

Stanovení vybraných nutričních parametrů bezlepkových vloček před a po jejich stravitelnosti

Bc. Lenka Tomášková

Diplomová práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Lenka Tomášková
Osobní číslo: T22623
Studijní program: N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Stanovení vybraných nutričních parametrů bezpečkových vloček před a po jejich stravitelnosti

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Charakterizovat bezpečkové obiloviny a pseudoobiloviny s bližším zaměřením na jejich nutriční hodnoty.

Popsat technologii výroby vloček.

II. Experimentální část

Stanovit hodnoty in vitro stravitelnosti, připravit nestrávený podíl bezpečkových vloček.

Analýzovat vybrané nutriční parametry vloček a nestráveného podílu.

Výsledky diskutovat.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kiewlicz, J. and Rybicka, I.(2020). Minerals and their bioavailability in relation to dietary fiber, phytates and tannins from gluten and gluten-free flakes. *Food Chemistry*, 305, 125452
- [2] Xu, J., Zhang, Y., wang, W., Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 103, 200-213
- [3] Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111178

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

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

Termín odevzdání diplomové práce: **12. 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 DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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 – diplomovou 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 diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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 diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

V teoretické části se práce zabývala charakteristikou vybraných obilovin a pseudoobilovin používaných pro výrobu vloček. Byla podrobně popsána výroba vloček hydrotermálním ošetřením s následným rozválcováním a výroba vloček extruzí. V experimentální části byla provedena stanovení jakostních parametrů bezlepkových vloček jako je stanovení vlhkosti, popela, bílkovin, tuku, vlákniny, polyfenolů a antioxidační aktivity a *in vitro* stravitelnosti. V poslední části bylo provedeno stanovení bílkovin, celkových polyfenolů, antioxidační aktivity a vlákniny u vzniklého nestráveného podílu.

Nejvyšší obsah tuku byl zjištěn u ovesných a amarantových vloček. Výsledky hrubé bílkoviny byly nejvyšší u vzorků z netradičních obilovin, naopak chudý byl vzorek rýžových vloček. Všechny vločky byly dobře stravitelné. Nejvyšší stravitelnost vykazoval vzorek vloček rýžových. Vyšší hodnoty stravitelnosti vykazovaly korelace s nižším obsahem vlákniny. Jednoznačně nejvyšší obsah antioxidační aktivity a obsah celkových polyfenolů byl zjištěn u vzorku pohankových vloček s nízkým retenčním faktorem a tedy s vysokou potenciální dostupností při trávení.

Klíčová slova: vločka, *in vitro* stravitelnost, amarant, rýže, pohanka, oves, jáhly, polyfenoly, antioxidační aktivita

ABSTRACT

In the theoretical part, the thesis dealt with the characteristics of selected cereals and pseudocereals used for the production of flakes. The production of flakes by hydrothermal treatment followed by rolling and the production of flakes by extrusion were described in detail. In the experimental part, quality parameters of gluten-free flakes were determined, such as determination of moisture, ash, protein, fat, fiber, polyphenols and antioxidant activity and *in vitro* digestibility. In the last part, protein, total polyphenols, antioxidant activity and fiber were determined in the undigested fraction.

The highest fat content was found in oat and amaranth flakes. Crude protein results were highest in non-traditional cereal samples, while the rice flakes sample was poor. All flakes were easily digestible. The rice flakes sample showed the highest digestibility. Higher digestibility values showed correlations with lower fiber content. Undoubtedly the highest

content of antioxidant activity and content of total polyphenols was found in the sample of buckwheat flakes with a low retention factor and therefore with a high potential availability during digestion.

Keywords: flake, in vitro digestibility, amaranth, rice, buckwheat, oats, millet, polyphenols, antioxidant activity

Na tomto místě bych ráda poděkovala doc. Ing. Daniele Sumzynski, Ph.D., vedoucí diplomové práce, za odborné vedení, hodnotné rady, trpělivost a čas, který mi věnovala. Mé poděkování patří též Ing. Lence Fojtíkové za cenné rady při práci v laboratoři.

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

OBSAH

ÚVOD.....	18
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	19
1. OBILOVINY A PSEUDO OBILOVINY.....	20
1.1 ANATOMICKÁ STAVBA OBILOVINY.....	20
2. NUTRIČNÍ SLOŽENÍ OBILOVNÝCH ZRN VYUŽÍVANÝCH K VÝROBĚ BEZLEPKOVÝCH VLOČEK.....	23
2.1 OVESNÉ VLOČKY.....	23
2.1.1 Oves.....	23
2.1.2 Nutriční složení.....	24
2.1.3 Význam ovsa ve výživě.....	25
2.2 RÝŽOVÉ VLOČKY.....	25
2.2.1 Rýže.....	25
2.2.2 Nutriční složení.....	26
2.3 VLOČKY Z PROSA.....	27
2.3.1 Proso.....	27
2.3.2 Nutriční složení.....	28
2.4 POHANKOVÉ VLOČKY.....	29
2.4.1 Pohanka.....	29
2.4.2 Nutriční složení.....	29
2.5 AMARANTOVÉ VLOČKY.....	30
2.5.1 Amarant.....	30
2.5.2 Nutriční složení.....	31
3. TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ ZRN A VÝROBA VLOČEK.....	33
3.1 VÝROBA VLOČEK HYDROTERMÁLNÍM OŠETŘENÍM S NÁSLEDNÝM ROZVÁLCOVÁNÍM 33	
3.1.1 Třídění a čištění zrna.....	34
3.1.2 Napařování zrna (stabilizace).....	34
3.1.3 Sušení zrna.....	35
3.1.4 Třídění, odslupkování a sekání zrna.....	35
3.1.5 Vločkování.....	35
3.2 VÝROBA VLOČEK EXTRUZÍ.....	36
II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	38
4. CÍL PRÁCE.....	39
5. MATERIÁL A METODIKA.....	40

5.1	POUŽÍVANÉ CHEMIKÁLIE.....	40
5.2	POUŽÍVANÉ PŘÍSTROJE	41
5.3	POUŽÍVANÉ VZORKY	41
5.4	STANOVENÍ OBSAHU VLHKOSTI.....	42
5.5	STANOVENÍ OBSAHU POPELA.....	43
5.6	STANOVENÍ BÍLKOVIN DLE KJELDAHLA S NÁSLEDNÝM PŘEPOČTEM NA OBSAH HRUBÉ BÍLKOVINY.....	43
5.7	STANOVENÍ LIPIDŮ DLE SOXHLETA	45
5.8	EXTRAKCE POLYFENOLŮ DO METANOLU	45
5.9	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU SE ZHÁŠENÍM RADIKÁLU DPPH46	
5.9.1	Příprava zásobního a pracovního roztoku.....	46
5.9.2	Stanovení antioxidační aktivity	46
5.10	SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ POLYFENOLŮ FOLIN-CIOCALTEUOVOU METODOU.....	47
5.11	STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ DETENGERTNÍ VLÁKNINY.....	47
5.12	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI A PŘÍPRAVA NESTRÁVENÉHO PODÍLU	49
5.13	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ	51
6.	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	52
6.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ VLHKOSTI.....	52
6.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ POPELA	53
6.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU HRUBÉ BÍLKOVINY	55
6.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU LIPIDŮ	56
6.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU SE ZHÁŠENÍM RADIKÁLU DPPH	57
6.6	VÝSLEDKY STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ FOLIN-CIOCALTEUOVOU METODOU.....	59
6.7	VÝSLEDKY STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY.....	60
6.8	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	61
6.9	VÝSLEDKY STANOVENÍ V NESTRÁVENÉM PODÍLU	63
	ZÁVĚR	68
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ	76
	SEZNAM TABULEK.....	77
	SEZNAM GRAFŮ	78
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	79

ÚVOD

V posledních letech se neustále do našeho podvědomí dostávají informace ze všech stran o zařazení zdravější stravy do našich jídelníčků. Nakumulováním těchto informací spolu s rizikem výskytu civilizačního nebo jiného onemocnění, které může v budoucnu běžná strava plná jednoduchých cukrů a nezdravých tuků spolu s nedostatkem pohybu a stresem způsobit, by mělo přivést dnešní populaci k zamyšlení a alespoň částečné změně stravovacích návyků. Dalším důvodem by mohl být častější výskyt intolerance nebo alergie, na různé druhy potravin, například výskyt celiakie. Diagnostikovaní pacienti jsou pak celoživotně odkázáni na bezlepkovou stravu, ve které je schválen maximální denní příjem lepku 20 mg za den. Vzhledem k tomu, že je lepek dobrým a levným pojídlem, je často přidáván do potravin, ve kterých se původně přirozeně nevyskytuje. Lepek je hojně obsažen v obilovinách, které se dále zpracovávají na mlýnské obilné výrobky, například v podobě snídanových cereálií, kde jsou většinou hlavní složkou vločky. Bezlepkové vločky mají přívētivé působení na organismus člověka díky vysokému množství vlákniny, hlavně β -glukanu, který zdokonaluje trávení a podílí se na snižování hladiny cholesterolu v krvi. Benefitem je také hojný obsah vitamínů, minerálních prvků a bílkovin s příznivým poměrem aminokyselin. Dále jsou ve vločkách přítomny antioxidanty na bázi polyfenolů. Je nutno znát, nejen kolik nutrientů je obsaženo ve vločkách, ale také kolik je jich k dispozici při nebo ještě po procesu trávení vzhledem k problematice s absorpcí živin u celiaků. Proto se v naší práci mimo stanovení nutrientů v nativních vzorcích vloček zaobíráme i analýzou nestráveného podílu vloček a stanovujeme retenci nutrientů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

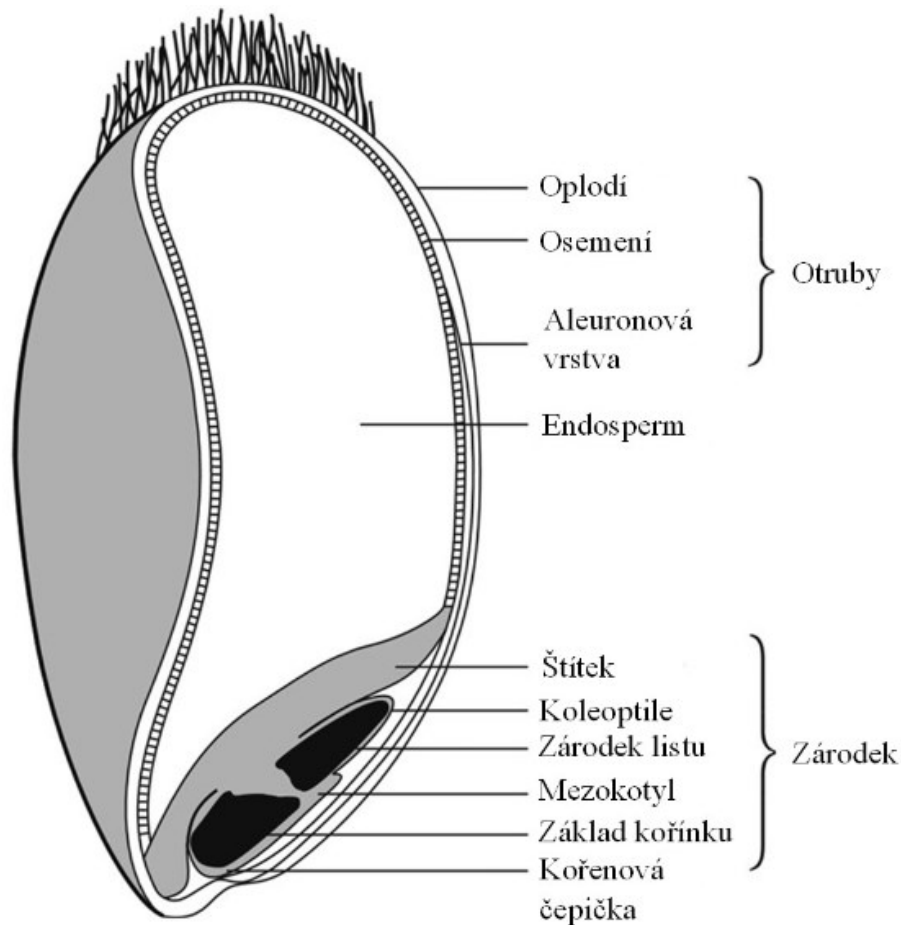
1. OBILOVINY A PSEUDO OBILOVINY

Obiloviny jsou primární složkou stravy lidstva. Řadí se mezi nejpěstovanější plodiny na světě, tam kde je to možné díky klimatickým podmínkám (Bulková, 2011; Gabrovská et al., 2015). Šlechtí se za účelem získání semene tzv. obilky. Zrna mohou být využívána celá, např. rýže nebo zpracována na mlýnské obilné výrobky mouku, krupici, vločky a další. Z celosvětové produkce obilovin a pseudoobilovin je použito za účelem výroby potravin 37 %, průměrně okolo 42 % činí výroba krmiv pro zvířata (krmné mouky, otruby) a zbylých 16 % je uskladněno, nebo jsou využívány pro výrobu v průmyslovém odvětví např. výroba biopaliv (Sluková et al., 2017; Hrabě et al., 2007). Z obilovin je nejvíce využívána pšenice, jejíž spotřeba je až 30 % ve světě. Dominantně se také pěstuje rýže, kukuřice ječmen, oves a žito. Všechny zmíněné druhy jsou součástí čeledi lipnicovité (*Poaceae*) (Sluková et al., 2017).

Velmi podobně probíhá opracování i u pseudocereálií, které nespádají do totožné čeledi. (Prugar, 2008). Jejich hlavní využití je při výrobě bezlepkových potravin, protože neobsahují prolaminu (směs gliadinu a gluteninu). Jejich benefitem je také vyšší nutriční hodnota. Nejznámějším druhem je pohanka z čeledi rdesnovitých a amarant s quinoou z čeledi laskavcovité (Arendt and Zannini, 2013). Zrna těchto cereálií a pseudocereálií tvoří ve stravě až okolo 65 % a pokrývají více než polovinu energetické potřeby (Sluková et al., 2017).

1.1 Anatomická stavba obilky

Termínem obilka se rozumí plod obiloviny, jejichž povrch může být obalen tzv. pluchy a pluškami, jedná se o zrno pluchaté. Druhou variantou je zrno bez pluch, tzv. nahé. V tom případě představuje povrch obilky oplodí (Burešová a Lorencová, 2013). Každý druh obilovin má odlišný vzhled obilky, avšak některé morfologické znaky jako např. sled jednotlivých vrstev jsou totožné. Zrna jsou od sebe rozlišena rozměrem, obsahem jednotlivých vrstev a tvarem, který bývá protáhlý, oválný nebo kulatý (Příhoda et al., 2003). Každé zrno se skládá ze tří nejdůležitějších částí, na jedné straně se nachází klíček a na opačném konci endosperm neboli jádro (Burešová a Lorencová, 2013).



Obrázek 1: Stavba obilného zrna (Iji et al., 2019)

Třetí částí jsou obalové vrstvy, které jsou oddělené od endospermu měkčí aleuronovou vrstvou buněk ve tvaru krychlí, která je bohatá na minerální látky, které přechází do mouky při vymílání (Kopáčová, 2007). Dále se v této vrstvě nachází až třikrát více bílkovin než v endospermu. Nevýhodou však je, že bílkoviny nepatří mezi zásobní (Burešová a Lorencová, 2013). Zrna mohou obsahovat i více aleuronových vrstev např. u obilky ječmene mohou být až vrstvy tři (Bulková, 2011).

Endosperm je část s 86% zastoupením na hmotnost obilky, obsahuje podstatně méně bílkovin a hraje důležitou roli při výrobě mouky a dalších výrobků (Bulková, 2011). Až dvě třetiny endospermu tvoří zásobní škrob a je umístěn ve střední části obilky (Burešová a Lorencová, 2013). Obalové vrstvy plní ochrannou funkci obilky a v mlýnské technologii jsou pojmenovány jako otruby (Kadlec, 2002). Nejsvrchnější část vrstvy se nazývá oplodí a hned pod ní se vyskytuje osemení, v kterých je uložena nerozpustná vláknina. V zru jsou i

jiné podpovrchové vrstvy, které mohou navázat vodu, což je vhodné pro udržení nekolísavé vlhkosti obilky.

