

Výroba a základní nutriční analýza müsli z netradičních obilovin a jedlých květů

Tereza Šťastná

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tereza Šťastná**

Osobní číslo: **T14270**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Výroba a základní nutriční analýza müsli z netradičních obilovin a jedlých květů**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Výroba cereálních směsí se zaměřením na müsli směsí.
2. Charakteristika jednotlivých surovinových komponent müsli směsí z pohledu jejich chemického složení a stability při tepelné úpravě či skladování.

II. Praktická část

1. Příprava jednotlivých cereálních směsí z netradičních obilovin a jedlých květů dle zadané receptury.
2. Stanovení obsahu vlhkosti, popele, bílkovin, tuku, škrobu, sacharidů pomocí HPLC, vlákniny a stravitelnosti u jednotlivých cereálních směsí.
3. Statistické zpracování dat, diskuze získaných výsledků, závěr.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] ARENDT, E., ZANNINI, E. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. Philadelphia, PA: Woodhead Publishing, 2013, 512 s. ISBN 9780857094131.
- [2] TOPPING, David. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. Journal of Cereal Science. 2007, 46(3), 220–229. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.06.004. ISSN 07335210.
- [3] KULP, Karel a Joseph G. PONTE. Handbook of Cereal Science and Technology. 2nd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker, 2000, 808 s. Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.), v. 99. ISBN 0824782941.
- [4] McKEVITH, B. Nutritional Aspects of Cereals. Nutrition Bulletin. 2004, 29(2), 111–142. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2004.00418.x. ISSN 1471-9827.
- [5] MLCEK, Jiri a Otakar ROP. Fresh Edible Flowers of Ornamental Plants A new source of nutraceutical foods. Trends in Food Science & Technology. 2011, 22(10), 561–569. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.04.006. ISSN 09242244.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

3. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

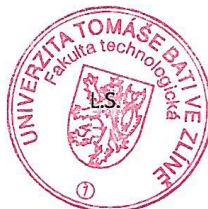
5. května 2017

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

děkan



doc. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ŠTĀSTNĀ TEREZĀ

Obor: TRG

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 5.5.2017

Štátná

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 nevdělečně 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 užit 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 přihlídá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá výrobou a základní nutriční analýzou müsli z netradičních obilovin a jedlých květů. Teoretická část zahrnuje výrobu cereálních směsí se zaměřením na müsli směsi. Dále je v této části uvedeno chemické složení a stabilita jednotlivých surovinových komponent při tepelné úpravě a skladování. Praktická část obsahuje přípravu müsli z netradičních obilovin a jedlých květů dle zadané receptury. Jsou v ní jednotlivě rozebírány stanovované nutriční charakteristiky - stanovení obsahu vlhkosti, popela, bílkovin, tuku, škrobu, sacharidů (pomocí HPLC), vlákniny a stravitelnosti.

Klíčová slova: müsli, cereální směsi, netradiční obiloviny, jedlé květy, vločky

ABSTRACT

This thesis deals with the production and basic nutritional analysis of muesli from non-traditional cereals with edible flowers. The theoretical part involves the production of the cereal mixture with a focus on muesli mixtures. The part of chemical composition of the new components as raw material during the heat treatment and storage are included. The practical part focuses on the preparation of non-traditional muesli with edible flowers according to a specified formula. There are individually-determined nutritional characteristics – determination of the moisture content, ash, protein, fat, starch, sugars (by HPLC), fiber as well as digestibility.

Keywords: muesli, cereal mixtures, non-traditional cereals, edible flowers, flakes

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D., za ochotu, cenné rady, trvalý zájem a praktickou pomoc věnovanou mé práci. Poděkování patří také Ing. Lence Fojtíkové za rady při práci v laboratoři. Ráda bych též poděkovala rodině a mému příteli, a to za podporu během celého mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 VÝROBA CEREÁLNÍCH SMĚSÍ SE ZAMĚŘENÍM NA MÜSLI SMĚSI.....	12
1.1 CEREÁLNÍ SMĚSI.....	12
1.2 MÜSLI SMĚSI	12
1.3 VÝROBA VLOČEK PROCESEM HYDROTERMÁLNÍHO OŠETŘENÍ A ROZVÁLCOVÁNÍ.....	14
1.4 VÝROBA VLOČEK EXTRUZÍ	15
2 CHARAKTERISTIKA A CHEMICKÉ SLOŽENÍ SUROVINOVÝCH KOMPONENT MÜSLI	16
2.1 OBILOVINY VYUŽÍVANÉ PRO VÝROBU VLOČEK	16
2.1.1 Tradiční druhy obilovin.....	17
2.1.2 Netradiční druhy obilovin	18
2.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILNÝCH ZRN.....	19
2.2.1 Sacharidy	19
2.2.2 Proteiny	20
2.2.3 Lipidy	21
2.2.4 Vitaminy a minerální látky.....	21
2.2.5 Ostatní složky.....	22
2.3 STABILITA VYBRANÝCH CHEMICKÝCH SLOŽEK OBILNÝCH ZRN	22
2.3.1 Oxidace lipidů	22
2.3.2 Mazovatění škrobu a retrogradace	23
2.3.3 Maillardovy reakce.....	23
2.3.4 Antioxidační aktivita.....	23
2.4 OSTATNÍ SUROVINOVÉ KOMPONENTY MÜSLI SMĚSÍ.....	24
2.4.1 Ovoce	24
2.4.2 Ořechy a olejnatá semena.....	25
2.4.3 Jedlé květy.....	25
3 CÍL PRÁCE	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	28
4 METODIKA	29
4.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	29
4.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY.....	30
4.3 PŘÍPRAVA VZORKŮ	31
4.3.1 Charakteristika vzorků	31
4.3.2 Výroba vloček a müsli	31

4.4	STANOVENÍ OBSAHU VLHKOSTI REFERENČNÍ METODOU	33
4.5	STANOVENÍ OBSAHU POPELA	34
4.6	STANOVENÍ DUSÍKU S PŘEPOČTEM NA OBSAH HRUBÉ BÍLKOVINY	35
4.7	STANOVENÍ OBSAHU LIPIDŮ DLE SOXHLETA	36
4.8	STANOVENÍ ŠKROBU DLE EWERSE	36
4.9	STANOVENÍ VLÁKNINY	37
4.9.1	Stanovení hrubé vlákniny	37
4.9.2	Stanovení neutrálně detergentní vlákniny	38
4.10	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	40
4.11	STANOVENÍ SACHARIDŮ METODOU HPLC	42
4.11.1	Extrakce volných cukrů z müsli směsí	42
4.11.2	Chromatografické stanovení volných cukrů metodou HPLC-RI	43
4.11.3	Kalibrace pro stanovení volných cukrů metodou HPLC-RI	43
4.12	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ	43
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	44
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ VLHKOSTI REFERENČNÍ METODOU	44
5.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ POPELA	45
5.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ DUSÍKU S PŘEPOČTEM NA OBSAH HRUBÉ BÍLKOVINY	46
5.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU LIPIDŮ	46
5.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU ŠKROBU	48
5.6	VÝSLEDKY STANOVENÍ VLÁKNINY	48
5.6.1	Výsledky stanovení hrubé vlákniny	48
5.6.2	Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny	49
5.7	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	50
5.8	VÝSLEDKY STANOVENÍ SACHARIDŮ METODOU HPLC	51
	ZÁVĚR	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
	SEZNAM TABULEK	64

ÚVOD

Müsli, stejně jako další cereální směsi, se v dnešní době s oblibou konzumují převážně ve formě snídaně po celém světě. Jsou konzumovány především pro zdroj energie a kvůli nízkému glykemickému indexu. Konzumaci müsli dnes většina lidí považuje za zdravou, ačkoliv si možná neuvědomuje, že například müsli v zapékané podobě s přídavkem cukerné složky a kandované ovoce v cukerném roztoku není ideální konzumovat ve větší míře. Naopak je pozitivní přínos vlákniny, vitamínů, minerálních látek a ostatních živin. Nevýhodou je to, že proteiny obsažené v obilovinách nejsou plnohodnotné kvůli limitujícímu množství aminokyseliny lyzinu. Proto je musíme vhodně kombinovat s jinými komponenty, které již chybějící složky obsahují.

Müsli směsi jsou převážně tvořeny tak, aby jejich součástí byly z největší části obiloviny, respektive obilné vločky. Pro výrobu müsli se nejvíce používají vločky ovesné, ale také žitné či špaldové. V dnešní době je také možné zakoupit vločky pro jedince trpící celiakií, které neobsahují lepkotvorné bílkoviny a kterými jsou například rýžové vločky.

Tato práce vznikla z důvodu obohacení müsli směsi o netradiční obiloviny, které se konzumovaly v dobách minulých a které nám mohou přinášet větší obsah živin. Dalším důvodem bylo zařadit do müsli také jedlé květy, které se v poslední době stávají velkým trendem v gastronomii. Pro müsli z netradičních obilovin a ovoce, obohacené o jedlé květy byl v roce 2017 udělen patent [1].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBA CEREÁLNÍCH SMĚSÍ SE ZAMĚŘENÍM NA MÜSLI SMĚSI

1.1 Cereální směsi

Cereální obilné směsi (v zahraničí tzv. breakfast cereals) lze obecně rozdělit na:

- sušené obilné kaše,
- obilné vločky,
- müsli [2].

Výrobu sušených obilných kaší je možno provádět technologií extruze, nebo také sušením vodné suspenze na válcových sušárnách. Polotovary získané těmito procesy jsou poté přesunuty na proces mletí a prosévání. Používají se pro přípravu samostatných pokrmů [3].

Obilné vločky jsou vyráběny z vyčištěných a hydrotermicky upravených obilných zrn, které se napařují parou a následně vločkují [4].

1.2 Müsli směsi

Müsli směsi jsou dle vyhlášky č. 333/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů řazeny do mlýnských obilných výrobků, do skupiny směsi z obilovin a podskupiny müsli. Blíže jsou pak charakterizovány jako směsi mlýnských obilných výrobků, které mohou být upraveny pomocí vločkování, extruze nebo jinou vhodnou technologií a k nimž jsou přidány další složky, a to zejména jádra suchých plodů, sušené nebo jinak zpracované ovoce a látky které upravují chuť, vůni nebo konzistenci. Extruzí pak rozumíme technologický proces, který probíhá působením tlaku a teploty [3,4].

Surovinové komponenty müsli jsou složeny především z cereálního základu. Ten může být obsažen ve formě vloček, nebo také ve formě jinak upravené obiloviny, která musí být z vyčištěného a oloupaného obilného zrna, které je bezpluché nebo zbavené pluch a je získané jeho mačkáním či příčným řezáním [3].

Součástí müsli mohou být také tzv. corn flakes, což jsou vločkové restované produkty na bázi kukuřičné krupice [5].

Další součástí müsli jsou obvykle ovoce, ořechy a olejnatá semena a nově také jedlé květy, které zvyšují nutriční hodnotu müsli [1,2,5].

Müsli lze obecně rozdělit na:

- müsli v suchém sypkém stavu,
- müsli ve formě crunch,
- müsli ve formě tyčinek [6].

Sypké müsli se vyrábí smícháním cereálního základu (vloček) s ovocnou složkou, ořechy, olejnatými semeny a dalšími složkami [6].

Müsli ve formě crunch (křupavé), známé také jako zapékané müsli, je vyrobeno zapečením suchého müsli se sacharidovou složkou (sirupem, medem, melasou, fruktózovým sirupem, aj.) a poté tvoří hrudky o velikosti 0,5 až 2 cm. V zahraničí se tento druh müsli označuje též jako granola [7,8].

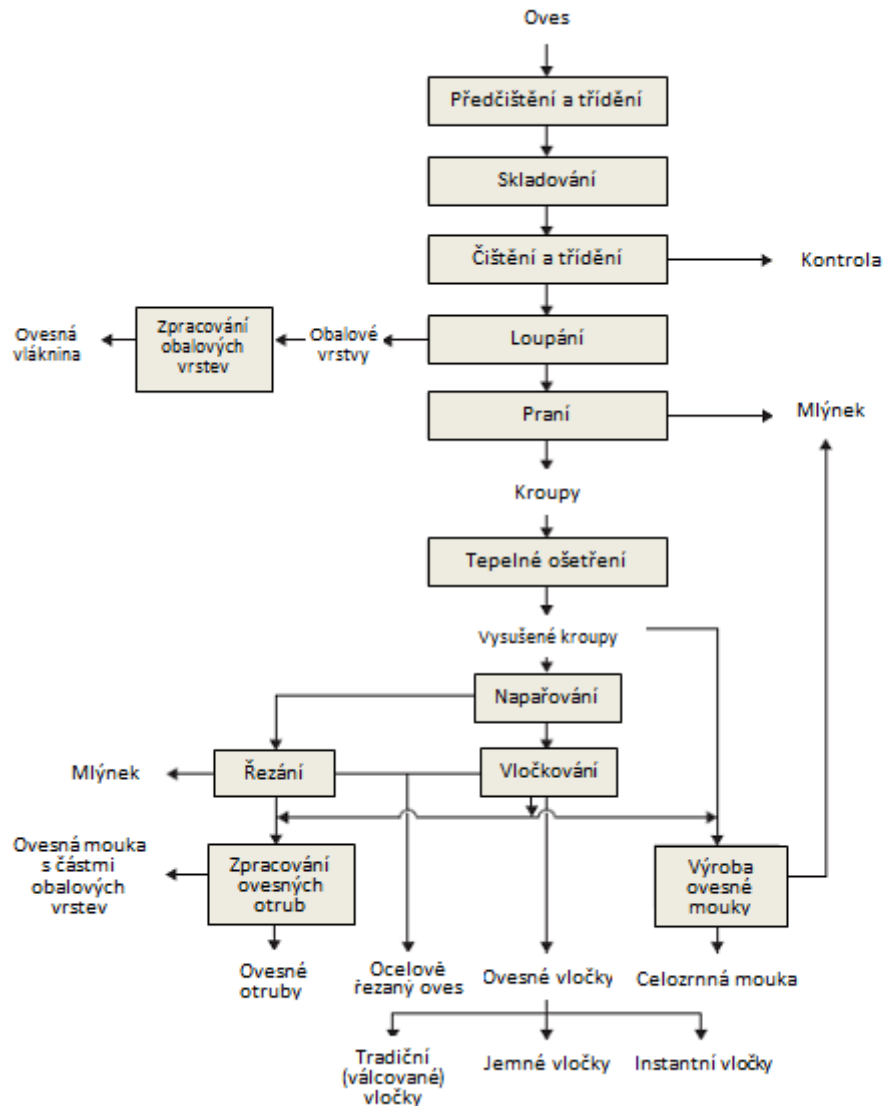
Müsli tyčinky se také označují jako tzv. flapjack (Obrázek 1). Jsou vyráběny hlavně z ovesných vloček spojených máslem, medem či cukrem a následně se zapékají a po upečení krájí na tyčinky [9].



