

Stanovení nutričních parametrů směsi mouk s milíčkou habešskou

Bc. Veronika Vítková

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Veronika Víttková**
Osobní číslo: **T12399**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Stanovení nutričních parametrů směsi mouk s
miličkou habešskou**

Zásady pro vypracování:

Teoretická část

1. Charakteristika miličky habešské.
2. Chemické složení zrna miličky habešské s důrazem na její nutriční hodnoty.
3. Stručná charakteristika obilovin používaných v oblasti pekárenství s důrazem na pšenici.
4. Principy analytických stanovení použitých v experimentální části.

Praktická část

1. Charakterizovat analyzované vzorky, v metodické části popsat pracovní postupy jednotlivých analýz (stanovení vlhkosti, stanovení popelovin, stanovení hrubých bílkovin, stanovení tuku, stanovení škrobu, stanovení fosforu, HPLC stanovení vit E) a sledování obsahu vlhkosti při jejich skladování.
2. Diskuze výsledků a formulace závěrů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] Seyfu Ketema. Tef – Eragrosis Tef (Zucc.) Trotter, IPRGI, 1997. ISBN 92-9043-304-3.
- [2] ADEBOWALE, Abdul-Rasaq A., M. Naushad EMMAMBUX, Mervyn BEUKES a John R.N. TAYLOR. Fractionation and Characterization of Teff Proteins. Journal of Cereal Science. 2011, vol. 54, issue 3, s. 380-386.
- [3] ASSEFA, K., J.-K. YU, M. ZEID, G. BELAY, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. Breeding tef [Eragrostis tef (Zucc.) trotter]: conventional and molecular approaches. Plant Breeding. 2011, vol. 130, issue 1, s. 1-9.
- [4] ALAUNYTE, Ieva, Valentina STOJCESKA, Andrew PLUNKETT, Paul AINSWORTH, Emma DERBYSHIRE a M. E. SORRELLS. Improving the quality of nutrient-rich Teff (Eragrostis tef) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking: conventional and molecular approaches. Journal of Cereal Science. 2012, vol. 55, issue 1, s. 22-30.
- [5] GIRMA, Tewodros, Geremew BULTOSA, Negussie BUSSA, Paul AINSWORTH, Emma DERBYSHIRE a M. E. SORRELLS. Effect of grain tef [Eragrostis tef (Zucc.) Trotter] flour substitution with flaxseed on quality and functionality of injera: conventional and molecular approaches. International Journal of Food Science. 2013, vol. 48, issue 2, s. 350-356.

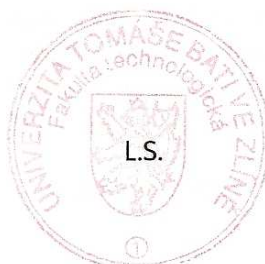
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

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

Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2014**

Ve Zlíně dne 3. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: VÍTTKOVÁ VERONIKA.....

TECHNOLOGIE, HYGIENA
Obor: A. EKONOMIKA UČR. POTRAVIN

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 5.5.2014.....

Veronika Vítková.....

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

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

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

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

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

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-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 vzdělávacího 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce byla zaměřena na stanovení nutričních parametrů směsí mouk s miličkou habešskou. Milička habešská byla míchána s moukou z pšenice obecné, červené pšenice a moukou z kamutu a u těchto směsí byl stanoven obsah bílkovin, tuku, škrobu, fosforu a obsah vitaminů skupiny B. Mimo to byl stanoven také obsah vlhkosti a popelovin. Tato práce obsahuje také bližší charakteristiku miličky habešské a srovnání s jinými obilovinami využívanými v pekárenství.

Klíčová slova: milička habešská, pšenice obecná, červená pšenice, kamut, vlhkost, popel, bílkoviny, tuk, škrob, fosfor, komplex vitaminu B

ABSTRACT

The thesis was focused on the determination of nutritional parameters with teff flour mixture with other flours. *Eragrostis tef* was mixed with flour from wheat, red wheat and flour from kamut and these mixtures were determined in protein, fat, starch, phosphorus and vitamins B group. In addition, moisture content and ash were also determined. This work also includes further characterization of *Eragrostis tef* compared with other cereals using in the baking.

Keywords: *Eragrostis tef*, wheat, red wheat, kamut, moisture, ash, protein, fat, starch, phosphorus, vitamin B complex

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Bc. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a trpělivost při vypracování.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 MILIČKA HABEŠSKÁ	12
1.1 PĚSTOVÁNÍ A PRODUKCE MILIČKY.....	13
1.2 MORFOLOGICKÝ POPIS MILIČKY.....	14
1.2.1 Typy miličky habešské.....	15
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA MILIČKY HABEŠSKÉ	17
2.1 SACHARIDY.....	18
2.2 BÍLKOVINY.....	18
2.3 TUKY.....	19
2.4 MINERÁLNÍ LÁTKY.....	19
2.5 VITAMINY.....	20
2.6 OSTATNÍ LÁTKY.....	20
3 PŠENIČNÉ OBILOVINY POUŽÍVANÉ V PEKÁRENSTVÍ	22
3.1 PŠENICE OBECNÁ.....	23
3.2 ČERVENÁ PŠENICE.....	24
3.3 KAMUT.....	25
3.4 SROVNÁNÍ MILIČKY HABEŠSKÉ S PŠENIČNÝMI OBILOVINAMI POUŽÍVANÝMI V PEKÁRENSTVÍ.....	26
4 PRINCIPY ANALYTICKÝCH STANOVENÍ	28
4.1 STANOVENÍ VLHKOSTI.....	28
4.2 STANOVENÍ POPELOVIN.....	28
4.3 STANOVENÍ TUKU.....	29
4.4 STANOVENÍ HRUBÝCH BÍLKOVIN.....	29
4.4.1 Kjeldahlova metoda.....	30
4.5 STANOVENÍ ŠKROBU PODLE EWERSE.....	31
4.6 STANOVENÍ FOSFORU.....	31
4.7 STANOVENÍ VITAMINŮ SKUPINY B POMOCÍ HPLC METODY.....	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
5 CÍL PRÁCE	35
6 MATERIÁL A PŘÍSTROJE	36
6.1 POUŽITÉ PŘÍSTROJE, CHEMIKÁLIE A POMŮCKY.....	36
6.2 ANALYZOVANÉ VZORKY.....	37
6.3 STANOVENÍ VLHKOSTI.....	38
6.4 STANOVENÍ POPELE.....	39
6.5 STANOVENÍ TUKU.....	39
6.6 STANOVENÍ BÍLKOVIN KJELDAHLOVOU METODOU.....	40
6.7 STANOVENÍ ŠKROBU PODLE EWERSE.....	41
6.8 STANOVENÍ FOSFORU.....	41
6.8.1 Příprava kalibrační křivky pro spektrofotometrické stanovení fosforu.....	42

6.9	STANOVENÍ VITAMINŮ SKUPINY B POMOCÍ HPLC	43
6.9.1	Pilotní extrakce vzorků pro chromatografické stanovení vitaminů sk. B	43
6.9.2	Výsledná extrakce vzorků pro chromatografické stanovení vitaminů sk. B.....	43
6.9.3	Optimalizace chromatografických podmínek	43
6.9.4	Výsledné chromatografické podmínky pro stanovení vitaminů sk. B	44
6.9.5	Příprava kalibrační křivky pro chromatografické stanovení vitaminů sk. B.....	44
6.10	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	44
7	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	45
7.1	STANOVENÍ VLHKOSTI.....	45
7.2	STANOVENÍ POPELE	48
7.3	STANOVENÍ TUKU	51
7.4	STANOVENÍ BÍLKOVIN KJELDAHLOVOU METODOU	54
7.5	STANOVENÍ ŠKROBU DLE EWERSE.....	57
7.6	STANOVENÍ FOSFORU	60
7.7	STANOVENÍ VITAMINŮ SKUPINY B METODOU HPLC.....	63
	ZÁVĚR	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	73
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	81
	SEZNAM TABULEK.....	82

ÚVOD

Milička habešská patří mezi tradiční a hlavní plodinu pěstovanou v Africe, konkrétně v Etiopii, Eritrey a Somálsku. Tato obilovina bohatá svým nutričním složením se pěstuje již tisíce let jako hlavní složka výživy obyvatelstva v těchto státech [1].

Milička patří botanicky mezi traviny (*Gramineae*), do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Její hlavní využití je v potravinářském průmyslu. Jedná se o bezlepkovou obilninu, která začíná být využívána jako náhrada za pšenici obecnou v pekárenství. Ve státech jižní a severní Ameriky, se používá jako zdravější náhražka pšeničného škrobu pro výrobu sušenek, koláčů, ale také do pudingů, polévek a masových konzerv. Mimo potravinářský průmysl je pěstována také jako živočišné krmivo a spolu se zeminou tvoří konstrukci mnoha obydlí v chudých státech Afriky [1, 2, 3].

Látkové složení miličky se podobá tradičním druhům obilovin, jako je pšenice, rýže, ječmen, atd., avšak v mnoha ohledech nabízí více živin. Milička je považována za potravinu pro celiaky, protože bílkoviny této obiloviny netvoří lepek [2, 3]. Dále má vysoký obsah vlákniny a je dobrým zdrojem minerálních látek, především železa, vápníku a fosforu. Z vitaminů je významný především vysoký obsah tiaminu. Lidé pravidelně konzumující tuto obilovinu netrpí na chudokrevnost, diabetes či osteoporózu [3, 4].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MILIČKA HABEŠSKÁ

Milička habešská patří mezi obiloviny, tradičně používané k lidské výživě zejména v oblastech tropů a subtropů. Po tisíce let byla pěstována jako hlavní složka výživy obyvatelstva ve státech severní Afriky (zejména v Etiopii) a na území dnešní Bolívie [1]. Látkové složení miličky se podobá tradičním druhům obilovin, jako je pšenice, rýže, ječmen, atd., avšak v mnoha ohledech nabízí více živin. Milička je považována za potravinu pro celiaky, protože bílkoviny této obiloviny netvoří lepek [3, 4]. Dále má vysoký obsah vlákniny a je dobrým zdrojem minerálních látek, především železa, vápníku a fosforu. Z vitaminů je významný především vysoký obsah tiaminu [1].

Milička patří botanicky mezi traviny (*Gramineae*). Taxonomické zařazení miličky habešské je následující [4]:

Čeleď: lipnicovité (*Poaceae*)

➤ Rod: milička (*Eragrostis*)

○ Druh: Milička habešská (*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter)

Rod *Eragrostis* zahrnuje více než 350 druhů, z nichž naprostá většina se pěstuje na zrna. Podle počtu chromozomů se dále mohou dělit na diploidní, tetraploidní a hexaploidní podrody. Milička habešská je allotetraploid, který vznikl znásobením chromozomových sad od dvou neznámých druhů miličky [5, 6, 7].

Původem je ze severovýchodní Afriky a jihozápadní Arábie a domestikována byla v Etiopii, kde se začala pěstovat kolem roku 4000 př. n. l. V dnešní době je milička hlavní plodinou právě Etiopie, kde je pěstováno několik desítek druhů této rostliny a je zde považována za nejdůležitější potravinu pro lidskou výživu. Dále se pěstuje v Keni, Jemenu, Malawi, Indii, Austrálii, Bolívii a v menší míře také v Kanadě a Severní Americe. V Evropě se pěstuje především v Holandsku, Francii a Německu [4, 8, 9].

Tato obilovina patří mezi základní potraviny se zdrojem sacharidů pro většinu etiopské populace, která byla pěstována především malozemědělci. Jako bezlepková potravina s vysokým obsahem minerálních látek přilákala zájem mezinárodního trhu a poptávka po ní stále roste. Díky své vysoké tržní hodnotě, se mezi zemědělci stala nejvíce pěstovanou plodinou. Zájem o tuto obilovinu jeví hlavně pekárenské společnosti, které využívají její schopnosti netvořit lepek a kterou používají pro vývoj nových produktů [10].

Milička habešská se používá především ve formě celozrnné mouky, pro přípravu chleba a dalších pekařských výrobků. V Etiopii, Eritrey a Somálsku se z ní vyrábí tradiční chlebová placka Injera, která se peče z těsta, které kynulo 2 – 3 dny a u něhož je k fermentaci využito kvasinky *Candida guilliermondii*. Ve státech jižní a severní Ameriky, se používá jako zdravější náhražka pšeničného škrobu pro výrobu sušenek, koláčů, ale také do pudíngů, polévek a masových konzerv. Mimo potravinářský průmysl je pěstována jako živočišné krmivo a spolu se zeminou tvoří konstrukci obydlí v chudších státech Afriky [2, 3, 6].

1.1 Pěstování a produkce miličky

Milička je velmi adaptibilní rostlina, která je schopna se přizpůsobit všem podnebím a nadmořským výškám. Obecně vyžaduje teplá a chráněná stanoviště na plném slunci s dobře propustnou půdou, která nepřesychá. Roste na všech typech půdy, toleruje i nízké pH půd a snese srážkové výkyvy. Používá se i jako prevence eroze půdy. Hlavní pěstitelské období je od července do listopadu a zralosti nabývá od 45 po 160 den po vysetí [1, 6].

Tato obilovina, která se dobře adaptuje na pěstitelských stanovištích s nehostinnými podmínkami, jako je nízká vlhkost ovzduší, nízké procento srážek a vysoké teploty. I přes svou schopnost adaptability jsou výnosy z pěstitelských oblastí se sušší půdou a podnebím, nižší, což je dáno nižším obsahem živin v půdě, zejména nižším obsahem dusíku a fosforu. Pro zvýšení výnosů miličky habešské se ukázalo významným aspektem přihnojování půdy hnojivy s vyšším obsahem dusíku a zvolení neselektivních kmenů herbicidů, které měly na rostlinu z hlediska růstu lepší účinek než u konvenčního způsobu zemědělství, kdy je využíváno zejména ruční odstraňování plevelu. Ovšem oproti konvenčnímu zemědělství, opakovaná orba a přihnojování půdy zvyšuje erozi půdy a vymývání sedimentů až o 50 % [7, 11].

Hlavní pěstitelskou oblastí je Afrika, a to zejména Etiopie, Eritrea a Somálsko. V Etiopii tvoří milička habešská 28 % z celkové osevní plochy, přičemž 19 % z hrubé produkce zrna je použito na potravinářské účely. Naprostá většina vypěstovaného zrna je využita v Etiopii a jen nepatrná část je exportována a to hlavně do okolních států Afriky [6, 8].

Dále je milička pěstována ve státech Jižní Afriky, Indii, Pákistánu, Ugandě, Austrálii, Jižní Americe (Bolívie), USA a Kanadě. V Evropě je pěstována hlavně v Holandsku. Zde je

využívána především jako nutričně bohatá potravina obsažená v množství produktů a také jako živočišné krmivo [8].

Tabulka č. 1: Produkce obilovin pěstovaných v Etiopii za rok 2006 – 2007 [8]

	Plocha výsevu [mil.ha]	Produkce [mil.t]	Celková produkce zrna [%]
milička	2,41	2,44	18,96
pšenice	1,47	2,46	19,11
kukuřice	1,69	3,78	29,37
čirok	1,46	2,32	18,03
ječmen	1,02	1,35	10,49
proso	0,37	0,48	3,73
oves	0,03	0,04	0,31
celkem	8,45	12,87	100

V České republice rostou tři základní druhy miličky, milička menší, milička chlupatá a milička polabská. Tyto druhy rostou převážně jako plevel nebo jako okrasné traviny, bez dalšího využití. Stanovištěm jejich růstu jsou především suché a teplé oblasti na náplavech řeky Labe a na Znojemsku, kde jsou vhodné klimatické podmínky na pěstební pokusy [6, 12].

1.2 Morfologický popis miličky

Milička je jednoletá rostlina rostoucí od července do listopadu. Má vláknitý kořenový systém, který je schopen růstu i v mělké půdě. Vytváří řídké trsy vysoké od 30 až do 1 m. Stonky jsou vzpřímené, tenké a mohou být vysoké až 80 cm. Listy jsou šedozelené barvy se stočenými okraji. Květenstvím jsou dlouhé a řídké laty, nesoucí velký počet šedozeleňých až fialově zbarvených klasů. Plodem miličky je velmi drobné zrno, které je dlouhé 1 – 1,7 mm a široké 0,6 – 1 mm. Hmotnost tisíce zrn se pohybuje od 0,3 – 0,4 g [4, 6, 12, 13].

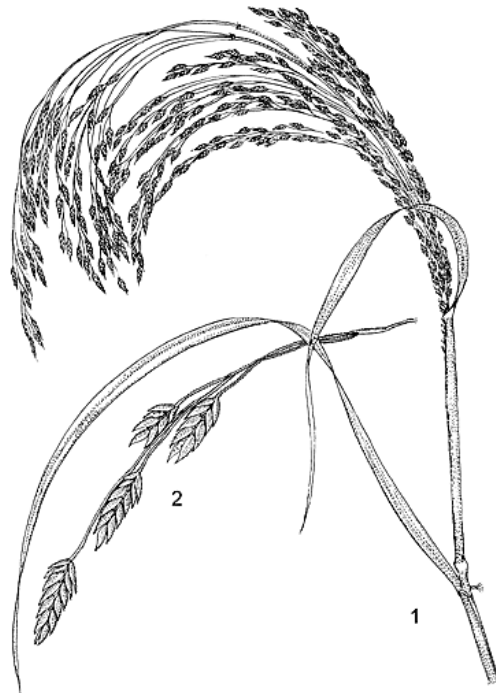
Zrno miličky habešské, jako i dalších obilovin, je tvořeno ze čtyř hlavních částí a to z obalové vrstvy (oplodí), aleuronové vrstvy, endospermu a klíčku [6, 14].

Oplodí miličky je tvořeno nerozpustnými a obtížně bobtnajícími materiály, jako je celulóza a hemicelulózy. Hlavní funkcí oplodí je ochrana zrna před mechanickým poškozením a účinky vody a škodlivých látek. V dalších podpovrchových vrstvách (osemení) jsou obsažena barviva, které určují vnější barevný vzhled zrna. Podle barvy zrna se rozlišuje milička bílá, hnědá a smíšená [6, 15, 16].

Na rozhraní obalových vrstev a endospermu se nachází jednoduchá, měkká vrstva velkých buněk, tzv. aleuronová vrstva, která obsahuje nejvíce bílkovin z celého zrna. Aleuronové buňky mají nejvyšší obsah minerálních látek z celého zrna a z nutričního hlediska je žádoucí tuto vrstvu (jako i oplodí) ze zrna neodstraňovat [14, 16].

Pod aleuronovou vrstvou se nachází endosperm, vrstva bohatá zejména na škrob. Kromě sacharidů, hlavně škrobu, se v endospermu nachází také bílkoviny, a to především albuminy a globuliny [14].

Klíček (zárodek) miličky se nachází na konci zrna. Je bohatý na proteiny a tuky. Shora je kryt oplodím a osemením. Díky tukům, které obsahuje, se před mlýnským zpracováním zrna klíček odstraňuje, jinak by velmi rychle podléhal oxidačním a enzymovým změnám a zhoršoval by sensorickou kvalitu výrobku [6, 14, 16].



Obrázek č. 1: *Eragrostis tef* [17]

1 – horní část květu; 2 – část květenství s klasy

1.2.1 Typy miličky habešské

Existuje několik druhů miličky, které se svou stavbou liší podle konkrétních podmínek kultivace. Obecně platí, že podle barev obalových a podobalových vrstev jsou tři základní typy a to bílá, hnědá a smíšená (bílá/hnědá) milička [6, 13]

Bílá milička – patří mezi nejpoužívanější druhy miličky. Roste pouze ve vyšších polohách Etiopie, je schopna růstu v nejtvrděších podmínkách a díky složitějšímu pěstování je také nejdražší formou miličky [13].

Hnědá milička – je nejlevnějším typem miličky. Roste v nižších polohách Etiopie. U tohoto druhu byl zjištěn vyšší obsah železa ($62,71 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), proto začíná v mnoha výrobcích nahrazovat bílou miličku [13].

Smíšená milička – je druh vzniklý ze zkřížení bílé a hnědé miličky. Je neodolnějším typem z hlediska kultivace a má vyšší obsah nutričních látek [13].

