

Fyzikálně-chemická analýza výrobků pšeničného müsli

Bc. Andrea Bartošová

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Andrea Bartošová**
Osobní číslo: **T11051**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Fyzikálně-chemická analýza výrobků pšeničného müsli**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručný popis pšeničného müsli a druhů pšenice se zaměřením na její chemické složení.
2. Stručný popis výroby vloček a müsli, charakterizace stravitelnosti, vlákniny a antioxidační aktivity obilovin a obilných výrobků.
3. Principy metod použitých v experimentální části.

II. Praktická část

1. Charakteristika analyzovaných vzorků.
2. U vzorků vloček a pšeničného müsli stanovit sušinu a popel, bílkoviny, hrubou vlákninu, stravitelnost a antioxidační aktivitu.
3. Diskuse a formulace závěru.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin. Rozš. a preprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS, 2009, 623 s. ISBN 978-80-86659-17-6.

[2] VACULOVÁ, Kateřina a Jaroslava EHREBERGEROVÁ. *Cereals for Human Health and Preventive Nutrition.* Brno: Arch, 1998, 271 s. ISBN 80-902545-0-0.

[3] KULP, Karel a Joseph GPONTE. *Handbook of cereal science and technology. 2nd ed., rev. and expanded.* Boca Raton: CRC Press, 2000, ix, 790 s. ISBN 0-8247-8294-1.

[4] PAULOVÁ, Hana. BOCHOŘÁKOVÁ, Hana. TÁBORSKÁ, Eva. *Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro.* *Chemické listy [online]. 2004, 98 [cit. 2013-10-01]. Dostupné z: [http://www.chemické-listy.cz/docs/full/2004_04_03.pdf.*

[5] RAGAEI, Sanna. ABDEL-AAL, El-Sayed M. NOAMAN Maher. *Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use,* *Food Chemistry* 98, 2006, p.32-38.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **2. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:*BARTOŠOVÁ ANDREA*.....

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

Ve Zlíně*2.5.2014*.....

.....*Bartošová Andrea*.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá fyzikálně-chemickou analýzou pšeničného müsli. V teoretické části jsou shrnuty druhy pšenice a její chemické složení. Podstatná část teorie je zaměřena na pšeničné müsli, jeho výrobu, známé druhy a složení. Dále je v práci charakterizována stravitelnost a antioxidační aktivita obilovin. Poslední kapitola teoretické části je věnována metodám stanovení vzorků. V praktické části diplomové práce je popsána příprava pšeničných vloček z jednotlivých druhů pšenice a vzorků müsli, stanovení základních chemických parametrů, jako je obsah sušiny a vlhkosti, popela, hrubých bílkovin, hrubé vlákniny a také stravitelnosti a antioxidační aktivity.

Klíčová slova: netradiční pšenice, müsli, bílkoviny, hrubá vláknina, stravitelnost, antioxidační aktivita

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on a physico-chemical analysis of non-traditional wheat and muesli products. The theoretical part includes a description of types and chemical composition of wheat grains. Fundamental part of this theory is focused on wheat muesli, its production, varieties and composition. Next, digestibility and antioxidant activity of the cereals are characterised. The last chapter of the theoretical part is dedicated to sample assessment methods. Preparation of the wheat flakes from the individual non-traditional-wheat and samples of muesli are described in the experimental part, in addition basic chemical specifications such as dry matter, ash content, crude protein, crude fibre and digestibility and antioxidant activity are determined.

Keywords: non-traditional wheat, muesli, crude protein, crude fibre, digestibility, antioxidant activity

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce, Ing. Bc. Daniele Sumczynski, Ph.D. za čas, který mi věnovala, poskytnuté rady, trpělivost a odborné vedení při zpracování této práce. Mé poděkování rovněž patří paní laborantce Ing. Lence Fojtíkové za ochotu a pomoc při práci v laboratoři.

Ráda bych také poděkovala své rodině za veškerou podporu během celého mého studia.

„Důkazem vysokého vzdělání je schopnost mluvit o největších věcech nejjednodušším způsobem“.

David Hume

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

OBSAH

ÚVOD	11
1 TEORETICKÁ ČÁST	13
1 PŠENICE	14
1.1 BOTANICKÁ SYSTEMATIKA	14
1.2 ANATOMICKÁ STAVBA ZRNA	15
2 DRUHY PŠENICE	18
2.1 PŠENICE SETÁ (<i>TRITICUM AESTIVUM</i>).....	18
2.2 PŠENICE ŠPALDA (<i>TRITICUM SPELTA</i> L.)	19
2.3 KAMUT (<i>TRITICUM TURANICUM</i>)	21
2.4 ČERVENÁ PŠENICE (<i>TRITICUM AESTIVUM</i> VAR. <i>MILTURUM</i>).....	21
3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŠENICE	23
3.1 PROTEINY	24
3.2 SACHARIDY	25
3.2.1 Monosacharidy	26
3.2.2 Oligosacharidy.....	27
3.2.3 Polysacharidy	27
3.2.4 Vlákna	28
3.3 LIPIDY	31
3.4 VITAMINY A MINERÁLNÍ LÁTKY.....	31
4 VÝROBA PŠENIČNÝCH VLOČEK A SLOŽENÍ MÜSLI	33
4.1 VÝROBA PŠENIČNÝCH VLOČEK.....	33
4.2 SLOŽENÍ MÜSLI.....	33
4.2.1 Ovocný podíl	33
4.2.2 Semínka.....	34
4.2.3 Ostatní přísady.....	35
5 PŠENIČNÉ MÜSLI	36
5.1 MÜSLI A VÝŽIVA	36
5.2 DRUHY MÜSLI.....	36
5.2.1 Suché müsli	37
5.2.2 Čerstvé müsli.....	37
5.2.3 Zapékané müsli	37
5.2.4 Sypané müsli	37
6 STRAVITELNOST SACHARIDŮ, LIPIDŮ A BÍLKOVIN	39

6.1	STRAVITELNOST SACHARIDŮ	39
6.2	STRAVITELNOST LIPIDŮ	40
6.3	STRAVITELNOST BÍLKOVIN	41
7	ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA	42
7.1	ANTIOXIDANTY	42
7.2	VOLNÉ RADIKÁLY	42
8	PRINCIPY METOD POUŽITÝCH V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI.....	44
8.1	STANOVENÍ VLHKOSTI.....	44
8.2	STANOVENÍ POPELA.....	44
8.3	STANOVENÍ HRUBÝCH BÍLKOVIN	44
8.4	PRINCIP STANOVENÍ VLÁKNINY	45
8.4.1	Gravimetrická metoda	45
8.5	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI KOMBINOVANOU HYDROLÝZOU PEPSINEM A PANKREATINEM <i>IN VITRO</i>	46
8.6	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	46
8.6.1	Metody založené na eliminaci radikálů.....	46
8.6.1.1	Metody hodnotící eliminaci syntetických radikálů	46
8.6.1.2	Metody hodnotící eliminaci kyslíkových radikálů.....	47
8.6.1.3	Metody hodnotící eliminaci lipidové peroxidace	47
8.6.2	Metody posuzující redoxní vlastnosti látek.....	47
8.6.2.1	Metody chemické.....	48
8.6.2.2	Metody elektrochemické.....	48
II	PRAKTICKÁ ČÁST	49
9	CÍL PRÁCE	50
10	METODIKA	51
10.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	51
10.2	POUŽITÉ POMŮCKY A PŘÍSTROJE.....	52
10.3	ANALYZOVANÉ VZORKY PŠENICE A MÜSLI	53
10.3.1	Vzorky pšeničných vloček	53
10.3.2	Vzorky pšeničného müsli	54
10.4	STANOVENÍ VLHKOSTI A SUŠINY	55
10.5	STANOVENÍ POPELA.....	55
10.6	STANOVENÍ OBSAHU HRUBÝCH BÍLKOVIN	56
10.7	STANOVENÍ OBSAHU HRUBÉ VLÁKNINY.....	57
10.8	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	59
10.9	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU ABTS	61
10.9.1	Příprava radikálu ABTS·	61
10.9.2	Příprava reakční směsi	61
10.9.3	Měření antioxidační aktivity vzorků	61

10.9.4	Měření kalibrační křivky pro stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS.....	62
10.10	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH	62
10.10.1	Příprava zásobního a pracovního roztoku	62
10.10.2	Měření antioxidační aktivity vzorků	63
10.10.3	Měření kalibrační křivky pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH.....	63
10.11	STATISTICKÁ ANALÝZA	64
11	VÝSLEDKY A DISKUZE	65
11.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ VLHKOSTI A SUŠINY	65
11.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ POPELA	66
11.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU HRUBÝCH BÍLKOVIN.....	68
11.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU HRUBÉ VLÁKNINY	70
11.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	72
11.6	VÝSLEDKY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU ABTS.....	73
11.7	VÝSLEDKY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	75
	ZÁVĚR	77
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	90
	SEZNAM OBRÁZKŮ	91
	SEZNAM TABULEK.....	92

ÚVOD

Obilniny jsou rostliny využívané a pěstované pro svá semena (zrna). Celosvětový podíl obilovin na lidské výživě je odhadován na 60 – 70 %. V současnosti zaujímají v České republice asi 1,6 mil. ha a jsou nejrozšířenější skupinou pěstovaných plodin. Každoroční výměra pšenice a ječmene tvoří 1,3 mil. ha. Díky obsahu škrobu, vlákniny, rostlinných bílkovin a vitaminů jsou obiloviny součástí nutričně vyvážené stravy. Obsahují také minerální látky, ale jejich vstřebatelnost je snižena z důvodu vyššího množství kyseliny fytové.

Pšenice patří do čeledi lipnicovitých a je známo přibližně 20 druhů, a to jak šlechtěné tak planě rostoucí. Je jednou z nejstarších rostlin pocházející z jihozápadní Asie. Zrno pšenice se používá jako potravina, krmivo a jako surovina. Pšenice mají vysokou výživnou hodnotu. Stejně jako jiné obiloviny má pšenice poměrně dlouhou trvanlivost a jednoduchou skladovatelnost. Je základní potravinářskou surovinou pro výrobu pečiva, těstovin a různých pokrmů, včetně pšeničného müsli.

Za vznik výrobku nazývaného „müsli“ považujeme počátek 20. století, kdy byl podáván jako doplněk léčby ve švýcarském sanatoriu. Dnes jej známe jako rychlou a zdravou snídani. Lze si připravit nebo zakoupit müsli různých druhů (sypané či zapékané) a rozmanitých chutí. Hlavní složkou müsli jsou obiloviny, které jsou kombinovány se sušeným ovocem, ořechy, případně semínky. Obilnou složku nejčastěji tvoří ovesné vločky, ale používají se i pšeničné, ječné, rýžové, amarantové aj. Právě pšenici a müsli připravenému z pšeničných vloček je věnována tato práce.

Cílem teoretické části diplomové práce bylo přiblížit jak chemické složení obilovin, převážně pšenice, tak i jednotlivé druhy této plodiny. Dále se v práci zaměřit na müsli, jeho přípravu z pšeničných vloček, složení a jednotlivé druhy. Dále, stručně charakterizovat pojem stravitelnost a antioxidační aktivita a v neposlední řadě v teoretické části zmínit principy metod pro fyzikálně-chemickou analýzu vzorků pšeničných vloček a pšeničného müsli.

Cílem praktické části diplomové práce bylo stanovení sušiny, vlhkosti, popela, hrubých bílkovin, hrubé vlákniny, stravitelnosti a antioxidační aktivity celkem u 12 vzorků, z nichž 6 vzorků představovaly vločky z různých pšenice 6 vzorků müsli bylo připraveno z těchto vloček. Ke stanovení obsahu hrubých bílkovin byla použita metoda podle Kjeldahla s úpravou podle Winklera na aparatuře podle Parnase-Wagnera. Obsah hrubé vlákniny byl

stanoven extrakcí pomocí slabé kyseliny a zásady za použití přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer. Stravitelnost vzorků byla zjišťována *in vitro* kombinovanou hydrolyzou pepsinem a pankreatinem za použití inkubátoru Daisy. Antioxidační aktivita byla stanovena metodami ABTS a DPPH, založenými na eliminaci volných radikálů ve vzorku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŠENICE

Pšenice je jednou z nejstarších pěstovaných rostlin původem z jihozápadní Asie. Je nejdůležitější světovou plodinou a základní potravinářskou surovinou (především pro výrobu pečiva a těstovin). Odrůdy pšenice, vyznačující se tvrdým sklovitým endospermem, se také využívají při tzv. pufování. Před tímto procesem by měla být pšenice obroušena a leštěna, aby bylo dosaženo co nejlepšího vzhledu. Pšenice je hlavním zdrojem rostlinných bílkovin v potravinách [1,2].

Pšenice patří do skupiny obilovin *Triticeae*. Pro lidskou výživu je nejvíce využívána pšenice setá (*Triticum aestivum*). Mezi další odrůdy patří pšenice trvdá (*Triticum durum*), pšenice špalda (*Triticum spelta*), pšenice červená (*Triticum aestivum* var. *milturum*) aj. [2,3].

Roční světová produkce pšenice činí asi 700 mil. tun. V České republice je roční produkce kolem 4 mil. tun, což je asi 55 % roční produkce obilovin u nás. Asi 65 % průměrné produkce se použije ke krmným účelům a export, 4,7 % na osivo a zbývajících 30 % na mouku a potravinářské výrobky. Pšenice je široce pěstovaná po celém světě, ale mezi největší producenty patří 10 států, a ty se dělí o 90% vývoz: USA, Austrálie, Rusko, Kanada, Evropská Unie, Kazachstán, Ukrajina, Turecko, Čína a Uruguay. V Číně zatím veškerou produkci zkonsumuje domácí trh [2,3,4,5,6].

Pšenice je bohatá na minerální látky jako draslík, železo, hořčík, křemík, fosfor a vitaminy skupiny B (především B₁, B₂ a B₆), které podporují nervový systém, provitamin A a vitamin E, který prospívá srdci, trávení, pleti, imunitě a má antioxidační účinky [4].

1.1 Botanická systematika

Z botanického hlediska pšenici dělíme podle barvy na bílou a červenou a podle osinatosti klasu na osinatou a bezosinatou. Většina našich odrůd je varetou pšenice s bílým bezosinatým klasem. Tato varieta patří mezi nejvyužívanější [7].

Červené zbarvení zrna pšenice je dáno přítomností hořkých polyfenolických látek, zvláště taninů. Takové pšenice jsou odolné vůči porůstání. Pšenice s bílým zrnem jsou sladší a obvykle náchylnější na porůstání [8].

V Rakousku byla v roce 2011 zaregistrována odrůda pšenice ozimé Skorpion, která je zapísána v Evropském katastru odrůd. Vyznačuje se modrým zbarvením zrna, jež způsobuje

šedomodré zabarvení šrotu i mouky. Tato odrůda je určena ke speciálnímu využití v potravinářství [8].

Tabulka 1: Variety pšenice obecné [9]

Varieta	Barva klasu	Osinatost klasu
<i>lutescens</i>	bílý	bezosinný
<i>milturum</i>	červený	bezosinný
<i>erythrosperrum</i>	bílý	osinatý
<i>ferrugineum</i>	červený	osinatý

Podle pluchatosti obilek se druhy pšenice dělí na nahé (pluchy nejsou přirostlé k obilce) a pluchaté (pluchy jsou přirostlé k obilce) a podle doby setí najarní a ozimé [10].

Pšenice patří dle botanického systému do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Její botanické druhy lze rozdělit do tří skupin: diploidní s 14 chromozomy, tetraploidní s 28 chromozomy a hexaploidní s 42 chromozomy [9,10,11].

Mezi diploidní druhy patří pšenice planá jednozrnka (*Triticum boeoticum*) a pšenice kulturní jednozrnka (*T. monoccocum*). Tetraploidní druhy pšenice jsou významnější a řadíme sem pšenici planou dvouzrnku (*T. dicoccoides*), pšenici dvouzrnku (*T. dicocum*), pšenici tvrdou (*T. durum*) a další. Hexaploidní druhy pšenice patří mezi pěstitelsky nejvýznamnější, a to především pšenice špalda (*T. spelta*) a pšenice setá (*T. aestivum*) [9,11].

1.2 Anatomická stavba zrna

Každá obilka se skládá z obalových vrstev, endospermu a klíčku. Hmotnostní podíl jednotlivých částí zrna je rozdílný u jednotlivých obilovin a je proměnlivý vlivem vnitřních a vnějších faktorů. Složky zrna mají různé strukturní, mechanické a fyzikálně-chemické vlastnosti [2].

Tabulka 2: Maximální rozmezí hmotnostních podílů částí zrna pšenice [12]

Část zrna	Rozmezí podílů (hmotn. %)
oplodí a osemení (bez hyalinní vrstvy)	3,5 – 9,5
aleuronová a hyalinní vrstva	4,6 – 10,4
endosperm	80,1 – 88,5
klíček	2,3 – 3,6

Obalové vrstvy (oplodí a osemení) tvoří asi 8 – 12,5 % hmotnosti zrna. Jsou cenným zdrojem vlákniny (celulózy a hemicelulózy) a minerálních látek (vápníku, železa, hořčíku, křemíku a fosforu). Chrání obilku před vnějšími vlivy. Jsou tvořeny několika vrstvami buněk, jež chrání klíček a endosperm před vysycháním a mechanickým poškozením [2,10, 13].

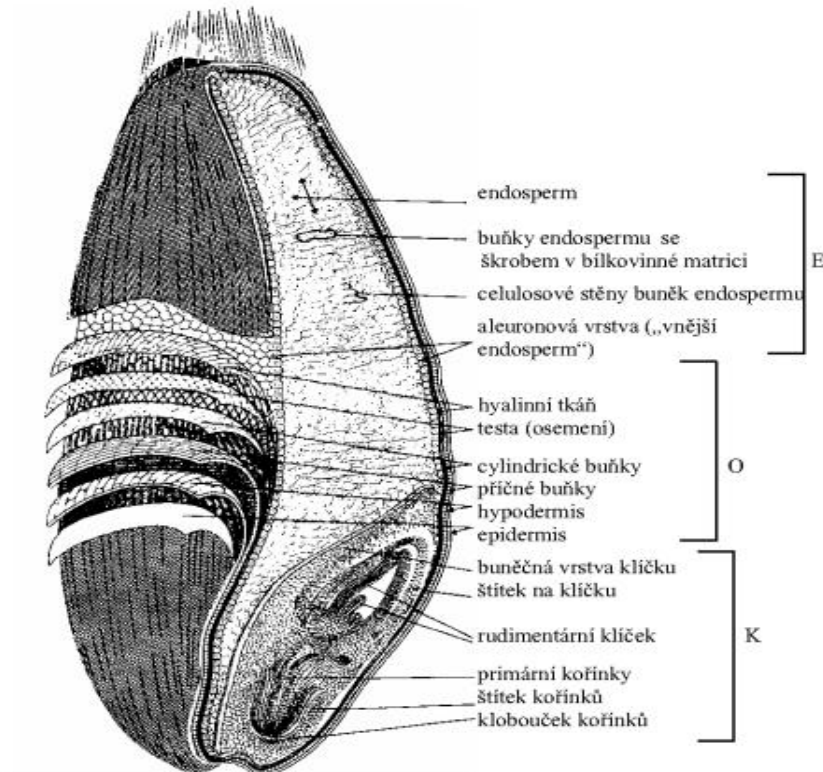
Oploď tvoří nejvrchnější vrstvy pokožky a ty jsou tvořeny nerozpustnými a obtížně bobtnajícími materiály, především celulózou. Osemení tvoří vrstvy, jež nesou v buňkách barviva a určují tak vnější barevný vzhled zrna [12,13].