Obrázek 1: Flapjack [9]

1.3 Výroba vloček procesem hydrotermálního ošetření a rozválcování

Základ cereálních směsí mohou tvořit různé druhy obilovin, které se zpracovávají do formy vloček. Nejzpracovávanější obilovinou pro výrobu vloček je oves setý (*Avena sativa* L.) [10].



Obrázek 2: Schéma zpracování ovsa [11]

Výrobě vloček předchází několik technologických operací (Obrázek 2). Základem je třídění zrn a s ním spojené odstranění příměsí a nečistot. Pomocí vzduchového oddělení lehkých příměsí, odkaménkování a po feromagnetické kontrole se zrna roztřídí na dvě až tři

frakce, které se pak samostatně vedou do loupacích strojů. Při tomto kroku dojde k optimálnímu odstranění pluch a je zde minimum úlomků, tzv. ovesných krupek (termín pro obilku zbavenou pluch) [2,4,10,12,13,14].

Dalším krokem je broušení, kdy krupky zbavujeme nežádoucích chloupků. Následuje kondicionování (stabilizace) pomocí napařování zrn. Zde se vytvoří podmínky vhodné pro hydrotermální ošetření, díky kterému dojde k žádoucí inaktivaci enzymů lipáz, lipoxygenáz a peroxidáz, které způsobují žluknutí a hořkost. Napařování zrn probíhá při teplotách 90 až 96 °C nástřikem páry za atmosférického tlaku po dobu 2 až 5 minut při vlhkosti 17 až 22 %. Ovlivňuje chuť, trvanlivost a dobu potřebnou k vaření výrobku. U tohoto kroku je nutné dbát na to, že při užití nadměrného množství páry může docházet k oxidaci lipidů a následnému žluknutí a při vlhkosti nad 22 % k želatinaci škrobu. Inaktivaci enzymů lze kontrolovat pomocí tetrazoliového testu [2,4,10,12,13,14].

Při výrobě jemných vloček je před procesem vločkování možné sekat zrna na poloviny, třetiny či čtvrtiny. Vločkování zrn probíhá ve válcových stolicích průchodem napařených zrn mezi dvěma válci, kde vločky získají svůj charakteristický tvar. Nakonec projdou vločky sušením (fluidně), chlazením a balením. Tradiční vločky mají výslednou tloušťku okolo 0,5 až 0,76 mm. Obecně je známo, že se ze 175 kg ovsu vyrobí asi 100 kg ovesných vloček. Obdobným způsobem lze vyrábět vločky i z jiných obilovin než z ovsu, například z pohanky, špaldy, žita, pšenice, atd. [2,4,10,12,13,14].

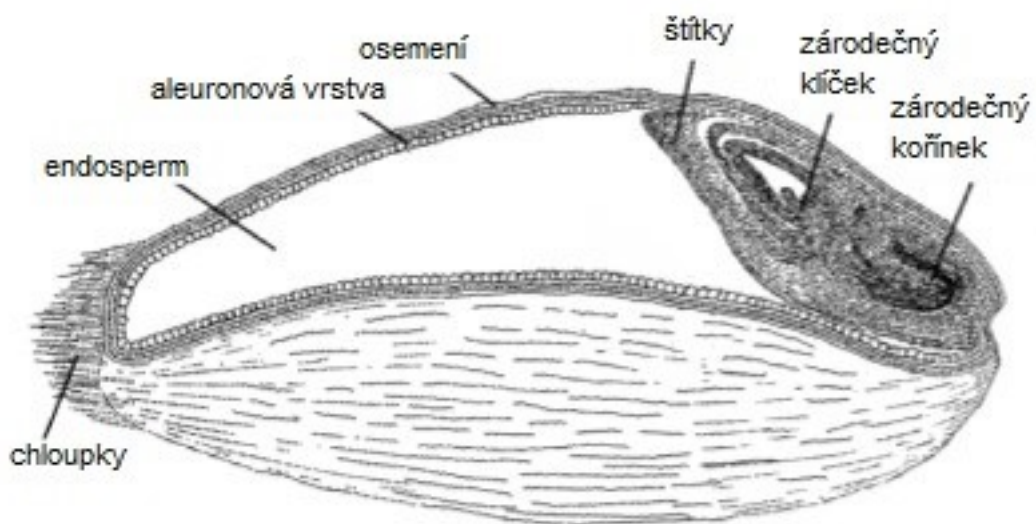
1.4 Výroba vloček extruzí

Pro výrobu vloček procesem extruze je výchozím materiálem obilná mouka či krupky (zrna zbavená 4 až 6 % obalových vrstev). Tento materiál je poté spojen s vodou, ale je možné jej spojit i s dalšími složkami (sacharózou, maltózovým sirupem, solí, syrovátky, aj.). Směs se poté nechá stát cca 30 minut a je upravena na cca 28 % vlhkosti. Suroviny jsou míseny v extrudéru pomocí šnekového pohybu a jsou vedeny přes vyhřívací komoru o teplotě 103 až 135 °C. Směs je dále protlačována přes matici a odřezávána rotujícím nožem na pelety o konkrétní velikosti. Ty jsou poté vločkovány a sušeny 2 až 3 hodiny při 40 až 45 °C na 15 % vlhkosti. Nakonec jsou vločky praženy a tím dosáhnou na konečnou vlhkost 3 % [12,15,16,17].

2 CHARAKTERISTIKA A CHEMICKÉ SLOŽENÍ SUROVINOVÝCH KOMPONENT MÜSLI

2.1 Obiloviny využívané pro výrobu vloček

Výroba vloček se provádí z celých nebo částečně opracovaných zrn obilovin (zbavených některých obalových vrstev). Zrna obilovin (obilky) se od sebe liší tvarem, velikostí, hmotností, obalovými vrstvami a obsahem pluch. Obilky jsou složeny z obalových vrstev, endospermu a zárodku (Obrázek 3) [4,12,18].



Obrázek 3: Struktura obilného zrna [19]

Obalové vrstvy (oplodí a osemení) chrání zrno před vnějšími vlivy. Skládají se z nerozpustných polysacharidů (hlavně celulózy) a podpovrchových vrstev, které jsou schopny do jisté míry vázat vodu a zachovat tak vlhkost zrna. Mezi obalovými vrstvami a endospermem se nachází aleuronová vrstva. Jedná se o vrstvu buněk ve tvaru krychlí, která obsahuje vysoký podíl bílkovin, lipidů, vitaminů a minerálních látek. Při technologickém zpracování tato vrstva přechází buď do obalových vrstev, nebo zůstává s endospermem [4,12].

Endosperm se nachází ve střední části zrna, tvoří jeho největší podíl. Obsahuje především zásobní látky – škrob a bílkoviny [4,12].

Zárodek je nositelem genetické informace a je bohatým zdrojem nutričně významných látek, převážně lipidů. Obsahuje velké množství lipáz a lipoxygenáz, což může být nežádoucí například při údržnosti zrn při skladování, kvůli oxidačním a enzymatickým reakcím [4,12].

2.1.1 Tradiční druhy obilovin

Mezi tradiční druhy cereálií patří především obiloviny z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), kam můžeme zařadit oves, žito, pšenici, ječmen a rýži. Pro výrobu vloček se také tradičně používá pohanka, která je však z čeledi rdesnovitých (*Polygonaceae*) a neřadí se tak mezi obiloviny, ale tzv. pseudocereálie. Mezi pseudocereáliemi se řadí také amarant (*Amaranthus*) z čeledi amarantovité (*Amaranthaceae*) a merlík čilský – quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) z čeledi merlíkovité (*Chemopodiaceae*) [10,20].

Oves setý (*Avena sativa* L.) a oves nahý (*Avena nuda* L.) se pro výrobu vloček používá nejčastěji. V potravinářství se oves prokázal jako vhodný zdroj rozpustné vlákniny, nenasycených mastných kyselin (olejová, linolová a linolenová), vitamínů, minerálních látek (fosfor a železo), fytochemikálií a například β -glukanových frakcí, které mají schopnost snižovat hladinu cholesterolu v krvi. Obsahuje také i antinutriční látky, jako jsou inhibitory enzymů a kyselinu fytovou, které se zde však vyskytují v zanedbatelném množství. Díky vysokému obsahu β -glukanů a nižším obsahem lepku oproti ostatním obilovinám, je také používán na zpracování mouky, pro výrobu slaného i sladkého pečiva a na instantní pokrmy a nápoje. Oves se používá především do snídaňových cereálií, v USA nejvíce jako hot cereals, které jsou obohacené o vitamíny a minerální látky. Na druhém místě se ovesné vločky používají do tzv. ready-to-eat cereals (RTE), kam patří hlavně müsli směsi s přídavkem sušeného či kandovaného ovoce, cukru, aroma a které je možno vyrábět v zapékané formě [10].

Pšenice (*Triticum* sp.) je jednou z nejdůležitějších obilovin na světě. Tradičně se vyrábí vločky z pšenice seté (*Triticum aestivum* L.) a pšenice špaldy (*Triticum spelta* L.). Na rozdíl od ostatních obilovin je pšeničný lepek tvořen z proteinů gliadinů a gluteninů, které jsou schopny tvořit plně viskoelastické těsto, které je důležité například pro výrobu těstovin, nudlí či kynutého pečiva, zejména chleba. Pšenice je zdrojem esenciálních aminokyselin, vitamínů, minerálních látek, fytochemikálií a vlákniny. Bohužel způsobují některým lidem také zdravotní problémy, a to zejména kvůli intoleranci či alergii na výše zmíněný lepek. [10].

Další obilovinou, ze které se vyrábí vločky je žito (*Secale cereale* L.). Žito obsahuje přibližně stejně velké množství makronutrientů jako je tomu u ostatních obilovin. Obsahuje méně škrobu a dusíkatých látek než pšenice, ale více proteinů cukrů a vlákniny. Vláknina je ze 4 % rozpustná a obsahuje pentózany, β -glukany, celulózu, lignin a arabinoxylany. Arabinoxylany a pentózany u žita jsou schopny vázat vodu (0,47 g na 1 g sušiny) a tvoří vysoce viskózní roztoky [10].

Ječmen (*Hordeum vulgare* L.) je čtvrtou nejzpracovávanější obilovinou na světě. Ječmen je vynikajícím zdrojem vlákniny, obzvláště β -glukanů. Dále obsahuje komplexní sacharidy (hlavně škrob), nízký obsah tuku, vitaminy (hlavně vitamín E) a antioxidační polyfenolické látky [10].

Rýže (*Oriza sativa* L.) je základní potravinou pro téměř dvě třetiny světové populace. Ze všech obilovin má rýže nejnižší obsah bílkovin. Na druhou stranu rýže oproti ostatním obilovinám obsahuje vyšší obsah lyzinu. Rýže je také velmi bohatá na škroby. Toto však platí pouze v případě rýže včetně pluch. Loupaná a leštěná rýže je prakticky bez vitamínů a minerálních látek. Výjimku může tvořit parboiled rýže, do které přechází část vitamínů a minerálních látek z obalových vrstev do zrna pod tlakem pomocí speciální technologie zpracování [10].

Pohanka setá (*Fagopyrum esculentum* Moench) je řazena mezi tzv. pseudocereálie. To znamená, že se obilovinám svým vzhledem, chemickým složením a způsobem využití podobá, ale botanicky patří do čeledi rdesnovitých (*Polygonaceae*) a rodu *Fagopyrum*. Pohanka obsahuje velké množství polynenasycených (esenciálních) mastných kyselin, vysoké zastoupení vitamínů a minerálních látek, vlákniny, antioxidantů a proteinů s vysokou nutriční hodnotou. Výhodou pohanky a ostatních pseudocereálií je to, že neobsahují lepek. Pohanka spolu s quinoou obsahuje vyšší podíl lyzinu, který je v obilovinách limitující aminokyselinou [10,18,20].

2.1.2 Netradiční druhy obilovin

Netradičními obilovinami, které lze použít pro výrobu vloček mohou být například pšenice jednozrná – einkorn (*Triticum monococcum*). Einkorn byl pravděpodobně první domestikovanou loupanou pšenicí. Ta se postupem času přestala pěstovat, ale nyní zájem o dávné obiloviny opět vzrostl zejména díky jeho vysokému obsahu karotenoidů a bílkovin. Jed-

noznka se používá na vločky, speciální pekařské produkty a také je častým bio produktem [10,21].

Další obilovinou pro výrobu vloček je pšenice naduřelá neboli khorasanská (*Triticum turgidum* subsp. *turanicum*), která je také známá pod obchodní značkou Kamut. Jedná se o starobylou pšenici Khorosan, která má v porovnání s moderními pšenicemi vyšší obsah bílkovin a velké množství minerálních látek (selen, zinek, hořčík). Mimo jiné je také lépe stravitelná [22,23].

Vločky je možno vyrábět také ze starých, znovu vysévaných odrůd. Příkladem jsou pšenice se světlými obalovými vrstvami Dickkopf a pšenice s červenými obalovými vrstvami (*Triticum aestivum* var. *milturum*) odrůda Richard. Pěstiteli těchto pšenic jsou prof. Dr. Agr. Jan Sneyd (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Stuttgart Německo) a společnost Bäckerhaus Veit, GmbH (Bempflingen, Německo).

Pšenice Dickkopf (Schwäbischer Dickkopf-Landweizen, 2016) vznikla hybridizací *T. aestivum* a *T. spelta* Schlegel. Dickkopf pochází původně ze Švábských Alb a v roce 2011 byl zapsán do Rote Liste von Kommerziellen Anlage Beeinträchtigt v Německu, což je seznam rostlin, které je nutno zachránit a udržovat. Dle publikace z roku 2014 [24] vykazovaly vločky z této pšenice obdobné množství obsahu celkových polyfenolů a flavonoidů jako vločky z pšenice s červenými obalovými vrstvami. Po srovnání s komerčně zakoupenými vločkami vykazovaly tyto oproti pšenici Dickkopf poloviční množství celkových polyfenolů i flavonoidů [24].

Pro výrobu bezlepkových vloček jsou také vhodné bezlepkové obiloviny jako quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), milička habešská (*Eragrostis tef*) nebo například divoká rýže (*Zizania aquatica* L.). [10,18].

Pro müsli směsi z netradičních druhů obilovin, a jedlých květů byl v roce 2015 schválen užitečný vzor č. 28846 a v roce 2017 byl udělen patent č. 306520 [1,5].