Klíček má v obilce malé zastoupení (3 %), je bohatý na všechny živiny, které jsou nutné pro vyklíčení nové rostliny (Hrabě et al., 2007). Přívod rezervních látek do klíčku je zajišťován tzv. scutellumem, štítkem s obsahem bílkovin 33 % (Bulková, 2011). Před technologickým zpracováním je celý zárodek odstraněn. Vzhledem k obsahu lipidů, by totiž mohlo docházet k jeho hydrolyze a vzniku žluklé chuti (Hrabě et al., 2007).

2. NUTRIČNÍ SLOŽENÍ OBILNÝCH ZRN VYUŽÍVANÝCH K VÝROBĚ BEZLEPKOVÝCH VLOČEK

Pro tuto diplomovou práci bylo charakterizováno pět druhů bezlepkových vloček vyrobených z obilovin a pseudoobilovin. Vybrány byly tyto druhy vloček: ovesné, rýžové, jáhlové, pohankové a amarantové a tyto budou dále blíže popsány.



Obrázek 2: Druhy bezlepkových vloček
(<https://www.afit.cz/blog/jak-si-pripravit-cerealni-kasi/>)

2.1 Ovesné vločky

2.1.1 Oves

Oves je umístěn na šesté místo v produkci obilovin ve světě (Arendt and Zannini, 2013). Jeho počátek se odhaduje na Asii, s následným rozšířením do Evropy a Ameriky, a to hlavně z důvodu schopnosti adaptovat se i na jiné klimatické podmínky (Příhoda et al., 2003). Daří se mu v sušších a chladnějších oblastech, zejména v Kanadě, kde je oves pěstován v posledních letech nejvíce, zatímco v ČR je zaznamenán v pěstování pokles (Sluková et al., 2017). Oves je zařazen mezi trávy, čeleď lipnicovité (*Poaceae*) (Morris and Bryce, 2002). Pro výrobu vloček je oves nejpoužívanějším druhem, a to zejména, oves setý (*Avena sativa* L.), který představuje pluchatá zrna a oves nahý (bezpluchý) (*Avena nuda* L.) (Kadlec, 2002). Pluchy nemá přirostlé k sobě, a proto dochází při vymílání k jejich ztrátě (Příhoda et al., 2003). Přípustný obsah pluch je poté do 5 % (Šnobl a Pulkrábek, 2007).



Obrázek 3: Ovesné zrno
(<https://www.svoboda-frankova.cz/produkt/4919-oat?%20->)



Obrázek 4: Ovesné vločky
(<https://www.balicekzdravi.cz/bio-ovesne-vlocky>)

2.1.2 Nutriční složení

Oves se řadí ke zdrojům aminokyselin, které si tělo nedokáže syntetizovat. Za zmínku stojí obsah lyzinu, který je až o 30 % vyšší než u pšenice (Bulková, 2011). Bílkoviny jsou zastoupeny od 14 do 20 % (Pažout et al., 2012). Biologická hodnota bílkovin je u ovsy vysoká. Benefitem této plodiny je také redukce hladiny cholesterolu v krvi díky frakci β -glukanu, rozpustné vlákniny, která je obsažena v zrnu ovsy spolu s vlákninou nerozpustnou (Arendt and Zannini, 2013; Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006; Nařízení Komise (EU) č. 432/2012). Rozpustnost vlákniny, resp. její schopnost bobtnat, je dána jejím chemickým složením (Velíšek a Hajšlová, 2009).

V ovsu též najdeme poměrně hojně kyseliny olejovou, linolovou a linolenovou. Všechny zmíněné patří mezi nenasycené (Arendt and Zannini, 2013). Olejová zastupuje až 55 % z celku mastných kyselin. Můžeme konstatovat, že oves je jednou z nejbohatších obilovin na lipidy, v porovnání s pšenicí je to 2–5x vyšší podíl (Bulková, 2011; Kent and Evers, 1994). Celkový obsah lipidů činí v obilce 5–12 % (Kim et al., 2021). Vločky z ovsy mohou hořknout, což je způsobeno tvorbou peroxidů po předchozím žluknutí tuků (Bulková, 2011).

Naopak škrob a další sacharidy jsou obsaženy v menším množství v porovnání s jinými druhy obilnin, avšak jejich nutriční hodnota je vysoká. Ovesné vločky mohou být pro člověka dobrým zdrojem minerálních prvků (železo, zinek, selen). Jejich využitelnost pro člověka může být snížena látkami antinutričními, např. kyselinou fytovou. Ta má zároveň i antioxidační vlastnosti a je možným regulátorem hladiny glukózy v krvi (Bulková, 2011).

Další antioxidanty nacházející se v zrně ovsa jsou β -karoteny, polyfenoly, chlorofyl a flavonoidy (Kim et al., 2021).

2.1.3 Význam ovsa ve výživě

Jednoznačně nejvíce zastoupenou potravinou z ovsa jsou ovesné vločky, méně se vyrábí ovesná mouka, která je přidávána do pekařských výrobků nebo trvanlivého pečiva za účelem zlepšení sensorických vlastností a prodloužení trvanlivosti (Sluková et al., 2017).

Ovesné vločky se mohou vyrábět jako sněhové vločky, instantní, ovesná rýže nebo vločky pro děti, poslední zmíněné mají pouze 3 mm velikost (Bulková, 2011). Oves se řadí k přirozeně bezlepkovým obilovinám, problémem může být kontaminace lepkovými obilovinami z běžných obilovin jako jsou pšenice, žito, ječmen atd., která může nastat při sklizni, přepravě, skladování nebo zpracování (Xu, 2020). Celkový trend výroby vloček z ovsa v posledních letech vzrůstá (Kopáčová, 2007).

Ze zdravotního hlediska obohacení jídelníčku o výrobky z ovsa ocení převážně lidé, kteří mají problém s vyprazdňováním a trpí na zácpu (Peková, 2002). Díky pozitivnímu podpůrnému účinku na zdravotní stav je oves zařazen mezi superpotraviny (Prugar, 2008).

2.2 Rýžové vločky

2.2.1 Rýže

Další obilovinou využívanou na výrobu bezlepkových vloček je rýže (*Oryza sativa* L.). Ta je především známá jako přílohová potravina, která je pro přímou konzumaci nejvíce pěstovanou obilovinou. Patří k základním potravinám více než poloviny světové produkce. Do ČR se rozšířila z východu, hlavně z Číny, která je jejím hlavním producentem. Hojně se pěstuje také v Americe a Africe (Příhoda et al., 2004; Sluková et al., 2017; Arendt and Zannini, 2016). Obilovina spadá mezi trávy do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). V současné době se na trhu vyskytuje několik druhů rýže. Dle tvaru jsou zrna rozlišena na dlouhozrnná, střednězrnná a kulatozrnná (Vyhláška 18/2020 Sb.). Na rozdíl od ovsa u obilky rýže existuje pouze pluchaté zrno, které podle míry omletí řadíme do tří kategorií. Pokud nejsou pluchy odstraněny jedná se o neloupanou rýži. Více využití má ale rýže, která je zbavena pluch (pololoupaná), která má hnědou barvu tzv. natural nebo loupaná, u které kromě pluch byly odstraněny i otruby. Ta je navíc obroušená a vyleštěná za účelem zisku čistého endospermu tzv. bílá rýže (Příhoda et al., 2004; Burešová a Lorencová, 2013).



Obrázek 5: Rýžové zrno
(<https://eshop.mamechut.cz/kulatozrnnaryze-bila-bio/>)



Obrázek 6: Rýžové vločky
(<https://www.svobodafrankova.cz/produkt/5311-ryzovevlocky>)

2.2.2 Nutriční složení

I přes nízké hodnoty bílkovin v rýži, v průměru 7–8 %, je protein velmi výživný. V aminokyselinovém složení je hojně zastoupen lyzin oproti jiným obilovinám (Arendt and Zannini, 2013). Dvakrát více obsahu železa a vápníku se nachází v rýži neloupané, z vitamínů se vyskytují hlavně B₉ a B₃ (Kučerová, 2016). Naopak rýže není dobrým zdrojem vitamínů C a D (Arendt and Zannini, 2013). Tuk v rýži z 65 % tvoří nenasycené mastné kyseliny, z toho hojně kyseliny olejová a linolová. Zbýlých 35 % patří kyselinám nasyceným (Bulková, 2011). Komplexní sacharidy jsou v zastoupení až kolem 90 %, hlavně u zrn s přítomností pluch. Škrobové granule jsou složeny ze dvou frakcí amylozy a amylopektinu, které udávají kvalitu konzumní rýže. Rýže s vyšším obsahem amylozy je po uvaření tvrdší, vhodnější pro konzum jako příloha. Naopak s nižším podílem amylozy je rýže vlhká a lepkavá, která se spíše používá pro přípravu sladkých kaší a nákyků (Arendt and Zannini, 2013; Sluková, 2017). Vzhledem k lehké stravitelnosti je rýže často řazena do různých redukčních diet (Tauferová, 2014).

2.3 Vločky z prosa

2.3.1 Proso

Proso patří k nejstarší obilovině, která se v minulosti na území Čech pěstovala poměrně hojně. Momentální produkce v ČR nemá uplatnění a výroba téměř zanikla. Naopak ve světě se lehce produkce zvýšila, a to v čele s hlavním producentem Indií. Nejznámější je proso seté (*Panicum miliaceum* L.), patřící do čeledi lipnicovité (Příhoda et al., 2004). Existují desítky dalších druhů, které se pěstují různě po celém světě (Fuller, 2019). Aktuálně se proso nejvíce pěstuje v oblastech, kde je horko a sucho. Jedná se o oblasti Asii a Afriku, kde jsou považovány za primární potravinu lidské stravy. V těchto oblastech nelze spoléhat na udržitelné výtěžky hlavních obilovin (McKevith, 2004; Burešová a Lorencová, 2013). Získaným obroušeným zlatavým zrnům se v ČR přezdívá jáhly (Příhoda et al., 2004).



Obrázek 7: Prosné zrno
(<https://www.zdravejedlo.sk/proso>)



Obrázek 8: Jáhlové zrnó
(<https://www.bezva-zdravi.cz/lusteniny--obiloviny/jahly/>)



Obrázek 9: Jáhlové vločky
(<https://www.herbslife.cz/vločky-a-kase/jahlove-vločky/>)

2.3.2 Nutriční složení

Obsah bílkovin v prosném zrnó činí od 11 do 14 % s příznivým aminokyselinovým složením. Jsou dobrým zdrojem sirných aminokyselin, hlavně methionu a cysteinu (Habiyaemye et al., 2017). Limitující aminokyselinou je lyzin (Bulková, 2011). Jáhly jsou po ovsu nejvíce bohaté na lipidy, dosahují mezi 4–5 %, z toho 50 % jsou nenasycené mastné kyseliny. Významným podíl má i kyselina stearová (Kučerová, 2016; Sumczynski, 2016). Dále je přítomen fosfolipid fosfatidylcholin, který má příznivé účinky na nervový systém (Habiyaemye et al., 2017).

Nejvíce zastoupeným nutričním látkou v obilkách je škrob (68–76 %). Množství je ovlivněno druhem a podmínkami pěstování. Dále je obsažena vláknina rozpustná i nerozpustná (Bulková, 2011), tvoří až 12 %. Navíc je pomocí ní snižován glykemický index (Das et al., 2019). Z vitamínů jsou dostupné hlavně ty ze skupiny B (B₁, B₂, B₃, B₆ a B₉). Dále jsou v zrnó barviva karotenoidy a velké množství minerálních prvků, nejvíce fosforu (vykazuje až 2,8 % z celkového obsahu popele). Dále je obsažen vápník, železo, draslík, hořčík a zinek (Kučerová, 2016; Habiyaemye et al., 2017). Strava s nízkým obsahem prvků by mohla způsobit osteoporózu a nebo anemii vlivem nízkého příjmu železa (Kiewlicz and Rybicka, 2020)

Z těchto zrn jsou nejčastěji připravovány jáhlové kaše nebo různé směsi vzniklé kombinací spolu s jinými obilovinami (Kučerová, 2016). Jáhlové vločky jsou vyráběny v menší míře, nejvíce však v Německu a Rakousku (Rao et al., 2002; Bulková 2011). Kromě pěstování za

účelem potravinářského zpracování je zrno hojně využíváno i v krmivářském průmyslu nebo slouží jako palivo (Habiyaremye et al., 2017).

2.4 Pohankové vločky

2.4.1 Pohanka

Více než před 1000 lety se začala pěstovat Pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum*) v Číně (Arendt and Zannini, 2013). Na rozdíl, od již zmíněných druhů obilovin, patří pohanka mezi pseudocereálie (Kumari, 2020). Plodem pohanky není obilka, ale nažka (Burešová a Lorencová, 2017). Botanicky je zařazena do rodu *Fagopyrum* a patří mezi čeleď rdesnovitých (*Polygonaceae*) (Arendt and Zannini, 2013). Zpracovává se obdobným způsobem jako oves nebo rýže, i když nepatří do stejné čeledi (Prugar, 2008). Pohanka má schopnost přizpůsobit se růstu i v nevhodném prostředí (Arendt and Zannini, 2013). Díky této schopnosti adaptace se zařazuje mezi ekonomicky výhodné potraviny a v kombinaci s dalšími benefity této plodiny jako je nutriční potenciál nebo využití i ve farmaceutickém průmyslu se odhaduje, že zájem o tuto plodinu bude ve světě v následujících letech stoupat (Kumari, 2020).



Obrázek 10: Pohankové zrno
(<https://www.awashop.cz/vyberte-si-prosim-z-nasi-soucasne-nabidky-c681/>)



Obrázek 11: Pohankové vločky
(<https://www.herbslife.cz/vlocky-a-kase/pohankove-instantni-vlocky/>)

2.4.2 Nutriční složení

Přínosem této pseudoobiloviny je vysoký obsah rutinu, který je v nažce obilky v množství až 1,8 % (Špaldon et al., 1982). Rutin má prokazatelně širokou škálu zdraví prospěšných účinků (Kumari, 2020). Jeho působení má pozitivní vliv na pružnost cévních stěn a imunitní systém (Kopáčová, 2007). Proteinové složení zrna je v rozmezí od 10 do 14 % (Hon a

Patočka, 2008). Aminokyseliny v proteinech jsou v příznivém poměru. Je přítomna vysoká koncentrace lyzinu, sirných AMK a tryptofanu, naopak se nevyskytuje leucin. (Burešová a Lorencová, 2017). Komplex bílkovin, zejména obsah albuminů a globulinů, které převládají nad zanedbatelným množstvím glutelinu a prolaminu řadí pohanku mezi bezlepkové (Kopáčová, 2007). Vyšší biologická hodnota je benefitem pohanky až 93 %, oproti pšenici, která ji má 63 % (Bulková, 2011). V pohance najdeme kolem 59–70 % škrobu. Zastoupení je rozdílné dle odrůdy (Gajdošová and Šturdík, 2004). Zastoupení lipidů v pohance je v rozpětí od 1,5–3,7 %. Nejvíce tvoří tuky a oleje (až kolem 85 %), kolem 9 % je fosfolipidů a do 5 % glykolipidů. Nejdominantnějšími kyselinami jsou palmitová, olejová a linolová (Gajdošová and Šturdík, 2004). Rozpustná vláknina se v pohance dokáže navázat na cholesterol čímž dojde k vyloučení a snížení hladiny cholesterolu. Pohanka je bohatá na fosfor a draslík, z vitamínů potom na vitamíny E a B₃ (Gajdošová and Šturdík, 2004).

Nejznámějšími výrobky z pohanky jsou krupice, lámanka, vločky a pohanková mouka. Ta je přidávána do pečiva, těstovin nebo do bezlepkových směsí. Pohanka slouží i jako vhodná alternativa pro přípravu sladkých jídel např. lívanců, cukrářských výrobků vhodných pro diabetiky a celiaky (Dostálová et al., 2016; Bulková, 2011).

