

Stanovení minerálních prvků u bezlepkových vloček

Eva Brzobohatá

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Eva Brzobohatá**
Osobní číslo: **T21272**
Studijní program: **B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin**
Specializace: **Gastronomické technologie**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Stanovení minerálních prvků u bezpečkových vloček**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

- Stručně shrnout obiloviny pseudoobiloviny používané pro výrobu vloček.
- Popsat výrobu vloček a jejich využití v gastronomii.

II. Experimentální část

- Připravit mineralizáty bezpečkových vloček a poté pomocí ICP-MS stanovit jednotlivé minerální a stopové prvky.
- Evaluovat příspěvky vloček k hodnotám referenčních příjmů prvků.

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

Seznam doporučené literatury:

[1] ZVĚŘINA, O., KUTA, J., COUFALÍK, P., KOSEČKOVÁ, P., KOMÁREK, J. (2019). Simultaneous determination of cadmium and iron in different kinds of cereal flakes using high-resolution continuum source atomic absorption spectrometry. *Food chemistry*, 298, 0308-8146

[2] GANGCHENG, W., ASHTON, J., SIMIC, A., FANG, Z., JOHNSON, S. (2018). Mineral availability is modified by tannin and phytate content in sorghum flaked breakfast cereals. *Food Research International*, 509-514, 0963-9969

[3] LEMMENS, E., DELEU, L., BRIER, N., SMOLDERS, E., DELCOUR, A. (2021). Mineral bio-accessibility and intrinsic saccharides in breakfast flakes manufactured from sprouted wheat. *LWT*, 143, 0023-6438

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

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 5. února 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORKY 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, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studentky:

.....
podpis studentky

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá charakteristikou vybraných obilovin a pseudoobilovin a z nich vyráběných vloček. V bezlepkových vločkách byl stanoven obsah minerálních a stopových prvků pomocí metody ICP-MS. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny u prvků Mg, K a P, koncentrace B, Na, Al, P, S, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Mo a Hg byly řádově v $\mu\text{g/g}$. Nejnižší koncentrační zastoupení v ng/g měly prvky Li, Sc, V, Cr, Co, Ga, Ge, As, Y, Rh, Ag, Cd, Sb, Cs, Ba a Pb. Nejnižší obsah makrobiogenních a mikrobiogenních prvků byl naměřen u vzorku rýžových vloček, nejvyšší obsah u vzorku quinoových vloček. Nejvyšší obsah toxických prvků byl změřen u vzorku rýžových vloček.

Klíčová slova: obiloviny, pseudoobiloviny, vločky, minerální prvky, stopové prvky, toxické prvky, ICP-MS

ABSTRACT

The bachelor's thesis is devoted to characteristics of chosen cereal, pseudocereal and flakes made of them. In these non-gluten flakes was determined content of mineral and trace elements using an ICP-MS method. The highest content was measured with elements Mg, K and P, content of elements B, Na, Al, P, S, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Mo and Hg was measured in $\mu\text{g/g}$ concentration. The lowest content in ng/g concentration was measured of elements Li, Sc, V, Cr, Co, Ga, Ge, As, Y, Rh, Ag, Cd, Sb, Cs, Ba and Pb. The lowest content of macrobiogenic and microbiogenic elements was measured in the sample of rice flakes, the highest content in the sample of quinoa flakes. The highest content of toxic elements was measured in a sample of rice flakes.

Keywords: cereals, pseudocereals, flakes, mineral elements, trace elements, toxic elements, ICP-MS

Chtěla bych poděkovat především vedoucí své bakalářské práce paní doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za její vedení, ochotu a především trpělivost během zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Lence Fojtíkové za pomoc při zpracování vzorků v laboratoři a panu doc. Ing. Miroslavu Fišerovi, Csc. za pomoc s měřením vzorků na ICP-MS.

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

OBSAH

ÚVOD	9
TEORETICKÁ ČÁST	10
1 OBILOVINY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU VLOČEK A JEJICH VYUŽITÍ V GASTRONOMII	11
1.1 OVES	11
1.1.1 NUTRIČNÍ HODNOTA OVSA	12
1.1.2 VÝROBKY Z OVSA V GASTRONOMII	14
1.2 PŠENICE A JEČMEN	14
1.2.1 NUTRIČNÍ HODNOTA PŠENICE A JEČMENE	15
1.2.2 VÝROBKY Z PŠENICE A JEČMENE	16
1.3 RÝŽE	16
1.3.1 NUTRIČNÍ HODNOTA RÝŽE.....	17
1.3.2 VÝROBKY Z RÝŽE V GASTRONOMII.....	17
1.4 KUKUŘICE	18
1.4.1 NUTRIČNÍ HODNOTA KUKUŘICE.....	19
1.4.2 VÝROBKY Z KUKUŘICE.....	19
1.5 PROSO	20
1.5.1 NUTRIČNÍ HODNOTA PROSA.....	20
1.5.2 VÝROBKY Z PROSA.....	21
2 PSEUDOBILOVINY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU VLOČEK A JEJICH VYUŽITÍ V GASTRONOMII	22
2.1 POHANKA	22
2.1.1 NUTRIČNÍ HODNOTA POHANKY	23
2.1.2 VÝROBKY Z POHANKY	23
2.2 AMARANT	24
2.2.1 NUTRIČNÍ HODNOTA AMARANTU.....	25
2.2.2 VÝROBKY Z AMARANTU.....	25
2.3 QUINOA	26
2.3.1 NUTRIČNÍ HODNOTA QUINOI.....	27
2.3.2 VÝROBKY Z QUINOI.....	27
3 TECHNOLOGIE VÝROBY VLOČEK	29
3.1 VÝROBA OVESNÝCH VLOČEK	29
3.2 VÝROBA KUKUŘIČNÝCH VLOČEK (CORNFLAKES)	31

3.3	VÝROBA VLOČEK POMOCÍ EXTRUZE	32
	PRAKTICKÁ ČÁST	33
4	CÍL PRÁCE	34
5	METODIKA	35
5.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	35
5.2	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY	35
5.3	POUŽITÉ VZORKY	35
5.4	PŘÍPRAVA MINERALIZÁTŮ	36
5.5	STANOVENÍ PRVKŮ V MINERALIZÁTECH METODOU ICP-MS	36
5.6	STATISTICKÁ ANALÝZA	37
6	VÝSLEDKY	38
6.1	PRVKY NAMĚŘENÉ V KONCENTRACÍCH NG/G	38
6.2	PRVKY NAMĚŘENÉ V KONCENTRACÍCH μ G/G	41
7	DISKUSE	45
7.1	MAKROBIOGENNÍ PRVKY	45
7.2	MIKROBIOGENNÍ PRVKY	47
7.3	STOPOVÉ PRVKY	48
7.4	TOXICKÉ PRVKY	49
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM GRAFŮ	57
	SEZNAM TABULEK	58
	SEZNAM PŘÍLOH	59
	PŘÍLOHY	60

ÚVOD

Díky trendům posledních let a také narůstajícímu množství pacientů postižených celiakií (nesnášenlivostí lepku) jsou stále populárnější bezlepkové alternativy klasických obilovin jako jsou pšenice, ječmen či žito. Do popředí se stále více dostávají i tzv. pseudoobiloviny, což jsou plodiny, které se využívají podobným způsobem jako klasické obiloviny, ale dle botanické klasifikace nepatří do čeledi lipnicovitých. Patří mezi ně např. pohanka, amarant nebo quinoa. Tyto plodiny nejsou však žádnou novinkou, v některých částech světa mají dlouhou tradici. Všechny pseudoobiloviny jsou prosté lepku, protože neobsahují lepkotvorné bílkoviny gluteniny a gliadiny. Další neopomenutelnou výhodou pseudoobilovin je jejich nutriční profil, který je často výrazně lepší než u obilovin. Je to způsobeno především vyšším obsahem bílkovin, lipidů bohatých na nenasycené mastné kyseliny, obsahem antioxidantů, flavonoidů a často také vyšším obsahem minerálních látek a vitamínů. Existují však i bezlepkové obiloviny – patří mezi ně např. kukuřice, rýže a proso. Oves je také přirozeně bezlepkový, často je ale zpracováván v závodech společně s pšenicí, takže lidé s nesnášenlivostí lepku musí u ovesných produktů pečlivě pročitat etikety.

Všechny tyto obiloviny a pseudoobiloviny jsou zpracovávány do oblíbeného produktu, kterým jsou vločky. Vločky jsou vyráběny procesem vločkování, který obsahuje několik nepostradatelných technologických kroků. Vločky se nejčastěji v gastronomii využívají k přípravě snídaní. Nejoblíbenějšími pokrmy jsou zřejmě kaše na různé způsoby. Vločky se přidávají do mnohých müsli směsí, granol, využívají se i při výrobě müsli tyčinek. Mohou však sloužit i k zahuštění polévek, jako přídavek do salátu nebo na přípravu různých cukrovinek. Při použití vloček z pseudoobilovin lze zlepšit celkový nutriční profil daného pokrmu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBILOVINY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU VLOČEK A JEJICH VYUŽITÍ V GASTRONOMII

Obiloviny jsou rostliny, které řadíme dle botanické klasifikace mezi traviny (*Gramineae*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Pro lidskou výživu se z celé rostliny využívá pouze zrno – tzv. obilka. Obilka je z největší části tvořena endospermem, dalšími částmi jsou klíček, aleuronové vrstvy, oplodí a osemení (Příhoda a kol., 2003).

Obiloviny mají dlouhou historii využití v lidské výživě. Jsou důležitým zdrojem živin včetně minerálních látek a energie. Některé výrobky z obilovin – především výrobky z bílé mouky – jsou fortifikovány vitamíny, či minerálními látkami. Vhodnější pro konzumaci jsou však celozrnné výrobky, protože cenné mikronutrienty se nejčastěji nachází v obalových vrstvách zrna (McKevith, 2004).

1.1 Oves

Oves je vedle pšenice a žita jednou z nejvýznamnějších obilovin. Využívá se pro lidskou výživu, nicméně mezi 50–90 % celkové produkce ovsa je využito na výrobu krmných směsí pro hospodářská zvířata (Arendt a Zannini, 2013). Ovesné zrno je pluchaté, či bezpluché, má podlouhlý, tenký tvar (Příhoda a kol., 2003). Nejvýznamnější odrůdou ovsa je oves setý (*Avena sativa*) (Arendt a Zannini, 2013) (Obr. 1).

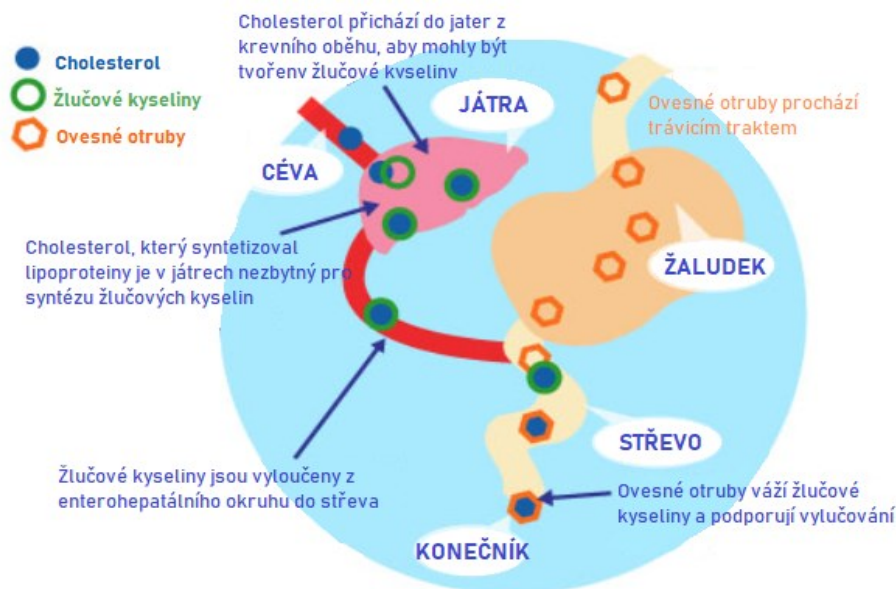


Obrázek 1 Obilka ovsa setého

(http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=6&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny)

1.1.1 Nutriční hodnota ovsa

Co se týká makronutrientů, největší obsah v ovesném zrně tvoří sacharidy, především ve formě škrobu a vlákniny, která zahrnuje rozpustnou vlákninu β -glukan. Vláknina zvyšuje pocit sytosti a zpomaluje trávení. Oves také obsahuje více bílkovin (ve zpracovaném zrně až 19 g na 100 g) a tuku (ve zpracovaném zrně až 11 g na 100 g) ve srovnání s mnoha jinými obilovinami, což přispívá k jeho nutričnímu profilu (Bjarnadottir, 2023; Leszczyńska a kol., 2023). Ze sacharidů je hlavní složkou škrob. V celém zrně je ho 53–66 g na 100 g, ve zpracovaném zrně zbaveného otrub a klíčku pak až 75 g na 100 g, tedy tři čtvrtiny celého objemu. Nezanedbatelný podíl tvoří i neškrobové polysacharidy, které jsou složkou vlákniny. Obsah β -glukanů se pohybuje od 2 do 8 g na 100 g ovesných krup, což je více než u jiných obilovin (Arendt a Zannini, 2013). Zvýšenou poptávkou po ovse vyvolaly především výzkumy, které prokázaly pozitivní a cenné fyziologické a nutriční vlastnosti ovsa. Oves se může podílet na snížení cholesterolu v krvi a snížení rizika rakoviny tlustého střeva (Obr. 2). Oves také obsahuje poměrně významné množství β -glukanů, tokoferolu a dalších přirozených antioxidantů. Výběr ovesných vloček ke snídani tedy může mít pozitivní vliv na zdraví člověka (Arendt a Zannini, 2013).



Obrázek 2 Vliv ovesných produktů na snížení cholesterolu v krvi
(https://www.oatingredients.com/cholesterol_control.html)

Na základě dvou meta-analýz (Brown a kol., 1999 a Ripsin a kol., 1992) a dalších jednotlivých klinických studií byla prokázána příčinná souvislost mezi užíváním ovesného β -glukanu a snížením koncentrací LDL cholesterolu v krvi. Díky tomu je součástí Nařízení

Komise (EU) č. 1160/2011 rozhodnutí o tom, že zdravotní tvrzení formulované v tomto smyslu bude zařazeno na seznam schválených tvrzení platných pro Evropskou unii. Příznivého účinku je dosaženo na základě denního příjmu 3 g ovesného β -glukanu. Tvrzení lze použít u potravin, které obsahují alespoň 1 g ovesného β -glukanu v kvantifikované porci (Nařízení Komise (EU) č. 1160/2011). β -glukany (které jsou prakticky rozpustnou vlákninou) vytváří ve střevech hustý gel, který se váže na cholesterol a žlučové kyseliny, čímž pomáhá snižovat jejich vstřebávání a snižovat hladinu cholesterolu v krvi. Kromě toho může vysoký obsah vlákniny v ovsu napomáhat trávení, zpomalovat vstřebávání sacharidů a pomáhat kontrolovat hladinu cukru v krvi, což může být prevencí diabetu druhého typu (Bjarnadottir, 2023). Studie Ban et al. (2015) také naznačuje, že vliv ovesných β -glukanů na metabolismus cholesterolu má taktéž i způsob přípravy ovesných vloček. Vařené ovesné vločky mají větší vliv na snížení cholesterolu v krvi než pouze spařené ovesné vločky (zalité horkou vodou). To je připisováno především vyššímu obsahu rozpustného β -glukanu a zjevné viskozitě.