2.2 Chemické složení obilných zrn

2.2.1 Sacharidy

Monosacharidy a oligosacharidy se nachází především v klíčku a to v nepatrném množství a tvoří okolo 3 až 5 % zrna. Vyskytují se buď volně, nebo jsou vázány v polysacharidové polymery. Nejdůležitějšími monosacharidy jsou z pentóz arabinóza, xylóza a ribóza

a z hexózy glukóza, fruktóza a manóza. Z oligosacharidů jsou to v nízkých koncentracích sacharóza, pak maltóza, izomaltóza a celobióza. Sacharóza se vyskytuje pouze v nízkých koncentracích a rostlina ji využívá v průběhu zrání zrna [4,10,12].

Zásobní polysacharidy tvoří z 60 až 85 % škrob, který je obsažen v endospermu a vyskytuje se ve formě škrobových granulí. Škrob se skládá z amylozy – lineární polymer jednotek D-glukózy spojených vazbou $\alpha(1\rightarrow4)$ a z větveného amylopektinu – jednotky D-glukózy ve formě maltózy a izomaltózy spojeny glykosidickou vazbou $\alpha(1\rightarrow4)$ a $\alpha(1\rightarrow6)$. Poměr amylozy a amylopektinu uvnitř škrobových zrn se liší v závislosti na druhu obilovin. U běžných obilovin tvoří amyloza 25 až 27 % škrobu, kdežto u voskových odrůd, jakými jsou například rýže a kukuřice, tvoří většinu škrobu amylopektin [4,18].

Strukturní polysacharidy jsou základem buněčných stěn rostlin a vyskytují se převážně v obalových vrstvách. Jsou tvořeny celulózą, hemicelulóžami, u žita pentózany a u ječmene a ovsa β -glukany. Tyto složky tvoří vlákninu [4,18,25,26].

2.2.2 Proteiny

Proteiny tvoří 9 až 13 % obilného zrna a nachází se v aleuronové vrstvě, klíčku i endospermu. Nejsou v nich však zastoupeny veškeré aminokyseliny. Limitující aminokyselinou u většiny obilovin je lyzin. Výjimku tvoří například žito a kukuřice, kde je nejméně aminokyseliny tryptofanu. Příznivé kompozice aminokyselin včetně lyzinu nalezneme spíše v rýži, žitu, ječmeni, kukuřici, čiroku. Dominantní aminokyselinou u obilovin je kyselina glutamová, glutamin, ale také prolin a leucin. [10,18,27].

Bílkoviny je možné rozdělit na albuminy, které jsou rozpustné ve vodě, globuliny, které jsou rozpustné v roztocích solí, prolaminy, které jsou rozpustné v 70% etanolu a gluteliny, které jsou mírně rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad. V buněčných stěnách endospermu nalezneme proteiny převážně ve formě glykoproteinových molekul bohatých na hydroxyprolin. Zásobní proteiny, které nejsou rozpustné ve vodě, mohou bobtnat ve vodě za vzniku viskózních gelů. Gliadiny a gluteliny najdeme především u pšenice, které za působení mechanické energie za přítomnosti vzdušného kyslíku omezeně bobtnají a za přídavku vody k mouce tvoří pevný gel – lepek (gluten). U žitného těsta je absence lepku. Kostra struktury připomínající lepek je tvořena převážně na bázi polysacharidů (arabinoxylanů) a má jiné vlastnosti. Lepek je nežádoucí pro lidi trpící celiakií. Celiakie je autoimunitní onemocnění zvané také jako glutenová enteropatie, které je vyvoláno ne-

snášelností lepku v tenkém střevě. Řešením je nekonzumovat potraviny obsahující bílkoviny tvořící lepek, tedy bezlepková dieta [10,18,27].

Tepelnou úpravou obilovin při teplotách okolo 180 °C se zvyšuje jejich stravitelnost proteinů, ale dochází také k úbytku esenciálních aminokyselin (lyzinu, metioninu, tyrozinu a fenylalaninu) [12].

2.2.3 Lipidy

Lipidy jsou minoritní složkou obilovin a největší množství se nachází v klíčku, který může tvořit až 64 % lipidů. Jejich obsah tvoří 1 až 3 % sušiny zrna u ječmene, rýže, žita a pšenice, 5 až 9 % sušiny v kukuřici a 5 až 10 % sušiny u ovsu. Lipidová frakce je bohatá hlavně na zastoupení mastné kyseliny linolové a palmitové, u ovsu a např. hnědé rýže také kyseliny olejové. Část lipidů se v zrně nachází ve formě lipoproteinových a glykoproteinových komplexů [4,28].

V zrně lze nalézt lipidy zásobní (neutrální), jejichž biologickým spalováním získávají organismy energii. Jedná se o estery glycerolu a u obilovin převážně nenasycených vyšších mastných kyselin (nejčastěji triacylglyceroly). Další formou jsou například fosfolipidy (fosfatidylcholin, fosfatidyletanolamin, fosfatidylinositol a N-acylfosfatidyletanolamin), které ve své molekule obsahují zbytek kyseliny fosforečné a mají emulgační schopnost [4,10,18].

2.2.4 Vitaminy a minerální látky

Klíčky a obalové vrstvy jsou na vitaminy nejbohatší. Tiamin a riboflavin nalezneme převážně v klíčcích a obalových vrstvách, tokoferol navíc i v klíčcích, z nichž se také izoluje pro výrobu vitaminových preparátů. Další vitaminy se vyskytují v aleuronové vrstvě, a to pyridoxin, kyselina pantotenová, listová a nikotinová, z nichž se kyselina pantotenová nachází také v endospermu obilky [27].

Minerální látky označujeme jako obsah popela, kterými jsou anorganické látky, které zbydou po spálení rostlinného materiálu. Obsah popela v obilovinách se pohybuje v rozmezí od 1,3 do 2,5 %, přičemž se ho nejvíce získává z obalových vrstev. Minerální prvky se v obilovinách vyskytují převážně jako hydrogen nebo dihydrogenfosforečnany, sulfáty a křemičitany, ale také je zde nalezneme navázané na organické molekuly (kyselinu fytovou, škrob a polysacharidové polymery). Na organickou strukturu se váže například

vápník, hořčík, železo, mangan nebo zinek. Takto navázané minerální mohou být v tenkém střevě téměř nevstřebatelné, tudíž jsou pro organismus zcela nevyužitelné. Vstřebatelnost lze zvýšit přidavkem kyseliny jablečné nebo citronové, které fungují jako chelatační agens [4,29].

2.2.5 Ostatní složky

V obilovinách se vyskytují také polyfenolické látky, které vykazují antioxidační aktivitu. Řadí se mezi ně polyfenolické kyseliny, flavonoidy, stilbeny, kumariny a lignany, které se nachází v oplodí všech zrn obilovin. Lignin se nachází na povrchu zrn a při zpracování bývá velmi často odstraňován. Vyšší množství ligninu nalezneme na povrchu zrn ovsu, pšenice, ječmene a rýže [12].

Další skupinou látek zastoupených v obilovinách jsou karotenoidy a xantofylová barviva, která chrání rostliny před poškozením volnými radikály. Nejčastějšími karotenoidy u obilovin jsou lutein a zeaxantin [30].

V obilovinách se vyskytují také antinutriční látky – výše zmíněná kyselina fytoová a taniny, které vytváří komplexy s proteiny obilovin, které jsou pak méně stravitelné. Ostatními látkami v obilovinách jsou kyselina *p*-aminobenzoová (v obalových vrstvách) nebo také cholin (rozmístěn rovnoměrně v celém znu), který je významný pro neuromotorickou činnost [4,6,29].

2.3 Stabilita vybraných chemických složek obilných zrn

2.3.1 Oxidace lipidů

Nenasycené mastné kyseliny obsažené v obilném znu snadno podléhají oxidaci vzdušným kyslíkem. Tato reakce může být způsobena nevhodným procesem termálního ošetření a důsledkem je nepříjemná nahořklá chuť a aroma. Oxidace lipidů může být také způsobena například při porušení obilných zrn při technologickém procesu. Vzdušný kyslík se dostane k narušenému znu a dojde k oxidaci nenasycených mastných kyselin a lipidů. Pro zabránění oxidace se při technologii výroby vloček provádí kondicionování (stabilizace) zrna, kdy dochází k inaktivaci enzymů. Oxidace lipidů závisí na vlhkosti vzorku a relativní vlhkosti prostředí a vzrůstá lineárně s časem [4,31,32].

2.3.2 Mazovatění škrobu a retrogradace

Škrobová zrna jsou obecně nerozpustná ve vodě. Ve studené vodě mohou mírně bobtnat (přijímají cca 30 % vody). Pokud budeme škrobová zrna ve vodě zahřívát do 60 °C, začnou zvětšovat svůj objem (reverzibilní děj). Po dalším zahřívání nad 60 °C dojde k rozrušení mezimolekulární vodíkových můstků, zrna zvětší svůj objem a amyulóza difunduje do roztoku. Po určité době dojde k další hydrataci škrobových granulí a následnému prasknutí zrn. Dochází k mazovatění škrobu (ireverzibilní děj) a zvýšení viskozity roztoku. Po zmazovatění veškerého nerozpustného škrobu začíná viskozita směsi klesat. Pokud se gel nechá vychladnout, začnou spolu opět asociovat molekuly amyulózy a amylopektinu a viskozita se opět zvýší. Výsledkem je škrobový gel. Teploty mazovatění se pohybují okolo 55 až 70 °C. Škrob může být hydrolyzován enzymy amylázami (α -amylázou a β -amylázou) [4,12].

Pokud se škrobové maz ochlazuje, jsou zpětně tvořeny vodíkové můstky mezi molekulami amyulózy a amylopektinu a tvoří se gel či viskózní pasta – retrogradace. Znamená to návrat z rozpustného, dispergovaného, amorfního stavu na nerozpustný, agregovaný nebo krystalický stav. Retrogradace je způsobena převážně v důsledku krystalizace amyulózy, což je mnohem rychlejší než u amylopektinu [12].

2.3.3 Maillardovy reakce

Při teplem opracování obilných zrn často dochází k Maillardovým reakcím. Těchto reakcí se účastní redukující sacharidy a aminokyseliny s volnou $-NH_2$ skupinou (lyzin, arginin, histidin, tryptofan). Reakce vznikají často při procesu extruze, kde působí teploty nad 180 °C a vlhkost materiálu se pohybuje okolo 15 %. Výsledkem těchto reakcí jsou hnědé produkty s odlišnými organoleptickými vlastnostmi a aroma. Také dochází ke ztrátám obsahu limitující aminokyseliny lyzinu okolo 10 až 20 %, což je nežádoucí. Maillardovy reakce jsou složité a při nevhodném dodržení technologických postupů mohou být konečnými produkty také pyraziny a furanony [12,18,33,34].

2.3.4 Antioxidační aktivita

Antioxidační působení probíhá pro ochranu buněk a jejich struktur před nežádoucím působením volných radikálů, zejména kyslíku a dusíku. Podílí se také na eliminaci účinků oxidačního stresu v buňkách rostlin [35].

Nejvýznamnějším zdrojem antioxidantů je ovoce, ale také zelenina a mohou to být i obilná zrna. Nejvýznamnějšími antioxidanty jsou pak tokoferoly a tokotrienoly, kyselina askorbová, fenolové látky (flavonoidy, fenolové kyseliny, aj.) a karotenoidy. Obsah antioxidantů v potravinách lze navýšit přidáním dalších antioxidantů (využití při prodloužení trvanlivosti potravin) [35].

Pro vzájemné porovnání antioxidačních účinků různých směsí se zavedl pojem antioxidační aktivita (Total Antioxidant Activity – TTA). Antioxidační aktivita kvalifikuje kapacitu vzorku biologického materiálu eliminovat volné radikály. Pro stanovení antioxidační aktivity se používá mnoho metod, které poskytují vzájemně odlišné výsledky. Faktory ovlivňující antioxidační aktivitu jsou například koncentrace roztoku, přítomnost jiných antioxidantů, homogenita, pH, teplota, aj. Mezi nejznámější metody pro stanovení antioxidační aktivity jsou metody s DPPH. Tato metoda spočívá v reakci testované látky s DPPH (s využitím stabilního volného radikálu 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylu). Další metodou stanovení antioxidační aktivity je metoda ABTS. Ta testuje schopnost vzorku zhaset kation-radikál ABTS (2,2'-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfanové kyseliny)) [35,36].

Sloučeniny s antioxidačními vlastnostmi se v obilovinách nachází nejvíce v otrubách a klíčcích. Antioxidační aktivita závisí na druhu obilovin, způsobu pěstování, množstvím polyfenolů a faktorech vnějšího prostředí. Antioxidační aktivita klesá především s polyfenolickými látkami v obilovinách [37].

2.4 Ostatní surovinové komponenty müsli směsí

Kromě obilovin může být součástí müsli také ovoce, skořápkové plody a olejnatá semena. Mimo těchto u müsli známých komponent se začaly přidávat také například lentilky, ořechy, corn flakes v čokoládě, apod. Dále můžeme v müsli nalézt také zelený drcený čaj matcha a aditiva ve formě vitaminových premixů, minerálních látek, vlákniny, probiotik, nebo izolátů proteinů [38].

2.4.1 Ovoce

Součástí müsli může být také zpracované ovoce, které je definováno vyhláškou č. 157/2003 Sb. v platném znění. Sušeným ovocem je ovoce, které je konzervováno sušením bez použití přírodních sladidel. K dalším možnostem zpracovaného ovoce v müsli

je také ovoce sušené sublimačně (lyofilizované). Sublimační sušení je založeno na způsobu odstraňování vody sublimací ledových krystalů ze zmrazeného materiálu. U takto zpracovaného ovoce přidávaného do cereálních směsí je za potřeby počítat s jeho hygroskopicitou (sorpcí vzdušné vlhkosti). Lyofilizované ovoce má rehydratační schopnost a může mít nežádoucí vliv na dobu skladování müsli. Ovocem proslazeným (kandovaným) je potravina konzervovaná zvýšením sušiny přidávkem přírodních sladidel [38, 39].

Mezi nejčastější druhy sušeného a proslazovaného ovoce patří ananas, banán, brusinka, datle, fíky, goji, jablko, mango, žlutý meloun (Cantaloupe), meruňka, moruše, papaya, rozinky, švestky, višně, zázvor. Z lyofilizovaného ovoce pak již zmíněné višně, ananas, banán, broskve, borůvky, červený rybíz, černý rybíz, jahody, maliny, mango, meruňka, ostružiny, physalis, švestka, třešně.

