

Analýza minerálních prvků netradičních mouk

Karolína Vilišová

Bakalářská práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Karolína Vilišová
Osobní číslo: T20533
Studijní program: B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace: Technologie potravin
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Analýza minerálních prvků netradičních mouk

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Shrnout technologii výroby a chemické složení netradičních mouk použité v experimentální části a srovnat je s běžnými moukami.

II. Experimentální část

Stanovit stravitelnost netradičních vzorků mouk, připravit jejich nestrávený podíl a tento společně s nativními moukami analyzovat na obsah prvků pomocí ICP-MS.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] WILSCHEFSKI, Scott a Matthew BAXTER, 2019. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: Introduction to Analytical Aspects. *Clinical Biochemist Reviews* [online]. **40**(3), 115-133 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: doi:10.33176/AACB-19-00024
- [2] EL-ADAWY, Tarek A a Khaled M TAHA, 2001. Characteristics and composition of different seed oils and flours. *Food Chemistry* [online]. **74**(1), 47-54 [cit. 2022-05-22]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/S0308-8146(00)00337-X.
- [3] DO PRADO FERREIRA, Milena a César Ricardo TEIXEIRA TARLEY, 2020. Assessment of in vitro bioaccessibility of macrominerals and trace elements in green banana flour. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. **92** [cit. 2022-05-22]. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2020.103586

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

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

V teoretické části bakalářské práce jsou popsány technologie výroby běžně používaných mouk a netradičních mouk. Mezi netradiční mouky jsou zahrnuty banánová, dýňová, z hroznových jadérek, ostropestřcová a lněná. Dále se teoretická část zaměřuje na nutriční hodnoty netradičních mouk. V praktické části bylo provedeno stanovení sušiny, popele, stanovení stravitelnosti technikou *in vitro* a příprava nestráveného podílu. Nativní vzorky i jejich nestrávený podíl byly podrobeny mineralizaci s následným stanovením prvků na ICP-MS. Z naměřených dat byl pro každý prvek vypočten retenční faktor udávající množství prvků vázaných v nestráveném podílu po procesu simulace digesce. Nejvyšší retenci vykazoval draslík u mouky banánové a mouky z hroznových jadérek. V dýňové mouce byla nejvyšší retence beryllia, v ostropestřcové mouce thalia. Ve lněné mouce měl nejvyšší retenci vanad. Prvkem s nejnižší retencí bylo cesium v mouce dýňové, ostropestřcové a v mouce z hroznových jadérek. Síra a vápník měly nejnižší retenci v banánové mouce. Nejnižší retence vápníku byla naměřena i v mouce lněné.

Klíčová slova: netradiční mouka, banánová mouka, dýňová mouka, lněná mouka, ostropestřcová mouka, hroznová mouka, *in vitro* stravitelnost, minerální prvek, stopový prvek, ICP-MS

ABSTRACT

In the theoretical part of the bachelor's thesis, the production technologies of commonly used flours and non-traditional flours are described. The non-traditional flours include banana, pumpkin, grapeseed, milk thistle, and flax seed flours. In addition, the theoretical part focuses on the nutritional values of non-traditional flours. In the practical part, determination of dry matter, ash, determination of digestibility by *in vitro* technique, and preparation of undigested fraction were carried out. The native samples and their undigested fraction were subjected to mineralization followed by elemental determination by ICP-MS. From the measured data, the retention factor was calculated for each element, indicating the amount of elements bound in the undigested fraction after the digestion simulation process. The highest retention of potassium was observed for banana flour and grape seed flour. The highest retention of beryllium was in pumpkin flour and thallium in milk thistle flour. The highest retention of vanadium was in flax seed flour. The element with the lowest retention was caesium in pumpkin, milk thistle and grapeseed flours. Sulphur and calcium had the lowest retention in banana flour. The lowest calcium retention was also measured in flax seed flour.

Keywords: non-traditional flour, banana flour, pumpkin flour, flax seed flour, milk thistle flour, grapeseed flour, *in vitro* digestibility, mineral element, trace element, IPC-MS

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce paní doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné informace, důsledné vedení, trpělivost, cenné rady a pomoc při zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Janě Fojtíkové za pomoc v laboratoři při přípravě vzorků pro experimentální část a panu doc. Ing. Miroslavu Fišerovi, CSc. za pomoc při měření vzorků pomocí ICP-MS.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod odborným vedením paní doc. Ing. Daniely Sumczynski, Ph.D. a čerpala informace, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Ve Zlíně, dne:

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CHARAKTERISTIKA BĚŽNĚ POUŽÍVANÝCH MOUK	13
1.1 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY.....	13
1.2 SUROVINY.....	13
1.3 TECHNOLOGIE VÝROBY	14
1.4 NEJČASTĚJI VYUŽÍVANÉ OBILOVINY A JEJICH CHEMICKÉ SLOŽENÍ	15
1.4.1 Pšenice	15
1.4.2 Kukuřice.....	16
1.4.3 Rýže	16
2 NETRADIČNÍ MOUKY	18
2.1 BANÁNOVÁ MOUKA.....	18
2.1.1 Technologie výroby.....	18
2.1.2 Chemické složení.....	18
2.1.3 Použití	19
2.2 DÝŇOVÁ MOUKA.....	19
2.2.1 Technologie výroby	19
2.2.2 Chemické složení.....	19
2.2.3 Použití	19
2.3 MOUKA Z HROZNOVÝCH JADÉREK	20
2.3.1 Technologie výroby.....	20
2.3.2 Chemické složení.....	20
2.3.3 Použití	20
2.4 OSTROPESTRČOVÁ MOUKA	20
2.4.1 Technologie výroby.....	21
2.4.2 Chemické složení.....	21
2.4.3 Použití	21
2.5 LNĚNÁ MOUKA.....	21
2.5.1 Technologie výroby.....	21
2.5.2 Chemické složení.....	22
2.5.3 Použití	22
3 CÍL PRÁCE	23
II PRAKTICKÁ ČÁST	24
4 METODIKA	25
4.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A MATERIÁL	25
4.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE	25
4.3 POUŽITÉ VZORKY	26

4.4	STANOVENÍ OBSAHU VLHKOSTI.....	27
4.5	STANOVENÍ POPELA.....	28
4.6	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI METODOU <i>IN VITRO</i>	29
4.6.1	Příprava nestráveného podílu.....	31
4.7	STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ METODOU ICP-MS	31
4.7.1	Mineralizace vzorků netradičních mouk.....	31
4.7.2	Stanovení obsahu prvků metodou ICP-MS.....	32
5	VÝSLEDKY A HODNOCENÍ	33
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY A POPELA.....	33
5.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	35
5.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH A STOPOVÝCH PRVKŮ	36
5.4	VÝSLEDKY VÝPOČTU RETENCE PRO JEDNOTLIVÉ PRVKY V NETRADIČNÍCH MOUKÁCH.....	45
	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK	63
	SEZNAM PŘÍLOH	64

ÚVOD

V dnešní době se většina populace velmi zajímá o zdravé stravování, ať už z hlediska zájmu a hledání nových potravin nebo z důvodu onemocnění (celiakie, Crohnova nemoc a další autoimunitní střevní onemocnění), kvůli kterým musí dodržovat speciální diety. Na trhu je běžně dostupné pečivo a výrobky z tradičních obilovin jako jsou pšenice, žito, oves a ječmen, méně známé a obtížněji dostupné jsou produkty vyráběné z pseudoobilovin nebo rýže. Dnes se do povědomí začínají dostávat i potraviny vyráběné z luštěninové mouky. Tyto potraviny jsou využívány především celiakiky, kteří tímto nahrazují potraviny obsahující lepek. Lidé trpící celiakií mají zpravidla nedostatečný příjem vlákniny, vitaminů a minerálních látek, což je způsobeno poškozením střevní sliznice, která brání vstřebávání živin. Netradiční pseudoobiloviny a luštěniny, používané pro výrobu bezlepkového pečiva, vynikají svou nutriční hodnotou, obsahem vlákniny, jsou bohaté na vitaminy a minerální látky.

Složení běžného pečiva je také možné obohatit přídavkem alternativních netradičních mouk, které jsou zdrojem mnoha vitaminů, minerálních látek, antioxidantů a jiných zdravých prospěšných látek. Mezi suroviny, ze kterých lze netradiční mouky vyrobit patří banány, semínka (dýňová, lněná, ostropestřcová) nebo také jádérka z hroznů. Pro výrobu těchto mouk se mohou použít jak semena celá, tak zbytky semen (pokrutiny), které vznikly po vylisování oleje, což má také významný dopad na ekonomiku a hospodářství z pohledu dokonalejšího zpracování a využití výchozích surovin.

Tato práce je zaměřena na stanovení stravitelnosti a obsahu minerálních prvků netradičních mouk. Pro analyzované minerální prvky byl vypočten retenční faktor a tím zjištěna procentuální hodnota možného využití daného prvku v organismu.

Stanovení obsahu minerálních látek a jejich potenciální využití organismem by mohlo směřovat k častějšímu používání těchto mouk s cílem získat obohacené a nutričně výživnější potraviny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA BĚŽNĚ POUŽÍVANÝCH MOUK

1.1 Legislativní požadavky

Dle Vyhlášky č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta je mouka mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilného zrna, pseudoobilovin nebo rýže a tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu použitých obilovin, pseudoobilovin nebo rýže.

Mlýnské obilné výrobky jsou získány zpracováním jednoho nebo více botanických druhů obilovin, pohanky nebo jiných druhů pseudoobilovin nebo rýží víceetapovým mlýnským postupem. Podle stupně granulace a obsahu minerálních látek v sušině se mouky dělí na jednotlivé podskupiny: mouka hladká, polohrubá, hrubá, celozrnná a grahamová.

Vlhkost mouk ze všech druhů obilovin, pohanky a rýže může být nejvýše 15,0 % (Česko, 2020).

1.2 Suroviny

Obiloviny využívané pro mlýnské zpracování se liší v různých částech světa. Celosvětově nejčastěji zpracovávanou obilovinou jsou pšenice, rýže a kukuřice, u nás také žito, ječmen a oves. Obilky mohou být pluchaté, pevně uzavřené pluchami nebo nahé, kde je povrch obilky tvořen oplodím.

Technologickou kvalitu obilky významně ovlivňuje obsah bílkovin. Prolaminy a gluteliny patří mezi zásobní bílkoviny, jejichž hlavní vlastností je tvorba lepku. Obsah a kvalita lepkových bílkovin ovlivňuje viskoelastické vlastnosti těsta. Mají schopnost tvořit pevnou a pružnou lepkovou síť, která zadržuje velké množství kvasného plynu, což je důležitý parametr pro určení jakosti mouky a vhodnosti využití při výrobě různých výrobků (Burešová a Lorencová, 2013).

Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům jsou obiloviny obsahující lepek zařazeny mezi látky, které mohou vyvolat alergii nebo nesnášenlivost. U geneticky disponovaných osob s vrozenou intolerancí lepku, dochází při jeho konzumaci k chronickému onemocnění střevní sliznice. Intoleranci způsobují jak pšeničné lepkové bílkoviny, tak žitné, ovesné a ječné prolaminy. Potraviny pro osoby s nesnášenlivostí lepku jsou vyráběny z přirozeně bezlepkové mouky či jiných bezlepkových surovin (Bulková, 2011). Mezi nejčastěji

používané druhy bezlepkové mouky patří mouka kukuřičná a rýžová. Pro výrobu bezlepkových potravin se často využívají pseudoobiloviny jako pohanka, amarant a quinoa, jež neobsahují lepkové bílkoviny a mají vyšší nutriční hodnotu než obiloviny (Burešová a Lorencová, 2013).

Mezi další suroviny používané při výrobě bezlepkových potravin patří luštěniny. Luštěniny jsou zralá, suchá, vyluštěná, čištěná a tříděná zrna luskovin. Nejčastěji používané druhy luštěnin jsou čočka, hrách, fazole, sója, cizrna a podzemnice olejná. Mletím loupané luštěniny na stejnorodý prášek se získává luštěninová mouka. Dalšími mlýnskými výrobky z luštěnin jsou luštěninové vločky (příčně řezaná a mačkaná zrna luštěnin, ze sóji odhořčená) a vlákninový luštěninový koncentrát (stejnorodý prášek získaný mletím a proséváním luštěnin a vnějších slupek luštěnin) (Česko, 1997). Z výživového hlediska se luštěniny řadí mezi velmi hodnotné potraviny. Jsou významným zdrojem bílkovin (20–25 %), obsah tuků je u většiny druhů luštěnin nízký. Výjimkou je sója, která má naopak vyšší obsah lipidů s významným podílem nenasycených mastných kyselin. Luštěniny jsou také významným zdrojem vlákniny, minerálních látek a vitaminů (Tauferová et al., 2014). Oproti obilovinám obsahují vysoké množství antinutričních látek (inhibitory proteáz, lektiny, kyselinu fytovou, oxaláty, purinové látky), které mohou způsobovat negativní účinky v organismu a snižovat vstřebávání hlavních živin a vitaminů. Negativní aktivitu antinutričních látek v luštěninách lze snížit vhodnými technologickými postupy. Naklíčení vede ke snížení obsahu flatulentních oligosacharidů a kyseliny fytové, čímž se zvyšuje využitelnost minerálních prvků. Lektiny a inhibitory proteáz ztrácí negativní účinky tepelným zpracováním (Bulková, 2011).

1.3 Technologie výroby

Mlýnské zpracování obilného zrna je proces vedoucí k přeměně celého zrna na mlýnské produkty vhodné ke konzumaci. Mletí je mechanický proces složený z několika navazujících kroků (příjem, předčištění a sestavení směsi na zámel, čištění obilné masy, kondicionování, drcení a třídění). Sestavení směsi na zámel je významná operace, jež ovlivňuje kvalitu výsledných produktů (Burešová a Lorencová, 2013). Dalším důležitým krokem před samotným mletím je čištění obilné masy. Cílem čištění je odstranění příměsí a nečistot, které by mohly negativně ovlivnit kvalitu. Proces probíhá v čistírně mlýna pomocí několika zařízení (síta, triéry, odkaménkovače, magnetický separátor). Vyčištěné zrno se následně nakrápí vodou. Cílem je navlhčit obalové vrstvy zrna a tím usnadnit jejich oddělení

od endospermu. Po odležení navlhčeného zrna probíhá druhý stupeň čištění v odíracím stroji, kde se odstraňuje klíček a povrchové části obalových vrstev. Vlastní mletí je složitý proces založen na dvou základních operacích (drcení a třídění), které se několikrát opakují pro dosažení požadovaných frakcí o předepsané čistotě a granulaci (Tauferová et al., 2014).

1.4 Nejčastěji využívané obiloviny a jejich chemické složení

Chemické složení obilného zrna je odlišné v jednotlivých částech zrna. Závisí na různých faktorech jako je odrůda, hnojení, klimatické podmínky a další. Obilka je složena z obalových vrstev, endospermu a klíčku. Obal zrna je tvořen nerozpustnými látkami, především celulózou. V endospermu jsou uloženy rezervní látky, převážně sacharidy a bílkoviny. Endosperm od obalových vrstev zrna odděluje aleuronová vrstva, která je bohatá na obsah bílkovin, lipidů, sacharidů, minerálních látek i vitaminů. Klíček obsahuje bílkoviny, lipidy, minerální prvky a vitaminy. Obsah minerálních látek je v obilninách 1,5 až 3,0 %. Nejvíce minerálních prvků se nachází v klíčku a aleuronových vrstvách u pluchatých obilnin. Nejvyšší zastoupení má hořčík, draslík a fosfor (Bulková, 2011).

1.4.1 Pšenice

Pšenice je celosvětově nejvýznamnější obilovina, pěstovaná v různých klimatických podmínkách. Nejvýznamnějším druhem je pšenice setá (*Triticum aestivum*), která se využívá k výrobě pečiva, lihu a jako krmivo pro hospodářská zvířata. Pšenice tvrdá (*Triticum durum*) se používá převážně k výrobě těstovin a dalších výrobků jako kuskus a bulgur. Složení pšeničného zrna je velmi rozdílné, závisí na odrůdě a podmínkách pěstování (Burešová a Lorencová, 2013).

Významnou složkou pšenice jsou bílkoviny (8–17 %), jenž slouží k tvorbě lepku. Z lipidů (2,0–2,5 %) v nich převažují vázané nenasycené mastné kyseliny. Důležitou složkou jsou i sacharidy, kde je hlavní součástí škrob (63–71 %), který se spolu s lepkem podílí na vlastnostech těsta (Bulková, 2011). Z minerálních prvků jsou v pšeničné mouce obsaženy nejvíce draslík (1 500 mg/kg), fosfor (1 100 mg/kg), hořčík (191 mg/kg) a vápník (178 mg/kg). V menší míře je zastoupen křemík (9,2 mg/kg), železo (10,8 mg/kg) a zinek (7,8 mg/kg) (De Brier et al., 2015).

1.4.2 Kukuřice

Kukuřice (*Zea mays*) patří mezi rostliny mírného a subtropického pásma. Obilka kukuřice je tvořena endospermem, který je obalen jednou aleuronovou vrstvou a klíček tvoří velkou část zrna. Obilka je výrazně větší než obilky jiných obilovin. Běžně se pěstuje kukuřice setá tvrdozrná a kukuřice setá „koňský zub“. Většina odrůd je pěstována jako krmivo pro hospodářská zvířata. Vzhledem k tomu, že kukuřice je přirozeně bezlepková, roste její využití v potravinářském průmyslu, jelikož výrobky z kukuřice jsou vhodné pro osoby trpící celiakií. Kukuřice se využívá pro výrobu mouky, škrobu, krupice a je také výchozí surovinou pro výrobu extrudovaných výrobků (Bulková, 2011; Burešová a Lorencová, 2013).

Kukuřice má vysokou energetickou hodnotu díky vysokému obsahu sacharidů, tuků a bílkovin. Nutriční složení se liší v důsledku různých faktorů jako jsou podmínky pěstování, odrůda, posklizňová manipulace a zpracování. Kukuřice je dobrým zdrojem karotenoidů, polyfenolů a dalších biologicky aktivních látek (zeaxanthinu, luteinu, kryptoxanthinu). Z minerálních prvků je v kukuřici ve vyšším zastoupení draslík, fosfor a hořčík. V nižších koncentracích se vyskytuje vápník, mangan, zinek a železo (Prasanthi et al., 2017).