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA MILIČKY HABEŠSKÉ

Zrno miličky habešské je zdrojem množství nutričně důležitých látek. Díky malé velikosti zrna se z ní vyrábějí výhradně celozrnné mouky, neboť odstranit oplodí a klíček od endospermu je technologicky náročné. Především v oplodí a osemení se nachází množství minerálních látek a vitaminů [13, 17].

Pro své bílkovinné složení je v dnešní době milička hojně využívaná pro vývoj nových pekárenských výrobků, poptávka po ní vzrůstá. Bílkoviny netvoří lepek a kvalita aminokyseliny selinového složení je vysoká. Je dobrým zdrojem esenciálních aminokyselin a především limitujícího lyzinu, kterého obsahuje vyšší množství, než je tomu u pšenice či ječmene. Mezi další nutričně významné látky patří také obsah vlákniny a minerálních látek. V porovnání s ostatními obilovinami obsahuje více železa, dále je významný obsah vápníku, draslíku, zinku a hořčíku. Díky svému látkovému složení, lidé pravidelně konzumující miličku netrpí nemocemi jako je chudokrevnost, osteoporóza a diabetes [18, 19].

Tabulka č. 2: Obsah nutričně významných látek ve 100 g mouky pšeničné a v mouce z miličky habešské [18, 19, 20]

	Pšeničná mouka	Mouka z miličky habešské
Vlhkost (g)	10,3	10,0
Bílkoviny (g)	13,7	12,3
Tuky (g)	1,9	2,1
Sacharidy (g)	74,0	73,0
– z toho škrob (g)	– 60,0	– 59,8
Vláknina (mg)	12,2	7,9
Železo (mg)	3,9	5,7
Vápník (mg)	34,0	167,0
Zinek (mg)	2,9	4,6

2.1 Sacharidy

Sacharidy patří mezi základní složky zrna miličky habešské a spolu s bílkovinami a tuky jsou hlavními živinami lidského organismu. Tvoří největší podíl obilného zrna a nacházejí se jak v buněčných stěnách, plastidech, vakuolách tak i v cytoplazmě. Celkový obsah sacharidů v zrně miličky habešské je 73,13 % a jsou zde zastoupeny sacharidy od jednoduchých cukrů až po vysokomolekulární polysacharidy, jako je škrob a neškrobové polysacharidy [14, 21, 22].

Z jednoduchých sacharidů se v zrně miličky vyskytují hlavně mono- a oligosacharidy pouze v nepatrném množství. Mezi monosacharidy patřící do hexóz se v zrně nachází hlavně glukóza a fruktóza. Z pentóz je v zrně arabinóza, xylóza a ribóza. Nejdůležitějšími oligosacharidy jsou disacharidy sacharóza a maltóza, které jsou obsaženy především v klíčku [14, 15, 16, 22].

Mezi hlavní polysacharidy patří škrob ve formě škrobových granulí, který je složen z amylozy a rozvětveného amylopektinu. Obsah škrobu u zrna miličky habešské je 59,8 %. Škrobové granule miličky habešské mají rozměry od 2 do 6 μm a ve srovnání například s kukuřičným škrobem má nižší schopnost gelovatění, což je dáno nižší molekulovou hmotností škrobových zrn miličky. Teplota gelovatění škrobu u miličky habešské se pohybuje od 64 do 82 $^{\circ}\text{C}$. Škrob je, díky svým schopnostem gelovatět a tím upravovat viskozitu, používán do mnoha potravinářských produktů, jako přísada zlepšující jejich texturu. Tento jev je umocňován přidávkem mastných kyselin, zejména kyselinou stearovou. Vzniká komplex amyloza-lipid, který umožňuje využití škrobu z miličky habešské do mnoha potravinářských produktů [23, 24, 25, 26].

Mezi neškrobové polysacharidy patří hemicelulózy a celulóza. Jsou to nestravitelné (balastní látky), které mají příznivý vliv na trávení člověka. Jsou složkami vlákniny, obsah vlákniny v zrně je cca 8 %. Hemicelulózy i celulóza se vyskytují převážně v podobalových vrstvách a tvoří nestravitelnou část potravy [15, 16, 22].

2.2 Bílkoviny

Základními bílkovinami všech obilovin jsou prolaminy, albuminy, globuliny a gluteliny a v zrně miličky jsou umístěny především v aleuronové vrstvě a endospermu. Celkový obsah bílkovin v zrně miličky habešské je 13,3 %. Rozbor složení bílkovin u miličky habešské ukázal, že gluteliny a albuminy jsou hlavními proteiny v semenech (44,5 % a 36,6 %) a procentuální zastoupení prolaminů a globulinů je nižší než u jiných obilovin (11,8 % a 6,7

%). Pro svůj vyšší podíl nutričně hodnotnějších bílkovinných frakcí je milička považována za vynikající zdroj aminokyselin, včetně esenciálních aminokyselin. Oproti klasickým obilovinám má významně zvýšený zejména podíl metioninu a treoninu v bílkovinách a obsahem lyzinu jej překonává pouze oves. Z frakcí albuminů a globulinů je nejvíce obsaženou aminokyselinou arginin, asparagin a lyzin. Frakce prolaminu jsou bohaté na glutamin a leucin. Bílkoviny obilovin mají schopnost tvořit lepek, jehož nejdůležitějšími složkami jsou frakce nerozpustné ve vodě – gliadiny (monomerní proteiny) a gluteniny (polymerické proteiny), přibližně ve vzájemném poměru 2:3. Bílkoviny miličky habešské lepek tvoří díky kompozičním rozdílům mezi lepkotvornými bílkovinami. Proto jsou vhodné pro jedince trpící celiakií, což je trvalá intolerance na lepek [27, 28, 29, 30, 31, 32].

2.3 Tuky

Tuky jsou látky nerozpustné ve vodě a dobře rozpustné v nepolárních rozpouštědlech jako je éter, chloroform, hexan a benzen. Mezi lipidy a doprovodné složky lipidů patří tuky, oleje, vosky, polární lipidy zastoupené především fosfolipidy, steroidy, lipofilní pigmenty jako jsou karotenoidy a některé vitaminy. Ve 100 g zrna miličky je 2,38 % všech tuků. Procentuální rozdělení mastných kyselin, které jsou spolu s glycerolem základními složkami tuku, je následné: polynenasycené mastné kyseliny 1,07 %, mononenasycené mastné kyseliny 0,59 %, nasycené mastné kyseliny 0,45 %. Nejvíce se z mastných kyselin v zrně miličky vyskytuje kyselina linolová, která patří mezi esenciální mastné kyseliny a tělo si ji není schopno samo syntetizovat. Milička habešská je vhodným zdrojem polynenasycených mastných kyselin, které působí příznivě na zdraví člověka a snižují riziko kardiovaskulárních chorob [14, 18, 33, 34].

2.4 Minerální látky

Milička je dobrým zdrojem minerálních látek, zejména vápníku, železa a fosforu, které se snadno vstřebávají do organismu. Minerální látky se nachází především v obalových vrstvách a aleuronové vrstvě. Mouky z miličky jsou na minerály bohaté, neboť se produkují jako celozrnné, které mimo rozemletý endosperm obsahují také obalové vrstvy. Minerální látky jsou také definovány jako popel, což je anorganický zbytek, který zůstane po spálení organického materiálu. Ve 100 g zrna miličky se nachází 2,37 % minerálních látek. Pro srovnání pšenice obecná obsahuje 1,80 % minerálních látek [35, 36, 37]. Obsah minerálních látek je uveden v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Obsah minerálních látek a jejich vyjádření v DDD (denní doporučené dávky) ve 100 g zrna miličky habešské [37].

	Obsah minerálních látek [mg]	DDD [%]
Vápník	180,0	18,0
Fosfor	429,0	43,0
Hořčík	184,0	46,0
Železo	7,6	42,0
Draslík	427,0	9,0
Zinek	3,6	24,0

2.5 Vitaminy

Vitaminy se stejně jako minerální látky nachází také zejména v obalových vrstvách a celozrnné mouky vyrobené z miličky jsou na vitaminy bohaté. Obsahují hlavně velké množství vitamínu skupiny B, tedy tiaminu, riboflavinu, niacinu a pyridoxinu. Tyto vitaminy rozpustné ve vodě jsou důležité pro správné fungování metabolismu [14, 15, 37].

Ve 100 g zrna miličky habešské se nachází cca 3,363 mg niacinu, 0,390 mg tiaminu, 0,270 mg riboflavinu, 0,482 mg pyridoxinu a 0,080 mg vitamínu E [37].

2.6 Ostatní látky

Kyselina fytová váže minerální látky (vápník, hořčík, fosfor, železo, zinek) do obtížně využitelných komplexů a způsobuje jejich nižší využitelnost. Obsahuje až 28,2 % vázaného fosforu. Nachází se především v aleuronové vrstvě (obsahuje jí až 80 %), endosperm je na kyselinu fytovou chudý (10 %). Milička obsahuje ve 100 g zrna 1,52 g kyseliny fytové, pro srovnání pšenice obecná obsahuje této antinutriční látky méně, a to 0,16 g ve 100 g zrna. Kyselina fytová může být enzymaticky degradována pomocí enzymů (fytázy), čímž dojde ke zlepšení nutriční hodnoty výrobku. Optimální podmínky pro degradaci kyseliny fytové je dosaženo díky fermentaci chleba Injera z miličky, která zajišťuje optimální podmínky pH pro aktivaci stáz [34, 38].

Fenolické látky jsou látky s antioxidační aktivitou, které chrání buněčné složky před oxidačním poškozením. Hlavní význam fenolických látek spočívá v tom, že působí jako prevence proti koronárním chorobám, snižují riziko rakovinových onemocnění a působí proti virům. Polyfenoly jsou heterogenní skupina molekul (benzenový kruh s jednou nebo více hydroxylovými skupinami), produkované jako sekundární rostlinné metabolity, které ovlivňují nutriční a sensorické vlastnosti výrobku. Milička habešská obsahuje 175,65 mg. 100 g⁻¹ celkových polyfenolů, zatímco pšenice obecná jen 13,04 mg. 100 g⁻¹ [34, 38].

3 PŠENIČNÉ OBILOVINY POUŽÍVANÉ V PEKÁRENSTVÍ

Pšenice patří mezi základní pekárenské obiloviny z hlediska mimořádné kvality jejich bílkovin, které jsou schopny vytvořit nakypřenější strukturu a vyšší klenbu pekárenského výrobku než bílkoviny z kterýchkoliv jiných obilovin. Technologická kvalita zrna obilovin je podmíněna především geneticky, tedy souborem dědičných vlastností dané odrůdy, ale také prostředím, což kromě počasí zahrnuje také vlivy agrotechnických postupů, včetně úrovně hnojení a výskytem chorob [39, 40].

Mezi základní suroviny používané v pekařské technologii, patří mouka pšeničná vyrobená z pšenice obecné (*Triticum aestivum*) a žitná vyrobená z žita setého (*Secale cereale*) o různém stupni vymletí [40].

Tabulka č. 4: Druhy mouk dle stupně vymletí a obsahu minerálních látek [41].

Podskupina	Granulace (velikost ok [mikron]/ propad [%])	Minerální látky (popel) nejvýše hm. % v sušině
Mouky hladké z toho:		
Pšeničná světlá	257/ nejméně 96 – 162/ nejméně 75	0,60
Pšeničná polosvětlá	257/ nejméně 96 – 162/ nejméně 75	0,75
Pšeničná chlebová	257/ nejméně 96 – 162/ nejméně 75	1,15
Žitná světlá (vyrážková)	–	0,65
Žitná tmavá (chlebová)	–	1,10
Mouky polohrubé	366/ nejméně 96 – 162/ nejvýše 75	0,50
Mouky hrubé	485/ nejméně 96 – 162/ nejvýše 125	0,50
Mouky celozrnné pšeničné	2800/ nejméně 96	1,90

Důležitým ukazatelem mouk pro výrobu pečiva je pekařská jakost, která je dána množstvím a jakostí pšeničných bílkovin, viskoelastickými vlastnostmi lepku a enzymatickou aktivitou zrna, která je u jednotlivých druhů mouk různá. Hlavní zkouškou technologické jakosti mouk pro pekárenské použití je pekařský pokus, u kterého se hodnotí především měrný objem pečiva (objemová výtěžnost). Objemová výtěžnost je hlavním a nejdůležitějším kritériem pro posuzování kvality potravinářských odrůd pšenice. Senzorická kvalita pečiva zahrnuje makroskopické znaky, jako je objem, tvar a barva, a také popis texturních vlastností (např. křehkost kůrky, stejnoměrnost pórů, pružnost střídy, chuť) [40, 41].

V dnešní době je trendem používání celozrnných mouk a výrobků z nich. Tyto mouky obsahují kromě endospermu také otruby (obalové vrstvy), které jsou významným zdrojem vlákniny, minerálních látek, vitaminů, antioxidantů, fytoestrogenů a lignanů, které příznivě ovlivňují mnohé tělesné funkce. Celozrnné pečivo je dle vyhlášky č. 333/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta definováno jako pečivo, které obsahuje nejméně 80 % celozrnných mouk z celkové hmotnosti mlýnských obilných výrobků nebo jim odpovídající množství upravených obalových částic z obilky [40, 41, 42].

Při zpracování těchto mouk je důležité zvolit vhodný technologický postup, který dává vysokou výtěžnost mouky, ale také minimalizuje ztráty nutričních složek a negativně nemění sensorické atributy, nejčastěji je to nahořklá chuť. Navíc tyto mouky mají velkou schopnost zadržování vody, která nepříznivě ovlivňuje reologické vlastnosti těsta, což může vést k nízkému objemu těsta a jeho nízké elasticitě. Jako vhodným řešením se zdá být rozemletí všech částic mouky, na co nejmenší velikost a využití kvasné kultury a enzymů, které mají schopnost pomalého trávení škrobů, a tím zlepšují biologickou dostupnost minerálních látek a bioaktivních sloučenin [41, 42].

3.1 Pšenice obecná

Pšenice (*Triticum aestivum*) patří mezi strategicky nejdůležitější obiloviny sklizené po celém světě. Je pěstována v širokém rozmezí klimát od Asie, Evropy, Afriky, USA až po Austrálii [15, 43].

Botanicky patří mezi traviny (*Gramineae*), do čeledi lipnicovité (*Poaceae*) a má 14 základních druhů. Z pěstitelského hlediska se rozlišuje pšenice jarní a ozimá, nazvané dle pěstitelské sezóny. Z pekárenského hlediska se dělí na tvrdou a měkkou, dle způsobu roz-

padu endospermu. Pšenice tvrdá dává mouku hrubou, z pravidelně formovaných částic, a jejichž prosívání je jednoduché. Pšenice měkká oproti tomu dává mouky jemné, z nepravidelně tvarovaných částic, a jejich prosívání je obtížné [44, 45]. Pšenice patří mezi nejdůležitější obilovinu využívanou v pekárenském průmyslu. Má schopnost tvořit pružný gel (lepek), jehož hlavními složkami jsou bílkovinné frakce gliadiny a gluteniny. Lepek má viskoelastické vlastnosti, které umožňují zadržovat oxid uhličitý a tím zajišťují objem těsta při kynutí [31, 46].

Zrno pšenice obecné je bezpluché, tzn. že při mlácení zrna vypadávají samostatně z obalů, nemají pluchy. Délka zrna bývá obvykle od 4 – 8 mm a široké je od 2,5 – 4,5 mm. Barva zrna je většinou nažloutlá [15, 47].

Pro svou nutriční hodnotu je významným zdrojem rostlinných bílkovin v lidské potravě, a také je zdrojem důležitých vitaminů (B₁, B₂ a E), minerálních látek (hořčík, fosfor) a vlákniny (rezistentní škrob, celulóza a hemicelulózy). Ve 100 g pšeničného zrna je procentuální zastoupení látek následující: sacharidy 74,00 %; škrob 69,50 %; vláknina 13,90 %; bílkoviny 12,70 %; tuk 1,90 % [14, 15, 16]



Obrázek č. 2: Klasy a zrno pšenice obecné [48]

3.2 Červená pšenice

Červená pšenice patří mezi druh *Triticum aestivum* a poddruh *Triticum aestivum* subsp. *aestivum* L [49]. Tento poddruh mimo jiné zahrnuje dvě variety pšenice červené: pšenici červenou osinatou a pšenici červenou bezosinnou. Pochází z východní Afriky a jde o pů-

vodní druh obilí, které nebylo dlouhou dobu šlechtěno. V porovnání s pšenicí obecnou má nižší výnosy, ale vyšší odolnost vůči nepříznivým podmínkám pěstování. Má podobné využití jako pšenice obecná, používá se v pekárenství, avšak produkty z ní vyrobené mají typicky načervenalou barvu, díky antokyanům [50].

Tento druh pšenice má stejnou anatomickou stavbu rostliny jako pšenice obecná. Rozdíl je především v barvě zrna a procentuálním zastoupení základních látek. Barva zrna je dána obsahem antokyanů, které se nacházejí zejména ve slupce. Obsažené antokyany jsou odvozené od delfinidinu, sanidinu, peonidinu a pelargonidinu. Jejich obsah závisí na stupni vymletí a pohybuje se okolo 200 mg. 100 g⁻¹. Tato barviva mají antioxidační účinky, pohlcují volné radikály a pomáhají při odstraňování škodlivých látek z těla. Tyto antioxidační účinky jsou vyšší než u vitamínu C či vitamínu E. Co se týká látkového složení má červená pšenice vyšší obsah tuků a sacharidů, konkrétně škrobu. Obsah bílkovin je naopak nižší.

Ve 100 g zrna z červené pšenice je procentuální zastoupení látek následující: sacharidy 74,20 %; vláknina 12,50 %; bílkoviny 10,40 %; tuk 1,60 % [50, 51].



Obrázek č. 3: Barevné srovnání červené a bílé pšenice [52]

3.3 Kamut

Kamut (*Triticum turgidum subsp. turanicum*) je starověký příbuzný pšenice tvrdé (*Triticum durum*), který byl pěstován v Egyptě již 5 000 let př. n. l. Je odolný vůči mnoha druhům pesticidů a odolnější vůči nepříznivým klimatickým podmínkám než pšenice obecná a proto je často pro jeho pěstování využito organického způsobu pěstování, právě bez přísady pesticidů a obecně v horších klimatických podmínkách [53, 54].

Kamut je pěstován především v USA (Montana, Severní Dakota) a Kanadě. Používá se pro výrobu celozrnných mouk, které se dále využívají na pečení chleba, výrobu sladkých i sla-

ných pekárenských výrobků, výrobu těstovin atd. Typická je pro něj sladší oříšková příchut' [53, 54].

Zrno kamutu je až dvakrát větší ve srovnání s pšenicí obecnou a jeho povrch je hrubší, barva zrna je nazlátlá. Kamut má díky svému látkovému složení vyšší nutriční hodnotu než pšenice obecná. Oproti pšenici obecné obsahuje o 20 – 40 % více bílkovin. Zastoupení a vzájemný poměr mezi jednotlivými frakcemi bílkovin je vhodný pro lidi trpící alergií na pšenici obecnou. Také obsahuje více nenasycených mastných kyselin, hořčíku, zinku a selenu, který působí jako antioxidant [53, 54, 55].

Ve 100 g zrna kamutu je procentuální zastoupení látek následující: sacharidy 60,02 %; škrob 57,50 %; vláknina 11,30 %; bílkoviny 13,68 %; tuk 1,99 %. [53, 54, 55].



Obrázek č. 4: Srovnání kamutu (vlevo) a pšenice obecné (vpravo) [55].

3.4 Srovnání miličky habešské s pšeničnými obilovinami používanými v pekárenství

Milička habešská v porovnání s obilovinami používanými v pekárenském průmyslu, zejména s pšenicí obecnou vykazuje jisté odlišné atributy. Hlavním a důležitým atributem, ve kterém se odlišuje, je její bílkovinné složení. Bílkoviny miličky tvoří lepek, díky vzájemným poměrům lepkotvorných bílkovin, tedy gluteninu a gliadinu. Milička je tedy vhodnou náhradou pšeničného pečiva pro celiaky. Také obsah dalších nutričně důležitých látek pro zdraví člověka je vyšší než u jiných obilovin. Má vysoký obsah vlákniny a je dobrým zdrojem minerálních látek, především železa, vápníku a fosforu. Z vitamínů je významný především vysoký obsah tiaminu. V zemích Afriky, zejména v Etiopii a Somálsku, kde je hlavní sacharidovou složkou potravy tamního obyvatelstva, lidé pravidelně konzumují tuto obilovinu, netrpí na chudokrevnost, osteoporózu nebo diabetes [2, 3, 6].