Obsah bílkovin se liší dle odrůdy a způsobu pěstování i zpracování – může se pohybovat od 7 až po 19 g na 100 g zrna. Oproti ostatním obilovinám obsahuje oves vyšší množství esenciální aminokyseliny lyzinu, i přesto je ale lyzin i v ovsu limitující aminokyselinou. Oves obsahuje velmi nízké množství prolaminu, díky čemuž je vhodný pro celiaky (Arendt a Zannini, 2013; Leszczyńska a kol., 2023). Lipidy se u ovsu nenachází pouze v klíčku, ale i v endospermu obilky. Obsah lipidů v ovsu se může pohybovat mezi 2 až 11 g na 100 g. Skládají se především z nenasycených mastných kyselin (např. linolové a olejové) (Arendt a Zannini, 2013; Leszczyńska a kol., 2023). Ovesné zrno je bohaté na několik důležitých vitamínů B-komplexu a minerálních prvků jako jsou vápník, hořčík, železo, mangan, měď, zinek, fosfor a draslík (Leszczyńska a kol., 2023). Antioxidační vlastnosti ovsu, poskytované sloučeninami, jako jsou avenanthramidy, fytosteroly a kyselina ferulová, přispívají k protizánětlivým účinkům a mohou pomoci zlepšit zdraví srdce (Bjarnadottir, 2023). Studie zkoumala porovnání genotypů planého a kultivovaného ovsu, co se týče obsahu živin. Studie zahrnovala 18 genotypů z šesti různých populací. Byly zjištěny významné rozdíly ve složení živin. Planý oves vykazoval vyšší hladiny hrubých bílkovin (o 30 % více) a nižší hladiny ligninu (2× méně) a vlákniny (8× méně) (Zhang, 2023).

1.1.2 Výrobky z ovesa v gastronomii

Nejzákladnějšími výrobky z ovesa jsou ovesné vločky (Obr. 3), ovesná mouka, či ovesné otruby. Tyto základní suroviny jsou dále zpracovávány do ovesných kaší (často instantních). Dále také stále populárnější „overnight oats“, což je pokrm, který se připravuje z ovesných vloček, mléka a ovoce. Tato směs se promíchá a nechá v lednici alespoň čtyři hodiny. Vločky za tuto dobu změkknou a spolu s mlékem vytvoří strukturu podobnou pudinku. Obilné vločky lze rozdrtit a použít jako křupavou vrstvu v trojbalu místo strouhanky pro smažená nebo pečená jídla, jako je kuřecí maso, ryby nebo zelenina. Vločky lze začlenit do těst na muffiny, sušenky a tyčinky, kde mohou figurovat jako křupavý element. Cereální vločky lze vrstvit s jogurtem, ovocem a medem nebo jinými sladidly a vytvořit tak parfaity nebo použít v jiných receptech na dezerty. Drcené vločky lze použít jako posyp salátů, pečiva nebo např. lasagni pro větší křupavost. Mleté, ale i nemleté obilné vločky lze použít k zahuštění polévek a dušených pokrmů (Bjarnadottir, 2023). Také se můžeme setkat s nepřeborným množstvím müsli směsí vhodných do jogurtu, ovesných tyčinek, kojenecké výživy a dalších výrobků. Z ovesné mouky je možné vyrobit i chléb nebo jiné pekárenské výrobky, kde má ovesná mouka významný vliv na vláčnost konečného výrobku (díky obsahu β -glukanů) (Příhoda a kol., 2003). Kvůli absenci lepku je ale technologicky náročnější vyrobit chléb z ovesné mouky. Oblíbenějšími jsou např. ovesné sušenky, u kterých těsto nekyne (Bjarnadottir, 2023).



Obrázek 3 Ovesné vločky (<https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-ovesne-jemne-1000-g>)

1.2 Pšenice a ječmen

Pšenice je nejvyužívanější obilovinou po celém světě. Ve srovnání s dalšími obilovinami, pšenice produkuje díky šlechtění vysoké výnosy v širokém spektru podmínek. Nejvýznamnějšími odrůdami pšenice jsou pšenice setá (*Triticum aestivum*), pšenice tvrdá (*Triticum durum*) – využívaná na výrobu těstovin a pšenice špalda (*Triticum spelta*) (Arendt a Zannini, 2013) (Obr. 4).



Obrázek 4 Obilky pšenice a ječmene setého

(http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=1&ref=%2Fatlas%2Fkatalog%2Fplodiny)

(http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=2&ref=%2Fatlas%2Fkatalog%2Fplodiny)

Ječmen je v dnešní době na čtvrtém místě ve vyprodukovaném množství ze všech obilovin po světě. Postupné navyšování spotřeby pšenice, rýže a kukuřice v lidském jídelníčku ovšem způsobilo drastické snížení konzumace ječmene, kromě odvětví alkoholických nápojů, především piva. Aktuálně je tedy ječmen nejvíce používán v krmných směsích pro hospodářská zvířata a v pivovarnictví. Nejvýznamnější odrůdou ječmene je ječmen setý (*Hordeum vulgare*) (Arendt a Zannini, 2013).

1.2.1 Nutriční hodnota pšenice a ječmene

Oproti ovsu jsou v pšeničném zrně přítomny lepkové bílkoviny gliadiny a gluteniny. Gliadiny se podílejí především na viskozitě a tažnosti těsta, zatímco gluteniny na soudržnosti a elasticitě. Po smísení mouky s vodou tvoří tyto bílkoviny lepek, který při kynutí těsta zadržuje vznikající plyny, čímž vzniká pórovitá struktura těsta a následně i upečeného výrobku. Pšenice kvůli obsahu těchto bílkovin není vhodná pro celiaky (Arendt a Zannini, 2013). Největší podíl v pšenici tvoří sacharidy – až 80 g na 100 g. Pšenice dále obsahuje až 14,3 g bílkovin na 100 g zrna a 1,8 g vlákniny na 100 g zrna. Pšenice také obsahuje β -glukany podobně jako oves, ale v menším množství (1 g na 100 g) (Biel a kol., 2020). Pšenice je také bohatá na několik mikronutrientů, např. draslík (41 mg na 100 g), fosfor (34 mg na 100 g), zinek (3,2 mg na 100 g) a mangan (4,8 mg na 100 g) (Biel a kol., 2020). Ječmen obsahuje především sacharidy, které jsou z největší části ve formě škrobu (77 g na 100 g) a vlákniny (5 g na 100 g). Obsahuje také významné množství bílkovin (12 g na 100

g), které jsou klíčové pro stavbu a opravu tkání. Stejně jako pšenice, i ječmen obsahuje lepkové bílkoviny, které tvoří přibližně 30–50 % všech bílkovin ječmene. Ječmen proto není vhodný pro celiaky (Příhoda a kol., 2003; Biel a kol., 2020). Mezi důležité mikronutrienty nacházející se v ječmeni patří vitamíny skupiny B a dále minerální prvky jako jsou železo, zinek a selen, které podporují imunitní funkci a hořčík, který je důležitý pro funkci svalů a nervů (Příhoda a kol., 2003).

1.2.2 Výrobky z pšenice a ječmene

Pšenice se využívá především na výrobu pšeničné mouky, z mouky následně nepřeborné množství pečárenských a cukrárenských výrobků. Dalšími základními surovinami z pšenice jsou pšeničný škrob, pšeničná krupička, těstoviny, pšenice může ale sloužit i jako složka snídaňových cereálií (především v celozrnné podobě) (Obr. 5). Ječmen se využívá primárně pro výrobu sladu v pivovarnickém průmyslu (Arendt a Zannini, 2013). Malá část produkce ječmene je využívána pro výrobu krup a vloček (Příhoda a kol., 2003).



Obrázek 5 Špaldové vločky (<https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-spaldove-1000-g>)

1.3 Rýže

Rýže je z hlediska celkové světové produkce jednou z předních plodin v zemích třetího světa (především v Asii). Tím se rýže stává základní potravinou pro dvě třetiny světové populace. Rýžová zrna jsou pluchatá s tuhými obaly. Na rozdíl od dalších obilovin (jako je pšenice, či žito), které se používají především v podobě mouky, rýžové zrno je primárně konzumováno v podobě celých zrn (vyloupaná od pluch – obroušená a oleštěná). Nejvýznamnější odrůdou je rýže setá (*Oryza sativa*) (Arendt a Zannini, 2013; Příhoda a kol., 2003) (Obr. 6).



Obrázek 6 Obilky rýže seté

(http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=42&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D101%26celed_id%3D%26str_aktualni%3D2)

1.3.1 Nutriční hodnota rýže

Díky nízkému obsahu sodíku, absenci gliadinů a gluteninů a vysokému obsahu jednoduše stravitelných sacharidů je rýže oblíbenou surovinou hlavně u celiaků (Arendt a Zannini, 2013). Škrob tvoří přibližně 90 % z celkové hmotnosti vymleté rýže. Rýže obsahuje malé množství vlákniny oproti jiným obilovinám – pouze 0,8 % (Arendt a Zannini, 2013). Obsah bílkovin v rýži se velmi liší napříč odrůdami (4–18 %). Oproti ostatním obilovinám je v rýži lehce vyšší obsah lyzinu, i když je stále limitující. Je to díky nízkému množství bílkoviny prolaminu, která je na lyzin chudá (Arendt a Zannini, 2013). Obsah minerálních prvků v rýži se pohybuje mezi 1,0–1,5 %. Nejvíce zastoupeny jsou fosfor, draslík, chlor, sodík a zinek. Nejvyšší koncentrace se nachází ve slupce a otrubách. Otruby ovšem obsahují také vysoké množství kyseliny fytové, což snižuje vstřebatelnost prvků v trávicím traktu. Hnědá rýže tudíž obsahuje oproti bílé rýži významně vyšší koncentrace minerálních prvků. Rýže je chudá na vitamíny C, D a karotenoidy (prekurzory vitamínu A) (Arendt a Zannini, 2013).

1.3.2 Výrobky z rýže v gastronomii

Rýže je nejčastěji používána jako příloha k zelenině, masu apod. Rýži můžeme dělit dle tvaru zrna (dlouhozrnná, střednězrnná a kulatozrnná), dále dle stupně omletí (neloupaná, pololoupaná a loupaná). Na trhu lze nalézt např. basmati, jasmínovou, patna rýži (dlouhozrnná) nebo arborio rýži (vhodná na rizota). Můžeme zakoupit i tzv. parboiled rýži, která se připravuje speciálním postupem v součinnosti s natlakovanou párou. Při tomto postupu zpracování se cenné látky z obalových vrstev zrna dostanou do endospermu, čímž je zpracované zrno obohaceno o vitamíny a minerální prvky přirozeně se nacházející v obalových vrstvách (Příhoda a kol., 2003). Lze zakoupit i rýži s barevnou slupkou s vysokým obsahem antokyanů – např. hnědá, červená, černá nebo fialová rýže. Jedná se o

neloupané druhy rýže, které jsou ceněné díky lepšímu výživovému profilu oproti loupané rýži (Ministerstvo zemědělství, 2009). Na trhu se taktéž objevuje tzv. divoká (indiánská) rýže (*Zizania aquatica*). Jedná se o podlouhlá semínka vysoké vodní trávy pocházející ze Severní Ameriky – není to tedy skutečný druh rýže. Doba vaření je oproti klasické rýži delší (až okolo 45 minut) a je potřeba ji vařit ve větším množství vody. Prodává se jak samotná, tak i ve směsích s dlouhozrnnou rýží (Ministerstvo zemědělství, 2009). Menší část produkce rýže je také zpracovávána do různých podob – rýžová mouka, rýžové nudle, pufovaná rýže, či rýžové vločky (Obr. 7). Dále můžeme na trhu narazit na instantní rýžové kaše, mléčnou rýži, extrudované rýžové chlebičky a další. V Japonsku se z rýže vyrábí alkoholický nápoj saké (Arendt a Zannini, 2013; Příhoda a kol., 2003).



Obrázek 7 Rýžové vločky (<https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-ryzove-1000-g>)

1.4 Kukuřice

Vedle rýže a pšenice je kukuřice jednou z nejvíce pěstovaných obilovin, čímž představuje zásadní zdroj živin pro velkou část lidské populace. Má obecně největší zrno ze všech obilovin. Barva zrna se různí od bílé, přes žlutou, oranžovou až do fialové nebo hnědé. Pouze žluté a bílé odrůdy jsou pěstovány komerčně. Nejvýznamnější odrůdou kukuřice je kukuřice setá (*Zea mays*) (Arendt a Zannini, 2013) (Obr. 8).



Obrázek 8 Obilky kukuřice seté koňský zub
(http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=8&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny)

1.4.1 Nutriční hodnota kukuřice

Kukuřice obsahuje kolem 2 % vlákniny, což je více než rýže, či pšenice. Obsah bílkovin se pohybuje mezi 6–12 %, nejvíce z nich se nachází v endospermu zrna. Nejvýznamnější kukuřičnou bílkovinou je zein, patřící mezi prolaminy. Kukuřice je vhodná pro celiaky díky absenci gliadinů a gluteninů a obsahu snadno stravitelných sacharidů (Arendt a Zannini, 2013). Ačkoli se kukuřice neřadí mezi olejninu, produkuje se z ní kukuřičný olej. Nejvyšší obsah tuků se nachází v klíčku (kolem 80 %). Kukuřičný olej je skvělým zdrojem polynenasycených mastných kyselin a je stabilní díky přirozeně se vyskytujícím antioxidantům. Obsahuje málo kyseliny linoleové a palmitové (Arendt a Zannini, 2013). Žlutá kukuřice obsahuje karotenoidy, které jsou prekurzory vitamínu A. Dále také vitamín E, sloužící jako antioxidant. Z vitamínů rozpustných ve vodě se v kukuřici nachází vitamíny B₁, B₂, B₃, B₅ a B₉ (Arendt a Zannini, 2013). Obsah minerálních prvků v kukuřici se pohybuje mezi 1,0–1,3 %. Nejvíce zastoupeny jsou fosfor (ve formě fytátů), draslík a hořčík – dohromady tyto tři prvky tvoří 85 % veškerého obsahu minerálních prvků v kukuřičném znu. Genetické faktory mají značný vliv na obsah železa a zinku (Arendt a Zannini, 2013).

1.4.2 Výrobky z kukuřice

Kukuřice jako surovina pro výrobu potravinářských surovin je velmi variabilní. Ze základních surovin se z ní vyrábí kukuřičná mouka, kukuřičný škrob, kukuřičné vločky (corn-flakes) (Obr. 9), či kukuřičný sirup. Z těchto surovin dále kukuřičné placky (tortilly, tacos), slané pochutiny (nachos, popcorn), kukuřičné kaše (polenta). Kukuřice lze využít i pro výrobu nepotravinářských výrobků, např. bio odbouratelné sáčky (Arendt a Zannini, 2013; Příhoda a kol., 2003).