1.4.3 Rýže

Rýže (*Oryza sativa*) je jednou z nejdůležitějších plodin určena k přímé konzumaci. Je pěstována především v Asii, Africe a Americe v tropických a subtropických oblastech. Rýže je nejčastěji používána jako příloha, také je surovinou pro výrobu rýžové mouky, oleje, extrudovaných a expandovaných výrobků. Podle velikosti a tvaru zrna se rýže dělí na dlouhozrnou, střednězrnou a kulatozrnou. Rýže patří mezi pluchaté obilniny. Zpracováním zrna rýže vzniká rýže neloupaná s celistvou vrchní slupkou; pololoupaná, u níž je zrno rýže zbaveno vrchní slupky nebo loupaná rýže zbavená všech částí oplodí, osemení a částečně i klíčků. Během zpracování dochází k odstranění části osemení s aleuronovou vrstvou, čímž se ze zrna odstraňuje významné množství vitaminů, vlákniny a minerálních látek (Bulková, 2011; Burešová a Lorencová, 2013; Česko, 2020).

Rýže je bohatým zdrojem sacharidů (75–80 % tvoří škrob), obsahuje nižší množství bílkovin a tuků. I přesto, že obsah bílkovin je nízký (7–8 %), jedná se o velmi dobře stravitelné bílkoviny. Nutriční hodnoty se liší v závislosti na odrůdě, podmínkách pěstování a hnojení. Mezi odrůdami rýže existují rozdíly v obsahu vitaminů, minerálních látek i vlákniny. Z minerálních prvků je obsažen ve větší míře draslík (2 380–2790 mg/kg), sodík (89–109 mg/kg), vápník (825–1330 mg/kg), hořčík (960–1240 mg/kg), zinek (191–319 mg/kg)

a železo (186–317 mg/kg) (Zubair et al., 2011). Rýže se vyznačuje i vysokou schopností akumulovat arsen (až 0,25 mg/kg) (Antoine et al., 2012).

2 NETRADIČNÍ MOUKY

Jako náhražky mouk se mohou použít i suroviny přirozeně bezlepkové, které se neřadí mezi obiloviny. Netradiční mouky vynikají svou nutriční hodnotou a mohou být použity při výrobě bezlepkových produktů.

2.1 Banánová mouka

Banány, patřící do čeledi *Musaceae*, jsou vytrvalé byliny široce rozšířené v tropických a subtropických oblastech. V oblastech pěstování se jedná o jednu ze základních potravin poskytující základní živiny. Patří mezi plody podléhající rychlé zkáze, což vede k velkým hospodářským ztrátám z důvodu obtížného dlouhodobého skladování. Banány se nejčastěji konzumují v čerstvém stavu, ale mohou být zpracovány jako pyré nebo sušené ovoce. Také mohou být zpracovány na mouku, která je vhodnější k přepravě i skladování. Současně si zachovává původní chuť a výživné látky banánů. Vzhledem k vysokému obsahu rezistentního škrobu, vlákniny a draslíku je považována za složku potravin, která má široké možnosti využití (Chang et al., 2022).

Banánová mouka může být vyrobena také ze zelených plantejnových banánů. Jedná se o druh banánu, který má sytě zelenou barvu, je tvarově rozmanitější a ve zralém stavu je méně ceněný. Tato mouka se vyznačuje vysokým obsahem škrobu a vlákniny a je vhodná především pro tepelné zpracování (Khoozani et al., 2019).

2.1.1 Technologie výroby

Zralé banány se třídí a omývají pod tekoucí vodou. Jsou krájeny na tenké plátky i se slupkou. Před odstraněním slupky a sušením jsou plátky máčeny v roztoku kyseliny citronové, což zabraňuje enzymatickému hnědnutí. Pomocí těchto technologických procesů se získává jemně mletá mouka (Habiba et al., 2021).

2.1.2 Chemické složení

Banány jsou bohaté na bílkoviny a sacharidy, z nichž převažuje sacharóza, fruktóza a glukóza. Z minerálních prvků má největší zastoupení draslík, hořčík, fosfor, železo a selen. Také obsahují biologicky aktivní sloučeniny jako polyfenoly a flavonoidy, vitaminy skupiny B, vitamin C a E (Aurore et al., 2009). Mouka vyráběná ze zelených banánů se vyznačuje vysokým obsahem rezistentního škrobu, který vykazuje podobnou funkci jako vláknina.

Také je bohatým zdrojem antioxidantů, flavonoidů, minerálních látek a vitaminů (Ferreira a Tarley, 2020).

2.1.3 Použití

Banánová mouka z ovocných banánů je krémově-světlé barvy a má neutrální chuť. Tato mouka je určena pouze pro tepelné zpracování. Má všestranné využití. Je vhodná pro sladké i slané pečení, pro přípravu a zahušťování omáček i obalování masa. Banánovou moukou se dá nahradit až 30 % z celkového množství mouky v receptu (Bezlepkova.com).

2.2 Dýňová mouka

Dýně, patřící do čeledi tykvovitých (*Cucurbitaceae*), je hojně rozšířenou zeleninou pěstovanou především v tropických a subtropických zemích. Jedná se o druh zeleniny, který je velmi rozmanitý svým tvarem a velikostí. Dýně je možné dlouhodobě skladovat. Zpracování dýně na dýňovou mouku je proces, který umožňuje skladování po ještě delší dobu a také rozšiřuje možnosti využití v potravinářském průmyslu (Adubofuor et al., 2018).

2.2.1 Technologie výroby

Dýňovou mouku lze vyrobit jak z dužiny, tak z dýňových semen. Při výrobě dýňové mouky z dužiny je dýně zbavena semen, oloupána a nastrouhána. Následně sušena a po usušení rozemleta a proseta (Aljahani, 2022). Dýňová semena lze na mouku zpracovat několika způsoby. Jedním ze způsobů je usušení semen v syrovém stavu a následné mletí. Další možností je výroba dýňové mouky mletím semen, která jsou částečně zbavena tuku po vylisování oleje (Zlateva et al., 2022).

2.2.2 Chemické složení

Dýňová semena se vyznačují vysokou nutriční hodnotou, jsou bohatým zdrojem bílkovin, β -karotenu, polyfenolů, flavonoidů, minerálních látek, vitaminů a vlákniny. Z minerálních prvků je v dýňové mouce obsažen ve velké míře draslík, hořčík, fosfor a vápník (Adubofuor et al., 2018; El-Adawy a Taha, 2001).

2.2.3 Použití

Dýňová mouka má sytě zelenou barvu. Je vhodná pro studenou kuchyni do salátů a k přípravě smoothie. Využívá se i při tepelném zpracování do sladkých i slaných pokrmů,

při pečení. Dýňovou mouku lze použít jako doplněk obilných mouk pro zlepšení nutriční hodnoty potravin (Aljahani, 2022).

2.3 Mouka z hroznových jadérek

Hlavní odrůdou révy vinné používanou ve vinařství je *Vitis vinifera*. Je pěstována především v teplých oblastech Itálie, Francie a Španělska. Při zpracování a výrobě vína vzniká velké množství výlisků, které tvoří především slupky hroznů, zbytky dužiny, semena a stopky. Výlisky jsou používány jako hnojivo nebo krmivo. Semena z výlisků se mohou separovat a využívat k dalšímu zpracování (Beres et al., 2019).

2.3.1 Technologie výroby

Semena je nutno před technologickým zpracováním nejdříve proprat a vysušit. Mouka z hroznových jadérek je vyrobena z pokrutin, které vzniknou po vylisování oleje ze semen. Vylisovaný olej je příjemně aromatický, lehce kořenitý a bohatý na obsah nenasycených mastných kyselin. Také jsou v něm zastoupeny flavonoidy a polyfenoly. Po vylisování oleje následným rozdrčením pokrutin vznikne bezlepková mouka (Elkatry et al., 2022).

2.3.2 Chemické složení

Hroznová semena obsahují lipidy, bílkoviny, sacharidy a vysoký podíl polyfenolických látek. Důležitou součástí semen jsou oleje, vláknina, minerální látky a vitaminy. Z polyfenolických sloučenin jsou obsaženy epikatechin, katechin a prokyanidy (Elkatry et al., 2022). Semena mohou být významným zdrojem vápníku (405 mg/100 g), hořčíku (397 mg/100 g) a draslíku (360 mg/100 g) (Oprea et al., 2022).

2.3.3 Použití

Mouka z hroznových jadérek má červeno-hnědou barvu. Je vhodná pro použití do studené kuchyně i pro tepelné zpracování při pečení. Nutriční složení mouky z hroznových jadérek má výrazný potenciál v pekařském průmyslu. Tato mouka je již přidávána při výrobě chleba, sušenek, koláčů a dalších produktů (Elkatry et al., 2022).

2.4 Ostropestřcová mouka

Ostropestřec mariánský (*Silybum marianum*, čeleď: *Asteraceae*) je jednoletá nebo dvouletá rostlina pěstovaná v teplých a suchých oblastech Evropy a Asie. Má dlouholetou tradici v léčitelství, vyniká příznivými účinky při onemocnění ledvin, jater a žlučníku. Z rostliny

jsou využívány kořeny, mladé výhonky, listy a semena (Bojňanská, Vollmannová a Musilová, 2020).

2.4.1 Technologie výroby

Mouka vzniká rozemletím výlisků, které zůstanou po vylisování oleje ze semen. Výlisky jsou vedlejším produktem zpracování semen bohatých na obsah minerálních látek, bílkovin a sacharidů (Apostol et al., 2017).

2.4.2 Chemické složení

Semena ostropestřce mariánského jsou hlavním zdrojem silymarinu, který je využíván ve farmaceutickém průmyslu. Silymarin je komplex flavonoidů obsahující silybinin, isosilybinin, silydianin a silychristin (Nasrabi et al., 2014). Semena ostropestřce jsou dobrým zdrojem lipidů, bílkovin, sacharidů i vlákniny. Obsahují také esenciální aminokyseliny jako lysin, leucin, isoleucin, threonin a valin (Apostol et al., 2017).

2.4.3 Použití

Ostropestřcová mouka je využívána jako vhodná přísada při výrobě potravin pro zvýšení nutriční hodnoty při částečném nahrazení mouky z obilnin. Při přidavku 10 % mouky do bezlepkového chleba byl zvýšen obsah bílkovin, vlákniny, tuku a silymarinu. Obohacené chleby měly lepší sensorické a texturní vlastnosti i lepší nutriční profil (Bedrníček et al., 2022).

2.5 Lněná mouka

Len setý (*Linum usitatissimum*) je sezónní rostlina pěstována pro získání lněného vlákna a rovněž využívána jako potravinářská surovina po dlouhá staletí. Jedná se o důležitou dietní potravinu neobsahující lepek, z níž je možné využívat ke konzumaci semena celá, mletá nebo drcená i olej lisovaný ze semen (Irena et al., 2021; Hussain et al., 2008).

2.5.1 Technologie výroby

Lněná mouka je vyráběna mletím praženého nebo syrového lněného zrna, které je před procesem mletí vyčištěno od nečistot a vysušeno. Mouka může být vyrobena z celých rozemletých zrn nebo ze zrn, z nichž byl nejdříve vylisován lněný olej (Hussain et al., 2008).

2.5.2 Chemické složení

Lněné semínko má významné podpůrné zdravotní účinky díky obsahu vlákniny, lignanů a bílkovin. Je důležitým zdrojem esenciálních mastných kyselin (linolové, α -linolenové), které se podílí na snižování rizika kardiovaskulárních onemocnění. Obsah bílkovin ve lněném semínku byl stanoven přibližně na 20 g ve 100 g sušiny zrna. Lněné semínko obsahuje vlákninu rozpustnou i nerozpustnou. Rozpustná vláknina je považována za napomáhající snížit hladinu glukózy a cholesterolu v krvi, nerozpustná vláknina napomáhá trávicím procesům. Obsah minerálních prvků je významně ovlivněn způsobem výroby mouky. Vyšší obsah minerálních prvků byl zjištěn u mouky, která vznikla z pražených semen po vylisování oleje. Nejvyšší zastoupení mají prvky draslík (1370 mg/100 g), hořčík (713 mg/100 g) a vápník (398 mg/100 g) (Irena et al., 2021; Hussain et al., 2008).

2.5.3 Použití

Lněná mouka je do potravinářských výrobků začleňována především pro vysoký obsah vlákniny, bílkovin a esenciálních mastných kyselin. Přídavek této mouky má vliv na zlepšení chuťových, texturních a nutričních vlastností výrobků. Mleté lněné semínko je možno přidat do pekařských výrobků jako náhradu za vejce, což představuje vhodnou alternativu pro veganské výrobky (Gao et al., 2022).

3 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části bakalářské práce bylo připravit mineralizáty netradičních vzorků mouk a analyzovat minerální prvky pomocí metody ICP-MS. Dalším úkolem bylo provést stravitelnost technikou *in vitro*, připravit nestrávený podíl a tento dál analyzovat pomocí ICP-MS. Z hodnot stravitelnosti a obsahu prvků v nativním a nestráveném podílu vypočítat hodnotu retence pro každý prvek.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 METODIKA

4.1 Použité chemikálie a materiál

- Ultrapure čistá voda (Purelab Classic Elga, Labwater/VWS Ltd., UK),
- HCl 37% Analpure (Analytik Jena, Německo),
- Pepsin z vepřové žaludeční sliznice – aktivita 0.7 FIP-U/mg (Merck KGaA, Darmstadt, Německo),
- Pankreatin z vepřové slinivky – proteázová aktivita 350 FIP-U/g, lipázová aktivita 6000 FIP-U/g, amylázová aktivita 7500 FIP-U/g (Merck KGaA, Darmstadt, Německo)
- KH_2PO_4 (Ing. Petr Švec, Penta, Chrudim, ČR),
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR),
- Redestilovaná voda (Aqua Osmotic, Tišnov, ČR),
- Ultrapure HNO_3 67% (Analytik Jena, Německo),
- Ultrapure H_2O_2 30% (Ing. Petr Švec, Penta, Chrudim, ČR),
- Filtrační sáčky F57, velikost pórů 50 μm (Ankom Technology, New York, USA),
- Inkubační lahve (Adam, AFA-210 LC, Schoeller Instruments, ČR),
- Laboratorní pomůcky: exsikátor, hliníkové misky, porcelánové kelímky, pipety, lžičky plastové i nerezové, kádinky, odměrný válec, Petriho misky.

4.2 Použité přístroje

- Analytické váhy (AFA 210 LC, Schoeller, ČR),
- Laboratorní sušárna (Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR),
- Páková pulzní svářečka KF-200H
- Inkubátor Daisy^{II} (Ankom Technology, New York, USA),
- Muflová pec LM 112 10 ML W Elektro (VEBF, Německo),

- Mikrovlnný systém ETHOS One (Milestone Ethos 1, Sorisole, Itálie),
- Hmotnostní spektrofotometr ICP-MS ThermoScientific iCAP Q na bázi kvadrupólového analyzátoru (ThermoScientific, USA)

Pro analýzu minerálních prvků byly vždy použity plastové laboratorní pomůcky.

4.3 Použité vzorky

Pro analýzu bylo použito pět druhů netradičních mouk. Výrobce, resp. prodejce těchto mouk, bude prezentován u obhajoby práce. Vzorky mouk byly otevřeny a ihned analyzovány.

- **Banánová mouka**
 - 100 % mleté sušené loupané plody banánovníku
 - Výživové údaje na 100 g: Energetická hodnota: 1536 kJ/362 kcal; Tuky: 0,4 g, z toho nasycené mastné kyseliny: 0,3 g; Sacharidy: 86 g, z toho cukry: 3,7 g; Bílkoviny: 3,5 g; Sůl: 0,05 g.
- **Dýňová mouka**
 - 100 % mleté vylisky ze semen tykve
 - Výživové údaje na 100 g: Energetická hodnota: 1660 kJ/396 kcal; Tuky: 15 g, z toho nasycené mastné kyseliny: 2,5 g; Sacharidy: 11 g, z toho cukry: 3,3 g; Bílkoviny: 50 g; Sůl: 0 g.
- **Mouka z hroznových jadérek**
 - 100 % mleté vylisky ze semen révy vinné
 - Výživové údaje na 100 g: Energetická hodnota: 1606 kJ/384 kcal; Tuky: 5,4 g, z toho nasycené mastné kyseliny: 0,6 g; Sacharidy: 74 g, z toho cukry: 2,8 g; Bílkoviny: 8,4 g; Sůl: < 0,05 g.
- **Ostropěstřcová mouka**
 - 100 % mleté vylisky z plodů ostropěstřce mariánského
 - Výživové údaje na 100 g: Energetická hodnota: 1114 kJ/266 kcal; Tuky: 12 g, z toho nasycené mastné kyseliny: 2,4 g; Sacharidy: 4,4 g, z toho cukry: 4,1 g; Bílkoviny: 35 g; Sůl: 0,01 g.

- **Lněná mouka**

- 100 % mleté výlisky ze semen lnu hnědého
- Výživové údaje na 100 g: Energetická hodnota: 1460 kJ/350 kcal; Tuky: 14 g, z toho nasycené mastné kyseliny: 1,4 g; Sacharidy: 10 g, z toho cukry: 2,3 g; Bílkoviny: 31 g; Sůl: 0,2 g.



Obrázek 1 Vzorky použitých netradičních mouk – zleva: banánová, dýňová, z hroznových jadérek, ostropestřcová, lněná (Foto: Karolína Vilišová)

4.4 Stanovení obsahu vlhkosti

Prázdné hliníkové misky byly vloženy do předem vyhřáté sušárny na 130 ± 2 °C na dobu 1 hodiny. Po vychlazení v exsikátoru byly prázdné misky zváženy na analytických váhách a poté byl do nich navážen 1 g vzorku mouky s přesností na 0,0001 g. Misky s naváženými vzorky byly vloženy zpět do sušárny. Sušení probíhalo při teplotě 130 ± 2 °C po dobu 2 hodin. Po vysušení byly misky umístěny do exsikátoru. Po vychlazení byly misky zváženy na analytických váhách s přesností na 0,0001 g. Výsledkem stanovení jsou průměry ze tří měření pro každý druh mouky. Stanovení bylo provedeno modifikací dle normy ČSN EN ISO 712 (461014).