Aleuronová vrstva se nachází mezi obalovými vrstvami a endospermem. Tvoří asi 8 % z celého zrna a obsahuje především protoplazmatické bílkoviny, lipidy, vitaminy a minerální látky. Podíl bílkovin aleuronové vrstvy (cca 30 %) je téměř trojnásobkem obsahu endospermu. Obsažené bílkoviny většinou nepatří k lepkotvorným a nejsou nositelem pekařské síly mouky [2,12].

Endosperm představuje největší podíl zrna (84 – 86 %) a je technologicky nejvýznamnější částí. Obsahuje hlavně škrob (téměř $\frac{3}{4}$) a bílkovinu (cca 10 % obsahu endospermu), která je velmi významná pro pekárenskou technologii. Škrob a bílkoviny jsou také zásobními látkami pro klíčící rostlinu. Pšeničná mouka je téměř čistý rozdrcený pšeničný endosperm [10,11,14,15].

Klíček (embryo) tvoří nejmenší podíl zrna. U pšenice 2,5 až 3 %, u kukuřice 12 až 15 %. Je cenným zdrojem lipidů, jednoduchých sacharidů, bílkovin, enzymů a vitaminů rozpustných v tučných (E) a skupiny B. Významný je štítek, který obsahuje až 33 % bílkovin [2].

Před mlýnským zpracováním zrna je klíček vždy předem odstraňován, jelikož velmi rychle podléhá oxidačním a enzymovým změnám a tím by zhoršoval senzorickou kvalitu [10,11,12,13,14,16].



Obrázek 1: Podélný řez pšeničným zrnem [10]

2 DRUHY PŠENICE

Odrůda je charakterizována jako soubor jedinců určitého genotypu nebo skupiny genotypů uvnitř nejnižšího botanického třídění, definovaný projevem genetických znaků, které si při reprodukci zachovává, a odlišující se alespoň jedním z projevených znaků nebo jejich kombinací od jiných odrůd [17,18].

Jedná se o soubor pěstovaných rostlin s jednotnými morfologickými znaky, jednotlivými cytologickými, fyziologickými, biologickými a hospodářskými vlastnostmi, kterými se odlišuje od jiné odrůdy stejného druhu plodiny [17,19].

V ekologickém zemědělství lze pěstovat všechny druhy kulturních rostlin. Efektivnost jejich pěstování je však omezena limity danými zákonem o ekologickém zemědělství č.344/2011 Sb. ve znění pozdějších předpisů a jeho prováděcí vyhláškou č.80/2012 Sb. [17,20].

2.1 Pšenice setá (*Triticum aestivum*)

Pšenice setá je nejpěstovanějším druhem pšenice jak u nás, tak i ve světě. Zaujímá asi 30 % orné půdy. Mezi největší producenty patří USA, Rusko, Francie, Kanada a Čína. V roce 2012 bylo v České republice sklizeno 3 577,8 tis. tun pšenice [21].

Pšenice setá pravděpodobně vznikla přirozeným křížením tetraploidní pšenice s mnohoštětem (*Aegilops squarrosa*). Taxonomicky je řazena k rodu *Triticum*. Celá a neupravená zrna pšenice mají největší výživovou hodnotu. Jsou výborným zdrojem vlákniny, vitaminů skupiny B, vitaminu E, železa, zinku a selenu. Pšenice setá obsahuje přibližně 72 % sacharidů, 2 % lipidů a 10 % proteinů. Nejdůležitější bílkovinou je lepek, který vzniká z glutelinu a gliadinu po přidavku vody do mouky. Limitující aminokyselinou pšenice je lyzin [10,22,23].

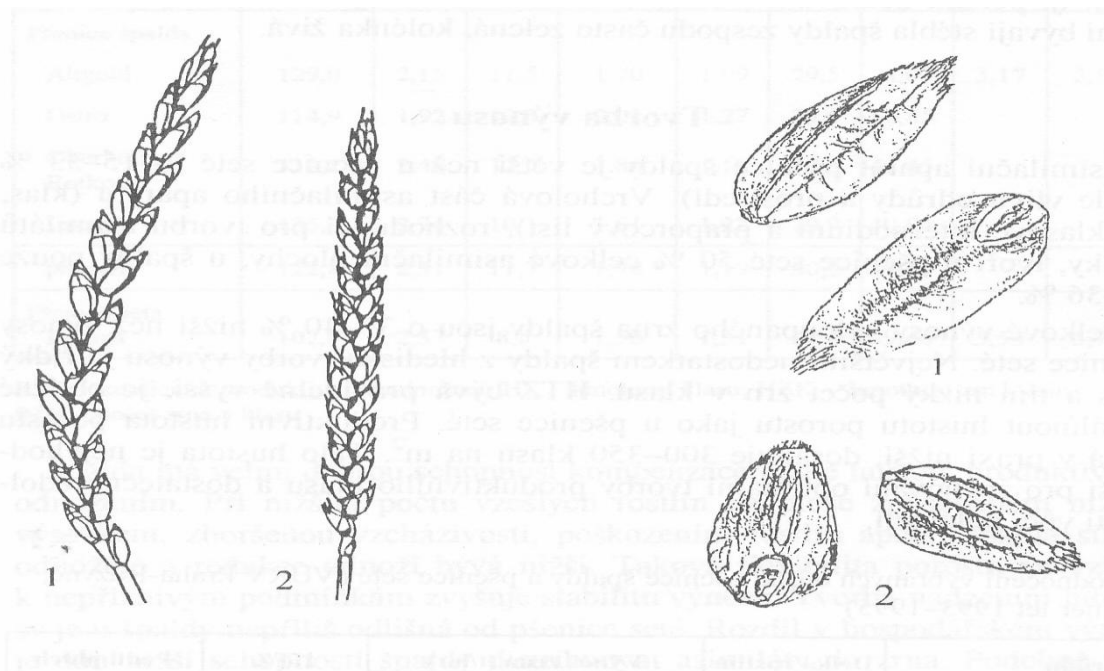


Obrázek 2: Pšenice setá [24]

2.2 Pšenice špalda (*Triticum spelta* L.)

Vznikla křížením mnohoštětu Tauschova s pšenicí dvouzrnkou. Je kulturní pluchatou pšenicí, má 42 chromozomů jako pšenice setá, která z pšenice špaldy vznikla mutací. Její prarodinou je jihozápadní Asie. V České republice se špalda znovu objevila počátkem devadesátých let v souvislosti se zaváděním ekologického zemědělství. Její plochy se v současnosti pohybují mezi 400 – 600 ha. V kolekci genové banky VÚRV (Výzkumného ústavu rostlinné výroby) Praha Ruzyně je vedeno 40 evropských odrůd pšenice špaldy [25].

Pšenice špalda obsahuje přibližně 74 % sacharidů, 14 % proteinů a 3 % lipidů [12]. Je morfologicky odlišná od všech ostatních druhů pšenic. Klas pšenice špaldy je dlouhý 15 – 17cm, delší než u pšenice seté, ale řídký. Vyloupané obilky pšenice špaldy jsou štíhlejší než pšenice seté, delší a větší. Hmotnost tisíce zrn špaldy je o 10 – 25 % větší. Obilky pšenice špaldy jsou tmavší než pšenice seté, výrazně sklovitější [16,25].



Obrázek 3: Rozdíly v morfologii klasu pšenice špaldy (1) a pšenice seté (2) [25]

Vzhledem k vyššímu objemu obilek má pšenice špalda i větší aleuronové vrstvy a tím i vyšší obsah bílkovin, až o 4 % více než pšenice setá. Rovněž i obsah esenciálních aminokyselin, tuku, vyšších mastných kyselin, hořčíku a fosforu je vyšší [25].



Obrázek 4: Pšenice špalda [26]

2.3 Kamut (*Triticum turanicum*)

Kamut patří k nejstarším druhům obilí a pochází z divoce rostoucí pšenice. Dnes se jedná o kulturní formu tvrdé pšenice. Pšenice kamut má dvakrát tak velké zrno, než běžná pšenice [27].

Běžná pšenice i kamut mají historicky stejného předchůdce, pšenici dvouzrnku. Nedaří se mu ve vlhkých podmínkách, např. pokusy s jeho pěstováním v různých oblastech Evropy byly zatím spíše neúspěšné [28].

Kvalitní proteiny starého zrna obsahují více rozpustných bílkovin až o 20 – 40 %. Kamut obsahuje také výrazně vyšší obsah vitaminů (až o 30 %) a minerálních látek (Mn a Zn) ve srovnání s běžnými pšenicemi. Kamut má mírně hořkou chuť jako pšenice špalda a jiné odrůdy pšenice, a také má typickou tmavou barvu jako celozrnné výrobky z klasických odrůd pšenice [29,30].

Ačkoli kamut je příbuzný pšenice, mnoho lidí, kteří trpí chronickou intolerancí (nesnášenlivostí) lepku, jsou schopni kamut jíst. Je obecně zjištěno, že je lépe stravitelný a pro většinu citlivých lidí, může být kamut náhradou za pšenici obecnou [31].



Obrázek 5: Pšenice kamut [32]

2.4 Červená pšenice (*Triticum aestivum* var. *milturum*)

Kolébku červené pšenice je východní Afrika. Jde o původní druh pšenice a dnes je pěstovaná v celé řadě oblastí celého světa. Antokyanová barviva obsažená v červené pšenici jsou

obsažena především ve slupce. Proto je obsah antokyanů o to vyšší, o co je vyšší hrubost mletí. Antokyany působí v těle jako antioxidanty, zvláště pohlcují volné radikály [33,34].

Významnými výrobci pšenice červené v bio kvalitě v České republice jsou manželé Hlaváčovi a jejich rodinné ekologické hospodářství. Ti se věnují pěstování červené pšenice, která pochází z Ukrajiny [35].



Obrázek 6: Pšenice červená [36]

3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŠENICE

Důležitou složkou obilného zrna je voda, její obsah se pohybuje od 12 do 15 %, zbytek tvoří sušina. Obiloviny průměrně obsahují 60 – 70 % polysacharidů, 8 – 13 % bílkovin a 1 – 5 % lipidů. Jsou bohatým zdrojem vitaminů skupiny B a vitaminu E, dále vápníku, železa, hořčíku, mědi, zinku a fosforu. Naprostá většina uvedených cenných látek je však uložena v klíčcích či obalových vrstvách, a proto je při přípravě bílé mouky z větší části odstraněna. Biologická hodnota obilovin se tak snižuje. Právě tento postup je hlavním důvodem pro výběr obilovin ve formě celých zrn (rýže natural, kroupy), klíčků, otrub, ovesných vloček, müsli a dalších. Podstatně tím i zvýšíme podíl vlákniny (mletím obilí se jí ztrácí 50 až 90 %), která je nezbytným předpokladem správné funkce střev, preventivním i terapeutickým prostředkem obštipace, ale i rakoviny tlustého střeva, obezity, diabetu II. typu a hypercholesterolemie [2,37,38].

Důležitou složkou obilného zrna je voda, její obsah se pohybuje od 12 do 15 %, zbytek tvoří sušina [2,38].

Základními stavebními složkami obilovin jsou:

- sacharidy a proteiny,
- lipidy a minerální látky,
- vitaminy a barviva [2].

Tabulka 3: Látkového složení v jednotlivých částech zrna v % [39]

Složka	Popel	Proteiny	Lipidy	Celková vláknina	Pentózy	Škrob
oplodí a osemení	3,4	6,9	0,8	50,9	46,6	–
aleuronová vrstva	10,9	31,7	9,1	11,9	28,3	–
klíček	5,8	34,0	27,6	2,4	–	–
endosperm	0,6	12,6	1,6	0,6	3,3	80,4

3.1 Proteiny

Hlavním zdrojem proteinů v zrně je endosperm, který jich obsahuje 10 – 15 %. Z funkčního hlediska lze dělit bílkoviny endospermu na metabolické, tj. enzymatické bílkoviny účastnící se metabolických procesů; zásobní, sloužící jako zásoba aminokyselin pro syntézu nových bílkovin v procesu klíčení a strukturní, které vytvářejí spolu s polysacharidy a lipidy buněčné membrány endospermu. Z hlediska biochemické klasifikace lze bílkoviny endospermu rozdělit podle rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Albuminy rozpustné ve vodě, globuliny v solných roztocích, prolaminy (= gluteliny) ve vodném roztoku alkoholu a gluteniny, které jsou rozpustné ve zředěných kyselinách a alkáliích [40].

Tabulka 4: Obsah jednotlivých proteinů v pšeničném zrně [22]

Protein	Obsah (g.100 g ⁻¹)
leukosin	14,7
edestin	7,0
gliadin	32,6
glutein	45,7

Nejvíce zastoupenými aminokyselinami v proteinech pšenice jsou kyselina glutamová a glutamin (cca 30 %) a prolin. Množství celkových bílkovin v zrně pšenice a jejich viskoelastické vlastnosti jsou ovlivněny jak faktorem genotypu, tak také vnějšími agroekologickými podmínkami a poměrem jednotlivých bílkovinných frakcí [21,41].

Bílkoviny pšenice se liší od ostatních rostlinných bílkovin svou schopností tvořit lepek (gluten). Při hnětení pšeničné mouky s vodou dochází k tvorbě pevného gelu, lepku. Lepek je viskoelastická lepivá hmota, která má důležitou úlohu při tvorbě těsta. Je tvořen ze dvou třetin z vody a z jedné třetiny ve vodě nerozpustnými bílkovinami, gliadinem a gluteninem. Gliadin je odpovědný za tažnost a glutenin za pružnost a bobtnavost lepku ve zředěném roztoku kyseliny mléčné. Nejvyšší kvalita pečiva má poměr gliadinu a gluteninu 3:1 [2,3,42,43].

Původní množství lepku v obilovinách bylo 10 %. Dnešní vyšlechtěné odrůdy obilí už obsahují 30 až 50 % tzv. "mokrého lepku" [44].

Tabulka 5: Obsah aminokyselin v pšeničném zrně (vztaženo na 16 g dusíku) [22]

Aminokyselina	Obsah (g)	Aminokyselina	Obsah (g)
alanin	3,6	lyzin	2,9
arginin	4,6	metionin	1,5
kyselina asparagová a asparagin	4,9	fenylalanin	4,5
cystein	2,5	prolin	9,9
kyselina glutamová a glutamin	29,9	serin	4,6
glycin	3,9	treonin	2,9
histidin	2,3	tryptofan	0,9
izoleucin	3,3	tyrozin	3,0
leucin	6,7	valin	4,4

3.2 Sacharidy

Sacharidy tvoří až 62 % zrna. Většinou se vyskytují ve formě škrobu a jen asi 1 až 2 % tvoří jednoduché sacharidy. Některé sacharidy jsou obsaženy v mikromnožstvích, zatímco jiné představují desítky procent z obsahu zrna [12,45].

Nejvýznamněji je z polysacharidů zastoupen škrob, dále celulóza, hemicelulózy, další pentózy a slizy. V malé míře jsou v zrně zastoupeny oligosacharidy a monosacharidy [10].

Tabulka 6: Obsah hlavních skupin sacharidů [10,12]

Typ sacharidu (g.100 g ⁻¹)	Zrno	Mouka	Otruby
volné sacharidy	2,1 – 2,6	1,2 – 2,1	7,6
škrob	50,0 – 70,0	65,0 – 74,0	14,1
celulóza	–	0,3	35,0
hemicelulózy	–	2,4	43,0
pentozany	1,4 – 3,0	1,1 – 2,1	21,6 – 26,5
β-glukany	0,3 – 1,4	–	–
vláknina potravy	9,9 – 14,6	2,3 – 5,6	42,6
rozpustná vláknina	2,1	1,7	–

3.2.1 Monosacharidy

Ve zralých obilných zrnech jsou z monosacharidových jednotek zastoupeny pentózy a hexózy. Pentózy (arabinóza, ribóza a xylóza) jsou uloženy v obalových a buněčných stěnách endospermu a jsou základními stavebními částmi pentózanů, důležitých složek podpůrných pletiv. Hexózy (galaktóza, manóza, glukóza a fruktóza) jsou zastoupeny ve větší míře v zrna žita, v pšeničném zrna se vyskytují v nepatrném množství, a to především v klíčku. Do mouky se jich dostává jen málo (maximálně 1 – 3 %) [2,10,46,47,48].

Tabulka 7: Obsah glukózy a fruktózy v obilovinách v % [15]

Monosacharid	Ječmen	Oves	Žito	Pšenice
glukóza	0,17	0,12	0,21	0,11
fruktóza	2,31	1,01	5,79	1,73

3.2.2 Oligosacharidy

Významnými oligosacharidy jsou sacharóza, vyskytující se převážně v klíčku, maltóza a izomaltóza. Maltóza a izomaltóza jsou základními stavebními jednotkami škrobu, pokud jsou přítomny volně, pak vznikají jeho hydrolýzou [22].

Ve zralém neporušeném a suchém zrně se vyskytují ve velmi nízkých koncentracích. Pouze klíček obsahuje vyšší množství sacharózy, a to 0,6 %. V žitě se množství sacharózy pohybuje až okolo 3 % [2,10].

3.2.3 Polysacharidy

Z technologického hlediska jsou nejdůležitější skupinou sacharidů obilných zrn. Mají stavební a zásobní funkci. Patří sem především škrob a neškrobové polysacharidy, jako je celulóza, hemicelulózy a v menším zastoupení β -glukany [2,10].

Tabulka 8: Obsah hlavních polysacharidů v pšeničné mouce [43]

Polymer	Obsah (%)
škrob	60,0 – 80,0
neškrobové polysacharidy	3,0 – 11,0
celulóza	0,2 – 3,0
hemicelulózy	2,0 – 7,0
arabinoxylany	1,0 – 3,0
β -glukany	0,5 – 2,0
xyloglukany	0,2 – 0,4
pektiny	0,3 – 0,5
glukofruktany (fruktany)	1,0 – 4,0

Škrob je fyzikálně i chemicky velice heterogenní. Je obsažen nejen v klasických škrobnatých plodinách, jako jsou kukuřice, brambory, obiloviny, ale i např. v luštěninách. V zrninách tvoří 50 – 75 % hmotnosti v sušině. Škrob je uložen do škrobových zrn [49].

Je složen z amylózy a amylopektinu, tyto části jsou tvořeny maltózou (v případě amylózy) a maltózou a izomaltózou (v případě amylopektinu). Amylóza je rozpustná ve vodě a amylopektin pouze bobtná a není schopen vytvořit roztok [2,12,21,47,48].

Po dosažení teploty okolo 65 °C začínají škrobová zrna mazovatět, zvětšují svůj objem a následně praskají, amylóza se uvolňuje do roztoku, vzniká „škrobový maz“. Během ochlazení dojde ke zpětné tvorbě vodíkových vazeb mezi amylózou a amylopektinem. Vzniklá trojrozměrná síť obsahuje velké množství vody a nazývá se „škrobový gel“. Další tvorba vodíkových vazeb vede k vytlačování vody ze struktury gelu, dochází k tzv. retrogradaci škrobu, vzniká dvoufázový systém pevná látka – kapalina, která je příčinou stárnutí pečiva [10,14,21,22].

3.2.4 Vlákna

Termín vlákniny potravy poprvé užil v roce 1954 Hipsley pro nevyužitelné sacharidy rostlinného původu netrávené a neresorbované v horní části lidského trávicího ústrojí. V dnešní době je nejčastěji akceptovaná Trowellova definice z roku 1972, která pod pojmem vláknina potravy zahrnuje zbytky rostlinné buněčné stěny neštěpitelné lidskými trávicími enzymy. Tato definice byla v roce 1976 rozšířena o látky vyskytující se i mimo buněčnou stěnu (některé zásobní polysacharidy, pryskyřice a slizy). Vlákna potravy je definovaná jako nestravitelné rostlinné polysacharidy a lignin [50].