Obrázek 9 Kukuřičné vločky (<https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-kukuricne-500-g>)

1.5 Proso

Proso je důležitou plodinou v oblastech teplého a suchého klimatického pásma. Prosná zrna jsou na rozdíl od dalších obilovin kulatá a mají hladký povrch. Nejvýznamnější odrůdou prosa je proso seté (*Panicum miliaceum*) (Arendt a Zannini, 2013) (Obr. 10). OSN vyhlásila rok 2023 Mezinárodním rokem prosa, aby podpořila jeho prospěšnost a podpořila jeho zařazení do jídelníčku. Může regulovat krevní tlak, snižovat rizika kardiovaskulárních onemocnění a je vhodnou potravinou pro pacienty s diabetem. Má také protirakovinné účinky díky svému bohatému obsahu antioxidantů a bioaktivních peptidů (Rani a kol., 2024). Proso se pěstuje ve 131 zemích, přičemž největším producentem je Indie. Adaptabilita plodiny na drsné podmínky pěstování z ní činí udržitelnou plodinu, která přispívá k zabezpečení potravin. Proso má kromě toho také potenciální využití ve farmaceutických a jiných nepotravinářských produktech (Rani a kol., 2024).



Obrázek 10 Obilky prosa setého
(http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=9&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny)

1.5.1 Nutriční hodnota prosa

Obsah vlákniny v prosu se pohybuje mezi 9–12 %, což je významně více než v běžněji používaných obilovinách. Co se týče bílkovin, proso neobsahuje lepkotvorné bílkoviny. Limitující aminokyselinou je opět lyzin (Arendt a Zannini, 2013). Obsah tuků v prosu se pohybuje mezi 4–9 % a sestává z velké části z nenasycených mastných kyselin (hlavně kyseliny linoleové). To je pozitivní z nutričního hlediska, na druhé straně je proso náchylné k oxidaci a tím ke žluknutí tuků v něm (Arendt a Zannini, 2013). Proso je skvělým zdrojem minerálních prvků, především draslíku a fosforu. Fosfor je stejně jako u ostatních obilovin přítomný především ve formě fytátů s antinutričními vlastnostmi. Vstřebávání minerálních prvků z prosa ovlivňuje taktéž zpracování zrna. Z pozitivního hlediska je to díky poničení inhibitorů minerálních prvků, či tvorbě komplexů mezi složkami potravin a kovovými ionty, čímž se zvyšuje dostupnost prvků. Negativní dopad může mít deaktivace enzymů, které

degradují inhibitory minerálních prvků (Arendt a Zannini, 2013). Proso je dobrým zdrojem vitamínů skupiny B, také obsahuje vysoké množství cholinu – prekurzoru neurotransmiteru acetylcholinu (Arendt a Zannini, 2013).

1.5.2 Výrobky z prosa

Z prosa se vyrábí základní surovina pro další potravinářské využití, kterou jsou jáhly, což jsou prakticky vyloupaná prosná zrna. Dále se jáhly zpracovávají na kaše (Obr. 11) a nákypy. Významnou metodou pro zpracování prosa je i pufování. Celá zrna jsou vystavena velmi vysokému tlaku a teplotě, čímž zrno praskne a zvětší svůj objem. Takto upravená prosná zrna jsou následně využívána do snídaňových cereálií nebo slaných pochutin. Z prosa se vyrábí i prosná mouka a vločky. Z nich se následně mohou vyrábět kaše, či pekárenské výrobky jako chléb (Arendt a Zannini, 2013; Příhoda a kol., 2003).



Obrázek 11 Jáhlová kaše (<https://www.grizly.cz/grizly-jahlova-kase-bio-1000-g>)

2 PSEUDOObILOVINY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU VLOČEK A JEJICH VYUŽITÍ V GASTRONOMII

Pseudoobiloviny jsou zdrojem bílkovin, vlákniny, lipidů bohatých na nenasycené mastné kyseliny a bioaktivních sloučenin, jako jsou fagopyritoly a flavonoly v pohance, saponiny v quinoi, skvalen a fytoosteroly v amarantu, quinoi i pohance. Díky tomuto složení a nízké alergenicitě pseudoobilovin jsou dobrou náhradou tradičních obilovin. Navzdory těmto výhodám je povědomí spotřebitelů o pseudoobilovinách a z nich vyráběných produktů nízké. Vzhledem k nutričním výhodám a jejich obrovskému tržnímu potenciálu je proto nezbytné podporovat produkci pseudoobilovin (Nandan, 2024). Vločky z pseudoobilovin mají všestranné gastronomické využití a nemusí být jen součástí snídaní. Mohou být použity v různých kulinářských aplikacích. V pokrmech mohou sloužit jako tzv. křupavý element a vytvořit tak zajímavější strukturu pokrmu, ale zároveň i zvýšit výživovou hodnotu pokrmu díky pozitivnímu nutričnímu profilu pseudoobilovin.

Kvásky z pseudoobilovin (především z quinoi a amarantu) jsou považovány za dobré alternativy pro výrobu bezlepkového chleba díky jejich příznivému mikrobiálnímu složení, fyzikálně-chemickým vlastnostem a antioxidačním aktivitám. V provedené studii bezlepkové kvásky, zejména ty vyrobené z amarantu, vykazovaly různorodý mikrobiologický profil s vysokým počtem bakterií mléčného kvašení, což je prospěšné pro proces fermentace a potenciálně pro zdraví. Pšeničný kvásek vykazoval v některých testech vyšší celkový obsah fenolů a lepší antioxidační aktivitu, nicméně quinoový kvásek vykazoval nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity, což v některých ohledech ukazuje na vynikající antioxidační schopnosti (Peñalver a kol., 2024).

2.1 Pohanka

Pohanka jedlá (*Fagopyrum esculentum* Moench) (Obr. 12) patří do čeledi rdesnovitých (Arendt a Bello, 2008). Ve středověku se pohanka dostala do Evropy a později do Severní Ameriky. Dnes se pěstuje po celém světě, přičemž hlavními producenty jsou Rusko, Čína a Ukrajina (Pirzadah a Rehman, 2021). Semena mají trojúhelníkový tvar a jedinečnou ořechovou chuť. Díky krátkému vegetačnímu období 10 až 12 týdnů přispívá ke zdraví půdy a biologické rozmanitosti, schopnost pohanky potlačovat plevele je vhodná pro ekologické zemědělství (Pirzadah a Rehman, 2021; Arendt a Bello, 2008).



Obrázek 12 Nažky pohanky jedlé
(http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=41&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%3Fstr_aktualni%3D5)

2.1.1 Nutriční hodnota pohanky

Pohanka je bohatá na komplexní sacharidy, bílkoviny i vlákninu. Obsahuje 72 g sacharidů na 100 g, 12 g bílkovin na 100 g a 17 g vlákniny na 100 g. Pohanka je také bezlepková (Huda a kol., 2021). Jednou z výjimečných vlastností pohanky je její vysoký obsah bílkovin, taktéž i esenciálních aminokyselin, včetně lyzinu (5,9 g na 100 g zrna), který v jiných obilovinách a pseudoobilovinách často chybí. Díky tomu je vynikající volbou pro vegetariány a vegany, kteří mají omezené zdroje bílkovin (Huda a kol., 2021). Pohanka je bohatá na vitamíny řady B – především B₁, B₃ a B₆, dále vitamín K. V pohankových klíčcích byly zjištěny ještě vyšší množství těchto vitamínů. Minerální látky jsou v pohance přítomny v různých částech semene (slupka, aleuronové vrstvy nebo klíček). Pohanka je obecně bohatá na draslík (450 mg na 100 g), fosfor (330 mg na 100 g), hořčík (390 mg na 100 g) a vápník (110 mg na 100 g), které jsou přítomny především v obalových vrstvách (Huda a kol., 2021). Semena pohanky obsahují flavonoidy, jako je rutin, kvercetin a orientin, které jsou spojovány s různými zdravotními přínosy (Cai a kol., 2004). Dále obsahuje také polyfenoly a antokyany. Všechny tyto složky mají pozitivní vliv na kardiovaskulární systém a stimulaci sekrece inzulinu (Zhang a kol., 2023). Pohanka má nízký glykemický index, což znamená, že nezpůsobuje velké výkyvy v hladině cukru v krvi. Díky tomu je vhodná pro jedince s cukrovkou nebo pro ty, kteří si chtějí hlídat hladinu cukru v krvi (Arendt a Bello, 2008).

2.1.2 Výrobky z pohanky

Může se využívat ve formě pohankové krupice, což jsou loupaná semena rostliny pohanky. Lze je vařit a používat jako základ do salátů, polévek nebo kaší. Pohanková mouka je bezlepková alternativa k pšeničné mouce, takže je ideální na pečení pro celiaky. Dodává oříškovou chuť palačinkám, chlebu, muffinům a dalšímu pečivu. Nudle soba, oblíbené v japonské kuchyni, jsou vyrobeny z pohankové mouky. Mohou se podávat teplé i studené a

často se používají do polévek, smažených pokrmů nebo salátů. Pohankový čaj, také známý jako soba-cha, se vyrábí z pražených pohankových krup. Má chuť po toustovém chlebu a využívá se jako bezkofeinová alternativa k tradičnímu čaji nebo kávě. Z pohanky se také vyrábějí vločky vhodné do cereálních směsí (Obr. 13) nebo na přípravu kaší (Cai a kol., 2004).



Obrázek 13 Vločky z pohanky (<https://www.grizly.cz/grizly-pohankove-vločky-jemne-1000-g>)

2.2 Amaranth

Amarant neboli laskavec (Obr. 14), patří do čeledi *Amaranthaceae* a pěstuje se přes 8000 let. Jeho původ lze vysledovat až do Střední Ameriky. Dnes se amarant pěstuje po celém světě a jeho popularita znovu vzrůstá díky jeho nutričním výhodám a přizpůsobivosti různým prostředím. Amaranth je známý svou odolností. Může růst v různých klimatických podmínkách, snáší sucho i nadměrnou vlhkost lépe než mnoho jiných plodin. Listy amarantu jsou jedlé stejně tak, jako jeho semena, a tak má amarant dvojí využití (Arendt a Bello, 2008).



Obrázek 14 Semena amarantu (<https://vegis.sk/podla-latky-a-z/amarant/c337>)

2.2.1 Nutriční hodnota amarantu

Amarant je vysoce výživný, je bohatým zdrojem bílkovin – může obsahovat až kolem 20 g/100 g. Je také vynikajícím zdrojem vlákniny (okolo 17 g/100 g), vitamínů (zejména vitamínu C a vitamínů skupiny B), minerálních prvků (včetně železa, hořčíku, fosforu a manganu) a antioxidantů. Amarant, jedinečný pro svůj obsah skvalenu, má protizánětlivé a cholesterol snižující vlastnosti. Navíc je amarant přirozeně bezlepkový (Arendt a Bello, 2008). Studie naznačuje, že dle času sklizně se může lišit nutriční profil listů amarantu. Byly hodnoceny nutriční a chemické profily listů amarantu sklizených v různých fázích (65 dní a 120 dní). Brzké i pozdní sklizně listů amarantu poskytují významné zdravotní přínosy, ale jejich nutriční obsah se významně mění. Časně sklizené listy se vyznačují zejména vyšší hladinou bílkovin a antioxidantů, díky čemuž jsou potenciálně prospěšnější pro specifické nutriční potřeby (Manyelo a kol., 2020). Časně sklizené listy vykazovaly vyšší hladiny hrubé bílkoviny (23,23 g/100 g oproti 16,46 g/100 g) a škrobu (0,38 g/100 g oproti 1,11 g/100 g) ve srovnání s listy sklizenými pozdě. Brzy sklizené listy měly také vyšší hladiny aminokyselin argininu, threoninu, lyzinu a leucinu. Také obsahovaly vyšší množství fenolických sloučenin, jako jsou rutin a kaempferol-rutinosid, které jsou známé pro své antioxidační vlastnosti. Pozdně sklizené listy měly vyšší hladiny vápníku (56 mg/kg oproti 43 mg/kg), hořčíku (20 mg/kg oproti 15 mg/kg) a sodíku (428 mg/kg oproti 287 mg/kg). Brzy sklizené listy naproti tomu obsahovaly vyšší hladiny mědi (8,95 mg/kg oproti 3,45 mg/kg), manganu (583 mg/kg oproti 335 mg/kg), železa (372 mg/kg oproti 279 mg/kg) a zinku (42,4 mg/kg oproti 29,9 mg/kg) (Manyelo a kol., 2020).

2.2.2 Výrobky z amarantu

Amarant je víceúčelová rostlina, ze které se zpracovává více částí. Semena amarantu se využívají podobně jako další pseudoobiloviny a obiloviny. Lze z nich vyrábět mouku, vločky (Obr. 15), cukrovinky, chléb, těstoviny i nudle. Semena lze i zpracovávat metodou pufování. Tradiční mexickou cukrovinkou je alegria, což jsou pufovaná semena amarantu namáčená do medu či melasy, často kombinovaná s oříšky a sušeným ovocem. V Indii je obměnou této cukrovinky tzv. chikki (Baraniak a Kania-Dobrowolska, 2022). Taktéž jsou semena amarantu díky svému nutričnímu profilu využívána do funkčních nápojů. Amarantová mouka může zcela nebo částečně nahradit pšeničnou mouku a lze ji použít pro přípravu široké škály potravin, jako jsou těstoviny, sušenky, chléb, kaše a další. V Indii je amarantová mouka taktéž často využívána k zahuštění pokrmů, např. v tradiční omáčce Rajgira ki Kadhi. Sladký pudink Rajgira ka Halwa je tradičně vyráběn z amarantové mouky,

mléka, přepuštěného másla a cukru (Mäties a kol, 2024). Listy jsou výživné a lze je připravit podobně jako špenát. V Mexiku jsou listy i semena amarantu využívány do amarantové polévky v kombinaci s další zeleninou a masem. Amarantový olej extrahovaný ze semen se používá v kosmetickém průmyslu pro své prospěšné vlastnosti pro pokožku. Proteiny amarantu se také využívají pro výrobu jedlých filmů a emulzí (Zhu, 2023).