Výpočet obsahu vlhkosti V [%]:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100$$

(1)

kde: 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].

Výpočet obsahu sušiny [%]:

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

kde: S ... obsah sušiny [%],

V ... obsah vlhkosti [%].

4.5 Stanovení popela

Do muflové pece byly vloženy a vyžihány prázdné porcelánové kelímky při teplotě 550 ± 10 °C. Po vyžihání byly vychlazeny v exsikátoru. Následně byly prázdné kelímky zváženy na analytických váhách a byl do nich navážen 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Poté byly kelímky se vzorky vloženy do pece, kde byly spalovány při teplotě 550 ± 10 °C po dobu 5,5 hodiny. Po této době byly kelímky se spálenými vzorky uloženy do exsikátoru k vychlazení. Po vychlazení byly kelímky zváženy na analytických váhách s přesností na 0,0001 g. Výsledkem stanovení jsou průměry ze tří měření pro každý druh mouky. Stanovení bylo provedeno modifikací dle normy ČSN ISO 2171 (461019).

Výpočet pro stanovení popela [%]:

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

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

m_2 ... hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g],

m_3 ... hmotnost porcelánového kelímku s navážkou vzorku před spálením [g].

Výpočet obsahu popela v sušině [%]:

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

kde: P ... obsah popela [%],

S ... obsah sušiny [%].

4.6 Stanovení stravitelnosti metodou *in vitro*

Pro stanovení stravitelnosti byly použity filtrační sáčky F57, které byly nejprve promyty acetone a důkladně osušeny. Následně byly suché filtrační sáčky zváženy na analytických váhách. Jeden ze sáčků byl ponechán prázdný jako korekční sáček. Do ostatních bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Filtrační sáčky byly zataveny pomocí svářečky a vloženy do inkubační lahve inkubátoru Daisy^{II}. Pro prostředí stimulující trávicí procesy v žaludku byl připraven roztok HCl o koncentraci 0,1 M a objemu 1,7 litru. Do inkubační lahve byl přidán připravený roztok HCl a 3 g pepsinu. Lahev byla uzavřena víčkem a vložena do inkubačního přístroje. Inkubace probíhala při teplotě 37 °C po dobu 2 hodin. Po ukončení inkubace byly sáčky několikrát důkladně promyty redestilovanou vodou. Následně byl připraven fosfátový pufr o pH 7,45 ve složení 3,09 g KH₂PO₄ a 32,49 g Na₂HPO₄·12H₂O o objemu 1,7 litru. Promyté filtrační sáčky byly vloženy do inkubační lahve spolu s fosfátovým pufrem a 3 g pankreatinu. Lahev byla opět uzavřena víčkem a vložena do inkubátoru. Inkubace, stimulující trávicí procesy v tenkém střevě, probíhala při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Po ukončení inkubace byly sáčky vloženy do sušárny na 30 minut při teplotě 80 °C pro vysrážení zmazovatělého škrobu. Poté byly sáčky důkladně promyty redestilovanou vodou a opět vloženy do sušárny na 24 hodin při teplotě 105±3 °C. Po vysušení a vychlazení v exsikátoru byly sáčky zváženy na analytických váhách a vloženy do předem zvážených a vyžíhaných keramických kelímků. Keramické kelímky se sáčky byly umístěny do muflové pece, kde byly spalovány při teplotě 550±10 °C po dobu 5,5 hodiny. Po této době byly kelímky se spálenými sáčky uloženy do exsikátoru k vychlazení. Po vychlazení byly kelímky zváženy na analytických váhách s přesností na 0,0001 g. Výsledkem stanovení jsou hodnoty stravitelnosti – stravitelnost sušiny vzorku (DMD – dry matter digestibility) a stravitelnost organické hmoty (OMD – organic matter digestibility) (Šťastná, Sumczynski a Yalcin, 2021).

Výpočty DMD a OMD [%]:

$$DMD = 100 - \frac{100 \cdot DMR}{m_2 \cdot DM} \quad (5)$$

$$DMR = m_3 - m_1 \cdot c_1 \quad (6)$$

$$DM = \frac{S \cdot m_s}{100} \quad (7)$$

$$OMD = 100 - \frac{100 \cdot (DMR - AR)}{m_2 \cdot DM \cdot OM} \quad (8)$$

$$AR = m_4 - m_1 \cdot c_2 \quad (9)$$

$$OM = \frac{S - P}{100} \quad (10)$$

kde: DMD ... hodnota stravitelnosti sušiny ve vzorku mouky [%],

DMR ... hmotnost vzorku mouky bez sáčku po inkubaci a vysušení [g],

DM ... obsah sušiny ve vzorku mouky [g],

OMD ... hodnota stravitelnosti organické hmoty ve vzorku mouky [%],

OM ... obsah organické hmoty v sušině vzorku mouky [g],

AR ... hmotnost popela vzorku mouky bez sáčku [g],

S ... obsah sušiny ve vzorku mouky [%],

P ... obsah popela ve vzorku mouky [%],

m_1 ... hmotnost prázdného sáčku [g],

m_2 ... hmotnost vzorku mouky [g],

m_3 ... hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem mouky po inkubaci [g],

m_4 ... hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem mouky po inkubaci [g],

m_s ... hmotnost vzorku mouky pro stanovení sušiny [g],

c_1 ... korekce hmotnosti sáčku po inkubaci [g],

c_2 ... korekce hmotnosti sáčku po spálení [g].

Výpočet korekce [g]:

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad (11)$$

$$c_2 = \frac{m_P}{m_2} \quad (12)$$

kde: m_S ... hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci [g],

m_P ... hmotnost popela prázdného sáčku [g].

4.6.1 Příprava nestráveného podílu

Příprava nestráveného podílu probíhala stejným způsobem jako u stanovení stravitelnosti metodou *in vitro*. Rozdílem při stanovení nestráveného podílu bylo přidání 6 g pepsinu pro prostředí žaludku a 6 g pankreatinu pro trávení v tenkém střevě, protože bylo dávkováno dvakrát více vzorku. Při stanovení byla použita ultrapure redestilovaná voda kvůli dalšímu zpracování vzorků postupem mineralizace s následným měřením na ICP-MS. Postup stanovení byl ukončen sušením sáčků se vzorky při teplotě 105 ± 3 °C po dobu 24 hodin bez následného spálení v muflové peci. Vzorky připraveny tímto způsobem byly dále použity pro analýzu minerálních prvků v nestráveném podílu metodou ICP-MS.

4.7 Stanovení minerálních prvků metodou ICP-MS

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, je analytická metoda sloužící ke stanovení obsahu minerálních a stopových prvků v analyzovaném vzorku (Wilschefski a Baxter, 2019).

4.7.1 Mineralizace vzorků netradičních mouk

Během přípravy mineralizátů bylo pracováno výhradně s plastovými laboratorními pomůckami, aby nedošlo ke kontaminaci vzorků například výluhem prvků ze skla či kovů. Do teflonových nádobek bylo naváženo na analytických vahách 0,2 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Ke každému vzorku v nádobce bylo přidáno 7 ml 67% ultrapure HNO_3 a 1 ml 30% ultrapure H_2O_2 . Teflonové nádobky byly uzavřeny a vloženy do mikrovlnného systému Ethos One. Vzorky byly rozloženy pomocí mikrovlnného systému nastaveného

dle následujících parametrů: náběh – 10 minut, 180 °C, 1 500 W a výdrž – 10 minut, 180 °C, 1 500 W. Mineralizované vzorky byly kvantitativně převedeny do plastových zkumavek a doplněny na objem 25 ml ultrapure redestilovanou vodou. Vzorky byly následně nastříkovány na ICP-MS, kde bylo stanoveno prvkové složení vzorků.

Stejným postupem byly připraveny vzorky nestráveného podílu po procesu stravitelnosti metodou *in vitro*.

4.7.2 Stanovení obsahu prvků metodou ICP-MS

Analýza byla provedena pomocí hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem ICP-MS ThermoScientific iCAP Q na bázi kvadrupólového analyzátoru (ThermoScientific, USA) vybaveného technologií QCell (CCT – Collision Cell Technology). Jako kolizní plyn bylo použito hélium, k odstranění nežádoucích molekulárních iontů rozlišením jejich kinetické energie. Technologie QCell vyniká krátkou dobou analýzy, flexibilitou a spolehlivostí. Nastavení konkrétních pracovních parametrů bylo následující: výkon 1550 W, hloubka vzorkování 5 mm, průtok chladícího plynu 14,0 l/min, průtok pomocného plynu 0,8 l/min, průtok zmlžovacího plynu 1,015 l/min, průtoková rychlost He 4,1 ml/min, rychlost zmlžovače 40,00 ot/min a teplota uvnitř komory 2,7 °C (Koubová et al., 2018; Sumczynski et al., 2018).

Kalibrační standardní série byly již předem připraveny ve dvou sadách s očekávaným koncentračním rozsahem ve vzorcích: vysoká koncentrační řada standardů (28 prvků): ^9Be , ^{209}Bi , ^{66}Zn , ^{63}Cu , ^{60}Ni , ^{27}Al , ^{71}Ga , ^{73}Ge , ^{24}Mg , ^{59}Co , ^7Li , ^{107}Ag , ^{55}Mn , ^{95}Mo , ^{88}Sr , ^{137}Ba , ^{140}Ce , ^{133}Cs , ^{165}Ho , ^{121}Sb , ^{45}Sc , ^{181}Ta , ^{159}Tb , ^{205}Tl , ^{238}U , ^{51}V , ^{89}Y a ^{90}Zr v koncentraci 3–35 $\mu\text{g/l}$ a nižší koncentrační standardní řada (15 prvků): ^{75}As , ^{11}B , ^{44}Ca , ^{111}Cd , ^{52}Cr , ^{57}Fe , ^{202}Hg , ^{39}K , ^{31}P , ^{23}Na , ^{208}Pb , ^{32}S , ^{77}Se , ^{118}Sn a ^{48}Ti v koncentraci 0,5–1,0 $\mu\text{g/l}$. V této práci nebyly použity referenční certifikované materiály.

4.8 Statistická analýza

Na základě získaných experimentálních dat bylo zvoleno vyhodnocení pomocí parametrického testu, při hladině významnosti 0,05. Byl použit Studentův t -test za účelem zjištění rozdílu u středních hodnot.

5 VÝSLEDKY A HODNOCENÍ

Výsledky jednotlivých stanovení byly statisticky vyhodnoceny a zapsány jako střední hodnota se směrodatnou odchylkou (SD).

5.1 Výsledky stanovení sušiny a popela

Stanovení sušiny a popela jednotlivých vzorků bylo provedeno dle metod uvedených v kapitole 4. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1 Výsledky stanovení sušiny

Vzorek	Obsah sušiny ± SD [%]
Banánová mouka	93,6 ± 0,2 ^a
Dýňová mouka	91,7 ± 0,1 ^b
Mouka z hroznových jadérek	90,5 ± 0,1 ^c
Ostropestřcová mouka	91,2 ± 0,1 ^d
Lněná mouka	92,6 ± 0,1 ^e

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr ± SD (n=3). Výsledky ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Z tabulky 1 je patrné, že obsah sušiny se u jednotlivých vzorků pohyboval v rozmezí od 90,5 do 93,6 %. Dle Vyhlášky č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta má být vlhkost mouk ze všech druhů obilovin, pohanky a rýže je nejvýše 15,0 % a tudíž by obsah sušiny měl být minimálně 85 % (Česko, 2020). I přesto, že mouky z netradičních surovin nepodléhají dané vyhlášce, uvedený požadavek splňují. Vlhkost mouk je důležitým parametrem pro následné skladování a zachování kvality surovin. Při vyšším obsahu vlhkosti by mohlo dojít ke množení plísní a produkci mykotoxinů, což by mělo za následek znehodnocení surovin. (Cardoso et al., 2019). U mouk, které vznikají zpracováním semen, je vhodné semena zpracovávat na mouku až po vylisování oleje, aby nedocházelo ke žluknutí tuků.

Tabulka 2 Výsledky stanovení popela

Vzorek	Obsah popela ± SD [%]	Obsah popela v sušině ± SD [%]
Banánová mouka	3,39 ± 0,03 ^a	3,62 ± 0,03 ^a
Dýňová mouka	8,10 ± 0,06 ^b	8,84 ± 0,07 ^b
Mouka z hroznových jadérek	3,09 ± 0,01 ^c	3,42 ± 0,01 ^c
Ostropestřcová mouka	8,90 ± 0,03 ^d	9,76 ± 0,03 ^d
Lněná mouka	5,48 ± 0,01 ^e	5,92 ± 0,01 ^e

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr ± SD (n=3). Výsledky ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Obsah popela je hrubý ukazatel množství minerálních látek ve vzorku. V tabulce 2 je uveden obsah popela v jednotlivých moukách, které byly analyzovány. Nejméně popela bylo obsaženo v mouce z hroznových jadérek (3,42 %) a banánové mouce (3,62 %), naopak nejvíce popela bylo obsaženo v ostropestřcové mouce (9,76 %). U běžných mouk je obsah popela stanoven ve Vyhlášce č. 18/2020 Sb., kde je uveden nejvyšší povolený obsah minerálních látek v jednotlivých podskupinách. Například v pšeničné světlé hladké mouce nejvýše 0,60 %, u tmavé žitné mouky 1,10 % a mouky celozrnné 1,90 % (Česko, 2020). Typ mouky je definován na základě obsahu popela (nespalitelné, převážně minerální látky obsažené v mouce) a je označen číslem, které udává zhruba tisícinásobek hmotnosti popela v mouce. Např. typové číslo T530 znamená, že 100 kg mouky obsahuje 0,53 kg (0,53 %) popela. Obecně platí, čím větší je typové číslo mouky, tím více popela (minerálních látek) obsahuje, mouka je tmavší a obsahuje také více vlákniny (Pažout, Hemalová a Aldorfová, 2012). Z výše uvedeného se dá říci, že netradiční mouky obsahují více minerálních látek než mouky běžně používané. Přídavek těchto surovin do pekařských výrobků by mohl mít pozitivní vliv z nutričního hlediska na zvýšení obsahu vlákniny i minerálních látek.

5.2 Výsledky stanovení stravitelnosti

Stanovení stravitelnosti bylo provedeno u jednotlivých vzorků metodou *in vitro*, která je popsána v kapitole 4. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 Výsledky stanovení stravitelnosti

Vzorek	DMD \pm SD [%]	OMD \pm SD [%]
Banánová mouka	92,6 \pm 0,2 ^a	93,9 \pm 0,1 ^a
Dýňová mouka	89,1 \pm 0,3 ^b	91,3 \pm 0,3 ^b
Mouka z hroznových jadérek	44,0 \pm 0,8 ^c	52,1 \pm 0,7 ^c
Ostropestřcová mouka	76,7 \pm 0,7 ^d	81,9 \pm 0,5 ^d
Lněná mouka	69,6 \pm 1,5 ^e	74,2 \pm 1,2 ^e

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr \pm SD (n=3). Výsledky ve sloupcích se stejnými malými písemnými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými písemnými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Hodnoty stravitelnosti jednotlivých vzorků netradičních mouk jsou v tabulce 3 uvedeny jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD). Hodnoty DMD se pohybovaly v širokém rozpětí od 44,0 do 92,6 % a hodnoty OMD v rozmezí od 52,1 do 93,9 %. Nejnížší hodnoty byly naměřeny u mouky z hroznových jadérek (DMD 44,0 % a OMD 52,1 %). Naopak nejvyšší hodnoty byly naměřeny u banánové mouky, kde DMD bylo 92,6 % a OMD 93,9 %. Stravitelnost je zpravidla ovlivněna mnoha faktory. Na stravitelnost má velký vliv obsah vlákniny a škrobu. Škrob se z nutričního hlediska dělí na rychle stravitelný (RDS), pomalu stravitelný (SDS) a rezistentní (RS). Rychle a pomalu stravitelné škroby jsou tráveny rychleji, naopak rezistentní škrob se řadí mezi nevyužitelné polysacharidy. Pokud je v mouce vysoké zastoupení rezistentního škrobu, stravitelnost je nízká. Poměr jednotlivých typů škrobu může být ovlivněn tepelným zpracováním, což vede ke změně poměru zastoupení jednotlivých typů škrobu a tím ke zlepšení stravitelnosti (Zhang a Hamaker, 2012).

5.3 Výsledky stanovení minerálních a stopových prvků

Stanovení prvků bylo provedeno metodou ICP-MS dle postupu uvedeného v kapitole 4.7. Kompletní výsledky stanovení minerálních a stopových prvků, jak v nativní formě, tak nestráveném podílu, jsou uvedeny v Přílohách I až V pro jednotlivé druhy netradičních mouk. Obsah jednotlivých prvků dle jejich koncentračního zastoupení je prezentován na obrázcích 2 až 11.

Minerální prvky lze z hlediska nutričních potřeb organismu rozdělit na makroprvky (Ca, Mg, K, Na, Cl, S a P) a mikroprvky (Fe a Zn). Ostatní prvky se řadí k prvkům stopovým, z nichž některé jsou esenciální (např. Cr, Cu, Se, Mn a Mo) a ostatní jsou neesenciální. Ze skupiny neesenciálních stopových prvků lze vyřadit ještě podskupinu prvků toxických (Cd, As, Pb, Hg, Ni, Ag, a Sn). Obsah minerálních a stopových prvků v rostlinách a jejich částech ovlivňuje mnoho faktorů, například odrůda, stav zralosti, podnebí, stav půdy, hnojení a zavlažování, způsob pěstování a v neposlední řadě způsob zpracování na konečné produkty (Hardisson et al., 2000).