2.5 Amarantové vločky

2.5.1 Amarant

Amarant (*Amaranthus*) je bezlepková pseudoobilovina (Hlinková et al., 2013). Je to jedna z nejstarších kulturních plodin přezdívaná laskavec, patřící do čeledi laskavcovité. Amarant původem ze Střední Ameriky má několik stovek druhů (Bulková, 2011). Hlavními druhy za účelem získání semene jsou laskavec červenoklasý (*Amaranthus hypochondriacus*), laskavec ocasatý (*Amaranthus caudatus*) a laskavec krvavý (*Amaranthus cruentus*) (Hlinková et al., 2013). Zelená zrna u této pseudoobiloviny zrají postupně, což způsobuje vyšší náročnost při sklizni (Příhoda et al., 2003). Jeho produkce se rozšířila i do Evropy na Slovensko, Maďarsko a Itálii. Listy některých druhů amarantu se mohou využívat i jako listová zelenina nebo jsou upravovány jako špenát. Mají totiž hodnotné nutriční složení stejně jako zrno (Sluková et al., 2017). Vzhledem ke složení je amarant také zařazen mezi funkční potraviny (Kim et al., 2021).



Obrázek 12: Amarant zrno
(<https://www.zdravelevne.cz/susene-ovoce--orechy--seminka--speciality/amarant-zrno-1-kg/>)



Obrázek 13: Amarantové vločky
(<https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-amarantove-jemne-bio-1000-g>)

2.5.2 Nutriční složení

Nejdiskutovanější složkou jsou semena amarantu, která jsou obdařena dvojnásobkem bílkovin (12–18 %) než u jiných zrn obilovin a pseudoobilovin. Hodnotné aminokyseliny obsažené v těchto bílkovinách napodobují složení bílkoviny živočišné, proto je z hlediska výživy amarant vhodnou alternativou namísto živočišných produktů ve stravě vegetariánů (Kopáčová, 2007). V neobvykle větším množství je i aminokyselina lyzin (Hlinková et al., 2013). Vzhledem k obsaženým bílkovinám je amarant přidáván i do jiných potravin za účelem zvýšení jejich biologické hodnoty (Stallknecht and Schulz-Schaffer, 1993). Obsah tuku v zrně amarantu je odlišný v závislosti na odrůdě. Průměrně se pohybuje kolem 5–8 % (Hlinková et al., 2016). V amarantu je zastoupena lipidická doprovodná látka skvalen, která napomáhá snižovat hladinu cholesterolu (Dostálová et al., 2016). Zejména lipidy a proteiny odlišují amarant od ostatních obilovin, a to nejen jejich vyšším obsahem, ale i jejich kvalitou (Hlinková et al., 2013).

Stejně jako u ostatních pseudoobilovin a obilovin je nejvíce zastoupený škrob, konkrétně v rozmezí 61–77 %. Výrazně převládá amylopektin nad amylózou (1:9), což může snižovat jeho využití při výrobě některých obilných výrobků (Hlinková et al., 2013; Gajdošová and Šturdík, 2004). Amarant má vysoký obsah minerálních prvků, hlavně převládá fosfor, draslík a vápník (Příhoda et al., 2003; Gajdošová and Šturdík, 2004).

Proteiny těchto zrn byly použity v různých potravinářských aplikacích, při nichž byla zjištěna řada biologických funkcí jako jsou například snižování vysokého krevního tlaku

nebo antioxidační působení na lidský organismus (Zhu, 2023). Na obchodních pultech je nejčastěji k dostání celozrnná amarantová mouka. Ta se také přidává do speciálních výrobků v pekárenském průmyslu (Dostálová et al., 2016).

3. TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ ZRN A VÝROBA VLOČEK

Dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. se vločkami rozumí „výrobky z vyčištěného a oloupaného obilného zrna nebo zrna bezpluchého nebo zbaveného pluch, získané jeho mačkáním nebo příčným řezáním“ (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

Vločky se dají ponejvíce vyrobit dvěma způsoby. Jedná se o výrobu rozválcováním, nebo extruzí. Pořadí jednotlivých operací se může u těchto technologických postupů různit v závislosti na použitém druhu zrna. Nejvíce se vyrábí vločky z ovesa (*Avena sativa*). Při zpracování tohoto zrna se technologie výroby může lišit podle toho, zda opracováváme oves s pluchy nebo bezpluchý. Důležité je brát také v potaz hledisko chemicko-technologické a jeho možný vliv na rizika a změny ve stabilitě výsledných vloček, které mohou nastat při jejich výrobě převážně u/z pseudocereálií. Jedná se například o vločky pohankové, amarantové a quionové. Oproti tradičním obilovinám, ze kterých se vyrábí vločky pšeničné, ovesné, žitné a další, mají totiž jiné chemické složení, zejména jsou bohatší na velké množství vlákniny, bílkovin a lipidů (Sumczynski, 2016; Kadlec, 2002) a hrozí rozvoj procesů žluknutí a Maillardových reakcí.

3.1 Výroba vloček hydrotermálním ošetřením s následným rozválcováním



Obrázek 14: Postupy výroby vloček Upraveno dle: (Sumczynski, 2016)

3.1.1 Třídění a čištění zrna

Pro kvalitní výrobu vloček musí být zrna, která byla nějaký čas skladována v první řadě dokonale vyčištěna (Hrabě et al., 2007). Základní předčištění se provádí již před uskladněním zrn, aby se odstranily hrubé nečistoty (Sluková et al., 2017). Čištění před vlastní výrobou se může provádět více způsoby, které se mohou kombinovat. Využívají se síta, které vibračním, kruhovitým nebo kmitacím pohybem odstraňují od zrn různé plevele, kamínky, bláto, prach, zrna abnormálních parametrů oproti typické velikosti (Hrabě et al., 2007). Také dochází k odstranění nečistot biologického charakteru jako jsou škůdci, pokud jsou v znu přítomni (Sluková et al., 2017).

Čištění dle délky zrna je provedeno na tzv. triérech, které jsou založeny na principu stáčení kovového válce kolem vodorovné plochy. V dutém válci jsou vyraženy důlky, kam se dostávají opracovaná zrna dané obiloviny (Příhoda et al., 2006). Na základě rozdílu těžišť získáme v triéru 2 frakce – frakce s dlouhými částicemi opouští zařízení dříve a kratší se zdržují v důlku a po opuštění prostoru míří do sběrného žlabu (Sluková et al., 2017; Příhoda et al., 2016). Triéry jsou různé, pro oves slouží ovesné triéry s velikostí důlků 9 mm (Kučerová, 2016). Třídění se provádí i dalšími způsoby, například je založené na principu aerodynamických vlastností, měrné hmotnosti, magnetické separaci atd. (Sluková et al., 2017).

3.1.2 Napařování zrna (stabilizace)

V tomto kroku hrají roli parametry vlhkost a teplota (96 °C). Díky kombinaci těchto dvou faktorů by kromě primárního cíle, čímž bylo dosažení inaktivace (potlačení aktivity) lipáz, peroxidáz a lipoxygenáz, také snížení přítomných mikroorganismů na znu, které jsou nežádoucí. Finální vlhkost po napaření dosahuje v průměru 20, max. 22 %, aby nedošlo k nežádoucímu mazovatění (želatinaci) škrobu (dry-shelling, Obrázek 14). Dbát na přesně předepsanou teplotu spolu s obsahem páry je nutné, aby předcházelo nežádoucím změnám jako žluknutí tuků. Aby byl efekt napaření co nejvíce účinný, je možné využít novodobou metodu, kdy je zrna ještě před operací zbaveno slupek, napaření probíhá do vyšší hloubky, je rychlejší a efektivnější než v metodě běžné, kde se propařují zbytečně celá zrna (Kent and Evers, 1994; Arendt and Zannini, 2013; Sumczynski, 2016). Proces odslupkování může být ještě povýšen metodou wet-shelling, pokud je vlhkost zrna už před operací stabilizace

zvýšena alespoň na 20 %. Pokud je tato aktualizace zapojena do procesu green-sheling (Obrázek 14), zvyšuje se zisk méně poničených klupek a vyšší výtěžnost v procesu odslupkování. Dostatečnou inaktivaci již zmíněných enzymů je možné hlídat pomocí speciálních testů (Kent and Evers, 1994; Sumczynski, 2016).

3.1.3 Sušení zrna

Pokud se v předchozím kroku využila rozrušená zrna bez slupek (moderní postup), takové zrno má potom vlhkost v rozmezí 12–13 %. Pokud se propařovala celá zrna (klasická metoda), vlhkost je jednou tolik nižší, kolem 6 %. Výhodou druhé zmíněné metody je využití vyšší teploty z důvodu ještě nezbavení slupek, které zrno chrání. Na konci sušení jsou u obou metod zrna zchlazena (Kent and Evers, 1994; Kučerová, 2004).

3.1.4 Třídění, odslupkování a sekání zrna

Po procesu sušení je zrna nutné opět protřídit pomocí sít, rotačních válců, odkaménkovávačů a separátorů za účelem odstranění dalších nečistot a příměsí a zvýšení kvality zrna. U klasické metody následuje až v tuto chvíli proces odslupkování, který by měl probíhat šetrnou metodou, aby se zamezilo co nejmenšímu defektu zrna. Využitím třecí síly u zrn i válců se pomalu zrno začíná zbavovat slupky, která doteď zrno chránila. Pokud zůstávají na zrnech zbylé pluchy, jsou odstraněny pomocí nuceného vnášení vzduchu tzv. aerační metodou. Cílem je zisk klupek, s co nejmenším poškozením, ty jsou v následujícím kroku nasekány (Kent and Evers, 1994; Příhoda et al., 2003; Arendt and Zannini, 2013). Před zahájením vločkování jsou zrna ještě nařezána nebo nasekána na požadovanou velikost, a to pomocí systému ostrých nabroušených nožů zabudovaných v tzv. granulátorech. Při tomto procesu dochází ke změně tvaru, velikosti a hmotnosti zrna podle požadované jemnosti vloček. Vzniklé frakce jsou dle toho dále rozdělovány pomocí různých separátorů (Kent and Evers, 1994; Sumczynski, 2016).

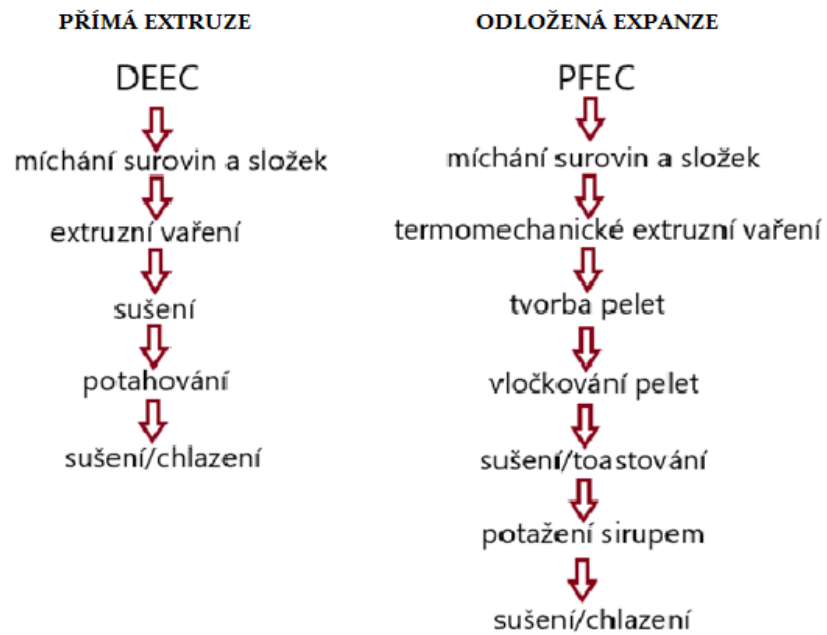
3.1.5 Vločkování

Závěrečným procesem při výrobě vloček hydrotermálním ošetřením je metoda vločkování. Zrno, které získalo požadované vlastnosti z předchozích kroků, prochází skrze dva válce a zrno získává typický vločkovitý tvar. Aby bylo zrno formovatelné, musí se u něj zvýšit vlhkost asi o 5 % opětovným napařením na teplotu v průměru kolem 85 °C. Kombinace teploty a vlhkosti zajistí potřebné plastické vlastnosti krup pro tento krok. Hotové vločky se

vzápětí usuší a zchladí, aby mohly být baleny a expedovány (Příhoda a kol., 2006; Arendt and Zannini, 2013; Sumczynski, 2016; Kend and Evers, 1994).

3.2 VÝROBA VLOČEK EXTRUZÍ

Metodou extruze lze vyrobit vločky z různých obilovin. Metoda extruze je často využívána pro výrobu vloček z pšenice nebo rýže. V prvním kroku dojde ke smísení surovin mouky nebo krupěk s vodou. Za účelem dochucení se může přidávat sacharóza nebo jiná ochucovadla. Po míchání nastává extruzní vaření hmoty regulované na vlhkost kolem 28 %. Šnekovým pohybem je materiál opět rozmělněn a prochází komorou vytopenou na 104–134 °C. V následujícím kroku je směs tvarována na požadovanou velikost pelet, pomocí matrice s noži, kterou směs prošla. Pelety mají asi o 3 % nižší vlhkost než před mísením v extrudéru. V dalším kroku se vzniklé pelety rozválcovávají mezi dvěma válci a vzniklý tvar má podobu vloček. U takto vzniklých vloček musí být upravena vlhkost na 15 % pomocí teplého vzduchu. Poslední operací je pražení, které probíhá krátce asi 180 s za vysoké teploty šplhající na 190 °C. Tato operace zajistí opětovný pokles vlhkosti vloček na minimálně 3 %. Včetně popsané metody tzv. odložené expanze (PFEC) existuje i metoda přímé extruze (DEEC), ve které je postup méně časově náročnější (Obrázek 15) (Burešová a Lorencová, 2013; Kent and Evers, 1994; Sumczynski, 2016).



Obrázek 15: Znázornění postupů výroby vloček extruzí Upraveno dle: (Horáková, 2018)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4. CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části bylo charakterizovat nutriční složení u vybraných obilovin a pseudoobilovin ze kterých se vyrábí bezlepkové vločky. Druhým cílem bylo popsat technologii zpracování výroby vloček.

V praktické části bylo za úkol stanovit ve vybraných vzorcích vloček jakostní parametry (vlhkost, popel, bílkoviny, tuk, neutrálně-detergentní vlákninu, celkové polyfenoly a antioxidační aktivitu) a zjištěné hodnoty porovnat mezi sebou. Dalším cílem bylo stanovení stravitelnosti technikou *in vitro* při procesu simulace trávení v žaludku a tenkém střevu. U zbylého nestráveného podílu bylo za úkol analyzovat obsah bílkovin, celkových polyfenolů, antioxidační aktivity a neutrálně-detergentní vlákniny.