Obrázek 15 Vločky z amarantu a mexická cukrovinka alegria
(<https://www.zdravepotravinypribram.cz/p/grizly-vlocky-amarantove-jemne-bio-1000-g/2465>)

(<https://www.godairyfree.org/wp-content/uploads/2013/09/amaranth-candy.jpg>)

2.3 Quinoa

Quinoa (*Chenopodium quinoa*) je plodina, která se tradičně pěstuje v andské oblasti Jižní Ameriky. Navzdory své nedávné popularitě jako „superpotravina“ je quinoa pro domorodé obyvatele And známou a ceněnou plodinou. Quinoa patří do čeledi *Amaranthaceae* a je příbuzná červené řepě a špenátu. Její rostliny mohou dorůst až do výšky 3 m. Quinoa dokáže růst v nepříznivém klimatu, chudých půdách, ve vysokých nadmořských výškách (Arendt a Bello, 2008; Romano a Ferranti, 2023). Bylo prokázáno mnoho zdravotních benefitů spojených s konzumací quinoi, mezi které patří např. antioxidační účinky, protirakovinotvorné, možné snížení vysokého krevního tlaku a cholesterolu, prebiotické účinky, zlepšení diabetu. Je to díky bioaktivním látkám, které jsou v quinoe přítomny. Klíčením lze docílit ještě lepšího nutričního profilu a antioxidačních vlastností – při klíčení dochází k navýšení obsahu bílkovin, vlákniny, minerálních látek, fenolických látek i flavonoidů (Ramos-Pacheco, 2024). Semena quinoi existují ve třech barevných varietách – bílé, červené a černé (Obr. 16). Na trhu se nejčastěji objevuje bílá quinoa (Ramos-Pacheco, 2024).



Obrázek 16 Semena quinoj (<https://www.aso-online.cz/obilniny/quinoa-mix-bio-250g/>)

2.3.1 Nutriční hodnota quinoj

Semena quinoj jsou ceněnou složkou stravy díky vysokému obsahu bílkovin (okolo 16 g/100 g) a všech esenciálních aminokyselin, čímž se quinoa stává skvělým bílkovinným zdrojem. Neobsahuje lepkové bílkoviny, čímž je vhodná pro celiaky. Obsah vlákniny se pohybuje kolem 7 g/100 g. Významný je i obsah draslíku (až 790 mg/100 g) nebo hořčíku (200 mg/100 g) a vápníku (50 mg/100 g) (Romano a Ferranti, 2023; Arguello-Hernández a kol., 2024). Obsahuje i některé přírodní antioxidanty – především fenolové sloučeniny (např. kyseliny gallovou, *p*-hydroxybenzoovou, vanilovou, rutin a resveratrol) a flavonoidy (např. kaempferol a kvercetin) (Ma a kol., 2023). Nevýhodou quinoj je obsah antinutričních látek jako jsou saponiny, inhibitory proteáz a kyseliny fytové, která se vyskytuje i v mnoha dalších obilovinách a pseudoobilovinách (Romano a Ferranti, 2023). Saponiny, což jsou látky se základem isoprenu, mají vliv na její nahořklou chuť. Saponiny nicméně mohou být efektivně odstraněny pomocí mletí, přibližně až o 40 % (Han a kol., 2019). Studie prokázala, že nadmořská výška, ve které je quinoa pěstována nemá vliv na její nutriční kvality (Arguello-Hernández a kol., 2024).

2.3.2 Výrobky z quinoj

Quinoa je v kuchyni všestranná, používá se do salátů, polévek a omáček (kde může mít i zahušťující funkci), i jako příloha. Taktéž ji lze využít do různých náplní či nádivek – např. k naplnění žampionů portobello jako vegetariánská alternativa ke klasickému nadívanému masu nebo do vegetariánských burgerů, karbanátků a sendvičů. Vařenou quinou lze jíst ke snídani smíchanou s ovocem, ořechy, mlékem nebo jogurtem a sladidly, jako je med nebo javorový sirup. Quinoa v těchto výrobcích dodává texturu a potřebné bílkoviny. Ze semen se vyrábí vločky (Obr. 17). Semena se mohou taktéž mlít na mouku, z níž jsou vyráběny různé pekařské výrobky – muffiny, palačinky či sušenky, nebo se může i kombinovat s moukami z jiných obilovin či pseudoobilovin. Vyrábí se i „quinoové mléko“, což je quinoa

s vodou, cukrem či sladidly a ochucující složkou (např. vanilka). Tento nápoj slouží jako dobrá alternativa ke klasickému kravskému mléku pro vegany. Zrna mohou být využita podobně jako popcorn z kukuřice díky pufování. Její listy jsou také jedlé, i když méně běžně konzumované. Největší tradici má quinoa v Jižní Americe, kde se quinoa tradičně využívá v mnoha pokrmech. Jedním z tradičních pokrmů je p'esque – což je obměna ovesné kaše vyráběná z quinoi. Sopa de quinoa je tradiční polévka v Peru a Ekvádoru, do které se přidává jehněčí maso, brambory, mrkev, zelí, hrášek, koření a samozřejmě quinoa. Obměnou asijského pokrmu smažená rýže je quinoa chaufa (Sezgin a Sanlier, 2019).



Obrázek 17 Vločky z quinoi (<https://www.vitalcountry.cz/vlocky-quinoove-bio/>)

3 TECHNOLOGIE VÝROBY VLOČEK

Cereální výrobky se dělí na dvě velké skupiny – hotové k přímé spotřebě (RTE – ready-to-eat) nebo ty, které je před konzumací nutné vařit (tzv. hot cereals). RTE výrobky jsou oblíbené především pro svou pohodlnost, minimální nároky na přípravu a dlouhou trvanlivost. Toto odvětví vzniklo na konci 19. století s významným rozvojem průkopníků, jako jsou bratři Kelloggové a C. W. Post z Battle Creek, Michiganu. Moderní zpracování obilovin se vyvinulo z výroby jednoduchých vloček až po celou řadu složitých produktů vyrobených složitějšími technologickými postupy, jako je extruze. Extruze je klíčová pro možnost vytváření různých tvarů a textur obilovin a pečení/pražení je rozhodující pro rozvoj chuti a textury, ačkoli vysoké teploty mohou snížit obsah vitamínů, které se obvykle přidávají až po dopečení (Serna-Saldivar, 2010).

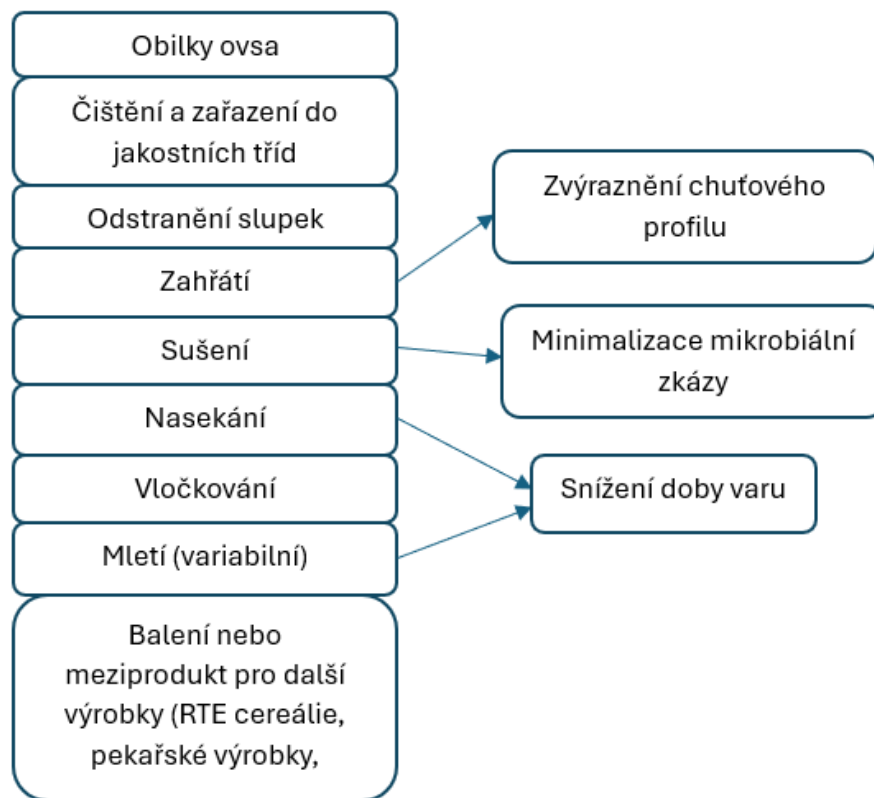
Trh snídaňových cereálií pokračuje v inovacích, přičemž nedávné trendy upřednostňují produkty s vysokým obsahem vlákniny a nutričních látek, aby vyhověly požadavkům spotřebitelů, kteří se řídí zdravým životním stylem. Snídaňové cereálie mají obvykle nízký obsah tuků, ale jsou bohaté na základní vitamíny a minerální prvky. Běžně se konzumují s mlékem, které zvyšuje jejich nutriční hodnotu díky obsahu bílkovin, vápníku a dalších živin v mléce. Cereálie jsou často ochuceny cukrem, sladidly nebo nediatatickým sladkem a mohou obsahovat přísady jako sušené ovoce a ořechy (Serna-Saldivar, 2010). Výroba snídaňových cereálií zahrnuje výběr a kombinaci surovin, použití sofistikovaných výrobních postupů a dodržování přísných opatření kontroly kvality. Obiloviny jsou produkovány tak, aby měly nízký obsah vlhkosti pro zachování textury a mikrobiální stability. Obal hraje klíčovou roli při zachování kvality a vlastností obilovin, často stojí více než samotný produkt (Serna-Saldivar, 2010).

3.1 Výroba ovesných vloček

Syrový oves je třeba zpracovat, aby byl stravitelný a vhodný pro lidskou spotřebu. To zahrnuje několik kroků, jako je čištění, loupání a tepelné ošetření k inaktivaci enzymů, které mohou způsobit žluknutí (Decker a kol., 2014). Základním cílem při výrobě vloček z cereálií je zpracování zrna takovým způsobem, aby se získaly částice, z nichž každá bude tvořit jednu vločku. Nelze vyrábět vločky z jednoho dlouhého tenkého plátu, který by se rozlámал na jednotlivé vločky. Výběr zrn je proto velmi důležitý pro konečný charakter vloček. Může být potřeba zrno jednou nebo i vícekrát rozlomit, aby byly získány částice ve vhodné velikosti pro vločky známé jako vločkovací drť (Fast a Caldwell, 2020). Proces výroby

ovesných vloček začíná tepelným zpracováním celých ovesných zrn, aby se inaktivovaly enzymy, jako jsou lipázy a lipoxygenázy, které mohou způsobit nežádoucí příchutě a zkrátit trvanlivost. Tento důležitý krok významně ovlivňuje chuť, vůni a životnost produktu, protože enzymy by mohly katalyzovat nežádoucí oxidační reakce a žluknutí. Obilky se následně zbavují slupky, čímž se získá ovesná krupice. Krupice je vločkována, tím se získají celozrnné ovesné vločky. Takto vyrobené vločky je potřeba před konzumací uvařit, protože tepelné ošetření proběhlo pouze za účelem inaktivace enzymů (Serna-Saldivar, 2010). Zpracování ovlivňuje nutriční profil ovesa. Tepelné zpracování může snížit určité úrovně živin (např. termolabilních vitamínů B), ale je nezbytné pro prodloužení trvanlivosti a zvýšení bezpečnosti tohoto výrobku. Zpracování má také za cíl zachovat nebo zlepšit prospěšné složky, jako jsou β -glukany, které přispívají ke zdravotním přínosům ovesa (Decker a kol., 2014).

V případě výroby instantních ovesných vloček, je dále potřeba kroupy rozmělnit na menší kousky pomocí rotačních granulátorů, které se skládají z perforovaných rotačních bubnů a nožů. Rozsekané kroupy jsou dále bezprostředně před vločkováním napařovány. Díky napařování se krupice změkčí a je tedy možné vločky válcovat s minimálními ztrátami způsobenými polámaním. Napařováním se také dokončí inaktivace enzymů. Napařování trvá přibližně 12–15 minut, během kterých se krupice ohřeje na 100 °C a její vlhkost se sníží na 10–12 %. Napařené kousky dále pokračují do vločkovací jednotky, která sestává ze dvou válců, které rotují rychlostí 250 až 450 otáček za minutu. Válce jsou řízeny hydraulicky pomocí stlačeného oleje nebo vzduchu. Navločkováná oves je dále přesunuta do síta, kde se odstraní příliš jemný podíl a následuje ochlazení. Výtěžnost při výrobě ovesných vloček se pohybuje mezi 50 a 60 % (Serna-Saldivar, 2010). Schéma výroby je zaznamenáno na Obr. 18.



Obrázek 18 Schéma výroby ovesných vloček

3.2 Výroba kukuřičných vloček (cornflakes)

Výroba kukuřičných vloček začíná suchým mletím kukuřice na kukuřičný šrot. Ideální velikost pro výrobu kukuřičných vloček je přibližně polovina až třetina velikosti zrna kukuřice. Jeden kousek zpravidla představuje budoucí vločku, ačkoli někdy se k sobě mohou nalepit dva i více kousků (Fast a Caldwell, 2020).

Dalším krokem je smíchání kukuřičného šrotu s roztokem, který sestává z vody, cukru, sladu a soli, které dodávají vločkám chuť. Odvážené množství této kukuřičné směsi je následně plněno do rotačních vařičů, které jsou konstruovány tak, aby vydržely vstříkování páry pod tlakem. Výsledkem toho je rozptýlení chuti ze sirupu v celém objemu zrna a také výrazné změkčení zrna díky působení páry. Vařiče taktéž rotují, což způsobuje rovnoměrné promíchání šrotu se sirupem. Na konci vaření mají zrníčka vlhkost okolo 30 %. Uvařené částičky by měly být gumové, ale pružné a neměly by obsahovat žádný surový škrob. Šrot se následně nasype na dopravníkový pás, na kterém je dopraven do sušičky. Předtím ještě prochází tzv. dezintegrovacím zařízením, kde jsou větší části krupice rozbity na menší částičky. Sušení nejčastěji probíhá v komorách, kterými prochází pás a lze zde regulovat

teplotu. Sušení nejčastěji probíhá při teplotě 120 °C při kontrolované vlhkosti. Požadovaná vlhkost krupice po sušení je 10–14 %. Následně šrot prochází chladičem, aby se ochladil na okolní teplotu. Poté již drť přechází k vločkování, které probíhá metodou válcování pomocí dvou kovových válců. Ke zploštění zrníček je potřeba vysokého tlaku. Povrch válce je zahříván na teplotu 43–46 °C. Vločky jsou dále ještě opékány v pecích při teplotě kolem 300 °C. Správná opečenost vloček je kontrolována pomocí barvy vloček a obsahu vlhkosti. Vlhkost by se měla pohybovat mezi 1,5–3 % (Fast a Caldwell, 2020).

3.3 Výroba vloček pomocí extruze

Obilné vločky lze vyrábět i sofistikovanějšími metodami, jako je např. extruze. Rozdíl oproti klasické výrobě vloček je v tom, že z jednoho zrna nevznikne jedna vločka. Z obilné krupice a dalších ingrediencí je vytvořena kaše, která je následně vytlačována otvorem v matici, z které jsou odřezávány pelety těsta v požadované velikosti. Peletky jsou následně taktéž vločkovány a opékány stejně jako při tradiční výrobě vloček (Fast a Caldwell, 2020).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části práce bylo představit vybrané druhy obilovin a pseudoobilovin, jejich využití v gastronomii a stručně popsat technologii výroby vloček.

Cílem experimentální části práce bylo stanovení obsahu minerálních a stopových prvků v bezlepkových vločkách. Nejprve připravit mineralizáty vzorků a následně mineralizáty změřit pomocí metody ICP-MS. Poté získaná data vyhodnotit a diskutovat.