Z makroprvků byl v nejvyšším zastoupení draslík a hořčík. Draslík je důležitým regulátorem osmotické rovnováhy buněk a reguluje srdeční tep (Koláčková et al., 2020). Obsah draslíku byl nejvyšší v dýňové mouce (73,0 mg/g) a mouce z hroznových jadérek (69,0 mg/g), naopak nejnižší zastoupení tohoto prvku bylo v ostropestřcové a lněné mouce (0,73 mg/g). V banánové mouce byl obsah draslíku 7,30 mg/g, což je o polovinu méně než ve studii Aurore et al. (2009), kde byl obsah stanoven na 14,9 mg/g.

Hořčík přispívá ke správné funkci nervové soustavy a činnosti svalů, působí také proti únavě a vyčerpání. Jeho nedostatek se může projevit svalovou slabostí a poruchou nervové činnosti (Koláčková et al., 2020). Nejvyšší obsah hořčíku byl v mouce z hroznových jadérek (68,0 mg/g), naopak nejnižší obsah byl naměřen v mouce banánové (0,06 mg/g). Naměřená koncentrace se neshoduje s výsledky studie dle Aurore et al. (2009), kde je uvedena koncentrace 1,08 mg/g. Neshoda může být způsobena použitím jiné odrůdy banánů v odlišné fázi zralosti, způsobem výroby banánové mouky nebo dalšími faktory, které mohou obsah minerálních prvků ovlivňovat.

Dalším hojně zastoupeným prvkem je fosfor, který hraje důležitou roli v transportu buněčné energie pomocí ATP a je také důležitým prvkem pro zpevnění kostí (Koláčková et al., 2020). Nejvyšší zastoupení fosforu je v dýňové mouce (700 µg/g), naopak nejnižší v mouce banánové (37,9 µg/g).

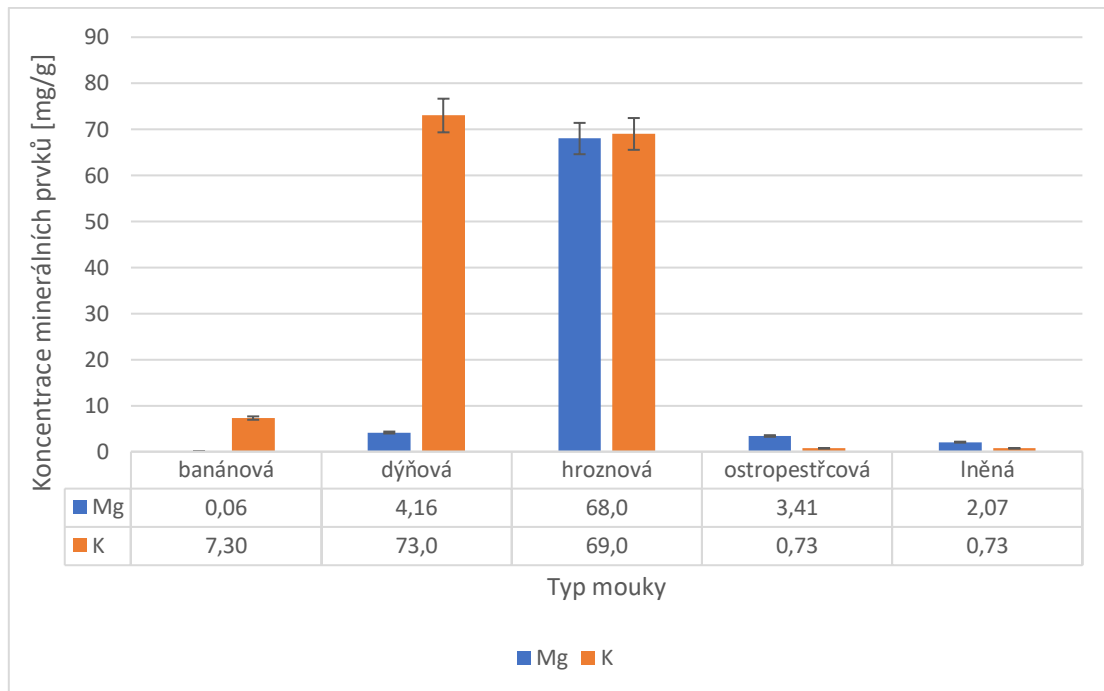
Vápník byl nejvíce zastoupen v ostropestřcové mouce a mouce z hroznových jadérek v množství 93,0 $\mu\text{g/g}$. Nejméně vápníku bylo obsaženo v banánové (0,37 $\mu\text{g/g}$) a dýňové mouce (0,68 $\mu\text{g/g}$). Vápník je důležitým prvkem pro správnou funkci svalů, také se ukládá v kostech a zubech, má významnou roli v prevenci osteoporózy (Sumczynski et al., 2018).

Nejvyšší koncentrace sodíku byla zjištěna v banánové mouce (65,0 $\mu\text{g/g}$), což je dvakrát více než stanovený obsah (30 $\mu\text{g/g}$) ve studii Aurore et al. (2009). Naopak nejnižší koncentrace byla v mouce dýňové (33,8 $\mu\text{g/g}$). Sodík je nezbytným prvkem pro regulaci krevního tlaku, také udržuje osmotickou rovnováhu buněk (Sumczynski et al., 2018).

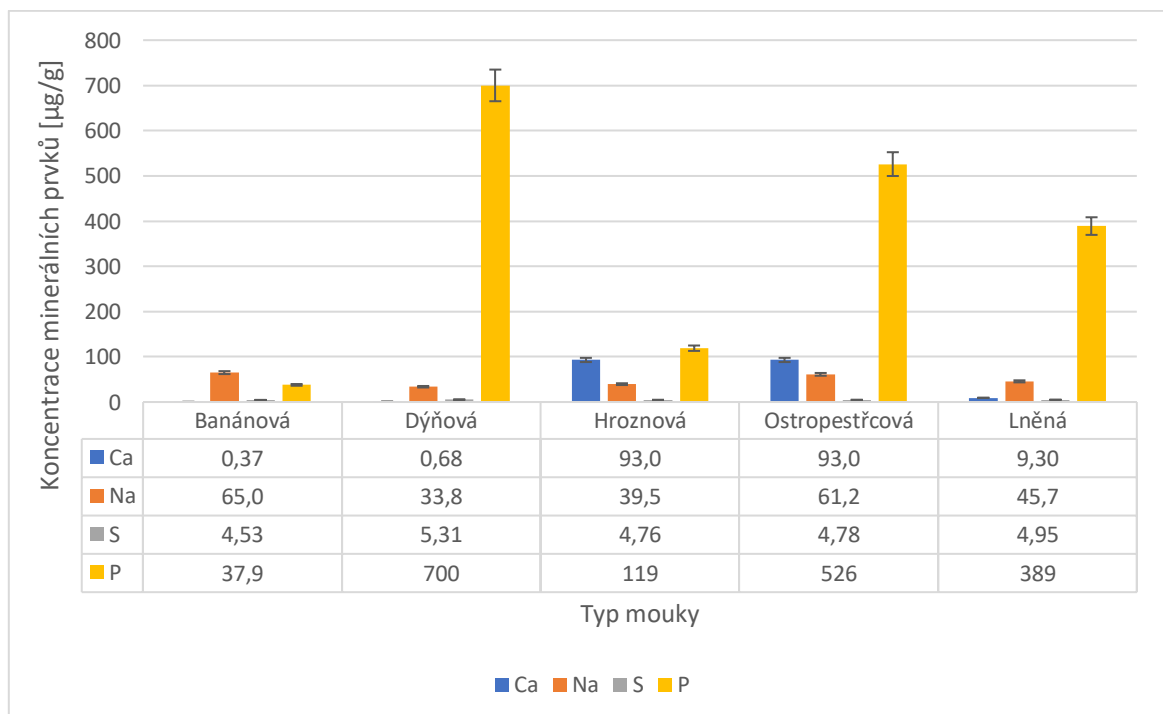
Koncentrace síry byla ve vzorcích naměřena v rozmezí od 4,53 do 5,31 $\mu\text{g/g}$. Síra je důležitým prvkem sirných aminokyselin methioninu a cysteinu, má významnou roli v syntéze metabolických produktů (Nimni, Han a Cordoba, 2007).

Železo je nezbytné pro tvorbu a funkci červených krvinek, je součástí hemoglobinu (Derun, 2014). V nejvyšší míře bylo zastoupeno v ostropestřcové mouce (50,7 $\mu\text{g/g}$), nejméně v banánové mouce (2,42 $\mu\text{g/g}$). Hodnota železa v dýňové mouce ve studii Akintade et al. (2019) je 26,3 $\mu\text{g/g}$, v této práci je jeho koncentrace 15,0 $\mu\text{g/g}$. Rozdíl v hodnotách měření může být zapříčiněn faktory zmíněnými již výše.

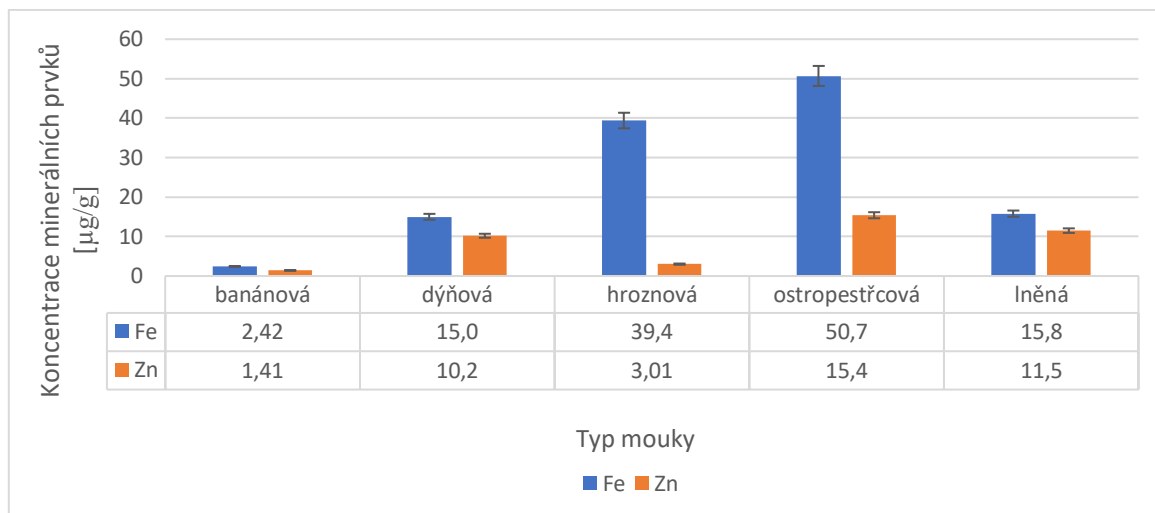
Zinek je součástí enzymů podílejících se na trávení, metabolismu a hojení ran (Derun, 2014). Zinek byl v nejvyšší míře zastoupen v ostropestřcové mouce (15,4 $\mu\text{g/g}$), nejméně v banánové mouce (1,41 $\mu\text{g/g}$). Koncentrace zinku v dýňové mouce byla v této práci 10,2 $\mu\text{g/g}$, což je přibližně pětkrát více než je uvedeno ve studii Akintade et al. (2019), kde je jeho hodnota 2,70 $\mu\text{g/g}$.



Obrázek 2 Obsah minerálních prvků Mg a K v nativních moukách



Obrázek 3 Obsah ostatních makroprvků v nativních moukách

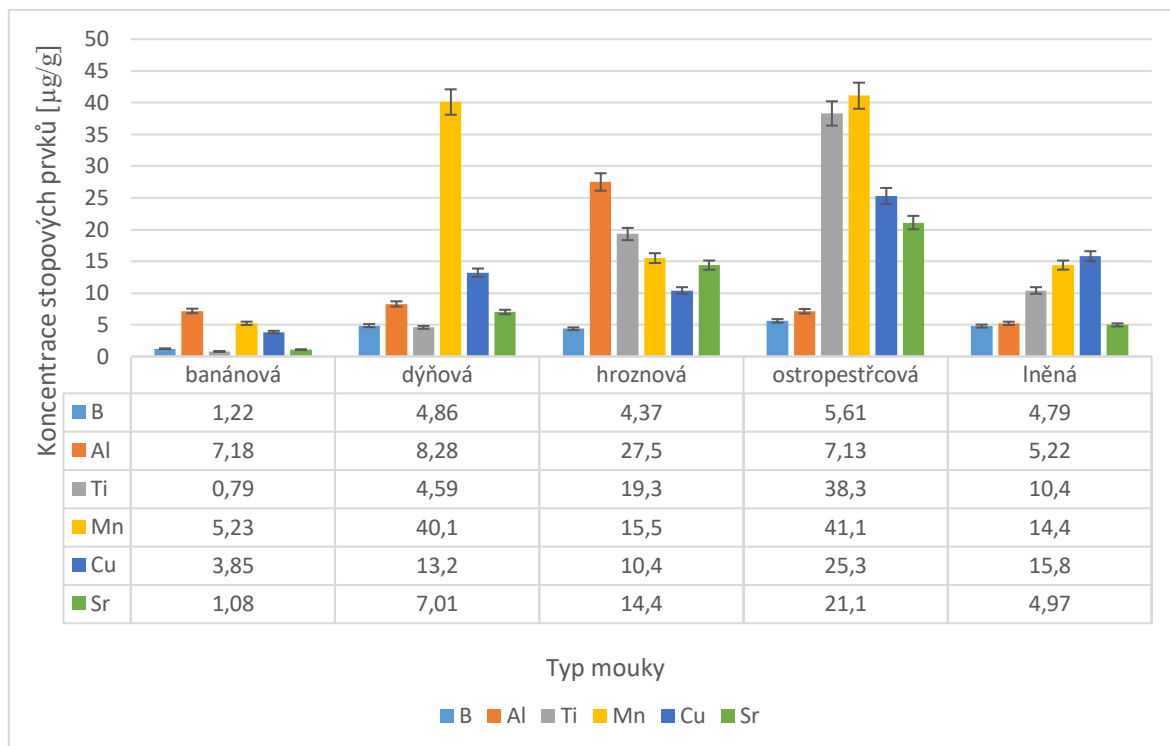


Obrázek 4 Obsah mikroprvků v nativních moukách

Hliník je toxický prvek, jehož toxický účinek se projevuje po dlouhodobé expozici. Má tendenci kumulovat se ve tkáních. Obsah v rostlinách závisí na odrůdě, místě pěstování a dalších faktorech. Průměrný obsah hliníku byl v banánech stanoven na 32,8 ng/g (Hardisson et al., 2017). V této práci byl obsah hliníku v banánové mouce 7,18 ng/g, což je téměř pětikrát nižší hodnota.

Mangan patří mezi esenciální prvky, působící jako aktivátor enzymových komplexů (Sumczynski et al., 2018). Nejnižší obsah manganu byl naměřen v banánové mouce (5,23 µg/g), což odpovídá hodnotám naměřených ve studii Aurore et al. (2009), kde byl obsah manganu v banánové mouce stanoven na 5,7 µg/g. Nejvyšší hodnoty měly dýňová a ostropestřcová mouka (až 41,1 µg/g). Ve studii Akintade et al. (2019) nebyl mangan naměřen vůbec. Tyto rozdíly v měření mohou být způsobeny odlišnou odrůdou pro výrobu mouky, původem nebo podmínkami pěstování.

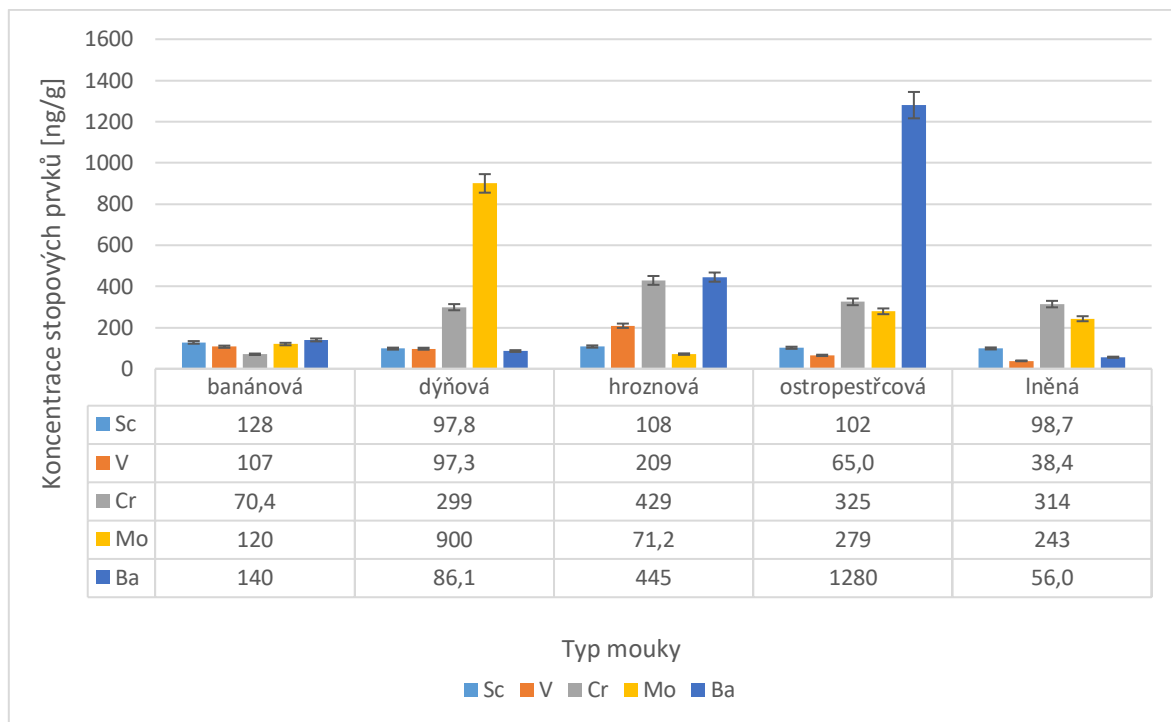
Měď patří mezi stopové esenciální prvky. Pro organismus je nezbytná jako součást redoxních enzymů (Sumczynski et al., 2018). Ve studii dle Aurore et al. (2009) byla koncentrace mědi stanovena na 3,9 µg/g v banánové mouce, což je v souladu s naměřenou hodnotou 3,85 µg/g. Ve lněné mouce byla koncentrace mědi 15,8 µg/g, což je o polovinu méně, než uvádí studie (Hussain et al., 2008), kde je její koncentrace 34,5 µg/g. U ostatních mouk se koncentrace mědi pohybovala v rozmezí 10,4–25,3 µg/g.