K vláknině podle chemického složení patří:

- neškrobové polysacharidy – celulóza, hemicelulózy, pektiny, β -glukany, chitin, gumy a slizy,
- nestravitelné oligosacharidy,
- složky příbuzné sacharidům – rezistentní škroby, modifikované celulózy, syntetické deriváty polysacharidů (karboxymethylcelulóza, methylcelulóza, dextriny) [51].

Celulóza je nejhojnější polysacharid vyskytující se v přírodě. Je hlavním stavebním materiálem rostlin. [52].

V obilkách je celulóza přítomna ve vyšších koncentracích zejména ve vrchních obalových vrstvách. Je nerozpustná ve vodě a za normálních teplot nebobtná. Schopnost bobtnat

a vázat vodu mají její deriváty. Pšenice jí obsahuje asi 1,6 %, v ječmeni jsou jí 4 % a oves a rýže obsahují přes 10 % celulózy [2,10,12,42].

Celulóza vykazuje příznivé účinky na fyziologii trávení a její konzumace zlepšuje nepříliš dobrou bilanci spotřeby vlákniny v naší populaci [53].

Používá se pro výrobu speciálních papírů (zejm. filtračních) nebo je dále chemicky zpracovávána, např. při výrobě viskózních vláken, acetátových vláken, nitrocelulózy a karboxymethylcelulózy [52].

Hemicelulózy jsou ve vodě nerozpustné polysacharidy doprovázející ve dřevě a v jiných rostlinách celulózu, od které se liší jednak nižším polymeračním stupněm (až po oligomery) a také rozličností základních sacharidových jednotek. Hemicelulózy jsou druhá skupina látek, které tvoří podstatu tzv. vlákninového komplexu. Většina polysacharidů, které řadíme do skupiny hemicelulóz, patří mezi lineární polysacharidy. Základními monosacharidy, které se v nich váží jsou: D-xylóza, D-manóza, D-glukóza, D-galaktóza, L-arabinoza a kyselina D-glukuronová [52,54].

Lignin je základní složkou nerozpustné vlákniny. Z hlediska významnosti a funkce nativních biopolymerů buněčných stěn rostlin, zaujímá lignin třetí místo po celulóze a hemicelulózách [54,55].

Vlákninu můžeme rozdělit podle rozpustnosti na rozpustnou (část hemicelulóz, rostlinné gumy, pektiny, rostlinné slizy, modifikované škroby) a nerozpustnou (celulóza, část hemicelulóz a lignin) [43,56,57,58,59].

Obsah nerozpustné vlákniny se výrazně liší v celých zrnech a v pšeničné mouce. V zrnech pšenice se obsah pohybuje od 13 do 22 % a v pšeničné mouce od 1 do 3 % [60].

Například vláknina v ovesných otrubách je z 50 % tvořena nerozpustnou složkou, zatímco v pšeničných otrubách je zastoupena pouze z 20 % [10,61].

Cennými zdroji hrubé vlákniny jsou cereální výrobky zejména otruby, celozrnné chleby a pečivo, vločky nebo těstoviny z celozrnných mouk [2].

Tabulka 9: Vztah mezi vlákninou potravy a hrubou vlákninou [50]

Vláknina	
Vláknina potravy	Hrubá vláknina
lignin	lignin
celulóza	celulóza
hemicelulózy	–
pektiny	–
gumy	–
slizy	–

Obilné zrna obsahuje vlákninu především v povrchových vrstvách, proto tmavá, málo vymletá mouka nebo dokonce celozrnná mouka obsahuje větší množství vlákniny než vysoce vymílaná mouka bílá [61]. Obsah vlákniny v bílé pšeničné mouce je $1,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ oproti mouce celozrnné, kde je obsah vlákniny $5,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ [62].

Vláknina příznivě ovlivňuje fyziologické funkce trávicí soustavy. Udržuje zdravou funkci tlustého střeva, vytváří gelotvorné struktury, bobtná a vyvolá dříve pocit nasycení. Urychluje peristaltiku střev a navíc vláknina na sebe váže škodliviny, které pak z těla odvádí. Pomáhá tím proti chronickým zácpám i nádorům tlustého střeva. Vláknina zpomaluje resorpci tuků a cholesterolu v tenkém střevu [2,43,56].

Dále vláknina zpomaluje vstřebávání glukózy ve střevě a tím snižuje nároky na sekreci inzulinu. Působí tak jako prevence proti diabetu [63].

Se zvyšováním cereální vlákniny, např. vysokou spotřebou otrub nebo ovesných vloček, se zvyšuje i příjem kyseliny fytové a fytátů, které vážou do komplexů nevratně některé minerální prvky (Mg, Ca, Fe aj.) a tím se snižuje utilizace vápníku a železa. Je proto třeba při vysoké konzumaci vlákniny tyto prvky doplňovat [2,56].

Doporučená denní dávka vlákniny se průměrně pro dospělého člověka uvádí 30 g denně, z toho 6 g má připadat na vlákninu rozpustnou [2,56,64].

Vyšší denní dávky zaměřené terapeuticky by podle odhadů byly výhodné asi u 10 % obyvatelstva [50,59].

3.3 Lipidy

Jsou rozsáhlou a významnou skupinou organických sloučenin, jejichž společnou vlastností je nerozpustnost, nebo omezená rozpustnost ve vodě. Rozpustné jsou naopak v organických rozpouštědlech. Lipidy tvoří pestrou skupinu látek, mezi které patří homolipidy (tuky a oleje, vosky), heterolipidy (především fosfolipidy), dále pak lipofilní pigmenty aj. Z homolipidů převažují v obilovinách triacylglyceroly, v nichž se váží převážně kyselina linolová a olejová. Důležitou složkou jsou i fosfolipidy, které obsahují kyselinu fosforečnou a dusíkatou bázi. Typickým představitelem je fosfatidylcholin [10,21,22].

Obilná zrna jsou na lipidy poměrně chudá. Po extrakci éterem se obsah lipidů pohybuje kolem 1,9 %, po extrakci polárním rozpouštědlem kolem 2,2 % a po kyselé hydrolyze 2,5 % (za vzniku mastných kyselin a glycerolu). Vyšší výskyt tuků je patrný v klíčcích. Tuk z obilných klíčků je z výživového hlediska velmi cenný [10].

Tabulka 10: Obsah mastných kyselin v pšeničném zrně [10]

Mastná kyselina	Obsah (g.100 g ⁻¹)
palmitová	20,0
stearová	1,5
olejová	16,0
linolová	58,0
linolenová	4,0

3.4 Vitaminy a minerální látky

Obsah vitaminů v obilovinách je nízký, ve větším množství jsou zastoupeny pouze vitaminy skupiny B (tiamin, riboflavin, niacin, kyselina pantotenová, pyridoxin a kyselina listová) a vitamin E [65,66].

Obiloviny jsou jedním z hlavních přírodních zdrojů vitamínu E, respektive tokoferolů a tokotrienolů. Jejich přítomnost v potravinách pomáhá při odstraňování reaktivních volných radikálů, které jsou jednou z příčin vysokého výskytu kardiovaskulárních chorob a rakoviny [30].

Vitamíny se u obilovin ve větším množství vyskytují zejména v obalových vrstvách a klíčku. Ve světlých moukách zbývá podle stupně vymletí jen kolem 10 – 20 % původního obsahu vitamínů skupiny B v znu. V tmavých moukách může být zachováno až 40 % původního obsahu [10].

Obsah minerálních látek není konstantní, do značné míry je ovlivněn obsahem minerálií v půdě a formou hnojení. Souhrnně označujeme tyto látky jako popel, to znamená anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Obsah popele se v celých zrnech pohybuje v rozmezí 1,25 – 2,5 %. Nejvyšší koncentrace minerálních látek je v obalových vrstvách a nejnižší v endospermu. Ve větším množství je zastoupen pouze fosfor a draslík, z mikroelementů zinek, mangan a železo [10,21,67,68].

Tabulka 11: Obsah minerálních prvků v pšeničné mouce a celých zrnech [60]

Minerální prvek (mg)	Tvrdá pšenice	Měkká pšenice	Ječmen	Proso
P	3 498,0	977,6	4 570,0	2 879,0
K	826,2	1 225,0	4 572,0	2 798,0
Ca	159,5	202,2	736,2	508,6
Na	46,0	38,4	238,4	60,9
Zn	30,8	7,6	74,2	65,9
Fe	13,2	13,9	128,4	199,8

Přítomná kyselina fytová, která má schopnost vázat především atomy vápníku, hořčíku a dvojmocného železa, může zhoršovat využitelnost a biologickou dostupnost minerálních látek z obilovin.. Tyto sloučeniny tak lidský organizmus nedokáže vstřebat [10,21,69].

4 VÝROBA PŠENIČNÝCH VLOČEK A SLOŽENÍ MÜSLI

Obilné vločky obsahují celou řadu významných látek, jako jsou sacharidy, rostlinné bílkoviny, nenasycené mastné kyseliny, minerální látky, vitaminy a důležitou vlákninu. Nejznámější jsou ovesné vločky, ale dnes najdeme na trhu také pšeničné, špaldové, ječné, pohankové a žitné. Vločky se získávají tak, že se obilné zrna povaří, vysuší a následně lisuje. K obilným vločkám se přidávají např. ořechy, dýňové semínko, lněné semínko, sušené ovoce, lyofilizované ovoce, sušené mléko, med apod. [70].

4.1 Výroba pšeničných vloček

Pšeničné vločky jsou vyrobeny ze zrna pšenice ozimé, která je charakterizována zejména vysokým obsahem bílkovin s cennými esenciálními aminokyselinami. Vláknina pšenice příznivě působí na střevní peristaltický systém a obsah vitaminů skupiny B podporuje nervový systém [70].

Pšeničné vločky se předpřipraví narušením povrchu celého pšeničného zrna napařením a následným mírným rozvácováním. Obilné zrna se vaří 30 až 35 minut. Při varném procesu dojde k úplnému zmazování škrobu. Aby se mohla pšeničná zrna rovnoměrně ochlazovat, musí se od sebe oddělit. Vlhkost zrn by měla být v rozmezí 16 – 18 %. Následně se zrna rozvácí na válcových (vločkovacích) strojích při teplotě 40 až 46 °C. Poloha válců se nastavuje buď manuálně, nebo hydraulicky a na ní závisí konečná tloušťka vloček. Následně se vločky suší na konečnou vlhkost 14% [14,71,72,73].

4.2 Složení müsli

Základem pro výrobu müsli jsou obilné vločky či jinak upravené obiloviny. Nejčastěji se jako základ používají vločky ovesné, které jsou nutričně velmi hodnotné. Ostatní obiloviny (ječmen, pšenice, žito, kukuřice, proso a rýže) a pseudocereálie (pohanka a amarant) tvoří spíše doplňující součást müsli (ať už jednotlivě nebo v nejrůznějších kombinacích) nebo mohou tvořit samostatný základ [74,75,76].

4.2.1 Ovocný podíl

Mezi nejčastěji používané ovoce k výrobě müsli patří maliny, rozinky, jablka, jahody, banán, švestky či meruňky. Ovoce je dobrým zdrojem vlákniny, vitaminů a minerálních lá-

tek. Jeho energetickou hodnotu udává obsah sacharidů, především monosacharidů a sacharózy [22,77,78].

Ovoce se do müsli přidává nejčastěji v sušené nebo lyofilizované podobě. Lyofilizace je sušení pomocí vymrazování, tzv. vakuové sublimační sušení. Je mnohem šetrnější nejen k obsahu vitaminů a minerálních látek, ale také ke konečné textuře, barvě, chuti a vůni ovoce. Sušené ovoce musí být dle vyhlášky č.157/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů dostatečně vysušené, bez známek poškození živočišnými škůdci včetně jejich nepřítomnosti, bez znečištění zeminou či prachem. Barva, chuť a vůně musí odpovídat danému druhu ovoce [74,75,76,79,80].

Skořápkovými plody se dle vyhlášky č.157/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů rozumí plody nebo semena ořechů, oříšků a mandlí v surovém nebo upraženém stavu. Patří sem lískové a vlašské ořechy, arašídy, kešu ořechy, para ořechy, mandle, kokosový ořech a piniové oříšky [79].

Ořechy obsahují arginin, aminokyselinu, která je potřebná k tvorbě velmi důležité molekuly zvané oxid dusnatý, která pomáhá uvolnit stažené cévy a usnadňuje průtok krve. Jsou navíc vynikajícím zdrojem celé řady fytonutrientů – bioaktivních chemických látek, jež se nacházejí v rostlinách [81].

4.2.2 Semínka

Dle vyhlášky č.329/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů se olejnatými semeny rozumí suchá, čištěná a tříděná semena olejin neloupaná nebo loupaná, určená pro přímou spotřebu, k nimž patří semínka máku, sezamu, slunečnice, lnu či tykve. Stále častěji se setkáváme s nabídkou dýňových či konopných semínek, jako součást müsli [74,76].

Semínka obsahují vysoké množství oleje, který je téměř u všech semínek za studena lisován ke kulinářskému či kosmetickému zpracování. Olej ze semínek je tělu velmi prospěšný. Obsahuje velmi ceněné ω -3 nebo ω -6 polynenasycené mastné kyseliny. Jejich účinek se projevuje tím, že mají vliv na snížení hladiny cholesterolu. Dále semínka obsahují i nezanedbatelné množství minerálních látek, obsahují vitaminy skupiny B a cenný vitamin E. Z dalších významných látek je zde vláknina [82].

4.2.3 Ostatní přísady

Müsli může obsahovat spoustu dalších přísad jako je čokoláda (kousky, hoblinky či poleva), kávová zrna, kakaové boby, různé koření (vanilku, skořici), med apod. [75,76].

5 PŠENIČNÉ MÜSLI

Pojem müsli pochází z dialektu švýcarské němčiny a znamená „směs“ nebo „kaše“ [83,84].

Müsli je dle vyhlášky č. 333/1997 Sb. novelizované vyhláškou č. 182/2012 Sb. definováno jako směs mlýnských obilných výrobků, upravených vločkováním, extrudováním nebo jinou vhodnou technologií, k nimž jsou přidány další složky, zejména jádra suchých plodů, sušené nebo jinak zpracované ovoce a látky upravující chuť, vůni nebo konzistenci [38].

5.1 Müsli a výživa

Müsli je cenným zdrojem sacharidů (polysacharidů, vlákniny), rostlinných obilovin a vitamínů skupiny B, díky vysokému podílu obilovin. Pro lidský organizmus je velmi důležitý obsah vlákniny, jejíž denní příjem by měl být 25 – 30 g. Zejména sypané müsli je velmi dobrým zdrojem vlákniny, díky vyššímu podílu celých zrn a zachovanými obalovými vrstvami. Obiloviny obsažené v müsli jsou bohaté i na minerální látky, jejich využitelnost je však limitovaná přítomností antinutričních látek, především kyseliny fytové [14,85,86].

Energetická hodnota müsli je vyšší než u jiných výrobků z obilovin. V rámci sušiny energetickou hodnotu zvedá zejména vysoký podíl tuku (obzvláště u vloček z ova), jehož trávením tělo získává nejvíce energie. Také přítomnost jednoduchých sacharidů ovlivňuje energetickou hodnotu. Denní příjem těchto sacharidů by dle doporučení neměl překročit 60g. Hodnota glykemického indexu u müsli je v rozmezí 40 – 66 (střední hodnota) a u jednotlivých výrobků se liší dle složení. Zejména závisí na obsahu ořechů a použitém ovoci v müsli. Hodnota je ukazatelem míry vzestupu hladiny glukózy v krvi a ovlivňuje vylučování inzulínu [87,88,89,90].

5.2 Druhy müsli

Müsli se připravuje ve dvou hlavních podobách: jako suché a čerstvé [91].

Čerstvé a suché müsli je k dostání v sypané či zapékané formě, nebo jako müsli tyčinky [91].

5.2.1 Suché müsli

Je sypká směs zejména ovesných vloček a kousků různého sušeného ovoce, ořechů a semínek. Běžně obsahuje i jiné obilné vločky, například pšeničné či žitné. Suché müsli je v současnosti běžně dostupné v podobě průmyslově balených směsí. Existuje řada druhů müsli, například s medem, různým kořením či čokoládou. Suché müsli lze delší dobu skladovat. Jeho příprava je rychlá, stačí je smísit s mlékem, jogurtem či ovocnou šťávou a případně kousky čerstvého ovoce [13].

5.2.2 Čerstvé müsli

Představuje čerstvě připravenou směs ovesných vloček, předem namočených ve vodě nebo ovocné šťávě, mléce apod. s přidavkem nastrohaného nebo rozmixovaného ovoce (např. banány, lesní plody, rozinky aj.). Lze použít i ovoce sušené nebo lyofilizované, mléčné výrobky (např. jogurt, smetana, kondenzované mléko, čerstvý sýr, tvaroh), citronovou šťávu, ořechy, semínka, koření (především skořice) a med [91].

5.2.3 Zapékané müsli

Je připravováno smažením či zapékáním, má tedy také vyšší energetickou hodnotu [92]. Základem zapékaného müsli, nebo také křupavého müsli, jsou vločky, které jsou zapečené se sladovým extraktem, fruktózovým sirupem či medem a ochucené např. cukrem, čokoládou, skořicí, či jinými aromatickými látkami. Směs se také může tvarovat do podoby müsli tyčinek [13].

Odlišností od sypané verze je samotné zapékání či smažení, ke kterému se nejčastěji využívá palmového oleje [93].

5.2.4 Sypané müsli

Je na rozdíl od zapékaného připravováno šetrným způsobem pražení, díky němuž jednotlivé složky získávají křupavý charakter i bez přítomnosti oleje a smažení. Z tohoto důvodu je schopno uchovat si zdraví prospěšné látky [92].

Sypané müsli se vyrábí smícháním vloček, především ovesných, ale také pšeničných, žitných či cornflakes, spolu s různými druhy sušeného ovoce, ořechy, případně semínky. Konzumuje se nejčastěji smíchané s mlékem či jogurtem [91].

K dostání jsou i müsli složená z tzv. pseudosereálií, např. pohankové müsli a amarantové [94].



Obrázek 7: Müsli [95]

6 STRAVITELNOST SACHARIDŮ, LIPIDŮ A BÍLKOVIN

Při trávení se z 1 g sacharidů, stejně jako z 1 g bílkovin uvolní 17,2 kJ (4,1 kcal). Nejvíce energie se však získává trávením tuků, a to 38,9 kJ (9,3 kcal) z 1 g [90].

6.1 Stravitelnost sacharidů

Dvě třetiny potřeby energie lidského organismu pokrývají právě sacharidy [96].

Trávení sacharidů začíná v ústech pomocí slinné α -amylázy, jež je následně inaktivována v kyselém prostředí žaludku. V tenkém střevě štěpí pankreatická α -amyláza sacharidy obsahující α -(1,4)-glykosidickou vazbu. Při trávení škrobu tak vzniká směs různých produktů: amylózové řetězce, maltotrióza, maltóza a dextriny [97].

Maltóza, maltotrióza a dextriny musí být hydrolyzovány, jelikož vlastní resorpce se uskutečňuje v podobě monosacharidů. Tuto činnost zajišťují enzymy maltáza a izomaltáza. Konečným produktem je glukóza [96].