5 METODIKA

5.1 Použité chemikálie

- HNO₃ 67%
- H₂O₂ 30%

5.2 Použité přístroje a pomůcky

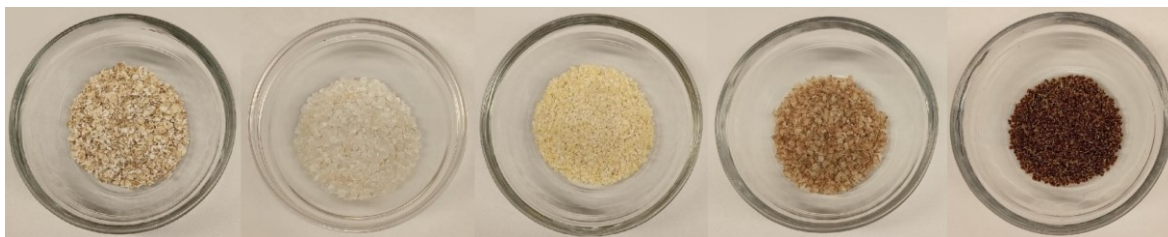
- mlýnek na obiloviny (Waldner Biotech, Linz, Rakousko)
- analytické váhy (Schoeller AFA-2102 LC, ČR)
- mikrovlnný systém Milestone Ethos One
- spektrometr iCAP Q ICP-MS Scientific
- laboratorní nádobí a pomůcky

5.3 Použité vzorky

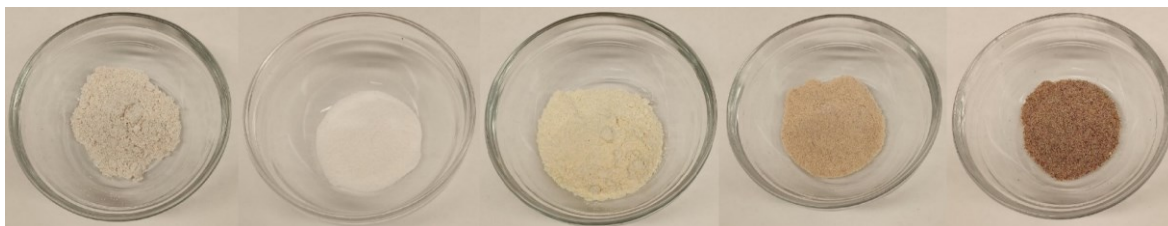
Pro experimentální část bakalářské práce bylo vybráno pět druhů bezlepkových vloček z obchodní sítě (Tabulka 1 a Příloha PI). Tři druhy byly z klasických bezlepkových obilovin a dva z bezlepkových pseudoobilovin (Obr. 19). Vzorky byly ihned po zakoupení rozemlety na obilném mlýnku (Obr. 20 a Příloha PII), následně byly připraveny mineralizáty, které byly změřeny pomocí metody ICP-MS.

Tabulka 1 Přehled použitých vzorků vloček

	Typ vloček	Výrobce
Vzorek č. 1	Ovesné vločky	Dm drogerie markt, s.r.o.
Vzorek č. 2	Rýžové vločky	Foodish, s.r.o.
Vzorek č. 3	Jáhlové vločky	Dm drogerie markt, s.r.o.
Vzorek č. 4	Pohankové vločky	Druid CZ, s.r.o.
Vzorek č. 5	Vločky z quinoi	Semix Food, spol., s.r.o.



Obrázek 19 Vzorky vloček před mletím (oves, rýže, jáhly, pohanka, quinoa)



Obrázek 20 Namleté vzorky vloček (oves, rýže, jáhly, pohanka, quinoa)

5.4 Příprava mineralizátů

Do vysušených teflonových nádobek bylo na analytických vahách naváženo 0,2 g rozmělněných vloček s přesností na 0,0001 g. Každý druh vloček byl navážen třikrát, celkem tedy vzniklo 15 vzorků. Do každé nádoby bylo následně automatickou pipetou napipetováno 7 ml 67% kyseliny dusičné a 1 ml 30% peroxidu vodíku. Dále byly vzorky přemístěny do mikrovlnného zařízení Milestone Ethos One a pomocí energie mikrovlnného záření rozloženy, čímž vznikly mineralizáty. Parametry přístroje byly nastaveny následovně: 15 min, 200 °C, 1500 W náběh, 15 min, 200 °C, 1500 W výdrž. Poté byly mineralizáty zchlazeny a přelity do plastových zkumavek.

5.5 Stanovení prvků v mineralizátech metodou ICP-MS

Prvky byly v mineralizátech stanoveny pomocí metody ICP-MS (hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem). Jedná se o analytickou metodu pro ultra-stopovou elementární analýzu prvků. Metoda dokáže analyzovat téměř všechny prvky od lithia po uran.

Byl využit spektrometr MS ThermoScientific iCAP Q na bázi kvadrupólového analyzátoru (ThermoScientific, USA) s technologií QCell (CCT – Collision Cell Technology). U této technologie je jako kolizní plyn využito helium umožňující rozpad molekulárních asociátů. Parametry byly nastaveny následovně: výkon 1550 W, hloubka vzorkování 5 mm, průtok

chladičím plynu $14,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-3}$, průtok pomocného plynu $0,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, průtok zmlžovacího plynu $1,015 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, průtoková rychlost He $4,1 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, rychlost zmlžovače $40,00 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ a teplota uvnitř komory $2,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Kalibrační standardy byly nachystány ve dvou sadách. Řada standardů s očekávanou vyšší koncentrací 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 $3\text{--}35 \text{ }\mu\text{g/l}$; sada s nižší očekávanou koncentrací byla následující: ^{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 $0,5\text{--}1,0 \text{ }\mu\text{g/l}$. Tyto řady standardů jsou komerčně zakoupenými sadami. Kalibrace jednotlivých prvků, evaluovaných v této práci byly využity z interních kalibrací uložených již v softwaru ICP-MS a využívaných pro měření. V této práci nebyly použity referenční certifikované materiály (Sumczynski a kol., 2018).

Pomocí ICP-MS byly evaluovány koncentrace následujících izotopů: ^7Li , ^{11}B , ^{23}Na , ^{24}Mg , ^{27}Al , ^{31}P , ^{32}S , ^{39}K , ^{40}Ca , ^{45}Sc , ^{48}Ti , ^{51}V , ^{52}Cr , ^{55}Mn , ^{57}Fe , ^{59}Co , ^{60}Ni , ^{63}Cu , ^{66}Zn , ^{71}Ga , ^{73}Ge , ^{75}As , ^{88}Sr , ^{89}Y , ^{95}Mo , ^{103}Rh , ^{107}Ag , ^{111}Cd , ^{121}Sb , ^{133}Cs , ^{137}Ba , ^{202}Hg , ^{208}Pb .

5.6 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.

6 VÝSLEDKY

Prvky dělíme na makrobiogenní, mikrobiogenní a stopové. Mezi makrobiogenní se řadí fosfor, vápník, draslík, síra, hořčík, sodík a chlór. Mezi mikrobiogenní patří železo a zinek, všechny ostatní jsou stopové. Makro- a mikrobiogenní prvky jsou všechny esenciální. Stopové prvky lze rozdělit na ty, které mohou být esenciální (např. chrom, molybden, měď, selen, mangan), neesenciální (lithium, bor, cer, vanad, antimon aj.) a také některé z neesenciálních jsou toxické (např. hliník, nikl, cín, rtuť, olovo, kadmium a arsen) (Prasad a kol., 2016). Naměřené výsledky koncentrací prvků byly zpracovány a zapsány jako střední hodnota se směrodatnou odchylkou (SD) (Tabulky 2–3). Uvedené koncentrace prvků jsou prezentovány vždy na 1 g vloček.

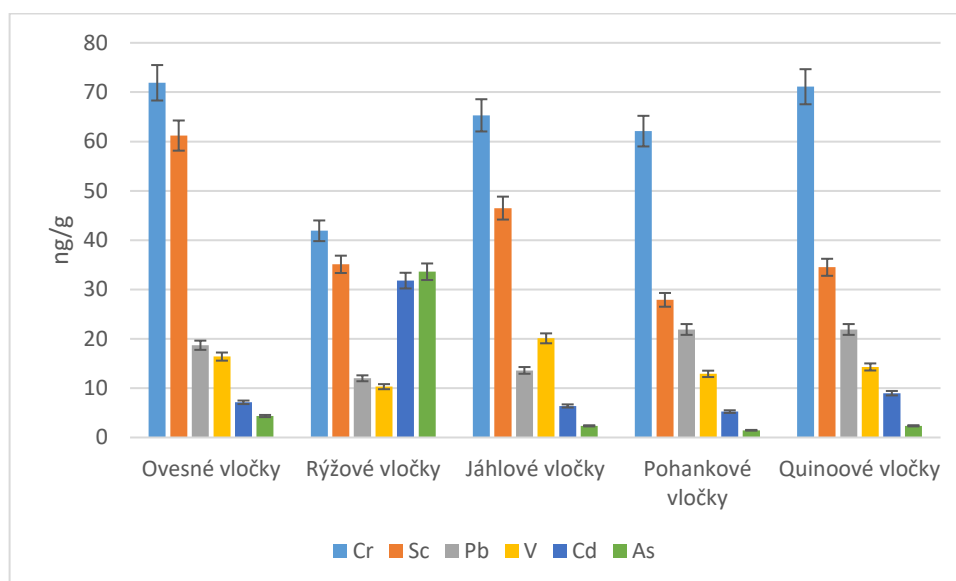
6.1 Prvky naměřené v koncentracích ng/g

Výsledky obsahu prvků, které se vyskytují v bezpečkových vločkách pouze v nanogramových koncentracích jsou uvedeny v Tabulce 2. Jak je vidět z naměřených dat, bezpečkové vločky obsahují široké rozmezí koncentrací baria (2,78 až 130 ng/g), quinoové vločky obsahují v porovnání s ostatními vzorky signifikantně vysoký obsah lithia, a to 616 ng/g, stejně tak mají z vloček například nejvyšší obsah kobaltu (136 ng/g). Z prvků, které jsou v nanogramových koncentracích u ovesných vloček dominují barium > chrom > scandium > a lithium, u rýžových chrom > lithium > skandium a arsen, u jáhlových chrom > lithium > skandium > a vanad, u pohankových chrom > lithium > kobalt > a skandium a nakonec u quinoových lithium > kobalt > barium > a chrom. Z tabulky 2 je také patrné, že obsahy prvků v rýžových vločkách jsou velmi nízké. To je dáno tím, že rýžové vločky neobsahují obalové vrstvy zrn, ve kterých se prvky nejčastěji váží (Sumczynski a kol., 2018).

Tabulka 2 Obsah prvků naměřených ve vzorcích bezpečkových vloček v koncentracích ng/g

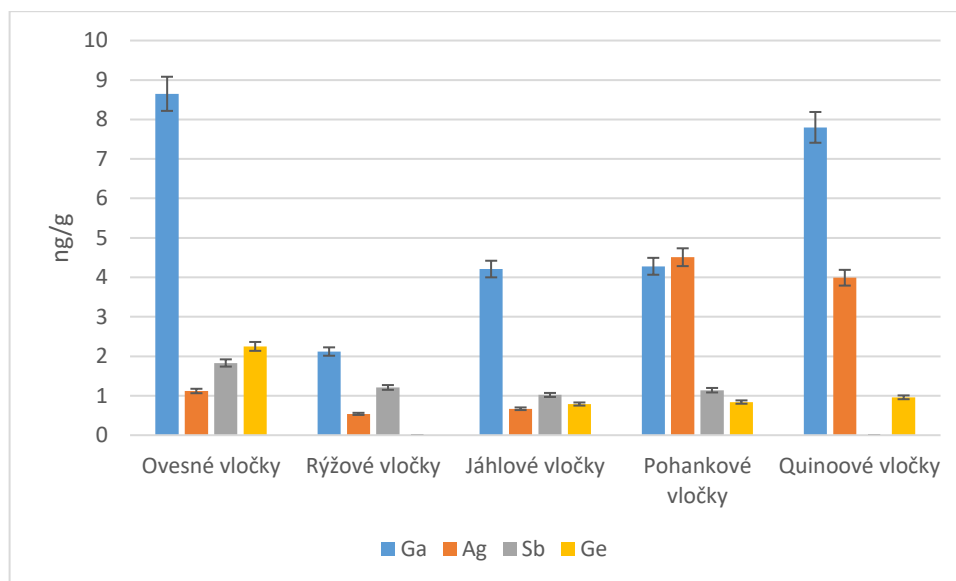
ng/g	Ovesné vločky	Rýžové vločky	Jáhlové vločky	Pohankové vločky	Quinoové vločky
⁷ Li	46,2 ± 3,9 ^a	39,5 ± 5,4 ^b	48,3 ± 0,4 ^c	49,3 ± 1,2 ^d	616 ± 16 ^e
⁴⁵ Sc	61,2 ± 6,7 ^a	35,1 ± 4,4 ^b	46,5 ± 3,3 ^c	27,9 ± 1,1 ^d	34,5 ± 1,0 ^b
⁵¹ V	16,4 ± 1,1 ^a	10,3 ± 1,2 ^b	20,1 ± 1,8 ^c	12,9 ± 0,5 ^d	14,3 ± 1,0 ^e
⁵² Cr	71,9 ± 2,6 ^a	41,9 ± 2,3 ^b	65,3 ± 3,9 ^c	62,1 ± 2,5 ^d	71,1 ± 3,8 ^a
⁵⁹ Co	3,69 ± 0,15 ^a	3,48 ± 0,13 ^b	16,8 ± 0,2 ^c	29,7 ± 1,5 ^d	136 ± 3 ^e
⁷¹ Ga	8,65 ± 0,08 ^a	2,12 ± 0,14 ^b	4,21 ± 0,48 ^c	4,28 ± 0,28 ^c	7,80 ± 0,34 ^d
⁷³ Ge	2,25 ± 0,16 ^a	ND	0,79 ± 0,08 ^b	0,84 ± 0,05 ^b	0,96 ± 0,04 ^d
⁷⁵ As	4,35 ± 0,29 ^a	33,6 ± 2,2 ^b	2,36 ± 0,08 ^c	1,46 ± 0,18 ^d	2,37 ± 0,26 ^c
⁸⁹ Y	0,17 ± 0,01 ^a	ND	0,06 ± 0,01 ^b	1,09 ± 0,03 ^c	3,34 ± 0,25 ^d
¹⁰³ Rh	0,21 ± 0,01 ^a	≤ 0,02 ^b	0,07 ± 0,01 ^c	0,04 ± 0,01 ^d	0,13 ± 0,01 ^e
¹⁰⁷ Ag	1,12 ± 0,12 ^a	0,54 ± 0,03 ^b	0,67 ± 0,07 ^c	4,51 ± 0,35 ^d	3,99 ± 0,57 ^e
¹¹¹ Cd	7,13 ± 0,34 ^a	31,8 ± 0,4 ^b	6,39 ± 0,43 ^c	5,25 ± 0,15 ^d	8,98 ± 1,29 ^e
¹²¹ Sb	1,83 ± 0,06 ^a	1,21 ± 0,04 ^b	1,02 ± 0,04 ^c	1,14 ± 0,04 ^d	ND
¹³³ Cs	0,47 ± 0,03 ^a	0,34 ± 0,02 ^b	1,30 ± 0,17 ^c	9,43 ± 0,37 ^d	23,5 ± 0,8 ^e
¹³⁷ Ba	86,8 ± 4,3 ^a	5,82 ± 0,19 ^b	2,78 ± 0,25 ^c	6,51 ± 0,48 ^d	130 ± 5 ^e
²⁰⁸ Pb	18,7 ± 4,2 ^a	12,0 ± 0,3 ^b	13,6 ± 0,6 ^c	21,9 ± 1,9 ^d	21,9 ± 1,9 ^e

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr ± SD (n=9). Výsledky v řádcích 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 ($p < 0,05$).