2.4.2 Ořechy a olejnatá semena

Ořechy se řadí podle vyhlášky 157/2003 Sb., ve znění novel pod skořápkové plody. Těmi se rozumí plody jejich semena (vlašské, lískové, kešu, para, kokosové ořechy, mandle, arašidy, piniové nebo burské oříšky), které mohou být v surovém stavu, upražené či solené. Ořechy musí také splňovat fyzikální a chemické požadavky na jakost (maximální obsah vody a příměsí v hmot. %) a smyslové požadavky na jakost (vzhled, barvu, chuť a vůni) [38].

Olejnatými semeny se dle vyhlášky 329/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů rozumí suchá, čištěná a tříděná semena olejin, která mohou být loupaná či neloupaná a jsou určena pro přímou spotřebu. Příměsí semen jsou pak mechanicky poškozená semena, zlomky semen, nevyvinutá semena, aj., nečistotami semen jsou semena zapařená, připálená, se změnou barvy slupky, aj. a nečistotami anorganickými jsou pak kaménky, písek prach, a další. Olejnatá semena by se měla skladovat při teplotě do 20 °C a relativní vlhkosti nejvýše 70 %. Mezi nejčastější semena přidávaná do müsli patří například chia, dýňová, konopná, lněná, slunečnicová atd. [40].

2.4.3 Jedlé květy

Dalšími komponenty müsli směsí mohou být nově také jedlé květy, které svými příznivými organoleptickými vlastnostmi (barvou, vůní, tvarem), přitahují spotřebitele a jsou známy především jako zdroj bioaktivních látek. Co se týče zdraví prospěšných složek v jedlých květech, lze říci, že se podobají látkám obsaženým např. v listové zelenině. Celá řada zjiš-

těných chemických složek květů má ochranné a dokonce některé léčivé účinky, které mohou snižovat rizika různých onemocnění. Z obsažených látek jsou to zejména látky s antioxidačním účinkem (fenolické látky, flavonoidy, karotenoidy, aj.). Často i malý přírůstek vhodných květů může vést ke zlepšení zdravotní kondice spotřebitele. Některé květy je možné přiřadit k nutričním potravinám. Pro udržení jakosti je vhodné jedlé květy skladovat od sklizně do okamžiku konzumu při teplotě pod 4 °C po dobu 2 až 7 dnů (dle druhu květů). Odrůdy jedlých květů nesmí obsahovat nadlimitní množství pesticidů, toxických a zdraví škodlivých látek. Nebezpečnými mohou být i květy, o kterých se běžně neví, že jsou toxické, ale také květy, které mohou vyvolávat alergickou reakci. Jakost léčivých květů je dána normou ČSN [41,42,43].

Ze sensorického hlediska obsahují květy chuťové látky, kterými jsou malá množství volných cukrů, hořkých látek a kyselin. Květy obsahují velké množství aromatických a barevných látek, dle kterých lze přihlížet na spotřebitele. Druhy jedlých květů přidávaných do nutričních potravinářských směsí mohou být například fialky, jasmín, chrpa, chryzantémy, macešky, ibišek, okvětní lístky růží, sedmikráska, pampelišky, měsíček, šafrán, čekanka, levandule, květ cukety, aj. [1,5,43].

3 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo charakterizovat výrobu müsli se zaměřením na chemické složení jednotlivých komponent, vyrobit müsli směsi s netradičními obilovinami a jedlými květy dle zadané receptury. Následně bylo úkolem provést základní nutriční analýzu, kde byla stanovena vlhkost (sušina), popel, hrubé bílkoviny, lipidy, škrob, sacharidy metodou HPLC, hrubá i neutrálně-detergentní vláknina a analýzy byly doplněny stanovením stravitelnosti.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 METODIKA

4.1 Použité chemikálie

Pro jednotlivá stanovení byly použity tyto chemikálie:

- H_2SO_4 96%, Penta, ČR,
- H_2O_2 30%, Penta, ČR,
- NaOH 30 hmot. %, Penta, ČR,
- H_3BO_3 2 hmot. %, Penta, ČR,
- Tashiho indikátor, Penta, ČR,
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$, Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR,
- H_2SO_4 ($0,0254 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), Penta, ČR,
- *n*-hexan, Penta, ČR,
- HCl 1,124 hmot. %, Penta, Ing. Petr Švec, Uherský Brod, ČR,
- Carrez I (30 hmot. % ZnSO_4), Penta, ČR,
- Carrez II (15 hmot. % $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$), Penta, ČR,
- NDČ (disodná sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný, laurylsulfát sodný), Ankom Technology, USA,
- aceton p.a., Penta, Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR,
- siřičitan sodný, Lach-Ner, s.r.o, Neratovice, ČR,
- α -amyláza, Ankom Technology, USA,
- trietylglykol, Ankom Technology, USA,
- pankreatin z vepřové slinivky, Merck KGaA, Damstadt, Německo,
- pepsin z vepřové žaludeční sliznice, Merck KGaA, Damstadt, Německo,
- KH_2PO_4 , Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR,
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4\cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$, Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR,
- acetonitril, Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR,
- kyselina trichloroctová, Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR,
- standardy glukózy, fruktózy a sacharózy, Sigma Aldrich, USA,
- ultra čistá voda (přečištěná systémem Aqua Max™ Ultra 370 Serries, Young Lin).

4.2 Použité přístroje a pomůcky

Pro jednotlivá stanovení bylo použito běžné laboratorní sklo a pomůcky a také byly použity následující přístroje a pomůcky:

- mlýnek na obiloviny – Waldner Biotech Combi Star, Rakousko,
- kuchyňský mixér Braun – MR 6550 MCA, ČR,
- analytické váhy – AFA 210 LC, Schoeller, ČR,
- elektrická sušárna – Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR,
- muflová pec – LM 112 10 ML W Elektro – VEBF, Německo,
- předvážky – Kern 600 – 2, Německo,
- extrakční patrony, Verkon, Praha,
- Soxtherm – Gerhard, Německo,
- Parnas-Wagnerova aparatura,
- polarimetr – Optika Mikroskopes, Itálie,
- vodní lázeň – Memmert, Německo,
- mineralizátor Selecta - Block digest 12, O. K. Servis BioPro, Praha,
- ultrazvuková lázeň TESLA, Československo,
- indikátor Tashiro (metylčerveň + metylenová modř), Penta, ČR,
- filtrační sáčky F57, velikost pórů 50 μm , Ankom Technology, New York, USA,
- impulzní svářečka KF-200 HC, ČR,
- Ankom²²⁰ Fiber analyzer, Ankom Technology, New York, USA,
- pH metr typ 211, Hanna instrument,
- inkubační láhve – Adam, AFA-210 LC, Schoeller, ČR,
- Daisy^{II} incubator – Ankom Technology, New York, USA,
- kapalinový chromatograf Shimadzu LC-20AD,
- magnetické míchadlo s ohřevem Wise Stirr MSH-20D, Wisd Laboratory Instruments,
- vortex V-1 plus, Biosan,
- SPE kolonky s náplní z kopolymeru styrenu a divinylbenzenu, Strata SDB-L, Phenomenex,
- zařízení pro extrakci na pevné fázi,
- filtrační papír KA 4, Papírárna Keseg and Rathouzský,
- stříkačkové filtry o průměru 0,22 μm , Cronus.

4.3 Příprava vzorků

4.3.1 Charakteristika vzorků

Pro výrobu müsli byly v obchodní síti zakoupeny ovesné, žitné a špaldové vločky. Dále byla zakoupena obilovina kamut, ze které se připravovaly vločky. Ostatní vločky byly připraveny z české pšenice s červenými obalovými vrstvami (purpurové, původem z Ukrajiny) a netradičních druhů obilovin, které byly dodány prof. Dr. Agr. Janem Sneydem z Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen a společností Bäckerhaus Veit z Německa, a to z pšenice s červenými obalovými vrstvami odrůdy Richard (purpurová) a pšenice se světlými obalovými vrstvami odrůdy Dickkopf. V obchodní síti bylo zakoupeno také různě upravené ovoce. Z kandovaného ovoce v cukerném roztoku – meruňky, ananas, brusinky, ze sušeného – švestky, hrušky, citron, černý rybíz a z lyofilizovaného – maliny, jahody. Zakoupenými surovinami byly také ořechy a olejnatá semena, a to para ořechy, mandle, chia semínka, konopná semínka a lněná semínka. Jedlé květy byly dodány od firmy Oxalis, konkrétně květy jasmínu, slézu, červené, modré a bílé chrpy, ibišku, levandule, bezového květu a listy zeleného čaje.

4.3.2 Výroba vloček a müsli

Byla provedena výroba vloček pomocí hydrotermálního ošetření a následného válcování. Obiloviny byly krátce povařeny ve vroucí vodě (95 °C, 2 až 15 minut). Kamut po dobu 15 minut, Dickkopf po dobu 12 minut, Richard 10 minut a bio červená pšenice 4 minuty. Ostatní obiloviny (oves, žito a pšenice špalda) již byly zakoupeny ve formě vloček. Po scezení byly obiloviny prosušeny v horkovzdušné sušárně na 80 °C 10 až 60 minut. Dále byla zrna rozválcována na vločky pomocí vločkovače Combi-Star.

Hotové vločky se poté kombinovaly s ovocným podílem, ořechy, olejnatými semeny a jedlými květy. Jednotlivé komponenty byly namíchány dle receptury do 5 druhů müsli směsí po 100 g (Obrázek 4 a 5). Pro stanovení nutričních parametrů byly nakonec jednotlivé druhy namíchaného müsli homogenizovány pomocí tyčového mixéru a skladovány v laboratoři při teplotě 25 °C po dobu trvání jednoho měsíce.

Tabulka 1: Surovinová skladba vzorků müsli (obiloviny a ovocný podíl)

Vzorek	Obiloviny (vločky)	[%]	Ovocný podíl	[%]
1	Richard, oves	35; 35	meruňky, ananas	10; 10
2	kamut, oves	35; 35	švestky, hrušky	10; 10
3	špalda, Dickkopf	40; 25	brusinky, maliny	15; 5
4	Richard, žito	40; 25	citron	17
5	č. pšenice, oves	40; 25	černý rybíz, jahody	15; 5

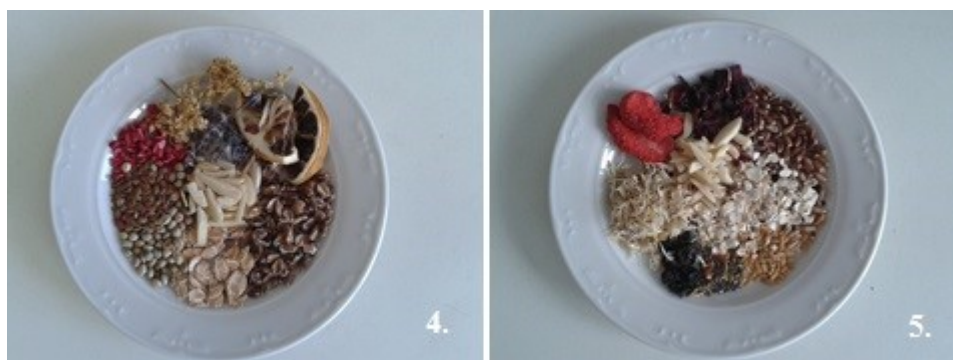
Tabulka 2: Surovinová skladba vzorků müsli (ořechy, semena, jedlé květy)

Vzorek	Skořápkové plody a semena	[%]	Jedlé květy	[%]
1	para ořechy, chia semínka	5; 2	jasmín, zelený čaj	1; 2
2	para ořechy, konopná semínka	5; 2	červená chrpa, sléz	2; 1
3	mandle	7	ibišek, modrá chrpa	2; 1
4	mandle, konopná semínka	5; 2	bezový květ, levandule	2,5; 0,5
5	mandle, chia, lněná semínka	5; 1; 1	ibišek, bílá chrpa	2; 1



Obrázek 4: Surovinová skladba nových müsli směsí

1. – jasmín, matcha, ananas, meruňky, chia semínka, para ořechy, ovesné vločky, Richard
2. – červená chrpa, sléz, hruška, švestka, konopná semínka, ovesné vločky, kamut
3. – modrá chrpa, ibišek, malina, brusinka, mandle, špaldové vločky, Dickkopf



Obrázek 5: Surovinová skladba nových müsli směsí

4. – květ levandule, bezu, citron, malina, konopná semínka, mandle, žitné vločky, Richard
5. – květ ibišku a bílé chrpy, černý rybíz, jahoda, chia a zlatá lněná semínka, mandle, ovesné vločky, česká pšenice s červenými obalovými vrstvami

4.4 Stanovení obsahu vlhkosti referenční metodou

Nejdříve bylo provedeno předsušení hliníkových misek v elektrické sušárně při 130 °C po dobu 1 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru a zvážení byl do misek navážen 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Misky se vzorky byly poté sušeny v horkovzdušné sušárně na 130 ± 2 °C po dobu 1 hodiny. Po vysušení a vychladnutí v exsikátoru byly misky na analytických vahách zváženy opět s přesností na 0,1 mg. Výsledkem je průměr ze tří stanovení. Postup byl proveden dle modifikace normy ČSN ISO 712 (461014) [44].

Výpočet obsahu vlhkosti [%]:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

kde: m_1 – hmotnost prázdné vysušené misky [g],

m_2 – hmotnost misky se vzorkem müsli před sušením [g],

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

Výpočet obsahu sušiny [%]:

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

kde: S_s – obsah sušiny [%],

V – obsah vody [%].

4.5 Stanovení obsahu popela

Pro stanovení obsahu popela byly nejdříve vyžehány prázdné porcelánové kelímky při teplotě 550 °C po dobu 1 hodiny. Po této době byly vloženy do exsikátoru pro vychladnutí a poté byly zváženy na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. Do kelímků bylo naváženo po 1 g vzorku opět s přesností na 0,1 mg. Následně byly kelímky se vzorky vloženy do muflové pece, kde byly při teplotě 550 ± 25 °C po dobu 5,5 hodiny spalovány. Poté byly vzorky z pece vloženy do exsikátoru pomocí kleští. Kelímky byly zváženy s přesností na 0,1 mg. Výsledkem je průměr ze tří provedených stanovení. Postup byl proveden dle modifikace normy ČSN ISO 2171 (461019) [45].

Výpočet obsahu popela [%]:

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_3 - m_2} \cdot 100 \quad (3)$$

kde: m_1 – hmotnost porcelánového kelímku s popelem [g],

m_2 – hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g],

m_3 – hmotnost porcelánového kelímku s navážkou vzorku müsli [g].