5. MATERIÁL A METODIKA

Pro laboratorní část byly uplatněny tyto chemikálie:

5.1 Používané chemikálie

- **Aceton**, Penta, ČR
- **Hexan**, Penta, ČR
- **DPPH**, Penta, ČR
- **Siřičitan sodný**, Lach-Ner, ČR
- **Indikátor Tashiro**, Penta, ČR
- **H₂SO₄** (0,025 mol/l), Penta, ČR
- **HCl** (1,124 hmot.%), Penta, ČR
- **Kyselina boritá** (2%), Penta, ČR
- **Peroxid vodíku** (30%), Penta, ČR
- **Kyselina sírová** (96%), Penta, ČR
- **Hydroxid sodný** (30%), Penta, ČR
- **Uhlíčan sodný** (20%), Lachema, ČR
- **Redestilovaná voda**, Aquaosmotic, ČR
- **Methanol p.a.**, Mikrochem Trade, SR
- **α -amyláza**, Ankom Technology, USA
- **Trietylglykol**, Ankom Technology, USA
- **Kyselina gallová**, Sigma Aldrich, Německo
- **Folin-Cioalteuovo činidlo**, Sigma Aldrich, Německo
- **Pepsin** (aktivita 0,7 FIP-U/g), Merck KGaA, Německo
- **Pankreatin** (proteázová aktivita 350 FIP-U/g; lipázová aktivita 6000 FIP-U/g; amylázová aktivita 7500 FIP-U/g), Merck KGaA, Německo
- **Směsný katalyzátor** (Na₂SO₄ + CuSO₄ × 5 H₂O), Ing. Petr Lukeš, ČR
- **Fosfátový pufr** (pH 7,45), (KH₂PO₄ a Na₂HPO₄ × 12H₂O), Ing. Petr Lukeš, ČR
- **Neutrálně-detergentní činidlo** (disodná sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogen fosforečnan sodný, laurylsulfát sodný), Ankom Technology, USA

5.2 Používané přístroje

- **Svářečka KF-200 HC**, ČR
- **Vortex V-1 plus**, Biosan, ČR
- **Extrakční patrony**, Verkon, ČR
- **Soxtherm**, Gerhard, Německo
- **Vodní lázeň**, Memmert, Německo
- **Předvážky**, Kern 600-2, Německo
- **Spektrofotometr Libra S6**, Biochrom, UK
- **Analytické váhy**, AFA 210 LC, Schoeller, ČR
- **Inkubátor Daisy**, Ankom Technology, USA
- **Steam distillation S2**, Behr Labor-Technik, Německo
- **Odstředivka EBA 20**, Hettich Zentrifugen, Německo
- **Muflová pec**, LM 112 10, MLW Elektro-VEBF, Německo
- **Ankom²²⁰ Fiber Analyzer**, ANKOM Technology, USA
- **Ultrazvuková lázeň**, BANDELIN Sonorex RK 52 H, Německo
- **Horkovzdušná sušárna**, Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR
- **Mlýnek na obiloviny**, Waldner Biotech Combi Star, Rakousko
- **Mineralizační aparatura Digesdahl** (Bloc Digest 12), O.K. Servis BioPro, ČR
- **Thermo-shaker TS-100**, Biosan, Riga, Litva
- **Odstředivka Velocity 13 μ** , Dynamica Scientific, Newport Pagnell, UK
- **Laboratorní nádobí a pomůcky**

5.3 Používané vzorky

Pro praktickou část diplomové práce bylo vybráno pět druhů bezlepkových vloček, které byly zakoupeny v prodejnách zdravé výživy (Tabulka 1). Od každého vzorku byla zakoupena 2 – 3 ks balení, tak aby bylo dosaženo min. 1000 g. Vzorky byly ihned po otevření analyzovány a dále skladovány při laboratorní teplotě 23 ± 1 °C v klimatizované laboratoři v polyethylenových sáčcích se zipem, aby bylo zabráněno přístupu světla a vlhkosti. Vzorky se skladovaly maximálně 10 dnů.

Tabulka 1: Seznam vzorků

ČÍSLOVÁNÍ	VZOREK	VÝROBCE
V1	Ovesné vločky	Zdraví z přírody, s.r.o.
V2	Rýžové vločky	Natura, s.r.o.
V3	Jáhlové vločky	Natura, s.r.o.
V4	Pohankové vločky	Country life, s.r.o.
V5	Amarantové vločky	Country life, s.r.o.

5.4 Stanovení obsahu vlhkosti

Postup stanovení obsahu vlhkosti byl proveden dle referenční metody ČSN EN ISO 712 (461014). V prvním kroku byl zvážen prázdný hliníkový kelímek předsušený v sušárně 1 hodinu při teplotě 130 °C. Poté bylo do hliníkového kelímku naváženo 1000 mg vzorku s přesností na 0,1 mg, který byl opět zvážen. Vzorek byl následně přesunut do horkovzdušné sušárny, kde se sušil při teplotě 130±2 °C po dobu 2 hodin. Po uplynutí této doby a vychladnutí v exsikátoru byl vzorek zvážen na analytických vahách. Od každého vzorku byla provedena 3 stanovení. Na závěr byl proveden výpočet.

Výpočet obsahu vlhkosti [%]:

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

m_1 – hmotnost misky prázdné [g],

m_2 – hmotnost misky se vzorkem [g],

m_3 – hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g].

Výpočet obsahu sušiny [%]:

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

S – obsah sušiny [%],

W – vlhkost [%].

5.5 Stanovení obsahu popela

Postup při stanovení popele byl proveden dle modifikace podle normy ČSN ISO 2171 (461019). V prvním kroku byly nejdříve vyžihány kelímky v muflové peci při 550 °C po dobu 1 hodiny. Po uplynutí této lhůty se kelímky přesunuly do exsikátoru za účelem jejich vychladnutí a následnému zvážení. Do takto připravených kelímků byl poté naváženo 1000 mg vzorku s přesností na 0,1 mg. Porcelánové kelímky byly opět umístěny do pece, kde se vzorek spaloval při teplotě 550±10 °C po dobu 5,5 hodiny. Každý vzorek byl analyzován třikrát.

Výpočet obsahu popela [%]:

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

m_1 – hmotnost prázdného kelímku [g],

m_2 – hmotnost vzorku [g],

m_3 – hmotnost misky se vzorkem po spálení [g].

Výpočet obsahu popela v sušině [%]:

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

P – množství popela [%],

S – množství sušiny [%].

5.6 Stanovení bílkovin dle Kjeldahla s následným přepočtem na obsah hrubé bílkoviny

Obsah dusíku byl stanovován dle modifikace normy ČSN EN ISO 20483. V prvním kroku došlo k navážce 250 mg vzorku s přesností na 0,1 mg, následně bylo toto množství kvantitativně převedeno do mineralizační zkumavky. V druhém kroku se přidala 96% kyselina sírová (10 ml), 30% peroxid vodíku (pár kapek) a lžička směsného katalyzátoru ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$). Při tomto stanovení mineralizace mokrou cestou byla využita mineralizační aparatura Digesdahl (mineralizátor Bloc Digest 12). Zkumavky byly umístěny na topnou desku této aparatury a byl spuštěn systém odsávání zplodin a par, které při

mineralizaci při 400 °C po dobu 1 hodiny vznikají. Po uplynutí této doby a vychladnutí zkumavek v kovových stojanech byl finální mineralizát převeden do připravených odměrných baněk s objemem 25 ml. V druhé části tohoto stanovení byla využita aparatura dle Behra S2. Odměrné baňky s mineralizátem byly doplněny po rysku a následně z nich bylo odpipetováno 10 ml do destilačních zkumavek, ty se vždy po jedné umístily do aparatury spolu s novou titrační baňkou, která obsahovala 50 ml roztoku kyseliny borité (2 hmot. %). Po spuštění přístroje Behr S2 za přídavku 20 ml 30% hydroxidu sodného došlo uvolnění amoniaku, který byl pomocí destilace vodní parou jímán do titrační baňky s roztokem kyseliny borité. Následně se destilát titroval roztokem kyseliny sírové (0,025 mol/l) za přídavku 4 kapek indikátoru Tashiro do světle růžového zbarvení. Z hodnoty objemu spotřebované kyseliny sírové byl vypočítán obsah dusíku a poté obsah hrubé bílkoviny s pomocí faktoru pro přepočítávání. Výsledkem byl průměr ze dvou stanovení. Stanovení bílkovin bylo provedeno v nativních vzorcích i v podílu, který nebyl stráven, a to po simulaci procesu trávení technikou *in vitro*.

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny:

$$m_B = b * 10^{-3} * C_{H_2S_04} * M_N * f_t * f_z * f_{př} \quad (5)$$

b – spotřeba kyseliny sírové při titraci [ml],

c – přesná koncentrace kyseliny sírové [mol/l],

M_N – molární hmotnost dusíku $M_N = 14,01$ [g/mol],

f_t – titrační faktor [$f_t = 2$],

f_z – zředovací faktory [$f_z = 2,5$],

$f_{př}$ – přepočítávací faktor [univerzální 6,25; pro rýži 5,95; pro oves 5,83].

Výpočet hrubé bílkoviny v %:

$$S_B = \frac{m_B}{m_n} * 100 \quad (6)$$

m_B – množství hrubé bílkoviny [g],

m_n – navážka vzorku [g].

5.7 Stanovení lipidů dle Soxhleta

Na analytických vahách bylo s přesností na 0,1 mg naváženo 5000 mg vzorku do papírové patrony, poté byla do patrony vložena vata, a to přibližně do středu těla nástavce, aby nedošlo k vyplavení vzorku z patrony. Poté se do připravené (předem vysušené, vychladnuté a zvážené baňky s kamínky) odměřilo 100 ml n-hexanu (extrakční činidlo) a vzorek se jím zalil. Baňka se usadila na topné hnízdo přístroje (extraktor Soxtherm Gerhard) a byla tak napojena na extraktor s chladičem. Proces kontinuální extrakce trval 2,5 hodiny. Po této době došlo k vypuštění extrakčního rozpouštědla. Baňka se vzorkem byla umístěna k vysušení na půl hodiny při 65 °C do sušárny, poté byla dána ke chladnutí do exikátoru. Nakonec se vychladnutá baňka s lipidovým podílem zvážila na analytických vahách. Tento proces se opakoval třikrát pro každý vzorek (Sumczynski and Bubelová, 2015).

Výpočet obsahu tuků (Pt) v %:

$$Pt = \frac{mb - ma}{mn} * 100 \quad (7)$$

Pt – procento tuků v sušině

ma – hmotnost prázdné baňky s kuličkami [g],

mb – hmotnost vysušené baňky s tukem [g],

mn – hmotnost navážky [g].

5.8 Extrakce polyfenolů do metanolu

Na analytických vahách bylo do tmavých lékových odváženo 2000 mg nativního vzorku s přesností na 0,1 mg. Vzorek byl dále extrahován 10 ml 80% metanolu v ultrazvukové lázni po dobu 120 minut při teplotě 40 °C. Po skončení extrakce byly obsahy lékových kvantitativně převedeny do centrifugačních zkumavek, kde byly při 12300xg odstředěny po dobu 10 minut. Takto získaný extrakt byl poté využit ke stanovení celkových polyfenolů a antioxidační aktivity.

Extrakce do metanolu byla provedena i u vzorků nestráveného podílu na termo-shakeru Biosan. Teplota byla nastavena na 37 °C po dobu 120 minut. Vzhledem k malému množství získaného nestráveného podílu byla navážka vzorků zvolena na 0,05 g. Vzorek se navažoval na analytických vahách s přesností na 0,1 mg do 2ml mikrozkušavek Eppendorf s následným odstředěním extraktu po dobu 10 min při 12300xg na odstředivce Velocity 13μ (Koláčková et al., 2020).

5.9 Stanovení antioxidační aktivity metodou se zhášením radikálu DPPH

Metoda je založena na reakci testovaného vzorku s DPPH (stabilní volný radikál). V roztoku methanolu je DPPH v barevné radikálové formě a má silnou absorpci ve VIS spektru. Antioxidant redukuje DPPH a tím dochází k odbarvení připraveného roztoku se vzorkem. Zhášená absorbance je měřena při vlnové délce $\lambda = 515$ nm spektrofotometricky.

5.9.1 Příprava zásobního a pracovního roztoku

Zásobní roztok DPPH byl připraven smícháním 0,024 g DPPH a 100 ml metanolu. Následně byl roztok DPPH promíchán a pomocí pipety bylo do kádinky odměřeno 10 ml, ke kterým bylo přidáno 45 ml metanolu a tím vznikl roztok pracovní.

5.9.2 Stanovení antioxidační aktivity

Do zkumavek byly pipetovány 4 ml pracovního roztoku ke kterým byl přidán extrakt vzorku. Pipetovaný extrakt se u jednotlivých vzorků lišil dle barevné reakce, ke které při styku s pracovním roztokem docházelo (záleželo tedy na síle zhášení radikálu vzorkem). Čím více docházelo u vzorku k odbarvení, tím bylo pipetováno menší množství extraktu. U pohanky bylo pipetováno 100 μ l metanolického extraktu, u ovsa 500 μ l a u rýže, jáhel a amarantu byl pipetován 1 ml extraktu. Zkumavky byly poté umístěny ve tmě po dobu 1 hodiny. Po skončení reakce byly vzorky měřeny na spektrofotometru při vlnové délce $\lambda = 515$ nm. Před vlastním měřením byla měřena absorbance slepého vzorku (blanku), čímž byl metanol a také byla měřena absorbance pracovního roztoku (A_0) DPPH oproti blanku. Úbytek absorbance byl přepočten na % inaktivace dle vzorce č. 8, na základě lineární regrese (závislost inaktivace na koncentraci troloxu) pak byla vypočtena hodnota antioxidační aktivity. Výsledkem je průměr ze čtyř měření pro každý vzorek. Antioxidační aktivita byla stanovena v nativních vzorcích i v nestráveném podílu po simulaci procesu trávení technikou *in vitro*. Výsledky stanovení jsou uvedeny v ekvivalentech troloxu.

Kalibrační křivka byla sestrojena jako závislost % inaktivace na koncentraci troloxu. Trolox byl připraven v koncentracích (40, 80, 100, 120 a 160 mg/l). Postup měření jednotlivých kalibračních bodů byl stejný, jako u vzorku (Sumezynski, 2016).

Výpočet:

$$\text{Inaktivace [\%]} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} * 100 \quad (8)$$

A_0 – absorbance pracovního roztoku, A_1 – absorbance vzorku.

5.10 Spektrofotometrické stanovení polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou

Stanovení celkových polyfenolů probíhalo v první řadě přípravou slepého pokusu, a to smíchám 5 ml redestilované vody, 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla a 1,5 ml Na_2CO_3 (20%) v odměrné baňce na 10 ml, která se poté doplnila po rysku redestilovanou vodou. Vlastní měření probíhalo stejně jako u přípravy slepého vzorku pouze byl do odměrné baňky v první řadě přidán extrakt vzorku, a to konkrétně v objemech: u pohanky 100 μl , u ovsa 0,5 ml a u rýže, jáhel a amarantu byl pipetován 1 ml extraktu. Odměrná baňka po přidání všech činidel byla doplněna po rysku redestilovanou vodou. Po 30 minutách byla měřena absorbance na spektrofotometru Libra S6 při vlnové délce 765 nm. Z rovnice lineární regrese byly vypočteny koncentrace celkových polyfenolů (TPC) jak pro extrakty nativních vzorků, tak také pro extrakci nestráveného podílu.

Pro sestavení kalibrační křivky se postupovalo stejným způsobem, jen nebyl pipetován extrakt vzorku, ale jednotlivé koncentrace z kalibrační řady pro kyselinu gallovou (50, 100, 200, 400, 600 a 800 mg/l). Kalibrační křivka byla sestrojena jako závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové. Výsledky stanovení jsou udávány v ekvivalentech kyseliny gallové (Sumczynski, 2016).

5.11 stanovení neutrálně detengertní vlákniny

Neutrálně-detergentní činidlo (NDČ) (120 g) bylo rozpuštěno ve 2000 ml redestilované vody s přídavkem 20 ml triethylglykolu. Do směsi bylo odváženo 20 g Na_2SO_3 a 4ml α -amylázy, kdy tímto krokem vznikl neutrálně-detergentní roztok (NDR). V další části byly na analytických vahách s přesností na 0,1 mg váženy sáčky F57 bez vzorků, které byly nejdříve promyté v acetonu a následně vysušené. Do těchto sáčků bylo pak na analytických vahách naváženo po 0,5 g vzorku, které byly poté uzavřeny pomocí pulzní svářečky. Pro korekci se použil jeden prázdný sáček tohoto typu. Do zařízení ANKOM²²⁰ byly všechny sáčky umístěny a přelity již připraveným NDR. Zařízení bylo spuštěno na 1 hodinu a 15

minut od doby dosažení teploty 100 °C. Po ukončení hydrolyzy byl roztok NDR vypuštěn. Sáčky, které v přístroji zůstaly musely být důkladně promyty horkou redestilovanou vodou s přídavkem 4ml α -amylázy, a to ve třech opakováních. Poslední promytí bylo vedeno studenou vodou bez přídavku α -amylázy. Součástí všech promytí bylo promíchávání v přístroji 7 minut, než byla voda vypuštěna. Filtračním papírem se vzorky v sáčcích typu F57 osušily a smočily do acetonu na 160 sekund, opět se osušily jako v kroku minulém. Takto připravené vzorky se umístily do sušárny, kde byly ponechány při 105 °C po dobu 240 minut. Po procesu sušení chladly sáčky v exsikátoru, dále se vážily na analytických vahách. Finálním procesem tohoto stanovení bylo spálení vzorků v muflové peci při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po skončení pálení vzorky opět chladly v exsikátu a byly zváženy. Od každého vzorku se provedly tři stanovení, jejímž výsledkem byl průměr. Stanovení bylo provedeno u vzorků nativních vloček a u vzorku nestráveného podílu (Mišurcová, 2008).