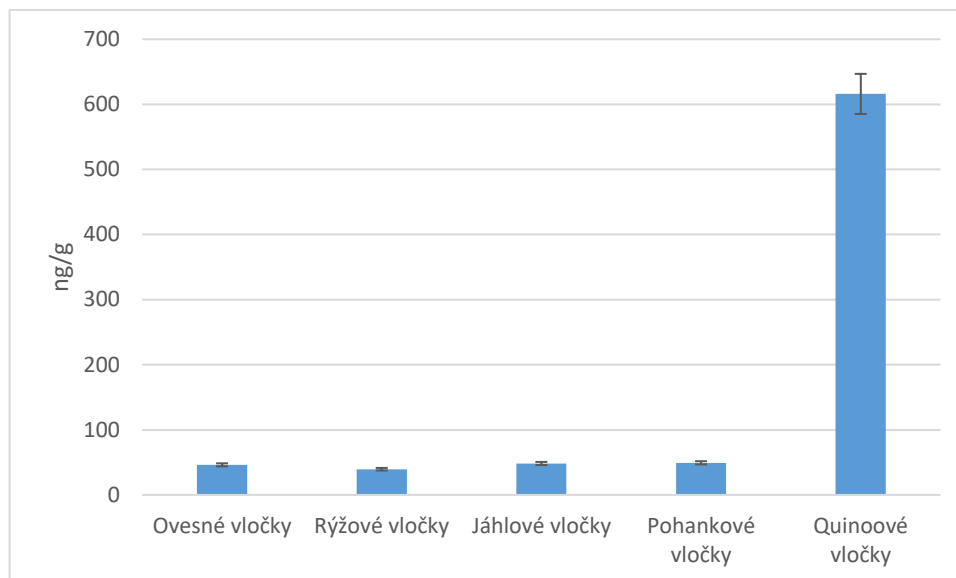
Graf 1 Srovnání naměřených koncentrací prvků Cr, Sc, Pb, V, Cd a As

Z grafu 1 je patrné, že koncentrace chromu jsou vždy nad 60 ng/g u všech druhů vloček kromě rýžových. Naopak u rýžových vloček byla naměřena signifikantně nejvyšší koncentrace kadmia a arsenu, které řadíme mezi toxické prvky. Koncentrace olova, které se také řadí mezi toxické prvky, byla nejvyšší u pohankových a quinoových vloček. Koncentrace stroncia byla nejvyšší u ovesných vloček, koncentrace vanadu u jáhlových a ovesných vloček.



Graf 2 Srovnání naměřených koncentrací prvků Ga, Ag, Sb a Ge

Z grafu 2 lze vyčíst, že nejvyšší koncentrace gallia byly naměřeny u ovesných a quinoových vloček, dále shodné koncentrace gallia byly stanoveny u jáhlových a pohankových vloček a nejnižší koncentrace u rýžových vloček. Nejvyšší koncentrace stříbra byly naměřeny u pohankových a poté quinoových vloček. U quinoových vloček nebyl detekován antimon, u rýžových vloček zase germanium.



Graf 3 Srovnání naměřených koncentrací lithia

V grafu 3 je znázorněn signifikantní rozdíl naměřené koncentrace lithia u quinoových vloček oproti naměřeným koncentracím u všech ostatních druhů vloček.

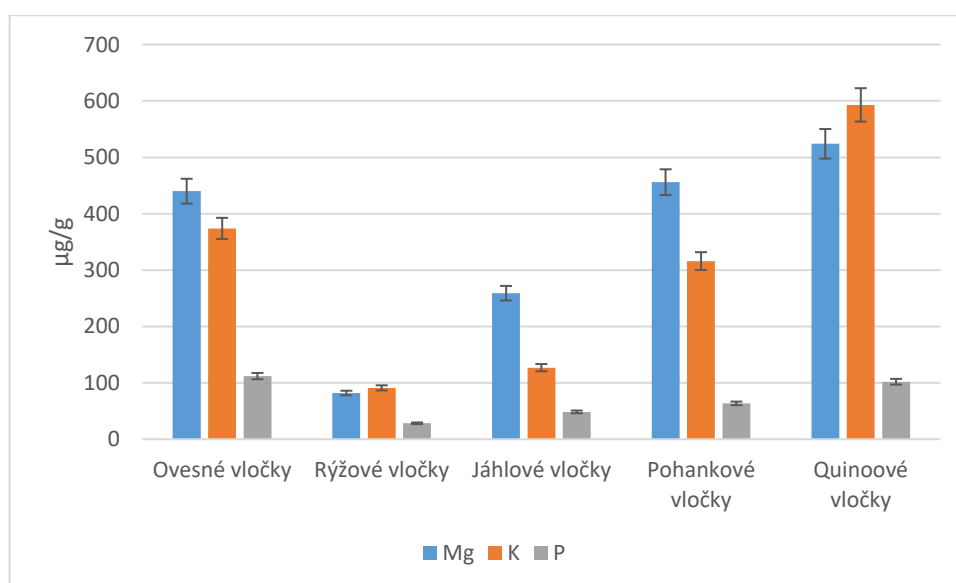
6.2 Prvky naměřené v koncentracích $\mu\text{g/g}$

Výsledky obsahu prvků, které se vyskytují v bezlepkových vločkách v mikrogramových koncentracích jsou uvedeny v Tabulce 3. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny u prvků hořčík, draslík a fosfor. Nejvyšší koncentrace hořčíku byla naměřena u quinoových vloček ($524 \mu\text{g/g}$) a taktéž i draslíku ($593 \mu\text{g/g}$). Nejvyšší koncentrace fosforu byla naměřena u ovesných vloček ($112 \mu\text{g/g}$). Bezlepkové vločky obsahují velké rozmezí koncentrací manganu ($1,85$ až $18,3 \mu\text{g/g}$) a také železa ($0,77$ až $4,66 \mu\text{g/g}$). Z prvků, které jsou v mikrogramových koncentracích kromě hořčíku, draslíku a fosforu byly u ovesných vloček naměřeny nejvyšší koncentrace prvků mangan > železo > zinek > síra > měď, u rýžových vloček mangan > síra > zinek > měď > hliník, u jáhlových vloček zinek > síra > železo > měď > mangan, u pohankových vloček mangan > síra > železo > měď > zinek a u quinoových vloček mangan > železo > síra > zinek > měď. Signifikantně nejvyšší koncentrace prvků byly naměřeny u quinoových vloček, naopak u rýžových vloček byly naměřeny nejnižší koncentrace.

Tabulka 3 Obsah prvků naměřených ve vzorcích bezpečkových vloček v koncentracích $\mu\text{g/g}$

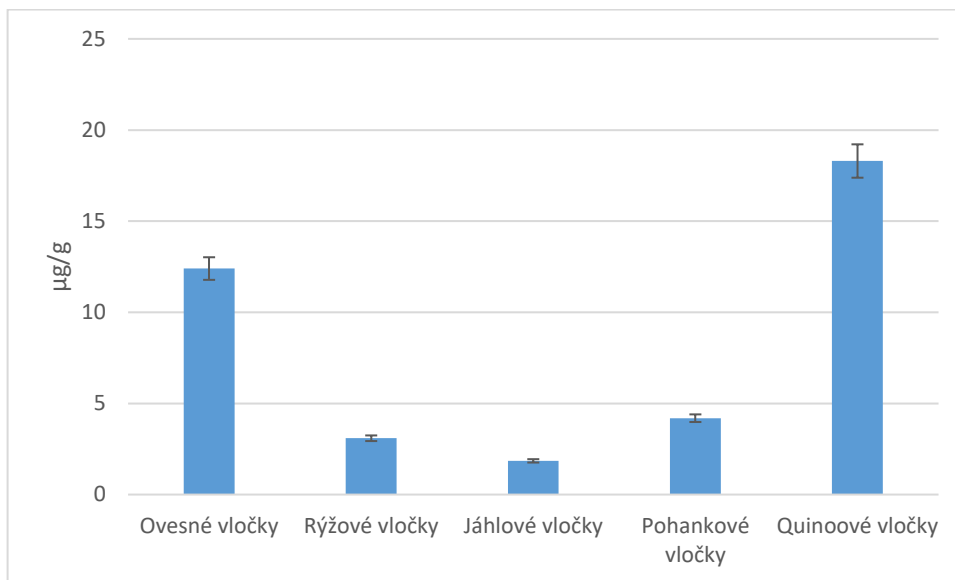
$\mu\text{g/g}$	Ovesné vločky	Rýžové vločky	Jáhlové vločky	Pohankové vločky	Quinoové vločky
^{11}B	$0,15 \pm 0,01^a$	$0,13 \pm 0,01^b$	$0,14 \pm 0,03^{a,b}$	$0,90 \pm 0,03^c$	$1,46 \pm 0,04^d$
^{23}Na	$1,57 \pm 0,62^a$	$0,59 \pm 0,02^b$	$0,44 \pm 0,03^c$	$0,41 \pm 0,06^c$	$1,57 \pm 0,06^a$
^{24}Mg	440 ± 5^a	$82,0 \pm 2,9^b$	259 ± 10^c	456 ± 22^d	524 ± 9^e
^{27}Al	$1,26 \pm 0,12^a$	$1,61 \pm 0,22^b$	$0,64 \pm 0,49^c$	$1,23 \pm 0,06^a$	$1,73 \pm 0,09^d$
^{31}P	$112 \pm 0,4^a$	$28,3 \pm 0,8^b$	$48,5 \pm 1,2^c$	$63,6 \pm 3,9^d$	102 ± 1^e
^{32}S	$2,81 \pm 0,04^a$	$2,87 \pm 0,51^a$	$3,63 \pm 0,14^b$	$3,1 \pm 0,1^c$	$3,48 \pm 0,07^d$
^{39}K	374 ± 2^a	$91,1 \pm 1,6^b$	127 ± 3^c	316 ± 14^d	593 ± 14^e
^{40}Ca	$0,26 \pm 0,01^a$	$0,19 \pm 0,04^b$	$0,21 \pm 0,01^{b,c}$	$0,22 \pm 0,01^c$	$0,28 \pm 0,01^d$
^{48}Ti	$1,31 \pm 0,05^a$	$0,22 \pm 0,01^b$	$0,30 \pm 0,01^c$	$0,43 \pm 0,03^d$	$0,91 \pm 0,03^e$
^{55}Mn	$12,4 \pm 0,3^a$	$3,09 \pm 0,07^b$	$1,85 \pm 0,05^c$	$4,19 \pm 0,27^d$	$18,3 \pm 0,5^e$
^{57}Fe	$4,66 \pm 0,10^a$	$0,77 \pm 0,09^b$	$2,32 \pm 0,06^c$	$2,44 \pm 0,15^d$	$3,56 \pm 0,10^e$
^{60}Ni	$0,37 \pm 0,01^a$	$0,27 \pm 0,02^b$	$0,37 \pm 0,01^a$	$1,45 \pm 0,05^c$	$0,36 \pm 0,03^a$
^{63}Cu	$2,03 \pm 0,01^a$	$1,68 \pm 0,05^b$	$2,18 \pm 0,05^c$	$2,31 \pm 0,10^d$	$2,11 \pm 0,08^e$
^{66}Zn	$3,05 \pm 0,01^a$	$1,89 \pm 0,08^b$	$4,37 \pm 0,42^c$	$2,07 \pm 0,01^d$	$3,05 \pm 0,03^a$
^{88}Sr	$1,54 \pm 0,06^a$	$0,08 \pm 0,01^b$	$0,05 \pm 0,01^c$	$0,11 \pm 0,01^d$	$1,13 \pm 0,02^e$
^{95}Mo	$0,62 \pm 0,01^a$	$0,25 \pm 0,01^b$	$0,13 \pm 0,01^c$	$0,08 \pm 0,01^d$	$0,70 \pm 0,06^e$
^{202}Hg	$0,17 \pm 0,01^a$	$0,13 \pm 0,03^b$	$0,29 \pm 0,02^c$	$0,13 \pm 0,01^b$	$2,08 \pm 0,85^d$

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr \pm SD ($n=9$). Výsledky v řádcích 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 ($p < 0,05$).



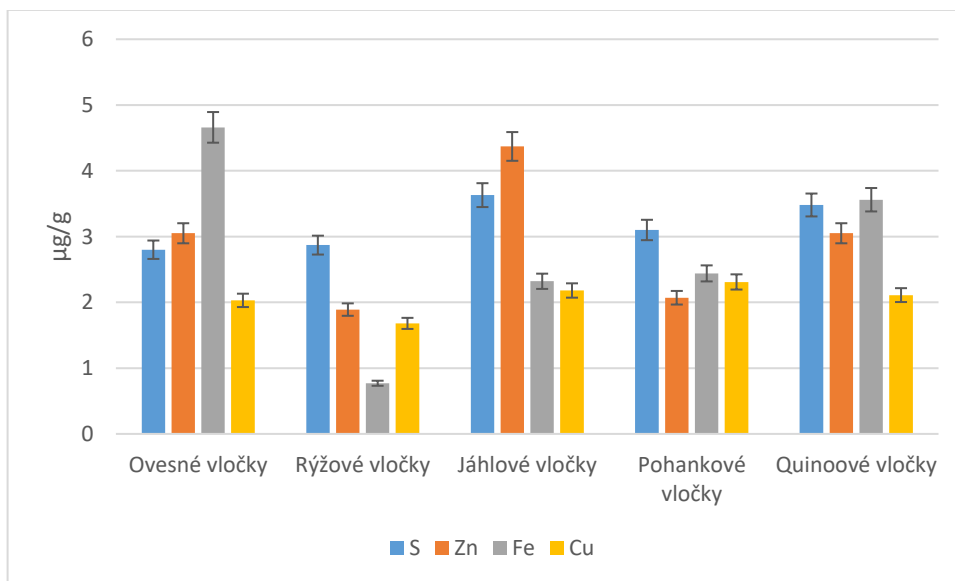
Graf 4 Srovnání naměřených koncentrací prvků Mg, K a P

V grafu 4 je vidět grafické znázornění koncentrací tří prvků, jejichž obsah byl ve vločkách nejvyšší. Nejvyšší obsah hořčíku a draslíku byl změřen v quinoových vločkách, nejvyšší obsah fosforu v ovesných vločkách.