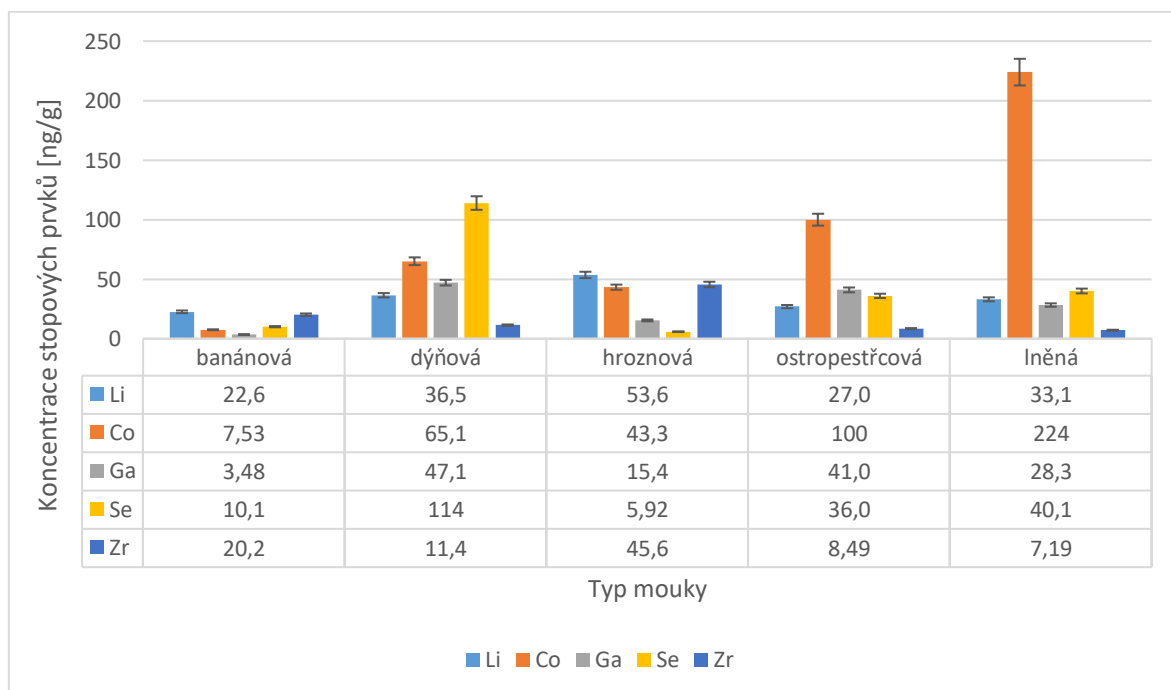
Obrázek 5 Obsah stopových prvků v nativních moukách

Chrom je zařazen mezi esenciální prvky. Vyskytuje se ve dvou formách. Trojmocný chrom Cr^{3+} zvyšuje aktivitu inzulínu a podílí se na metabolismu sacharidů. Šestimocná forma Cr^{6+} je považována za toxickou (Sumczynski et al., 2018). Nejvyšší hodnotu chromu vykazovala mouka z hroznových jadérek (429 ng/g) a nejnižší banánová mouka (70,4 ng/g).

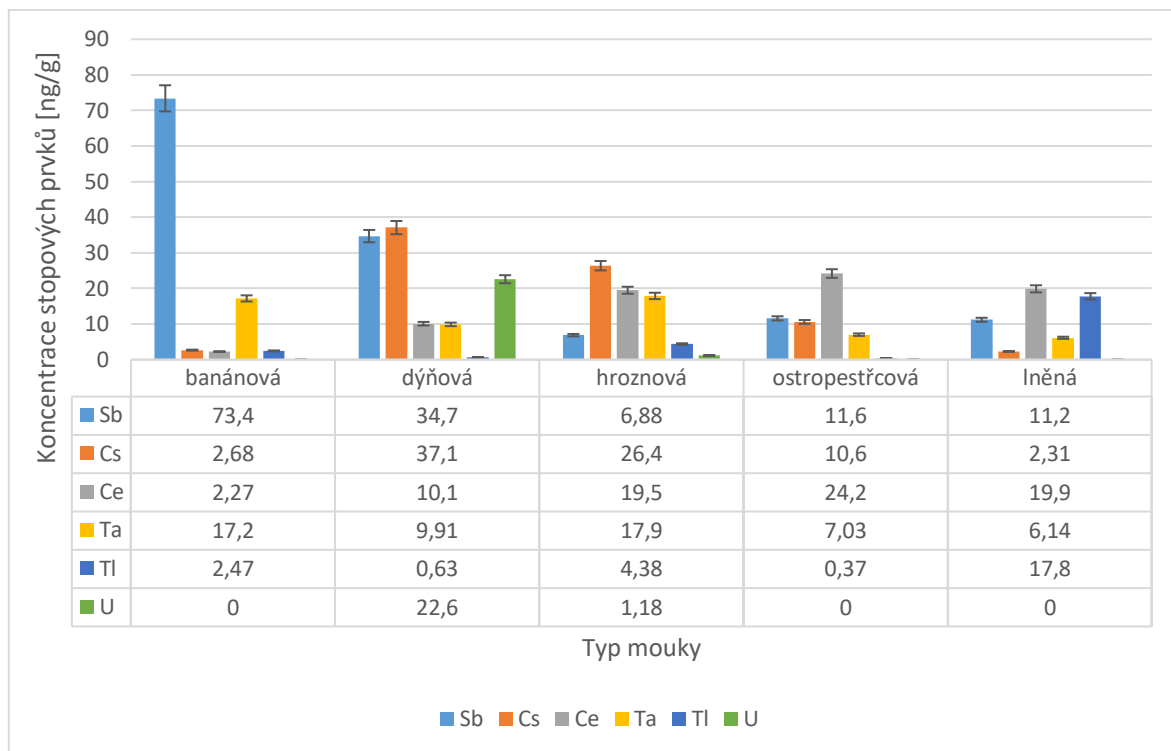
Ostatní stopové esenciální prvky jako stroncium, vanad, baryum, lithium, galium, zirkon, thalium a další byly naměřeny ve velmi nízkých koncentracích v jednotkách ng/g. K těmto stopovým prvkům nejsou k dispozici dostatečné relevantní údaje pro porovnání s literárními údaji pro tyto vzorky netradičních mouk.



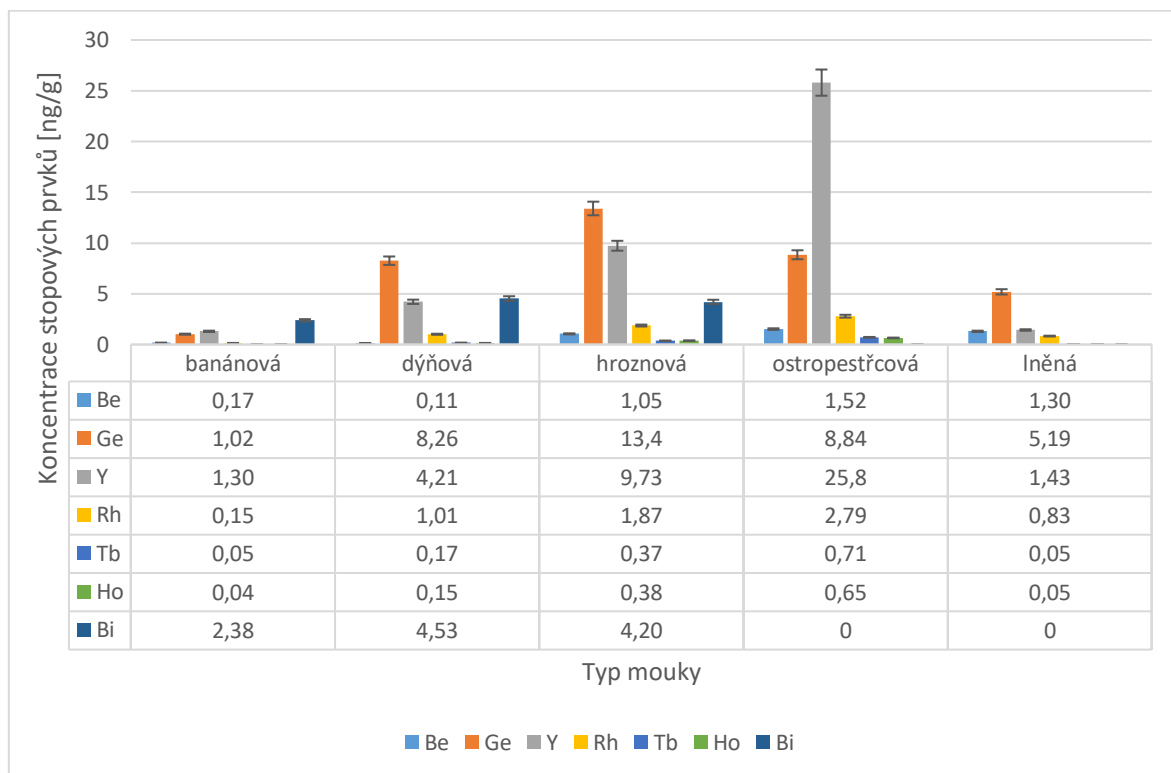
Obrázek 6 Obsah stopových prvků v nativních moukách



Obrázek 7 Obsah stopových prvků v nativních moukách



Obrázek 8 Obsah stopových prvků v nativních moukách



Obrázek 9 Obsah stopových prvků v nativních moukách

Kadmium je nefrotoxický prvek, jehož hodnoty musí být sledovány (Koláčková et al., 2020). V této práci se hodnoty kadmia pohybovaly ve velmi širokém rozpětí od 0,98 ng/g u mouky z hroznových jadérek do 247 ng/g u lněné mouky.

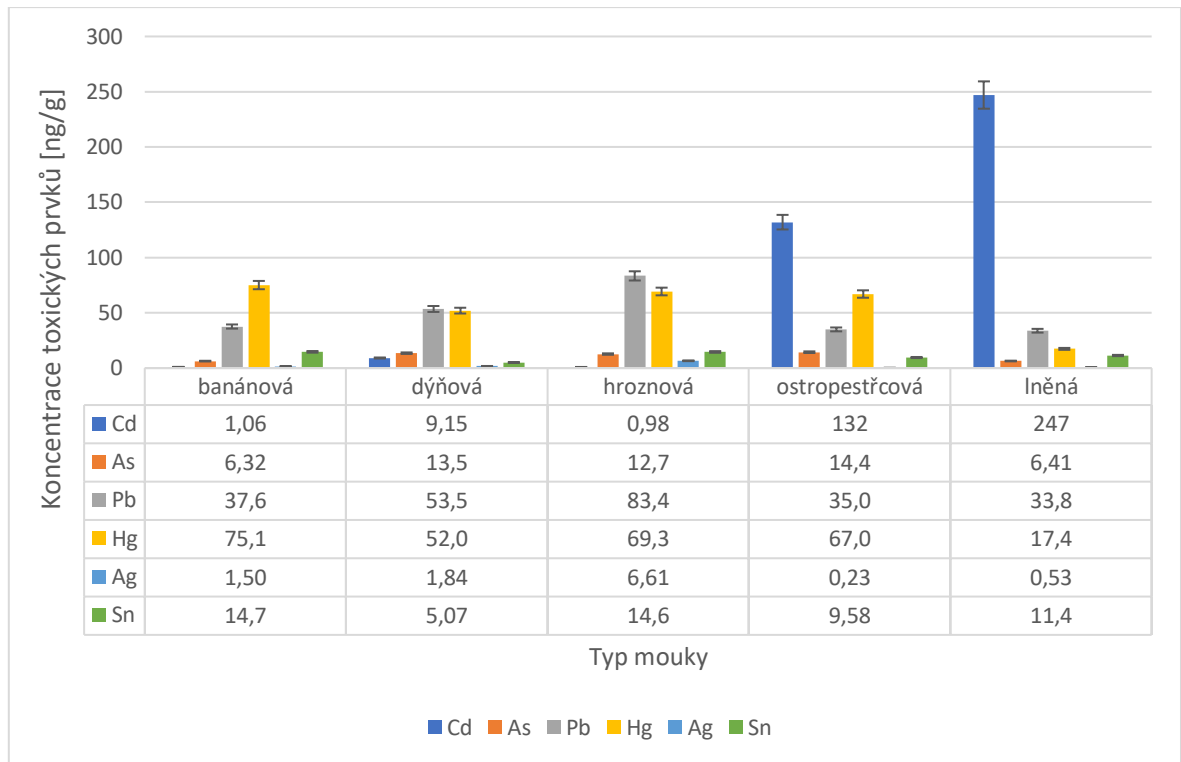
Toxicita arsenu se liší v závislosti na chemické formě. Anorganické formy arsenu jsou toxické, arsen vázaný na organické sloučeniny je toxický méně (Sumczynski et al., 2018). Koncentrace arsenu byly naměřeny v rozemí 6,32–14,4 ng/g.

Olovo je toxický prvek poškozující nervový systém a způsobující poruchy krve (Sumczynski et al., 2018). Koncentrace olova v této práci byly stanoveny poměrně nízké. Ve srovnání s jinými druhy mouk, byla nejvyšší hodnota stanovena u mouky z hroznových jadérek (83,4 ng/g).

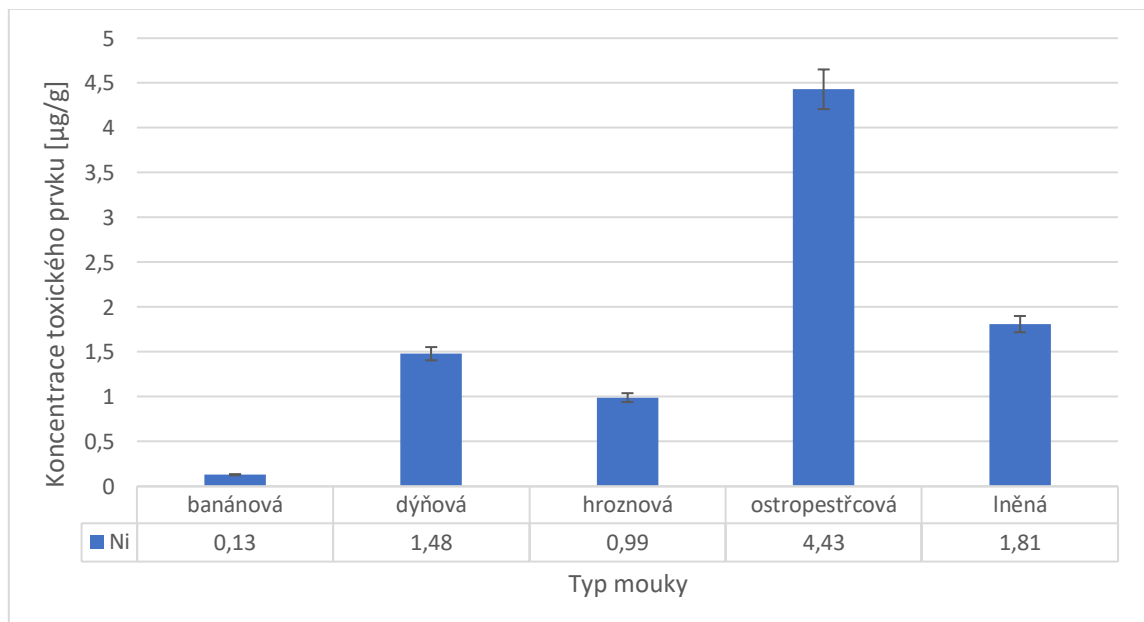
Rtuť je známa pro svou vysokou toxicitu, jejíž příznaky otravy se projevují neurologickými a kardiovaskulárními onemocněními (Koláčková et al., 2020). Nejnižší koncentrace rtuti byla naměřena u lněné mouky (17,4 ng/g), naopak nejvyšší hodnota u banánové mouky (75,1 ng/g).

Cín je považován za méně toxický prvek, který ale může při požití vyšší dávky způsobit akutní potíže v zažívacím traktu. V rostlinách se obsah cínu pohybuje do 29 ng/g (Sumczynski et al., 2018). V této práci byla maximální hodnota cínu 14,7 ng/g v banánové mouce.

Nikl je karcinogenní prvek, který iniciuje epigenetické změny normální buňky v rakovinnou. Proto je důležité sledovat koncentrace niklu v potravinách (Koláčková et al., 2020). V této práci byl naměřen obsah niklu v rozmezí 0,13–4,43 µg/g. Vzhledem k jeho koncentraci řádově v µg/g je tento prvek zanesen samostatně v grafu odděleně od ostatních toxických prvků, jejichž koncentrace se pohybovaly řádově v ng/g.



Obrázek 10 Obsah toxických prvků v nativních moukách



Obrázek 11 Obsah toxického prvku Ni v nativních moukách

5.4 Výsledky výpočtu retence pro jednotlivé prvky v netradičních moukách

Pro výpočet retenčního faktoru byly použity naměřené koncentrace minerálních a stopových prvků v nativní formě a nestráveném podílu netradičních mouk (uvedeny v příloze I až V) a hodnoty stravitelnosti (DMD).

Retence neboli retenční faktor (RF, %) udává množství prvku, které stále zůstává zachycené v matici nestráveného podílu vzorku po procesu simulace digesce technikou *in vitro*.

Hodnota retenčního faktoru pro jednotlivé prvky byla vypočtena podle vzorce:

$$RF = \frac{C_{\text{nestrávený podíl mouky}} \times (100 - DMD)}{C_{\text{nativní mouka}}} \quad (13)$$

kde: c ... koncentrace prvku v nestráveném nebo nativním podílu mouky [ng, μg nebo mg/g],

DMD ... hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%].

Výsledky vypočtených hodnot RF pro jednotlivé prvky v netradičních moukách jsou uvedeny na obrázcích 12 až 16.