Výpočet neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) [%]:

$$NDF = \frac{(m3 - m1 * c1) - (m4 - m1 * c2)}{m2} * 100 \quad (9)$$

$$C1 = \frac{ms}{m1} \quad (10)$$

$$C2 = \frac{mp}{m3} \quad (11)$$

$m1$ – hmotnost prázdného sáčku [g],

$m2$ – hmotnost navážky vzorku [g],

$m3$ – hmotnost sáčku po vysušení [g],

$m4$ – hmotnost popela po spálení [g],

$c1$ – korekce hmotnosti sáčku po hydrolyze,

$c2$ – korekce hmotnosti sáčku po spálení,

ms – hmotnost vysušeného prázdného sáčku [g],

mp – hmotnost popela prázdného sáčku [g].

5.12 Stanovení stravitelnosti a Příprava nestráveného podílu

V prvním kroku byl připraven roztok 0,1 mol/l kyseliny chlorovodíkové a to smícháním 14,2 ml 37% HCl a 1700 ml redestilované vody. Sáčky typu F57 byly promyty v acetonu, vysušeny pomocí filtračního papíru a zváženy, potom se do nich navážilo 0,25 g vzorku namletých vloček. Sáček byl zataven pomocí pulzní svářečky. Pro korekci byl opět použit jeden prázdný sáček. Všechny sáčky se po zvážení vložily do inkubačních lahví, kam se přilil připravený roztok kyseliny chlorovodíkové a 3 g pepsinu. Takto připravené vzorky v lahvích se vložily do přístroje inkubátoru Daisy na dobu 120 minut. Tento proces simuloval dobu trávení potravy v žaludku. Poté byly sáčky se vzorky promyty redestilovanou vodou a následoval další krok simulace trávení potravy v tenkém střevu po dobu 24 hodin. V tomto kroku se sáčky opět umístily do inkubační láhve spolu s fosfátovým pufrem o pH 7,45, který byl připraven smícháním 3,07 g dihydrogenfosforečnanu draselného a 32,49 g hydrogenfosforečnanu sodného a 1700 ml redestilované vody. Dále byly přidány 3 g pankreatinu a bylo vše promícháno. Takto připravené inkubační láhve byly podruhé umístěny do inkubátoru. Po uplynutí 24 hodin byly lahve přesunuty do sušárny na 85 °C na dobu 30 minut tak, aby byl odstraněn mazovatělý škrob. Potom probíhalo důkladné vymývání sáčků, dokud nebyla voda používaná k promývání čirá. Celkem se spotřebovalo až 5 l vody. Sáčky se potom sušily v sušárně 24 hodin při teplotě 103 °C, poté se umístily do exsikátoru a zvážily. Poslední krok spočíval ve spálení sáčků v keramických kelímcích předem vyžíhaných a zvážených. Kelímky se umístily do muflové pece, kde došlo ke spalování při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Opět kelímky chladly v exsikátoru a vážily se na analytických vahách (Mišurcová, 2008; Mišurcová et al., 2010).

Nestrávený podíl bezlepkových vloček byl připraven totožným způsobem s jedním rozdílem, kdy po simulaci žaludku a následně tenkého střeva nebyl sáček spálen v muflové peci, ale vysušený nestrávený podíl byl použit ke stanovení bílkovin, vlákniny, antioxidační aktivity, NDF a celkových polyfenolů (Koláčková et al., 2020).

Výpočet stravitelnosti sušiny (DMD) [%]:

$$\text{DMD} = 100 - \frac{100 * \text{DMR}}{m_2 * \text{DM}} \quad (12)$$

$$\text{DMR} = m_3 - m_1 * c_1 \quad (13)$$

$$DM = \frac{S * Ms}{100} \quad (14)$$

Výpočet stravitelnosti organické hmoty (OMD) [%]:

$$OMD = 100 - \frac{100 * (DMR - AR)}{m2 * DM * OM} \quad (15)$$

$$AR = m4 - m1 * c2 \quad (16)$$

$$OM = \frac{S - P}{100} \quad (17)$$

Výpočet korekce [g]:

$$C1 = \frac{ms}{m1} \quad (18)$$

$$C2 = \frac{mp}{m1} \quad (19)$$

DMD – hodnota stravitelnosti sušiny vzorku vloček [%],

OMD – hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku vloček [%],

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

DM – obsah sušiny ve vzorku vloček [g],

AR – hmotnost popela vzorku vloček bez sáčku [g],

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

S – obsah sušiny ve vzorku vloček [%],

P – obsah popela ve vzorku vloček [%], F

m1 – hmotnost sáčku [g],

m2 – hmotnost vzorku vloček [g],

m3 – hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem vloček po inkubaci [g],

m4 – hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem vloček po inkubaci [g],

Ms – hmotnost vzorku vloček na stanovení sušiny [g],

C1 – korekce hmotnosti sáčku po inkubaci [g],

C2 – korekce hmotnosti sáčku po spálení [g],

ms – hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci [g],

mp – hmotnost popela prázdného sáčku [g].

5.13 Statistické vyhodnocení

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 A DISKUZE

Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny a porovnány mezi sebou. V tabulkách jsou výsledky zapsány jako aritmetický průměr v sušině vzorku se směrodatnou odchylkou (SD). Výsledky byly také prodiskutovány s odbornou literaturou.

6.1 Výsledky stanovení vlhkosti

Stanovení vlhkosti a sušiny bylo aplikováno dle metodiky uvedené v kapitole 5.4. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny

	Vzorek	Vlhkost [%] ± S.D.	Sušina [%] ± S.D.
V1	Ovesné vločky	7,63 ± 0,20 ^a	92,4 ± 0,2 ^a
V2	Rýžové vločky	8,94 ± 0,10 ^b	91,1 ± 0,1 ^b
V3	Jáhlové vločky	8,62 ± 0,10 ^c	91,4 ± 0,1 ^c
V4	Pohankové vločky	9,40 ± 0,30 ^d	90,6 ± 0,3 ^d
V5	Amarantové vločky	10,6 ± 0,1 ^e	89,4 ± 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 ($p < 0,05$).

Vlhkost vyjadřuje úbytek hmotnosti během sušení za dané teploty. Sušina je pevným zbytkem vzorku po odstranění vody (Burešová a Lorencová, 2013). Podle vyhlášky č. 18/2020 Sb. ve znění pozdějších předpisů o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky, cukrářské výrobky a těsta je přípustná maximální koncentrace ovesných nebo ovesných drcených vloček do 12 % vlhkosti. Na všechny ostatní druhy vloček, včetně bezlepkových se vztahuje limit do 14 % vlhkosti. Z hlediska údržnosti je nižší vlhkost parametrem, vhodnějším pro dlouhodobé skladování a zachování kvality produktu. Vlhkost analyzovaných vloček se pohybovala v rozmezí od 7,63–10,6 %. Mezi všemi vzorky byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Nejnižší vlhkost měly ovesné vločky s hodnotou 7,63 % u kterých je i legislativní požadavek nejpřísnější. Vyšší obsah vlhkosti byl zjištěn u vloček jáhlových (8,62 %) a rýžových (8,94 %). Nejvyšší vlhkost

vykazovaly dva poslední analyzované vzorky vloček vyráběné z netradičních obilovin. Vločky vyrobené z pohanky měly průměrnou vlhkost 9,40 % a o 1,2 % vlhkosti více, s nejvyšší zjištěnou vlhkostí byl vzorek amarantových vloček s výsledkem 10,6 %. Legislativní požadavky vyhlášky zmíněné výše byly splněny pro všechny analyzované vločky (jak je vidět z tabulky č. 2, ve které je včetně vlhkosti zaznamenána i sušina vzorku). Vyšší vlhkost u mlýnských obilných výrobků by mohla způsobit pomnožení mikroorganismů nebo rozvoj plísní, které produkují sekundární metabolity tzv. mykotoxiny, což by mohlo mít nežádoucí vliv na lidské zdraví (Malíř et al., 2001, Příhoda et al., 2012).



Obrázek 16: Vzorky vysušených namletých vloček (Foto: Lenka Tomášková)
(zleva shora ovesné, rýžové, jáhlové, amarantové a pohankové vločky)

6.2 Výsledky stanovení popela

Stanovení popela bylo aplikováno dle metodiky uvedené v kapitole 5.5. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 3.

Tabulka 3: Výsledky stanovení popela

	Vzorek	Popel [%] ± S.D.	Popel v sušině [%] ± SD
V1	Ovesné vločky	1,51 ± 0,05 ^a	1,63 ± 0,05
V2	Rýžové vločky	0,48 ± 0,01 ^b	0,52 ± 0,01
V3	Jáhlové vločky	0,77 ± 0,03 ^c	0,84 ± 0,03
V4	Pohankové vločky	1,91 ± 0,06 ^d	2,10 ± 0,06
V5	Amarantové vločky	2,44 ± 0,03 ^e	2,73 ± 0,03

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 ($p < 0,05$).

Výsledky obsahu popela ve vločkách představují obsah minerálních látek. Obsah minerálních látek může zaujímat širší rozpětí od μg až mg/kg . To závisí kromě druhu použitých zrn obilovin nebo pseudoobilovin, ze kterých se vyrobí vločky, taky na dalších faktorech jako je například hnojení, doba pěstování, klimatické podmínky a agrotechnika (Sumczynski, 2016). Jak ukazuje tabulka č. 3, obsah popela v sušině se pohyboval v rozpětí od 0,52–2,73 %. Nejvyšší hodnoty popela byly zjištěny u vloček z netradičních obilovin. Amarantové vločky vykazovaly 2,73 a pohankové 2,10 % ($p < 0,05$), což je vyšší obsah popelovin než v běžně používaných obilovinách (pšenice, žito, ječmen), kde se obsah popela pohybuje v rozmezí od 1,2–1,6 % (Frølich et al., 2017). Na základě toho lze konstatovat, že vločky z netradičních obilovin by mohly být významnějším zdrojem minerálních látek než vločky z obilovin běžných, i když důležité je vzít v úvahu i jejich stravitelnost a využití minerálních prvků zaživacím traktem. U vzorku ovesných vloček byla hodnota popela 1,63 %. Naopak významně nižší obsah se pohyboval u rýžových vloček s hodnotou 0,52 %, která téměř koresponduje s dostupnou literaturou, ve které se uvádí obsah popela v zrnech rýže 0,60 % (Saha et al., 2016). Všechny vzorky vykazovaly statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$). Zjištěné hodnoty popela v sušině měly stejné pořadí v obsahu jako hodnoty popela ve vzorku.

Vyhláška č. 18/2020 Sb. stanovuje maximální obsahy minerálních látek v sušině mouk, podle kterých dochází ke klasifikaci do několika skupin, z nichž nejznámější jsou mouky (hladká, polohrubá, hrubá). U vloček není obsah popele deklarován legislativně.

6.3 Výsledky stanovení obsahu hrubé bílkoviny

Stanovení hrubé bílkoviny bylo aplikováno dle metodiky uvedené v kapitole 5.6. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 4.

Tabulka 4: Výsledky stanovení obsahu hrubé bílkoviny

	Vzorek	Hrubá bílkovina [%] ± S.D.
V1	Ovesné vločky	10,5 ± 0,3 ^a
V2	Rýžové vločky	7,81 ± 0,3 ^b
V3	Jáhlové vločky	12,0 ± 0,2 ^c
V4	Pohankové vločky	13,1 ± 0,3 ^d
V5	Amarantové vločky	14,7 ± 0,3 ^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 ($p < 0,05$).

Pod pojmem hrubá bílkovina je myšlen obsah dusíkatých látek ve vzorku. Bílkoviny jsou látky, které patří z výživového hlediska k nejhodnotnějším. Velíšek a Hajšlová (2009) uvádí, že obsah proteinů v zrnech tvoří převážně v průměru od 9 až 13 %. V námi analyzovaných vzorcích vloček bylo zjištěno širší rozpětí hrubé bílkoviny od 7,81–14,7 %. Výrazně nejnižší naměřená hrubá bílkovina byla u vzorku vloček z rýže, a to 7,81 % ($p < 0,05$). V porovnání s odbornou literaturou lze konstatovat, že námi naměřený výsledek odpovídá publikovaným údajům o obsahu proteinů v rýžových zrnech (Arendt and Zannini, 2013). Jednou tak vyšší množství bylo naměřeno u vzorku amarantových vloček, kdy hodnota dosahovala až 14,7 % ($p < 0,05$), což je podle Kopáčové (2007), která uvádí obsah bílkovin v amarantu 12–16 % nebo dle Slukové et al. (2017), která uvádí téměř dvojnásobný obsah bílkovin oproti obilovinám, v souladu s našimi naměřenými daty. To stejné lze tvrdit i o pohankových vločkách, které mají po vločkách amarantových nejvíce bílkovin z analyzovaných vzorků s výsledkem 13,1% ($p < 0,05$). Saha et al. (2016) ve své studii uvádí obsah proteinů v prosu

12,5 %, námi zkoumaný vzorek jáhlových vloček vyrobený z prosného zrna má hodnotu 12,0 % ($p < 0,05$). Dle Fullera (2019) se proso pěstuje po celém světě a existuje několik desítek druhů, což může zapříčinit různé obsahy bílkovin v zrnech a dále zpracovaných mlýnských výrobcích. Výsledky dokazují, že obsah bílkovin je vyšší ve vločkách z pseudoobilovin oproti obilovinám, což je v souladu s odbornou literaturou (Arendt and Zannini, 2013).

Mimo celiaků, pro které jsou všechny námi analyzované vločky vhodné, z důvodu absence lepkových bílkovin, by bylo prospěšné zvýšit konzumaci této potraviny, zejména vloček pohankových a amarantových, které patří k méně často používaným, také v každodenní stravě dnešní populace, vzhledem k vysoké biologické hodnotě a příznivému aminokyselinovému složení (Kučerová, 2016).

6.4 Výsledky stanovení obsahu lipidů

Stanovení obsahu lipidů bylo aplikováno dle metodiky uvedené v kapitole 5.7. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 5.

