

# **Stanovení vlákniny a polyfenolů netradičních mouk a jejich stravitelnost**

Bc. Denisa Holečková

---

Diplomová práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Denisa Holečková  
Osobní číslo: T20819  
Studijní program: N0721A210004 Technologie potravin  
Forma studia: Kombinovaná  
Téma práce: Stanovení vlákniny a polyfenolů netradičních mouk a jejich stravitelnost

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

1. Charakterizovat jiné než obilné mouky, zaměřit se na jejich chemické složení a využití v potravinářství.

### II. Experimentální část

1. U předložených netradičních mouk stanovit vlákninu, polyfenoly a stravitelnost, připravit nestravitelný podíl a v něm provést stanovení polyfenolů.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] do Prado Ferreira, M. and Teixeira Tarley, C.R. (2020). Assessment of in vitro bioaccessibility of macrominerals and trace elements in green banana flour. *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103586
- [2] Campuzano, A., Rosell, C.M., Comejo, F. (2018). Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chemistry*, 256, 11-17
- [3] Aydin, E. and Gocmen, D. (2015). The influence of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. *LWT – Food Science and Technology*, 60, 385-392.

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

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

## 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 Zlině 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 Zlině, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlině na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlině 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, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem 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 Zlině dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce stručně charakterizuje obiloviny a mouky používané běžně pro výrobu pečiva a podrobněji se zabývá netradičními moukami ze surovin jako jsou banány, dýňová, ostropestřcová, lněná a hroznová semena. Praktická část diplomové práce je zaměřena na stanovení sušiny, popela, neutrálně-detergentní vlákniny, celkových polyfenolů a *in vitro* stravitelnosti ve vzorcích netradičních mouk před i po procesu trávení. Nejvyšší obsah vlákniny obsahoval vzorek mouky z hroznových jader, nejméně vzorek banánové mouky. Nejlépe stravitelné byly banánová a dýňová mouka naopak nejhůře stravitelná byla mouka hroznová. Nejvyšší obsah polyfenolů byl naměřen v hroznové mouce, bohužel tato mouka měla i nejvyšší retenci polyfenolů v nestráveném podílu. Nejnižší podíl retence polyfenolických látek a tedy jejich potenciální nejvyšší dostupnost při trávení měl vzorek banánové mouky.

Klíčová slova: *in vitro* stravitelnost, neutrálně-detergentní vláknina, polyfenol, netradiční mouka, banán, dýně, ostropestřec, lněné semínko, hroznová jádérka

## ABSTRACT

The theoretical part briefly summarizes characteristics of cereals and flours commonly used for the production of bread and deals in more detail with non-traditional flours made of banana, pumpkin seed, milk thistle seed, flaxseed and grape seed. The experimental part of this thesis focuses on the determination of dry matter, ash, neutral-detergent fiber, total polyphenols and *in vitro* digestibility in samples of non-traditional flour before and after the digestion process. The highest fiber content was assessed in the grape seed flour sample, the lowest in the banana flour sample. The highest values of digestibility were evaluated in case of banana and pumpkin flour, while grape flour was least digestible. The highest content of polyphenols was measured in grape flour, unfortunately this flour also had the highest retention of phenolics in undigested part. Regarding the lowest retention of polyphenolics and thus their resulting potential better availability banana flour seems to be the best across all samples.

Keywords: *in vitro* digestibility, neutral-detergent fiber, polyphenol, non-traditional flour, banana, pumpkin, milk thistle, flaxseed, grape seed

Ráda bych poděkovala vedoucí své diplomové práce paní doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při řešení této práce.

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

# OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA KLASICKÝCH MOUK A SUROVIN .....</b>	<b>11</b>
1.1 VYMEZENÍ MOUKY PODLE ČESKÉ LEGISLATIVY.....	11
1.2 SUROVINY .....	11
1.2.1 Pšenice setá ( <i>Triticum aestivum</i> L.) .....	12
1.2.2 Žito seté ( <i>Secale cereale</i> L.).....	12
1.2.3 Rýže ( <i>Oryza sativa</i> L.) .....	13
1.2.4 Kukuřice ( <i>Zea mays</i> ) .....	13
<b>2 MOUKY Z NETRADIČNÍCH SUROVIN A JEJICH CHARAKTERISTIKA .....</b>	<b>14</b>
2.1 BANÁNOVÁ MOUKA .....	14
2.1.1 Banány.....	14
2.1.2 Bioaktivní látky v banánech.....	14
2.1.3 Výroba.....	15
2.1.4 Použití .....	15
2.2 DÝŇOVÁ MOUKA.....	15
2.2.1 Dýně .....	15
2.2.2 Dýňová semena .....	16
2.2.3 Výroba.....	16
2.2.4 Použití .....	16
2.3 MOUKA Z HROZNOVÝCH JADÉREK .....	16
2.3.1 Hroznová semena .....	16
2.3.2 Výroba.....	16
2.3.3 Použití .....	17
2.4 OSTROPESTRČOVÁ MOUKA.....	17
2.4.1 Ostropestřec mariánský .....	17
2.4.2 Semena .....	17
2.4.3 Použití .....	17
2.5 LNĚNÁ MOUKA .....	18
2.5.1 Len setý .....	18
2.5.2 Semena .....	18
2.5.3 Výroba.....	19
2.5.4 Použití .....	19
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>20</b>
<b>3 CÍL PRÁCE .....</b>	<b>21</b>
<b>4 MATERIÁL A METODIKA .....</b>	<b>22</b>
4.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	22
4.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE .....	22