4.6 Stanovení dusíku s přepočtem na obsah hrubé bílkoviny

Stanovení dusíku bylo provedeno podle Kjeldahla. Do mineralizační zkumavky bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Ke vzorku bylo v digestoři přidáno 10 ml koncentrované 96% H_2SO_4 , dále 0,5 ml 30% H_2O_2 a 1 lžička směsného katalyzátoru ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ v poměru 1:10). Obsah byl poté vložen do mineralizátoru Block Digest 12 se zařízením pro odsávání par zplodin, které vznikají při mineralizaci. Byla zapnuta pračka plynů, digestoř a vyhřívací blok na 400 °C a mineralizace probíhala 1 hodinu. Po skončení mineralizace a následném vychladnutí zkumavek byly mineralizáty převedeny kvantitativně do odměrných baněk o objemu 25 ml a byly destilovanou vodou doplněny po rysku. Do destilační baňky Parnas-Wagnerovy aparatury bylo poté pipetováno 10 ml zředěného mineralizátu a 20 ml 30 hmot. % roztoku NaOH. Po přidavku NaOH byl uvolněn amoniak, který predestilován s vodní parou a jímán do předlohy s 50 ml 2 hmot. % roztoku H_3BO_4 . Dále bylo po skončení destilace do předlohy přidáno 3 až 5 kapek indikátoru Tashiro a roztok byl titrován $0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ H_2SO_4 do stálého červenofialového zbarvení. Obsah dusíku vypočítaný ze spotřeby H_2SO_4 byl převeden na obsah hrubé bílkoviny pomocí přepočítávacího faktoru 6,25. Výsledkem byl průměr ze čtyř stanovení. Obsah dusíku byl stanoven dle modifikace normy ČSN EN ISO 20483 [46].

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny [mg]:

$$m_B = V_b \cdot 10^{-3} \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot M_N \cdot f_t \cdot f_z \cdot f_{\text{př}} \quad (4)$$

kde: V_b – spotřeba odměrného roztoku H_2SO_4 při titraci [ml],

$c_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ – koncentrace (přesná) odměrného roztoku H_2SO_4 [$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$],

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

f_t – titrační faktor ($f_t = 2$),

f_z – zředovací faktor ($f_z = 25 \text{ ml} / 10 \text{ ml} = 2,5$),

$f_{\text{př}}$ – přepočítávací faktor dle druhu obiloviny ($f_{\text{př}} = 6,25$).

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny [%]:

$$S_B = \frac{m_B}{m_n} \cdot 100 \quad (5)$$

kde: m_B – obsah hrubé bílkoviny [g],
 m_n – hmotnost navážky vzorku [g].

4.7 Stanovení obsahu lipidů dle Soxhleta

Předem vysušené extrakční nádoby s varnými kamínky byly zváženy na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. Do prázdných extrakčních patron byly naváženy 2 g vzorku. Patrony byly poté vloženy do drátěných držáků, které byly vloženy do zvážených extrakčních nádobek. Poté bylo do extrakčních nádobek nalito 100 ml *n*-hexanu (extrakčního činidla) a patrona byla překryta smotkem vaty. Extrakční nádoby byly vloženy do přístroje Soxthern a poté následovala extrakce po dobu 2 hodin a 22 minut. Po skončení extrakce byly extrakční nádoby vyjmuty z přístroje a nádoby s odstraněnými patrony byly sušeny v sušárně při 65 °C pro odpaření zbytkového hexanu. Poté byly nádoby zváženy a byl vypočítán obsah lipidů ve vzorku. Průměrná hodnota lipidů ve vzorku byla vypočítána ze tří stanovení.

Výpočet obsahu lipidů [%]:

$$S_L = \frac{m_2 - m_1}{m_{vz}} \cdot 100 \quad (6)$$

kde: m_1 – hmotnost prázdné nádoby s varnými kamínky [g],
 m_2 – hmotnost vysušené nádoby s lipidy [g],
 m_{vz} – hmotnost navážky vzorku müsli [g].

4.8 Stanovení škrobu dle Ewerse

Stanovení obsahu škrobu bylo provedeno pomocí modifikace metody dle Ewerse (ČSN EN ISO 10520). Do 100ml odměrné baňky bylo naváženo na předvážkách 5 g suchého vzorku s přesností na 0,1 mg. K tomuto vzorku bylo přidáno 25 ml zředěné HCl (pro obilný škrob 1,124 hmot. %). Obsah v baňce byl řádně promíchán. K tomuto bylo přidáno dalších 25 ml zředěné HCl (1,124 hmot. %) tak, aby byly ulpělé zbytky na stěnách baňky spláchnuty do roztoku. Baňka byla poté důkladně promíchávána a vložena do vroucí vodní lázně tak, aby byl celý její obsah ponořen ve vodě. První 3 minuty byla baňka neustále promíchávána, poté byl její obsah povařen ve vodní lázni po dobu 15 minut. Po této době byla baňka vyjmuta z vodní lázně a bylo přidáno dalších 20 ml HCl (1,124 hmot. %). Baňka se vzor-

kem byla poté ochlazená tekoucí vodou na laboratorní teplotu. Obsah v baňce byl následně vyčeřen 3 ml činidla Carrez I (30 hmot. % ZnSO_4) a obsah byl 1 minutu důkladně promíchán. Poté byly přidány 3 ml činidla Carrez II (15 hmot. % $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) a opět byl obsah baňky promícháván po dobu 1 minuty. Po 5 minutách působení byla odměrná baňka doplněna po rysku a obsah byl důkladně promíchán. Roztok byl zfiltrován přes skládaný suchý filtr. Podíly filtrátu, které byly odebrané jako první, byly vlitý zpět na filtr. Čirý filtrát byl po okraj naplněn do polarimetrické trubice o délce 1 dm, která byla filtrátem předem vypláchnutá. Stanovení optické otáčivosti vzorku bylo provedeno čtyřikrát [47].

Výpočet pro α :

$$\alpha = [\alpha]_{\lambda}^t \cdot l \cdot c \quad (7)$$

Výpočet obsahu škrobu [%]:

$$S_{\text{š}} = \frac{\alpha \cdot 100}{[\alpha]_{\lambda}^t \cdot l \cdot m_{\text{vz}}} \cdot 100 \quad (8)$$

kde: $[\alpha]_{\lambda}^t$ – specifická otáčivost při teplotě t a vlnové délce λ [$^{\circ}$],

- pro pšeničný škrob $182,7^{\circ}$

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

m_{vz} – navážka vzorku [g],

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

4.9 Stanovení vlákniny

4.9.1 Stanovení hrubé vlákniny

Do předem acetonem propraných a v digestoři odvětraných filtračních sáčků F57 bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Poté byly sáčky zataveny a jeden sáček byl zataven prázdný – pro stanovení korekce. Sáčky byly vloženy do uzavřené nádoby s acetonem, kvůli vyextrahování tuku. Po odvětrání v digestoři byly sáčky umístěny do přístroje Ankom²²⁰ Fiber Analyzer. Do analyzátoru bylo přidáno $0,1275 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$ a bylo zapnuto topení a míchání. Hydrolýza vzorků probíhala při 100°C po dobu 45 minut. Po této době byl přístroj vypnut, kyselina byla vypuštěna a sáčky byly promývány horkou destilovanou vodou o teplotě okolo 90°C , a to 3x po dobu 5 minut. Celý proces byl opa-

kován, ale s přidavkem $0,131 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ NaOH opět při $100 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 45 minut. Po skončení byl NaOH vypuštěn a sáčky byly opět promývány 3x horkou destilovanou vodou a na závěr 1x studenou destilovanou vodou po dobu 5 minut. Dále byly sáčky vyjmuty z přístroje a byla z nich vysušena přebytečná voda pomocí filtračních papírů. Sáčky byly opět ponořeny do acetonu, odvětrány v digestoři a na závěr vysušeny v sušárně při $105 \text{ }^\circ\text{C}$ zhruba 4 hodiny. Po skončení této doby byly vloženy do exsikátoru a zváženy s přesností opět na $0,1 \text{ mg}$. Dále byly sáčky vloženy do předem vyžíhaných a zvážených porcelánových kelímků a byly páleny při $550 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ asi 5,5 hodiny. Na závěr byly po vychladnutí v exsikátoru zváženy s přesností na $0,1 \text{ mg}$ a stanovení bylo provedeno 3x.

Výpočet obsahu hrubé vlákniny [%]:

$$CF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{(m_2)} \cdot 100 \quad (9)$$

kde: m_1 – hmotnost prázdného sáčku [g],

m_2 – hmotnost navážky vzorku müsli [g],

m_3 – hmotnost sáčku po vysušení [g],

m_4 – hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku [g],

c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g],

c_2 – korekce sáčku po spálení [g].

Výpočet korekce [g]:

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad (10)$$

$$c_2 = \frac{m_P}{m_1} \quad (11)$$

kde: m_S – hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g],

m_P – hmotnost popela prázdného sáčku [g].

4.9.2 Stanovení neutrálně detergentní vlákniny

Pro stanovení neutrálně-detergentní vlákniny byl nejdříve připraven roztok neutrálně-detergentního činidla (NDČ), kdy bylo naváženo 120 g činidla NDČ (obsahující disodnou

sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný) s 20 ml trietylglykolu do 2 l destilované vody (pH 6,9 až 7,1). Poté byl připraven pracovní neutrálně-detergentní roztok NDR přidáním 20 g siřičitanu sodného a 4 ml α -amylázy do (NDC). V acetonu promyté a následně odvětrané filtrační sáčky byly popsány fixem na textil a prázdné zváženy (hmotnost m_1). Poté bylo do každého sáčku naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,1 mg, z nichž jeden sáček byl bez navážky zataven a byl označen jako korekční (hmotnost m_2). Navážené vzorky byly v sáčcích rovnoměrně rozprostřeny a poté vloženy do přístroje Ankom²²⁰ Fiber Analyzer, kam byl také nalit NDR. Následně bylo po uzavření přístroje zapnuto míchání a ohřev na teplotu 100 °C. Po 75 minutách bylo vypnuto míchání i ohřev a NDR byl pomocí vypouštěcího ventilu vypuštěn. Po otevření horního otvoru přístroje byl 3x proveden proplach horkou vodou s přídavkem 4 ml α -amylázy. Mezi každým proplachem bylo zapnuto míchání na 5 minut. Nakonec byl pro ochlazení přístroje a sáčků proveden ještě jeden proplach studenou vodou. Sáčky vyjmuté z přístroje byly pomocí filtračního papíru vysušeny a pro odmaštění byly ponořeny na 3 minuty do acetonu. Po uplynuté době byly sáčky odvětrány a vloženy do sušárny nastavenou na teplotu 105 °C, kde byly ponechány 4 hodiny. Po vysušení byly pro vychlazení vloženy do exsikátoru a následně zváženy (hmotnost m_3). Na závěr byly jednotlivé sáčky vloženy do porcelánových kelímků, které byly žíhány v peci na 550 ± 10 °C po dobu 5,5 hodiny. Po žíhání byly opět pro vychlazení vloženy do exsikátoru a pro zjištění hmotnosti spáleného obsahu zváženy (hmotnost m_4).

Následně byla vypočítána neutrálně-detergentní vláknina NDF [%] pomocí vztahu:

$$NDF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100 \quad (12)$$

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad (13)$$

$$c_2 = \frac{m_P}{m_1} \quad (14)$$

- kde: m_1 – hmotnost prázdného sáčku [g],
 m_2 – hmotnost navážky vzorku [g],
 m_3 – hmotnost sáčku po vysušení [g],
 m_4 – hmotnost popele [g],
 c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g],
 c_2 – korekce hmotnosti sáčku po spálení [g],
 m_S – hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g],
 m_P – hmotnost popele prázdného sáčku [g].

4.10 Stanovení stravitelnosti

Stanovení stravitelnosti bylo provedeno kombinovanou hydrolýzou pomocí pepsinu a pankreatinu (směs lipázy, amylázy a proteázy). Do předem zvážených, acetonem propraných a odvětraných filtračních sáčků F57 bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Poté byly sáčky zataveny a jeden sáček byl zataven prázdný – pro stanovení korekce. Tyto sáčky pak byly zataveny a společně vloženy do inkubačních lahví. Do těchto lahví bylo nalito 1,7 l HCl o koncentraci 0,1 mol.dm⁻³ včetně 3 g pepsinu, které zde byly rozpuštěny. Láhve byly umístěny do inkubátoru Daisy^{II} a byly inkubovány po dobu 4 hodin při teplotě 37 °C. Sáčky byly několikrát propláchnuty destilovanou vodou, která poté byla pomocí filtračního papíru odstraněna. Bylo připraveno 1,7 l fosfátového pufru o pH 7,45, který byl připraven smícháním KH₂PO₄ (9,078 g na 1 l) s Na₂HPO₄.12 H₂O (23,889 g na 1 l). V inkubačním fosfátovém pufru byly rozpuštěny 3 g pankreatinu, byly přidány sáčky, pak se dalo vše do inkubačních lahví a vložilo do inkubátoru Daisy^{II} na 24 hodin. Po skončení inkubace byla láhev vložena do vyhřáté sušárny na 80 °C na 30 minut. Sáčky byly vyjmuty a byly několikrát propláchnuty pomocí destilované vody kvůli odstranění zmazovatělého škrobu. Poté byly vloženy do elektrické sušárny na 24 hodin při teplotě 105 °C. Po této době byly umístěny do exsikátoru a po vychladnutí zváženy. Sáčky byly nakonec vloženy do vyžíhaných a předem zvážených porcelánových kelímků na 0,1 mg a následně páleny v muflové peci při 550 ± 10 °C na 5,5 hodin. Kelímky byly po vychladnutí v exsikátoru opět zváženy na 0,1 mg. Stravitelnost byla vyjádřena v % jako stravitelnost organické hmoty OMD (Organic Matter Digestibility) a také jako stravitelnost sušiny vzorku DMD (Dry Matter Digestibility).

Výpočet stravitelnosti [%]:

$$DMD = 100 - \frac{100 \cdot DMR}{m_2 \cdot DM} \quad (15)$$

$$DMR = m_3 - m_1 \cdot c_1 \quad (16)$$

$$DM = \frac{S \cdot m_S}{100} \quad (17)$$

$$OMD = 100 - \frac{100 \cdot (DMR - AR)}{m_2 \cdot DM \cdot OM} \quad (18)$$

$$AR = m_4 - m_1 \cdot c_1 \quad (19)$$

$$OM = \frac{S - P}{100} \quad (20)$$

kde: DMD – stravitelnost sušiny vzorku müsli [%],

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

DM – obsah sušiny ve vzorku müsli [g],

OMD – hodnota stravitelnosti organické hmoty ve vzorku müsli [%],

AR – hmotnost popela vzorku (bez sáčku) [g],

OM – obsah organické hmoty v sušině vzorku müsli [g],

S – obsah sušiny ve vzorku müsli [%],

P – obsah popela ve vzorku müsli [%],

m_S – hmotnost vzorku pro stanovení sušiny [g],

m_1 – hmotnost prázdného sáčku [g],

m_2 – hmotnost vzorku müsli [g],

m_3 – hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem müsli (po inkubaci) [g],

m_4 – hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem müsli (po inkubaci) [g],

c_1 – korekce hmotnosti sáčku (po inkubaci) [g],

c_2 – korekce hmotnosti sáčku (po spálení) [g].