Tabulka 5: Výsledky stanovení obsahu lipidů

	Vzorek	Lipidy [%] ± S.D.
V1	Ovesné vločky	5,29 ± 0,20 ^a
V2	Rýžové vločky	0,46 ± 0,04 ^b
V3	Jáhlové vločky	1,34 ± 0,10 ^c
V4	Pohankové vločky	2,89 ± 0,10 ^d
V5	Amarantové vločky	6,14 ± 0,22 ^e

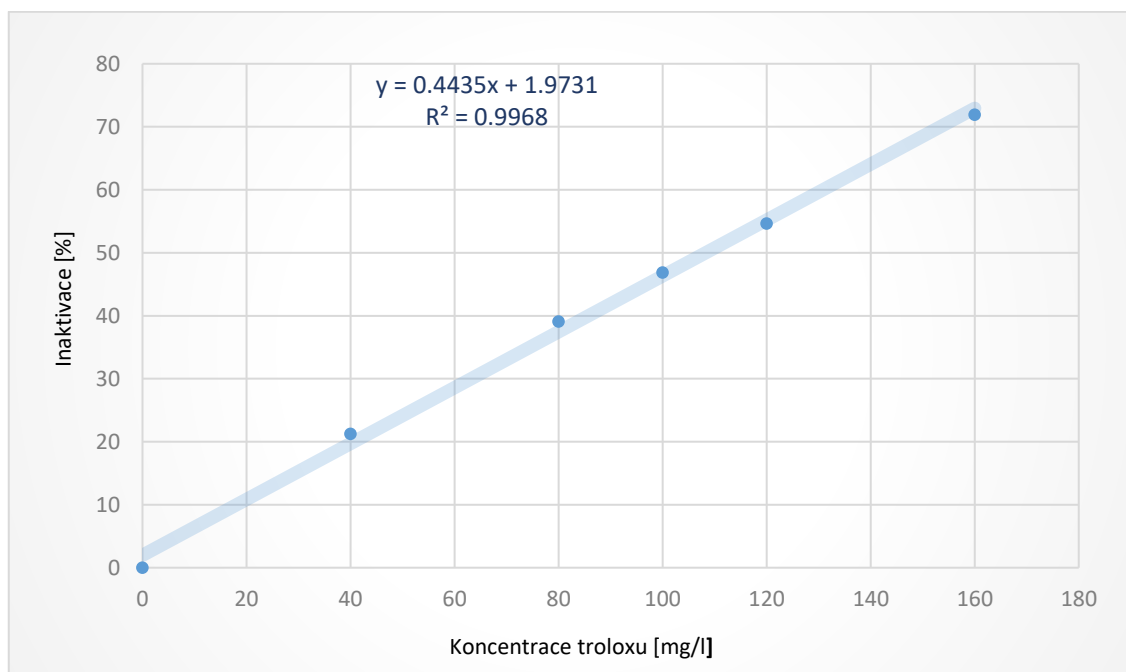
Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr ± SD ($n=3$). Výsledky ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Lipidy v obilovinách se nejvíce zdržují v obilném klíčku, méně v aleuronové vrstvě a endospermu. Pod pojmem lipidy se myslí tuky ve formě triacylglycerolů, které jsou nejvíce zastoupené, méně fosfolipidy (Příhoda a kol., 2006). V tabulce č. 5 vidíme výsledky obsahu tuku v poměrně širokém rozmezí od 0,46–6,14 %. Nejvyšší obsah byl stanoven u amarantových vloček (6,14 %) a vloček ovesných (5,29 %). Podle Hlinkové et al. (2013) se

obsah tuku v amarantu liší v závislosti na druhu a průměrně se pohybuje v rozmezí 5–8 %. U ovsu je rozpětí lipidů vymezeno od 5 do 12 % (Kim et al., 2021). Obsah tuku v pohankových vločkách byl 2,89 %, dále 1,34 % ve vločkách jáhlových. Nejnižší množství tuků měla rýže s hodnotou 0,46 %, což je hodnota blíží se dostupné literatuře, kde Gealy a Bryant (2009) uvádí obsah v rozmezí od 0,5 do 3,5 %. Všechny vzorky mezi sebou se statisticky významně lišily ($p < 0,05$). Vzhledem k riziku žluknutí a následnému hořknutí tuků, které je zapříčiněno i přítomností lipáz v tucích, je potřeba dbát na správné dodržování skladovacích podmínek obzvlášť u těch vloček, které mají obsah lipidů vyšší (Hrabě et al., 2007).

6.5 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou se zhášením radikálu DPPH

V prvním kroku se dle metodiky sestavila kalibrační křivka vyjadřující závislost inaktivace v % na koncentraci troloxu [mg/l]. Následně došlo k vygenerování rovnice lineární regrese, díky níž byla vypočítána celková antioxidační aktivita analyzovaného vzorku vyjádřená v ekvivalentech troloxu.



Graf 1: Kalibrační křivka vyjadřující závislost inaktivace na koncentraci troloxu

Tabulka 6: Výsledky antioxidační aktivity stanovené metodou se zhášením radikálu DPPH

	Vzorek	Antioxidační aktivita [μg TE/g] ± S.D.
V1	Ovesné vločky	240 ± 3,0 ^a
V2	Rýžové vločky	44,7 ± 0,9 ^b
V3	Jáhlové vločky	93,9 ± 3,0 ^c
V4	Pohankové vločky	1850 ± 40 ^d
V5	Amarantové vločky	56,9 ± 4,0 ^e

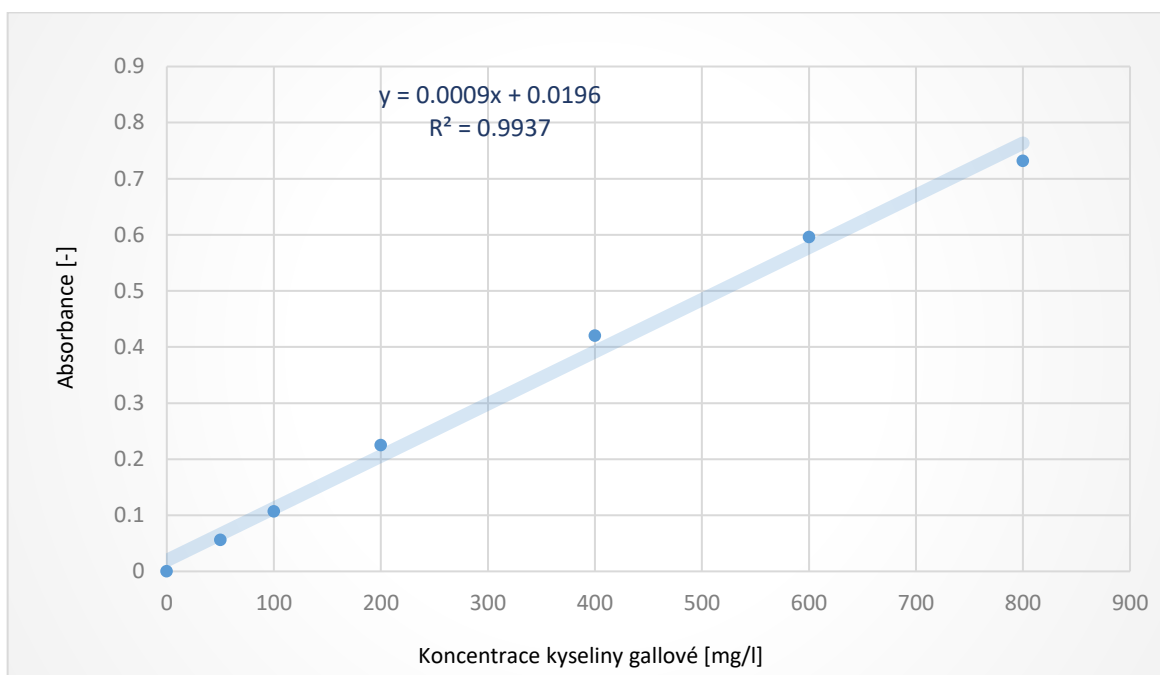
Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr ± SD (n=4). Výsledky ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Tabulka č. 6 prezentuje výsledky celkové antioxidační aktivity stanovené metodou se zhášením radikálu DPPH u vzorků bezlepkových vloček. Výsledky naměřené antioxidační aktivity se pohybovaly rozmezí od 56,9–1850 μg TE/g. U vzorků cereálií bylo zjištěno, že nejdominantnější na obsah antioxidační aktivity je vzorek pohankových vloček s hodnotou 1850 μg TE/g. Ve studii Li et al., (2013) bylo zjištěno, že velké množství antioxidantů je v pohankových slupkách a otrubách. U zbývajících čtyřech vzorků byla hodnota antioxidační aktivity řádově nižší. Ovesné vločky dosahovaly hodnoty 240 μg TE/g, jáhlové vločky 93,9 μg TE/g, nižší hodnoty měly vzorky rýžových a amarantových vloček s hodnotami 44,7 a 56,9 μg TE/g. Všechny vzorky se mezi sebou statisticky lišily ($p < 0,05$). Antioxidační aktivita byla měřena i ve studii dle Škrovánkové et al (2020), kde bylo dosaženo následujících výsledků. V pohance 1670–2800 μg TE/g, v amarantu 264 μg TE/g a v quioni 78–101 μg TE/g. Nutno ale říci, vzhledem k vícero technikám měření celkové antioxidační aktivity, s možností využití různých rozpouštědel, teplot a stanoveného času extrakce, že nelze číselná data jako taková porovnávat.

Mimo obilovin a pseudoobilovin jsou vyšší hodnoty celkové antioxidační aktivity v ovoci, zejména bobulovém, například v borůvkách, ostružinách nebo rybízu, vzhledem k vysokým obsahům flavonoidů (kvercetin, antokyanová barviva atd.) (Jakobek et al., 2007). Dobrým zdrojem je také některá zelenina a bylinky, například červené zelí nebo fenykl (Zujko a Witkowska, 2011).

6.6 Výsledky stanovení celkových polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou

Na začátku byla dle metodiky sestavena dle naměřených absorbancí kalibrační křivka vyjadřující závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové [mg/l]. Následně došlo k vygenerování rovnice lineární regrese, díky níž byl vypočten celkový obsah polyfenolů (TPC) v ekvivalentech kyseliny gallové.



Graf 2: Kalibrační křivka vyjadřující závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové

Tabulka 7: Výsledky stanovení celkových polyfenolů.

Vzorek	Polyfenoly [$\mu\text{g GAE/g}$] \pm S.D.	
V1	Ovesné vločky	150 ± 2^a
V2	Rýžové vločky	63 ± 1^b
V3	Jáhlové vločky	126 ± 3^c
V4	Pohankové vločky	2220 ± 90^d
V5	Amarantové vločky	270 ± 6^e

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr \pm SD ($n=4$). 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 ($p < 0,05$).

Mezi polyfenolické látky jsou řazeny polyfenolické kyseliny, flavonoidy stilbeny, kumariny, lignany a taniny (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). V obalových vrstvách je u zrn obilovin a pseudoobilovin nejvíce zastoupen lignin, který je při technologickém zpracování zrn odstraněn (Sumczynski, 2016). Výsledky měření celkových polyfenolů se v nativním vzorku pohybovaly od 63 do 2220 $\mu\text{g GAE/g}$ (tabulka 7). Nejnižší obsah polyfenolických látek byl zjištěn u rýže s výsledkem 63 $\mu\text{g GAE/g}$, což je z výživového hlediska spíše negativní, vzhledem k tomu, že polyfenolické látky představují skupinu antioxidantů s příznivým působením na lidský organismus. Na druhou stranu by se dala vyslovit hypotéza, že by se nízká koncentrace polyfenolických látek v rýžových vločkách mohla podílet na její vyšší stravitelnosti. Nedocházelo by totiž k inhibici činnosti proteolytických enzymů a snižování stravitelnosti, což některé polyfenolické látky způsobují (Koláčková et al., 2020). Naopak několika násobně více bylo polyfenolických látek naměřeno u vzorku vloček z pohanky, kde hodnota dosahovala až 2220 $\mu\text{g GAE/g}$. Ve studii dle Sumczynski et al. (2016) vychází hodnota celkových polyfenolů u pohanky dokonce 3200 $\mu\text{g GAE/g}$. V další studii je zase zjištěn obsah polyfenolických látek následující: v pohance 912 $\mu\text{g GAE/g}$, amarantu 405–430 $\mu\text{g GAE/g}$ nebo v rýži od 330–920 $\mu\text{g GAE/g}$ dle druhu (Gorinstein et al., 2007). Výsledky ale nelze úplně porovnávat ve svých číselných hodnotách. Stanovení TPC je možné provádět dle různých metodických postupů, v kterých se může lišit teplota, čas a způsob extrakce, což způsobuje odlišné výsledky.

6.7 Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Stanovení vlákniny bylo aplikováno dle metodiky uvedené v kapitole 5.11. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 8

Tabulka 8: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

	Vzorek	Vláknina [%] \pm S.D.
V1	Ovesné vločky	7,85 \pm 0,09 ^a
V2	Rýžové vločky	0,67 \pm 0,02 ^b
V3	Jáhlové vločky	1,48 \pm 0,10 ^c

V4	Pohankové vločky	1,17 ± 0,07 ^d
V5	Amarantové vločky	5,90 ± 0,05 ^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 ($p < 0,05$).

Pod pojmem neutrálně-detergentní vláknina (NDF) se rozumí vláknina, která je nerozpustná. Je obsažena v obilovinách a pseudoobilovinách a hlavními představiteli jsou celulózy, nerozpustné hemicelulózy a lignin. Význam spočívá nejen ve funkci vlákniny jako takové, ale i v navázání polyfenolických látek na ni. Tyto představují zdraví prospěšné antioxidanty (Shahidi and Ambigaipalan, 2015; Sumczynski et al., 2016). Polyfenoly mohou v nerozpustné vláknině dosahovat rozmezí od 1,4 až 50,7 % (Macagnan et al., 2016). Výsledky obsahu neutrálně-detergentní vlákniny se pohybovaly v rozmezí od 0,67 do 7,85 %. Nejvyšší obsah ND vlákniny byl zjištěn u ovesných vloček (7,85 %). Dále v pořadí byly vločky amarantové s hodnotou 5,90 %. O dost nižší obsah byl zjištěn u vloček pohankových a jáhlových a úplně nejméně NDF vlákniny bylo obsaženo ve vzorku, který představují vločky rýžové s hodnotou 0,67 %, což vidíme při pohledu na tabulku 8. Mezi všemi vzorky byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$). Vláknina má velmi příznivý vliv na zdraví člověka. Díky dietetickým vlastnostem a pozitivnímu působení na fyziologické funkce trávicí soustavy, by zařazení mlýnských výrobků, např. vloček nebo jiných výrobků s vyšším obsahem vlákniny, mohlo v budoucnu předcházet civilizačnímu onemocnění. Mezi tyto patří například vznik zácpy, obezita nebo snížení frekvence výskytu rakoviny tlustého střeva (Prugar, 2008). Alarmující by mohl být údaj o prvenství, které zaujímají muži v České republice, co se týká výskytu rakoviny konečníku a tlustého střeva (Sumczynski et al., 2016).

6.8 Výsledky stanovení stravitelnosti

Stanovení stravitelnosti bylo aplikováno dle metodiky uvedené v kapitole 5.12. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 9.

Tabulka 9: Výsledky stanovení stravitelnosti

	Vzorek	DMD [%] \pm S.D.	OMD [%] \pm S.D.
V1	Ovesné vločky	92,3 \pm 0,8 ^a	93,9 \pm 0,6 ^a
V2	Rýžové vločky	98,9 \pm 0,2 ^b	99,7 \pm 0,1 ^b
V3	Jáhlové vločky	98,3 \pm 0,6 ^b	98,9 \pm 0,4 ^c
V4	Pohankové vločky	95,7 \pm 1,1 ^c	96,7 \pm 1,1 ^d
V5	Amarantové vločky	89,7 \pm 0,2 ^d	92,1 \pm 0,2 ^e

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr \pm 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 ($p < 0,05$).

V tabulce č. 9 je přehled výsledků stravitelnosti vyjádřen jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnosti organické hmoty (OMD). Z tabulky vyplývá, že byly všechny vzorky dobře stravitelné. Stravitelnost organické hmoty byla u všech vzorků nad 90 %. Vzorek rýžových vloček dosahoval nejvyšší stravitelnosti DMD i OMD (98,9 a 99,7 %). Následovaly vločky jáhlové, pohankové a ovesné se stravitelností DMD (98,3; 95,7 a 92,3 %) a v OMD (98,9; 96,7 a 93,9 %). Nejnižší stravitelnost DMD i OMD byla 89,7 a 92,1 % v amarantových vločkách. Podle studie Svobody (2011) se snižuje stravitelnost organické hmoty i sušiny u cereálií a pseudocereálií se zvyšujícím se obsahem neutrálně-detengerní vlákniny, což koresponduje s většinou našich výsledků (tabulka 8). Vzorky V2 a V3 v DMD (%) mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazovaly ($p \geq 0,05$), zatímco všechny ostatní se mezi sebou lišily ($p < 0,05$).