Teoreticky nejvíce dostupné makroprvky v banánové mouce jsou síra a vápník s retencí 8 %, fosfor a hořčík s retencí 12 %. Naopak jako nejméně dostupný se jeví draslík, kterého zůstalo v nestráveném podílu 96 % a uvolnil se pouze ze 4 %. V banánové mouce mají teoretickou vysokou dostupnost prvky thalium, cesium, arsen, olovo a rtuť, u nichž se hodnota retence pohybovala v rozmezí 1–5 %. Z hodnot retencí napříč všemi moukami se zdá, že většina prvků v banánové mouce má nejvyšší potenciální dostupnost (nad 85 %). Pouze prvky kadmium, sodík, antimon a draslík (zmíněn výše) mají dostupnost nižší. Vysoké hodnoty potenciální dostupnosti nejsou žádoucí v případě prvků majících toxické účinky.

V dýňové mouce byl nejvíce dostupným prvkem bismut, jenž se zcela uvolnil (retence 0 %) a cesium s retencí 1 %. Tyto prvky mohou ve vyšších dávkách působit toxicky, proto je nutné hlídat jejich koncentraci. Vysokou dostupnost vykazovaly makroprvky fosfor

a hořčík (retence 8–9 %). Naopak prvkem s nejvyšší hodnotou retence (92 %) bylo beryllium. Mezi prvky, jejichž retence se pohybovala v rozmezí 30–60 %, patřilo thalium, draslík, stříbro, nikl a antimon. Všechny ostatní prvky vykazovaly retenci nižší než 30 %, což znamená více než 70% dostupnost pro organismus.

V mouce z hroznových jadérek měla většina prvků retenci v rozmezí 30–50 %. Prvkem s nejnižší retencí (5 %) bylo cesium, dále vápník (6 %), molybden (10 %), hořčík (11 %) a fosfor (12 %). Nízká retence a tím vysoká využitelnost vápníku, hořčíku a fosforu je žádoucí, jelikož se jedná o prvky, které plní důležité funkce v organismu a přispívají správné činnosti nervové a svalové soustavy. Nejméně dostupným prvkem byl draslík (retence 83 %), dále zirkon (79 %) a germanium (66 %). Rtuť, patřící mezi toxické prvky, vykazovala retenci 52 %, což znamená možnou dostupnost ze 48 %, což je z důvodu její toxicity relativně vysoká hodnota.

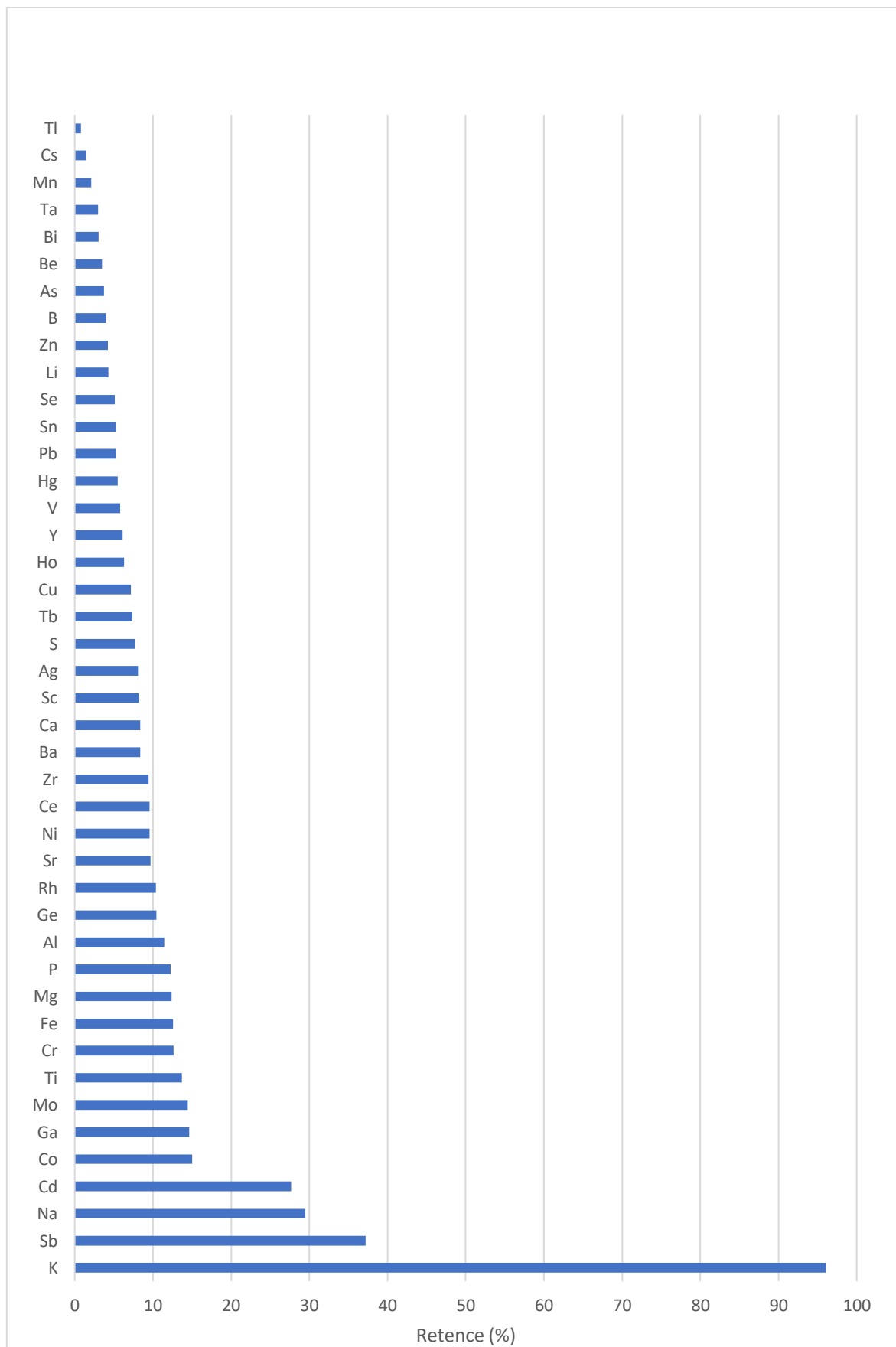
Ostropěstřcová mouka se zdá být vhodným zdrojem nutričně hodnotných minerálních prvků jako jsou vápník, draslík, hořčík a sodík, jejichž retence se pohybovala v rozmezí 9–16 %. Celkově minerální prvky v této mouce vykazovaly retenci maximálně 35 %, což znamená vyšší dostupnost pro vstřebání během procesu trávení. Stopové prvky s toxickým účinkem (rtuť, nikl, arsen, olovo a cín) měly hodnoty retence v rozmezí 15–20 %, a tím jejich možná využitelnost v organismu byla až 85 %. S ohledem na toxicitu těchto prvků se jedná o vysoké hodnoty dostupnosti. Nejnižší hodnotu retence (4 %) mělo cesium, naopak nejvyšší hodnoty vykazovaly prvky thalium (35 %), beryllium (33 %) a zirkon (32 %).

Ve lněné mouce byl nejvíce dostupným prvkem vápník (retence 3 %), který je důležitý pro správnou funkci svalů a stavbu kostí a zubů. Nejvíce prvků se vyskytovalo v hodnotách retence od 20 do 40 %. Mezi prvky s retencí do 20 % se řadily jak toxické prvky (rtuť, cín, nikl a kobalt), tak makroprvky draslík s retencí 12 % a hořčík s retencí 19 %. Mezi prvky s retencí nad 40 % patřily olovo (48 %), molybden (49 %), baryum (57 %) a antimon (69 %). Nejvyšší hodnotu retence (91 %), a tím nejnižší dostupnost, měl vanad.

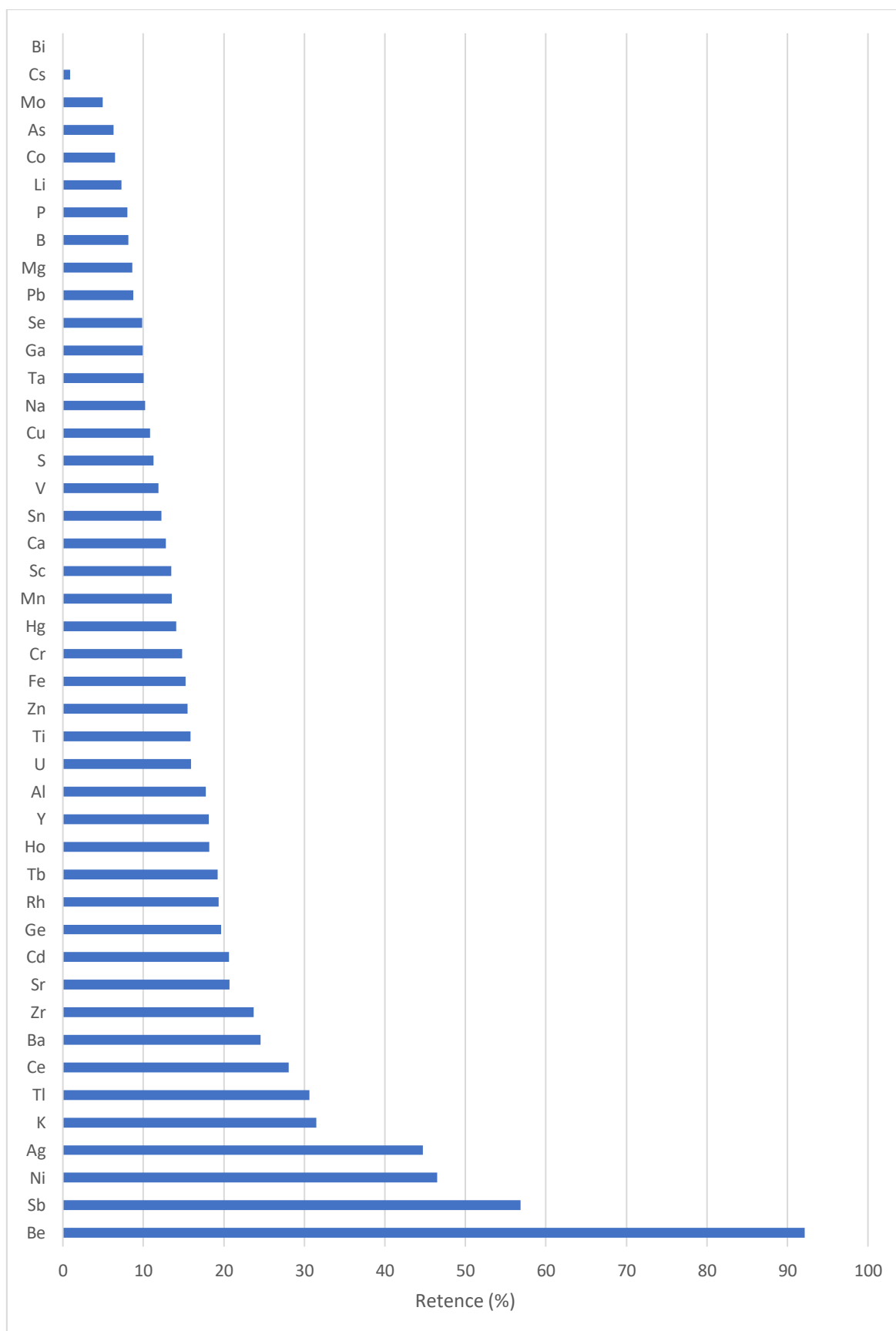
Jelikož retence minerálních prvků není dostatečně prozkoumána a nejsou k dispozici vhodné studie, je obtížné získané hodnoty diskutovat.

Biologická dostupnost je charakterizována jako podíl živin, které může organismus přijmout ve vztahu k celkovému množství dostupné látky. Biologickou dostupnost minerálních prvků může ovlivňovat mnoho fyziologických a dietních faktorů, které mají vliv na výslednou využitelnost minerálních prvků. Kromě doplňků stravy je potrava jediným zdrojem

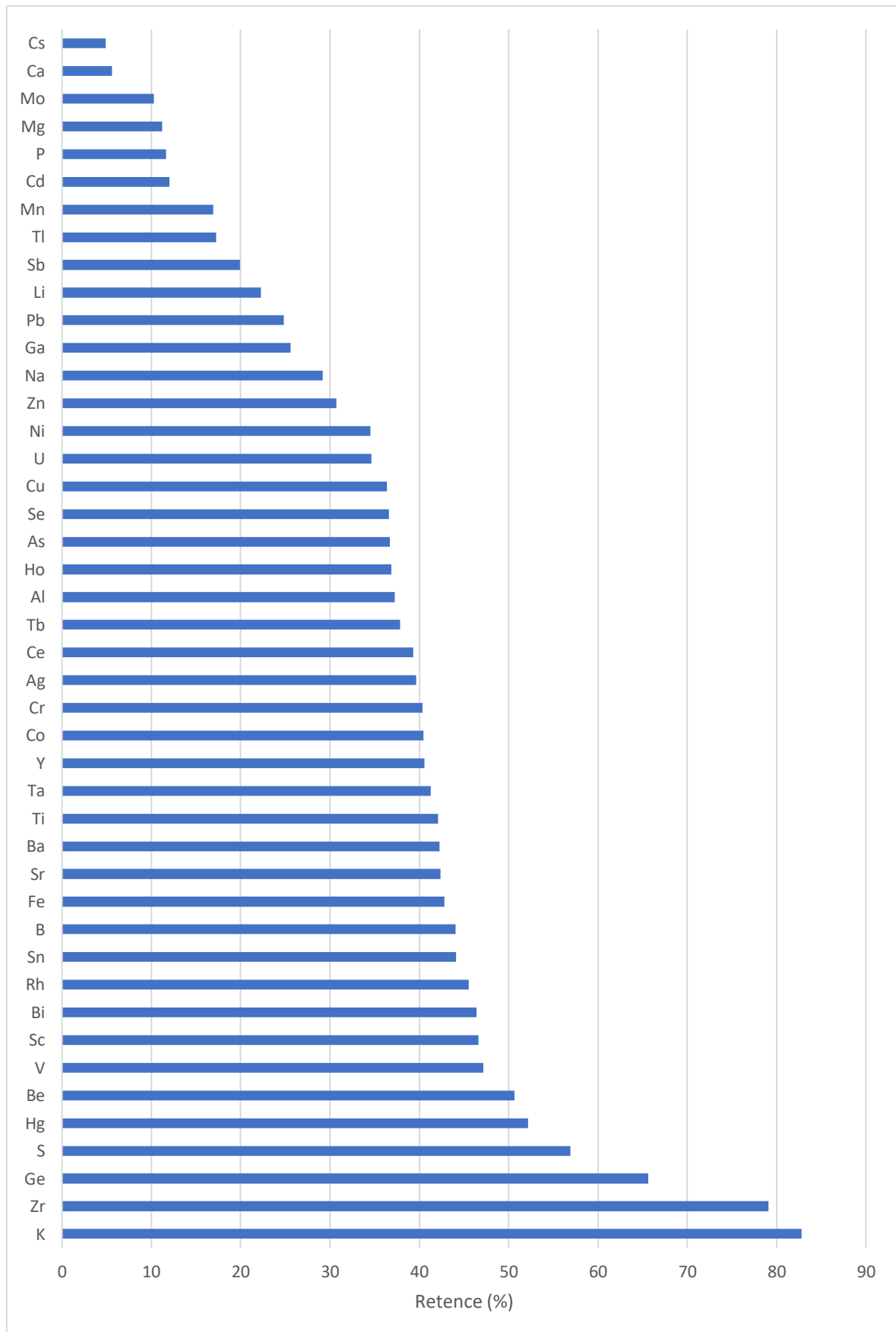
minerálních prvků pro organismus. Ne všechny však mohou být v zažívacím traktu absorbovány a následně využity pro obvyklé fyziologické funkce. Vstřebání minerálních prvků může být také ovlivněno chemickými interakcemi s dalšími sloučeninami, které výsledné vstřebání mohou snižovat (Nikinmaa, 2014; Wang et al., 2021). Například v ovoci, zelenině a obilovinách jsou přítomny antinutriční látky, které mohou narušit stravitelnost, vstřebání a výslednou využitelnost živin. Jedním z těchto antinutrientů je kyselina fytová, která snižuje vstřebávání zinku, železa, hořčíku a vápníku díky svému chelatačnímu účinku (Ferreira a Tarley, 2020).