V následující tabulce je srovnáno látkové složení miličky s vybranými druhy pekárenských obilovin.

Tabulka č. 5: Procentuální zastoupení složek u 100 g zrna pšenice obecné, červené pšenice, kamutu a miličky habešské [6, 14, 51, 54].

	Pšenice obecná	Červená pšenice	Kamut	Milička habešská
Vlhkost (%)	13,50	13,10	10,49	8,82
Popel (%)	1,80	1,57	1,60	2,37
Sacharidy (%)	65,00	74,20	60,02	73,13
Bílkoviny (%)	12,65	10,40	13,68	13,30
Tuk (%)	1,90	1,60	1,99	2,38

4 PRINCIPY ANALYTICKÝCH STANOVENÍ

4.1 Stanovení vlhkosti

Vlhkost je definována jako úbytek hmotnosti výrobku, který je vyjádřený v procentech a k němuž dojde za předem definovaných podmínek. Sušina vzorku je pevný podíl, který zůstane po vysušení, zatímco vlhkost je těkavý podíl, který za daných podmínek sušení těká [56].

Principem této metody je sušení předem odváženého množství rozemletého vzorku v elektrické sušárně podle normy ČSN ISO 712 (46 1014), Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Praktická referenční metoda. Vzorky byly sušeny provozní metodou při teplotě $130\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ po dobu 1 hodiny [57].



Obrázek č. 5: Sušárna Venticell BTM [58]

4.2 Stanovení popelovin

Norma ČSN ISO 2171 (46 1019) definuje popel jako nespalitelný zbytek získaný po spalování v souladu s metodou uvedenou v této mezinárodní normě. Mezi minerální látky, které zůstávají jako zbytky po spálení a vyžhání organické hmoty, patří draselné, sodné, vápenaté a hořečnaté soli fosforečnanů, hydrogenfosforečnanů, dihydrogenfosforečnanů, síranů, chloridů, uhličitánů, křemičitanů atd. Podstatou stanovení je spálení navážky vzorku při teplotě $550\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ v elektrické peci po dobu 5,5 hodiny a po vychladnutí zvážení popela [59].

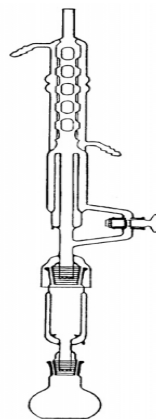


Obrázek č. 6: Laboratorní muflová pec [60]

4.3 Stanovení tuku

Tuk se stanovuje gravimetricky po extrakci v Soxhletově extraktoru s využitím Twisselmannova nádstavce. Metoda je vhodná pro vzorky s nižším obsahem vody a pro vzorky u nichž v lipidech převažují triacylglyceroly [61].

Podstata stanovení je ta, že homogenizovaný, rozemletý a vysušený vzorek se extrahuje lipofilním rozpouštědlem (n-hexanem) v Twisselmannově nádstavci. Rozpouštědlo se po skončení extrakce a uzavření kohoutu na aparatuře nahromadí v extrakčním prostoru. Po odstranění rozpouštědla a po vysušení se hmotnost tuku zjistí vážením [61].



Obrázek č. 7: Twisselmannův extraktor [62]

4.4 Stanovení hrubých bílkovin

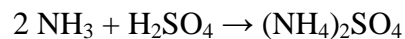
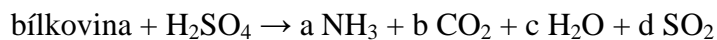
Obsah hrubých bílkovin v zrně je důležitým technologickým parametrem především v pekárenském průmyslu, který úzce souvisí s charakterem a vlastnostmi těst. Rozhodující je zastoupení gliadinových a glutelinových frakcí, které se zásadní měrou podílejí na viskoelastických vlastnostech pšeničného těsta. Stanovuje se obsah všech organických dusíkatých

látek v zrně (proteinů, peptidů, aminokyselin), které jsou následně přepočteny na bílkoviny. Obsah hrubých bílkovin v zrně se uvádí v procentech a pro jejich stanovení v zrně se využívá chemických metod, zejména Kjeldahlovy metody, také je možné použít i nechemické NIT (reflektance v blízké části infračerveného spektra) a NIR (infračervené spektroskopie v blízké části infračerveného spektra) metody, popřípadě spalovací metody podle Dumase [63].

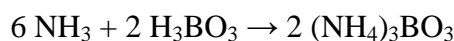
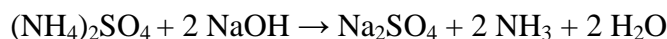
4.4.1 Kjeldahlova metoda

Podle normy ČSN EN ISO 20483 (46 1401), stanovení obsahu dusíku a výpočet dusíkatých látek pro obiloviny a luštěniny, se bílkoviny v zemědělských a potravinářských materiálech zjišťují na principu stanovení veškerých dusíkatých látek, tzv. Kjeldahlovou metodou s využitím Parnas-Wagnerovy aparatury [64].

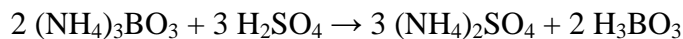
Princip spočívá v mineralizaci vzorku mokrou cestou kyselinou sírovou za přídavku směsného katalyzátoru ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ v poměru 10:1) a peroxidu vodíku. Organická dusíkatá látka se varem s koncentrovanou kyselinou sírovou zmineralizuje. Dusík přítomný ve formě aminových a některých jiných funkčních skupin se převede na amoniak [64].



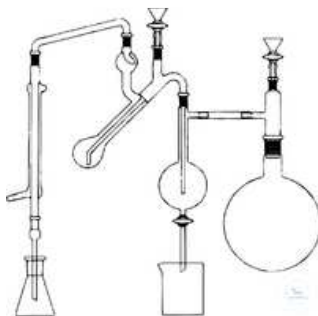
Alkalizací mineralizovaného vzorku pomocí 30% NaOH se uvolní amoniak, který se kvantitativně predestiluje s vodní parou do předlohy s kyselinou trihydrogenboritou [64].



Vzniká boritan amonný, který se titruje zředěnou kyselinou sírovou na indikátor Tashiro [64].



Obsah dusíku se přepočte na bílkoviny po vynásobení faktorem, který je určen pro obiloviny pro potravinářské účely 5,7 [64].



Obrázek č. 8: Parnas - Wagnerova aparatura [65]

4.5 Stanovení škrobu podle Ewerse

Ke stanovení škrobu bylo využito modifikace normy ČSN ISO 10 520 (56 6120). Škrob se stanovuje polarimetricky, kdy je využito významné vlastnosti sacharidů, jejich optické aktivity, což je schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla o úhel, který je úměrný koncentraci sacharidu [61, 66].

Polarimetrické stanovení škrobu využívá jeho specifické otáčivosti, která se pohybuje v rozmezí $[\alpha]_D +190^\circ$ až 202° , proto touto metodou lze stanovit i malá množství škrobu. Škrob se převede na rozpustnou formu díky zředěné kyselině chlorovodíkové za působení tepla. Po vyčeření dle Carreze se rozpustný škrob určí polarimetricky [61].



Obrázek č. 9: Polarimetr [67]

4.6 Stanovení fosforu

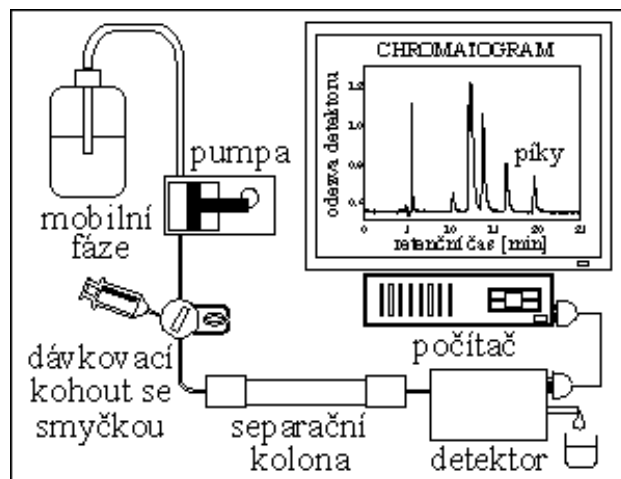
Stanovení fosforu se provádí po mineralizaci vzorku a následném vlastním spektrofotometrickém stanovení fosforu. Organická látka se mineralizuje pomocí tlakového rozkladu v uzavřeném systému, kdy je jako ohřevu využíváno mikrovlnného ohřevu. Jako mineralizační činidlo se používá koncentrovaná kyselina dusičná a rozklad je urychlen vhodným katalyzátorem, např. oxidem měďnatým, síranem měďnatým, rtutí, peroxidem vodíku, se-

lenem. Výhodou této metody je eliminace ztrát analytu a minimální kontaminace vzorku. Ionty kyseliny o-fosforečné dávají v prostředí molybdenanu amonného modře zbarvený produkt. Intenzita tohoto zbarvení se zjišťuje spektrofotometricky při 880 nm a výsledek se porovnává s kalibrační křivkou zhotovenou proměřením sady standardních roztoků. Ke stanovení škrobu bylo využito modifikace normy ČSN EN ISO 6878 (757465), Jakost vod – Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným [68, 69].

4.7 Stanovení vitaminů skupiny B pomocí HPLC metody

Kapalinová chromatografie je jednou z chromatografických separačních metod, kdy je k dělení látek používána chromatografická kolona a mobilní fází je kapalina. HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) je velmi citlivá metoda s vysokou účinností, které je dosaženo použitím vysokého tlaku mobilní fáze při dělení látek. Během separace se analyt rozděluje mezi mobilní a stacionární fází. Nejčastěji se využívá reversní (RP) HPLC, při které je stacionární fáze méně polárnější, jak fáze mobilní. Mobilní fází u RP HPLC může být voda, methanol, acetonitril apod., které se mísí v různých poměrech. Stacionární fáze je tvořena mikročásticemi silikagelu (3 – 10 μm), na kterých je navázána vlastní stacionární fáze - nepolární uhlovodíky (C8 – oktan, C18 – oktadekan), nebo polárnější uhlovodíky s funkční skupinou (např. -CN apod). Důležitou součástí chromatografu jsou detektory, které mají za úkol zaznamenat rozdíl mezi průchodem čisté mobilní fáze a mobilní fáze obsahující eluovanou (mobilní) složku. UV/VIS detektory jsou založeny na principu absorpce záření v oblasti vlnových délek od 190 do 800 nm [70].

Pomocí metody HPLC byly stanoveny vitaminy skupiny B, a to vitamin B₁, B₂, B₃, B₆, B₉ a B₁₂. Nejkritičtější fází metod, u nichž se určuje několik vitaminů současně, je extrakce, chemické složení potravinového materiálu a stabilita vitaminů ve vzorku. Extrakce probíhala pomocí kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 0,1 mol. dm⁻³ v ultrazvukové lázni, po níž následovalo odstředění vzorku, filtrace přes syringe filtr a takto připravené vzorky byly následně nastříkovány na kolonu v množství 50 μl . Délka analýzy byla 25 min a vyhodnocení probíhalo při 270 nm [70, 71].



Obrázek č. 10: Schéma kapalinového chromatografu [72]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části diplomové práce bylo zpracovat literární rešerši o miličce habešské, jejím původu, základním chemickém složení a po nutriční stránce srovnat tuto obilovinu s dalšími obilovinami používanými v pekárenském průmyslu. Dále byly popsány principy jednotlivých stanovení.

Cílem praktické části diplomové práce bylo stanovit nutriční parametry směsí mouk miličky habešské s pšeničnou moukou hladkou světlou, moukou z červené pšenice a moukou z kamutu, které mají sloužit jako konečný výrobek, který bude distribuován do malo- i velkoobchodní sítě. Jednotlivé nutriční parametry byly také stanoveny u samotných vzorků miličky a mouk, protože tyto výsledky budou sloužit jako podkladový materiál k samotné studii nutričních ukazatelů této méně tradiční obiloviny. U vzorků směsí, miliček i pšeničných mouk byl stanoven obsah vlhkosti, popele, tuku, bílkovin a škrobu. Dále byl stanovován spektrofotometricky fosfor, pro jehož stanovení byla modifikována metodika uvedená v ČSN [ČSN EN ISO 6878 (757465)]. Vitaminy skupiny B byly stanoveny pouze u vzorků miliček. Nejprve bylo nutné optimalizovat extrakční postup a nastavit chromatografické podmínky pro jejich separaci a následně byly stanoveny metodou HPLC. Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny a diskutovány s dostupnou odbornou literaturou.

6 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

6.1 Použité přístroje, chemikálie a pomůcky

- hliníkové misky
- laboratorní sušárna Venticell BTM
- analytické váhy AFA – 210 LC
- exsikátor
- spalovací porcelánové kelímky
- elektrická muflová pec Veb Elektro Bad Frankenhausen
- Twisselmannův extraktor
- topné hnízdo LTHS 250, Brněnská Drutěva
- extrakční patrony
- mineralizační jednotka Bloc Digest 12
- Parnas - Wagnerova aparatura
- UV/VIS spektrofotometr Lambda 25
- polarimetr POL 1
- pH metr
- vodní lázeň GFL
- ultrazvuková lázeň PS 04000A
- odstředivka EBA 20, Hettich Zentrifugen
- chromatograf UHPLC Dionex Ultimate 3000
- kolona Zorbax Eclipse XDB C 18 (4,6 x 150 mm; 3,5 μm)
- mineralizační pec s mikrovlnným ohřevem Ethos One
- laboratorní mlýnek Waldner Biotech Combi-Star
- mikropipety s nastavitelným objemem
- prosévačka Retsch, typ AS 200 basic
- mineralizační zkumavky
- 96% H₂SO₄
- 36% peroxid vodíku
- směsný katalyzátor (Na₂SO₄ + CuSO₄ · 5 H₂O v poměru 10:1)
- 30 hmotn. % NaOH
- 2 hmotn. % kyselina boritá

- indikátor Tashiro
- $0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$
- destilovaná voda
- n-hexan
- 1,124 hmotn. % HCl
- Carrez I. – 30 % síran zinečnatý ZnSO_4
- Carrez II. – 15 % hexakynoželeznan draselný $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$
- 65 hmotn. % HNO_3
- molybdenanové činidlo (směs kyseliny amidosulfonové, tetrahydrátu molybdenanu amonného, hemihydrátu vinanu antimonyl-draselného, kyseliny sírové a vody)
- dihydrogenfosforečnan draselný (KH_2PO_4)
- kyselina askorbová
- $8 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaOH}$
- $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$
- 0,025% trifluoroctová kyselina
- Acetonitril
- standardy tiaminu, kobalaminu, kalcium pantotenátu, riboflavinu, kyseliny listové a nikotinové, pyridoxin hydrochloridu
- enzymatický aparát 1% vodného roztoku klaradiastázy (směs amylázy, lipázy, proteázy a defosforylázy)
- běžné laboratorní sklo a pomůcky

6.2 Analyzované vzorky

Pro analýzu byly použity vzorky miličky habešské původem z Bolívie a z USA (Idaho). Vzorky z Bolívie byly pro stanovení nutričních parametrů dodány pekárenskou firmou, která se připravuje na vývoj nových pekárenských směsí obsahujících miličku. Z Bolívie byla milička hnědá dodána jak ve formě mouky tak jako zrno a z USA byla dodána milička bílá i hnědá, a to ve formě zrna. Každý vzorek byl dodán v množství 3 – 3,5 kg.

Pro následnou analýzu byly miličky ve formě zrna umlety na laboratorním mlýnku Waldner Biotech Combi-Star. Po umletí byly vzorky přesety přes síto o velikosti ok 0,25 mm (prosévačka Retsch, typ AS 200 basic), kdy propad byl cca 96 %. Následně byly míchány s hladkou světlou moukou, moukou z červené pšenice a moukou z kamutu v poměru

vždy 10 nebo 20 hmotn. % umleté mouky z miličky a zbytek, tj. 90 nebo 80 hmotn. %, byl doplněn moukami hladkou světlou, z červené pšenice a kamutu. Také mouka hladká světlá, mouka z červené pšenice a mouka z kamutu byly dodány pekářenskou firmou, přičemž mouky z červené pšenice a kamutu byly dodány v deklaraci jako celozrnné mouky. Více údajů nebylo pekárnou poskytnuto. Všechny dodané mouky byly zaslány z jedné šarže vždy v množství 2,5 – 3,5 kg, z každé šarže byla vždy odebrána vždy 1/4 pro další analýzy. Poté byly vzorky nasypány do tmavých PET lahví a uzavřeny. Vzorky byly skladovány v klimatizované laboratoři při 23 °C. Vzorky nebyly před vlastní chemickou analýzou skladovány déle než 4 týdny. Po tuto dobu byla monitorována vlhkost vzorků, v jejímž obsahu nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly ($P \geq 0,05$) [57].



Obrázek č. 11: Mlýnek na obilí Waldner Biotech COMBI - STAR [73]

6.3 Stanovení vlhkosti

Do předem zvážené hliníkové misky vysušené při 130 °C byl navážen na analytických vahách 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Vzorek byl rozprostřen do stejnoměrné vrstvy a miska byla umístěna v sušárně přehřáté na 130 °C ± 3 °C. Vzorek byl sušen při této teplotě po dobu jedné hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byla miska zvážena na analytických vahách. Byla použita modifikace metody ČSN ISO 712 (46 1014).

Obsah vlhkosti v %:

$$S_V = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

m_0 – hmotnost vysušené prázdné misky [g]

m_1 – hmotnost misky s navážkou vzorku před vysušením [g]

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

Obsah sušiny S v %:

$$S = 100 - S_V. \quad (2)$$

6.4 Stanovení popele

Porcelánový kelímek se po dobu jedné hodiny při teplotě 550 °C vyžihá v muflové peci. Po zhládnutí v exsikátoru se prázdný zvaží na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. Poté se do něj naváží s přesností na 0,1 mg 1 g vzorku, pak se porcelánové kelímky se vzorky umístí do muflové pece a nechají se spalovat při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po dokonalém spálení se kelímek vyjme z pece, ochladí v exsikátoru a zvaží s přesností na čtyři desetinná místa. Pro toto stanovení bylo využito normy ČSN ISO 2171 (46 1019).

Obsah popelovin v %:

$$S_P = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_2} \cdot 100 \quad (3)$$

m_0 – hmotnost prázdné spalovací misky [g]

m_1 – hmotnost misky s naváženým vzorkem [g]

m_2 – hmotnost spalovací misky po spálení [g].

6.5 Stanovení tuku

Do extrakční patrony se naváží 5 g vzorku s přesností na 0,1 mg a patrona se utěsní vatou. Extrakční patrona se vloží do střední části extrakčního Twisselmannova přístroje. Tato část se nasadí na předem vysušenou a zváženou extrakční baňku, do níž bylo přidáno 100 ml n-hexanu. Baňka se umístí na vyhřívací zařízení, napojí na extraktor a extrahuje se podobu 5 hodin. Po této době se extrakce přeruší, oddestiluje se převážná část extrakčního činidla, zbytek se nechá volně odpařit. Baňka s extraktem se vysuší v sušárně po dobu 20 minut při teplotě 105 °C a poté se umístí do exsikátoru na 15 minut. Následně se baňka zvaží.

Výpočet obsahu tuku v %:

$$S_T = \frac{m_b - m_a}{m_n} \cdot 100 \quad (4)$$

m_a – hmotnost prázdné baňky [g]

m_b – hmotnost baňky s tukem [g]

m_n - hmotnost navážky vorku [g].