Vedle glukózy se v tenkém střevě vstřebávají i fruktóza, galaktóza, ribóza a další monosacharidy. Přednostně jsou všechny metabolizovány v játrech [63].

Odbourávání glukózy probíhá za anaerobních podmínek a první fází je glykolýza, při níž jako konečný produkt vzniká pyruvát (z 1 molekuly glukózy vzniknou 2 molekuly pyruvátu). Ve druhé fázi dochází za aerobních podmínek k oxidační dekarboxylaci pyruvátu pyruvátdehydrogenázovým komplexem, vzniká acetyl-CoA a reakce je nevratná. Acetyl-CoA je hlavním substrátem citrátového cyklu [98,99].

Resorpce fruktózy ve střevní sliznici je mnohem pomalejší než vstřebávání glukózy či galaktózy. Fruktóza je nejprve využívána v játrech a to mnohem rychleji než glukóza. Příčinou je její snadnější transport přes plazmatickou membránu a okolnost, že fruktóza obchází část reakcí, které jsou nejpomalejší a rozhodují o rychlosti glykolýzy [63].

Zdrojem galaktózy je laktóza přijatá potravou a štěpená ve střevě laktázou na glukózu a galaktózu. V játrech se galaktóza snadno přeměňuje na glukózu a její využití v organismu tak odpovídá využití glukózy. Této snadné přeměny bylo používáno jako testu funkce jater [63].

Štěpení sacharózy, laktózy a trehalózy zajišťují enzymy buněk tenkého střeva, a to sacharáza, laktáza a trehaláza [96].

Doporučená dávka stravitelných sacharidů v potravě je 55 – 60 %, tj. kolem 270 – 350 a více gramů denně. Na 1 g bílkovin a 1 g tuků by tak měly připadat ve výživě dospělého člověka 4 g sacharidů. Stravitelné polysacharidy mají tvořit většinu sacharidů, protože nadbytek jednoduchých cukrů zvyšuje riziko zubního kazu a obezity [59].

6.2 Stravitelnost lipidů

Lipidy jsou nejbohatším energetickým zdrojem a také hlavní zásobní formou energie v organismu. Jsou nezbytnou složkou buněčných membrán a mají významnou roli v mechanické a tepelné ochraně organismu. Transportní formy (lipoproteiny) umožňují transport řady látek (například v tukách rozpustných vitaminů). Hlavní fyziologicky významné jsou mastné kyseliny, z lipidů pak triacylglyceroly, fosfolipidy, cholesterol a jeho estery [63].

Trávení a vstřebávání lipidů ve vodném prostředí trávicího ústrojí potřebuje zvláštní mechanismy z důvodu špatné rozpustnosti lipidů ve vodě. Lipidy je nutné emulgovat mechanicky a pomocí žlučových kyselin, které mají schopnost snižovat povrchové napětí a tím emulgovat tuk na malé kapénky. Kapičky tuku v emulzi mají větší plochu pro působení enzymů – lipáz. Přibližně 10 – 30 % lipidů je rozštěpeno již v žaludku [96].

Triacylglyceroly (TAG) jsou estery glycerolu a mastných kyselin. Jsou podstatnou součástí lipoproteinů. Jejich nepolární (hydrofobní) charakter umožňuje skladovat mnohem více energie než v případě volných mastných kyselin [63]. Štěpení TAG začíná v žaludku savců činností žaludeční lipázy. Hlavní štěpení TAG probíhá v tenkém střevě. Do dvanáctníku tenkého střeva vtéká kromě žlučových kyselin i pankreatická šťáva obsahující enzym pankreatickou lipázu, která štěpí lipidy na di- a monoacylglyceroly a část mastných kyselin. Monoacylglyceroly jsou rozkládány střevní lipázou na glycerol a mastné kyseliny [98,99].

Z buněk střevní sliznice procházejí přímo do krve mastné kyseliny s kratším řetězcem, a to v neesterifikované formě. Mastné kyseliny s delším řetězcem a monoacylglyceroly se zpětně neesterifikují na triacylglyceroly. V cytosolu buněk se mastné kyseliny aktivují, čímž vzniká acyl-CoA. Pomocí L-karnitinu je tato sloučenina přenášena do mitochondrie a za přístupu kyslíku probíhá tzv. β -oxidace mastných kyselin. V každém cyklu dojde ke zkrácení řetězce o dva uhlíky za vzniku acetyl-CoA a zbytku mastné kyseliny. Poté putuje

acetyl-CoA do citrátového cyklu, kde se odbourává a vodíky vázané na kofaktory vstupují do dýchacího řetězce [98,99].

6.3 Stravitelnost bílkovin

Bílkoviny jsou významným zdrojem energie, ale především jsou nesmírně důležité jako stavební látka tkání pro rostoucí organismus. Dvě třetiny v potravě mají tvořit tzv. bílkoviny živočišného původu. Jsou obsaženy v mléce, mléčných výrobcích, vejcích a mase všeho druhu. Bílkoviny rostlinného původu jsou neméně důležité a nacházejí se především v luštěninách a semenech včetně obilí. Minimální základní příjem bílkovin potřebný pro obnovu tělesných proteinů činí u dospělého člověka 0,7 – 0,8 g proteinu/ kg tělesné hmotnosti/den [100].

Bílkoviny jsou významným zdrojem energie, ale především jsou nesmírně důležité jako stavební látka tkání pro rostoucí organismus. Bílkoviny živočišného původu jsou obsaženy v mléce, mléčných výrobcích, vejcích a mase. Bílkoviny rostlinného původu jsou neméně důležité a nacházejí se především v luštěninách a semenech včetně obilí. Obecně se doporučuje přibližné zastoupení živočišných a rostlinných bílkovin v poměru 1:1. Minimální základní příjem bílkovin potřebný pro obnovu tělesných proteinů činí u dospělého člověka 0,7 – 0,8 g proteinu/kg tělesné hmotnosti/den [100].

Všechny bílkoviny nejsou snadno stravitelné. Mezi obtížně stravitelné bílkoviny patří elastin, keratin a mucin. Vrstva mucinu tak může chránit žaludeční a střevní sliznici před působením vlastních proteáz. Na trávení bílkovin se podílí enzymy tvořené v žaludku, pankreatu a ve střevní sliznici [63].

Trávení bílkovin začíná v žaludku pomocí pepsinu produkovaného v neaktivní formě jako pepsinogen, který je na pepsin přeměněn pomocí kyseliny chlorovodíkové. Ta usnadňuje účinek pepsinu na denaturaci bílkovin a vytvoření optimálního pH (1,6 – 3,2) v žaludku. Rozštěpené bílkoviny na polypeptidy jsou dále štěpeny proteolytickými enzymy v lumen střeva. Působí zde endopeptidázy trypsin a chymotrypsin a exopeptidázy karboxypeptidázy A a B. Na kartáčovém lemu tenkého střeva působí aminopeptidázy a dipeptidázy, které dokončí trávení bílkovin. Polypeptidy se štěpí za vzniku směsi aminokyselin, které se vstřebávají do krve a putují do jater či tkání k dalšímu metabolickému zpracování [98,101].

7 ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA

Antioxidační aktivita je definována jako schopnost antioxidantu inhibovat oxidační degradaci různých sloučenin. Rozlišujeme dva pojmy, a to antioxidační kapacitu, jež poskytuje informaci o délce trvání antioxidačního účinku a antioxidační reaktivitu, která informuje o reaktivitě antioxidantu [102].

7.1 Antioxidanty

Antioxidanty jsou látky zabraňující oxidaci substrátu, jež vede k nežádoucím změnám. Tyto látky jsou účinné již při nízkých koncentracích [103].

Mezi nejvýznamnější přírodní antioxidanty patří tokoferoly a tokotrienoly (vitamin E), askorbová kyselina (vitamin C), fenolové látky (především flavonoidy) a karotenoidy. Velmi účinné a stabilní jsou i syntetické antioxidanty, ale díky jejich nepříznivým účinkům na lidské zdraví je jejich použití v mnoha zemích omezeno. Mezi tyto antioxidanty patří např. BHA (butylhydroxyanizol), BHT (butylhydroxytoluen) nebo estery kyseliny gallové [104].

Při zvýšené tvorbě kyslíkových radikálů nebo snížení kapacity antioxidační ochrany dochází k oxidačnímu stresu, který představuje porušení rovnováhy mezi vznikem a odstraňováním reaktivních forem kyslíku [105].

7.2 Volné radikály

Jedná se o vysoce reaktivní částice, které se snaží doplnit si párový elektron odejmutím elektronu nebo jeho předáním jiným molekulám a tím iniciují řadu dalších reakcí. Molekuly se po přijetí elektronu samy mění na radikál a dochází k propagaci reakce. Po reakci dvou radikálů a spojením nepárových elektronů dochází k její terminaci [106].

Volné radikály, především reaktivní kyslíkové (ROS, Reactive Oxygen Species) a dusíkové radikály (RNS, Reactive Nitrogen Species) mají řadu fyziologických funkcí (např. účast v protizánětlivých reakcích). Tyto radikály pozměňují strukturu biologicky významných sloučenin, především lipidů, bílkovin a nukleových kyselin. V současné době je sledováno jejich negativní působení na organismus při řadě onemocnění. Organismus je možné před vlivem exogenních a endogenních volných radikálů chránit působením antioxidantů. Jedná

se o látky, které mohou zabraňovat nebo alespoň omezovat oxidační destrukci nežádoucích látek, jsou-li přítomny v malých koncentracích ve srovnání s těmito látkami [107].

U obilovin je známo, že obsahují širokou škálu fenolových látek a jsou tedy potenciálním zdrojem přírodních antioxidantů. Pšenice, oves a veškeré výrobky z těchto obilovin jsou významným zdrojem antioxidantů, jejich obsah závisí na druhu, odrůdě a také na frakci zrna (otruby, mouka nebo celá zrna) [108,109,110].

8 PRINCIPY METOD POUŽITÝCH V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

8.1 Stanovení vlhkosti

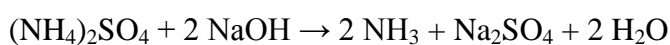
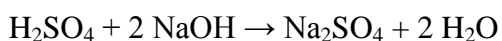
Stanovení vlhkosti obilovin upravuje norma ČSN ISO 712 (461014) z roku 2010. Sušina je pevný podíl vzorku, který zbude po odstranění volné vody a těkavých látek za dodržení podmínek metody. Stanovení se provádí v sušárně, kde se nejdříve předsuší hliníkové misky. Do těchto předem zvážených misek se s přesností 0,1 mg naváží dané množství vzorku. Vzorky se poté suší při 130 ± 3 °C 1 hodinu. Po vysušení se nechají vzorky zchladnout v exsikátoru a nakonec se zváží s přesností na 0,1 mg [39].

8.2 Stanovení popela

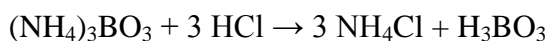
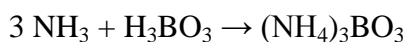
Stanovení popela obilovin upravuje norma ČSN ISO 2171 (461019) z roku 2008. Obsah minerálních látek ve vzorku představuje obsah popela. Jsou to veškeré prvky, které zůstanou po úplné oxidaci organického podílu. Stanovení se provádí v muflové peci, v níž se předem vyžihají porcelánové kelímky při teplotě 550 °C po dobu 1 hodiny. Do těchto předem zvážených kelímků se s přesností na 0,1 mg naváží dané množství vzorku. Vzorky se poté žihají v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodin. Po vyžihání se vzorky nechají ochladit v exsikátoru, nakonec se zváží s přesností na 0,1 mg [39].

8.3 Stanovení hrubých bílkovin

Jednou z metod stanovení obsahu hrubých bílkovin je metoda podle Kjeldahla s využitím destilace podle Parnase-Wagnera. Ve vzorku se tak stanoví obsah všech organických dusíkatých látek (peptidů, aminokyselin a proteinů). Vzorek se mineralizuje při teplotě max. 340 – 390 °C v kyselině sírové za přídavku peroxidu vodíku, popř. jiných katalyzátorů. Dusíkaté látky v něm obsažené se převedou na amonné ionty (vzniká síran amonný), z nichž se po zalkalizování mineralizátu uvolní amoniak [111].



Poté se uvolněný amoniak jímá do kyseliny trihydrogenborité. Vzniklý boritan amonný se stanoví titračně roztokem kyseliny sírové na indikátor Tashiro [111].



Nakonec se vypočítá obsah dusíku a bílkovin [111].

8.4 Princip stanovení vlákniny

Vlákninu tvoří heterogenní směs látek různého chemického složení, fyzikálních vlastností i biologických účinků. Stanovení množství vlákniny v potravině není proto jednoduché a značně závisí na použité metodě [50].

Ke stanovení vlákniny se používají tři typy analytických metod:

- gravimetrická,
- kolorimetrická,
- vysokotlaká kapalinová chromatografie [50].

8.4.1 Gravimetrická metoda

Ke stanovení množství vlákniny užívá metoda vážení zbytku po extrakci některými činidly. Kromě hrubé vlákniny lze takto stanovit i podíl nerozpustný v neutrálním nebo kyselém detergenčním činidle [50,112].

Metoda je stanovením vlákniny podle Henneberga a Stohmanna a principem je hydrolýza vzorku v 5 % H_2SO_4 a v 5 % NaOH . Při této metodě se používají filtrační sáčky, v nichž je zatavený vzorek. Odpadá tak samotná filtrace a pracovní postup je zjednodušen. Ke stanovení se používá extrakční přístroj např. ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer, do jehož nosiče se vloží sáčky s analyzovanými vzorky a dochází k zahřívání a promývání sáčků extrakčním činidlem. Nejdříve roztokem slabé kyseliny a potom slabé zásady. Vzorky jsou rozpouštěny a současně filtrovány. Nerozpuštěné částice zůstávají uvnitř sáčku a rozpustné látky přechází stěnou sáčku do roztoku. Nezhydrolyzovaný zbytek je tvořen hemicelulózou, celulózou a ligninem a nazývá se hrubá vláknina [113].

8.5 Stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolýzou pepsinem a pankreatinem *in vitro*

Metoda stanovení stravitelnosti *in vitro* je založena na kombinované hydrolýze pepsinem a pankreatinem. Jedná se o simulování podmínek působení trávicích enzymů na potraviny v lidském těle. Ke stanovení je používán často inkubátor Daisy, kde na jednotlivé vzorky působí zpravidla nejdříve enzym pepsin a poté preparát pankreatinu (tvořen třemi enzymy – proteázou, lipázou (triglycerolhydrolázou) a amylázou (α -glykozidázou), čímž se stanoví stravitelnost sušiny DMD (Dry Matter Digestibility) a organické hmoty OMD (Organic Matter Digestibility). Vždy se k analyzovaným vzorkům přikládá prázdný korekční sáček. U všech analyzovaných vzorků se předem stanoví sušina a popel [114].

8.6 Stanovení antioxidační aktivity

Metody stanovení antioxidační aktivity jsou velmi rozmanité, jelikož nízkomolekulární antioxidanty mohou působit různými mechanismy. Nejčastěji se jedná o přímou reakci s radikály nebo přechodnými kovy [107].

Obecně můžeme metody stanovení antioxidační aktivity rozdělit do dvou hlavních skupin:

- metody založené na eliminaci radikálů,
- metody posuzující redoxní vlastnosti látek [107].

8.6.1 Metody založené na eliminaci radikálů

Metody jsou založené na hodnocení schopnosti vzorku vychytávat volné radikály. Jedná se o radikály kyslíkové (peroxyl, hydroxyl) nebo syntetické stabilní radikály DPPH (1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylem), ABTS (2,2'-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonová kyselina)) [107].

8.6.1.1 Metody hodnotící eliminaci syntetických radikálů

Nejpoužívanější metoda testuje schopnost látek zhaset kation-radikál ABTS (2,2'-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonát)) a měří se nejčastěji absorbance při vlnové délce 734 nm. Radikálová forma se u ABTS musí nejprve vytvořit vždy na začátku každé zkoušky. K oxidaci ABTS dochází při reakci s metmyoglobinem a peroxidem vodi-

ku, peroxidisíranem draselným nebo oxidem mangančitým. Metoda je založena na schopnosti látek zhaset kation-radikál ABTS, ten je zhasen antioxidanty, které se chovají jako donory vodíku. Zhasení se sleduje tedy spektrofotometricky na základě změn absorpčního spektra ABTS [102].

Pro posouzení antiradikálové aktivity směsných vzorků ale i čistých látek slouží i metoda, která spočívá v reakci testované látky se stabilním radikálem DPPH, kdy se sleduje absorbance při vlnové délce 517 nm [107].

Metoda DPPH je založena na měření úbytku koncentrace stabilního barevného volného radikálu DPPH v průběhu reakce s antioxidanty přítomnými ve vzorku. Intenzivní modrofialové zabarvení volného radikálu je způsobeno nepárovým elektronem hydrazylového dusíku. Redukovaná forma je bezbarvá. Během reakce dochází k postupnému odbarvování reakčního prostředí a snižování absorbance roztoku. Antioxidační aktivita je dána rozdílem absorbance na začátku a po 10 – 60 minutách reakce zkoumaného vzorku. Měření je možné provádět buď spektrofotometricky, nebo přímo technikou EPR (elektronová paramagnetická rezonanční spektrometrie) [115].

8.6.1.2 Metody hodnotící eliminaci kyslíkových radikálů

Při těchto metodách se v systému generují kyslíkové radikály nebo OH-radikály a hodnotí se schopnost testované látky zpomalit nebo zastavit radikálovou reakci [107,116].

8.6.1.3 Metody hodnotící eliminaci lipidové peroxidace

Metod je celá řada a liší se přípravou lipidové fáze a způsobem detekce. K nejjednodušším patří metoda založená na detekci produktů peroxidace linolové kyseliny při vlnové délce 234 nm [107].

8.6.2 Metody posuzující redoxní vlastnosti látek

Neenzymové antioxidanty mohou reagovat s oxidanty, redukovat je a tím je inaktivovat. Potom lze antioxidační aktivitu posuzovat na základě redukční schopnosti látky [107].

8.6.2.1 *Metody chemické*

Metoda FRAP (Ferric Reducting Antioxidant Potential) je založena na principu redoxní reakce. Antioxidanty redukuje ze vzorků složitý komplex. Metoda probíhá při nastaveném pH na hodnotu 3,6 a měří se absorbance při vlnové délce 593 nm [107].

8.6.2.2 *Metody elektrochemické*

Redoxní vlastnosti látek se hodnotí cyklickou voltametrií, při schopnosti látek odštěpovat elektrony nebo HPLC metodou s elektrochemickou detekcí [107].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části diplomové práce bylo v první řadě připravit vločky z jednotlivých druhů pšenice. Dále připravit vzorky müsli z těchto pšeničných vloček a sušeného ovoce. Pomocí metod fyzikálně-chemické analýzy u jednotlivých vzorků pšeničných vloček a müsli chemické parametry jako obsah sušiny a vlhkosti, popela, hrubých bílkovin, hrubé vlákniny a také stravitelnost a antioxidační aktivitu. Pro stanovení obsahu hrubých bílkovin (celkového dusíku) byla použita metoda podle Kjeldahla s úpravou podle Winklera na aparatuře podle Parnase-Wagnera. Obsah hrubé vlákniny ve vzorcích byl stanoven extrakcí pomocí slabé kyseliny a zásady za použití přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer. Pomocí kombinované hydrolýzy pepsinem a pankreatinem v inkubátoru byla stanovena stravitelnost jednotlivých vzorků. Antioxidační aktivita byla stanovena jak metodou ABTS, tak i metodou DPPH.