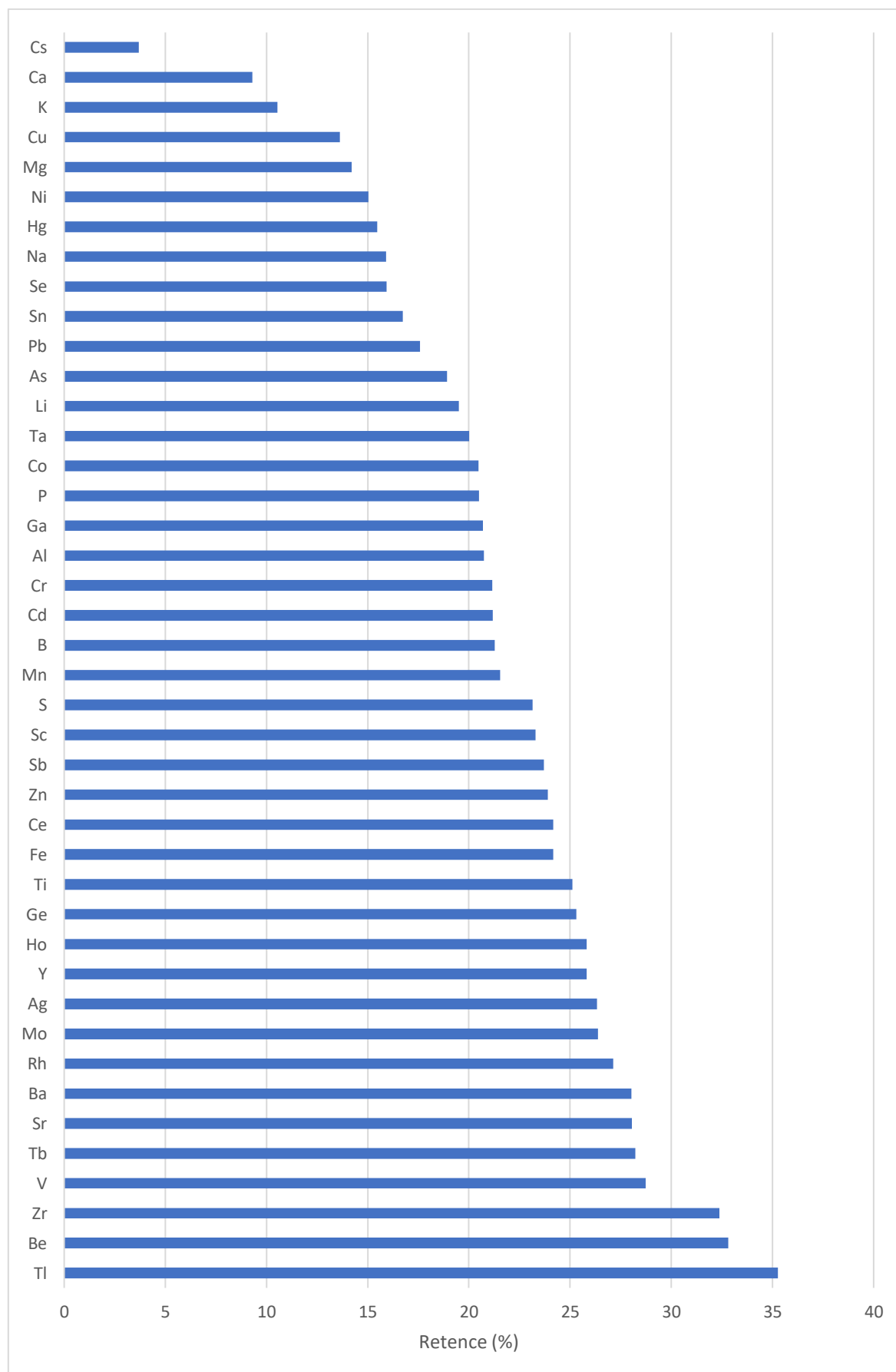
Obrázek 12 Retence minerálních a stopových prvků v banánové mouce



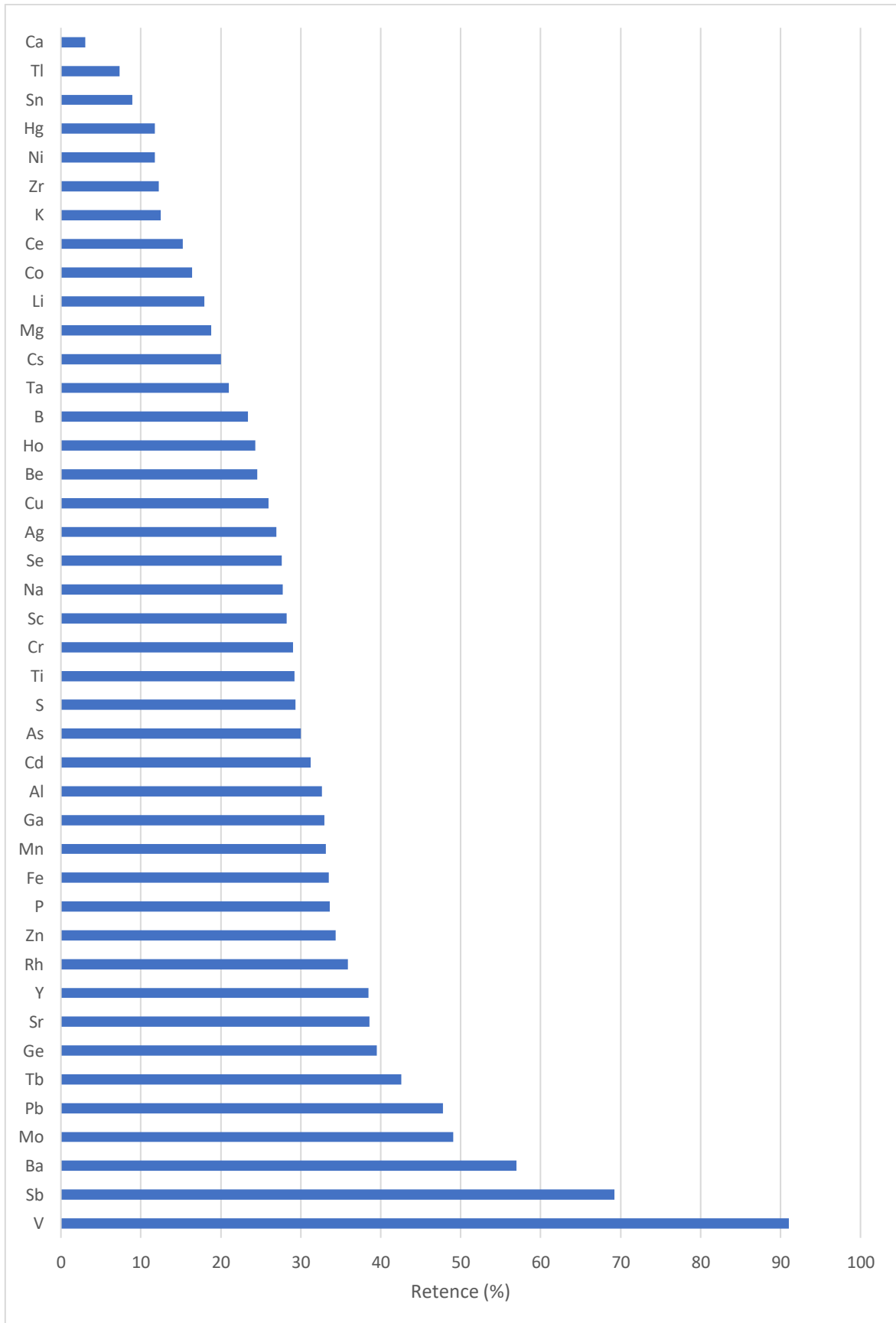
Obrázek 13 Retence minerálních a stopových prvků v dýňové mouce



Obrázek 14 Retence minerálních a stopových prvků v mouce z hroznových jadérek



Obrázek 15 Retence minerálních a stopových prvků v ostropestřcové mouce



Obrázek 16 Retence minerálních s topových prvků ve lněné mouce

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce byla popsána charakteristika běžně používaných mouk, technologie výroby a chemické složení nejčastěji používaných obilovin. Dále byly popsány netradiční mouky, které byly využity v experimentální části, jejich výroba a chemické složení. Mezi tyto mouky byly zařazeny mouka banánová, dýňová, lněná, ostropestřcová a mouka z hroznových jadérek.

Experimentální část práce byla zaměřena na stanovení obsahu minerálních a stopových prvků jak v nativní formě, tak v nestráveném podílu. Ze získaných hodnot koncentrací byl vypočten retenční faktor pro jednotlivé prvky. Dále byl stanoven obsah sušiny, popela a stravitelnost metodou *in vitro*.

Obsah sušiny se ve vzorcích pohyboval v rozmezí 90,5–93,6 % (6,4–9,5 % vlhkosti), což odpovídá požadavku na mlýnské obilné výrobky, kde je stanoven maximální obsah vlhkosti mouk na 15 %. Obsah popela (minerálních látek) byl v rozsahu od 3,42 do 9,76 %. Nejméně popela bylo obsaženo v mouce z hroznových jadérek, největší obsah byl v ostropestřcové mouce. Hodnoty stravitelnosti se pohybovaly v širokém rozpětí od 52,1 do 93,9 %. Nejnižší hodnota byla naměřena u mouky z hroznových jadérek (52,1 %), naopak nejvyšší hodnota byla stanovena u banánové mouky (93,9 %).

Draslík byl nejvíce zastoupeným prvkem, jehož koncentrace byla nejvyšší v dýňové mouce (73,0 mg/g) a mouce z hroznových jadérek (69,0 mg/g). Naopak nejméně byl zastoupen v ostropestřcové a lněné mouce (0,73 mg/g). Hořčík byl druhým nejvíce zastoupeným prvkem, jehož nejvyšší obsah vykazovala mouka z hroznových jadérek (69,0 mg/g). Nejméně bylo tohoto prvku obsaženo v banánové mouce (0,06 mg/g).

V banánové mouce byl nejvíce zastoupen draslík (7,30 mg/g), sodík (65,0 µg/g), hořčík (0,06 mg/g) a fosfor (37,9 µg/g). Nejméně zastoupenými prvky bylo holmium (0,04 ng/g) a terbium (0,05 ng/g). Nejvyšší hodnotu retence v nestráveném podílu vykazoval draslík (96 %), naopak nejvíce dostupnými prvky pro organismus byly síra a vápník s retencí 8 %.

V dýňové mouce byl po draslíku nejvíce obsažen hořčík (4,16 mg/g) a fosfor (700 µg/g). Ostatní prvky byly obsaženy v řádově nižších koncentracích. Nejnižší obsah byl stanoven u beryllia (0,11 ng/g). Beryllium vykazovalo nejvyšší hodnotu retence (92 %). Nejvíce dostupným byl prvek bismut, jenž se z nestráveného podílu zcela uvolnil, a cesium s retencí 1 %.

Mouka z hroznových jadérek obsahovala ve vysokých koncentracích draslík a hořčík, dále byly ve vyšší míře zastoupeny fosfor (119 $\mu\text{g/g}$) a vápník (93,0 $\mu\text{g/g}$). Nejnižší koncentrace byly stanoveny u prvků terbium (0,37 ng/g), holmium (0,38 ng/g) a kadmium (0,98 ng/g). Draslík byl v této mouce nejméně dostupným prvkem (retence 83 %). Mezi prvky s nejnižší retencí patřilo cesium (5 %) a vápník (6 %).

Největší zastoupení prvků v ostropestřcové mouce vykazoval hořčík (3,41 mg/g), draslík (0,73 mg/g) a fosfor (526 $\mu\text{g/g}$). Nejnižší koncentrace byla naměřena u stříbra (0,23 ng/g), thallia (0,37 ng/g) a holmia (0,65 ng/g). Nejnižší hodnotu retence (4 %) mělo cesium, naopak nejvyšší hodnoty vykazovaly prvky thalium (35 %), beryllium (33 %) a zirkon (32 %). Celkově minerální prvky v ostropestřcové mouce nevykazovaly retenci vyšší než 35 %, což znamená teoreticky vyšší dostupnost během procesu trávení.

Ve lněné mouce byla nejvyšší koncentrace stanovena u hořčíku (2,07 mg/g), draslíku (0,43 mg/g) a fosforu (389 $\mu\text{g/g}$). Nejnižší koncentraci vykazovaly prvky holmium a terbium (0,05 ng/g), dále stříbro (0,53 ng/g) a rhodium (0,83 ng/g). Vápník byl prvkem s nejnižší retencí (3 %), naopak nejvyšší hodnotu retence vykazoval vanad (91 %).

Netradiční mouky analyzované v této práci by mohly mít výrazný potenciál při přípravě výrobků z obilovin. Přidání netradičních mouk k běžně používaným moukám by mohl vést ke zlepšení nutričních hodnot potravin obohacením o minerální prvky, vlákninu a další zdraví prospěšné látky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ALJAHANI, Amani H., 2022. Wheat-yellow pumpkin composite flour: Physico-functional, rheological, antioxidant potential and quality properties of pan and flat bread. *Saudi Journal of Biological Sciences* [online]. **2022**(Volume 29) [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.02.040>
2. ADUBOFUOR, Joseph, Justice Wilson ANOMAH a Isaac AMOAH, 2018. Anti-nutritional factors and mineral composition of pumpkin pulp and functional properties of pumpkin-wheat composite flour for bread preparation. *International Journal of Innovative Food Science and Technology* [online]. **2018** [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: doi:[10.25218/ijfst.2018.01.001.01](https://doi.org/10.25218/ijfst.2018.01.001.01)
3. AKINTADE, Adeyanmola Oluwaseyi, Olugbenga Olufemi AWOLU a Beatrice Olawumi IFESAN, 2019. NUTRITIONAL EVALUATION OF FERMENTED, GERMINATED AND ROASTED PUMPKIN (CUCURBITA MAXIMA) SEED FLOUR. *Acta Universitatis Cibiniensis* [online]. **2019**(Vol. XXIII) [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: doi:[10.2478/aucft-2019-0021](https://doi.org/10.2478/aucft-2019-0021)
4. APOSTOL, Livia et al., 2017. THE EFFECTS OF PARTIALLY DEFATTED MILK THISTLE (SILYBUM MARIANUM) SEED FLOUR ON WHEAT FLOUR. *Agriculture & Food* [online]. **2017**(Volume 5) [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/318495616_THE_EFFECTS_OF_PARTIALLY_DEFATTED_MILK_THISTLE_SILYBUM_MARIANUM_SEED_FLOUR_ON_WHEAT_FLOUR
5. AURORE, Guylène, Berthe PARFAIT a Louis FAHRASMANE, 2008. Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends in Food Science & Technology* [online]. **2009**(Volume 20) [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: doi:<https://doi.org.proxy.k.utb.cz/10.1016/j.tifs.2008.10.003>
6. BEDRNÍČEK, Jan et al., 2022. Milk Thistle Oilseed Cake Flour Fractions: A Source of Silymarin and Macronutrients for Gluten-Free Bread. *Antioxidants* [online]. **2022**(Volume 11) [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/antiox11102022>
7. BERES, Carolina et al., 2019. Antioxidant dietary fibre from grape pomace flour or extract: Does it make any difference on the nutritional and functional value?. *Journal of*

- Functional Foods* [online]. **2019**(Volume 56) [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.03.014>
8. *Bezlepkova.com: Banánová mouka* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.bezlepkova.com/mouky-z-bezlepkovych-plodin-male/bananova-mouka>
 9. BOJŇANSKÁ, Tatiana, Alena VOLLMANNOVÁ a Janette MUSILOVÁ, 2020. Milk thistle flour effect on dough rheological properties. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* [online]. **2020**(Vol. 14) [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.5219/1365>
 10. BULKOVÁ, Věra, 2011. *Rostlinné potraviny*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. ISBN 978-80-7013-532-7.
 11. BUREŠOVÁ, Iva a Eva LORENCOVÁ, 2013. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-278-7.
 12. CARDOSO, Rossana V.C. et al., 2019. Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry* [online]. **2019**(Volume 280) [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.063>
 13. CHANG, Lei et al., 2022. Structural, physicochemical, antioxidant and in vitro digestibility properties of banana flours from different banana varieties (*Musa* spp.). *Food Bioscience* [online]. **2022**(Volume 47) [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101624>
 14. Česko: VYHLÁŠKA č. 18/2020 Sb., o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, 2020. *Zákony pro lidi* [online]. Česká republika [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: zakonyprolidi.cz
 15. Česko: Vyhláška č. 329/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena, 1997. *Zákony pro lidi* [online]. Česká republika [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: zakonyprolidi.cz
 16. ČSN EN ISO 712 (461014) Obiloviny a výrobky z obilovin - Stanovení vlhkosti - Referenční metoda.
 17. ČSN ISO 2171 (461019) Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich - Stanovení obsahu popela spalováním

18. DE BRIER, Niels et al., 2015. Distribution of Minerals in Wheat Grains (*Triticum aestivum* L.) and in Roller Milling Fractions Affected by Pearling. *ACS Publications* [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1021/jf5055485>
19. DERUN, Emek Moroydor, 2014. Determination of Essential Mineral Concentrations in Some Turkish Teas and the Effect of Lemon Addition. *Food Science and Biotechnology* [online]. **2014**(23) [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: doi:[10.1007/s10068-014-0091-7](https://doi.org/10.1007/s10068-014-0091-7)
20. EL-ADAWY, Tarek A a Khaled M TAHA, 2001. Characteristics and composition of different seed oils and flours. *Food Chemistry* [online]. (Volume 74), 47-54 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: doi:[10.1016/S0308-8146\(00\)00337-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00337-X)
21. ELKATRY, Haiam O. et al., 2022. Biological Activities of Grape Seed By-Products and Their Potential Use as Natural Sources of Food Additives in the Production of Balady Bread. *Foods* [online]. **11**(13):(1948) [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: doi:[10.3390/foods11131948](https://doi.org/10.3390/foods11131948)
22. FERREIRA, Milena do Prado a César Ricardo Teixeira TARLEY, 2020. Assessment of in vitro bioaccessibility of macrominerals and trace elements in green banana flour. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. **2020**(vol. 92) [cit. 2022-05-22]. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:[10.1016/j.jfca.2020.103586](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103586)
23. GAO, Yuan et al., 2022. Fortification of Chinese steamed bread with flaxseed flour and evaluation of its physicochemical and sensory properties. *Food Chemistry: X* [online]. **2022**(Volume 13) [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100267>
24. HABIBA, Umme et al., 2021. Nutritional, textural, and sensory quality of bars enriched with banana flour and pumpkin seed flour. *Foods and Raw Materials* [online]. **2021**(vol. 9) [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: doi:[10.21603/2308-4057-2021-2-282-289](https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-282-289)
25. HARDISSON, A. et al., 2000. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. *Food Chemistry* [online]. **2001**(Volume 73) [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00252-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00252-1)

26. HARDISSON, Arturo et al., 2017. Aluminium Exposure Through the Diet. *Journal of Food Science & Nutrition* [online]. **2017** [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: doi:10.24966/FSN-1076/100020
27. HUSSAIN, Shahzad et al., 2008. CHEMICAL COMPOSITIONS AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF FLAXSEED FLOUR. *Sarhad J. Agric* [online]. **2008**(Vol. 24) [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://www.aup.edu.pk/sj_pdf/CHEMICAL%20COMPOSITIONS%20AND%20FUNCTIONAL.pdf
28. IRENA, Getinet Fikresilasie et al., 2021. EFFECTS OF KOCHO FLOUR BLENDING WITH FLAXSEED FLOUR ON NUTRITIONAL QUALITY AND SENSORY ACCEPTABILITY OF COMPOSITE FLAT BREAD. *European Journal of Food Science and Technology* [online]. **2021**(Vol.9) [cit. 2023-05-10]. ISSN 2056-5801. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/350907478_EFFECTS_OF_KOCHO_FLOUR_BLENDING_WITH_FLAXSEED_FLOUR_ON_NUTRITIONAL_QUALITY_AND_SENSORY_ACCEPTABILITY_OF_COMPOSITE_FLAT_BREAD
29. KHOOZANI, Amir Amini et al., 2019. Production, application and health effects of banana pulp and peel flour in the food industry. *Journal of Food Science and Technology* [online]. **2019** [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-018-03562-z
30. KOLÁČKOVÁ, Tereza et al., 2020. Free and bound amino acids, minerals and trace elements in matcha (*Camellia sinensis* L.): A nutritional evaluation. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. **2020**(Volume 92) [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103581>
31. NASRABADI, Samieh Eskandari et al., 2014. Phenological response of milk thistle (*Silybum marianum* [L.] Gaertn.) to different nutrition systems. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* [online]. **2014**(Volume 1) [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2014.10.002>
32. NIKINMAA, Mikko, 2014. Factors Affecting the Bioavailability of Chemicals. *An Introduction to Aquatic Toxicology* [online]. **2014** [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411574-3.00006-2>