6.6 Stanovení bílkovin Kjeldahlovou metodou

V první fázi stanovení byla provedena mineralizace vzorku. Do mineralizační baňky bylo na analytických vahách naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. V digestoři bylo ke vzorku přidáno 10 ml H_2SO_4 a 0,5 ml H_2O_2 a 1 malá lžička směšného katalyzátoru ($Na_2SO_4 + CuSO_4 \cdot 5H_2O$ v poměru 10:1). Potom byla baňka vložena na topnou desku mineralizátoru Bloc Digest 12 s přídatným zařízením umožňujícím odsávání par vznikajících zplodin a byl zapnut vyhřívací blok, pračka plynů a digestoř. Teplota ohřevu byla nastavena na 430 °C. Po vyhřátí topného zařízení probíhala mineralizace 1 hodinu. Po skončení mineralizace byl vypnut vyhřívací blok a tuby byly přendány do stojanu a ponechány vychladnout. Po vychladnutí byly získané mineralizáty kvantitativně převedeny do odměrných baněk o objemu 25 ml.

Pro stanovení bílkovin byla použita Parnas - Wagnerova aparatura. Nejprve byl mineralizát doplněn destilovanou vodou po rysku na objem 25 ml a obsah byl promíchán. Do destilační baňky přístroje bylo napipetováno 10 ml zředěného mineralizátu a 20 ml roztoku 30 hmotn. % NaOH. Amoniak, uvolněný přídatkem NaOH, se předestiluje pomocí destilace s vodní parou, a jímá se do předlohy s 50 ml 2 hmotn. % roztoku kyseliny borité. Destilace trvá 20 minut od počátku varu v destilační baňce. Po skončení destilace se do předlohy přidají 3 – 4 kapky indikátoru Tashiro. Destilát se titruje $0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} H_2SO_4$ do stálého červenofialového zbarvení. Z množství spotřebované kyseliny sírové se vypočte obsah dusíku.

Obsah hrubé bílkoviny v g:

$$m = b \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot M_N \cdot f_t \cdot f_z \cdot f_{př} \quad (5)$$

b – spotřeba odměrného roztoku H_2SO_4 při titraci [ml]

c (H_2SO_4) – přesná koncentrace 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 – poměrový zředovací faktor ($f_z = 2,5$)

$f_{př}$ – přepočítávací faktor ($f_{př} = 5,7$).

Obsah hrubé bílkoviny v %:

$$S_B = \frac{m_x}{m_{\text{navážky}}} \cdot 100 \quad (6)$$

m_x – obsah hrubé bílkoviny [g]

$m_{\text{navážky}}$ – hmotnost navážky vzorku [g].

6.7 Stanovení škrobu podle Ewerse

Stanovení bylo provedeno podle ČSN ISO 10 520 (56 6120). Do 100 ml odměrné baňky bylo naváženo 5 g mouky, přidáno 25 ml roztoku HCl o složení 1,124 hmotn. %. Obsah baňky se kroužením důkladně promíchal a stěny byly spláchnuty dalšími 25 ml roztoku HCl o tomtéž složení. Potom byla baňka vložena do vodní lázně tak, tak aby byla celá ponořena a zahřívána 15 minut. Během prvních 3 minut se baňka promíchávala stále ponořená ve vodní lázni. Po 15 minutách byla baňka vyjmuta z vodní lázně, přidáno dalších 20 ml roztoku kyseliny chlorovodíkové a ochlazena. Pak bylo provedeno vyčiření podle Carreze. Při číření byl nejprve přidán 1 ml Carrez I., obsah byl důkladně promíchán a pak se přidal 1 ml Carrez II. a opět promíchán. Po 5 minutách působení se baňka doplnila destilovanou vodou po rysku a roztok byl zfiltrován. První podíly filtrátu byly vráceny zpět na filtr. U čířého filtrátu se měří na polarimetru úhel otočení a při teplotě 20 °C. Výsledkem je průměr ze tří stanovení.

Obsah škrobu v %:

$$X = \frac{100 \cdot \alpha}{[\alpha]_{\lambda}^t \cdot l \cdot n} \cdot 100 \quad (7)$$

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

n – přesná navážka vzorku [g]

$[\alpha]_{\lambda}^t$ – specifická otáčivost při teplotě t a vlnové délce [184,0 °].

6.8 Stanovení fosforu

Stanovení fosforu bylo prováděno podle modifikace ČSN EN ISO 6878 (757465). Do teflonových mineralizačních nádobek bylo naváženo 0,2 g vzorku, ke kterému byl přidán 1 ml 36% H_2O_2 a 4 ml 65% HNO_3 . Nádobky byly uzavřeny a vloženy do mineralizační mikrovlnné pece, kde se mineralizovaly po dobu 45 minut při teplotě 250 °C. Po mineralizaci byly vzorky převedeny do 50ml odměrných baněk a poté bylo upraveno pH pomocí

8 mol. dm⁻³ NaOH na 5 – 6. Poté bylo připraveno molybdenanové činidlo a kyselina askorbová, a to následovně:

Molybdenanové činidlo:

Roztok a: 5 g kyseliny amidosulfonové do 50 ml vody

Roztok b: 6,25 g tetrahydrátu molybdenanu amonného do 100 ml vody

Roztok c: 0,1725 g hemihydrátu vinanu antimonylo-draselného do 50 ml vody

Ke 150 ml vody bylo přidáno 72 ml konc. kyseliny sírové a po ochlazení byly k této směsi přidány roztoky a, b a c. Vše bylo doplněno do 500 ml odměrné baňky.

Kyselina askorbová:

Do 72 ml vody bylo přidáno 8 g kyseliny askorbové. Tento roztok je nutno připravovat vždy čerstvý.

U samotného stanovení fosforu ve vzorcích byl vždy pipetován 1 ml mineralizovaného vzorku do 50ml odměrné baňky, ke kterému byl přidán 1 ml kyseliny askorbové a 2 ml molybdenanového činidla. Obsah baňky byl doplněn po rysku a po 10 minutách byla měřena absorbance proti destilované vodě jako blanku při 880 nm. Z každého vzorku byly připraveny dva mineralizáty, přičemž každý byl měřen čtyřikrát. Výsledkem je průměr z osmi stanovení.

6.8.1 Příprava kalibrační křivky pro spektrofotometrické stanovení fosforu

Před samotným stanovením fosforu ve vzorcích byla nejprve proměřena kalibrační řada roztoků, které byly připraveny ze zásobního roztoku dihydrogenfosforečnanu draselného, kyseliny sírové a vody. Bylo naváženo 0,2197 g dihydrogenfosforečnanu s přesností na 0,1 mg, který byl rozpuštěn v 800 ml vody v 1 000ml odměrné baňce. K tomu bylo přidáno 10 ml 96% kyseliny sírové, přičemž byla baňka doplněna po rysku vodou. Z takto připraveného zásobního roztoku byl připraven roztok pracovní, kdy do 250 ml odměrné baňky bylo napipetováno 10 ml pracovního roztoku a baňka byla doplněna po rysku. Poté byly připraveny roztoky kalibrační řady o koncentracích: 0,04, 0,08, 0,16, 0,24, 0,32 a 0,40 mg. l⁻¹. Následně byla na spektrofotometru Lambda 25 proměřena absorbance při vlnové délce 880 nm.

Obsah fosforu v mg. 100g^{-1} :

$$X = \frac{P \cdot f}{m} \quad (8)$$

P – množství fosforu ve vzorku [$\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$] vypočítané z kalibrační křivky

f – faktor ředění (50)

m – navážka vzorku [g].

6.9 Stanovení vitaminů skupiny B pomocí HPLC

6.9.1 Pilotní extrakce vzorků pro chromatografické stanovení vitaminů sk. B

Jako extrakční činidlo byla použita kyselina chlorovodíková o koncentraci 0,05; 0,1 a 0,2 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Touto kyselinou byla provedena extrakce vzorku po dobu 1; 2; 3 a 24 hodin ve třepací vodní lázni při teplotě do 40 °C. Dále byl k extrakci vzorku i ultrazvuk, kde se vzorek nechal extrahovat v kyselině po dobu 0,5; 1 a 2 hodin. Dále bylo k extrakci využito i enzymatické hydrolýzy vzorku, kdy byl použit směsný enzymatický aparát 1% vodného roztoku klaradiastázy, který byl složen z amylázy, lipázy, proteázy a defosforylázy. Vzorky byly inkubovány při 37 °C po dobu 24 hodin. Taktéž byla vyzkoušena kombinovaná hydrolýza kyselinou chlorovodíkovou a enzymatickým preparátem klaradistázou. Optimalizace probíhala za současného využití metody standardního přídatku vitaminů sk. B.

6.9.2 Výsledná extrakce vzorků pro chromatografické stanovení vitaminů sk. B

Vždy 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg byl smíchán s 8 ml 0,1 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ HCl. Takto připravený vzorek byl umístěn na 1 hodinu do ultrazvukové lázně, kde probíhala extrakce. Poté byl vzorek odstředěn na odstředivce při 3421 g po dobu 15 minut. Takto připravený vzorek byl po dobu 4 hodin uchován při – 18 °C a následně byl zfiltrován přes nylonový filtr o velikosti pórů 0,45 μm do tmavých vialek. U takto připraveného vzorku byly stanovovány vitaminy B₁, B₂, B₃, B₆, B₉ a B₁₂.

6.9.3 Optimalizace chromatografických podmínek

Jako mobilní fáze byly testovány směsi ACN s kyselinou trichloroctovou, ACN ve směsi s kyselinou trifluoroctovou, metanol ve směsi s 0,1 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KH_2PO_4 aj. Jako kolny byly testovány Discovery C18 (150 x 4,6 mm; 5 μm), Discovery C8 (150 x 4,6 mm; 5 μm) a Zorbax Eclipse XDB C18 (4,6 x 150 mm; 3,5 μm). Pro optimalizaci chromatografických podmínek bylo využito jak izokratické tak gradientové eluce, k optimalizaci byly dále vyu-

žity standardní roztoky vitaminů sk. B a bylo využito spektrum vlnových délek v rozsahu 210 až 290 nm.

6.9.4 Výsledné chromatografické podmínky pro stanovení vitaminů sk. B

Nástřik vzorku na kolonu byl vždy 50 μl , doba analýzy byla 25 minut a teplota termostatu kolony byla 25 °C. Mobilní fáze A byla 0,025 % TFA (trifluoroctová kyselina) ve vodě, mobilní fáze B pak acetonitril. Eluce probíhala gradientově, a to následovně: 0 min (0 % B), 5 – 11 min (0 – 25 % B), 11 – 19 min (25 – 45 % B), 19 – 20 min (40 % B), 20 – 21 min (40 – 0 % B), 21 – 25 min (0 % B). Průtok mobilní fáze byl 0,8 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$, typ kolony byl Zorbax Eclipse XDB C18 (4,6 x 150 mm; 3,5 μm). Vlnová délka DAD detektoru byla nastavena na 270 nm.

6.9.5 Příprava kalibrační křivky pro chromatografické stanovení vitaminů sk. B

Na chromatografu byly nejprve proměřeny standardy tiaminu, kobalaminu, kalcium pantothenátu, riboflavinu, kyseliny listové a nikotinové, pyridoxin hydrochloridu a poté samotné vzorky. Kalibrační koncentrace pro vitaminy byly následující: 10, 5, 3, 1, 0,5 a 0,1 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Plochy píků byly zaznamenány při 270 nm.

Kalibrační křivky byly sestrojeny jako závislost plochy píků (mAU) na koncentraci jednotlivých standardů ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$).

6.10 Statistické vyhodnocení výsledků

Naměřené výsledky byly podrobeny Dean-Dixonovu testu (Q-testu) pro vyloučení odlehlejšího výsledku. Dále byl pro statistické hodnocení využit parametrický test srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův t-test). Pro vyhodnocení byl použit statistický program StatK25 (hladina významnosti byla 0,5 %) jehož autory jsou doc. Ing. František Buňka, PhD., doc. Ing. Jan Hrabě, PhD. a RNDr. Oldřich Kříž.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Stanovení vlhkosti

Stanovení vlhkosti bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 6.3. Vlhkost byla stanovována u vzorků miliček z Bolívie, vzorků miliček z USA, u směsí mouk všech miliček s moukou pšeničnou hladkou světlou, moukou z červené pšenice a s moukou z kamutu. Pro další potřeby analýzy na ústavu UACHP byly také analyzovány samotné vzorky mouky pšeničné hladké světlé, mouky z červené pšenice a mouky z kamutu. U každého z těchto vzorků byla vlhkost stanovena 5 krát. Výsledky byly zprůměrovány a byla vypočtena směrodatná odchylka (\pm SD). Výsledky jsou zaznamenány v tabulkách č. 6, 7, 8 a 9.

Dále byl obsah vlhkosti všech vzorků monitorován v průběhu jejich skladování. Nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v obsahu vlhkosti v tomto období skladování, a to u všech vzorků ($P \geq 0,05$).

Tabulka č. 6: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků miliček

vzorek	vlhkost [%]	sušina [%]
milička z Bolívie ve formě mouky	10,2 \pm 0,3 ^a	89,8 \pm 0,3 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	10,8 \pm 0,3 ^b	89,2 \pm 0,3 ^b
milička bílá z USA	11,0 \pm 0,2 ^b	89,0 \pm 0,2 ^b
milička tmavá z USA	11,3 \pm 0,3 ^b	88,7 \pm 0,3 ^b

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD (n = 5).

Výsledky stanovení vlhkosti se u vzorků miliček pohybovaly v rozmezí od 10,2 do 11,3 %. Nejnižší vlhkost vykazovala milička z Bolívie, doručená ve formě mouky, a to 10,2 % ($P < 0,05$). Všechny ostatní vzorky miliček se navzájem v obsahu vlhkosti statisticky neliší. Z výsledků vyplývá, že obsah vlhkosti ani u jednoho druhu obilovin nepřekročil hodnotu 14 %, což je podle dle ČSN 46 1100 pro obiloviny potravinářské, nejvyšší přípustné množství vlhkosti. Dle Beckera, Gebremairemana a Zarnkova [13] se hodnoty vlhkosti pro miličku světlou z USA pohybují okolo 11,4 % a pro miličku tmavou z USA okolo 11,6 %. Hodnoty naměřené v naší práci jsou v souladu s hodnotami zjištěnými z literatury.

Následující tabulka č. 7 udává hodnoty obsahu vlhkosti mouk, se kterými byly miličky míchány v různých poměrech.

Tabulka č. 7: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků mouk

vzorek	vlhkost [%]	sušina [%]
pšeničná mouka hladká světlá	9,5 ± 0,2 ^a	90,5 ± 0,2 ^a
mouka z červené pšenice	11,1 ± 0,3 ^b	88,9 ± 0,3 ^b
mouka z kamutu	10,8 ± 0,1 ^b	89,2 ± 0,1 ^b

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 5).

Nejnižší hodnota vlhkosti byla u mouky pšeničné hladké, a to 9,5 % ($P < 0,05$). Mezi hodnotami vlhkostí celozrnné mouky z červené pšenice a celozrnné mouky z kamutu nebyly shledány statisticky významné rozdíly ($P \geq 0,05$). Všechny hodnoty jsou v souladu s ČSN 46 1100 pro obiloviny potravinářské, která uvádí nejvyšší možné množství pro potravinářské obiloviny 14,0 % a i s vyhláškou č. 333/1997 Sb., pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky cukrářské výrobky a těsta, která udává vlhkost mouk ze všech druhů obilovin, pohanky a rýže nejvýše do 15,0 %.

Tabulky č. 8 a č. 9 uvádí výsledky naměřených vlhkostí u směsí mouk z miliček s moukami pšeničnou hladkou světlou, moukou z červené pšenice a moukou z kamutu. Tyto směsi byly vždy míchány v poměru: 10 % obsahu z miličky a 90 % příslušné mouky z výše uvedených pšeničných obilovin a 20 % obsahu z miličky a 80 % mouky z taktéž výše uvedených pšeničných mouk.

Tabulka č. 8: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky

	Milička mouka z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička bílá z USA (10 hmotn. %)	Milička tma- vá z USA (10 hmot. %)
	Vlhkost (%)	Vlhkost (%)	Vlhkost (%)	Vlhkost (%)
Pšeničná mouka hladká (90 hmotn. %)	8,7 ± 0,2 ^a	8,8 ± 0,3 ^a	9,0 ± 0,3 ^a	9,6 ± 0,1 ^c
Mouka z červené pšenice (90 hmotn. %)	10,4 ± 0,3 ^b	10,5 ± 0,2 ^b	10,5 ± 0,1 ^b	10,9 ± 0,2 ^d
Mouka z kamutu (90 hmotn. %)	9,9 ± 0,4 ^c	10,4 ± 0,2 ^b	10,5 ± 0,3 ^b	10,5 ± 0,2 ^b

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 5).

U směsí s 10 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se vlhkost pohybovala v rozmezí od 8,7 do 10,9 %. Nejnižší hodnoty obsahu vlhkosti byly naměřeny u směsí miliček a pšeničné mouky hladké, a sice u miličky z Bolívie doručené ve formě mouky, a to 8,7 % vlhkosti, miličky z Bolívie doručené ve formě zrna, a to 8,8 % vlhkosti a miličky bílé z USA, která měla vlhkost 9,0 % ($P \geq 0,05$). Vyšší obsahy vlhkosti měly směsi miličky a celozrnné mouky z červené pšenice a celozrnné mouky z kamutu. Nejvyšší hodnota obsahu vlhkosti byla naměřena u směsi miličky tmavé z USA a celozrnné mouky z červené pšenice ($P < 0,05$).

Tabulka č. 9: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky

	Milička mouka z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička bílá z USA (20 hmotn. %)	Milička tmavá z USA (20 hmotn. %)
	Vlhkost (%)	Vlhkost (%)	Vlhkost (%)	Vlhkost (%)
Pšeničná mouka hladká (80 hmotn. %)	8,9 ± 0,4 ^a	9,1 ± 0,4 ^a	9,6 ± 0,4 ^d	9,9 ± 0,4 ^d
Mouka z červené pšenice (80 hmotn. %)	10,6 ± 0,2 ^b	10,9 ± 0,3 ^b	11,0 ± 0,2 ^b	11,5 ± 0,3 ^e
Mouka z kamutu (80 hmotn. %)	10,1 ± 0,3 ^c	10,8 ± 0,2 ^b	10,9 ± 0,3 ^b	11,0 ± 0,4 ^b

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 5).

U směsí s 20 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se vlhkost pohybovala v rozmezí od 8,9 do 11,5 %. Nejnižší hodnoty obsahu vlhkosti byly naměřeny u směsi miličky z Bolívie doručené ve formě mouky a pšeničné hladké mouky, která obsahovala 8,9 % vlhkosti a také u miličky z Bolívie ve formě zrna s pšeničnou moukou hladkou, a to 9,1 % vlhkosti ($P \geq 0,05$). Opět byly vyšší hodnoty vlhkosti naměřeny u miliček ve směsích s celozrnnou moukou z červené pšenice a u celozrnné mouky z kamutu. Nejvyšší hodnota obsahu vlhkosti byla naměřena u miličky tmavé z USA ve směsi s celozrnnou moukou z červené pšenice.

Obecně byly hodnoty vlhkosti nižší u směsí miliček s pšeničnou hladkou moukou a vyšší ve směsích miliček s celozrnnou moukou z červené pšenice a u směsí s celozrnnou moukou z kamutu. Z tohoto lze soudit, že celozrnné mouky, které obsahují více obalových vrs-

tev, mají vyšší hodnoty vlhkosti. U směsí s obsahem 10 i 20 hmotn. % miličky byly nejnižší hodnoty vlhkosti naměřeny u miliček z Bolívie, dodané jak ve formě mouky tak i zrna a nejvíce vlhkosti obsahovala vždy směs miličky tmavé z USA s celozrnnou moukou z červené pšenice.

7.2 Stanovení popele

Stanovení popele bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 6.4. Obsah popele byl také stanovován u vzorků miliček z Bolívie, vzorků miliček z USA, u směsí mouk všech miliček s moukou pšeničnou hladkou světlou, moukou z červené pšenice a s moukou z kamutu. Pro další analýzy na ústavu UACHP byly také analyzovány vzorky samotné mouky pšeničné hladké světlé, mouky z červené pšenice a mouky z kamutu. U každého z těchto vzorků byl obsah popelovin stanoven 5 krát. Obsah popele byl zprůměrován a vypočtena směrodatná odchylka (\pm SD). Výsledky jsou zaznamenány v tabulkách č. 10, 11, 12 a 13.

