁ, Irena. *Agro-navigator* [online]. 2012 [cit. 2013-02-01]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=161&ch=13&typ=1&val=118874>

O mlýnu. In: ANONYM 2. *Pohankový mlýn Šmajstrla* [online]. [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.pohankovymlyn.com/mlyn.php?kapitola=remeslo>

Oves. *Biolib* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.biolib.cz/IMG/GAL/48228.jpg>

Ovesne vločky. *Musli manie* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.muslimanie.cz/data/m/ovesne-vlocky.jpg>

Pohanka. *Fifty fifty* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: http://www.fiftyfifty.cz/img/article/2008/03/c8028169.jpgdImages/FckGallery/Nov%C3%BD%20objekt%20-%20WinRAR%20ZIP%20archiv%20%282%29.zip/106419315_1x250_1203120946.jpg

Pohankova mouka. *Revolucni vyziva* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.revolucni-vyziva.cz/banery/pohanko-mouka.jpg>

Potravinářská vláknina. In: ANONYM 4. *Vupp* [online]. [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: <http://www.vupp.cz/czvupp/publik/06poster/06mbVlakninaPresentace.pdf>

Pozitivní β -glukan. In: HVÍZDALOVÁ, Iva. *Agronavigator* [online]. 2012 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=117034>

Pšenica. *Zdrave jedlo* [online]. 2011 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.zdravejedlo.sk/wp-content/uploads/2011/12/psenica-300x300.jpg>

Pšenice špalda. In: ANONYM 1. *Křišňův dvůr* [online]. 2011 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: <http://farmakd.blogspot.cz/2011/04/psenice-spalda.html>

Renesance ječmene. In: TLÁSKAL, Petr a Dana GÁBROVSKÁ. *Socr* [online]. 2012 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.socr.cz/assets/zpravodajstvi/tiskove-zpravy/renesance-jecmene-ctp.pdf>

Renesance ječmene. In: SLUKOVÁ, Marcela. *Socr* [online]. 2012 [cit. 2013-02-04]. Dostupné z: <http://www.socr.cz/assets/zpravodajstvi/tiskove-zpravy/renesance-jecmene-ctp.pdf>

Role neškrobových polysacharidů v lidské výživě. In: HOUDKOVÁ, Markéta. *Agronavigator* [online]. 2012 [cit. 2013-02-04]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=150&ch=13&typ=1&val=123549>

Spalda. *Dia - potraviny* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.dia-potraviny.cz/img/spalda.jpg>

Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům. In: KOPÁČOVÁ, Olga. *Bezpečnost potravin* [online]. 2007 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kopov_Cerelie%20web.pdf

Vlákniny. In: ANONYM 3. *Pharma news* [online]. [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: http://www.pharmanews.cz/2007_02/vlakniny.html

Vyhláška č. 333/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. In: *Sbírka zákonů*. 1997. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1007478&docType=ART&nid=11816>

Zitne klasy nahled. *Menu podle genu* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.menupodlegenu.cz/obrazky/plodiny-a-plody/zitne-klasy-nahled.jpg>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- α hmotnost Fiber Bagu v g.
- β hmotnost navážky vzorku v g.
- χ hmotnost spalovacího kelímku a vysušeného Fiber Bagu po vyvaření v g.
- δ hmotnost spalovacího kelímku a popela v g.
- ζ hodnota slepého pokusu prázdného Fiber Bagu v g.
- Ψ hmotnost spalovacího kelímku v g.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Pšenice setá	19
Obr. 2. Pšenice špalda	21
Obr. 3. Žito seté	21
Obr. 4. Oves setý	23
Obr. 5. Ječmen	25
Obr. 6. Pohanka setá	28
Obr. 7. Ovesné vločky	34
Obr. 8. Ječné kroupy	35
Obr. 9. Pohanková mouka	35

SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tab 1. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ječných krup	62
Tab. 2. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ovsá	64
Tab. 3. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem pohanky	65
Tab. 4. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem ječných krup	67
Tab. 5. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem ovsá	68
Tab. 6. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem pohanky	70
Graf 1. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ječných krup	63
Graf 2. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem ovsá	64
Graf 3. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem pohanky	66
Graf 4. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem ječných krup	67
Graf 5. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem ovsá	69
Graf 6. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem pohanky	70
Graf 7. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového pečiva s přidavkem vybraných cereálií	72
Graf 8. Obsah vlákniny u celozrnného žitného pečiva s přidavkem vybraných Cereálií	73
Graf 9. Obsah vlákniny u celozrnného špaldového a celozrnného žitného pečiva s přidavkem vybraných cereálií	74
Graf 10. Obsah vlákniny u pečiva z tržní sítě	75