10 METODIKA

10.1 Použité chemikálie

Stanovení hrubé bílkoviny

- ❖ destilovaná voda
- ❖ H_2SO_4 96%
- ❖ H_2SO_4 ($0,0254 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$)
- ❖ H_2O_2 36% (dodavatel: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- ❖ $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$ (v poměru 1:10), (dodavatel: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- ❖ H_3BO_3 2 hmotn. %
- ❖ NaOH 30 hmotn. %
- ❖ Tashiro indikátor (metylenová modř, metylčerveň)

Stanovení hrubé vlákniny

- ❖ destilovaná voda
- ❖ H_2SO_4 ($0,1275 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$)
- ❖ NaOH ($0,313 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$)
- ❖ aceton

Stanovení stravitelnosti

- ❖ destilovaná voda
- ❖ HCl ($0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), (dodavatel: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- ❖ pankreatin (z vepřové slinivky): proteázová aktivita 350 FIP-U/g; lipázová aktivita 6000 FIP-U/g; amylázová aktivita 7500 FIP-U/g (Merck KGaA, Damstadt, Německo)
- ❖ pepsin (z vepřové žaludeční sliznice): 0,7 FIP-U/mg (Merck KGaA, Damstadt, Německo)
- ❖ KH_2PO_4 (dodavatel: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)

- ❖ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (dodavatel: ING. Petr Lukeš, Uherský Brod)

Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

- ❖ destilovaná voda
- ❖ metanol
- ❖ trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2- karboxylová kyselina)
- ❖ ABTS (2,2'-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonová kyselina))
- ❖ octanový pufr o pH 4,3 ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$)
- ❖ $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$

Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

- ❖ destilovaná voda
- ❖ metanol
- ❖ trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina)
- ❖ DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl)

10.2 Použité pomůcky a přístroje

- ❖ předvážky ABC Plus
- ❖ analytické váhy AFA – 210 LC
- ❖ vločkovací přístroj Waldner Biotech Combi-Star
- ❖ ponorný mixér Braun
- ❖ elektrická muflová pec Veb Elektro Bad Franken Hausen
- ❖ laboratorní sušárna Venticell, BMT a.s., MMM – Group
- ❖ mineralizátor Bloc digest 12
- ❖ Parnas-Wagnerova aparatura
- ❖ ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer, ANKOM Technology, New York
- ❖ Daisy^{II} Incubator – ANKOM Technology, New York
- ❖ spektrofotometr Lambda 25

- ❖ ultrazvuková lázeň
- ❖ pulzní svářečka pro zatavování sáčků
- ❖ inkubační láhve (Adam, AFA – 210 LC, Scholler instruments, ČR)
- ❖ temperanční vodní lázeň Memmert, Německo
- ❖ exsikátor
- ❖ filtrační sáčky F 57, velikost pórů 50 µm, ANKOM Technology, New York
- ❖ hliníkové misky
- ❖ porcelánové kelímky
- ❖ běžné laboratorní sklo a pomůcky

10.3 Analyzované vzorky pšenice a müsli

Bylo připraveno a analyzováno celkem 12 vzorků. Z toho 6 vzorků představovaly samotné pšeničné vločky vyrobené z netradičních druhů pšenice pomocí vločkovacího přístroje z celých zrn a 6 vzorků müsli. Vzorky müsli byly připraveny smícháním pšeničných vloček a ovocného podílu (jablka, brusinky, meruňky, sekané mandle) v poměru 70:30. Jednotlivé vzorky byly uloženy a skladovány (ne déle než 1 měsíc) v tmavých polyetylenových lahvích s víčkem a postupně používány k jednotlivým analýzám.

10.3.1 Vzorky pšeničných vloček

Celá zrna pšenice byla krátce povařena (2 – 5 minut) ve vroucí vodě. Poté byla scezena a rozprostřena na plechu, kde se nechala 2 až 3 hodiny oschnout. Pomocí vločkovacího stroje Waldner Biotech Combi-Star byla zrna rozválcována na vločky. Vločky byly uschovány do tmavých PET lahví a byly skladovány v klimatizované laboratoři při 23 °C. Před analýzou byly vločky homogenizovány.

Tabulka 12: Přehled vzorků pšenice pro výrobu vloček

Vzorek	Pšenice	Země původu
V1	pšenice špalda	Česká republika
V2	pšenice kamut	Kanada
V3	bio červená pšenice	Česká republika
V4	pšenice Dickopf	Německo
V5	pšenice Klima	Německo
V6	kupované pšeničné vločky	Česká republika

10.3.2 Vzorky pšeničného müsli

Jednotlivé vzorky pšeničného müsli byly připraveny smícháním pšeničných vloček (vyrobených podle postupu uvedeného v kapitole 10.3.1) a ovocného podílu v poměru 70:30. Vzorky byly opět uloženy do tmavých PET lahví a skladovány v klimatizované laboratoři při 23 °C. Před analýzou byly vzorky müsli homogenizovány.

Tabulka 13: Přehled vzorků pšeničného müsli

Vzorek	Pšeničné vločky (70 hmotn. %)	Ovocný podíl (30 hmotn. %)
M1	vločky špaldy	sušená jablka, sušené meruňky, sušené brusinky, sekané mandle poměr ovoce 1:1:1:1
M2	vločky kamutu	
M3	vločky pšenice červené	
M4	vločky Dickopf	
M5	vločky Klima	
M6	vločky pšeničné kupované	

Ovocný podíl byl složen ze sušeného ovoce (jablka, meruňky a brusinky) a ořechů (kousky mandlí) a to v poměru 1:1:1:1. Ovoce bylo nakrájeno na stejně velké kousky, které odpovídaly velikosti použitých brusinek.

10.4 Stanovení vlhkosti a sušiny

Hliníkové misky byly předem vysušeny v sušárně při teplotě 130 ± 3 °C po dobu 1 hodiny. Do těchto předem zvážených misek byl s přesností na 0,0001g navážen 1 g rozmixovaného vzorku. Následně byly vzorky sušeny při teplotě 130 ± 3 °C po dobu 1 hodiny. Po vysušení byly vzorky umístěny k vychladnutí do exsikátoru a poté zváženy s přesností na 0,0001 g. Výpočet obsahu vlhkosti a sušiny byl proveden podle vzorců č.1 a 2.

Stanovení obsahu vlhkosti a sušiny bylo provedeno jak u jednotlivých vzorků pšeničných vloček, tak i u všech vzorků müsli.

Obsah vlhkosti V (%) vzorku se vypočte dle vzorce:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (1)$$

kde: m_0 je hmotnost vysušené prázdné misky [g]

m_1 je hmotnost misky s navázkou vzorku před vysušením[g]

m_2 je hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g].

Obsah sušiny S (%) vzorku se vypočte dle vzorce:

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

10.5 Stanovení popela

Porcelánové kelímky byly předem vyžihány v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 1 hodiny. Do těchto předem zvážených kelímků byl s přesností na 0,0001 g navážen 1 g rozmixovaného vzorku. Následně byly vzorky žihány v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodin. Po vyžihání byly vzorky umístěny k vychladnutí do exsikátoru a poté zváženy s přesností na 0,0001 g. Výpočet obsahu popela a obsahu popela v sušině byl proveden podle vzorců č. 3 a 4.

Stanovení obsahu popela bylo provedeno jak u jednotlivých vzorků pšeničných vloček, tak i u všech vzorků müsli.

Obsah popela P (%) vzorku se vypočte dle vzorce:

$$P = \frac{m_a - m_b}{m_c - m_b} \times 100 \quad (3)$$

kde: m_a je hmotnost porcelánového kelímku s popelem po vyžihání [g]

m_b je hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g]

m_c je hmotnost porcelánového kelímku se vzorkem před vyžiháním [g].

Obsah popela v sušině P_s (%) vzorku se vypočte dle vzorce:

$$P_s = \frac{P \times 100}{S} \quad (4)$$

kde: S je sušina vzorku [%].

10.6 Stanovení obsahu hrubých bílkovin

Obsah hrubých bílkovin (celkového dusíku) byl stanoven metodou podle Kjeldahla s úpravou podle Winklera na aparatuře podle Parnase-Wagnera. Do mineralizační baňky bylo s přesností na 0,0001 g naváženo 0,25 g rozmixovaného vzorku. Ke vzorku bylo přidáno 10 ml 96% kyseliny sírové, několik kapek 36% peroxidu vodíku a lžička katalyzátoru ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$ v poměru 1:10) a vzorek byl mineralizován při 400 °C po dobu 1 hodiny. Po ochladnutí byl vzniklý mineralizát kvantitativně převeden do 25ml odměrné baňky a doplněn po rysku destilovanou vodou. Destilace byla prováděna na Parnas-Wagnerově aparatuře, kde do baňky bylo odpipetováno 10 ml mineralizátu a 20 ml 30 hmotn. % roztoku NaOH, destilace probíhala 20 minut od počátku varu. Do titrační baňky bylo odpipetováno 50 ml 2 hmotn. % kyseliny trihydrogenborité, do níž byl během destilace jímán uvolňující se amoniak. Po skončení destilace bylo do titrační baňky přidáno 5 kapek Tashiro indikátoru a titrováno 0,025 mol.dm⁻³ kyselinou sírovou do stálého červenofialového zbarvení. Obsah hrubých bílkovin a obsah hrubých bílkovin v sušině byl vypočten podle vzorců č. 5, 6 a 7.

Stanovení obsahu hrubých bílkovin bylo provedeno jak u jednotlivých vzorků pšeničných vloček, tak i u všech vzorků müsli.

Obsah hrubé bílkoviny m_B (g) vzorku se vypočte dle vzorce:

$$m_B = a \times 10^{-3} \times c \times M_N \times f_t \times f_z \times f_{př} \quad (5)$$

kde: a je spotřeba odměrného roztoku H_2SO_4 při titraci [ml]

c je přesná koncentrace odměrného roztoku H_2SO_4 [$mol \cdot dm^{-3}$]

M_N je molární hmotnost dusíku [$M_N = 14,01 \text{ g} \cdot mol^{-1}$]

f_t je titrační faktor [$f_t = 2$]

f_z je zředovací faktor [25 ml/10 ml = 2,5]

$f_{př}$ je přepočítací faktor podle druhu potraviny [$f_{př} = 5,7$ pro vločky, $f_{př} = 6,25$ pro müsli].

Obsah hrubé bílkoviny B (%) vzorku se vypočte dle vzorce:

$$B = \frac{m_B}{n} \times 100 \quad (6)$$

kde: n je hmotnost navážky vzorku [g].

Obsah hrubé bílkoviny v sušině B_s (%) vzorku se vypočte dle vzorce:

$$B_s = \frac{B}{S} \times 100 \quad (7)$$

kde: S je sušina vzorku [%].

10.7 Stanovení obsahu hrubé vlákniny

Obsah hrubé vlákniny byl stanoven extrakcí pomocí slabé kyseliny a zásady za použití přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer. Filtrační sáčky byly nejdříve promyty v acetonu, odvětrány v digestoři a poté popsány fixem na textil a zváženy. Do takto připraveného sáčku bylo s přesností na 0,0001 g naváženo 0,5 g rozmixovaného vzorku a sáček byl ihned zataven. Jeden sáček byl zataven prázdný a označen jako korekční. Pro samotné stanovení byly připraveny 2 l H_2SO_4 ($0,1275 \text{ mol} \cdot dm^{-3}$) a 2 l $NaOH$ ($0,313 \text{ mol} \cdot dm^{-3}$). Jednotlivé sáčky byly umístěny na nosič přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer a zality připravenou kyselinou sírovou. Přístroj byl uzavřen a na 45 minut bylo zapnuto topení a míchání. Teplota byla nastavena na $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Po uplynutí nastavené doby bylo topení a míchání vypnuto a kyselina sírová pomocí vypouštěcího ventilu vypuštěna. Sáčky se vzorky byly v přístroji 3x pro-

pláchnuty horkou vodou za pomoci míchání, které bylo vždy zapnuto na 5 minut. Poté byl do přístroje nalit připravený hydroxid sodný, tak aby byly všechny sáčky ponořeny a opět bylo na 45 minut zapnuto topení a míchání. Teplota byla nastavena na 100 °C. Po uplynutí nastavené doby bylo topení a míchání vypnuto a hydroxid sodný pomocí vypouštěcího ventilu vypuštěn. Sáčky se vzorky byly v přístroji opět 3x propláchnuty horkou vodou a nakonec 1x studenou vodou pro ochlazení jak sáčků, tak i celého přístroje. Po vyjmutí z přístroje byly sáčky se vzorky vysušeny pomocí filtračního papíru a vloženy na 3 minuty do acetonu. Poté byly opět vysušeny filtračním papírem a nechány odvětrat v digestoři. Po odvětrání byly sáčky vloženy na 4 hodiny do sušárny předehřáté na 105 °C. Po 4 hodinách byly sáčky umístěny do exsikátoru k vychladnutí a zváženy. Po zvážení byly jednotlivé sáčky vloženy do předem popsaného a zváženého porcelánového kelímku a žíhány v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byl porcelánový kelímek zvážen. Výsledkem je průměr ze čtyř stanovení.

Stanovení obsahu hrubé vlákniny bylo provedeno jak u jednotlivých vzorků pšeničných vloček, tak i u všech vzorků müsli.

Obsah hrubé vlákniny CF (%) vzorku se vypočte dle vzorce č. 8:

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

Korekce se vypočtou dle vzorců č. 9 a 10:

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

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

kde: m_1 je hmotnost prázdného sáčku [g]

m_2 je hmotnost navážky vzorku [g]

m_3 je hmotnost sáčku po vysušení [g]

m_4 je hmotnost popele [g]

c_1 je korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g]

c_2 je korekce hmotnosti sáčku po spálení [g]

m_s je hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolyze [g]

m_p je hmotnost popele prázdného sáčku [g].

10.8 Stanovení stravitelnosti

Stravitelnost byla stanovena *in vitro* kombinovanou hydrolyzou pepsinem a pankreatinem za použití inkubátoru Daisy. Filtrační sáčky byly nejdříve promyty v acetonu, odvětrány v digestoři a poté popsány fixem na textil a zváženy. Do takto připraveného sáčku bylo s přesností na 0,0001 g naváženo 0,25 g reprezentativního rozmixovaného vzorku a sáček byl ihned zataven. Jeden sáček byl zataven prázdný a označen jako korekční. Jednotlivé sáčky se vzorky byly umístěny do inkubačních lahví, maximálně však po 25 kusech. Pro samotné stanovení bylo připraveno 2x 1,7 l HCl ($0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$) se 3 g rozpuštěného pepsinu a 2x 1,7 l fosfátového pufru (KH_2PO_4 ($9,078 \text{ g.dm}^{-3}$) smícháno s $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ($23,889 \text{ g.dm}^{-3}$) v poměru 2:8. Do každé inkubační láhve byla nejprve nalita připravená kyselina chlorovodíková s pepsinem a se vzorky, předem vytemperovaná na 40 °C. Poté byly láhve ihned umístěny do inkubátoru Daisy a inkubovány po dobu 4 hodin (doba, po kterou se potrava může obvykle držet v žaludku). Po uplynutí této doby byly sáčky několikrát propláchnuty destilovanou vodou. Do inkubačních lahví byl poté nalit připravený fosfátový pufr o pH 7,45, předem vytemperovaný na 40 °C, ve kterém byly rozpuštěny 3 g pankreatinu a byly do nich vloženy sáčky se vzorky. Po 24 hodinách (inkubační doba obvyklá pro trávení živin v tenkém střevě) byly inkubační láhve umístěny do 80 °C vodní lázně po dobu 30 minut za účelem odstranění (vysrážení) škrobu. Sáčky byly poté promyty destilovanou vodou. Následně byly sáčky se vzorky vloženy do sušárny a sušeny při teplotě 103 °C po dobu 24 hodin. Po 24 hodinách byly sáčky umístěny do exsikátoru k vychladnutí a zváženy. Po zvážení byly jednotlivé sáčky vloženy do předem popsáního a zváženého porcelánového kelímku a žihány v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byl porcelánový kelímek zvážen. Nakonec byl proveden výpočet dle daných vzorců č. 11 až 18, výsledkem je průměr ze čtyř stanovení. Stanovení stravitelnosti bylo provedeno jak u jednotlivých vzorků pšeničných vloček, tak i u všech vzorků müsli.

Hodnoty stravitelnosti, vyjádřené jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD), byly vypočteny dle vzorců č. 11-18:

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

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

$$DM = \frac{S_u \times m_s}{100} \quad (13)$$

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

$$AR = m_4 - m_1 \times c_2 \quad (15)$$

$$OM = \frac{S_u - P_o}{100} \quad (16)$$

kde: DMD je hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%]

OMD je hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku [%]

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

DM je obsah sušiny ve vzorku [g]

S_u je obsah sušiny ve vzorku [%]

AR je hmotnost popela vzorku bez sáčku [g]

OM je obsah organické hmoty v sušině vzorku [g]

P_o je obsah popela ve vzorku [%]

m_1 je hmotnost prázdného sáčku [g]

m_2 je hmotnost navážky vzorku [g]

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

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

m_s je hmotnost vzorku na stanovení sušiny [g].

Korekce se vypočtou dle vzorců:

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

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

kde: m_s je hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci [g]

m_p je hmotnost popela sáčku [g].

10.9 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Metoda je založena na eliminaci volných radikálů ve vzorku.

10.9.1 Příprava radikálu ABTS·

Radikál kationtu ABTS byl připraven reakcí ABTS s peroxodisíranem draselným. Do 10 ml odměrné baňky bylo naváženo 0,018 g ABTS a doplněno destilovanou vodou po rysku. K roztoku bylo přidáno 0,2 ml roztoku peroxodisíranu draselného ($0,06 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), který byl připraven rozpuštěním 0,162 g $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ v 10 ml destilované vody. Vzniklý roztok byl ponechán reakci v temnu při pokojové teplotě po dobu 16 hodin.

10.9.2 Příprava reakční směsi

Nejdříve byl připraven pufr smícháním 136,5 ml CH_3COOH ($0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) a 63,5 ml CH_3COONa ($0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Po vytvoření radikálu ABTS· byl roztok smíchán s připraveným octanovým pufrem o pH 4,3 v poměru 1:39. Bylo tedy smícháno 2,5 ml roztoku ABTS s 97,5 ml pufru. Takto připravená reakční směs byla spektrofotometricky proměřena při vlnové délce 734 nm. Octanový pufr o pH 4,3 byl použit jako blank a byla naměřena hodnota absorbance reakční směsi.

10.9.3 Měření antioxidační aktivity vzorků

Do lékovky byly s přesností na 0,0001 g naváženy 2 g rozmixovaného vzorku a bylo k nim přidáno 10 ml metanolu. Vzorky byly po dobu 45 minut extrahovány a poté pomocí odstředivky odstředěny (30 min při 3421 g). Ze vzniklého extraktu vzorku bylo do zkumavky napipetováno 150 μl a 12 ml připravené reakční směsi. Poté byly vzorky ponechány reakci

v temnu po dobu 30 minut. Po uplynutí této doby byla na spektrofotometru změřena absorbance při vlnové délce 734 nm. Jako blank byl použit octanový pufr o pH 4,3. Dle naměřených absorbancí byla sestavena kalibrační křivka jako závislost absorbance na koncentraci troloxu jako standardu [$\mu\text{mol}\cdot 25\mu\text{l}^{-1}$]. Byla tak zjištěna rovnice lineární regrese, podle které byla vypočítána celková antioxidační aktivita vzorku, která je vyjádřena jako ekvivalent redukční účinnosti troloxu a výsledkem je průměr ze čtyř stanovení.