6.9 Výsledky stanovení v nestráveném podílu

Tabulka 10: Výsledky stanovení obsahu hrubé bílkoviny v nestráveném podílu vzorku

Vzorek	Hrubá bílkovina [%] ± S.D..	RF [%]	
V1	Ovesné vločky	14,0 ± 0,1 ^a	11
V2	Rýžové vločky	3,22 ± 0,10 ^b	0,5
V3	Jáhlové vločky	11,9 ± 0,1 ^c	2
V4	Pohankové vločky	13,0 ± 0,1 ^d	4
V5	Amarantové vločky	12,8 ± 0,1 ^d	9

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 ($p < 0,05$).

V tabulce č. 10 jsou prezentovány výsledky obsahu hrubých bílkovin s retenčními faktory v nestráveném podílu analyzovaných vzorků vloček. Jednotlivé koncentrace hrubé bílkoviny v nestráveném podílu byly společně s hodnotami hrubé bílkoviny v nativním podílu a hodnotami stravitelnosti DMD vzorku využity k výpočtu faktoru retence (RF, retenční faktor), jehož hodnoty jsou prezentovány v % (vzorec č. 20).

$$RF = ((C_{\text{nestrávený podíl vloček}}) \times (100 - DMD)) / C_{\text{nativní forma vloček}} \quad (20)$$

kde C je koncentrace analytu v nestráveném podílu vloček nebo v nativní formě vloček, DMD je hodnota stravitelnosti sušiny vzorku (%) (Koláčková et al., 2020).

Tento vzorec byl využit pro výpočet retence u všech sledovaných parametrů stanovování.

Nejnižší hodnotu retenčního faktoru, který představuje podíl analytu, který ještě stále zůstal v nestráveném podílu vzorku po digesci, měly rýžové vločky, a to 0,5 %. Zdá se, že veškerý rýžový protein je uvolněn z matrice vločky a 99,5 % je ho k dispozici pro metabolismus GIT lidského těla.

U jáhlových a pohankových vloček byl vypočten retenční faktor s hodnotami 2 a 4 %, což ukazuje na dobrou potenciální stravitelnost proteinů těchto vloček, kdy k procesu trávení je

k dispozici 98 a 96 % původního nativního proteinu. Nejvyšší hodnota RF byla vypočtena pro ovesnou bílkovinu, a to 11 %. Zdá se, že proteiny ovsa se uvolňují z matrice vloček nejméně. Podobné studie ještě publikovány nebyly, takže není možno výsledky diskutovat s relevantními studiemi. Jsou pouze k dispozici studie, které stanovují biologickou dostupnost definovanou dvěma pojmy, a to bioaccessibility a bioavailability. Bioaccessibility udává celkové množství analytu potenciálně dostupné pro absorpci v zažívacím traktu (Rein et al., 2013; Nignpense et al., 2022). Biologická dostupnost (bioavailability) se týká rozsahu a rychlosti, s jakou aktivní analyt vstupuje do cirkulace jako metabolit v těle a tím se dostává do místa účinku (Arfaoui, 2021).

Tabulka 11: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny v nestráveném podílu vzorku

	Vzorek	NDF vláknina [%]± S.D.	RF [%]
V1	Ovesné vločky	83,5 ± 0,9 ^a	82
V2	Rýžové vločky	–	–
V3	Jáhlové vločky	–	–
V4	Pohankové vločky	22,6 ± 1,2 ^b	83
V5	Amarantové vločky	42,6 ± 1,0 ^c	74

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 ($p < 0,05$).

V tabulce č. 11 jsou zaznamenány výsledky stanovení NDF u nestráveného podílu. U vzorku V2 a V3 nebylo možné analýzu provést vzhledem k malému množství získaného nestráveného podílu vlivem vysoké stravitelnosti těchto vzorků (tabulka 9). Zbývající vzorky dosahovaly hodnoty NDF v rozmezí 22,6–83,5 %. Nutno ale zdůraznit, že 1 g nativního vzorku neodpovídá 1 g nestráveného podílu. Je nutno vzít do úvahy hodnoty stravitelnosti. Retenčních faktory NDF vykazovaly následující hodnoty. U pohankových vloček (83 %), ovesných (82 %) a amarantových (74 %). U všech vzorků byly zjištěny vysoké retenční faktory, z kterých vyplývá, že uvolnění pro metabolismus GIT lidského těla je menší než 30 %. Výsledky není možné porovnat s jinými studiemi, protože nejsou

k dispozici, vzhledem k tomu, že naše práce byla pilotní studie, která bude sloužit jako podklad pro navazující práce, kde budou stanovovány různé druhy vlákniny a bude u nich také vyhodnocován retenční faktor.

Tabulka 12: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou se zhášením radikálu DPPH v nestráveném podílu vzorku

Vzorek	Antioxidační aktivita [$\mu\text{g TE/g}$] \pm S.D	RF [%]	
V1	Ovesné vločky	1260 \pm 20	40
V2	Rýžové vločky	–	–
V3	Jáhlové vločky	865 \pm 17	16
V4	Pohankové vločky	2960 \pm 60	7
V5	Amarantové vločky	393 \pm 13	71

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr \pm SD ($n=4$). 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 ($p < 0,05$).

V tabulce č. 12 jsou prezentovány výsledky zbytkové antioxidační aktivity a příslušné hodnoty RF (retenčních faktorů) v nestráveném podílu vzorku vloček. U vzorku V2 nebylo možné naměřit výsledek vzhledem k malému množství získaného nestráveného podílu, což je dáno vysokou stravitelností rýžových vloček (99,7 %) jak je uvedeno v tabulce č. 8. Naměřené hodnoty antioxidační aktivity u ostatních vzorků se pohybovaly v rozmezí od 393 do 2960 $\mu\text{g TE/g}$. Dle tabulky č. 12 je nejvyšší zastoupení zbytkové antioxidační aktivity ve vločkách pohankových. Tyto vločky mají také nejnižší hodnotu RF (7 %), což znamená, že během procesu trávení je do GIT traktu teoreticky uvolněno 93 % antioxidační aktivity. O poznání hůře jsou na tom antioxidanty vzorku V5 (393 $\mu\text{g TE/g}$), které se při trávení uvolní pouze z 29 % a zbývajících 71 % bude zadrženo v nestráveném podílu. Poměrně vysoká hodnota RF (40 %) v porovnání s ostatními vzorky byla zjištěna i u vzorku V1 s výsledkem zbytkové hodnoty antioxidační aktivity (1260 $\mu\text{g TE/g}$) a 60% teoretickou dostupností pro trávení v GIT. Z výsledků je patrné, že dle uvolňování v GIT a zadržování v nestráveném podílu, prokazuje nejlepší výsledky vzorek pohankových vloček. Do budoucna by bylo

možno pokračovat ve stanovení celkových a individuálních polyfenolů a dalších antioxidantů a vykorelovat mezi sebou naměřené hodnoty, aby bylo průkazné, které z antioxidantů se uvolní a které zůstanou naopak vázané v matici jednotlivých vloček.

Tabulka 13: Výsledky stanovení celkových polyfenolů v nestráveném podílu vzorků

Vzorek	Polyfenoly [$\mu\text{g GAE/g} \pm \text{S.D.}$]	RF [%]	
V1	Ovesné vločky	300 ± 11	15
V2	Rýžové vločky	–	–
V3	Jáhlové vločky	671 ± 24	9
V4	Pohankové vločky	4130 ± 50	8
V5	Amarantové vločky	358 ± 17	14

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr \pm SD ($n=4$). 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 ($p < 0,05$).

V tabulce č. 13 jsou zaznamenány obsahy polyfenolických látek, které zůstaly v matici vloček po procesu simulace trávení *in vitro* a retenční faktory v nestráveném podílu vzorku vloček. U vzorku V2 nebylo možné naměřit výsledek vzhledem k malému množství získaného nestráveného podílu, což je dáno vysokou stravitelností rýžových vloček 99,7 %, jak již bylo uvedeno výše.

Koncentrace polyfenolických látek opět dominovala u pohankových vloček s hodnotou 4130 $\mu\text{g GAE/g}$. U pohankových vloček byla přesto stanovena nejnižší hodnota retence, a to 8 %. Z měření vyplývá, že teoreticky je při procesu trávení k dispozici 92 % polyfenolických látek pohanky. U vzorku jáhlových vloček je tomu podobně, tam je retence 9 %. Nejnižší hodnoty polyfenolů byly naměřeny u vzorku ovesných vloček, a to 300 $\mu\text{g GAE/g}$ a následně u amarantových 358 $\mu\text{g GAE/g}$ s retenčními faktory 15 a 14 %. Podobná studie ještě na matici vloček nebyla dělána, takže je obtížné výsledky srovnat s literaturou.

Biologická dostupnost látek je charakterizována množstvím vstřebaným, vzhledem k velikosti dávky podávané. Může být ovlivněna faktory, jako jsou interakce fenolytických látek s dalšími složky potravy, což může způsobovat snižování dostupnosti. Obecně je za trávení polyfenolů zodpovědná i přítomnost faktorů fyzikálně-chemických jako je teplota,

pH, rychlost absorpce nebo působení aktivity enzymů. Tyto důvody mohou být poté příčinou rozdílných obsahů celkových polyfenolických látek v potravě nativních vzorcích a po procesu strávení (Seczyk et al., 2021).

ZÁVĚR

Předložená práce se zabývala bezlepkovými vločkami s důrazem na jejich nutriční složení. Vločky jsou běžně konzumovaný produkt, který tvoří hlavní složku cereálních směsí, a ty se neustále vyvíjí na základě požadavků konzumentů. Jednou z metod jejich obohacení je začlenění kromě obilovin i obiloviny netradiční.

V první části (teoretické) bylo charakterizováno pět druhů zrn z cereálií a pseudocereálií, ze kterých se vyrábí bezlepkové vločky. V dalším kroku byla popsána technologie zpracování vloček hydrotermálním ošetřením a extruzí.

V druhé části (experimentální) byla provedena analýza (vlhkosti, popela, bílkovin, tuku, celkových polyfenolů, antioxidační aktivity a neutrálně-detergentní vlákniny (NDF)). Dále byla provedena analýza bílkovin, NDF, celkových polyfenolů a antioxidační aktivity i v nestráveném podílu vzorku po simulaci trávení metodou *in vitro* stravitelnosti.

Výsledky obsahu vlhkosti se pohybovaly v rozmezí od 7,63–10,6 %, čímž byly naplněny požadavky vyhlášky č. 18/2020, kde je stanoven obsah vody v ovesných vločkách do 12 % a u všech ostatních do 14 %. Vymezení obsahu popela ve vločkách není legislativně stanoveno a v námi analyzovaných vzorcích byly výsledky v rozsahu od 0,52–2,73 %. Nejvyšší hodnoty dosahoval vzorek amarantových vloček a nejnižší vloček rýžových. Na obsah tuku dominovaly vzorky vloček z amarantu (6,14 %) a ovsa (5,29 %). Výsledky hrubé bílkoviny byly nejvyšší u vzorků z netradičních obilovin, naopak na bílkoviny byl chudý vzorek rýžových vloček. Rýžové vločky vykazovaly nejvyšší stravitelnost 99,7 %. Více než 90% stravitelnost měly všechny vločky, kromě amarantových. Vyšší hodnoty stravitelnosti vykazovaly korelace s nižším obsahem vlákniny. Jednoznačně nejvyšší výsledky antioxidační aktivity a obsah celkových polyfenolů byl zjištěn ve vzorku pohankových vloček (1850 $\mu\text{g TE/g}$ a 2220 $\mu\text{g GAE/g}$). U zbývajících čtyřech vzorků byly hodnoty u obou stanovení řádově nižší.

U vzorků po procesu trávení byl ke stanovovaným analýzám také vypočítán retenční faktor (RF, %) představující záchyt v nestráveném podílu vzorku, který přechází do tlustého střeva. Hodnota retenčního faktoru byla pro případ trávení bílkovin nejvyšší (11 %) u vzorku ovesných vloček a nejnižší (0,5%) u vzorku rýžových vloček. U NDF byla zjištěna nízká potenciální stravitelnost vzorků (hodnoty RF pod 30 %). Z hlediska trávení je nejlepším zdrojem antioxidantů a polyfenolických látek vzorek pohankových vloček vzhledem k zjištěným vysokým hodnotám ve vzorku, nízkému retenčnímu faktoru a stravitelnosti nad 95 %.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ARENDT, Elke K. and Emanuele ZANNINI. Cereal grains for the food and beverage industries. Oxford: Woodhead Pub., 2013, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. ISBN 978-0-85709-413-1.
2. ARFAOUI, Leila. Dietary Plant Polyphenols: Effects of Food Processing on Their Content and Bioavailability. *Molecules* [online]. 2021, 26(10) [cit. 2023-05-04]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules26102959
3. BULKOVÁ, V. Rostlinné potraviny. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdr. oborů., 2011. ISBN 978-80-7013-532-7.
4. BUREŠOVÁ, I. A LORENCOVÁ E. Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin. Zlín: UTB, Zlín, 2013. ISBN 978-80-7454-278-7.
5. ČESKO. Vyhláška č. 18/2020 Sb., o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-18>
6. ČSN EN ISO 20483. Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíku a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Třídící znak (461401)
7. ČSN EN ISO 712. Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti - Referenční metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Třídící znak (461014)
8. ČSN ISO 2171. Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich - Stanovení obsahu popela spalováním. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008. Třídící znak (461019)
9. DAS, Saurav, Rituraj KHOOND, Meenakshi SANTRA a Dipak SANTRA. Beyond Bird Feed: Proso Millet for Human Health and Environment. *Agriculture* [online]. 2019, 9(3) [cit. 2023-03-10]. ISSN 2077-0472. Dostupné z: doi:10.3390/agriculture9030064
10. DOSTÁLOVÁ, Radmila et al., 2016. Jak poznáme kvalitu: Obiloviny a luštěniny. Praha: Potravinářská komora České republiky. ISBN 978-80-88019-09-1.
10. ED NIGNPENSE, Borkwei, Nidhish FRANCIS, Christopher BLANCHARD a Abishek Bommannan SANTHAKUMAR. Bioaccessibility and Bioactivity of Cereal Polyphenols: A Review. *Foods* [online]. 2021, 10(7) [cit. 2023-04-10]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10071595

11. FRØLICH, Wenche, Per ÅMAN a Inge TETENS. Whole grain foods and health – a Scandinavian perspective. *Food & Nutrition Research* [online]. [cit. 2023-02-09]. 2017, 57(1) ISSN 1654-6628. Dostupné z: doi:10.3402/fnr.v57i0.18503b
12. FULLER, Dorian. (2019). *Millet Atlas. Some Identification Guidance* (3rd revision, 2017). [online]. [cit. 2023-03-8]. Dostupné z Doi: 10.13140/RG.2.2.12849.02406
13. GABROVSKÁ, Dana et al. 2015. *Obiloviny v lidské výživě: stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku*. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platform a pro potraviny. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-87250-28-0
14. GAJDOŠOVÁ, A., ŠTURDÍK, E. Biologické, chemické a nutrično-zdravotné charakteristiky pekářských cereálií, *Nová Biotechnologica*. 2004, s. 133-151 [online]. [cit. 2023-4-02]. Dostupné z: <https://docplayer.net/30494642-Biologicke-chemicke-a-nutricno-zdravotne-charakteristiky-pekarskych-cerealii.html>
15. GEALY, D.R., BRYANT, R.J., 2009. Seed physicochemical characteristics of field-grown US weedy red rice (*Oryza sativa*) biotypes: contrasts with commercial cultivars. *Journal of Cereal Science* 49, 239–245. March 2009. [online]. [cit. 2022-03-11]. Dostupné z doi:10.1016/j.jcs.2008.10.007
16. GORINSTEIN, S., VARGAS, Ó.J., JARAMILLO, N.O., SALAS, I.A., AYALA, A.L., ARANCIBIA-AVILA, P., TOLEDO, F., KATRICH, E., & TRAKHTENBERG, S. (2007). *The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals*. *European Food Research and Technology*, 225, 321-328 [online]. [cit. 2022-05-01]. Dostupné z doi: 10.1007/s00217-006-0417-7
17. HABİYAREMYE C, MATANGUIHAN JB, D'ALPOIM GUEDES J, GANJYAL GM, WHITEMAN MR, KIDWELL KK AND MURPHY KM (2017) Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) and Its Potential for Cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: A Review. *Front. Plant Sci.* 7:1961. [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z doi: 10.3389/fpls.2016.01961
18. HLINKOVÁ, A., BEDNÁROVÁ a., HAVRLETOVÁ, M., ŠUPOVÁ, J., ČIČOVÁ, I., Evaluation of fatty acid composition among selected amaranth grains grown in two consecutive years. *Biologia* 2013, 68(4) [online]. [cit. 2023-02-13]. ISSN 1336-9563. Dostupné z doi: 10.2478/s11756-013-0190-6