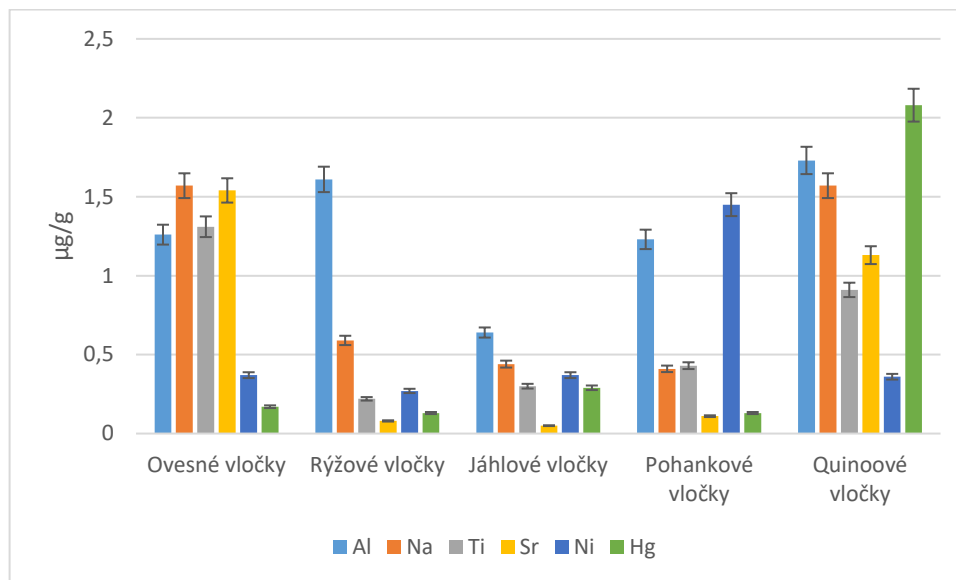
Graf 5 Srovnání naměřených koncentrací manganu

V grafu 5 je znázorněn rozdíl naměřené koncentrace manganu u quinoových a ovesných vloček oproti naměřeným koncentracím u ostatních druhů vloček.



Graf 6 Srovnání naměřených koncentrací prvků S, Zn, Fe a Cu

Z grafu 6 je patrné, že obsah síry byl nejvyšší u jáhlových vloček, stejně tak obsah zinku. Obsah mědi byl nejvyšší u pohankových vloček a nejnižší u rýžových vloček. Obsah železa byl nejvyšší u ovesných vloček a nejnižší u rýžových.



Graf 7 Srovnání naměřených koncentrací prvků Al, Na, Ti, Sr, Ni a Hg

Z grafu 7 lze vyčíst, že obsah hliníku byl nejvyšší u quinoových a rýžových vloček, nejnižší u jáhlových vloček. Hliník řadíme mezi toxické prvky. Nejvyšší obsah sodíku byl naměřen u quinoových a ovesných vloček. Obsah titanu i stroncia byl nejvyšší u ovesných vloček. Obsah niklu byl signifikantně nejvyšší u pohankových vloček, obsah rtuti u quinoových vloček.

7 DISKUSE

Dle studií může mít na obsah minerálních prvků v plodinách vliv mnoho faktorů. Mezi ně patří především kvalita půdy (pokud je půda obohacena o tyto minerální prvky, je zde větší pravděpodobnost, že je bude obsahovat i daná plodina, tzn. rozhodovat může geologické podloží), výživa plodiny, celkové podmínky pěstování a neméně důležité je i zpracování plodiny (Prasad a kol., 2016) včetně environmentálních podmínek.

7.1 Makrobiogenní prvky

Nejvyšší obsah fosforu byl zjištěn ve vzorku ovesných vloček, konkrétně 11,2 mg/100 g. Literatura uvádí obsah fosforu v pohance až 330 mg/100 g, ve vzorku pohankových vloček bylo naměřeno pouze 6,36 mg/100 g. Fosfor je součástí významné energetické sloučeniny adenosintrifosfátu, jehož defosforylací vzniká v buňce energie. Dále je součástí DNA a RNA, ale napomáhá i mineralizaci kostí a zubů. Je potřebný i pro regulaci aktivity mnohých proteinů, správnou funkci jater, růst buněk a srdeční kontrakce (Martínez-Ballesta a kol., 2020). Doporučený denní příjem fosforu je 700–900 mg (Národní zdravotnický informační portál, 2024).

Vápník byl naměřen v poměrně nízkých koncentracích oproti tomu, co uvádí literatura – běžně by měl být v obilovinách a pseudoobilovinách obsažen v řádu mg vápníku na 100 g (pohanka 11 mg/100 g, quinoa 66 mg/100 g, oves 42–53 mg/100 g, rýže 1 mg/100 g), ve vzorcích však bylo naměřeno pouze mezi 19–28 µg/100 g, což je o celý řád méně (Kiewlicz a Rybicka, 2020). Vápník je esenciální pro lidské zdraví. Má význam ve více orgánech a soustavách – např. ve svalové, nervové, kosterní soustavě, v krevním oběhu. Vápník také figuruje jako kofaktor některých enzymů a může figurovat jako preventivní prvek k rakovině tlustého střeva. Naopak při nadměrném příjmu vápníku může docházet ke kalcifikaci cév (Martínez-Ballesta a kol., 2020). Doporučený denní příjem vápníku je 1000 mg (Národní zdravotnický informační portál, 2024).

Nejvyšší obsah draslíku byl změřen ve vzorcích quinoových vloček (59,3 mg/100 g), ovesných vloček (37,4 mg/100 g) a pohankových vloček (31,6 mg/100 g). Literatura nicméně u těchto plodin uvádí koncentrace draslíku i desetkrát vyšší (Kiewlicz a Rybicka, 2020). Výrazně méně bylo naměřeno ve vzorcích rýžových vloček a jáhlových vloček – u rýžových pouze 9,1 mg/100 g. Draslík je důležitý pro správnou funkci nervové soustavy, figuruje v tzv. sodno-draselné buněčné pumpě, která je důležitá pro přenos nervového vzruchu. Jedná se o nejrozšířenější typ aktivního přenašeče v lidském těle. Nedostatek

draslíku má za důsledek svalovou slabost, pomalé reflexy, či rychlé změny nálad (Martínez-Ballesta a kol., 2020). Doporučený denní příjem draslíku je 4000 mg (Národní zdravotnický informační portál, 2024).

Nejvyšší obsah síry byl naměřen ve vzorcích jáhlových vloček (363 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) a quinoových vloček (348 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Obiloviny a pseudoobiloviny nejsou obecně významné pro vysoký obsah síry. Síra je součástí esenciálních aminokyselin cystein a methionin. Methionin se podílí na syntéze proteinů, řídí metabolické a katalytické aktivity. Síra působí jako kofaktor několika enzymů podílejících se na regulaci oxidačních procesů. Nedostatek síry může mít za následek kardiovaskulární poruchy až mrtvici (Ingenbleek a Kimura, 2013). Doporučený denní příjem síry nebyl stanoven (Vyhláška č. 58/2018 Sb.).

Nejvyšší obsah hořčíku byl stanoven ve vzorku quinoových vloček (52,4 mg/100 g), pohankových vloček (45,6 mg/100 g) a ovesných vloček (44 mg/100 g). Dle USDA bylo u všech plodin naměřeno přibližně dvakrát větší množství hořčíku. Dle studie (Kiewlicz a Rybicka, 2020) obsahuje quinoa 194 mg/100 g hořčíku, oves 118 mg/100 g a pohanka 218 mg/100 g. U rýžových vloček bylo naměřeno nejmenší množství hořčíku (8,2 mg/100 g), což odpovídá dostupným datům USDA (12 mg/100 g). Hořčík funguje v lidském metabolismu jako antagonist vápníku a snižuje svalové napětí a křeče. Hořčík je kofaktorem až 300 enzymů. Při nadměrném příjmu hořčíku (především kvůli doplňkům stravy) se může objevit bolest hlavy, svalová hypotenze a ospalost (Martínez-Ballesta a kol., 2020). Doporučený denní příjem draslíku je 300–350 mg (Národní zdravotnický informační portál, 2024).

Obsah sodíku ve vzorcích nebyl vysoký (41–157 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), zároveň obiloviny a pseudoobiloviny nejsou zdrojem sodíku. Pro lidskou výživu není potřeba vyhledávat významné zdroje sodíku, jelikož jeho příjem je často překračován kvůli jeho obsahu v kuchyňské soli. Dle doporučení WHO by měl být příjem sodíku v lidské stravě ponížěn snížením spotřeby soli. Stejně jako draslík je i sodík součástí sodno-draselné pumpy v buňkách potřebné k přenosu nervového vzruchu. Sodík také balancuje koncentrace extracelulárních a intracelulárních tekutin, čímž má vliv i na krevní tlak. Nedostatek sodíku je ve vyspělých zemích velmi vzácný, nadbytek způsobuje vysoký krevní tlak, nesprávnou funkci ledvin a nervové soustavy. Dlouhodobý nadbytek sodíku může mít také vliv na sekundární ztrátu vápníku (Martínez-Ballesta a kol., 2020). Doporučený denní příjem sodíku je 1500 mg, běžně je ale překračován (Národní zdravotnický informační portál, 2024).

7.2 Mikrobiogenní prvky

Mezi mikrobiogenní prvky se řadí zinek a železo.

Nejvyšší obsah zinku byl zjištěn v jáhlových vločkách (437 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), quinoových vločkách (305 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) a ovesných vločkách (305 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Na základě výzkumu USDA se ale obsah zinku v těchto plodinách pohybuje okolo 2 mg. Ani v rýžových vločkách (189 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) a pohankových vločkách (207 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) nebylo jeho množství zanedbatelné. Dle USDA je obsah zinku v rýži 490 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ a v pohance 224 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. Zinek je nezbytný pro funkci více než 100 enzymů, syntézu nukleových kyselin a proteinů, buněčnou diferenciaci a sekreci glukózy a inzulínu. V případě vyššího obsahu železa nebo mědi v potravíně může být dostupnost zinku z potraviny snížena (Martínez-Ballesta a kol., 2020). Nedostatek zinku má za příčinu pomalejší vývoj dětí a adolescentů (Ingenbleek a Kimura, 2013). Doporučený denní příjem zinku je 7–10 mg (Národní zdravotnický informační portál, 2024).

Nejvyšší obsah železa byl naměřen u vzorku ovesa (466 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) a quinoi (356 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Dle USDA oves i quinoa obsahují přibližně desetkrát více železa. Největší část železa v lidském těle je soustředěna v hemoglobinu. Hemoglobin je transportní metaloprotein, jehož centrálním atomem je právě železo. Hemoglobin je nepostradatelným díky jeho funkci přenosu plynů (především kyslíku a oxidu uhličitého) v krvi. Železo je taktéž součástí myoglobinu, což je svalový protein podobný hemoglobinu. Nedostatek železa způsobuje anémii (Ingenbleek a Kimura, 2013). Doporučený denní příjem železa je 10–15 mg, přičemž vyšší dávky potřebují ženy kvůli ztrátám železa při menstruaci (Národní zdravotnický informační portál, 2024).

Studie (Lemmens a kol., 2021) prokázala, že naklíčení pšeničných vloček může zvýšit biologickou dostupnost železa i zinku. Před naklíčením byla biologická dostupnost 8 % u obou prvků, po naklíčení se dostupnost zvýšila na 29–38 % u železa a na 17–32 % u zinku. Naklíčení by tedy teoreticky mohlo pomoci i u dalších druhů obilovin a pseudoobilovin. Použití naklíčené pšenice také zvýšilo obsah sacharidu maltóza v důsledku degradace škrobů enzymem amylázou, což potenciálně může snižovat potřebu přídatku cukrů ve snídaňových cereáliích.

Ve studii (Wu a kol., 2018) byly zkoumány tři odrůdy čiroku a pšenice z hlediska obsahu taninu a fytátů, obsahu minerálních prvků (Ca, Fe, Zn) a dostupnosti minerálních prvků *in vitro* jak v syrové celozrnné mouce, tak ve zpracovaných vločkách. Zpracování (paření, vločkování a opékání) výrazně snížilo hladiny taninu a fytátů u všech odrůd čiroku. Snížení

obsahu tříslovin a fytátů vedlo k vyšší *in vitro* dostupnosti minerálů ve vločkových cereáliích ve srovnání se syrovou moukou. Navzdory zlepšení zpracování vykazovaly pšeničné vločky výrazně vyšší dostupnost minerálů než všechny vločky na bázi čiroku. Ačkoli tedy obiloviny i pseudoobiloviny obsahují vysoký obsah fytátů, které snižují biologickou dostupnost minerálních prvků, pokud jsou tepelně zpracovány, obsah fytátů se snižuje a tím pádem zvyšuje dostupnost minerálních prvků (Wu a kol., 2018). Také vláknina může mít negativní vliv na vstřebatelnost minerálních prvků v trávicím traktu. Vláknina má však v lidské stravě výrazně větší pozitivní účinky oproti fytátům a kyselině fytové (Kiewlicz a Rybicka, 2020).

7.3 Stopové prvky

Nejvyšší obsah manganu byl naměřen u vzorku quinoových vloček (1,83 mg/100 g) a ovesných vloček (1,24 mg/100 g). Dle USDA obsahuje quinoa 2 mg manganu na 100 g a oves 3 mg manganu na 100 g. Hlavní funkcí manganu v lidském metabolismu je jeho potřeba jako kofaktor v některých enzymech, které jsou součástí antioxidantních reakcí spojených s metabolismem glukózy. Nedostatek manganu je velmi vzácný. Naopak jeho nadbytek může působit toxicky na mozek a může mít vliv na rozvoj Parkinsonova syndromu. Doporučený denní příjem manganu je 2 mg. Ranní ovesná či quinoová kaše tedy může zajistit přibližně polovinu této potřebné dávky (Martínez-Ballesta a kol., 2020).

Obsah mědi byl u všech vzorků podobný, pohybuje se mezi 168 až 231 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. USDA uvádí obsah mědi u sledovaných plodin kolem 100 až 400 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. Měď je v lidském organismu primárně spojována s enzymatickou funkcí (např. enzymy z rodiny cytochrom C oxidázy). Nadbytek mědi může mít za následek poruchy funkce jater a trávicího traktu (Martínez-Ballesta a kol., 2020). Doporučený denní příjem mědi je 10 mg (Ingenbleek a Kimura, 2013).

Hodnoty molybdenu a boru ve vzorcích byly menší než 100 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. Molybden je součástí čtyř enzymů. Doporučená denní dávka molybdenu je 45 μg , což dle naměřených koncentrací zajišťuje 100 g quinoových i ovesných vloček. Největší koncentrace boru v lidském těle je v srdci a žebrech (Ingenbleek a Kimura, 2013).

Obsah chromu ve vzorcích se pohyboval mezi 4–7 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. Chrom je esenciální pro balancování krevní glykémie a pro metabolismus lipidů (Martínez-Ballesta a kol., 2020).

Nejvyšší obsah kobaltu byl v quinoových vločkách (13,6 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Dále v pohankových vločkách (2,97 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) a jáhlových vločkách (1,68 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Kobalt je součástí

kyanokobalaminu, což je sloučenina známá jako vitamín B₁₂. Tento vitamín je ale přítomný prakticky výhradně v produktech živočišného původu. V obilovinách ani pseudoobilovinách jej tedy nelze nalézt (Martínez-Ballesta a kol., 2020).