Stanovení antioxidační aktivity bylo provedeno jak u jednotlivých vzorků pšeničných vloček, tak i u všech vzorků müsli.

Úbytky absorbancí A z naměřených hodnot absorbancí vzorku se vypočtou dle vzorce:

$$A = \frac{A_0 - A_n}{A_0} \times 100 \quad (19)$$

kde: A_0 je absorbance samotné reakční směsi

A_n je hodnota naměřené absorbance vzorku

Hodnota úbytků absorbancí byla použita pro výpočet celkové antioxidační aktivity, která byla vyjádřena jako ekvivalent redukční účinnosti troloxu.

10.9.4 Měření kalibrační křivky pro stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Standard trolox byl rozpuštěn v metanolu na koncentraci $0,04 \mu\text{mol}\cdot 25 \mu\text{l}^{-1}$, a tím byl připraven zásobní roztok. Ředěním tohoto roztoku byla připravena kalibrační řada o koncentracích 0,01, 0,015, 0,02, 0,025, 0,03, 0,035 a $0,04 \mu\text{mol}\cdot 25 \mu\text{l}^{-1}$. 150 μl z každé koncentrace bylo přidáno ke 12 ml reakční směsi a ponecháno 30 min. ve tmě. Poté byly tyto směsi proměřeny na spektrofotometru při vlnové délce 734 nm. Jako blank byl použit octanový pufr o pH 4,3. Kalibrační křivka byla sestavena na základě změřených absorbancí.

10.10 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Metoda je stejně jako metoda ABTS založena na eliminaci volných radikálů ve vzorku.

10.10.1 Příprava zásobního a pracovního roztoku

Zásobní roztok DPPH byl připraven rozpuštěním 24 mg DPPH ve 100 ml metanolu. Z něj byl následně připraven roztok pracovní a to smícháním 10 ml zásobního roztoku a 45 ml

metanolu. Absorbance pracovního roztoku byla spektrofotometricky proměřena proti metanolu při vlnové délce 515 nm.

10.10.2 Měření antioxidační aktivity vzorků

Pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH bylo použito již připravených extraktů vzorků pro metodu ABTS. Do zkumavky bylo napipetováno 450 μl extraktu vzorku a 8,55 ml pracovního roztoku DPPH. Poté byly vzorky ponechány reakci v temnu po dobu 60 minut. Po uplynutí této doby byla na spektrofotometru změřena absorbance při vlnové délce 515 nm. Jako blank byl použit metanol. Dle naměřených absorbancí byla sestavena kalibrační křivka jako závislost absorbance na koncentraci troloxu [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]. Byla zjištěna rovnice lineární regrese, podle které byla vypočítána celková antioxidační aktivita vzorku, výsledkem je průměr ze čtyř stanovení.

Stanovení antioxidační aktivity bylo provedeno jak u jednotlivých vzorků pšeničných vloček, tak i u všech vzorků müsli.

Úbytky absorbancí A z naměřených hodnot absorbancí vzorku se vypočtou dle vzorce:

$$A = \frac{A_0 - A_n}{A_0} \times 100 \quad (20)$$

kde: A_0 je absorbance samotné reakční směsi

A_n je hodnota naměřené absorbance vzorku

Hodnota úbytků absorbancí byla použita pro výpočet celkové antioxidační aktivity, která byla vyjádřena jako ekvivalent redukční účinnosti troloxu.

10.10.3 Měření kalibrační křivky pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Standard trolox byl rozpuštěn v metanolu na koncentraci 800 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, a tím byl připraven zásobní roztok. Ředěním tohoto roztoku byla připravena kalibrační řada o koncentracích 40, 80, 120 a 160 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. 450 μl z každé koncentrace bylo přidáno k 8,55 ml pracovního roztoku a ponecháno 60 min. ve tmě. Poté byly tyto směsi proměřeny na spektrofotometru při vlnové délce 515 nm. Jako blank byl použit metanol. Kalibrační křivka byla sestavena na základě změřených absorbancí.

10.11 Statistická analýza

Naměřené výsledky byly podrobeny Dean-Dixonovu testu (Q-testu) pro vyloučení odlehlého výsledku. Dále byl pro statistické hodnocení využit parametrický test srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův t-test). Pro vyhodnocení byl použit statistický program StatK25, hladina významnosti byla 0,5 % [117].

11 VÝSLEDKY A DISKUZE

11.1 Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny

Stanovení vlhkosti a sušiny bylo u jednotlivých vzorků vloček a müsli provedeno dle metody popsané v kapitole 10.4. V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (S.D.).

Tabulka 14: Výsledky stanovení obsahu vlhkosti a sušiny u jednotlivých vzorků vloček

Vzorek	Vlhkost (%) ± S.D.	Sušina (%) ± S.D.
V1	9,7 ± 0,2 ^a	90,3 ± 0,2 ^a
V2	8,3 ± 0,2 ^b	91,7 ± 0,2 ^b
V3	9,9 ± 0,1 ^a	90,1 ± 0,1 ^a
V4	9,1 ± 0,1 ^c	90,9 ± 0,1 ^c
V5	9,6 ± 0,1 ^d	90,4 ± 0,1 ^d
V6	7,5 ± 0,1 ^e	92,5 ± 0,1 ^e

Tabulka 15: Výsledky stanovení obsahu vlhkosti a sušiny u jednotlivých vzorků müsli

Vzorek	Vlhkost (%) ± S.D.	Sušina (%) ± S.D.
M1	12,6 ± 0,5 ^a	87,4 ± 0,5 ^a
M2	11,5 ± 0,4 ^b	88,5 ± 0,4 ^b
M3	11,4 ± 0,4 ^{b,c}	88,6 ± 0,4 ^{b,c}
M4	10,6 ± 0,3 ^d	89,4 ± 0,3 ^d
M5	10,7 ± 0,3 ^{d,e}	89,3 ± 0,3 ^{d,e}
M6	11,1 ± 0,4 ^{b,d,f}	88,9 ± 0,4 ^{b,d,f}

Obsah vlhkosti jednotlivých vzorků vloček se pohyboval v rozmezí od 7,5 do 9,9 % (viz. tabulka 14). Nejnižší vlhkost, a to 7,5 % ($P < 0,05$) byla zjištěna u pšeničných vloček zakoupených v obchodní síti a od ostatních vzorků se tato hodnota statisticky liší. Druhá nejnižší vlhkost 8,3 % byla naměřena u vloček z kamutu. Obsah vlhkosti 9,1 % náleží vločkám z pšenice Dickopf a 9,6 % ($P < 0,05$) vlhkosti vykazoval vzorek vloček z pšenice Klima, který se od ostatních vzorků statisticky liší. Nejvyšší hodnoty vlhkosti vykazovaly vzorky vloček vyrobených z červené pšenice 9,9 % a vločky vyrobené z pšenice špaldy 9,7 % ($P < 0,05$).

Vlhkost müsli je dána nejen obsahem vody jednotlivých surovin, ale také jejich poměrovým zastoupením. Výslednou vlhkost nejvíce ovlivňuje převažující surovina, tedy vločky.

Z tabulky 15 vidíme, že obsah vlhkosti vzorků müsli se pohyboval v rozmezí od 10,6 do 12,6 %. Díky obsaženému ovoci je vlhkost müsli vyšší než u samotných pšeničných vloček. Nejnižší hodnoty vlhkosti vykazovaly vzorky müsli připraveného z vloček pšenice Dickopf 10,6 %, z červené pšenice Klima 10,7 % a z kupovaných vloček 11,1 % ($P < 0,05$). U vzorku müsli z červené pšenice byla zjištěna vlhkost 11,4 % a téměř shodná vlhkost 11,5 % odpovídala pšenici kamut a statisticky se tyto dva vzorky od sebe neliší ($P \geq 0,05$). Nejvyšší vlhkost byla naměřena u vzorku müsli z pšenice špaldy 12,6 % ($P < 0,05$).

Výsledky stanovení splňují požadavky na obsah vlhkosti dle vyhlášky č. 333/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů, která uvádí, že vlhkost pšeničných vloček nesmí přesáhnout 15 % [38]. Velíšek uvádí obecně obsah vody v obilovinách od 11 do 14 % [86].

11.2 Výsledky stanovení popela

Stanovení popela bylo u jednotlivých vzorků vloček a müsli provedeno dle metodiky popsané v kapitole 10.5. V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (S.D.).

Tabulka 16: Výsledky stanovení obsahu popela u jednotlivých vzorků vloček

Vzorek	Popel (%) ± S.D.	Popel v sušině (%) ± S.D.
V1	1,7 ± 0,1 ^a	1,9 ± 0,1 ^a
V2	1,8 ± 0,1 ^a	1,9 ± 0,1 ^a
V3	1,8 ± 0,1 ^a	2,0 ± 0,1 ^a
V4	1,6 ± 0,1 ^b	1,7 ± 0,1 ^b
V5	1,6 ± 0,1 ^{b,c}	1,7 ± 0,1 ^{b,c}
V6	2,1 ± 0,2 ^d	2,3 ± 0,2 ^d

Tabulka 17: Výsledky stanovení obsahu popela u jednotlivých vzorků mšlí

Vzorek	Popel (%) ± S.D.	Popel v sušině (%) ± S.D.
M1	1,9 ± 0,1 ^a	2,2 ± 0,1 ^a
M2	1,9 ± 0,1 ^a	2,0 ± 0,1 ^a
M3	1,9 ± 0,2 ^a	2,0 ± 0,2 ^a
M4	1,7 ± 0,1 ^b	2,0 ± 0,1 ^b
M5	1,7 ± 0,1 ^{b,c}	1,9 ± 0,1 ^{b,c}
M6	2,2 ± 0,2 ^d	2,4 ± 0,2 ^d

Obsah popela jednotlivých vzorků vloček se pohyboval v rozmezí od 1,6 do 2,1 % (viz. tabulka 16). Nejnižší obsah popela, tedy 1,6 % byl shodně zjištěn u dvou vzorků, a to u vloček z pšenice Dickopf a Klima ($P < 0,05$). Statisticky shodné jsou vzorky vloček z pšenice špaldy s obsahem popela 1,7 %, pšenice kamut 1,8 % a červené pšenice 1,8 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší obsah popela byl zjištěn u kupovaných pšeničných vloček 2,1 %, jež se od ostatních vzorků statisticky liší ($P < 0,05$). Pořadí hodnot obsahu popela přepočítaného na sušinu vzorku se od pořadí obsahu popela vzorku neliší.

Množství minerálních látek v müsli je ovlivněno jednak jejich obsahem ve vločkách, ale také v ovocném podílu. Výsledný obsah popela u müsli mohou ovlivnit právě minerální látky obsažené v ovoci, přestože se jejich množství pohybuje pouze v rozmezí od 0,3 do 1 % [2].

Obsah popela jednotlivých vzorků müsli se pohyboval v rozmezí od 1,7 do 2,2 %. (viz. tabulka 17). Nejnižší obsah popela, ale i nejvyšší obsah popela v sušině 1,7 % a v sušině 1,9 % a 2,0 % byl shodně zjištěn u dvou vzorků müsli, a to z vloček pšenice Klima a pšenice Dickopf ($P \geq 0,05$). Statisticky se od sebe neliší ani vzorky müsli z vloček pšenice špaldy, kamutu a červené pšenice, u nichž byla stanovena průměrná hodnota 1,9 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší obsah popela i obsah popela v sušině byl zjištěn u vzorku müsli z vloček zakoupených v obchodní síti, a to 2,2 % a v sušině 2,4 % ($P < 0,05$).

Obsah popelovin není v obilce rovnoměrně rozložen. V obalech, aleuronové vrstvě i v klíčku je obsah popelovin několikrát vyšší než v endospermu. Je v korelaci s tvrdostí zrna [9]. Výsledky stanovení odpovídají hodnotám uváděným v literatuře. Prugar uvádí, že obsah minerálních látek (popelovin) v pšeničném zrně se pohybuje od 1,4 do 3,0 % [21]. Velišek udává obsah minerálií v zrně pšenice okolo 1,5 % [22].

11.3 Výsledky stanovení obsahu hrubých bílkovin

Stanovení obsahu hrubých bílkovin bylo u jednotlivých vzorků vloček a müsli provedeno dle metodiky popsané v kapitole 10.6. V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (S.D.).

Tabulka 18: Výsledky stanovení obsahu hrubých bílkovin u jednotlivých vzorků vloček

Vzorek	Bílkoviny (%) ± S.D.	Bílkoviny v sušině (%) ± S.D.
V1	13,7 ± 0,5 ^a	15,2 ± 0,5 ^a
V2	15,5 ± 0,5 ^b	16,9 ± 0,5 ^b
V3	11,9 ± 0,5 ^c	13,2 ± 0,5 ^c
V4	13,7 ± 0,5 ^a	15,1 ± 0,5 ^a
V5	13,3 ± 0,4 ^a	14,7 ± 0,4 ^a
V6	14,8 ± 0,5 ^{b,d}	16,0 ± 0,4 ^{b,d}

Tabulka 19: Výsledky stanovení obsahu hrubých bílkovin u jednotlivých vzorků müsli

Vzorek	Bílkoviny (%) ± S.D.	Bílkoviny v sušině (%) ± S.D.
M1	12,9 ± 0,5 ^a	15,0 ± 0,3 ^a
M2	15,0 ± 0,3 ^b	17,1 ± 0,3 ^b
M3	11,0 ± 0,3 ^c	13,5 ± 0,3 ^c
M4	12,9 ± 0,3 ^a	14,7 ± 0,3 ^a
M5	12,5 ± 0,3 ^a	14,0 ± 0,3 ^a
M6	13,2 ± 0,5 ^a	14,9 ± 0,4 ^a

Obsah bílkovin jednotlivých vzorků vloček se pohyboval v rozmezí od 11,9 do 15,5 %. (viz. tabulka 18). Nejnižší obsah bílkovin, tedy 11,9 % byl stanoven u vzorku vloček z červené pšenice ($P < 0,05$). Nižší obsah bílkovin 13,3 % byl naměřen u vloček z pšenice Klima, 13,7 % shodně jak u vloček z pšenice Dickopf, tak u pšenice špaldy ($P \geq 0,05$). Moudrý udává obsah bílkovin u pšenice špaldy 14 – 19 %. Výsledná hodnota 13,7 % tedy odpovídá dolní hranici tohoto rozmezí. Nejvyšší obsah bílkovin vykazovaly vzorky vloček vyrobených z pšenice kamut (15,5 %) a vločky kupované 14,8 % ($P < 0,05$). Hodnota 15,5 % obsahu bílkovin u pšenice kamut neodpovídá 3x většímu obsahu bílkovin než je

obsah běžných pšeníc, jak tvrdí výrobce na obalu. Pořadí hodnot obsahu bílkovin přepočítaného na sušinu vzorku se od pořadí hodnot obsahu bílkovin vzorku neliší.

Obsah bílkovin ve vzorcích müsli byl zjištěn nižší než ve vzorcích samotných vloček, což je způsobeno nízkým obsahem bílkovin v ovocném podílu. Obsah bílkovin jednotlivých vzorků müsli se pohyboval v rozmezí od 11,0 do 15,0 %. (viz. tabulka 19). Nejnižší obsah bílkovin 11,0 % a v sušině 13,5 % byl stanoven u müsli z červené pšenice ($P < 0,05$). Statisticky shodné jsou vzorky müsli z vloček pšenice Klima 12,5 % a v sušině 14,0 %, pšenice Dickopf 12,9 % a v sušině 14,7 %, pšenice špaldy 12,9 % a v sušině 15,0 %) a z kupovaných vloček 13,2 % a v sušině 14,9 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší obsah bílkovin i obsah bílkovin v sušině byl zjištěn u vzorku müsli z vloček pšenice kamut 15,0 % a v sušině 17,1 % ($P < 0,05$).

Obsah hrubých bílkovin je ovlivněn dusíkatým hnojením a teplotními podmínkami pěstování, v teplejších oblastech je obsah hrubé bílkoviny vyšší [9]. Nízký obsah bílkovin, méně než 11,5 % v roce 2001 potvrzuje nedostatečné zásobení půdy minerálními živinami (dusík, draslík) v období tvorby bílkovin v zrně, kdy nedostatek těchto živin drasticky omezí syntézu bílkovin, jejich transport a uložení v klase [9].

Výsledky stanovení odpovídají hodnotám, které obecně platí pro endosperm obilného zrna. V endospermu, který je hlavním zdrojem proteinů zrna se jejich obsah pohybuje mezi 10 – 15 % [40]. Množství bílkovin v pšeničném zrně se podle Prugara pohybuje okolo 12 – 13 % [21]. Dle této literatury odpovídají výsledky spíše horní hranici. V ovoci se obsah dusíkatých látek pohybuje od 0,2 do 1,0 % [2].

11.4 Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny

Stanovení obsahu hrubé vlákniny bylo u jednotlivých vzorků vloček a müsli provedeno dle metodiky popsané v kapitole 10.7. V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (S.D.).

Tabulka 20: Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny u jednotlivých vzorků vloček

Vzorek	Hrubá vláknina (%) ± S.D.
V1	1,2 ± 0,1 ^a
V2	1,9 ± 0,1 ^b
V3	2,0 ± 0,1 ^{b,c}
V4	2,1 ± 0,1 ^{c,d}
V5	2,3 ± 0,1 ^e
V6	1,7 ± 0,1 ^f

Tabulka 21: Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny u jednotlivých vzorků müsli

Vzorek	Hrubá vláknina (%) ± S.D.
M1	3,6 ± 0,1 ^a
M2	5,4 ± 0,2 ^b
M3	5,4 ± 0,2 ^{b,c}
M4	5,2 ± 0,2 ^{b,d}
M5	6,6 ± 0,2 ^e
M6	4,7 ± 0,2 ^f

Obsah hrubé vlákniny jednotlivých vzorků vloček se pohyboval v rozmezí od 1,2 do 2,3 % (viz. tabulka 20) a u vzorků müsli od 3,6 do 6,6 % (viz. tabulka 21). Nejnižší obsah hrubé vlákniny byl stanoven u pšenice špaldy, a to jak u vzorku samotných vloček 1,2 %, tak i u vzorku müsli 3,6 % ($P < 0,05$). Statisticky shodné v obsahu hrubé vlákniny jsou vzorky vloček z pšenice kamut 1,9 % a červené pšenice 2,0 % ($P \geq 0,05$). U vzorků müsli se statisticky shodují hned tři vzorky. Müsli z vloček pšenice Dickopf 5,2 %, pšenice kamut 5,4 % a červené pšenice 5,4 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší obsah hrubé vlákniny byl stanoven u pšenice Klima, a to jak u vzorku samotných vloček 2,3 %, tak i u vzorku müsli 6,6 % ($P < 0,05$).

Výsledné hodnoty stanovení jsou u vzorků müsli i dvojnásobně vyšší než u vzorků samotných vloček. Müsli mimo vločky obsahuje i ovocný podíl, který obsah vlákniny významně zvyšuje.

11.5 Výsledky stanovení stravitelnosti

Stanovení stravitelnosti bylo u jednotlivých vzorků vloček a müsli provedeno dle metodiky popsané v kapitole 10.8. Stravitelnost vzorků byla stanovena v % jako stravitelnost sušiny (DMD) a jako stravitelnost organické hmoty (OMD). V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (S.D.).