Výpočet korekce [g]:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (21)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (22)$$

kde: m_s – hmotnost vysušeného sáčku (po inkubaci) [g],

m_p – hmotnost popela sáčku [g].

4.11 Stanovení sacharidů metodou HPLC

4.11.1 Extrakce volných cukrů z müsli směsí

Do odměrných baněk o objemu 50 ml bylo naváženo 5 g vzorku müsli. Poté bylo přidáno 25 ml destilované vody o teplotě 50 °C a obsah byl rozmícháván pomocí vyhřívaného magnetického míchadla po dobu asi 30 minut. Teplota byla kontrolována pomocí teploměru. Po rozmíchání byly ke vzorkům přidány 2 ml činidla Carrez I (30 hmot. % ZnSO_4), které se nechaly působit 3 minuty – promícháváním a ponecháním v klidu. Poté byly přidány 2 ml činidla Carrez II (15 hmot. % $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$), které byly také promíchávány a nechány v klidu po dobu 2 až 3 minuty. Po vyčeření pomocí výše zmíněných činidel byl obsah baněk doplněn destilovanou vodou po rysku. Poté byl vzorek promíchán a filtrován přes papírový filtr KA 4. Před vlastním stanovením byly vzorky zfiltrány pomocí stříkačkových syringe nylonových filtrů o velikosti 0,2 μm do tmavých vialek.

4.11.2 Chromatografické stanovení volných cukrů metodou HPLC-RI

Chromatografická analýza volných cukrů pomocí HPLC-RI byla provedena na kapalinovém chromatografu Shimadzu LC-20AD Prominence s refraktometrickou detekcí RI. Mobilní fází byla acetonitril/voda (80:20). Analyzované vzorky byly ve vialkách vloženy do kapalinového chromatografu. Objem nástřiku na kolonu byl 20 μl . Byla použita kolona Agilent Zorbax NH2 (4,6 x 250 mm; 5 μm). Vzorky byly eluovány izokraticky s průtokem mobilní fáze 1,6 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$. Analýza probíhala po dobu 30 minut a každý vzorek byl analyzován 2x [48].

4.11.3 Kalibrace pro stanovení volných cukrů metodou HPLC-RI

Před začátkem vlastního stanovení byly přichystány kalibrační řady všech stanovených sacharidů. Kalibrační řady glukózy, fruktózy a sacharózy byly připraveny ze zásobního roztoku standardu o koncentraci 100 $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Koncentrace pro všechny standardy byly v rozmezí od 0,5 do 10 $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Z kalibračních řad pak byly sestrojeny kalibrační křivky a lineární regrese. Z rovnic lineární regrese byl na závěr vypočítán obsah sacharidů v g na 100 g.

4.12 Statistické vyhodnocení

Výsledky byly vyhodnoceny pomocí Dean-Dixonova testu (Q-testu), aby byly vyloučeny odlehle hodnoty. Následně bylo provedeno statistické vyhodnocení pomocí parametrického testu. Tento test spočívá ve srovnání střední hodnoty dvou nezávislých naměřených výsledků (Studentův t-test). Byl použit statistický program StatK25 a hladina významnosti byla 0,05.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výsledky stanovení vlhkosti referenční metodou

Stanovení bylo provedeno pomocí referenční metody uvedené v kapitole 4.4. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulce 3. Výsledky jsou zapsány jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (SD) a doplněny o statistickou analýzu vyhodnocenou v programu STATVYD.

Tabulka 3: Obsah vlhkosti a sušiny ve vzorcích müsli

Vzorek	Vlhkost [%] \pm SD	Sušina [%] \pm SD
1	10,2 \pm 0,2 ^a	89,8 \pm 0,2 ^a
2	10,8 \pm 0,2 ^b	89,2 \pm 0,2 ^b
3	11,6 \pm 0,2 ^c	88,4 \pm 0,2 ^c
4	9,8 \pm 0,1 ^d	90,2 \pm 0,2 ^d
5	8,4 \pm 0,1 ^e	91,6 \pm 0,2 ^e

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($p \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Za vlhkost se považují látky těkající za podmínek metody. Pevný zbytek vzorku po odstranění vody se nazývá sušina. Vlhkost je významným parametrem ovlivňující délku skladovatelnosti müsli. Výsledná vlhkost nejvíce závisí na převažující složce, tedy na obilných vločkách, ale i na ostatních složkách. Dle Vyhlášky č. 333/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů by ovesné vločky měly mít nejvýše 12 % vlhkosti. Pšeničné, žitné a ostatní vločky nejvýše 14 % vlhkosti [3]. Dle tabulky 3 byla nejnižší vlhkost naměřena u vzorku 4 (8,5 %), nejvyšší vlhkost byla u vzorku 3 (11,6 %). Výsledky vlhkosti různých druhů müsli se statisticky liší. Všechny vzorky vyhověly požadované legislativě. Pro výrobu stabilního müsli s nižším obsahem vlhkosti by mohla být využita i výroba vloček pomocí extruze, jak je uvedeno v kapitole 1.4, kdy výsledná vlhkost samotných vloček by měla být do 5 %. Pro výrobu vloček z netradičních obilovin je sice povolena vlhkost do 14 %, ale pro větší stabilitu by bylo vhodné mít konečnou vlhkost vloček i nižší. Netradiční obiloviny obsahují větší obsah lipidů a mohla by nastat nežádoucí oxidace, jako je popsáno v kapitole 2.3.1.

Pro jistější inaktivaci mikroorganismů a enzymů by bylo vhodné proces sušení provádět kratší dobu za vyšší teploty. Dalším aspektem je hygroskopicitu lyofilizovaného ovoce zmíněná v kapitole 2.4.1, které obsah vlhkosti může zvýšit při vyšší relativní vlhkosti a tím zkrátit dobu skladování. Toto také mohlo ovlivnit tyto analyzované müsli směsi.

5.2 Výsledky stanovení popela

Stanovení popela bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 4.5. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 4. Výsledky jsou opět zapsány jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou a statistickým vyhodnocením v programu STATVYD.

Tabulka 4: Obsah popela ve vzorcích müsli

Vzorek	Popel [%] ± SD
1	2,0 ± 0,1 ^{a,c}
2	1,8 ± 0,1 ^{b,c,d}
3	1,9 ± 0,1 ^{c,d}
4	1,8 ± 0,1 ^d
5	2,1 ± 0,1 ^{a,c}

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($p \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Získaným obsahem popela po spálení se rozumí obsah minerálních látek ve vzorku. Vzorky 2, 3 a 4 obsahují nejnižší obsah minerálních látek (1,8 – 1,9 %). Vzorek 5 obsahuje nejvyšší množství minerálních látek (2,1 %). To může být dáno tím, že je tvořen z velké části pšenicí s červenými obalovými vrstvami, původem z Ukrajiny. Podle Velíška [27] se obsah minerálních látek v obilovinách pohybuje okolo 1,5 % a podle Příhody [4] od 1,3 do 2,5 %, a to nejvíce v obalových vrstvách [4,27]. Z toho vyplývá, že jsou müsli směsi z netradičních obilovin dobrými nositeli těchto mikroživin.

5.3 Výsledky stanovení dusíku s přepočtem na obsah hrubé bílkoviny

Toto stanovení bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 4.6. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 5 a jsou zapsány jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (SD) a se statistickým vyhodnocením.

Tabulka 5: Obsah hrubé bílkoviny ve vzorcích müsli

Vzorek	Bílkoviny [%] \pm SD
1	13,8 \pm 0,2 ^a
2	13,5 \pm 0,1 ^{b,e}
3	13,0 \pm 0,1 ^{c,e}
4	12,1 \pm 0,2 ^d
5	13,1 \pm 0,2 ^e

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($p \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Hrubou bílkovinou se rozumí obsah dusíkatých látek ve vzorku. Bílkoviny patří mezi hlavní složky obilného zrna. Obsah hrubé bílkoviny se v müsli pohyboval od 12,1 do 13,8 %. Nejnižší množství obsahovala müsli směs 4, která byla složena převážně z žitných vloček a vloček Richard. To je možné, protože dle Kopáčové [20] má žito ve srovnání s pšenicí nižší obsah bílkovin. Naopak nejvyšší obsah hrubé bílkoviny byl u směsi 1, kterou tvoří převážně ovesné vločky, ale také vločky z pšenice Richard. Je zřejmé, že obsah bílkovin ovlivňuje především žito a oves. Jak je uvedeno v kapitole 2.2.2, proteiny tvoří 9 až 13 % zrna a dle Velíška 11,7 % zrna [27]. Námi analyzované vzorky obsahovaly vyšší obsah bílkovin v porovnání s komerčně zakoupeným sypaným müsli od firmy Emco, které obsahovalo 10 % bílkovin [49]. To mohlo být dáno odlišným obsahem obilovin a dalších komponent.

5.4 Výsledky stanovení obsahu lipidů

Stanovení obsahu lipidů dle Soxhleta bylo provedeno pomocí metody uvedené v kapitole 4.7. V tabulce 6 jsou uvedeny výsledky lipidů v müsli směsích. Výsledky jsou zapsány

ve formě aritmetický průměr, směrodatná odchylka (SD) a nechybí ani statistické vyhodnocení.

Tabulka 6: Obsah lipidů ve vzorcích müsli

Vzorek	Lipidy [%] ± SD
1	6,6 ± 0,1 ^a
2	7,2 ± 0,2 ^b
3	3,4 ± 0,1 ^c
4	4,3 ± 0,1 ^d
5	6,0 ± 0,1 ^e

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($p \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Lipidy se rozumí tuky ve formě triacylglycerolů, ale také fosfatidy. Jak je uvedeno v kapitole 2.2.3, lipidy tvoří pouze malou část obilovin a jsou nejvíce obsaženy v obilném klíčku. Tvoří 1 až 3 % sušiny zrna žita a pšenice a 5 až 10 % sušiny ovsa. V porovnání s těmito údaji je obsah lipidů v müsli z netradičních obilovin vyšší. To může být způsobeno především obsahem tuku ve skořápkových plodech a semenech, ve kterých je lipidů ze všech obsažených komponent nejvíce. Nejnižší obsah lipidů byl obsažen ve vzorku 3 (3,4 %). To může být dáno tím, že müsli směs neobsahuje žádná olejnatá semena, ale pouze mandle, které patří ke skořápkovým plodům s nižším obsahem tuku. Müsli směs je také tvořena pšeničnými obilovinami, a to vloček z pšenice Dickkopf a špaldy, které obsahují méně lipidů než např. oves. To může být výhodné především pro skladování. Nejvyšší obsah lipidů byl obsažen ve vzorku 2 (7,2 %). Za příčinu tohoto vysokého množství ve srovnání s ostatními müsli směsi může pravděpodobně obsah para ořechů a konopných semínek. Toto müsli je oproti müsli s nízkým obsahem lipidů pro skladování méně vhodné, jelikož je zde větší náchylnost k oxidaci mastných kyselin. Pro přesnější hodnocení by bylo vhodné stanovit obsah jednotlivých mastných kyselin ve vzorcích. Všechny uvedené výsledky jsou statisticky odlišné. V porovnání s komerčně zakoupeným müsli od firmy Emco obsahovaly námi analyzované vzorky nižší obsah lipidů. U zakoupené směsi Emco byl celkový podíl lipidů 8,5 % [49].

5.5 Výsledky stanovení obsahu škrobu

Škrob byl stanoven pomocí metody popsané v kapitole 4.8. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 7 opět jako aritmetický průměr ze všech provedených stanovení se směrodatnou odchylkou a se statistickým vyhodnocením v programu STADVYD.

Tabulka 7: Obsah škrobu ve vzorcích müsli

Vzorek	Škrob [%] ± SD
1	31,2 ± 0,4 ^a
2	27,2 ± 0,5 ^b
3	34,2 ± 0,3 ^c
4	29,4 ± 0,6 ^d
5	35,4 ± 0,3 ^e

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($p \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Škrob je majoritní složkou obilného zrna a tvoří ho z 60 až 85 % [4,18]. Obsah škrobu v müsli je ale poněkud nižší. U analyzovaných vzorků müsli to může být způsobeno právě obsahem netradičních obilovin, které obsahují škrobu méně, ale samozřejmě také obsahem dalších složek, které obsahují minimum či žádný škrob. Nejnižší obsah škrobu byl naměřen u vzorku 2 (27,2 %). Naopak nejvyšší obsah škrobu byl naměřen u vzorku 5 (35,4 %). To je možné, protože vzorek 5 obsahuje vyšší množství pšeničných vloček než vzorek 2. Dle Kopáčové [20] obsahuje pšenice více škrobu, než je tomu tak u ovsa. Výsledky se od sebe v obsahu škrobu statisticky liší.

5.6 Výsledky stanovení vlákniny

5.6.1 Výsledky stanovení hrubé vlákniny

Stanovení obsahu hrubé vlákniny v müsli bylo provedeno podle metodiky popsané v kapitole 4.9. V tabulce 8 jsou uvedeny naměřené výsledky obsahu hrubé vlákniny v müsli smě-

sích. Výsledky jsou zapsány ve formě aritmetický průměr, směrodatná odchylka (SD) a nechybí ani statistické vyhodnocení.

Tabulka 8: Obsah hrubé vlákniny ve vzorcích müsli

Vzorek	Hrubá vláknina [%] \pm SD
1	4,1 \pm 0,1 ^a
2	4,7 \pm 0,1 ^b
3	4,1 \pm 0,1 ^a
4	4,8 \pm 0,1 ^b
5	6,4 \pm 0,1 ^c

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($p \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Hrubá vláknina představuje komplex celulózy a ligninu. Ta se v obilném zrně vyskytuje v obalových vrstvách. Nejnižší obsah byl naměřen u vzorku 1 a 3 (4,1 %). Nejvyšší obsah vlákniny byl naměřen u vzorku 5 (6,4 %). Stejný obsah hrubé vlákniny byl stanoven u vzorků 2 a 4 (4,7 a 4,8 %). Hrubá vláknina tvoří nerozpustnou formu. V případě mlýnského opracování zrn se obsah hrubé vlákniny ztrácí [24]. Vláknina je významná především pro podporu peristaltiky střev a pro zachování optimální bakteriální flóry v tlustém střevě [50].