19. HON Zdeněk a PATOČKA Jiří. POHANKA JAKO FUNKČNÍ POTRAVINA Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, katedra radiologie a toxikologie, 2008, s. 1-3[cit. 2023-04-30]. ISSN 1212-4117 [online]. Dostupné z: file:///C:/Users/tomas/Downloads/Pohanka_jako_funkcni_potravina.pdf
20. HORÁKOVÁ, Petra. *Výroba netradičních müsli směsí a stanovení jejich základních nutričních parametrů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018, 78 s. (121 691 znaků). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/42760>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin. Vedoucí práce Sumczynski, Daniela. (obrázek)
21. HRABĚ, J., BUŇKA F., IGNÁC H., *Technologie výroby potravin rostlinného původu: pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-520-6.
22. IJI, Paul, Apeh OMEDE, Medani ABDALLH a Emmanuel AHIWE. The role of specific cereal grain dietary components in poultry gut function. In: RICKE, Steven C., ed. *Improving gut health in poultry* [online]. Burleigh Dodds Science Publishing, 2019, 2019-11-26, s. 493-514 [cit. 2023-04-10]. Burleigh Dodds Series in Agricultural Science. ISBN 9781786763044. Dostupné z: [doi:10.19103/AS.2019.0059.23](https://doi.org/10.19103/AS.2019.0059.23)
23. JAKOBEK, L., ŠERUGA, M., NOVAK, I., and MEDVIDOVIĆ-KOSANOVIĆ, M., (2007). [online]. Flavonols, Phenolic Acids and Antioxidant Activity of Some Red Fruits. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau: Zeitschrift für Lebensmittelkunde und Lebensmittelrecht*. 103. 1-10. [cit. 2023-04-22]. Dostupné z https://bib.irb.hr/datoteka/321086.Jakobek.L._DLR_10382007_369-378.PDF.
24. KADLEC, Pavel. *Technologie potravin. I*. Praha: VŠCHT 2002. ISBN 80-7080-509-9.
25. KENT, Normal Leslie and A.D. EVERS. *Kent's Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture*. 4th ed. Exeter, UK: BPC Wheatons Ltd. ©1994. ISBN 978-1-59124-108-9
26. KIEWLICZ, Justyna a Iga RYBICKA. Minerals and their bioavailability in relation to dietary fiber, phytates and tannins from gluten and gluten-free flakes. *Food Chemistry* [online]. 2020, 305 [cit. 2023-05-8]. ISSN 03088146. Dostupné z: [doi:10.1016/j.foodchem.2019.125452](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125452)

27. KIM, Il-Sup, Cher-Won HWANG, Woong-Suk YANG a Cheorl-Ho KIM. Multiple Antioxidative and Bioactive Molecules of Oats (*Avena sativa* L.) in Human Health. *Antioxidants* [online]. 2021, 10(9) [cit. 2023-03-10]. ISSN 2076-3921. Dostupné z: doi:10.3390/antiox10091454
28. KOLÁČKOVÁ, Tereza, Kateřina KOLOFIKOVÁ, Irena SYTAŘOVÁ, Lukáš SNOPEK, Daniela SUMCZYNSKI a Jana ORSAVOVÁ. Matcha Tea: Analysis of Nutritional Composition, Phenolics and Antioxidant Activity. *Plant Foods for Human Nutrition* [online]. 2020, 75(1), 48-53 [cit. 2023-05-02]. ISSN 0921-9668. Dostupné z: doi:10.1007/s11130-019-00777-z
29. KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha: ISBN 978-80-7271-184-0
30. KUČEROVÁ, Jindřiška. *Technologie cereálií*. Druhé přepracované vydání. V Brně: Mendelova univerzita, 2016. ISBN 978-80-7509-442-1.
31. KUMARI, Anita a Harinder Kumar CHAUDHARY. Nutraceutical crop buckwheat: a concealed wealth in the lap of Himalayas. *Critical Reviews in Biotechnology* [online]. 2020, 40(4), 539-554 [cit. 2023-04-10]. ISSN 0738-8551. Dostupné z: doi:10.1080/07388551.2020.1747387
32. LI, Fu-hua, Ya YUAN, Xiao-lan YANG, Shu-ying TAO a Jian MING. Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Möench and *Fagopyrum tartaricum* L. Gaerth) Hulls, Brans and Flours. *Journal of Integrative Agriculture* [online]. 2013, 12(9), 1684-1693 [cit. 2023-04-11]. ISSN 20953119. Dostupné z: doi:10.1016/S2095-3119(13)60371-8
33. MACAGNAN, Fernanda Teixeira, Leila Picolli DA SILVA a Luisa Helena HECKTHEUER. Dietary fibre: The scientific search for an ideal definition and methodology of analysis, and its physiological importance as a carrier of bioactive compounds. *Food Research International* [online]. 2016, 85, 144-154 [cit. 2023-05-01]. ISSN 09639969, Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.032>
34. MALÍŘ, František, Vratislav PSOTA, Tomáš ROUBAL, Jan SEVERA, Jan MAREČEK a Květoslav HUBÍK, 2001: Plísně a mykotoxiny v cereáliích a pivovarských surovinách, zásady způsobu odběru vzorků ke stanovení mykotoxinů. *Kvasný průmysl*. sv. 47, č. 6, s. 172-173. ISSN 0023-5830

35. MCKEVITH, Brigid. Nutritional aspects of cereals. Nutrition Bulletin [online]. 2004, 29(2), 111-142 [cit. 2023-03-25]. ISSN 1471-9827. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2004.00418.x.
36. MIŠURCOVÁ, Ladislava et al. *Nitrogen content, dietary fiber, and digestibility in algal food products*. Czech Journal of Food Sciences [online]. 2010, vol. 28, iss. 1, s. 27–35. [cit. 2023-05-03] ISSN 1212-1800.
37. MIŠURCOVÁ, Ladislava. *Nové nutriční aspekty a využití mořských řas a sladkovodních řas ve výživě člověka* [online]. Zlín, 2008. Dizertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc. [cit. 2023-05-03] Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/5950>
38. MORRIS, Peter C. and James H. BRYCE. Cereal Biotechnology. 1st ed. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited. ©2002. ISBN 978-1-85-573627-6. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpCB000001/viewerType:toc/root_slug:cereal_biotechnology
39. PAŽOUT, V., HEMALOVÁ V., a ALDORFOVÁ M., *Hygiena a technologie vegetabilních produktů: hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků, pekárenských výrobků, těst a těstovin*. 1. vydání Brno: VFU Brno, 2012, ISBN 978-80-7305-603-2.
40. PEKOVÁ, Andrea. *Oves a žito ve zdravé kuchyni: [teplé a studené pokrmy, pečivo - müsli - dezerty]*. Čestlice: Pavla Momčilová - Medica Publishing, [2002]. Sešity zdravé výživy. ISBN 80-85936-42-9.
41. PRUGAR, Jaroslav. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 2008. ISBN 978-80-86576-28-2
42. PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M., a SKŘIVAN P., *Cereální chemie a technologie I. Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, 2003, ISBN 80-7080-530-7
43. RAO, U.J.S. Prasada et al. Changes in protein characteristics during the processing of wheat into flakes. European Food Research and Technology [online]. 2002, vol. 215, iss. 4, s. 322–326. [cit. 2023-04-02]. ISSN 1438-2377. Dostupné z doi: 10.1007/s00217-002-0553-7

44. REIN, Maarit J., Mathieu RENOUF, Cristina CRUZ-HERNANDEZ, Lucas ACTIS-GORETTA, Sagar K. THAKKAR a Marcia DA SILVA PINTO. Bioavailability of bioactive food compounds: a challenging journey to bioefficacy. *British Journal of Clinical Pharmacology* [online]. 2013, 75(3), 588-602 [cit. 2023-05-07]. ISSN 03065251. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2125.2012.04425.x
45. SAHA, Dipnarayan, M. V. Channabyre GOWDA, Lalit ARYA, Manjusha VERMA a Kailash C. BANSAL. Genetic and Genomic Resources of Small Millets. *Critical Reviews in Plant Sciences* [online]. 2016, 35(1), 56-79 [cit. 2023-04-10]. ISSN 0735-2689. Dostupné z: doi:10.1080/07352689.2016.1147907
46. SEĆZYK, Łukasz, Danuta SUGIER, Michał ŚWIECA a Urszula GAWLIK-DZIKI. The effect of in vitro digestion, food matrix, and hydrothermal treatment on the potential bioaccessibility of selected phenolic compounds. *Food Chemistry* [online]. 2021, 344 [cit. 2023-04-01]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2020.128581
47. SHAHIDI, F. a P. AMBIGAIPALAN, 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods* [online]. [cit. 2023-03-03]. 18, 820-897 ISSN 17564646. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2015.06.018
48. SLUKOVÁ, M., SKŘIVAN P. a HRUŠKOVÁ M. Cereální chemie a technologie: zpracování obilovin - mlýnská a těstářenská výroba. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2017. ISBN 978-80-7592-000-3.
49. Stallknecht, G.F. and J.R. Schulz-Schaeffer. 1993. Amaranth rediscovered. p. 211-218. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York. [online]. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <http://www.ask-force.org/web/Feral-New/Stallknecht-Amaranth-1993.pdf>
50. SUMCZYNSKI, Daniela a Zuzana BUBELOVÁ. Stanovení nutričních charakteristik, vlákniny a stravitelnosti barevných druhů rýže. *Chemické listy*. [online]. 2015, vol. 109, iss. 2, s. 147-150. [online]. [cit. 2023-05-03]. ISSN 0009-2770. Dostupné z: <http://publikace.k.utb.cz/handle/10563/1004293>
51. SUMCZYNSKI, Daniela. Jakost netradičních surovin a jejich využitelnost v technologii výroby cereálních směsí, 2016 [online]. [cit. 2023-02-25] Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/50087/sumczynski_2017_hp.pdf?sequence=5&isAllowed=y

52. SVOBODA, Petr. *Stravitelnost netradičních cereálií*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011, 63 s. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie a mikrobiologie potravin. Vedoucí práce Sumczynski, Daniela. [online]. [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/15808>.
53. ŠKROVÁNKOVÁ, Soňa, Dagmar VÁLKOVÁ a Jiří MLČEK. Polyphenols and antioxidant activity in pseudocereals and their products. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* [online]. 2020, vol. 14, s. 365-370. [cit. 2023-05-03]. ISSN 1338-0230. Dostupné z: <https://publikace.k.utb.cz/handle/10563/1009879>
54. ŠNOBL, J., PULKRÁBEK, J. 2007. *Základy rostlinné produkce*. Praha: Fakultaagrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze, 2007. ISBN 978-80-213-1340-8.
55. ŠPALDON, Emil. *Rostlinná výroba: vysokoškolská učebnica pre vysoké školy poľnohospodárske*. Bratislava: Príroda, 1982.
56. TAUFEROVÁ, Alexandra. *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II.* Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-692-6.
57. VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6
58. XU, Jingwen, Yiqin ZHANG, Weiqun WANG a Yonghui LI. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2020, 103, 200-213 [cit. 2023-04-10]. ISSN 09242244. Dostupné z: [doi:10.1016/j.tifs.2020.07.017](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.017)
59. ZHU, F. Amaranth proteins and peptides: Biological properties and food uses, *Food Research International*, Volume 164, 2023, ISSN 0963-9969, [online]. [cit. 2023-02-20]. Dostupné z [doi: 10.1016/j.foodres.2022.112405](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112405)
60. ZUJKO, Malgorzata E. a Anna M. WITKOWSKA. Antioxidant Potential and Polyphenol Content of Selected Food. *International Journal of Food Properties* [online]. 2011, 14(2), 300-308 [cit. 2023-04-21]. ISSN 1094-2912. Dostupné z: [10.1080/10942910903176584](https://doi.org/10.1080/10942910903176584).

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Stavba obilného zrna (Iji et al., 2019).....	21
Obrázek 2: Druhy bezlepkových vloček (https://www.afit.cz/blog/jak-si-pripravit-cerealni-kasi/).....	23
Obrázek 3: Ovesné zrna (https://www.svoboda-frankova.cz/produkt/4919-oat?%20-)	24
Obrázek 4: Ovesné vločky (https://www.balicekzdravi.cz/bio-ovesne-vlocky)	24
Obrázek 5: Rýžové zrna (https://eshop.mamechut.cz/kulatozrnna-ryze-bila-bio/).....	26
Obrázek 6: Rýžové vločky (https://www.svoboda-frankova.cz/produkt/5311-ryzove-vlocky)	26
Obrázek 7: Prosné zrna (https://www.zdravejedlo.sk/proso)	27
Obrázek 8: Jáhlové zrna (https://www.bezva-zdravi.cz/lusteniny--obiloviny/jahly/).....	28
Obrázek 9: Jáhlové vločky (https://www.herbslife.cz/vlocky-a-kase/jahlove-vlocky/).....	28
Obrázek 10: Pohankové zrna (https://www.awashop.cz/vyberte-si-prosim-z-nasi-soucasne-nabidky-c681/).....	29
Obrázek 11: Pohankové vločky (https://www.herbslife.cz/vlocky-a-kase/pohankove-instantni-vlocky/).....	29
Obrázek 12: Amarant zrna (https://www.zdravelevne.cz/susene-ovoce--orechy--seminka--speciality/amarant-zrno-1-kg/).....	31
Obrázek 13: Amarantové vločky (https://www.grizly.cz/grizly-vlocky-amarantove-jemne-bio-1000-g)	31
Obrázek 14: Postupy výroby vloček Upraveno dle: (Sumczynski, 2016).....	33
Obrázek 15: Znázornění postupů výroby vloček extruzí Upraveno dle: (Horáková, 2018)	37
Obrázek 16: Vzorčky vysušených namletých vloček (Foto: Lenka Tomášková) (zleva shora ovesné, rýžové, jáhlové, amarantové a pohankové vločky)	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Seznam vzorků	42
Tabulka 2: Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny.....	52
Tabulka 3: Výsledky stanovení popela	54
Tabulka 4: Výsledky stanovení obsahu hrubé bílkoviny	55
Tabulka 5: Výsledky stanovení obsahu lipidů	56
Tabulka 6: Výsledky antioxidační aktivity stan. metodou se zhášením radikálu DPPH.....	58
Tabulka 7: Výsledky stanovení celkových polyfenolů.....	59
Tabulka 8: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny	60
Tabulka 9: Výsledky stanovení stravitelnosti	62
Tabulka 10: Výsledky stanovení obsahu hrubé bílkoviny v nestráveném podílu vzorku ...	63
Tabulka 11: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny v nestráveném podílu vzorku	64
Tabulka 12: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou se zhášením radikálu DPPH v nestráveném podílu vzorku.....	65
Tabulka 13: Výsledky stanovení celkových polyfenolů v nestráveném podílu vzorků	66

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Kalibrační křivka vyjadřující závislost inaktivace na koncentraci troloxu	57
Graf 2: Kalibrační křivka vyjadřující závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové	59

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	České technická norma
S.D.	Směrodatná odchylka
DMD	Stravitelnost sušiny
OMD	Stravitelnost organické hmoty
DEEC	Direct expansion extrusion-cooking process
PFEC	Pellet to flaking extrusion-cooking process
NDF	Neutrálně-detengerní vlákni
RF	Retenční faktor