Tabulka 22: Výsledky stanovení DMD a OMD u jednotlivých vzorků vloček

Vzorek	DMD (%) ± S.D.	OMD (%) ± S.D.
V1	79,2 ± 1,3 ^a	80,7 ± 1,7 ^a
V2	77,4 ± 2,2 ^{a,b}	79,1 ± 1,7 ^{a,b}
V3	75,8 ± 1,5 ^{b,c,d}	77,6 ± 1,4 ^{b,c,d}
V4	72,2 ± 2,5 ^{c,d}	74,4 ± 2,2 ^{c,d}
V5	75,8 ± 2,5 ^{a,d}	77,9 ± 2,5 ^{a,d}
V6	79,0 ± 1,5 ^a	80,7 ± 1,5 ^a

Tabulka 23: Výsledky stanovení DMD a OMD u jednotlivých vzorků müsli

Vzorek	DMD (%) ± S.D.	OMD (%) ± S.D.
M1	81,0 ± 1,3 ^a	83,4 ± 1,6 ^a
M2	78,5 ± 1,3 ^a	81,8 ± 1,2 ^a
M3	76,2 ± 1,2 ^b	79,2 ± 1,1 ^b
M4	74,8 ± 1,1 ^c	77,1 ± 1,1 ^c
M5	78,6 ± 1,7 ^{a,b}	81,4 ± 1,6 ^{a,b}
M6	78,9 ± 1,3 ^a	82,9 ± 1,5 ^a

Stravitelnost jednotlivých vzorků byla stanovena metodou kombinované hydrolýzy pepsinem a pankreatinem. Výsledné hodnoty lze těžko porovnávat s literaturou. Vždy je totiž nezbytné pro porovnání výsledků dodržet stejný postup a podmínky metodiky, které se velmi různí. Hodnoty OMD byly u všech analyzovaných vzorků vyšší než hodnoty DMD.

Stravitelnost sušiny DMD se u jednotlivých vzorků vloček pohybovala v rozmezí od 72,2 do 79,2 % (viz. tabulka 22) a u vzorků müsli od 74,8 do 81,0 % (viz. tabulka 23). Nejnížší hodnoty DMD vykazovaly vzorky vloček vyrobených z pšenice Dickopf 72,2 % a vločky z červené pšenice 75,8 % ($P < 0,05$). Nejnížší zjištěná hodnota DMD u vzorků müsli byla 74,8 %, a to u müsli z vloček pšenice Dickopf ($P < 0,05$). Statisticky shodné jsou vzorky pšenice Klima, kamut, kupovaných vloček a pšenice špaldy, a to jak u vzorků samotných vloček 75,8 %, 77,4 %, 79,0 % a 79,2 %, tak u vzorků müsli 78,6 %, 78,5 %, 78,9 % a 81,0 % ($P \geq 0,05$). Tyto zjištěné hodnoty zároveň představují nejvyšší stravitelnost u vzorků vloček a müsli.

Stravitelnost organické hmoty OMD se u jednotlivých vzorků vloček pohybuje v rozmezí od 74,4 do 80,7 % (viz. tabulka 22) a u vzorků müsli od 77,1 do 83,4 % (viz. tabulka 23). Nejnížší hodnoty OMD vykazovaly vzorky vloček vyrobených z pšenice Dickopf 74,4 % a vločky z červené pšenice 77,6 % ($P < 0,05$). Nejnížší zjištěná hodnota OMD u vzorků müsli byla 77,1 %, a to u müsli z vloček pšenice Dickopf ($P < 0,05$). Statisticky shodné jsou hodnoty stravitelnosti OMD u vzorků pšenice Klima, kamut, kupovaných vloček a pšenice špaldy, a to jak u vzorků samotných vloček 77,9 %, 79,1 %, 80,7 % a 80,7 %, tak u vzorků müsli 81,4 %, 81,8 %, 82,9 % a 83,4 % ($P \geq 0,05$). Tyto zjištěné hodnoty představují statisticky nejvyšší stravitelnost u vzorků vloček a müsli.

11.6 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Stanovení antioxidační aktivity bylo u jednotlivých vzorků vloček a müsli provedeno dle metodiky popsané v kapitole 10.9. V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (S.D.). Antioxidační aktivita byla vyjádřena jako ekvivalent redukční účinnosti troloxu.

Tabulka 24: Výsledky stanovení antioxidační aktivity u jednotlivých vzorků vloček

Vzorek	Antioxidační aktivita ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) \pm S.D.
V1	–
V2	$0,82 \pm 0,03^a$
V3	$0,86 \pm 0,13^a$
V4	$0,77 \pm 0,22^a$
V5	$1,08 \pm 0,10^b$
V6	$1,08 \pm 0,01^{b,c}$

Tabulka 25: Výsledky stanovení antioxidační aktivity u jednotlivých vzorků müsli

Vzorek	Antioxidační aktivita ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) \pm S.D.
M1	–
M2	$1,80 \pm 0,07^a$
M3	$2,14 \pm 0,18^b$
M4	$2,25 \pm 0,37^{b,c}$
M5	$2,56 \pm 0,35^c$
M6	$1,98 \pm 0,09^{b,c,d}$

Výsledné hodnoty antioxidační aktivity metodou ABTS jsou velmi obtížně srovnatelné s výsledky uváděnými v literárních zdrojích, kde se hodnoty velmi různí. Především v závislosti na typu a délce extrakce, postupu při stanovení a také na koncentraci radikálu ABTS. Např. Ragaee Sanna a kol. uvádí hodnotu antioxidační aktivity tvrdé pšenice $8,8 \pm 0,39 \mu\text{mol.g}^{-1}$ a $8,3 \pm 0,31 \mu\text{mol.g}^{-1}$ u pšenice měkké (měření absorbance vzorků po 3 min.).

Antioxidační aktivita u vloček z pšenice špaldy byla neměřitelná. U vzorku nedošlo k téměř žádnému odbarvení (úbytku absorbance), což je zřejmě následek velmi nízkého

obsahu látek s antioxidační aktivitou. U ostatních vzorků vloček se antioxidační aktivita pohybovala v rozmezí od 0,77 do 1,08 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ (viz. tabulka 24). Nejnižší hodnotu u vzorků vloček vykazoval vzorek z pšenice Dickopf 0,77 $\mu\text{mol.g}^{-1}$, kamut 0,82 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ a červené pšenice 0,86 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity byly zjištěny u vzorků vloček zakoupených v obchodní síti 1,08 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ a vločky vyrobené z pšenice Klima 1,08 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ ($P \geq 0,05$).

Antioxidační aktivita se u jednotlivých vzorků müsli pohybovala v rozmezí od 1,80 do 2,56 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ (viz. tabulka 25). Antioxidační aktivita vzorku müsli z vloček pšenice špaldy nebyla, stejně jako u vzorků vloček, naměřena. Nejnižší hodnota antioxidační aktivity byla zjištěna u vzorku müsli z vloček pšenice kamut 1,80 $\mu\text{mol.g}^{-1}$, jež se od ostatních vzorků statisticky liší ($P < 0,05$). Ze statistického vyhodnocení výsledků lze podle těchto dat s 95 % pravděpodobností tvrdit, že neexistuje statistický rozdíl mezi vzorky müsli z pšenice Klima 2,56 $\mu\text{mol.g}^{-1}$, Dickopf 2,25 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ a müsli z kupovaných vloček, 1,98 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ ($P \geq 0,05$).

11.7 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Stanovení antioxidační aktivity bylo u jednotlivých vzorků vloček a müsli provedeno dle metodiky popsané v kapitole 10.10. V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (S.D.). Antioxidační aktivita byla vyjádřena jako ekvivalent redukční účinnosti troloxu.

Tabulka 26: Výsledky stanovení antioxidační aktivity u jednotlivých vzorků vloček

Vzorek	Antioxidační aktivita (mg.g^{-1}) \pm S.D.
V1	0,15 \pm 0,01 ^a
V2	0,20 \pm 0,01 ^b
V3	0,23 \pm 0,01 ^c
V4	0,28 \pm 0,01 ^d
V5	0,27 \pm 0,01 ^{d,e}
V6	0,25 \pm 0,01 ^f

Tabulka 27: Výsledky stanovení antioxidační aktivity u jednotlivých vzorků müsli

Vzorek	Antioxidační aktivita ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) \pm S.D.
M1	$0,25 \pm 0,01^a$
M2	$0,35 \pm 0,01^{b,f}$
M3	$0,34 \pm 0,01^{c,b,f}$
M4	$0,33 \pm 0,01^{c,d,f}$
M5	$0,39 \pm 0,01^e$
M6	$0,34 \pm 0,01^f$

Výsledné hodnoty antioxidační aktivity metodou DPPH jsou velmi obtížně srovnatelné s výsledky uváděnými v literárních zdrojích, kde se hodnoty velmi různí. Především v závislosti na typu a délce extrakce, postupu při stanovení a také na koncentraci radikálu.

Antioxidační aktivita se u jednotlivých vzorků vloček pohybovala v rozmezí od 0,15 do 0,27 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (viz. tabulka 26). Nejnižší hodnotu u vzorků vloček vykazoval vzorek z pšenice špaldy, a to 0,15 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity byly zjištěny u vzorků vloček vyrobených z pšenice Dickopf 0,28 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ a vloček vyrobené z pšenice Klima 0,27 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

Antioxidační aktivita se u jednotlivých vzorků müsli pohybovala v rozmezí od 0,25 do 0,39 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (viz. tabulka 27). Nejnižší hodnotu, stejně jako u vzorů vloček, vykazoval vzorek müsli z pšenice špaldy, a to 0,25 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ($P < 0,05$). Nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity byly zjištěny u vzorků müsli vyrobených z vloček pšenice Klima 0,39 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, jež se od ostatních vzorků statisticky liší ($P < 0,05$). Ze statistického vyhodnocení výsledků lze podle těchto dat s 95 % pravděpodobností tvrdit, že neexistuje statistický rozdíl mezi vzorky müsli z pšenice kamut, Dickopf, červené pšenice a müsli z kupovaných vloček ($P \geq 0,05$).

ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce je uveden popis anatomické stavby zrna pšenice, její druhy a chemické složení. Podstatná část teorie byla zaměřena na pšeničné müsli, jeho výrobu, známé druhy a složení. Dále byly vymezeny pojmy stravitelnost a antioxidační aktivita obilovin a poslední kapitola teoretické části byla věnována popisu metod pro stanovení vzorků.

Cílem této diplomové práce bylo stanovení základních chemických parametrů u 6 vzorků pšeničných vloček a 6 vzorků müsli z nich připravených. Pšeničné vločky byly připraveny v laboratoři z celých zrn pšenice špaldy, kamutu, červené pšenice, Dickopf a pšenice Klima. Těchto 5 vzorků bylo doplněno o vzorek vloček kupovaných. Z jednotlivých vzorků vloček a ovocného podílu (sušená jablka, meruňky, brusinky a mandle) byly v laboratoři připraveny jednotlivé vzorky müsli. V rámci chemického rozboru byla provedena tato stanovení: obsah vlhkosti a sušiny, popela, hrubých bílkovin, hrubé vlákniny, stravitelnost a antioxidační aktivita.

Nejnižší vlhkost 7,5 % byla zjištěna u pšeničných vloček kupovaných. U ostatní vzorků vloček byl obsah vody vyšší 8,3 až 9,9 % a to z důvodu přípravy vloček vařením a následným vločkováním. U jednotlivých vzorků müsli byl stanoven obsah vlhkosti 10,6 až 12,6 %. Obsah popela se u vzorků vloček pohyboval v rozmezí 1,6 až 2,1 % u vzorků müsli 1,7 až 2,2 %. Nejvyšší hodnota 2,1 % u vzorků vloček a 2,2 % u vzorků müsli byly shodně zjištěny u kupovaných pšeničných vloček. Výsledné hodnoty obsahu hrubých bílkovin se u všech vzorků pohybovaly v rozmezí 11,0 až 15,5 %. Přičemž nejnižší hodnota 11,0 % náležela müsli z vloček červené pšenice a nejvyšší 15,5 % vzorku vloček pšenice kamut, který je statisticky shodný se vzorkem vloček kupovaných 14,8 %. Nejnižší obsah vlákniny 1,2 % byl zjištěn u pšenice špaldy, a to jak u vzorku samotných vloček 1,2 %, tak i u vzorku müsli 3,6 % naopak nejvyšší obsah hrubé vlákniny byl stanoven u pšenice Klima, vločky 2,3 % a müsli 6,6 %. Výsledné hodnoty stanovení byly u vzorků müsli i více než dvojnásobně vyšší než u vzorků samotných vloček. Ovocný podíl, který je součástí müsli obsah vlákniny významně zvyšuje. Stravitelnost sušiny byla stanovena u všech vzorků v rozmezí 72,2 až 81,0 %. Stravitelnost organické hmoty vzorků byla zjištěna v intervalu 74,4 až 83,4 %. Nejvyšší stravitelnost vyšla u vzorků pšenice špaldy, což lze vysvětlit zejména nízkým obsahem vlákniny těchto vzorků, jednalo se o špaldu loupanou. Naměřené hodnoty antioxidační aktivity metodou ABTS se u vzorků vloček pohybovaly

v rozmezí 0,77 až 1,08 $\mu\text{mol.g}^{-1}$. Nejvyšší hodnota 1,08 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ odpovídala jak vločkám z pšenice Klima, tak vločkám zakoupeným v obchodní síti. U vzorků müsli byla zjištěna antioxidační aktivita 1,80 až 2,56 $\mu\text{mol.g}^{-1}$. U müsli vyrobeného z vloček pšenice kamut byla naměřena nejnižší hodnota 1,80 $\mu\text{mol.g}^{-1}$. Naměřené hodnoty antioxidační aktivity metodou DPPH se u vzorků vloček pohybovaly v rozmezí 0,15 až 0,28 mg.g^{-1} . Nejnižší hodnota 0,15 mg.g^{-1} byla zjištěna u vloček pšenice špalda. Nejvyšší hodnoty 0,28 mg.g^{-1} a 0,27 mg.g^{-1} u pšenice Dickopf a Klima. U vzorků müsli byla zjištěna antioxidační aktivita 0,25 až 0,39 mg.g^{-1} . Nejnižší hodnota 0,25 mg.g^{-1} byla stanovena u müsli z vloček pšenice špalda a nejvyšší 0,39 mg.g^{-1} u pšenice Klima.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KULP, K., J.G. PONTE. Handbook of cereal science and technology. New York: CRC Press, 2000. 790 s. ISBN 0-8247-8294-1.
- [2] KUČEROVÁ, J. Technologie cereálií. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. 141 s. ISBN 80-7157-811-8.
- [3] ŽĎÁRSKÝ, J., V. BENDA. Biologie II. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1992. 252 s. ISBN 8070801689.
- [4] PŘÍHODA, J., M. HRUŠKOVÁ a P. SKŘIVAN. Cereální chemie a technologie. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. 202 s. ISBN 8070805307.
- [5] VAN DER BORGHT, A., H. GOESAERT, W. S. VERAVERBEKE a J. A. DELCOUR. Fractionation of wheat and wheat into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. DOI: 10.1016/j.jcs.2004.09.008.
- [6] TIMSINA, J., a D.J. CONNOR. Productivity and management of riceâ wheat cropping systems: issues and challenges. DOI: 10.1016/S0378-4290(00)00143-X.
- [7] Pšenice. In: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. [online]. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/psenice.html>
- [8] Škorpion – Odrůda ozimé pšenice s modrým zrnem. In: Obilnářské listy, 2012, č. 3.78-79 p. [online]. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.vukrom.cz/obilnarske-listy/obsah/3-2012/78-79>
- [9] ZIMOLKA, J. Pšenice: Pěstování, hodnocení a užití zrna. Praha: Profi Press, s.r.o., 2005. 180 s. ISBN 80-86726-09-6.
- [10] HRUŠKOVÁ M., J. PŘÍHODA a P. SKŘIVAN. Cereální chemie a technologie. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. 202 s. ISBN 8070805307.
- [11] MORRIS, P., C. Cereal biotechnology [online]. Boca Raton, FL: CRC Press/Woodhead Pub., 2000, 252 s. ISBN 978-1-85573-498-2.

- [12] PAŽOUT, V., V. HEMALOVÁ a M. ALDORFOVÁ. Hygiena a technologie vegetabilních produktů. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. 84 s. ISBN 978-80-7305-603-2.
- [13] KADLEC, P. Technologie potravin I. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2002. 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
- [14] KENT, N. L., A. D. EVERS. Technology of cereals: an introductions for students of food science and agriculture. Pergamon, 1994. 334 s. ISBN 0-08-040833-8.
- [15] KENT, N. L., A. D. EVERS. Technology of cereals. Woodhead Publishing Copyright, 1994. 352 s. ISBN 978-1-85573-361-9.
- [16] PETR, J., I. CAPOUCHOVÁ a J. KALINOVÁ. Alternativní plodiny pseudocereálie a produkty ekologického zemědělství. s. 147 – 167. In: PRUGAR, J. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [17] KONVALINA, P., ZECHNER, E. Šlechtění a hodnocení vhodnosti odrůd pšenice seté pro ekologické a low input systémy hospodaření. České Budějovice, 2007. 131 s. ISBN 978-80-7394-039-3.
- [18] CHLOUPEK, O. Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Praha: Academica, 2008. 320 s. ISBN 978-80-200-1566-2.
- [19] ROD, J., et. al. Šlechtění rostlin. SZN Praha, 1982. 368 s. ISBN: 0706082.
- [20] URBAN, J., ŠARAPATKA, B. Ekologické zemědělství: učebnice pro školy a praxi. Praha: MŽP a Svaz PRO-BIO, 2003. 280 s. ISBN 80-7212-274-6.
- [21] HRUŠKOVÁ, M., et. al. Pšenice s. 75 – 103. In: PRUGAR, J. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [22] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 1. Tábor: OSSIS, 2002. 331 s. ISBN 8086659003.
- [23] INGRAM, Ch. Všechno o jídle: Světová encyklopedie. Praha: Fortuna Print, 2006. 512 s. ISBN: 80-7321-251-X.