4.3	POUŽITÉ VZORKY .....	23
4.4	STANOVENÍ VLHKOSTI.....	24
4.5	STANOVENÍ POPELA.....	25
4.6	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI TECHNIKOU <i>IN VITRO</i> .....	25
4.6.1	Příprava nestráveného podílu netradičních mouk .....	27
4.7	STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY .....	27
4.8	STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ .....	28
4.8.1	Extrakce volných polyfenolů .....	29
4.8.2	Extrakce vázaných polyfenolů .....	29
4.8.3	Vlastní stanovení celkových TPC (polyfenolů) .....	29
4.9	STATISTIKA .....	30
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>31</b>
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY A POPELA .....	31
5.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI .....	33
5.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY.....	34
5.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ .....	35
5.5	VÝPOČET RETENČNÍCH FAKTORŮ .....	38
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>40</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>41</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>47</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>49</b>



## ÚVOD

Pečivo je součástí našeho každodenního jídelníčku, protože je snadno dostupné. Základem běžného pečiva je obilná mouka, nejčastěji pšeničná, pšenično-žitná a tuk. Běžně konzumované pečivo obsahuje většinou vyšší podíl škrobu, až na výjimky nižší podíl vlákniny a bílkovin. V závislosti na stupni vymletí zrn potom také vitamíny B-komplexu a minerální látky.

Složení výrobků je možné nutričně vylepšit přidavkem jiných druhů mouk a obohatit tak náš běžný jídelníček. Tyto mouky mohou být vyrobeny z méně obvyklých surovin, které jsou bohatší v obsahu vlákniny, antioxidantů, minerálních prvků a jsou například i přirozeně bezlepkové, mohou tak být součástí i bezlepkových směsí. Mouky mohou být vyrobeny z pokrutin, což jsou vedlejší produkty po vylisování oleje ze semen, ale stále bohaté na prospěšné složky. Tyto mouky mohou mít vliv i na sensorické vlastnosti výrobků. Mohou podpořit jejich barvu a chuť.

Mezi netradiční surovinové komponenty lze zařadit například banány, dýňová, ostropestřcová, lněná semínka, jádérka révy vinné či semena jiných rostlin. Práce je zaměřená na stanovení stravitelnosti, vlákniny a celkových polyfenolů právě u mouk vyrobených z banánů, dýňových, lněných, hroznových a ostropestřcových semínek. Tyto mohou být surovinovou skladbou, která by mohla přinést konečnému výrobku vyšší nutriční benefit.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 CHARAKTERISTIKA KLASICKÝCH MOUK A SUROVIN

## 1.1 Vymezení mouky podle české legislativy

Charakteristika obilných mouk je podle Vyhlášky č. 18 (2020) o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta následující:

- mouka je mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilného zrna, pseudoobilovin nebo rýže a tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu použitých obilovin, pseudoobilovin nebo rýže,
- mlýnské obilné výrobky jsou výrobky získané zpracováním jednoho nebo více botanických druhů obilovin, pohanky nebo jiných pseudoobilovin nebo rýže vícestupňovým mlýnským postupem; mlýnskými obilnými výrobky nejsou škrob a vitální lepek.

Členění mouk na podskupiny je podle granulace a množství minerálních látek (popelé) v sušině: hladká, polohrubá, hrubá, celozrnná a grahamová mouka.

Celozrnná mouka obsahuje i obalové vrstvy – otruby a někdy i klíček, které obsahují vyšší množství vitaminů skupiny B, E a stopových prvků (Kumar, 2011).

Vyhláška č. 329 (1997) pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena charakterizuje luštěninovou mouku jako výrobek z loupané luštěniny mleté na stejnorodý prášek, který dále může být tříděný podle velikosti částic, mouka ze sóji je odhořčená.

## 1.2 Suroviny

Typickými surovinami pro výrobu mouky jsou obiloviny (pšenice, žito, oves, ječmen, kukuřice, rýže a další). Pro výrobu mouky se používá obilka – suchý plod. Složení obilky je následující: sacharidy v podobě škrobu (60–70 %), bílkoviny (6–12 %), tuky (1–3 %), v minoritním množství jsou zastoupeny vitaminy a minerální látky (Tichá a Vyzínová, 2006).