Tabulka č. 10: Výsledky stanovení obsahu popele u vzorků miliček

vzorek	Obsah popele [%]
milička z Bolívie ve formě mouky	$1,7 \pm 0,3^a$
milička z Bolívie ve formě zrna	$2,4 \pm 0,3^b$
milička bílá z USA	$2,4 \pm 0,3^b$
milička tmavá z USA	$2,5 \pm 0,4^b$

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD (n = 5).

Hodnoty pro obsah popele se pohybovaly v rozmezí 1,7 – 2,5 %. Nejnižší hodnoty popele byly naměřeny u miličky z Bolívie ve formě mouky, a to 1,7 % ($P < 0,05$). Obsah popele byly vyšší u miličky z Bolívie ve formě zrna, miličky bílé a tmavé z USA ($P \geq 0,05$). Obsah popele přímo souvisí s obsahem obalových vrstev, které tyto látky obsahují. Vzorky, které byly namlety v laboratorních podmínkách lze považovat za celozrnné, neboť i přesto, že byly prosety přes síto, odstranění obalových vrstev nebylo dokonalé jako u průmyslově namletých mouk, takže námi namleté mouky miliček obsahovaly s velkou pravděpodobností více obalových vrstev a tím i více minerálních látek, tedy popelovin. Dle literatury

[37] se obsah popele v zrně miličky habešské pohybuje okolo 2,37 %, tedy laboratorně naměřené hodnoty se s literaturou shodují.

Tabulka č. 11: Výsledky stanovení obsahu popele u vzorků mouk

vzorek	Obsah popele [%]
pšeničná mouka hladká světlá	0,5 ± 0,1 ^a
mouka z červené pšenice	2,4 ± 0,4 ^b
mouka z kamutu	1,4 ± 0,2 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 5).

Nejvyšší hodnota obsahu popele byla naměřena u mouky z červené pšenice, a to 2,4 % ($P < 0,05$) a nejnižší u mouky pšeničné hladké, a sice 0,5 % ($P < 0,05$). Celozrnné mouky z červené pšenice a kamutu obsahují více obalových vrstev a tedy i obsah minerálních látek (popelovin) je vyšší. Mouka pšeničná hladká obsahuje o poznání méně minerálních látek, neboť takto připravené mouka je dokonale vymleta a zbavena obalových vrstev. Obecně je obsah minerálních látek v zrně od 1,5 – 3,0 % [14]. Podle vyhlášky č. 333/97 Sb., pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky cukrářské výrobky a těsta, obsahuje pšeničná hladká mouka světlá 0,6 % popele. Výsledky obsahu minerálních látek u mouk se shodují s literaturou.

Tabulka č. 12: Výsledky stanovení popele u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky

	Milička mouka z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička bílá z USA (10 hmotn. %)	Milička tmavá z USA (10 hmot. %)
	Obsah popele (%)	Obsah popele (%)	Obsah popele (%)	Obsah popele (%)
Pšeničná mouka hladká (90 hmotn. %)	0,8 ± 0,2 ^a	0,9 ± 0,3 ^a	0,9 ± 0,2 ^a	1,1 ± 0,3 ^a
Mouka z červené pšenice (90 hmotn. %)	1,6 ± 0,2 ^b	2,2 ± 0,3 ^c	2,2 ± 0,3 ^c	2,3 ± 0,3 ^c

Mouka z kamutu (90 hmotn. %)	$1,2 \pm 0,3^{a,b}$	$1,4 \pm 0,2^b$	$1,4 \pm 0,3^b$	$1,5 \pm 0,2^b$
---------------------------------	---------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD (n = 5).

U směsí s 10 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se obsah popele pohyboval v rozmezí od 0,8 do 2,3 %. Nejnižší hodnoty obsahu popele byly naměřeny u směsí všech miliček a pšeničné hladké mouky a pohybovaly se v rozmezí od 0,8 do 1,1 % ($P \geq 0,05$). Vyšší hodnoty obsahu popele byly naměřeny u miličky z Bolívie ve formě zrna (2,2 %), miličky bílé z USA (2,2 %) a u miličky tmavé z USA (2,3 %) ve směsi s celozrnnou moukou z červené pšenice ($P \geq 0,05$).

Tabulka č. 13: Výsledky stanovení popele u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky

	Milička mouka z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička bílá z USA (20 hmotn. %)	Milička tmavá z USA (20 hmotn. %)
	Obsah popele (%)	Obsah popele (%)	Obsah popele (%)	Obsah popele (%)
Pšeničná mouka hladká (80 hmotn. %)	$0,9 \pm 0,3^a$	$0,9 \pm 0,4^a$	$0,9 \pm 0,2^a$	$1,0 \pm 0,4^a$
Mouka z červené pšenice (80 hmotn. %)	$1,7 \pm 0,3^b$	$2,2 \pm 0,4^c$	$2,3 \pm 0,4^c$	$2,3 \pm 0,2^c$
Mouka z kamutu (80 hmotn. %)	$1,6 \pm 0,4^b$	$1,6 \pm 0,3^b$	$1,7 \pm 0,3^b$	$1,7 \pm 0,2^b$

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD (n = 5).

U směsí s 20 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se obsah popele pohyboval v rozmezí od 0,9 do 2,3 %. Nejnižší hodnoty obsahu popele byly naměřeny u směsí všech miliček a pšeničné hladké mouky a pohybovaly se v rozmezí od 0,9 do 1,0 % ($P \geq 0,05$). Vyšší hodnoty obsahu popele byly naměřeny u miličky z Bolívie ve formě zrna (2,2 %), miličky bílé z USA (2,3 %) a u miličky tmavé z USA (2,3 %) ve směsi s celozrnnou moukou z červené pšenice ($P \geq 0,05$).

Nejvyšší hodnoty obsahu popele měly směsi miličky s celozrnnou moukou z červené pšenice. Obsah popele souvisí s obsahem obalových vrstev (čím více obalových vrstev, tím více popelovin). Nejméně minerálních látek měly logicky směsi miličky s moukou pšenič-

nou hladkou a naopak nejvyšší hodnoty minerálních látek měly směsi miličky s moukou z červené pšenice. Jak je z výsledků patrné, přídavek miličky do hladké mouky tak zvyšuje obsah popelovin, tudíž i minerálních látek, na které je milička bohatá. Vzorky zrna miliček, které byly namlety v laboratorních podmínkách, obsahují více minerálních látek, protože i přes prosetí vzorků přes síto, odstranění obalových vrstev bylo menší.

7.3 Stanovení tuku

Stanovení tuku bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 6.5. Tuk byl stanovován u vzorků miliček z Bolívie, vzorků miliček z USA, u směsí mouk všech miliček s moukou pšeničnou hladkou světlou, moukou z červené pšenice a s moukou z kamutu a byly také analyzovány vzorky samotné mouky pšeničné hladké světlé, mouky z červené pšenice a mouky z kamutu. U každého vzorku byl tuk stanoven 3 krát. Obsah tuku byl zprůměrován a byla vypočtena směrodatná odchylka (\pm SD). Výsledky jsou zaznamenány v tabulkách č. 14, 15, 16 a 17.

Tabulka č. 14: Výsledky pro stanovení obsahu tuku u vzorků miliček

vzorek	Obsah tuku [%]
milička z Bolívie ve formě mouky	2,6 \pm 0,1 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	2,7 \pm 0,2 ^a
milička bílá z USA	2,6 \pm 0,2 ^a
milička tmavá z USA	2,8 \pm 0,2 ^a

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD (n = 3).

Hodnoty pro obsah tuku se u všech miliček pohybovaly v rozmezí 2,6 – 2,8 %. Dle zdroje [37] se obsah tuku v miličce pohybuje okolo 2,38 %. Naměřené hodnoty jsou mírně vyšší, než uvádí zdroj, což může být zapříčiněno lepším uvolněním tuku z aleuronové vrstvy díky velmi jemnému namletí na laboratorním mlýnku, ale také použitím n-hexanu jako extrakčního rozpouštědla, v němž jsou rozpustné nejen mono-, di- a triacylglyceroly, ale také fosfolipidy. Při extrakci lipidového podílu je jeho složení výrazně ovlivněno právě zvoleným extrakčním činidlem.

Tabulka č. 15: Výsledky stanovení obsahu tuku u vzorků mouk

vzorek	Obsah tuku[%]
pšeničná mouka hladká světlá	1,5 ± 0,1 ^a
mouka z červené pšenice	2,1 ± 0,1 ^b
mouka z kamutu	2,6 ± 0,1 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3).

Nejnižší hodnota obsahu tuku byla naměřena u mouky pšeničné hladké, a to 1,5 % ($P < 0,05$). Obsah tuku byl vyšší u celozrnné mouky z červené pšenice (2,1 %). Statisticky nejvyšší obsah lipidů byl naměřen u celozrnné mouky z kamutu, a to 2,6 % ($P < 0,05$). Obecně se obsah tuku v obilovinách pohybuje okolo 2 %. Dle zdroje [14] se obsah tuku u zrna pšenice obecně pohybuje okolo 1,9 %, laboratorně naměřené hodnoty pro hladkou mouku z pšenice obecně se pohybovaly okolo 1,5 %. To může být způsobeno tím, že část tuků při mletí obilovin ulpěla na obalových vrstvách. Výrobce červené pšenice uvádí obsah tuku v zrna červené pšenice na 1,6 g tuku ve 100 g výrobku zrna červené pšenice. Námi naměřené výsledky byly vyšší. Zdroj [55] uvádí obsah tuku v zrna kamutu okolo 1,99 %, naměřené výsledky byly také vyšší, než uvádí zdroj. Rozdíl v těchto hodnotách může být způsoben variacemi v rámci druhů pšenic, klimatickými podmínkami růstu v dané lokalitě, použitím jiných typů rozpouštědel, které výrazně ovlivňují lipidový vyextrahovaný profil apod.

Tabulka č. 16: Výsledky stanovení obsahu tuku u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miliček

	Milička mouka z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička bílá z USA (10 hmotn. %)	Milička tma- vá z USA (10 hmot. %)
	Obsah tuku (%)	Obsah tuku (%)	Obsah tuku (%)	Obsah tuku (%)
Pšeničná mouka hladká (90 hmotn. %)	1,5 ± 0,1 ^a	1,6 ± 0,1 ^a	1,6 ± 0,2 ^a	1,6 ± 0,1 ^a

Mouka z červené pšenice (90 hmotn. %)	$2,1 \pm 0,1^b$	$2,1 \pm 0,2^b$	$2,1 \pm 0,1^b$	$2,3 \pm 0,1^{b,c}$
Mouka z kamutu (90 hmotn. %)	$2,7 \pm 0,1^c$	$2,7 \pm 0,2^c$	$2,7 \pm 0,2^c$	$2,8 \pm 0,1^c$

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD ($n = 3$).

U směsí s 10 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se obsah tuku pohyboval v rozmezí od 1,5 do 2,7 %. Nejnižší hodnoty obsahu tuku byly naměřeny u směsí všech miliček a pšeničné hladké mouky a pohybovaly se v rozmezí od 1,5 do 1,6 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnoty obsahu tuku byly naměřeny u miliček ve směsi s celozrnnou moukou z kamutu, a to od 2,7 do 2,8 % ($P \geq 0,05$).

Tabulka č. 17: Výsledky stanovení obsahu tuku u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky

	Milička mouka z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička bílá z USA (20 hmotn. %)	Milička tmavá z USA (20 hmotn. %)
	Obsah tuku (%)	Obsah tuku (%)	Obsah tuku (%)	Obsah tuku (%)
Pšeničná mouka hladká (80 hmotn. %)	$1,7 \pm 0,1^a$	$1,8 \pm 0,2^a$	$1,8 \pm 0,1^a$	$1,8 \pm 0,1^a$
Mouka z červené pšenice (80 hmotn. %)	$2,1 \pm 0,2^a$	$2,1 \pm 0,1^a$	$2,2 \pm 0,2^a$	$2,2 \pm 0,1^a$
Mouka z kamutu (80 hmotn. %)	$2,7 \pm 0,1^b$	$2,7 \pm 0,2^b$	$2,8 \pm 0,1^b$	$2,9 \pm 0,1^b$

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD ($n = 3$).

U směsí s 20 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se obsah tuku pohyboval v rozmezí od 1,7 do 2,9 %. Nejnižší hodnoty obsahu tuku byly naměřeny u směsí všech miliček spolu s pšeničnou hladkou moukou a celozrnnou moukou z červené pšenice a pohybovaly se v rozmezí od 1,7 do 2,2 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnoty obsahu tuku byly naměřeny u miliček ve směsi s celozrnnou moukou z kamutu ($P \geq 0,05$).

Hodnoty obsahu tuku pro směsi miliček a pšeničných pekárenských mouk se pohybovaly v rozmezí od 1,5 % do 2,9 %. Nejméně tuku obsahovaly směsi všech použitých miliček s pšeničnou moukou hladkou světlou, a to konkrétně směs o složení 10 hmot. % miličky z Bolívie ve formě mouky a 90 hmotn. % mouky pšeničné hladké (1,5 % tuku). Naopak nejvyšší hodnoty pro obsah tuku měly směsi miličky s kamutem, a to směs s 10 hmotn. % miličky tmavé z USA a 90 hmotn. % celozrnné mouky z červené pšenice (2,9 % tuku).

7.4 Stanovení bílkovin Kjeldahlovou metodou

Stanovení bílkovin bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole 6.6. Bílkoviny byly stanovovány u vzorků miliček z Bolívie, vzorků miliček z USA, u směsí mouk všech miliček s moukou pšeničnou hladkou světlou, moukou z červené pšenice a s moukou z kamutu a byly také analyzovány vzorky samotné mouky pšeničné hladké světlé, mouky z červené pšenice a mouky z kamutu. U každého vzorku byl obsah bílkovin stanoven u 3 mineralizátů, přičemž každý mineralizát byl stanovován 2 krát. Obsah bílkovin byl počítán ze šesti hodnot u každého vzorku a hodnoty byly zprůměrovány a u každého byla vypočtena směrodatná odchylka (\pm SD). Výsledky jsou uvedeny v tabulkách č. 18, 19, 20 a 21.

Tabulka č. 18: Výsledky pro obsahu bílkovin u vzorků miliček

vzorek	Obsah bílkovin [%]
milička z Bolívie ve formě mouky	8,8 \pm 0,3 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	9,9 \pm 0,4 ^b
milička bílá z USA	10,5 \pm 0,3 ^c
milička tmavá z USA	8,9 \pm 0,2 ^a

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD (n = 6).

Hodnoty pro obsah bílkovin se pohybovaly v rozmezí 8,8 – 10,5 %. Nejnižší obsah bílkovin byl stanoven u vzorků miličky z Bolívie ve formě mouky, a to 8,8 % a u miličky tmavé z USA, a sice 8,9 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší obsahy bílkovin měla milička z Bolívie ve formě zrna, a sice 9,9 % a milička bílá z USA, která měla obsah bílkovin 10,5 % ($P < 0,05$). Dle zdroje [37] se obsah bílkovin v miličce habešské pohybuje okolo 13,30 % v zrně. U mouky z miličky z Bolívie je nižší obsah bílkovin jistě způsoben vymletím zrna, kdy do otrub pře-

chází určité množství proteinů. Udává se, že mnohdy při mletí obilovin to bývá úbytek až 30 % proteinů z jejich celkového obsahu. Obsah bílkovin obecně v obilovinách je dán hlavně obsahem N v půdě, který má významný vliv právě na syntézu dusíkatých látek v obilovinách. Pokud tedy půdy, na nichž byly miličky pěstovány, měly nižší obsah dusíku, poté se tento mohl projevit právě v celkovém obsahu hrubých bílkovin [7]

Tabulka č. 19: Výsledky stanovení obsahu bílkovin u vzorků pšeničných mouk

vzorek	Obsah bílkovin[%]
pšeničná mouka hladká světlá	12,7 ± 0,4 ^a
mouka z červené pšenice	10,7 ± 0,3 ^b
mouka z kamutu	12,1 ± 0,3 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 6).

Nejnižší hodnota obsahu bílkovin byla stanovena u mouky z červené pšenice, a to 10,7 % ($P < 0,05$). Vyšší obsah bílkovin byl naměřen u mouk pšeničné hladké, která obsahovala 12,7 % bílkovin a u mouky z kamutu, která obsahovala 12,1 % ($P < 0,05$). Dle zdroje [14] se obsah bílkovin u zrna pšenice obecně pohybuje okolo 12,65 %, naměřené hodnoty se s touto hodnotou shodují. Dle zdroje [50] se obsah bílkovin u zrna červené pšenice pohybuje okolo 10,40 %, kdy jsou námi naměřené výsledky srovnatelné s touto hodnotou. Obsah bílkovin u zrna kamutu se pohybuje okolo 13,68 % [55].

Tabulka č. 20: Výsledky stanovení obsahu bílkovin u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky

	Milička mouka z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička bílá z USA (10 hmotn. %)	Milička tma- vá z USA (10 hmot. %)
	Obsah bílkovin (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah bílko- vin (%)
Pšeničná mouka hladká (90 hmotn. %)	12,3 ± 0,3 ^a	12,3 ± 0,3 ^a	12,4 ± 0,2 ^a	12,3 ± 0,3 ^a

Mouka z červené pšenice (90 hmotn. %)	10,7 ± 0,3 ^b	10,7 ± 0,3 ^b	10,8 ± 0,3 ^b	10,6 ± 0,2 ^b
Mouka z kamutu (90 hmotn. %)	11,8 ± 0,3 ^c	11,7 ± 0,3 ^c	11,8 ± 0,2 ^c	11,7 ± 0,2 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 6).

U směsí s 10 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se obsah bílkovin pohyboval v rozmezí od 10,6 do 12,4 %. Nejnižší hodnoty obsahu bílkovin byly naměřeny u směsí všech miliček a celozrnné mouky z červené pšenice a pohybovaly se v rozmezí od 10,6 do 10,7 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnoty obsahu bílkovin byly naměřeny u miliček ve směsi s moukou pšeničnou hladkou, a to od 12,3 do 12,4 % ($P \geq 0,05$).

Tabulka č. 21: Výsledky stanovení obsahu bílkovin u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky

	Milička mouka z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička bílá z USA (20 hmotn. %)	Milička tmavá z USA (20 hmotn. %)
	Obsah bílkovin (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah bílkovin (%)
Pšeničná mouka hladká (80 hmotn. %)	12,2 ± 0,2 ^a	12,2 ± 0,3 ^a	12,3 ± 0,3 ^a	12,2 ± 0,3 ^a
Mouka z červené pšenice (80 hmotn. %)	10,6 ± 0,2 ^b	10,4 ± 0,3 ^b	10,7 ± 0,2 ^b	10,4 ± 0,3 ^b
Mouka z kamutu (80 hmotn. %)	11,7 ± 0,3 ^c	11,5 ± 0,2 ^c	11,7 ± 0,3 ^c	11,5 ± 0,2 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 6).

U směsí s 20 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se obsah bílkovin pohyboval v rozmezí od 10,4 do 12,3 %. Nejnižší hodnoty obsahu bílkovin byly naměřeny u směsí všech miliček a celozrnné mouky z červené pšenice a pohybovaly se v rozmezí od 10,4 do 10,7 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnoty obsahu bílkovin byly naměřeny u miliček ve směsi s moukou pšeničnou hladkou, a to od 12,2 do 12,3 % ($P \geq 0,05$).

Hodnoty obsahu bílkovin pro směsi miliček a pšeničných pekárenských mouk se pohybovaly v rozmezí od 10,4 do 12,5 %. Nejnížší hodnoty obsahu bílkovin byly naměřeny u směs o složení 20 hmotn. % miličky z Bolívie ve formě zrna a 80 hmotn. % mouky z červené pšenice (10,4 %) a shodně také směs o složení 20 hmotn. % miličky tmavé z USA a 80 hmotn. % mouky z červené pšenice (10,4 %). Nejvíce bílkovin obsahoval vzorek o složení 10 hmotn. % miličky bílé z USA a 90 hmotn. % pšeničné mouky hladké světlé a to konkrétně 12,4 %. Nižší obsah bílkovin může být způsoben vymletím zrna, kdy do otrub přechází určité množství proteinů (úbytek až 30 % proteinů z jejich celkového obsahu).