- [24] Pšenice setá. In: Biological Library. [online]. © 1999-2014 [cit 2014-04-02].
Dostupné z: <http://www.biolib.cz/cz/image/id87507/>
- [25] MOUDRÝ, J., M. VLASÁK. Pšenice špalda (Triticum spelta l.) alternativní plodina, Metodiky pro zemědělskou praxi. (ÚZPI Praha). 1996, č. 6, 28 s. ISSN 0231-9470
- [26] MOUDRÝ, J. Polní plodiny [elektronická skripta]. Zemědělská fakulta a Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. [cit. 2014-04-11]. Dostupné z: http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/psenice_spalda.html
- [27] BERÁNKOVÁ, J. Staronový kamut je velmi výživný, Pekař cukrář, IXX, 2009, č.1. 29 s.
- [28] Kamut – prapůvodní obilí. In: Prameny zdraví. [online]. © 1992-2012 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.magazinzdravi.cz/kamut-prapuvodni-obili>
- [29] Kamut pšenice. In: Vitalia.cz. [online]. © 2009-2014 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://www.vitalia.cz/clanky/kamut-psenice-nejenom-chutna-jinak/>
- [30] EHRENBERGEROVÁ J., K. VACULOVÁ. Cereals for Human Health and Preventive Nutrition. Agricultural research institute Kroměříž, 1998. ISBN 80-902545-0-0.
- [31] Kamut - An Ancient Grain Rediscovered. In: Halenaturals.com [online]. © 2004 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://whatscookingamerica.net/CharlotteBradley/Kamut-AncientGrain.htm>
- [32] Organic Kamut Grain. In: Purcell Mountain Farms. [online]. © 2010 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://www.purcellmountainfarms.com/Organic%20Kamut%20Grain.htm>
- [33] Pšenice červená BIO. In: Solný Sen. [online]. © 2008 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://solnysen.cz/name/P%C5%A1enice+%C4%8Derven%C3%A1+BIO/product-details/7e56467d-91bf-4eab-9214-dc5443228412/process.aspx>
- [34] BIO česká pšenice červená. In: Bazalka. [online]. © 2014 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://www.bazalkahk.cz/produkty-bio-ceska-psenice-cervena-500g-nase-biofarma-detail-78800>

- [35] Bio-nebio. In: Ekofarma rodiny Hlaváčových. [online]. © 2010 [cit. 2014-03-23].
Dostupné z: <http://www.bionebio.cz/ceske-bio/ekofarma-rodiny-hlavacovych>
- [36] Pšenice ozimá. In: Lexikon A-Z. [online]. © 2011 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z:
<http://panpekar.blogspot.cz/2011/10/psenice-cervena.html>
- [37] Obiloviny. In: Ve zdravém těle zdravý. [online]. © 2011 [cit. 2014-03-23].
Dostupné z: <http://zdravickobce.webnode.cz/samostudium/obiloviny/>
- [38] ČESKO. Vyhláška č.333 ze dne 12. Prosince 1997, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. In: Sbírka zákonů České republiky. 1997, částka 111.
- [39] KUČEROVÁ, J. Technologie sacharidů: návody do cvičení. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. 84 s. ISBN 978-80-7375-114-2.
- [40] HUBÍK, K. Zásobní bílkoviny endospermu zrna pšenice a ječmene. Praha: ÚVTEI, 1991. 25 s. ISSN 0231-9470.
- [41] ČERNÝ, J.,A. ŠAŠEK. Bílkovinné signální geny pšenice obecné. Praha: ÚZPI, 1996. 62 s. ISBN 80-85120-55-0.
- [42] KADLEC, P. Procesy potravinářských a biochemických výrob. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. 308 s. ISBN 80-7080-527-7.
- [43] VELÍŠEK, J., J. HAJŠLOVÁ. Chemie potravin. Tábor: OSSIS, 2009. 623s. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [44] Lepek, nenápadná potvora. In: Zdravé tipy. [online]. 31.10.2010 [cit. 2014-03-24].
Dostupné z: <http://zdravetipy.blog.cz/1010/lepek-nenapadna-potvora>
- [45] Pšenice ozimá. In: Bioobchod. [online]. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z:
<http://www.bioobchod.cz/psenice-ozima-zrno-1kg-bio-country-life/d-70368/>
- [46] HRABĚ, J., I. HOZA a O. ROP. Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. 178 s. ISBN 8073183722.
- [47] ROP, O., P. VALÁŠEK a I. HOZA. Teoretické principy konzervace potravin I. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. 130 s. ISBN 80-7318-339-0.

- [48] HOZA, I., D. KRAMÁŘOVÁ. Potravinářská biochemie I. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. 168 s. ISBN 80-7318-295-5.
- [49] Prezentace. Přednáška 5- sacharidy. Zemědělská fakulta a Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: http://kgv.zf.jcu.cz/upload/Prezentace/JKkgv-UNC/5_prednaska_sacharidy.pdf
- [50] ZAMRAZILOVÁ. E., Novinky v medicíně. Praha: Avicenum, 1989. 80 s. ISBN 08-092-89.
- [51] Definice vlákniny a její význam pro naše zdraví. In: Chempoint. [online]. © 2014 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/definice-vlkniny-a-jeji-vyznam-pro-nase-zdravi>
- [52] Celulóza In: Leccos. [online]. [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://leccos.com/index.php/clanky/celulosa>
- [53] KOPÁČOVÁ, O. Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům. Praha: ÚZPI, 2007. 56 s. ISBN 978-80-7271-184-0.
- [54] PICHL, I., P. LUTONSKÁ. Vlákna (chemické zloženie, metódy stanovenia, význam vo výžive). Bratislava: Príroda, 1983. 141 s. ISBN 64-222-83.
- [55] Celulóza, hemicelulóza, lignin. In: Libros. [online]. © 2005 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://www.libros.cz/?mod=clanky_rezivo&par=65
- [56] Vlákna v potravinách. In: Výskumný ústav potravinársky Bratislava. [online]. © 2007-2014 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: <http://www.vup.sk/index.php?strat&main ID=1&navID=43>
- [57] Soudobý pohled na vlákninu. In: Agro-navigátor. [online]. [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: <http://www.agro-navigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=88134>
- [58] Vlákna. In: Celostní medicína. [online]. 26.06.2008 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://celostnimedicina.cz/vlknina.htm?gclid=CIWp7o2kqrUCFYVb3god42YAyg>
- [59] SVAČINA, Š., et. al. Klinická dietologie. Praha: Grada Publishing a.s., 2008. 384 s. ISBN 978-80-247-2256-6.

- [60] RAGAE, S., ABDEL-AAL, EI-Sayed M.NOAMAN Maher. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. Food Chemistry. 2006, č.98, p.32-38.
- [61] Vlákna. In: Rady – hubnutí. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.rady-hubnuti.cz/vlakna/>
- [62] FELLOWS, P.J. Food Processing Technology – Principles and Practice. Woodhead Publishing, 2009. 980 s. ISBN 978-1-84569-216-2.
- [63] HOLEČEK, M. Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin. Praha: Grada Publishing a.s., 2006. 288 s. ISBN 978-80-247-1562-9.
- [64] ESCARNOT, E., R. AGNEESSENS, B. WATHELET and M. PAQUOT. Quantitative and qualitative study of spelt and wheat fibres in varying milling fractions. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.02.047.
- [65] Celozrnné obiloviny. In: Doktorka. [online]. © 1999-2014 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://zdrava-vyziva.doktorka.cz/celozrnné-obiloviny-ideální-zdroj/>
- [66] Obiloviny. In: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Plodiny2.pdf>
- [67] ORTIZ-MONAZTERIO, J. I. Enhancing the mineral and vitamin content of wheat and maize through plant breeding. Journal of Cereal Science. 2007, č. 46, p. 293 – 307.
- [68] HAWKESFORD, M. J. Strategies for increasing the selenium content of wheat. Journal of Cereal Science. 2007, č. 46, p. 282 – 292.
- [69] ORY R. L. Grandma called it Roughage, Fiber Facts and Fallacies. Washington D.C.: American Chemical Society, 1991. 165 s. ISBN 0-8412-1764-5.
- [70] Pšeničné vločky. In: Obchodní akademie Karviná s.r.o. [online]. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://www.obaka-karvina.cz/>
- [71] OWENS, G. Cereals processing technology. Boca Raton, FL: CRC Press, 2001. 238 s. ISBN 0-8493-1219-1.
- [72] CALDWELL, E. F., R.B. FAST. The cereal grains. In: FAST, R. B., CALDWELL, E. F., (ed.). Breakfast Cereals And How They Are Made. Vyd. 1.

- Minnesota: American Association of Cereal Chemist, 1990. 562 s. ISBN 0-913250-70-8.
- [73] WHALEN, P. J., J. L. DESROCHERS, and Ch. E. WALKER, Ready-to-eat Break-fast cereals. s. 615 – 646. In: KULP, K., PONTE, J. G. (ed.). Handbook of cereal science and technology. Vyd. 2. New York: CRC Press, 2000. 790 s. ISBN 0-8247-8294-1.
- [74] Namíchej si svoje müsli. In: Mixit. [online]. © 2010-2014 [cit. 2014-04-05]. Dostupný z: http://www.mixit.cz/namixuj_si.php
- [75] Namíchejte si. In: Müslimanie. [online]. [cit. 2014-04-05] Dostupný z: <http://www.muslimanie.cz/namichejte-si/>
- [76] Namíchejte si. In: Müslimix. [online]. © 2011 [cit. 2014-04-05]. Dostupný z: http://muslimix.cz/category.php?id_category=43
- [77] OBERBEIL, K., Ch. LENTZOVÁ. Léčba ovocem a zeleninou: Strava, která léčí. Přeložila Alena VLČKOVÁ. Praha: Fortuna Print, 2003. 294 s. ISBN: 80-7309-242-5.
- [78] VOLF, K., F. ANDRS. Flavonoidy a jejich biologické působení. [online]. [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://www.juwital.cz/Upload/Documents/flavonoidy.pdf>
- [79] ČESKO. Vyhláška č. 157 ze dne 12. května 2003, kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakož i další způsoby jejich označování. In: Sbírka zákonů České republiky. 2003, částka 59.
- [80] Co je to lyofilizace. In: Mixit:krupaveovoce.cz. [online]. © 2013 [cit. 2014-04-05] Dostupné z: <http://www.krupaveovoce.cz/lyofilizovane-ovoce-lyofilizaty.php>
- [81] Ořechy, semínka a ořechová másla. In: Zdraví v kondici. [online]. © 2014 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.zdravi-v-kondici.estranky.cz/clanky/nejzdravejsi-potraviny-sveta/orechy--seminka-a-orechova-masla/>
- [82] Semínka jak je neznáte. In: Bio-life. [online]. © 2008 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.bio-life.cz/clanky/zdrava-vyziiva/seminka-jak-je-neznate.html>

- [83] ŠEBELOVÁ, K. Fenomén zvaný müsli. In: Velká Epocha. [online]. © 2014 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://www.velkaepocha.sk/content/view/2361/67/lang,cz/>
- [84] JONES, R. What's who? a dictionary of things named after people, and the people they are named after. Leicester (UK): Troubador Publishing Ltd, 2009. 293 s. ISBN: 978 1848760 479.
- [85] KENT, N. L., A.D. EVERS. Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture [online]. 4 th ed. Oxford [England]: Pergamon, 1994. 334 s. ISBN: 978-1-85573-361-9. Po zaregistrování je plná verze dostupná z http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=304.
- [86] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 2. Tábor: OSSIS, 1999. 328 s. ISBN: 80-902391-4-5.
- [87] SVAČINA, Š., D. MÜLLEROVÁ a A. BRENŠTAJNOVÁ. Dietologie pro lékaře, farmaceuty, zdravotní sestry a nutriční terapeutky. Praha: TRITON, 2012. 332 s. ISBN 978-80-7387-347-9.
- [88] FREJ, D. Dietní sestra diety ve zdraví a nemoci. Praha: Triton, 2006. 309 s. ISBN 80-7254-537-X.
- [89] BRIFFA, J. Study Reveals Why Some Foods Are More Satisfying. In: TheEpochTimes.com [online]. © 2007 [cit. 2014-02-27]. Dostupné z: <http://www.theepochtimes.com/news/7-9-12/59692.html>
- [90] ČERMÁK, B. et. al. Výživa člověka. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2002. 224 s. ISBN: 80-7040-576-7.
- [91] Müsli. In: Bioarcha.cz [online]. 2009-09-16 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: http://obchod.bioarcha.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=42:musli&catid=4:zajimavosti&Itemid=12
- [92] Není müsli jako müsli. In: Cerealie.cz [online]. © 2012 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.cerealie.cz/nas-magazin/neni-muesli-jako-muesli>

- [93] ANONYM. Není müsli jako müsli. In: NESTLÉ. Cereálie.cz [online]. © 2012 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://www.cerealie.cz/nas-magazin/neni-muesli-jako-muesli>
- [94] Muesli pohankové s amarantem. In: Countrylife.cz [online]. © 2012 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.countrylife.cz/muesli-pohankove-s-amarantem-bananem-a-jablkem-300-g-boi-semix-pluso>
- [95] Muesli. In: Womenworld.com [online]. © 2012 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://womenworld.com.ua/chem-polezny-mysli>
- [96] MOUREK, J. Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotních oborů. Praha: Grada, 2005. 208 s. ISBN 80-247-1190-7.
- [97] ŠPIČÁK, J. Akutní pankreatitida. Praha: Grada, 2005. 216 s. ISBN: 80-247-0942-2.
- [98] ŘEZÁČOVÁ, M., A. STOKLASOVÁ. Základy biochemie lidského organismu. Praha: Karolinum, 2008. 123 s. ISBN 978-80-246-1510-3.
- [99] HOZA, I., D. KRAMÁŘOVÁ a P. BUDÍNSKÝ. Potravinářská biochemie II. pro studenty kombinované formy studia. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. 150 s. ISBN: 978-80-7318-496-4.
- [100] SMEJKAL, V., H. SCHELOVÁ BACHRACHOVÁ. Velký lexikon společenského chování 2. Praha: Grada, 2011. 400 s. ISBN 978-80-247-3650-1.
- [101] WILHELM, Z. Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy. Brno: Masarykova univerzita, 2005. 116 s. ISBN 80-210-2837-8.
- [102] KUFOVÁ, G., Možnosti využití ABTS v oblasti cereálních technologií. Zlín, 2010. Bakalářská práce. UTB Zlín, Fakulta technologická. Vedoucí práce Daniela Sumczynski.
- [103] SIES, H. Physiological society symposium: impaired endothelial and smooth muscle cell function in oxidative stress: oxidative stress: oxidants and antioxidants. Experimental Physiology. [online]. 1997, č.82, s.291-295. [cit.2014-03-16]. Dostupné z: <http://ep.physoc.org/content/82/2/291.long>

- [104] PARKÁNYIOVÁ, J., L. PARKÁNYIOVÁ aj POKORNÝ. Rostliny jako zdroje přírodních antioxidantů. Praha: VŠCHT, Ústav chemie a analýzy potravin, FPBT [online]. 2003 [cit.2014-04-12] ISBN 80-7194-549-8.
- [105] HAVELKOVÁ, H. Antioxidační sloučeniny řas. Zlín, 2010. Bakalářská práce. UTB Zlín, Fakulta technologická. Vedoucí práce Ladislava Mišurcová.
- [106] AMBROŽOVÁ, G. Vliv vysoce nenasycených mastných kyselin a jejich metabolitů na fyziologické funkce profesionálních fagocytů. [online]. Brno, 2008. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta přírodovědecká. Vedoucí diplomové práce Antonín Lojek. [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/106838/prif_m/DIPLOMKA.GABA.cela.proIS.pdf
- [107] PAULOVÁ, H., H. BOCHOŘÁKOVÁ a E. TÁBORSKÁ. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro. In: Chemické listy. [online]. 2004, 98 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/2004_04_03.pdf
- [108] KORYCINSKA, M., K. CZELNA, A. JAROMIN and A. KOZUBEK. Antioxidant activity of rye bran alkylresorcinols and extracts from whole-grain cereal product. Food Chemistry. 2009, č. 116. p.1013-1018.
- [109] REVANAPPA, S.B., V. SALIMATH PARAMAHANS. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of different wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. Journal of Food Biochemistry. 2010, p.2.
- [110] YU L., J. PERRET, B. DAVY, J. WILSON and C L. MELBY. Antioxidant Properties of Cereal Products. Journal of Food Science. 2002, Vol.67, Nr.7.
- [111] RIDDELLOVÁ, K. Stanovení celkového dusíku a výpočet obsahu bílkovin. Fakulta potravinářské a biochemické technologie, VŠCHT Praha. [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: http://web.vscht.cz/~kohoutkj/n%c3%a1vody%202011/LAPP_STANOVENI%20USIKU.pdf
- [112] TROJANOVÁ, H., J. POZDÍŠEK. Alternativní stanovení vlákniny (CF, NDF a ADF) na zařízení Fibertec Systém 2023 a 2021. Agrovýzkum Rapotín s.r.o, 2011. ISBN 978-80-87592-08-3.

- [113] TEPER, I. ANKOM 220 –nový přístup ke stanovení vlákniny. Krmivářství. 2003, č. 4. s. 20-21.
- [114] MIŠURCOVÁ, L. Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka. Zlín, 2008. Dizertační práce. UTB Zlín.
- [115] MIKYŠKA, A., K. KROFTA. Stanovení antioxidační aktivity chmele, chmelových výrobků a piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 2012. 30 s. ISBN 978-80-86576-51-0.
- [116] MITUROVÁ, V. Antioxidanty syntetické a přírodní. Zlín, 2009. Bakalářská práce. UTB Zlín, Fakulta technologická. Vedoucí práce Soňa Škrovánková.
- [117] BUŇKA, F., O. KŘÍŽ, J. HRABĚ. STAT K25: verze 2.0 beta

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABTS	(2,2'-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonová kyselina))
BHA	Butylhydroxyanizol
BHT	Butylhydroxytoluen
ČSN	Česká technická norma
DMD	Dry Matter Digestibility
DPPH	1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylem
EPR	Elektronová paramagnetická rezonanční spektrometrie
FRAP	Ferric Reducting Antioxidant Potential
OMD	Organic Matter Digestibility
RNS	Reactive Nitrogen Species
ROS	Reactive Oxygen Species
S.D.	Směrodatná odchylka
TAG	Triacylglyceroly
VÚRV	Výzkumný ústav rostlinné výroby

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Podélný řez pšeničným zrnem [10]	17
Obrázek 2: Pšenice setá [24].....	19
Obrázek 3: Rozdíly v morfologii klasu pšenice špaldy (1) a pšenice seté (2) [25]	20
Obrázek 4: Pšenice špalda [26].....	20
Obrázek 5: Pšenice kamut [32]	21
Obrázek 6: Pšenice červená [36].....	22
Obrázek 7. Müsli [95].....	38

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Variety pšenice obecné [9]	15
Tabulka 2: Maximální rozmezí hmotnostních podílů částí zrna pšenice [12].....	16
Tabulka 3: Látkového složení v jednotlivých částech zrna v % sušiny [39]	23
Tabulka 4: Obsah jednotlivých proteinů v pšeničném zrně [22].....	24
Tabulka 5: Obsah aminokyselin v pšeničném zrně [22].....	25
Tabulka 6: Obsah hlavních skupin sacharidů [10,12].....	26
Tabulka 7: Obsah glukózy a fruktózy v obilovinách [15]	26
Tabulka 8: Obsah hlavních polysacharidů v pšeničné mouce [43].....	27
Tabulka 9: Vztah mezi vlákninou potravy a hrubou vlákninou [50]	30
Tabulka 10: Obsah mastných kyselin v pšeničném zrně [10]	31
Tabulka 11: Obsah minerálních prvků v pšeničné mouce a celých zrnech [60].....	32
Tabulka 12: Přehled vzorků pšenice pro výrobu vloček.....	54
Tabulka 13: Přehled vzorků pšeničného müsli	54
Tabulka 14: Výsledky stanovení obsahu vlhkosti a sušiny u jednot. vzorků vloček	65
Tabulka 15: Výsledky stanovení obsahu vlhkosti a sušiny u jednot. vzorků müsli.....	65
Tabulka 16: Výsledky stanovení obsahu popela u jednotlivých vzorků vloček	67
Tabulka 17: Výsledky stanovení obsahu popela u jednotlivých vzorků müsli	67
Tabulka 18: Výsledky stanovení obsahu hrubých bílkovin u jednot. vzorků vloček	69
Tabulka 19: Výsledky stanovení obsahu hrubých bílkovin u jednot. vzorků müsli	69
Tabulka 20: Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny u jednot. vzorků vloček.....	71
Tabulka 21: Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny u jednot. vzorků müsli.....	71
Tabulka 22: Výsledky stanovení DMD a OMD u jednotlivých vzorků vloček.....	72
Tabulka 23: Výsledky stanovení DMD a OMD u jednotlivých vzorků müsli.....	72
Tabulka 24: Výsledky stanovení antioxidační aktivity u jednotlivých vzorků vloček ...	74

Tabulka 25: Výsledky stanovení antioxidační aktivity u jednotlivých vzorků müsli74

Tabulka 26: Výsledky stanovení antioxidační aktivity u jednotlivých vzorků vloček ...75

Tabulka 27: Výsledky stanovení antioxidační aktivity u jednotlivých vzorků müsli76