7.4 Toxické prvky

Mezi toxické prvky řadíme rtuť, kadmium, olovo, arsen, cín a hliník. Mohou být silně toxické i ve velmi nízkých dávkách. Jejich toxicita závisí na intenzitě, trvání a frekvenci jejich expozice a také na vstupní bráně do organismu. Kumulace těchto prvků v plodinách závisí také na několika faktorech – klimatické podmínky, geografická poloha, vlastnosti půdy i typ plodiny. Všechny tyto prvky mohou mít genotoxické, karcinogenní, mutanogenní, teratogenní a neurotoxické účinky (Khaneghah a kol., 2020).

Celkově nejvyšší množství toxických prvků bylo naměřeno u vzorku quinoi a jednalo se o rtuť. V tomto vzorku bylo změřeno 208 µg rtuti na 100 g vzorku. V ostatních vzorcích bylo naměřeno 13–29 µg rtuti na 100 g vzorku. Nařízení komise EU 2023/915 však neurčuje maximální limity obsahu rtuti pro obiloviny.

Nejvyšší obsah arsenu a kadmia se nacházel ve vzorku rýže – arsen 3,36 µg/100 g, kadmium 3,18 µg/100 g. Dle Nařízení komise EU 2023/915 je nařízen maximální limit kadmia v obilovinách 0,1 mg/kg (10 µg/100 g). Maximální limit arsenu v rýžových vločkách je stanoven na 0,3 mg/kg (30 µg/100 g). Limit pro obsah arsenu i kadmia byl u všech vzorků splněn.

Nejvyšší obsah olova se nacházel ve vzorku quinoi a pohanky – u obou 2,19 µg/100 g. Dle Nařízení komise EU 2023/915 je nařízen maximální limit olova v obilovinách 0,2 mg/kg (20 µg/100 g). Limit pro obsah olova byl tedy splněn u všech druhů vloček.

Cín byl detekován pouze u vzorku rýžových vloček – 0,2 µg/100 g. Obsah hliníku ve vzorcích se pohyboval mezi 64 až 173 µg/100 g. Nejvyšší obsah byl naměřen u quinoových vloček. Celkově nejmenší množství toxických prvků obsahoval vzorek pohankových vloček, ačkoli se nejednalo o produkt s označením bio. Označení bio měly vzorky ovesných vloček a jáhlových vloček.

ZÁVĚR

Teoretická část bakalářské práce se věnuje charakteristice obilovin (oves, pšenice, ječmen, rýže, kukuřice a proso) a pseudoobilovin (pohanka, amarant a quinoa). Dále je také věnována možnému využití vloček vyráběných z těchto plodin v gastronomii a technologickému postupu výroby vloček.

Praktická část je zaměřena na obsah minerálních a stopových prvků ve vybraných druzích bezlepkových vloček z obilovin a pseudoobilovin (oves, rýže, proso-jáhly, pohanka a quinoa). Měření minerálních a stopových prvků bylo provedeno pomocí metody ICP-MS.

Ovesné vločky obsahovaly ze všech měřených prvků nejvyšší obsah hořčíku (440 $\mu\text{g/g}$), dále draslíku, fosforu a manganu. Rýžové vločky obsahovaly nejvyšší obsah draslíku (91,1 $\mu\text{g/g}$), dále hořčíku, fosforu a manganu. Jáhlové vločky obsahovaly nejvyšší obsah hořčíku (259 $\mu\text{g/g}$), dále draslíku, fosforu a zinku. Pohankové vločky obsahovaly nejvyšší obsah hořčíku (456 $\mu\text{g/g}$), dále draslíku, fosforu a manganu. Quinoové vločky obsahovaly nejvyšší obsah draslíku (593 $\mu\text{g/g}$), dále hořčíku, fosforu a manganu.

Měření prokázalo, že rýžové vločky jsou velmi chudé na obsah esenciálních minerálních a stopových prvků v porovnání s ostatními analyzovanými vločkami.

Nejvyšší zastoupení ze všech prvků měly prvky draslík, hořčík a fosfor, které se řadí mezi makrobiogenní prvky. Z dalších makrobiogenních prvků byly naměřeny nejvyšší koncentrace postupně u prvků síra > sodík > vápník.

Z mikrobiogenních prvků, mezi které se řadí železo a zinek byly nejvyšší koncentrace naměřeny u quinoových, pohankových a ovesných vloček.

Nejvyšší koncentrace ze všech toxických prvků (rtuť) byla naměřena u vzorku quinoových vloček. Limit toxických prvků dle evropské legislativy pro arsen, kadmium a olovo byl splněn u všech vzorků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ARENDE, Elke a ZANNINI, Emanuele. Cereal grains for the food and beverage industries. Philadelphia, PA: Woodhead Publishing, 2013. ISBN 978-0-85709-413-1.

PŘÍHODA, Josef; HRUŠKOVÁ, Marie a SKŘIVAN, Pavel. Cereální chemie a technologie. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 8070805307.

MCKEVITH, Brigid. Nutritional aspects of cereals. Nutrition Bulletin, 2004. 29: 111–142.

Nářízení Komise (EU) č. 1160/2011. Nářízení o schválení a neschválení určitých zdravotních tvrzení při označování potravin, jež se týkají snížení rizika onemocnění. Text s významem pro EHP. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32011R1160&qid=1712599579397>.

BJARNADOTTIR, Adda. Oats 101: Nutrition Facts and Health Benefits. Healthline. 2023.

BAN, Yandong a kol. Effects of different cooking methods of oatmeal on preventing the diet-induced increase of cholesterol level in hypercholesterolemic rats, Lipids Health Dis 14, 2015.

ARENDE, Elke a BELLO, Fabio. Gluten-Free Cereal Products and Beverages, 2008.

NANDAN, Alisha a kol. Nutritional and functional perspectives of pseudocereals, Food Chemistry, 2024. ISSN 0308-8146.

PIRZADAH, Tanveer Bilal a REHMAN, Reiaz Ul. Buckwheat: Forgotten Crop for the Future: Issues and Challenges (1st ed.). CRC Press, 2021.

HUDA, Nurul a kol. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat, Food Chemistry, 2021, ISSN 0308-8146.

CAI, Y. Z. a kol. BUCKWHEAT, Editor: Colin Wrigley, Encyclopedia of Grain Science, Elsevier, 2004, ISBN 9780127654904.

SERNA-SALDIVAR, Sergio. Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes (1st ed.). CRC Press, 2010.

BARANIAK, Justyna a KANIA-DOBROWOLSKA, Małgorzata. The Dual Nature of Amaranth-Functional Food and Potential Medicine. Foods, 2022.

ZHU, Fan. Amaranth proteins and peptides: Biological properties and food uses. Food Research International, 2023, ISSN 0963-9969.

ROMANO, Annalisa a FERRANTI, Pasquale. 2.10 - Pseudocereals: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Sustainable Food Science – A Comprehensive Approach, 2023, ISBN 9780128241660.

SEZGIN, Aybuke Ceyhun a SANLIER, Nevin. A new generation plant for the conventional cuisine: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Trends in Food Science & Technology, 2019, ISSN 0924-2244.

FAST, Robert a CALDWELL, Elwood. Breakfast Cereals and How They are Made, Second Edition Editors, 2020, ISBN: 978-1-891127-15-1.

MONTASER, A. Inductively coupled plasma mass spectrometry. 3rd ed. New York: Wiley-VCH, 1998, ISBN 0-471-18620-1.

MEERMANN, Björn a NISCHWITZ, Volker. ICP-MS for the Analysis at the Nanoscale – A Tutorial Review. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 2018.

MANYELO, Tlou Grace a kol. Nutritional and Phenolic Profile of Early and Late Harvested Amaranth Leaves Grown Under Cultivated Conditions. Agriculture, 2020.

MA, Qianwei a kol. Effect of pressure cooking on phenolic compounds of quinoa. Grain & Oil Science and Technology, 2023.

HAN, Yameng a kol. Changes in saponins, phenolics and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) during milling process. LWT, 2019.

ZHANG, Jieyu a kol. Wild Oats Offer New Possibilities for Forage Because of the Higher Nutrition Content and Feed Value. Agronomy, 2023.

MĂTIES, Alexandu a kol. Characterization of Nutritional Potential of Amaranthus sp. Grain Production. Agronomy, 2024.

Ministerstvo zemědělství. Rýže a její druhy. Informační centrum bezpečnosti potravin, 2009. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/ryze-a-jeji-druhy/>.

BIEL, Wioletta a kol. Nutritional value of wheat, triticale, barley and oat grains. Acta Sci. Pol. Zootechnica, 2020.

ZHANG, Zhihong a kol. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Hulls Are a Rich Source of Fermentable Dietary Fibre and Bioactive Phytochemicals. International Journal of Molecular Science, 2023.

RAMOS-PACHECO, Betsy a kol. Effect of Germination on the Physicochemical Properties, Functional Groups, Content of Bioactive Compounds, and Antioxidant Capacity of Different Varieties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in the High Andean Zone of Peru. *Foods*, 2024.

RANI, Rashmi a kol. Nurturing health through millet derived nutraceuticals. *Food and Humanity*, 2024.

PEÑALVER, Rocio a kol. Sustainable Processes and Physico-Chemical Characterization of Artisanal Spontaneous Gluten Free Sourdough (Quinoa, Amaranth and Brown Rice) Compared to Wheat Sourdough. *Sustainability*, 2024.

SUMCZYNSKI, Daniela, Eva KOUBOVÁ, Lenka ŠENKÁROVÁ a Jana ORSAVOVÁ. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food Chemistry*, 2018. ISSN 03088146.

Národní zdravotnický informační portál. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2024. Dostupné z: <https://www.nzip.cz>. ISSN 2695-0340.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Agricultural Research Service. FoodData Central Search Results, 2024. Dostupné z: https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#.

M.C. Martínez-Ballesta, R. Dominguez-Perles, D.A. Moreno, B. Muries, C. Alcaraz-López, a kol. Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2010.

PRASAD, R. a kol. Minerals in Plant and Human Nutrition and Health. International Plant Nutrition Institute, 2016, ISBN 978-0-9960199-5-8.

Vyhláška č. 58/2018 Sb. Vyhláška o doplňcích stravy a složení potravin.

INGENBLEEK Y., KIMURA H. Nutritional essentiality of sulfur in health and disease, *Nutrition Reviews*. 2013.

KHANEGHAH A. M. a kol. Potentially toxic elements (PTEs) in cereal-based foods: A systematic review and meta-analysis, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 96, 2020, ISSN 0924-2244.

LEMMENS E. a kol. Mineral bio-accessibility and intrinsic saccharides in breakfast flakes manufactured from sprouted wheat, LWT, Volume 143, 2021, ISSN 0023-6438.

WU G. a kol. Mineral availability is modified by tannin and phytate content in sorghum flaked breakfast cereals, Food Research International, Volume 103, 2018, ISSN 0963-9969.

KIEWLICZ, J. a RYBICKA, I. Minerals and their bioavailability in relation to dietary fiber, phytates and tannins from gluten and gluten-free flakes, Food Chemistry, Volume 305, 2020, ISSN 0308-8146.

Nařízení Komise (EU) č. 2023/915. Nařízení o maximálních limitech některých kontaminujících látek v potravinách a o zrušení nařízení (ES) č. 1881/2006. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ICP-MS	Inductively coupled plasma mass spectrometry (Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem)
LDL	Low density lipoprotein (Lipoprotein s nízkou hustotou)
OSN	Organizace spojených národů
RTE	Ready to eat (Připraveno k jídlu)
USDA	United States Department of Agriculture (Ministerstvo zemědělství Spojených států)
WHO	World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)
ND	not detected (nedetekováno)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Obilka ovsa setého (http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=6&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny).....	11
Obrázek 2 Vliv ovesných produktů na snížení cholesterolu v krvi (https://www.oatingredients.com/cholesterol_control.html)	12
Obrázek 3 Ovesné vločky (https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-ovesne-jemne-1000-g)	14
Obrázek 4 Obilky pšenice a ječmene setého (http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=1&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny).....	15
Obrázek 5 Špaldové vločky (https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-spaldove-1000-g)	16
Obrázek 6 Obilky rýže seté (http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=42&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D101%26celed_id%3D%26str_aktualni%3D2).....	17
Obrázek 7 Rýžové vločky (https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-ryzove-1000-g)	18
Obrázek 8 Obilky kukuřice seté koňský zub (http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=8&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny).....	18
Obrázek 9 Kukuřičné vločky (https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-kukuricne-500-g) ...	19
Obrázek 10 Obilky prosa setého (http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=9&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny).....	20
Obrázek 11 Jáhlová kaše (https://www.grizly.cz/grizly-jahlova-kase-bio-1000-g).....	21
Obrázek 12 Nažky pohanky jedlé (http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=41&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%3Fstr_aktualni%3D5).....	23
Obrázek 13 Vločky z pohanky (https://www.grizly.cz/grizly-pohankove-vlocky-jemne-1000-g).....	24
Obrázek 14 Semena amarantu (https://vegis.sk/podla-latky-a-z/amarant/c337)	24
Obrázek 15 Vločky z amarantu a mexická cukrovinka alegria (https://www.zdravepotravy.pribram.cz/p/grizly-vlocky-amarantove-jemne-bio-1000-g/2465)	26
Obrázek 16 Semena quinoy (https://www.aso-online.cz/obilniny/quinoa-mix-bio-250g/).27	
Obrázek 17 Vločky z quinoy (https://www.vitalcountry.cz/vlocky-quinoove-bio/)	28
Obrázek 18 Schéma výroby ovesných vloček	31
Obrázek 19 Vzorky vloček před mletím (oves, rýže, jáhly, pohanka, quinoa)	36
Obrázek 20 Namleté vzorky vloček (oves, rýže, jáhly, pohanka, quinoa)	36

8 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Srovnání naměřených koncentrací prvků Cr, Sc, Pb, V, Cd a As	39
Graf 2 Srovnání naměřených koncentrací prvků Ga, Ag, Sb a Ge	40
Graf 3 Srovnání naměřených koncentrací lithia	41
Graf 4 Srovnání naměřených koncentrací prvků Mg, K a P.....	42
Graf 5 Srovnání naměřených koncentrací manganu	43
Graf 6 Srovnání naměřených koncentrací prvků S, Zn, Fe a Cu	43
Graf 7 Srovnání naměřených koncentrací prvků Al, Na, Ti, Sr, Ni a Hg.....	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled použitých vzorků vloček.....	35
Tabulka 2 Obsah prvků naměřených ve vzorcích bezlepkových vloček v koncentracích ng/g	39
Tabulka 3 Obsah prvků naměřených ve vzorcích bezlepkových vloček v koncentracích $\mu\text{g/g}$	42

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I Obaly vzorků vybraných bezlepkových vloček.....	60
Příloha II Samotné mletí vloček	61

PŘÍLOHY



Příloha I Obaly vzorků vybraných bezlepkových vloček



Příloha II Samotné mletí vloček