7.5 Stanovení škrobu dle Ewarse

Stanovení škrobu bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole 6.7. Škrob byl stanovován u vzorků miliček z Bolívie, vzorků miliček z USA, u směsí mouk všech miliček s moukou pšeničnou hladkou světlou, moukou z červené pšenice a s moukou z kamutu a byly také zanalyzovány vzorky samotné mouky pšeničné hladké světlé, mouky z červené pšenice a mouky z kamutu. U každého vzorku byl obsah škrobu stanoven 4 krát. Obsah škrobu byl tedy počítán ze tří hodnot u každého vzorku a hodnoty byly zprůměrovány a u každého byla vypočtena směrodatná odchylka (\pm SD). Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 22, 23, 24 a 25.

Tabulka č. 22: Výsledky pro obsahu škrobu u vzorků miliček

vzorek	Obsah škrobu [%]
milička z Bolívie ve formě mouky	61,8 \pm 1,6 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	60,5 \pm 1,2 ^b
milička bílá z USA	63,6 \pm 1,5 ^c
milička tmavá z USA	62,0 \pm 1,8 ^a

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD (n = 4).

Obsah škrobu byl nejnížší u vzorku miličky z Bolívie původně ve formě zrna a to konkrétně 60,5 % ($P < 0,05$). Nejvyšší obsah škrobu byl u miličky bílé z USA, a sice 63,6 % ($P < 0,05$). Obecně se v obilovinách nachází 50 – 80 % škrobu. Dle Beckera, Gebremairemana a Zarnkova [7] se hodnoty obsahu škrobu pro miličku světlou z USA pohybují okolo

63,6 % a pro miličku tmavou z USA okolo 60,4 %. Výsledky našeho stanovení jsou v souladu s literárními údaji.

Tabulka č. 23: Výsledky stanovení obsahu škrobu u vzorků pšeničných mouk

vzorek	Obsah škrobu [%]
pšeničná mouka hladká světlá	64,9 ± 1,2 ^a
mouka z červené pšenice	60,1 ± 1,6 ^b
mouka z kamutu	70,5 ± 0,9 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 4).

Nejvyšší hodnota obsahu škrobu byla stanovena u mouky z kamutu, která byla 70,5 % ($P < 0,05$), a nejnižší hodnota škrobu byla naměřena u mouky z červené pšenice, a sice 60,1 % ($P < 0,05$). Dle zdroje [33] se obsah škrobu u zrna pšenice obecně pohybuje od 59 – 72 %, laboratorně naměřené hodnoty se v tomto rozmezí pohybují. Obsah škrobu u zrna kamutu se pohybuje okolo 57,5 % [55]. Výsledky naměřené v laboratoři byly vyšší, než uvádí zdroj, což je dáno tím, že hodnoty uvedené v literatuře se vztahují na celé zrno, kdežto v našem případě byla analyzována mouka.

Tabulka č. 24: Výsledky stanovení obsahu škrobu u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky

	Milička mouka z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička bílá z USA (10 hmotn. %)	Milička tmavá z USA (10 hmot. %)
	Obsah škrobu (%)	Obsah škrobu (%)	Obsah škrobu (%)	Obsah škrobu (%)
Pšeničná mouka hladká (90 hmotn. %)	64,7 ± 1,2 ^a	64,5 ± 1,1 ^a	64,9 ± 1,3 ^a	64,7 ± 1,2 ^a
Mouka z červené pšenice (90 hmotn. %)	60,3 ± 0,9 ^b	60,1 ± 0,8 ^b	60,4 ± 0,9 ^b	60,3 ± 1,3 ^b
Mouka z kamutu (90 hmotn. %)	69,6 ± 1,3 ^c	69,6 ± 1,6 ^c	69,9 ± 0,8 ^c	68,8 ± 1,2 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 4).

U směsí s 10 hmotn. % obsahu mličky a příslušné mouky se obsah škrobu pohyboval v rozmezí od 60,1 do 69,9 %. Nejnižší hodnoty obsahu škrobu byly naměřeny u směsí všech mliček a celozrnné mouky z červené pšenice a pohybovaly se v rozmezí od 60,1 do 60,4 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnoty škrobu byly naměřeny u mliček ve směsi s celozrnnou moukou z červené pšenice, a to od 69,6 do 69,9 % ($P \geq 0,05$).

Tabulka č. 25: Výsledky stanovení obsahu škrobu u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % mličky

	Mlička mouka z Bolívie (20 hmotn. %)	Mlička zrno z Bolívie (20 hmotn. %)	Mlička bílá z USA (20 hmotn. %)	Mlička tmavá z USA (20 hmot. %)
	Obsah škrobu (%)	Obsah škrobu (%)	Obsah škrobu (%)	Obsah škrobu (%)
Pšeničná mouka hladká (80 hmotn. %)	64,5 ± 0,9 ^a	64,4 ± 0,8 ^a	64,8 ± 1,5 ^a	64,4 ± 1,8 ^a
Mouka z červené pšenice (80 hmotn. %)	60,4 ± 1,5 ^b	60,2 ± 1,0 ^b	60,8 ± 1,2 ^b	60,5 ± 0,9 ^b
Mouka z kamutu (80 hmotn. %)	68,9 ± 1,2 ^c	68,7 ± 0,8 ^c	69,1 ± 1,6 ^c	68,7 ± 1,4 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 4).

U směsí s 20 hmotn. % obsahu mličky a příslušné mouky se obsah škrobu pohyboval v rozmezí od 60,2 do 69,1 %. Nejnižší hodnoty obsahu škrobu byly naměřeny u směsí všech mliček a celozrnné mouky z červené pšenice a pohybovaly se v rozmezí od 60,2 do 60,8 % ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnoty škrobu byly naměřeny u mliček ve směsi s celozrnnou moukou z červené pšenice, a to od 68,7 do 69,1 % ($P \geq 0,05$).

Hodnoty obsahu škrobu pro směsi mliček a pšeničných pečárenských mouk se pohybovaly v rozmezí od 60,1 do 69,9 %. Nejvíce škrobu obsahovaly směsi mliček s moukou z kamutu a nejméně škrobu obsahovaly směsi mliček s moukou z červené pšenice. Obsah škrobu u mličky je pro pečárenské využití významný ani ne tak svým obsahem, jako svou schopností pozdější retrogradace, která by měla prodloužit čerstvost a skladování pečiva. Z tohoto důvodu se hlavně testuje její přidávání do směsí mouk. Kromě obsahu škrobu je významný také její obsah minerálních látek.

7.6 Stanovení fosforu

Stanovení fosforu bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole 6.8. Fosfor byl stanovován u vzorků miliček z Bolívie, vzorků miliček z USA, u směsí mouk všech miliček s moukou pšeničnou hladkou světlou, moukou z červené pšenice a s moukou z kamutu a byly také analyzovány vzorky samotné mouky pšeničné hladké světlé, mouky z červené pšenice a mouky z kamutu. U každého vzorku byl obsah fosforu stanoven u 2 mineralizátů, přičemž každý mineralizát byl stanoven 4 krát. Obsah škrobu byl tedy počítán z osmi hodnot u každého vzorku a hodnoty byly zprůměrovány a u každého byla vypočtena směrodatná odchylka (\pm SD). Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 26, 27, 28 a 29.

Tabulka č. 26: Výsledky pro obsahu fosforu u vzorků miliček

vzorek	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]
milička z Bolívie ve formě mouky	3,37 \pm 0,11 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	2,82 \pm 0,12 ^b
milička bílá z USA	4,26 \pm 0,13 ^c
milička tmavá z USA	4,16 \pm 0,10 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD (n = 8).

Obsah fosforu byl nejnižší u vzorku miličky z Bolívie původně ve formě zrna, a sice 2,82 g. kg⁻¹ ($P < 0,05$). Nejvyšší obsah fosforu byl u miličky bílé z USA, a to 4,26 g. kg⁻¹ a také u miličky tmavé z USA, a sice 4,16 g. kg⁻¹ ($P \geq 0,05$). Dle zdroje [37] se obsah fosforu ve 100 g zrna miličky pohybuje okolo 429,0 mg. Miličky doručené z USA se okolo této hodnoty pohybují, ovšem miličky z Bolívie obsahují fosforu méně.

Tabulka č. 27: Výsledky stanovení obsahu fosforu u vzorků pšeničných mouk

vzorek	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]
pšeničná mouka hladká světlá	1,25 \pm 0,10 ^a
mouka z červené pšenice	4,22 \pm 0,12 ^b
mouka z kamutu	3,72 \pm 0,10 ^c

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD (n = 8).

Nejnižší hodnota obsahu fosforu byla stanovena u pšeničné mouky hladké světlé $1,25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a nejvyšší u mouky z červené pšenice, a to $4,22 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ($P < 0,05$). Hodnoty obsahu fosforu se u všech mouk statisticky významně lišily. Dle zdroje [35] se obsah fosforu u zrna pšenice obecně pohybuje okolo $396,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Naměřené hodnoty byly výrazně nižší, což může být způsobeno tím, že mouka byla průmyslově zbavena obalových vrstev, kde se nachází minerální látky, tedy i fosfor, který se váže v obalových a podobalových vrstvách ve formě fytátů. Podle zdroje [37] se obsah fosforu u zrna červené pšenice pohybuje okolo $288,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Námí použitá mouka z červené pšenice obsahovala fosforu více, než uvádí zdroj. To může být způsobeno přihnojováním pole hnojivy na bázi N a P. Dle zdroje [55] se obsah fosforu u kamutu pohybuje okolo $411,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Námí naměřené hodnoty jsou naopak nižší.

Tabulka č. 28: Výsledky stanovení obsahu fosforu u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky

	Milička mouka z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (10 hmotn. %)	Milička bílá z USA (10 hmotn. %)	Milička tmavá z USA (10 hmot. %)
	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]
Pšeničná mouka hladká (90 hmotn. %)	$1,23 \pm 0,10^a$	$1,01 \pm 0,10^c$	$1,32 \pm 0,11^a$	$1,53 \pm 0,10^f$
Mouka z červené pšenice (90 hmotn. %)	$3,41 \pm 0,12^b$	$3,05 \pm 0,11^d$	$3,84 \pm 0,12^e$	$4,12 \pm 0,11^g$
Mouka z kamutu (90 hmotn. %)	$3,47 \pm 0,12^b$	$3,46 \pm 0,11^b$	$3,44 \pm 0,12^b$	$3,37 \pm 0,12^b$

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm SD ($n = 8$).

U směsí s 10 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se obsah fosforu pohyboval v rozmezí od $1,01$ do $4,12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší hodnoty obsahu fosforu byly naměřeny u směsi miličky z Bolívie ve formě i zrna a mouky pšeničné hladké, a to $1,01 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a nejvyšší hodnoty obsahu fosforu byly naměřeny u miličky tmavé z USA ve směsi s celozrnnou moukou z červené pšenice, a to $4,12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ($P < 0,05$).

Tabulka č. 29: Výsledky stanovení obsahu fosforu u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky

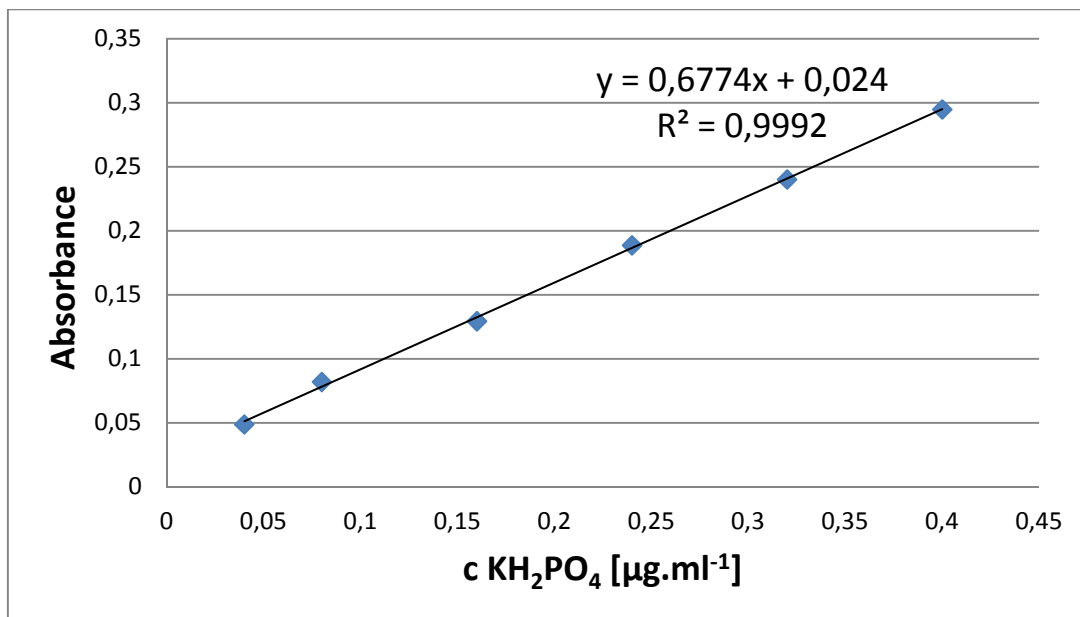
	Milička mouka z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička zrno z Bolívie (20 hmotn. %)	Milička bílá z USA (20 hmotn. %)	Milička tmavá z USA (20 hmot. %)
	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]	Obsah fosforu [g. kg⁻¹]
Pšeničná mouka hladká (80 hmotn. %)	1,52 ± 0,11 ^a	1,17 ± 0,10 ^c	1,56 ± 0,10 ^a	1,62 ± 0,10 ^a
Mouka z červené pšenice (80 hmotn. %)	3,39 ± 0,12 ^b	3,07 ± 0,12 ^d	3,57 ± 0,11 ^b	4,16 ± 0,10 ^d
Mouka z kamutu (80 hmotn. %)	3,38 ± 0,11 ^b	3,02 ± 0,11 ^d	3,46 ± 0,11 ^b	3,49 ± 0,12 ^b

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 8).

U směsí s 20 hmotn. % obsahu miličky a příslušné mouky se obsah fosforu pohyboval v rozmezí od 1,17 do 4,16 g. kg⁻¹. Nejnižší hodnoty obsahu fosforu byly naměřeny u směsi miličky z Bolívie ve formě i zrna a mouky pšeničné hladké, a to 1,17 g. kg⁻¹ a nejvyšší hodnoty obsahu fosforu byly naměřeny u miličky tmavé z USA ve směsi s celozrnnou moukou z červené pšenice, a to 4,16 g. kg⁻¹ ($P < 0,05$).

Hodnoty obsahu fosforu pro směsi miliček a pšeničných pečárenských mouk se pohybovaly v rozmezí od 1,01 do 4,16 g. kg⁻¹. Nejvíce fosforu obsahovaly směsi miličky s moukou z červené pšenice. Obecně se obsah fosforu zvyšuje s rostoucím obsahem miličky ve směsi. Fosfor se ve velkém množství vyskytuje v zejména v aleuronové vrstvě a klíčku, naopak endosperm je na obsah fosforu chudý. Mouky z červené pšenice, kamutu a také z miliček byly celozrnné, tedy obsahovaly vyšší podíl obalových a podobalových vrstev (aleuronová vrstva), kde je fosfor navázán ve formě fytátů, a proto je u těchto směsí obsah fosforu vyšší než u směsí miliček s moukou pšeničnou hladkou [35].

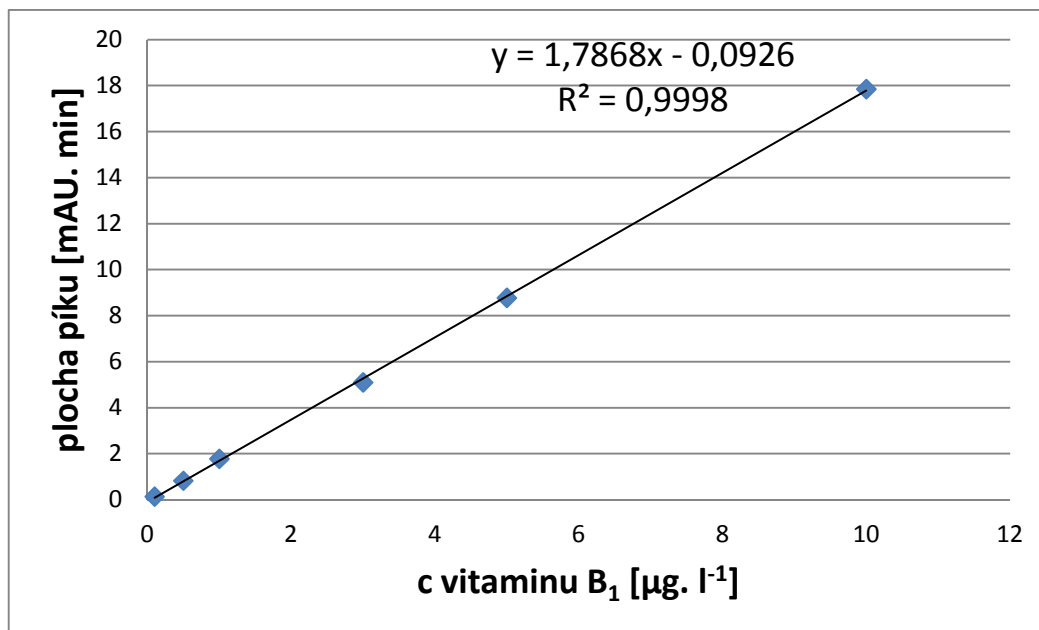
Obsah fosforu byl počítán z rovnice lineární regrese z kalibrační křivky:



Obrázek č. 12: Kalibrační křivka pro výpočet fosforu

7.7 Stanovení vitaminů skupiny B metodou HPLC

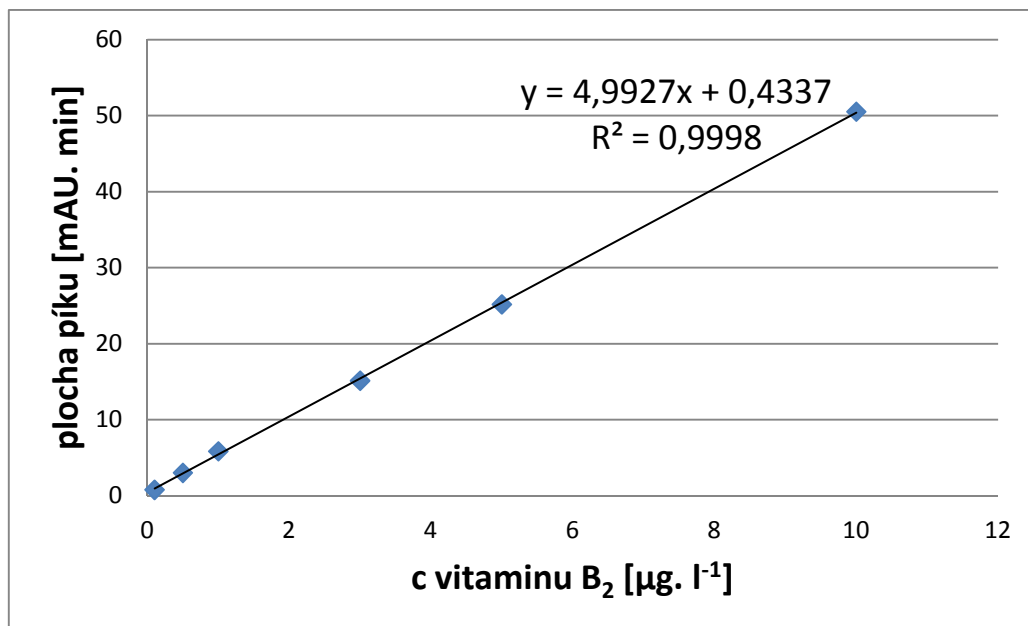
Postup stanovení vitaminů skupiny B pomocí metody HPLC je uveden v kapitole 6.9. Vitaminy byly stanovovány pouze u vzorků miliček, a to konkrétně vitaminy B₁, B₂, B₃, B₆, B₉ a B₁₂. U každého vzorku byl obsah vitaminů stanoven 6 krát. Obsah vitaminů byl tedy počítán ze šesti hodnot u každého vzorku a hodnoty byly zprůměrovány a u každého byla vypočtena směrodatná odchylka (\pm SD). Výsledky jsou uvedeny v tabulkách č. 30, 31, 32, 33, 34 a 35.