5.6.2 Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Stanovení obsahu neutrálně-detergentní vlákniny bylo provedeno pomocí metody uvedené v kapitole 4.10. V tabulce 9 jsou uvedeny výsledky neutrálně-detergentní vlákniny v müsli směsích. Výsledky jsou zapsány ve formě aritmetický průměr, směrodatná odchylka (SD) a nechybí ani statistické vyhodnocení.

Tabulka 9: Obsah neutrálně-detergentní vlákniny ve vzorcích müsli

Vzorek	ND vláknina [%] \pm SD
1	6,6 \pm 0,1 ^a
2	7,7 \pm 0,1 ^b
3	8,1 \pm 0,1 ^c
4	7,4 \pm 0,1 ^d
5	8,4 \pm 0,1 ^e

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($p \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Neutrálně-detergentní vláknina je komplex celulózy, ligninu a nerozpustných hemicelulóz.

Nejnižší obsah ND vlákniny byl zaznamenán u vzorku 1 (6,6 %). U vzorku 5 byl naměřen naopak nejvyšší obsah (8,4 %). Obsahy ND vlákniny jsou u všech vzorků statisticky odlišné.

V porovnání s tabulkou 8 z kapitoly 5.6.1 lze říci, že byl nejnižší obsah hrubé i ND vlákniny ve vzorku 1 a nejvyšší u vzorku 5. Vyšší podíl vlákniny u vzorku 5 mohl být způsoben obsahem chia a lněných semínek, ale také obsahem sušeného a lyofilizovaného černého rybízu a jahod namísto kandovaného ovoce u vzorku 1.

Ve srovnání s komerčně dostupným ovocným müsli od firmy Emco je možné tvrdit, že analyzované vzorky dosahují vyšších hodnot vlákniny, než müsli od Emco, kde celkový podíl vlákniny (rozpustný i nerozpustný) je 7,0 % [49]. V naší studii byla měřena pouze nerozpustná forma vlákniny.

5.7 Výsledky stanovení stravitelnosti

Stanovení stravitelnosti bylo provedeno podle metody uvedené v kapitole 4.11. V tabulce 10 jsou uvedeny výsledky stanovení stravitelnosti a organické hmoty v müsli směsích. Výsledky jsou zapsány ve formě aritmetický průměr, směrodatná odchylka (SD) a nechybí ani statistické vyhodnocení.

Tabulka 10: Procento stravitelnosti ve vzorcích müsli

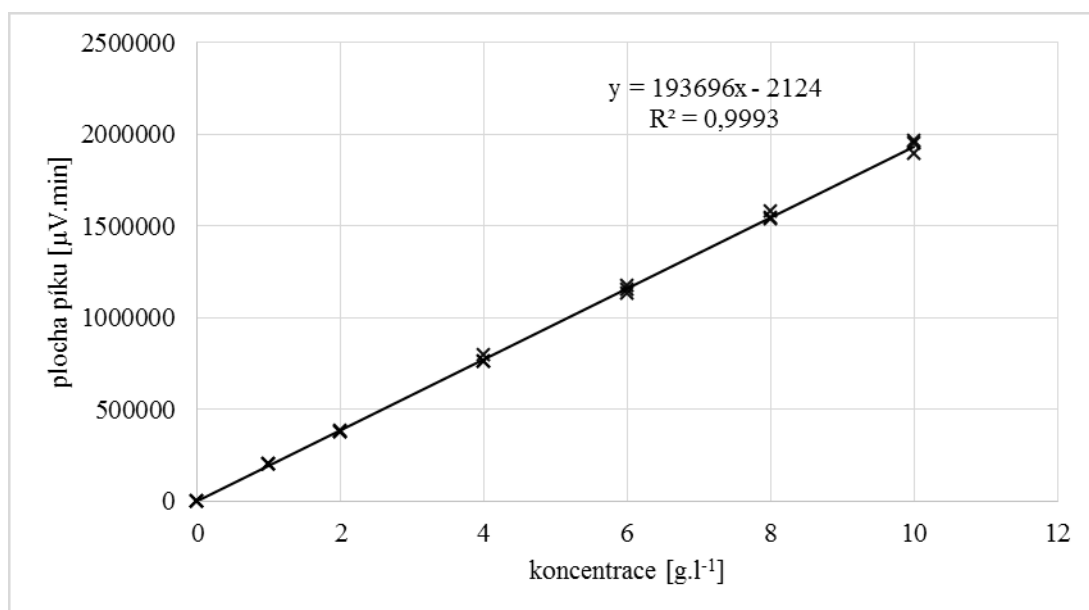
Vzorek	DMD [%] \pm SD	OMD [%] \pm SD
1	85,4 \pm 1,5 ^a	87,4 \pm 1,3 ^a
2	83,7 \pm 1,3 ^{a,b}	84,9 \pm 1,5 ^{b,c}
3	82,2 \pm 1,2 ^{b,c}	83,5 \pm 1,2 ^{c,d,e}
4	80,7 \pm 1,2 ^{c,d}	82,0 \pm 1,0 ^{d,e}
5	78,9 \pm 0,9 ^d	81,8 \pm 1,3 ^e

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($p \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

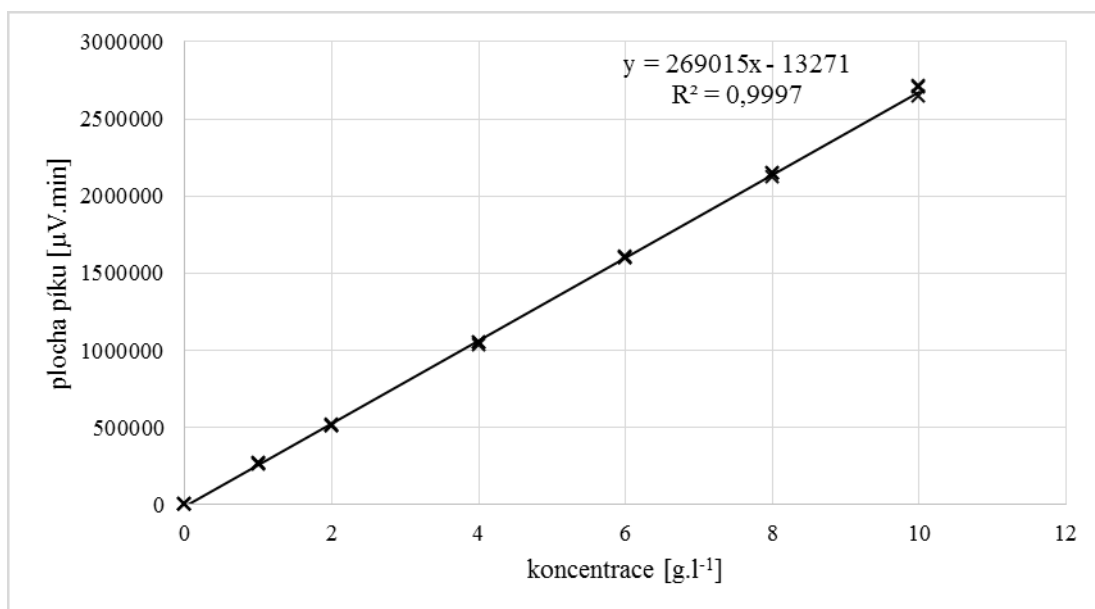
Stravitelnost byla vyjádřena jako stravitelnost sušiny (DMD) a organické hmoty (OMD) ve vzorcích a byla stanovena hydrolýzou pomocí enzymů pepsinu a pankreatinu. Hodnoty stravitelnosti sušiny se pohybovaly od 78,9 do 85,4 %. Nejnížší stravitelnost vykazoval vzorek 5 (78,9 a 80,7 %) a nejvyšší vzorek 1 (85,4 %). Nízká stravitelnost souvisí především s obilovinou, která je v müsli obsažena a která může být hůře stravitelná. Naopak nejvyšší stravitelnost vzorku 1 může být způsobena díky obsahu kandovaného ovoce (meruňky, ananas). Co se týče stravitelnosti organické hmoty ve vzorcích, pohybovala se cca o 1 až 2 % více, než je tomu u sušiny. Nejnížší stravitelnost, kterou vykazoval vzorek 5, souvisí také s nejvyšším podílem vlákniny v müsli, jako je uvedeno výše v kapitole 5.6. Souvisí také s množstvím škrobu v obilovinách, kterého je ve vzorku 5 také nejvíce. Nejvyšší stravitelnost prokazuje vzorek 1, což také koresponduje s nejnižším množstvím zjištěného obsahu vlákniny ve vzorku 1 (tabulka 10). Stravitelnost zvyšuje tepelná úprava, při které denaturují bílkoviny a kde škrob podléhá želatinaci.

5.8 Výsledky stanovení sacharidů metodou HPLC

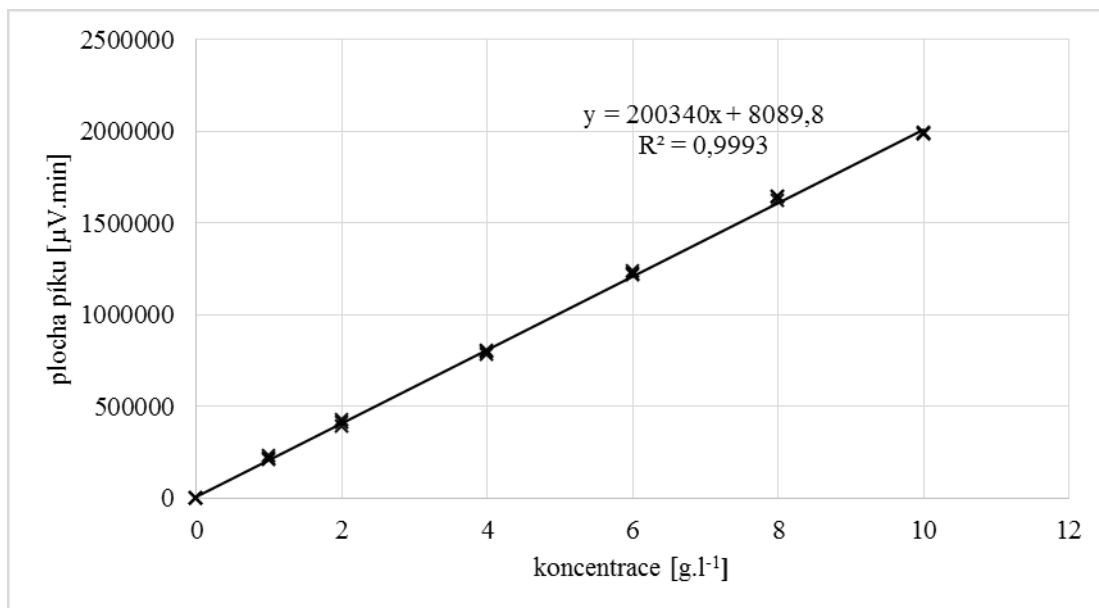
Byly proměřeny jednotlivé kalibrační body standardů a následně byly sestrojeny kalibrační křivky těchto standardů (grafy 1 až 3) v rozmezí koncentrace od 1 do 10 g.l⁻¹ (koncentrace 1; 2; 4; 6; 8 a 10 g.l⁻¹). V tomto rozmezí koncentrace byla závislost plochy píku na koncentraci cukrů lineární. Z rovnic lineární regrese byly vypočítány obsahy jednotlivých cukrů v g.100 g⁻¹.



Obrázek 6: Kalibrační křivka fruktózy



Obrázek 7: Kalibrační křivka glukózy



Obrázek 8: Kalibrační křivka sacharózy

Stanovení cukrů ve vzorcích müsli bylo provedeno pomocí kapalinové chromatografie HPLC-RI popsané v kapitole 4.11. Výsledky jsou zapsány do tabulky 11 jako výsledek vypočítaný z rovnice lineární regrese přímky se směrodatnou odchylkou a statistickým vyhodnocením v programu STADVYD.

Tabulka 11: Obsah volných cukrů ve vzorcích müsli

Vzorek	Množství stanovených cukrů [g.100 g ⁻¹] ± SD		
	Fruktóza	Glukóza	Sacharóza
1	2,75 ± 0,03 ^a	4,04 ± 0,05 ^a	6,30 ± 0,07 ^a
2	5,19 ± 0,05 ^b	4,97 ± 0,04 ^b	1,14 ± 0,02 ^b
3	5,87 ± 0,06 ^c	6,55 ± 0,06 ^c	1,12 ± 0,02 ^b
4	4,94 ± 0,06 ^d	5,64 ± 0,05 ^d	3,53 ± 0,03 ^c
5	3,47 ± 0,05 ^e	3,48 ± 0,03 ^e	0,87 ± 0,02 ^d

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($p \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Obsah cukrů by ze všech komponent müsli měl být nejvíce obsažen v ovoci. Obsah fruktózy se ve vzorcích müsli pohyboval v rozmezí od 2,75 do 5,87 g.100 g⁻¹. Nejnižší obsah fruktózy vykazoval vzorek 1 a nejvyšší vzorek 3. Výsledky se statisticky liší. Obsah glukózy byl nejnižší u vzorku 5 (3,48 g.100 g⁻¹) a nejvyšší u vzorku 3 (6,55 g.100 g⁻¹). Výsledky se také statisticky liší. Co se týče sacharózy, nejnižší množství bylo obsaženo ve vzorku 5 (0,87 g.100 g⁻¹). Nejvyšší množství sacharózy bylo obsaženo ve vzorku 1 (6,30 g.100 g⁻¹). Celkově lze tvrdit, že největší obsah cukrů (glukózy, fruktózy a sacharózy) byl obsažen ve vzorku 1. To bylo zcela jistě způsobeno obsahem kandovaného ovoce v cukerném roztoku (hlavně ananasu).