33. NIMNI, Marcel E., Bo HAN a Fabiola CORDOBA, 2007. Are we getting enough sulfur in our diet?. *Nutrition & Metabolism* [online]. **2007**(V.4) [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: doi:10.1186/1743-7075-4-24
34. OPREA, Oana Bianca et al., 2022. Research on the Potential Use of Grape Seed Flour in the Bakery Industry. *Foods* [online]. **2022** [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.3390/foods11111589
35. PAŽOUT, Vladimír, Vierošlava HEMALOVÁ a Magda ALDORFOVÁ, 2012. *Hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků, pekárenských výrobků, těst a těstovin* [online]. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno [cit. 2023-05-07]. ISBN 978-80-7305-610-0. Dostupné z: https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Pazout-skripta-web.pdf
36. PRASANTHI, P. S. et al., 2017. Compositional variability of nutrients and phytochemicals in corn after processing. *SpringerLink* [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-017-2547-2
37. SUMCZYNSKI, Daniela et al., 2018. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food Chemistry* [online]. **2018**(Volume 264) [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.061
38. ŠŤASTNÁ, Kristýna, Daniela SUMCZYNSKI a Erkan YALCIN, 2021. Nutritional Composition, In Vitro Antioxidant Activity and Phenolic Profile of Shortcrust Cookies Supplemented by Edible Flowers. *Foods* [online]. **2021**(10) [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.3390/foods10112531
39. TAUFEROVÁ, Alexandra et al., 2014. *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II.* Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-692-6.
40. VERMA, Deepak Kumar a Prem Prakash SRIVASTAV, 2017. Proximate Composition, Mineral Content and Fatty Acids Analyses of Aromatic and Non-Aromatic Indian Rice. *Rice Science* [online]. **24**(2017) [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.05.005

41. WANG, Xuan et al., 2021. Approaches to evaluate nutrition of minerals in food. *Food Science and Human Wellness* [online]. **2021**(Volume 10) [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.02.002>
42. WILSCHEFSKI, Scott a Matthew BAXTER, 2019. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: Introduction to Analytical Aspects. *Clinical Biochemist Reviews* [online]. **40**(3), 115-133 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: doi:[10.33176/AACB-19-00024](https://doi.org/10.33176/AACB-19-00024)
43. ZHANG, Pingyi a Bruce R. HAMAKER, 2012. Banana starch structure and digestibility. *Carbohydrate Polymers* [online]. **2012**(Volume 87) [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.09.053>
44. ZLATEVA, Denka et al., 2022. Study on the impact of pumpkin seed flour on mineral content of wheat bread. *Food Science and Applied Biotechnology* [online]. **2022** [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.30721/fsab2022.v5.i2.177>
45. ZUBAIR, Muhammad et al., 2011. Proximate Composition and Minerals Profile of Selected Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties of Pakistan. *Asian Journal of Chemistry* [online]. **2012** [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: https://asianjournalofchemistry.co.in/User/ViewFreeArticle.aspx?ArticleID=24_1_91

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN České technické normy

DMD Stravitelnost sušiny (Dry Matter Digestibility)

ICP-MS Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)

ND Nejistěno

OMD Stravitelnost organické hmoty (Organic Matter Digestibility)

RDS Rychle stravitelný škrob

RF Retenční faktor

RS Rezistentní škrob

SD Směrodatná odchylka

SDS Pomalu stravitelný škrob

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vzorky použitých netradičních mouk – zleva: banánová, dýňová, z hroznových jadérek, ostropestřcová, lněná (Foto: Karolína Vilišová).....	27
Obrázek 2 Obsah minerálních prvků Mg a K v nativních moukách.....	38
Obrázek 3 Obsah ostatních makroprvků v nativních moukách	38
Obrázek 4 Obsah mikroprvků v nativních moukách.....	39
Obrázek 5 Obsah stopových prvků v nativních moukách	40
Obrázek 6 Obsah stopových prvků v nativních moukách	41
Obrázek 7 Obsah stopových prvků v nativních moukách	41
Obrázek 8 Obsah stopových prvků v nativních moukách	42
Obrázek 9 Obsah stopových prvků v nativních moukách	42
Obrázek 10 Obsah toxických prvků v nativních moukách.....	44
Obrázek 11 Obsah toxického prvku Ni v nativních moukách	44
Obrázek 12 Retence minerálních a stopových prvků v banánové mouce	48
Obrázek 13 Retence minerálních a stopových prvků v dýňové mouce	49
Obrázek 14 Retence minerálních a stopových prvků v mouce z hroznových jadérek.....	50
Obrázek 15 Retence minerálních a stopových prvků v ostropestřcové mouce	51
Obrázek 16 Retence minerálních s topových prvků ve lněné mouce	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výsledky stanovení sušiny	33
Tabulka 2 Výsledky stanovení popela.....	34
Tabulka 3 Výsledky stanovení stravitelnosti	35

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výsledky stanovení minerálních prvků v banánové mouce

Příloha P II: Výsledky stanovení minerálních prvků v dýňové mouce

Příloha P III: Výsledky stanovení minerálních prvků v mouce z hroznových jadérek

Příloha P IV: Výsledky stanovení minerálních prvků v ostropestřcové mouce

Příloha P V: Výsledky stanovení minerálních prvků ve lněné mouce

**PŘÍLOHA P I: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ
V BANÁNOVÉ MOUCE**

Banánová mouka							
	Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]		Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]
	Koncentrace [ng/g]	Koncentrace [ng/g]			Koncentrace [μg/g]	Koncentrace [μg/g]	
⁷ Li	22,6	13,2	4	¹¹ B	1,22	0,66	4
⁹ Be	0,17	0,08	3	²³ Na	65,0	259	29
⁴⁰ Ca	367	416	8	²⁴ Mg	55,0	92,0	12
⁴⁵ Sc	128	143	8	²⁷ Al	7,18	11,1	11
⁵¹ V	107	83,5	6	³¹ P	37,9	62,7	12
⁵² Cr	70,4	120	13	³² S	4,53	4,69	8
⁵⁹ Co	7,53	15,3	15	⁴⁸ Ti	0,79	1,46	14
⁶⁰ Ni	134	174	10	⁵⁵ Mn	5,23	1,49	2
⁷¹ Ga	3,48	6,88	15	⁵⁷ Fe	2,42	4,11	13
⁷³ Ge	1,02	1,44	10	⁶³ Cu	3,85	3,74	7
⁷⁵ As	6,32	3,21	4	⁶⁶ Zn	1,41	0,81	4
⁷⁷ Se	10,1	6,98	5	⁸⁸ Sr	1,08	1,41	10
⁸⁹ Y	1,30	1,08	6				
⁹⁰ Zr	20,2	25,8	9				
⁹⁵ Mo	120	234	14				
¹⁰³ Rh	0,15	0,21	10				
¹⁰⁷ Ag	1,50	1,66	8				
¹¹¹ Cd	1,06	3,96	28				
¹¹⁵ In	ND	ND	ND				
¹¹⁸ Sn	14,7	10,5	5				
¹²¹ Sb	73,4	369	37				
¹³³ Cs	2,68	0,51	1				
¹³⁷ Ba	140	159	8				
¹⁴⁰ Ce	2,27	2,94	10				
¹⁵⁹ Tb	0,05	0,05	7				
¹⁶⁵ Ho	0,04	0,03	6				
¹⁸¹ Ta	17,2	6,98	3				
²⁰² Hg	75,1	55,6	5				
²⁰⁵ Tl	2,47	0,26	1				
²⁰⁸ Pb	37,6	26,9	5				
²⁰⁹ Bi	2,38	0,99	3				
²³⁸ U	ND	ND	ND				

	Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]
	Koncentrace [mg/g]	Koncentrace [mg/g]	
³⁹ K	7,30	94,8	96

**PŘÍLOHA P II: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ
V DÝŇOVÉ MOUCE**

Dýňová mouka							
	Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]		Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]
	Koncentrace [ng/g]	Koncentrace [ng/g]			Koncentrace [μg/g]	Koncentrace [μg/g]	
⁷ Li	36,5	24,3	7	¹¹ B	4,86	3,64	8
⁹ Be	0,11	0,93	92	²³ Na	33,8	31,7	10
⁴⁰ Ca	608	714	13	²⁷ Al	8,28	13,5	18
⁴⁵ Sc	97,8	121	13	³¹ P	700	513	8
⁵¹ V	97,3	106	12	³² S	5,31	5,49	11
⁵² Cr	299	407	15	⁴⁸ Ti	4,59	6,67	16
⁵⁹ Co	65,1	38,8	6	⁵⁵ Mn	40,1	49,8	14
⁷¹ Ga	47,1	42,7	10	⁵⁷ Fe	15,0	21,0	15
⁷³ Ge	8,26	14,9	20	⁶⁰ Ni	1,48	6,31	46
⁷⁵ As	13,5	7,81	6	⁶³ Cu	13,2	13,1	11
⁷⁷ Se	114	103	10	⁶⁶ Zn	10,2	14,5	15
⁸⁹ Y	4,21	6,99	18	⁸⁸ Sr	7,01	13,3	21
⁹⁰ Zr	11,4	24,8	24	⁹⁵ Mo	0,90	0,41	5
¹⁰³ Rh	1,01	1,79	19				
¹⁰⁷ Ag	1,84	7,55	45				
¹¹¹ Cd	9,15	17,3	21				
¹¹⁵ In	ND	ND	ND				
¹¹⁸ Sn	5,07	5,68	12				
¹²¹ Sb	34,7	181	57				
¹³³ Cs	37,1	3,18	1				
¹³⁷ Ba	86,1	194	25				
¹⁴⁰ Ce	10,1	26,0	28	²⁴ Mg	4,16	3,30	9
¹⁵⁹ Tb	0,17	0,30	19	³⁹ K	73,0	211	32
¹⁶⁵ Ho	0,15	0,25	18				
¹⁸¹ Ta	9,91	9,13	10				
²⁰² Hg	52,0	67,2	14				
²⁰⁵ Tl	0,63	1,77	31				
²⁰⁸ Pb	53,5	42,8	9				
²⁰⁹ Bi	4,53	ND	ND				
²³⁸ U	22,6	33,0	16				

**PŘÍLOHA P III: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ
V MOUCE Z HROZNOVÝCH JADÉREK**

Mouka z hroznových jadérek							
	Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]		Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]
	Koncentrace [ng/g]	Koncentrace [ng/g]			Koncentrace [μg/g]	Koncentrace [μg/g]	
⁷ Li	53,6	21,3	22	¹¹ B	4,37	3,44	44
⁹ Be	1,05	0,95	51	²³ Na	39,5	20,6	29
⁴⁵ Sc	108	89,9	47	²⁷ Al	27,5	18,3	37
⁵¹ V	209	176	47	³¹ P	119	24,8	12
⁵² Cr	429	309	40	³² S	4,76	4,84	57
⁵⁹ Co	43,3	31,3	40	⁴⁰ Ca	93,0	9,30	6
⁷¹ Ga	15,4	7,04	26	⁴⁸ Ti	19,3	14,5	42
⁷³ Ge	13,4	15,7	66	⁵⁵ Mn	15,5	4,68	17
⁷⁵ As	12,7	8,33	37	⁵⁷ Fe	39,4	30,1	43
⁷⁷ Se	5,92	3,87	37	⁶⁰ Ni	0,99	0,61	35
⁸⁹ Y	9,73	7,05	41	⁶³ Cu	10,4	6,76	36
⁹⁰ Zr	45,6	64,4	79	⁶⁶ Zn	3,01	1,65	31
⁹⁵ Mo	71,2	13,1	10	⁸⁸ Sr	14,4	10,9	42
¹⁰³ Rh	1,87	1,52	46				
¹⁰⁷ Ag	6,61	4,68	40				
¹¹¹ Cd	0,98	0,21	12				
¹¹⁵ In	ND	2,81	ND				
¹¹⁸ Sn	14,6	11,5	44				
¹²¹ Sb	6,88	2,45	20				
¹³³ Cs	26,4	2,30	5				
¹³⁷ Ba	445	336	42	²⁴ Mg	68,0	13,6	11
¹⁴⁰ Ce	19,5	13,7	39	³⁹ K	69,0	102	83
¹⁵⁹ Tb	0,37	0,25	38				
¹⁶⁵ Ho	0,38	0,25	37				
¹⁸¹ Ta	17,9	13,2	41				
²⁰² Hg	69,3	64,6	52				
²⁰⁵ Tl	4,38	1,35	17				
²⁰⁸ Pb	83,4	37,0	25				
²⁰⁹ Bi	4,20	3,48	46				
²³⁸ U	1,18	0,73	35				

**PŘÍLOHA P IV: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ
V OSTROPESTRČOVÉ MOUCE**

Ostropestrčová mouka							
	Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]		Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]
	Koncentrace [ng/g]	Koncentrace [ng/g]			Koncentrace [μg/g]	Koncentrace [μg/g]	
⁷ Li	27,0	22,6	20	¹¹ B	5,61	5,12	21
⁹ Be	1,52	2,14	33	²³ Na	61,2	41,8	16
⁴⁵ Sc	102	102	23	²⁷ Al	7,13	6,35	21
⁵¹ V	64,7	79,8	29	³¹ P	526	463	21
⁵² Cr	325	295	21	³² S	4,78	4,75	23
⁵⁹ Co	100	87,9	20	⁴⁰ Ca	93,0	8,93	9
⁷¹ Ga	41,0	36,4	21	⁴⁸ Ti	38,3	41,3	25
⁷³ Ge	8,84	9,60	25	⁵⁵ Mn	41,1	38,0	22
⁷⁵ As	14,4	11,7	19	⁵⁷ Fe	50,7	52,6	24
⁷⁷ Se	36,0	24,6	16	⁶⁰ Ni	4,43	2,86	15
⁸⁹ Y	25,8	28,6	26	⁶³ Cu	25,3	14,8	14
⁹⁰ Zr	8,49	11,8	32	⁶⁶ Zn	15,4	15,8	24
⁹⁵ Mo	279	316	26	⁸⁸ Sr	21,1	25,4	28
¹⁰³ Rh	2,79	3,25	27	¹³⁷ Ba	1,28	1,54	28
¹⁰⁷ Ag	0,23	0,26	26				
¹¹¹ Cd	132	120	21				
¹¹⁵ In	ND	ND	ND				
¹¹⁸ Sn	9,58	6,88	17				
¹²¹ Sb	11,6	11,8	24				
¹³³ Cs	10,6	1,68	4				
¹⁴⁰ Ce	24,2	25,1	24				
¹⁵⁹ Tb	0,71	0,86	28	²⁴ Mg	3,41	2,08	14
¹⁶⁵ Ho	0,65	0,72	26	³⁹ K	0,73	0,33	11
¹⁸¹ Ta	7,03	6,04	20				
²⁰² Hg	67,0	44,5	15				
²⁰⁵ Tl	0,37	0,56	35				
²⁰⁸ Pb	35,0	26,4	18				
²⁰⁹ Bi	ND	3,19	ND				
²³⁸ U	ND	ND	ND				

**PŘÍLOHA P V: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ
VE LNĚNÉ MOUCE**

Lněná mouka							
	Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]		Nativní mouka	Nestrávený podíl	RF [%]
	Koncentrace [ng/g]	Koncentrace [ng/g]			Koncentrace [μg/g]	Koncentrace [μg/g]	
⁷ Li	33,1	19,5	18	¹¹ B	4,79	3,69	23
⁹ Be	1,30	1,05	25	²³ Na	45,7	41,7	28
⁴⁵ Sc	98,7	91,7	28	²⁷ Al	5,22	5,61	33
⁵¹ V	38,4	115	91	³¹ P	389	430	34
⁵² Cr	314	300	29	³² S	4,95	4,78	29
⁵⁹ Co	224	121	16	⁴⁰ Ca	9,30	0,93	3
⁷¹ Ga	28,3	30,7	33	⁴⁸ Ti	10,4	9,99	29
⁷³ Ge	5,19	6,74	39	⁵⁵ Mn	14,4	15,7	33
⁷⁵ As	6,41	6,33	30	⁵⁷ Fe	15,8	17,4	33
⁷⁷ Se	40,1	36,4	28	⁶⁰ Ni	1,81	0,70	12
⁸⁹ Y	1,43	1,81	38	⁶³ Cu	15,8	13,5	26
⁹⁰ Zr	7,19	2,89	12	⁶⁶ Zn	11,5	13,0	34
⁹⁵ Mo	243	392	49	⁸⁸ Sr	4,97	6,31	39
¹⁰³ Rh	0,83	0,98	36				
¹⁰⁷ Ag	0,53	0,47	27				
¹¹¹ Cd	247	254	31				
¹¹⁵ In	ND	ND	ND				
¹¹⁸ Sn	11,4	3,36	9				
¹²¹ Sb	11,2	25,5	69				
¹³³ Cs	2,31	1,52	20				
¹³⁷ Ba	56,0	105	57	²⁴ Mg	2,07	1,30	19
¹⁴⁰ Ce	19,9	9,99	15	³⁹ K	0,73	0,30	12
¹⁵⁹ Tb	0,05	0,07	43				
¹⁶⁵ Ho	0,05	0,04	24				
¹⁸¹ Ta	6,14	4,24	21				
²⁰² Hg	17,4	6,71	12				
²⁰⁵ Tl	17,8	4,30	7				
²⁰⁸ Pb	33,8	53,1	48				
²⁰⁹ Bi	ND	1,25	ND				
²³⁸ U	ND	ND	ND				