Obrázek č. 13: Kalibrační křivka pro vitamin B₁Tabulka č. 30: Výsledky obsahu vitamínu B₁ u miliček

	Obsah vitamínu B₁ [mg·kg⁻¹]
milička z Bolívie ve formě mouky	1,74 ± 0,07 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	3,11 ± 0,07 ^b
milička bílá z USA	2,73 ± 0,02 ^c
milička tmavá z USA	3,90 ± 0,02 ^d

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 6).

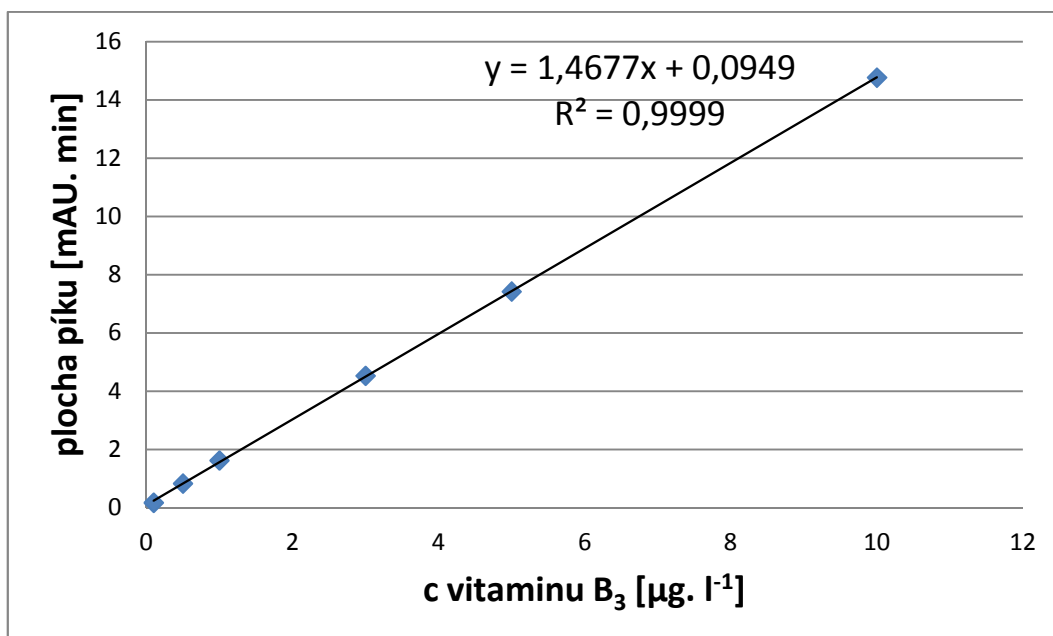
Nejnižší obsah tiaminu má milička z Bolívie ve formě mouky, a to 1,74 mg·kg⁻¹ a nejvyšší milička tmavá z USA, a to 3,90 mg·kg⁻¹ (P < 0,05). Všechny výsledky u stanovení tohoto vitamínu se od sebe statisticky významně liší (P < 0,05). Zdroj [37] uvádí, že ve 100 g zrna miličky habešské se nachází přibližně 0,39 mg tiaminu. Námi naměřené výsledky jsou v korelaci s literárními údaji, u vymleté mouky miličky z Bolívie se dal nízký obsah tiaminu předpokládat. Právě tento vitamin je nejvíce odstraňován právě vymíláním obilných zrn.

Obrázek č. 14: Kalibrační křivka pro vitamin B₂Tabulka č. 31: Výsledky obsahu vitamínu B₂ u miliček

	Obsah vitamínu B ₂ [mg. kg ⁻¹]
milička z Bolívie ve formě mouky	1,24 ± 0,04 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	3,01 ± 0,05 ^b
milička bílá z USA	3,09 ± 0,03 ^b
milička tmavá z USA	3,04 ± 0,04 ^b

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 6).

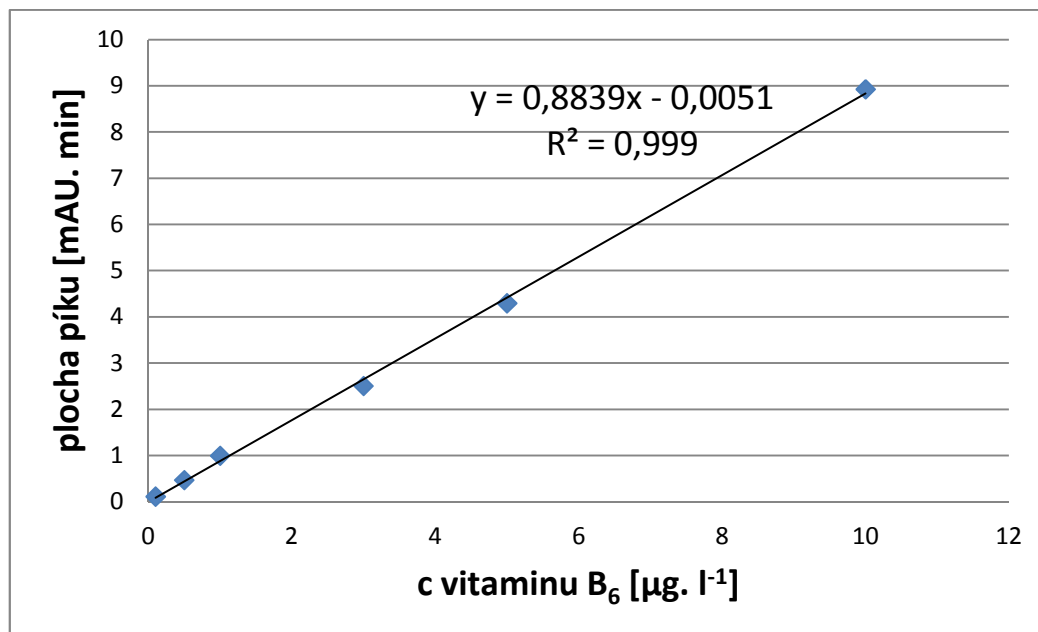
Nejnižší obsah riboflavinu má milička z Bolívie ve formě mouky, a to 1,24 mg. kg⁻¹ (P < 0,05). Naopak nejvyšší hodnoty měly milička z Bolívie ve formě zrna (3,01 mg. kg⁻¹), milička bílá z USA (3,09 mg. kg⁻¹) a milička bílá z USA (3,04 mg. kg⁻¹). Tyto výsledky se od sebe statisticky významně neliší (P ≥ 0,05). Zdroj [37] uvádí, že ve 100 g zrna miličky habešské se nachází přibližně 0,27 mg riboflavinu. Námi naměřené množství u zrn miliček je o něco vyšší, nicméně u mouky z miličky se také dal nízký obsah vitamínu B₂ očekávat, kvůli vymletí zrn. Dále, kromě vymletí na nízký obsah riboflavinu může mít vliv vystavení mouky světlu. Riboflavin je fotolabilní a mouka byla doručena v průhledném PET obalu.

Obrázek č. 15: Kalibrační křivka pro vitamin B₃Tabulka č. 32: Výsledky obsahu vitamínu B₃ u miliček

	Obsah vitamínu B ₃ [mg. kg ⁻¹]
milička z Bolívie ve formě mouky	21,10 ± 0,08 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	38,58 ± 1,20 ^b
milička bílá z USA	41,21 ± 1,14 ^c
milička tmavá z USA	45,50 ± 1,20 ^d

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 6).

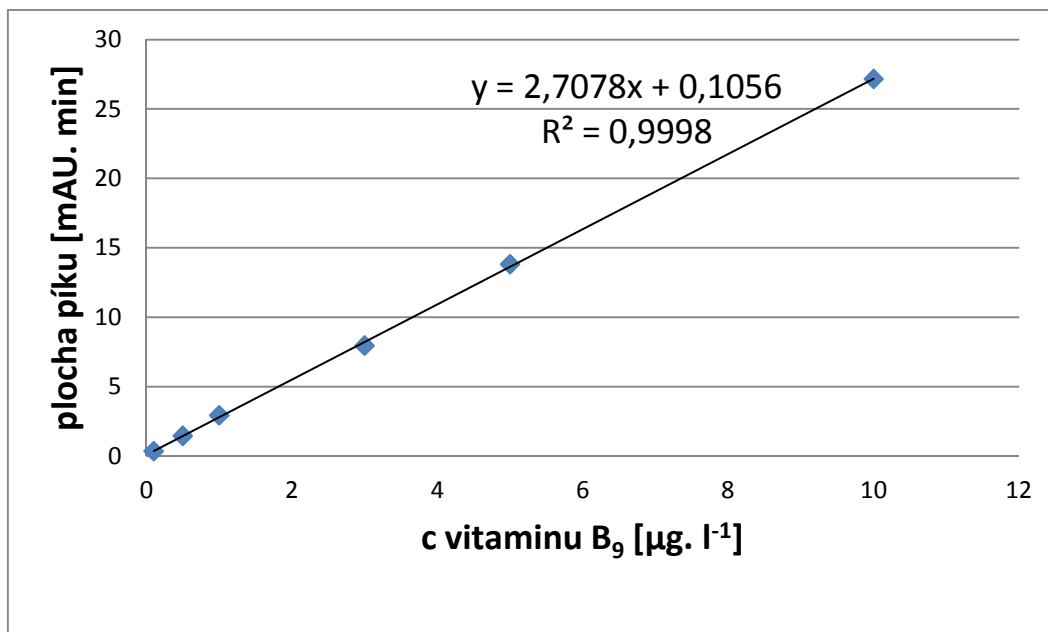
Nejnižší obsah niacinu má milička z Bolívie ve formě mouky, a to 21,10 mg. kg⁻¹ a nejvyšší milička tmavá z USA, a sice 45,50 mg. kg⁻¹ ($P < 0,05$). Všechny výsledky u stanovení tohoto vitamínu se od sebe statisticky významně liší ($P < 0,05$). Zdroj [37] uvádí, že ve 100 g zrna miličky habešské se nachází 3,36 mg niacinu. Námi naměřené hodnoty vykazují v zrnech miliček vyšší obsahy niacinu. Naopak nejnižší obsah niacinu v mouce miličky z Bolívie se dal předpokládat.

Obrázek č. 16: kalibrační křivka pro vitamin B₆Tabulka č. 33: Výsledky obsahu vitamínu B₆ u miliček

	Obsah vitamínu B₆ [mg. kg⁻¹]
milička z Bolívie ve formě mouky	2,70 ± 0,10 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	3,93 ± 0,20 ^b
milička bílá z USA	6,29 ± 0,21 ^c
Milička tmavá z USA	3,58 ± 0,80 ^d

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 6).

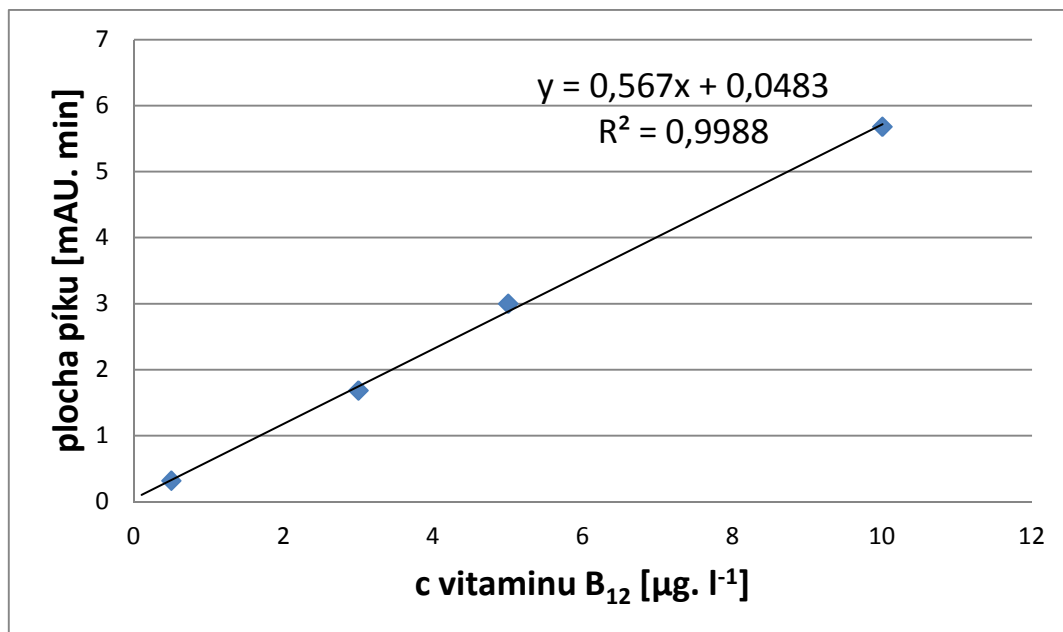
Nejnižší obsah pyridoxinu má milička z Bolívie ve formě mouky, a to 2,70 mg.kg⁻¹ a nejvyšší obsah má milička bílá z USA, a to 6,29 mg.kg⁻¹ ($P < 0,05$). I zde se všechny výsledky obsahu pyridoxinu statisticky liší ($P < 0,05$). Zdroj [37] uvádí, že ve 100 g zrna miličky se nachází cca 0,48 mg pyridoxinu.

Obrázek č. 17: kalibrační křivka pro vitamin B₉Tabulka č. 34: Výsledky obsahu vitamínu B₉ u miliček

	Obsah vitamínu B₉ [mg. kg⁻¹]
milička z Bolívie ve formě mouky	2,41 ± 0,10 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	4,15 ± 0,12 ^b
milička bílá z USA	4,94 ± 0,13 ^c
milička tmavá z USA	5,63 ± 0,12 ^d

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 6).

Nejnižší obsah vitamínu B₉ má milička z Bolívie ve formě mouky, a sice 2,41 mg. kg⁻¹ a nejvyšší milička tmavá z USA 5,63 mg. kg⁻¹ ($P < 0,05$). U pšenice se uvádí obsah vitamínu B₉ cca 347 až 507 µg ve 100 g zrna, u rýže je to cca 227 až 375 µg ve 100 g zrna [74]. Obsah vitamínu B₉ v miličce je srovnatelný s obsahem vitamínu B₉ u pšenice.

Obrázek č. 18: kalibrační křivka pro vitamin B₁₂Tabulka č. 35: Výsledky obsahu vitamínu B₁₂ u miliček

	Obsah vitamínu B₁₂ [mg. kg⁻¹]
milička z Bolívie ve formě mouky	0,10 ± 0,01 ^a
milička z Bolívie ve formě zrna	0,14 ± 0,01 ^a
milička bílá z USA	0,12 ± 0,01 ^a
milička tmavá z USA	0,26 ± 0,01 ^a

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 6).

Obsah vitamínu B₁₂ u vzorků miliček se pohyboval v rozmezí od 0,10 do 0,26 mg. kg⁻¹, přičemž výsledky obsahu tohoto vitamínu se od sebe statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$). Vitamin B₁₂ se nachází především v živočišné stravě, potraviny rostlinného původu jsou často tímto vitamínem fortifikovány. Obsah tohoto vitamínu ve 100 g zrna pšenice obecné je 0,01 µg [74]. Námi naměřené hodnoty vitamínu B₁₂ u vzorků miliček jsou vyšší než u pšenice obecné.

ZÁVĚR

Milička habešská patří mezi tradiční a hlavní plodinu pěstovanou v Africe, konkrétně v Etiopii, Eritrey a Somálsku. Tato obilovina bohatá svým nutričním složením se pěstuje již tisíce let jako hlavní složka výživy obyvatelstva v těchto státech. Její hlavní využití je v potravinářském průmyslu. Jedná se o bezlepkovou obilninu, která začíná být využívána jako náhrada za pšenici obecnou v pekárenství a která je využívána pro vývoj nových produktů. Zájem mezinárodního trhu o tuto obilovinu a poptávka po ní stále roste.

Látkové složení miličky se podobá tradičním druhům obilovin, jako je pšenice, rýže, ječmen, atd., avšak v mnoha ohledech nabízí více živin. Milička je považována za potravinu pro celiaky, protože bílkoviny této obiloviny tvoří lepek. Dále má vysoký obsah vlákniny a je dobrým zdrojem minerálních látek, především železa, vápníku a fosforu. Z vitaminů je významný především vysoký obsah tiaminu.

Cílem teoretické části diplomové práce bylo zpracovat literární rešerši o miličce habešské, jejím původu, základním chemickém složení a po nutriční stránce srovnat tuto obilovinu s dalšími obilovinami používanými v pekárenském průmyslu. Cílem praktické části diplomové práce bylo stanovit nutriční parametry směsí mouk miličky habešské (milička z Bolívie ve formě mouky a zrna, milička bílá z USA a milička tmavá z USA) s pšeničnou moukou hladkou světlou, moukou z červené pšenice a moukou z kamutu, které mají sloužit jako konečný výrobek, který bude distribuován do malo- i velkoobchodní sítě. U vzorků směsí, miliček i pšeničných mouk byl stanoven obsah vlhkosti, popele, tuku, bílkovin, škrobu a fosfor. U vzorků miliček byly také stanoveny vitaminy skupiny B metodou HPLC. Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny a diskutovány s dostupnou odbornou literaturou.

Hodnoty vlhkosti se pohybovaly v rozmezí od 8,7 do 11,5 %. Obecně byly hodnoty vlhkosti nižší u směsí miliček s pšeničnou hladkou moukou a vyšší ve směsích miliček s celozrnnou moukou z červené pšenice a u směsí s celozrnnou moukou z kamutu. Z tohoto lze soudit, že celozrnné mouky, které obsahují více obalových vrstev, mají vyšší hodnoty vlhkosti.

Obsah popele se pohyboval od 0,8 do 2,3 %. Nejvyšší hodnoty obsahu popele měly směsi miličky s celozrnnou moukou z červené pšenice. Obsah popele souvisí s obsahem obalových vrstev (čím více obalových vrstev, tím více popelovin). Nejméně minerálních látek měly logicky směsi miličky s moukou pšeničnou hladkou a naopak nejvyšší hodnoty mine-

rálních látek měly směsi miličky s moukou z červené pšenice. Jak je z výsledků patrné, přídavek miličky do hladké mouky tak zvyšuje obsah popelovin, tudíž i minerálních látek, na které je milička bohatá.

Obsah tuku se pohyboval od 1,5 do 2,9 %. Nejméně tuku obsahovaly směsi všech použitých miliček s pšeničnou moukou hladkou světlou. Naopak nejvyšší hodnoty pro obsah tuku měly směsi miličky s kamutem.

Hodnoty obsahu bílkovin pro směsi miliček a pšeničných pekárenských mouk se pohybovaly v rozmezí od 10,4 do 12,5 %. Nejnížší hodnoty obsahu bílkovin byly naměřeny u směsí miliček a mouky z červené pšenice. Nejvíce bílkovin obsahovaly směsi miliček a pšeničné mouky hladké světlé.

Hodnoty obsahu škrobu pro směsi miliček a pšeničných pekárenských mouk se pohybovaly v rozmezí od 60,1 do 69,9 %. Nejvíce škrobu obsahovaly směsi miliček s moukou z kamutu a nejméně škrobu obsahovaly směsi miliček s moukou z červené pšenice.

Hodnoty obsahu fosforu pro směsi miliček a pšeničných pekárenských mouk se pohybovaly v rozmezí od 1,01 do 4,16 g. kg⁻¹. Nejvíce fosforu obsahovaly směsi miličky s moukou z červené pšenice a nejméně směsi miliček s pšeničnou moukou hladkou. Obecně se obsah fosforu zvyšuje s rostoucím obsahem miličky ve směsi. Mouky z červené pšenice, kamutu a také z miliček byly celozrnné, tedy obsahovaly vyšší podíl obalových a podobalových vrstev (aleuronová vrstva), kde je fosfor navázán, a proto je u těchto směsí obsah fosforu vyšší než u směsí miliček s moukou pšeničnou hladkou.