ZÁVĚR

V rámci této bakalářské práce byly sestaveny müsli směsi z netradičních obilovin a jedlých květů, které byly také nutričně analyzovány. Teoretická část byla věnována cereálním směsím a výrobě vloček pomocí metody hydrotermálního ošetření a válcování a výroby vloček pomocí extruze. Byly charakterizovány tradiční a netradiční obiloviny, ze kterých se vločky mohou vyrábět. Vzhledem k tomu, že jsou müsli směsi tvořeny převážně z obilovin, bylo popsáno také jejich chemické složení a vliv na stabilitu, což je velmi důležité znát pro výrobce, ale i konzumenty. Dále byly v teoretické části zmíněny ostatní surovinové komponenty, o které mohou být müsli obohaceny. V dnešní době je velkým trendem originalita a u různých firem v ČR a zahraničí si lze sestavit vlastní müsli podle svých představ. Firmy zatím ale nenabízí tolik druhů obilovin, aby vyhověli i lidem s celiakií. Do müsli je také vhodné přidávat některé druhy obilovin (pohanka, quinoa), které obsahují například vyšší množství limitující aminokyseliny lyzinu, aby bylo müsli plnohodnotnější po nutriční stránce. Dalším trendem je návrat k původním obilovinám, pěstovaným na našem území ČR a Evropy. Bylo zjištěno, že například obiloviny s barevnými obalovými vrstvami obsahují více minerálních látek a ostatních důležitých látek pro naše zdraví. Tyto obiloviny nejsou vhodné například do pekařství, kvůli nevhodné visko-elasticitě těsta a ostatním technologickým vlastnostem, ale do müsli směsí by mohly být ideálními. Další výhodou konzumace těchto müsli směsí je nízký obsah volných cukrů, škrobu a vyšší obsah vlákniny a s nimi spojené nižší riziko civilizačních onemocnění. Další důležitou součástí popisovaných müsli směsí jsou jedlé květy. Ty se staly v posledních letech trendem v gastronomii a lidé je konzumují se stále větší oblibou. V obchodních sítích ČR zatím nenalezneme müsli, které by tyto květy obsahovalo, i proto byly do těchto směsí přidány. Jedlé květy obsahují řadu zdraví prospěšných složek a mohou také snižovat riziko různých onemocnění.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MLČEK Jiří a Daniela SUMCZYNSKI. Nutraceutická potravinářská směs. Česká republika. Patentový spis, CZ 306520B6. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/-306/306520.pdf>
- [2] KADLEC, Pavel a kol. *Technologie potravin I*. Vyd. 1. Praha: VŠCHT v Praze, 2002, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
- [3] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 182/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 333/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, ve znění pozdějších předpisů.
- [4] PŘÍHODA, Josef, Marie HRUŠKOVÁ a Pavel SKŘIVAN. *Cereální chemie a technologie I. Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. Vyd. 1. Praha: VŠCHT v Praze, 2003, 202 s. ISBN 80-7080-530-7.
- [5] MLČEK Jiří a Daniela SUMCZYNSKI. Nutraceutická potravinářská směs. Česká republika. Užitený vzor, CZ 28846U1. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0028/uv028846.pdf>
- [6] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2009, 536 s. Monografie (Key publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- [7] PELIKÁN, Miloš. Obiloviny jako funkční potravina. *Potravinářská revue*. 2005, 2005(4), 13-15.
- [8] PATHARE, Pankaj B., Nursin BAŞ, John J. FITZPATRICK, Kevin CRONIN a Edmond P. BYRNE. Production of granola breakfast cereal by fluidised bed granulation. *Food and Bioproducts Processing* [online]. 2012, 90(3), 549-554 [cit. 2017-04-02]. DOI: 10.1016/j.fbp.2011.08.004. ISSN 09603085.
- [9] Fruity Flapjack. In: www.thespruce.com [online]. New York, 2017 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <https://www.thespruce.com/traditional-fruit-and-nut-flapjack-recipe-435242>

- [10] ARENDT, Elke K. and Emanuele ZANNINI. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Oxford: Woodhead Pub., 2013, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. ISBN 978-0-85709-413-1.
- [11] WEBSTER, Francis H. a Peter J. WOOD. *Oats: chemistry and technology*. 2nd ed. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists International, 2011. ISBN 9781891127649.
- [12] KENT, Normal Leslie and A. D. EVERS. *Kent's Technology of cereals: and introduction for students of food science and agriculture*. Woodhead Pub., 1994, 4th ed. ISBN 978-1-85573-361-9.
- [13] MENON, Ravi, Tanhia GONZALEZ, Mario FERRUZZI, Eric JACKSON, Dan WINDERL a Jay WATSON. Oats—From Farm to Fork. s. 1. *Advances in Food and Nutrition Research* [online]. vol. 77, Pages 1 - 55. 2016. [cit. 2017-04-11] DOI: 10.1016/bs.afnr.2015.12.001.
- [14] GATES, F. K., T. SONTAG-STROHM, F. L. STODDARD, B. J. DOBRASZCZYK a Hannu SALOVAARA. Interaction of heat–moisture conditions and physical properties in oat processing: II. Flake quality. *Journal of Cereal Science* [online]. 2008, 48(2), 288-293 [cit. 2017-03-17]. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.09.009. ISSN 07335210.
- [15] DE BRIER, N., S.V. GOMAND, I.J. JOYE, B. PAREYT, C.M. COURTIN a J.A. DELCOUR. The impact of pearling as a treatment prior to wheat roller milling on the texture and structure of bran-rich breakfast flakes. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2015, 62(1), 668-674 [cit. 2017-03-01] DOI: 10.1016/j.lwt.2014.08.015. ISSN 00236438.
- [16] CHASSAGNE-BERCES, Sophie, Michael LEITNER, Angela MELADO, Pilar BARREIRO, Eva Cristina CORREA, Imre BLANK, Jean-Claude GUMY a Hélène CHANVRIER. Effect of fibers and whole grain content on quality attributes of extruded cereals. *Procedia Food Science* [online]. 2011, 1, 17-23 [cit. 2017-03-22]. DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.004. ISSN 2211601x.
- [17] GUY, R. C. E. *Extrusion cooking: technologies and applications*. Cambridge, Eng.: Woodhead, 2001, 206 s. Woodhead Publishing series in food science and technology. ISBN 978-1-85573-559-0.

- [18] MCKEVITH, Brigid. Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin* [online]. 2004, 29(2), 111-142 [cit. 2017-03-22]. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2004.00418.x. ISSN 1471-9827.
- [19] BARKER, Gary. *Wheat: The Big Picture*. Barker@Bristol.ac.uk . Cit. In: MCKEVITH, Brigid. Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin* [online]. 2004, 29(2), 111-142 [cit. 2017-03-22]. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2004.00418.x. ISSN 1471-9827.
- [20] KOPÁČOVÁ, Olga. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. Praha: Reprotisk s.r.o., Šumperk, 2007. ISBN 978-80-7271-184-0.
- [21] BRANDOLINI, Andrea, Alyssa HIDALGO a Salvatore MOSCARITOLO. Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour. *Journal of Cereal Science* [online]. 2008, 47(3), 599-609 [cit. 2017-03-14]. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.07.005. ISSN 07335210.
- [22] The Grain. *www.kamut.com* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.kamut.com/en/discover/the-grain>
- [23] Kamut. *www.bezpecnostpotravin.cz* [online]. ČR: Ministerstvo zemědělství, 2017 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92219.aspx>
- [24] SUMCZYNSKI, Daniela, Zuzana BUBELOVA, Jan SNEYD, Susanne ERBWEBER a Jiri MLCEK. Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli. *Food Chemistry* [online]. 2015, 174, 319-325 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.11.065. ISSN 03088146.
- [25] Cui S. W., Nie S., Roberts K. T. (2011): Functional properties of dietary fiber, 517-525 In: MOO-YOUNG, Murray. *Comprehensive biotechnology*. 2nd ed. Boston: Elsevier, 2011. ISBN 9780444533524.
- [26] TOPPING, David. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. *Journal of Cereal Science* [online]. 2007, 46(3), 220-229 [cit. 2017 04-27]. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.06.004. ISSN 07335210.

- [27] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozšířené a přepracované 3. vydání. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [28] WIJNGAARD, H. H. a E. K. ARENDT. Buckwheat. *Cereal Chemistry Journal* [online]. 2006, 83(4), 391-401 [cit. 2017-04-27]. DOI: 10.1094/CC-83-0391. ISSN 0009-0352.
- [29] EKHOLM, Päivi, Heli REINIVUO, Pirjo MATTILA, Heikki PAKKALA, Jani KOPONEN, Anu HAPPONEN, Jarkko HELLSTRÖM a Marja-Leena OVASKAINEN. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2007, 20(6), 487-495 [cit. 2017-04-02]. DOI: 10.1016/j.jfca.2007.02.007. ISSN 08891575.
- [30] ŽILIC, Slađana, Vesna HADŽI-TAŠKOVIĆ ŠUKALOVIĆ, Dejan DODIG, Vuk MAKSIMOVIĆ, Milan MAKSIMOVIĆ a Zorica BASIC. Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants. *Journal of Cereal Science* [online]. 2011, 54(3), 417-424. DOI: 10.1016/j.jcs.2011.08.006. ISSN 07335210.
- [31] JENSEN, Pernille N. a Jens RISBO. Oxidative stability of snack and cereal products in relation to moisture sorption. *Food Chemistry* [online]. 2007, 103(3), 717-724 [cit. 2017-04-08]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.012. ISSN 03088146.
- [32] MURRAY, Robert K. *Harperova ilustrovaná biochemie*. 5. české vydání, 1. v nakl. Galén. Praha: Galén, 2012, 730 s. ISBN 978-80-7262-907-7.
- [33] ŠÁRKA, Evžen, Petra SMRČKOVÁ a Lenka SEILEROVÁ. Rezistentní a pomalu stravitelný škrob. *Chemické listy* [online]. Praha, 2013, 2013(107), 929-935.
- [34] DELGADO-ANDRADE, Cristina, José A. RUFÍAN-HENARES a Francisco J. MORALES. Lysine availability is diminished in commercial fibre-enriched breakfast cereals. *Food Chemistry* [online]. 2007, 100(2), 725-731 [cit. 2017-04-04]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.10.031. ISSN 03088146.
- [35] KOPŘIVA, Vladimír. Antioxidační kapacita potravin. In: www.vfu.cz [online]. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno: MVDr. Vladimír Kopřiva, Ph.D., 2017 [cit. 2017-04-27].

- [36] PAULOVÁ, Hana, Hana BOCHOŘÁKOVÁ a Eva TÁBORSKÁ. METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY PŘÍRODNÍCH LÁTEK IN VITRO. *Chemické listy* [online]. 2003, 2003(98), 174-179 [cit. 2017-04-21].
- [37] SERPEN, Arda, Vural GÖKMEN, Nicoletta PELLEGRINI a Vincenzo FOGLIANO. Direct measurement of the total antioxidant capacity of cereal products. *Journal of Cereal Science* [online]. 2008, 48(3), 816-820 [cit. 2017-04-21]. DOI: 10.1016/j.jcs.2008.06.002. ISSN 07335210.
- [38] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 157/2003 Sb., 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, v platném znění.
- [39] DE SANTANA, Roneval Felix, Eliseu Ribeiro DE OLIVEIRA NETO, Alysson Vieira SANTOS, Cleide Mara Faria SOARES, Álvaro Silva LIMA a Juliana Cordeiro CARDOSO. Water sorption isotherm and glass transition temperature of freeze-dried *Syzygium cumini* fruit (jambolan). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. 2015, 120(1), 519-524 [cit. 2017-04-28]. DOI: 10.1007/s10973-014-4014-x. ISSN 1388-6150.
- [40] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 329/1997 Sb., kterou se provádí §18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena.
- [41] CHEN, Nai-Hua a Sherrie WEI. Factors influencing consumers' attitudes towards the consumption of edible flowers. *Food Quality and Preference* [online]. 2017, 56, 93-100 [cit. 2017-04-27]. DOI: 10.1016/j.foodqual.2016.10.001. ISSN 09503293.
- [42] PIRES, Tânia C.S.P., Maria Inês DIAS, Lillian BARROS a Isabel C.F.R. FERREIRA. Nutritional and chemical characterization of edible petals and corresponding infusions: Valorization as new food ingredients. *Food Chemistry* [online]. 2017, 220, 337-343 [cit. 2017-04-21]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.10.026. ISSN 03088146.

- [43] MLCEK, Jiri a Otakar ROP. Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2011, 22(10), 561-569 [cit. 2017-04-21]. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.04.006. ISSN 09242244.
- [44] ČSN EN ISO 712. *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti - Referenční metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Třídící znak (461014).
- [45] ČSN ISO 2171. *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich - Stanovení obsahu popela spalováním*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008. Třídící znak (461019).
- [46] ČSN EN ISO 20483. *Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíku a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Třídící znak (461401).
- [47] ISO Standard 10520:1997: Native starch: Determination of starch content. Ewers polarimetric method.
- [48] ZAKHAROVA A. M, I. L. GRINSHTEIN a L. A. KARTSOVA. Determination of carbohydrates and sweeteners in food and biologically active additives by high-performance-liquid-chromatography. *Journal of Analytical Chemistry*. 2013, 68, 1081-1084, ISSN: 10619348.
- [49] Mysli sypané s oříšky. <http://emco.cz> [online]. Praha [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://emco.cz/produkt/mysli-sypane-s-orisky/>
- [50] HOLEČEK, Milan. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1562-7.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	České technické normy
ISO	International Organization for Standardization (mezinárodní organizace zabývající se tvorbou norem)
RTE	Ready-to-eats
TTA	Total Antioxidant activity (celková antioxidační aktivita)
DPPH	2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl
ABTS	2,2'-azinobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonová kyselina)
NDC	Neutrálně-detergentní činidlo
NDR	Neutrálně-detergentní roztok
NDF	Neutrálně-detergentní vláknina
ND	Neutrálně-detergentní
DMD	Dry Matter Digestibility (stravitelnost sušiny vzorku)
OMD	Organic Matter Digestibility (stravitelnost organické hmoty vzorku)
HPLC-RI	High performance Liquid Chromatography-Refractive Index Detection (vysoce účinná kapalinová chromatografie s refraktometrickou detekcí)
SD	Standart Deviation (směrodatná odchylka)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Flapjack [9]	13
Obrázek 2: Schéma zpracování ovsa [11].....	14
Obrázek 3: Struktura obilného zrna [19]	16
Obrázek 4: Surovinová skladba nových müsli směsí	33
Obrázek 5: Surovinová skladba nových müsli směsí	33
Obrázek 6: Kalibrační křivka fruktózy	52
Obrázek 7: Kalibrační křivka glukózy	52
Obrázek 8: Kalibrační křivka sacharózy	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Surovinová skladba vzorků müsli (obiloviny a ovocný podíl).....	32
Tabulka 2: Surovinová skladba vzorků müsli (ořechy, semena, jedlé květy)	32
Tabulka 3: Obsah vlhkosti a sušiny ve vzorcích müsli.....	44
Tabulka 4: Obsah popela ve vzorcích müsli	45
Tabulka 5: Obsah hrubé bílkoviny ve vzorcích müsli	46
Tabulka 6: Obsah lipidů ve vzorcích müsli	47
Tabulka 7: Obsah škrobu ve vzorcích müsli.....	48
Tabulka 8: Obsah hrubé vlákniny ve vzorcích müsli	49
Tabulka 9: Obsah neutrálně-detergentní vlákniny ve vzorcích müsli	50
Tabulka 10: Procento stravitelnosti ve vzorcích müsli.....	51
Tabulka 11: Obsah volných cukrů ve vzorcích müsli.....	53