Pouze u vzorků miliček byly také stanovovány vitaminy B₁, B₂, B₃, B₆, B₉ a B₁₂. Obecně má milička vyšší obsah vitamínu skupiny B než pšenice obecná. Nejnižší obsah vitaminů této skupiny u miličky z Bolívie doručené ve formě zrna, neboť u vymleté mouky miličky je právě tato skupina vitaminů B nejvíce odstraňována právě vymíláním obilných zrn.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LACEY, Trevor a Carol LLEWELLYN. Eragrostis Tef as a Specialized Niche Crop. *Farmnote*. 2005, č. 42. ISSN 0726-9346.
- [2] GIRMA, Tewodros, Geremew BULTOSA, Negussie BUSSA, Paul AINSWORTH, Emma DERBYSHIRE a M. E. SORRELLS. Effect of grain tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] flour substitution with flaxseed on quality and functionality of injera. *International Journal of Food Science*. 2013, roč. 48, č 2, s. 350-356.
- [3] BRINK, M. a G. BELAY. *Cereals and Pulses*. Wageningen: PROTA Foundanti-on, 2006. ISBN 90-5782-170-2.
- [4] SMALL, Ernest. *Top 100 Food Plants*. Ontario: NRC Press, 2009. ISBN 978-0-660-19858-3.
- [5] XU, F., C. TONG, Y. LYU, W. BO, X. PANG a R. WU. Allotetraploid and auto-tetraploid models of linkage analysis. *Briefings in Bioinformatics*. Dostupné z: <http://bib.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/bib/bbt075>.
- [6] KETEMA, Seyfu. *Tef – Eragrostis Tef (Zucc.) Trotter*. Rome: IPRGI, 1997. ISBN 92-9043-304-3.
- [7] HABTEGEBRIAL, K., B.R. SINGH a M. HAILE. Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) and soil properties. *Soil and Tillage Research*. 2007, roč. 94, č. 1, s. 55-63.
- [8] ASSEFA, K., J.-K. YU, M. ZEID, G. BELAY, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. Breeding tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) trotter]: conventional and molecular approaches. *Plant Breeding*. 2011, roč. 130, č. 1, s. 1-9.
- [9] BALOUNOVÁ, M. a K. VACULOVÁ. Milička habešská neboli TEFF. *Obilnářské listy*. 2009, roč. 17, č. 1, s. 32-33.
- [10] ARAYA, A., Leo STROOSNIJDER, G. GIRMAY, S.D. KEESSTRA, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.): conventional and molecular approaches. *Agricultural Water Management*. 2011, roč. 98, č. 5, s. 775-783.
- [11] TULEMA, B, J AUNE, F JOHNSEN, B VANLAUWE, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. The prospects of reduced tillage in tef (*Eragrostis tef* Zucca) in Gare

- Arera, West Shawa Zone of Oromiya, Ethiopia: conventional and molecular approaches. *Soil and Tillage Research*. 2008, roč. 99, č. 1, s. 58-65.
- [12] ŠUCHMANNOVÁ, I. *Pěstujeme rostliny k sušení*. Praha: Grada Publishing, 2006. ISBN 80-247-1555-4.
- [13] GEBREMARIAM, Mekonnen M., Martin ZARNKOW, Thomas BECKER, B VANLAUWE, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. Effect of teff (*Eragrostis tef*) variety and storage on malt quality attributes: conventional and molecular approaches. *Journal of the Institute of Brewing*. 2013, roč. 119, č. 1-2, s. 64-70.
- [14] HRABĚ, J., O. ROP a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: UTB- Academia centrum Zlín, 2006. ISBN 80-7318-372-2.
- [15] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P. a M. HRUŠKOVÁ. *Cereální chemie a technologie I*. Praha: Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-530-7.
- [16] KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1. vydání, 2007. ISBN 978-80-7271-184-0.
- [17] *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter [online, cit. 2014-02-22]. Dostupný z: <http://www.prota4u.org/protav8.asp?h=M4,tef&p=Eragrostis+tef>
- [18] DIJKSTRA, A. *Survey on the nutritional and health aspects of TIFF (Eragrostis tef)*. Cartagena: Hogeschool van Hall-Larenstein, 2008. ISBN 90-564-7855-3.
- [19] Guttman N and Jaffe A. "We didn't have it in Ethiopia": Preliminary Findings on Attitudes and beliefs of Ethiopian immigrants to Israel regarding diabetes. The 130th Annual Meeting of APHA, November 12, 2002.
- [20] The Whole Grain Guide, 1997, Nutrition Action Newsletter, Center for Science in the Public Interest.
- [21] ZEWDU, A.D., W.K. SOLOMON, Thomas BECKER, B VANLAUWE, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. Moisture-Dependent Physical Properties of Tef Seed: conventional and molecular approaches. *Biosystems Engineering*. 2007, roč. 96, č. 1, s. 57-63.
- [22] ABEBE, Workineh, Felicidad RONDA, Thomas BECKER, B VANLAUWE, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. Rheological and textural properties of teff [*Erag-*

- rostis tef* (Zucc.) Trotter] grain flour gels: conventional and molecular approaches. *Journal of Cereal Science*. 2014, roč. 96, č. 1, s. 1-9.
- [23] WOKADALA, Obiro Cuthbert, Suprakas Sinha RAY, Mohammad Naushad EMMAMBUX, B VANLAUWE, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. Occurrence of amylose–lipid complexes in teff and maize starch biphasic pastes: conventional and molecular approaches. *Carbohydrate Polymers*. 2012, roč. 90, č. 1, s. 616-622.
- [24] D’SILVA, Tanya V., John R.N. TAYLOR, M. Naushad EMMAMBUX, B VANLAUWE, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. Enhancement of the pasting properties of teff and maize starches through wet–heat processing with added stearic acid: conventional and molecular approaches. *Journal of Cereal Science*. 2011, roč. 53, č. 2, s. 192-197.
- [25] BULTOSA, G. a J.R.N. TAYLOR. Chemical and Physical Characterization of Grain Tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] Starch Granule Composition. *Starch/Stärke*. 2003, č. 55, s. 304-312.
- [26] BULTOSA, Geremew, Bruce R. HAMAKER, James N. BEMILLER, B VANLAUWE, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. An SEC–MALLS Study of Molecular Features of Water-soluble Amylopectin and Amylose of Tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] Starches: conventional and molecular approaches. *Starch - Stärke*. 2008, roč. 60, č. 1, s. 8-22.
- [27] ADEBOWALE, Abdul-Rasaq A., M. Naushad EMMAMBUX, Mervyn BEUKES, John R.N. TAYLOR, H. TEFERA a M. E. SORRELLS. Fractionation and characterization of teff proteins: conventional and molecular approaches. *Journal of Cereal Science*. 2011, roč. 54, č. 3, s. 380-386.
- [28] TATHAM, A.S. a kol. Characterization of the Major Prolamins of Teff (*Eragrostis tef*) and Finger Millet (*Eulesine coracara*). *Journal of Cereal Science*. 1996, roč. 24, s. 65–71.
- [29] MOHD, S., ALAM, Z., ZAHIR, A., WAQAR, A., TAUQIN, A. a K. IKHTIAR. Characterization of Wheat Varieties by Seed Storage Protein Electrophoresis. *African Journal of Biotechnology*. 2007, roč. 6, č. 5, s. 497 – 500. ISSN 16845315.

- [30] GIANIBELLI, M., C., LARROQUE, O., MACRITCHIE, F. a C. W. WRIGLEY. *Biochemical, Genetic and Molecular Characterization of Wheat Endosperm Proteins*. American Association of Cereal Chemists, Inc., 2001. ISSN 0926-0100.
- [31] Lepek [online, cit. 2014-02-26]. Dostupné z:
<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76572>
- [32] Wheat protein [online, cit. 2012-05-01]. Dostupné z:
<http://www.landfood.ubc.ca/courses/fnh/301/protein/protq4.htm>
- [33] VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin 3*. Tábor: Osis, 1. vydání, 1999. ISBN 80-902391-5-3.
- [34] HAGER, Anna-Sophie, Anika WOLTER, Fritz JACOB, Emanuele ZANNINI, Elke K. ARENDT a M. E. SORRELLS. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours: conventional and molecular approaches. *Journal of Cereal Science*. 2012, roč. 56, č. 2, s. 239-247.
- [35] UMETA, Melaku, Clive E. WEST, Habtamu FUFA, Emanuele ZANNINI, Elke K. ARENDT a M. E. SORRELLS. Content of zinc, iron, calcium and their absorption inhibitors in foods commonly consumed in Ethiopia: conventional and molecular approaches. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2005, roč. 18, č. 8, s. 803-817
- [36] ABEBE, Yewelsew, Alemtsehay BOGALE, K. Michael HAMBIDGE, Barbara J. STOECKER, Karl BAILEY a Rosalind S. GIBSON. Phytate, zinc, iron and calcium content of selected raw and prepared foods consumed in rural Sidama, Southern Ethiopia, and implications for bioavailability: conventional and molecular approaches. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2007, roč. 20, č. 3-4, s. 161-168.
- [37] Nutritional Info: TEFF, uncooked [online, cit. 2014-03-01]. Dostupné z:
<http://skipthepie.org/cereal-grains-and-pasta/teff-uncooked/>
- [38] SHADIDI, F. a A. CHANDRASEKARA. Millet grain phenolic and their role in disease risk reduction and health promotion: A review. *Journal of Functional Foods*. 2003, č. 5, s. 570-581.
- [39] JIRSA, O., POLIŠENSKÁ, I. a S., PALÍK. Kvalita potravinářských obilovin 2011. *Obilnářské listy*. 2011, roč. 19, č. 3 – 4, s. 53-55.

- [40] ELIÁŠOVÁ, M. a kol. Vliv přídavku ječných krup na vybrané nutriční a jakostní parametry celozrnného pečiva. *Obilnářské listy*. 2013, roč. 21, č. 3 – 4, s. 65 – 68.
- [41] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 333/1997 Sb., pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky cukrářské výrobky a těsta.
- [42] PRŮCKLER, Michael, Susanne SIEBENHANDL-EHN, Silvia APPRICH, Stefan HÖLTINGER, Cornelia HAAS, Erwin SCHMID a Wolfgang KNEIFEL. Wheat bran-based biorefinery 1: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *LWT - Food Science and Technology*. 2014, roč. 56, č 2, s. 211-221.
- [43] KENT, N., L. a A. D. EVERS. *Technology of Cereals*. Woodhead Publishing, 1994. ISBN 0-08-040833-8.
- [44] Francis, Frederick J. *Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology*. John Wiley & Sons, 2. vydání, 1999. ISBN 978-0-471-19285-5.
- [45] GRAMAN Josef a Vladislav ČURN. *Šlechtění rostlin*. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta: České Budějovice, 1997. ISBN 80-7040- 255- 5.
- [46] Kvalita obilovin [online, cit. 2014-03-02]. Dostupné z:
http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN__s44x8475.html
- [47] Wheat kernel [online, cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.foodscience-avenue.com/search/label/wheat>
- [48] Gluten confirmed to cause weight gain [online, cit. 2014-03-02]. Dostupné z:
<http://www.hungryforchange.tv/article/gluten-confirmed-to-cause-weight-gain>
- [49] Profil taxonu – pšenice setá [online, cit. 2014-03-02]. Dostupné z:
<http://www.biolib.cz/cz/taxon/id185591/>
- [50] Pšenice červená Bio [online, cit. 2014-03-02]. Dostupné z:
<http://www.solnelampy.cz/name/P%C5%A1enice+%C4%8Derven%C3%A1+BI+O/product-details/7e56467d-91bf-4eab-9214-dc5443228412/process.aspx>
- [51] BARTL, P. a kol. Stanovení antokyanů v pšenicích s purpurově a modře zbarveným zrnem. *Obilnářské listy*. 2013, roč. 21, č. 3 – 4, s. 75 – 78.
- [52] Barevné srovnání červené a bílé pšenice [online, cit. 2014-03-03]. Dostupné z:
<http://nourishnetwork.com/2009/08/25/get-a-new-grain-wheat-berries/>
- [53] BEWLEY, J. D. a kol. *The Encyclopedia of Seeds: Science, Technology and Uses*. London: CAB International, 2006. ISBN 0-85199-723-6.

- [54] Kamut [online, cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.wisegeek.org/what-is-kamut-flour.htm>
- [55] DÉGRAFF, L. *The Complete Guide to Growing and Using Wheatgrass*. Florida: Atlantic Publishing Group, 2011. ISBN 1-60138-339-8.
- [56] SEVEROVÁ, M. a P. BŘEZINA. *Návody pro laboratorní cvičení z analýzy potravin*. Vyškov: VUŠ PV, 1998. ISBN 80-7231-022-4.
- [57] Norma ČSN ISO 712 (46 1014), Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Praktická referenční metoda.
- [58] Sušárna Venticell BTM [online, cit. 2014-03-04]. Dostupné z: <http://www.labicom.cz/s-nucenou-ventilaci-257/>
- [59] Norma ČSN ISO 2171 (46 1019), Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich - Stanovení obsahu popela spalováním.
- [60] Muflová pec [online, cit. 2014-03-04]. Dostupné z: <http://www.elsklo.cz/cs/katalog-peci/laboratorni-muflova-pec.html>
- [61] SKOUPIL, J., a Z. LECJKOVÁ. *Chemické kontrolní metody*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1998.
- [62] Twisselmannův extractor [online, cit. 2014-03-06]. Dostupné z: http://www.kavalier.cz/en/glass-apparatus___extractor-twisselmann___technical-glass___laboratory-glass.html
- [63] KÁŠ, J., KODÍČEK, M. a O. VALENTOVÁ. *Laboratorní techniky biochemie*. Praha: Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, 1. vydání, 2007. ISBN 80-7080-586-2.
- [64] Norma ČSN EN ISO 20483 (46 1401), stanovení obsahu dusíku a výpočet dusíkatých látek pro obiloviny a luštěniny.
- [65] Parnas - Wagnerova aparatura [online, cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.witeg.de/1749797951/120/PD61/2505610/auto/32030309/0/1/Witeg+Picture.html>
- [66] Norma ČSN ISO 10 520 (56 6120), Stanovení obsahu škrobu – Ewersova polarimetrická metoda.
- [67] Polarimetr kruhový POL1 [online, cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.verkon.cz/polarimetry-kruhove/>

- [68] Modifikace normy ČSN EN ISO 6878 (757465), Jakost vod – Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným.
- [69] JACKWERTH, E. a S. GOMIŠČEK S. *Pure & Appl. Chem.* 1984, roč. 56, č. 479.
- [70] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. Ostrava: Nakladatelství Pavel Klouda, 2003. ISBN 80-86369-07-2.
- [71] CHURÁČEK, J. a kol.: *Analytická separace látek* 1.vyd. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00569-8.
- [72] HPLC [online, cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/~pcoufal/hplc.html>
- [73] Mlýnek na obilí Waldner Biotech COMBI – STAR [online, cit. 2014-03-09]. Dostupné z : <http://www.atranet.cz/elektricky-mlynek-na-obili-vlockovac-waldner-biotech-combi-star/d-70409/>
- [74] BATIFOULIER, F., M.-A. VERNY, E. CHANLIAUD, C. RÉMÉSY, C. DEMIGNÉ, Erwin SCHMID a Wolfgang KNEIFEL. Variability of B vitamin concentrations in wheat grain, milling fractions and bread products: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *European Journal of Agronomy*. 2006, roč. 25, 4. 2, s. 163-169.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DAD	Detektor diodového pole
DDD	Denní doporučená dávka
NIR	Infračervená spektroskopie v blízké části infračerveného spektra
NIT	Reflektance v blízké části infračerveného spektra
RP HPLC	Reverzní vysokoučinná kapalinová chromatografie
SD	Směrodatná odchylka
TFA	Trifluoroctová kyselina
USA	Spojené státy americké
UV/VIS	Ultrafialovo-viditelná spektroskopie

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: <i>Eragrostis tef</i> [17]	15
Obrázek č. 2: Klasy a zrno pšenice obecné [48].....	24
Obrázek č. 3: Barevné srovnání červené a bílé pšenice [52]	25
Obrázek č. 4: Srovnání kamutu (vlevo) a pšenice obecné (vpravo) [55].	26
Obrázek č. 5: Sušárna Venticell BTM [58]	28
Obrázek č. 6: Laboratorní muflová pec [60].....	29
Obrázek č. 7: Twisselmannův extraktor [62].....	29
Obrázek č. 8: Parnas - Wagnerova aparatura [65]	31
Obrázek č. 9: Polarimetr [67]	31
Obrázek č. 10: Schéma kapalinového chromatografu [72].....	33
Obrázek č. 11: Mlýnek na obilí Waldner Biotech COMBI - STAR [73].....	38
Obrázek č. 12: Kalibrační křivka pro výpočet fosforu	63
Obrázek č. 13: Kalibrační křivka pro vitamin B ₁	64
Obrázek č. 14: Kalibrační křivka pro vitamin B ₂	65
Obrázek č. 15: Kalibrační křivka pro vitamin B ₃	66
Obrázek č. 16: kalibrační křivka pro vitamin B ₆	67
Obrázek č. 17: kalibrační křivka pro vitamin B ₉	68
Obrázek č. 18: kalibrační křivka pro vitamin B ₁₂	69

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Produkce obilovin pěstovaných v Etiopii za rok 2006 – 2007 [8].....	14
Tabulka č. 2: Obsah nutričně významných látek ve 100 g mouky pšeničné a v mouce z miličky habešské [18, 19, 20].....	17
Tabulka č. 3: Obsah minerálních látek a jejich vyjádření v DDD (denní doporučené dávky) ve 100 g zrna miličky habešské [37].....	20
Tabulka č. 4: Druhy mouk dle stupně vymletí a obsahu minerálních látek [41].....	22
Tabulka č. 5: Procentuální zastoupení složek u 100 g zrna pšenice obecné, červené pšenice, kamutu a miličky habešské [6, 14, 51, 54].....	27
Tabulka č. 6: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků miliček.....	45
Tabulka č. 7: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků mouk.....	46
Tabulka č. 8: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky.....	46
Tabulka č. 9: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky.....	47
Tabulka č. 10: Výsledky stanovení obsahu popele u vzorků miliček.....	48
Tabulka č. 11: Výsledky stanovení obsahu popele u vzorků mouk.....	49
Tabulka č. 12: Výsledky stanovení popele u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky.....	49
Tabulka č. 13: Výsledky stanovení popele u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky.....	50
Tabulka č. 14: Výsledky pro stanovení obsahu tuku u vzorků miliček.....	51
Tabulka č. 15: Výsledky stanovení obsahu tuku u vzorků mouk.....	52
Tabulka č. 16: Výsledky stanovení obsahu tuku u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miliček.....	52
Tabulka č. 17: Výsledky stanovení obsahu tuku u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky.....	53
Tabulka č. 18: Výsledky pro obsahu bílkovin u vzorků miliček.....	54
Tabulka č. 19: Výsledky stanovení obsahu bílkovin u vzorků pšeničných mouk.....	55
Tabulka č. 20: Výsledky stanovení obsahu bílkovin u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky.....	55
Tabulka č. 21: Výsledky stanovení obsahu bílkovin u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky.....	56

Tabulka č. 22: Výsledky pro obsahu škrobu u vzorků miliček	57
Tabulka č. 23: Výsledky stanovení obsahu škrobu u vzorků pšeničných mouk	58
Tabulka č. 24: Výsledky stanovení obsahu škrobu u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky	58
Tabulka č. 25: Výsledky stanovení obsahu škrobu u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky	59
Tabulka č. 26: Výsledky pro obsahu fosforu u vzorků miliček.....	60
Tabulka č. 27: Výsledky stanovení obsahu fosforu u vzorků pšeničných mouk.....	60
Tabulka č. 28: Výsledky stanovení obsahu fosforu u vzorků směsí o složení 10 hmotn. % miličky	61
Tabulka č. 29: Výsledky stanovení obsahu fosforu u vzorků směsí o složení 20 hmotn. % miličky	62
Tabulka č. 30: Výsledky obsahu vitamínu B ₁ u miliček.....	64
Tabulka č. 31: Výsledky obsahu vitamínu B ₂ u miliček.....	65
Tabulka č. 32: Výsledky obsahu vitamínu B ₃ u miliček.....	66
Tabulka č. 33: Výsledky obsahu vitamínu B ₆ u miliček.....	67
Tabulka č. 34: Výsledky obsahu vitamínu B ₉ u miliček.....	68
Tabulka č. 35: Výsledky obsahu vitamínu B ₁₂ u miliček.....	69