Bílkoviny obilného zrna (hlavně pšenice, ječmene, žita a ovsa) mají specifický význam, protože obsahují prolaminy, u pšenice označované jako lepek. Lepkové bílkoviny jsou důležité pro výrobu pečiva, ve vodě bobtnají a vytváří souvislou síť v těstě. Tím zajišťují jeho vhodnou konzistenci pro kynutí a strukturu výsledného produktu (Shewry, 2019). Obiloviny obsahující lepek se řadí mezi alergeny dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169 (2011) o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Některé

osoby mohou trpět nesnášenlivostí lepku, což je autoimunitní onemocnění známé jako celiakie (Shewry, 2019). Pseudobiloviny jsou tudíž oblíbenou surovinou zejména pro lidi, kteří mají bezlepkovou dietu, protože jen v malé míře nebo vůbec neobsahují prolaminy. Do této kategorie patří pohanka, amarant, quinoa a další (Tauferová et al., 2014). Další skupinou bezlepkových surovin jsou luštěniny (sója, hrách, fazole, čočka a další). Jsou to vyluštěná zralá semena luskovin. Obsahují vyšší množství bílkovin (20–25 %) a nižší množství tuku (1,0–1,5 %), kromě sóji a cizrny (Tauferová et al., 2014). Problém luštěnin je vysoký obsah antinutričních látek oproti obilovinám, které si rostlina přirozeně tvoří jako ochranu před škůdci. Tyto látky mohou vyvolat u konzumentů negativní odezvu. Patří mezi ně lektiny, fytáty, kyanogenní glykosidy, inhibitory proteáz, antivitaminy a saponiny. Obsahují je syrové plody a jejich aktivitu lze potlačit technologickými postupy při zpracování. Inaktivace antinutričních látek může být provedena tepelnou úpravou (teplotou a vyluhováním do vody), fermentací nebo klíčením. V posledních letech je snaha vyšlechtit odrůdy plodin bez obsahu těchto látek (Bora, 2014).

### 1.2.1 Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.)

Je jednou z nejstarších obilovin, která je dominantní zejména v zemích mírného pásu, patří mezi tři nejpěstovanější druhy obilovin ve světě (další dva jsou rýže a kukuřice). Nejčastější využití je výroba mouky na chleba, pečivo, těstoviny a také jako krmivo pro hospodářská zvířata (Shewry, 2009). Zrno obsahuje asi 78 % sacharidů, 15 % bílkovin, 2 % tuků a vitaminy (vitaminy skupiny B) a minerální prvky (zinek a železo) (Kumar, 2011).

Dalšími druhy jsou pšenice tvrdá, špalda nebo kamut. Pšenice tvrdá (*Triticum durum* Desf.) má tvrdý endosperm a vysoký obsah bílkovin (12–16 %). Krupice z ní vyrobená se nazývá semolina a vyrábí se z ní klasické těstoviny nebo kuskus. Pšenice špalda a kamut jsou staršími, v dnešní době minoritními odrůdami, avšak z pohledu výživy obsahují vyšší obsahy minerálních látek, vitaminů, esenciálních aminokyselin a polyfenolů v porovnání s pšenicí obecnou (Dostálová et al., 2016).

Nejbohatší na bioaktivní látky je pšeničná mouka celozrnná, obsahuje karotenoidy, fytosteroly, tokoferoly a fenolické látky s antioxidační aktivitou (Luthria et al., 2015).

### 1.2.2 Žito seté (*Secale cereale* L.)

Pěstuje se nejvíce v zemích s tradicí výroby žitného a žitnopšeničného chleba, tedy i v České republice. Využívá se v potravinářství pro výrobu žitného chleba a pečiva, lihu a jako kávové

náhražky. Obilka obsahuje sacharidy (škrob 69–73 % a neškrobové polysacharidy 7,6–11,0 %), bílkoviny (6–11 %) a minoritní složky jako jsou tuky, minerální prvky a vitaminy. Bílkoviny žita nemají tak velký význam při výrobě pečiva jako u pšenice, protože nemají takovou schopnost držet strukturu těsta. Tuto funkci v těstě z žitné mouky pomáhá zajišťovat škrob a arabinoxylany, které pozitivně ovlivňují viskozitu a kvalitu těsta. Arabinoxylany jsou složkou vlákniny žitných zrn (Deleu et al., 2020; Dostálová et al., 2016).

### 1.2.3 Rýže (*Oryza sativa* L.)

Je nejrozšířenější obilovinou na světě a v asijských zemích je základní potravinou. Existuje několik druhů rýže, které se liší velikostí a tvarem zrn, chutí, vůní i vlastnostmi po uvaření (Dostálová et al., 2016). Je bohatým zdrojem sacharidů (tvoří až 80 % zrna, primární je škrob) a obsahuje nižší množství bílkovin (8–10 %), tuků (2 %) a vitaminů, z minerálních prvků je zastoupen vápník, hořčík a fosfor. Výhodou pro konzumenty rýže je její dobrá stravitelnost a nepřítomnost lepkových bílkovin. Rýžová mouka bývá často součástí bezlepkových směsí (Verma a Srivastav, 2020).

### 1.2.4 Kukuřice (*Zea mays*)

Kukuřice má původ v Mexiku a její pěstování se rozšířilo po celém světě. Typickou barvou zrn je žlutá, která je způsobena přítomností  $\beta$ -karotenů a xantofylů. Avšak existuje mnoho odrůd různých barev (od bílé, přes červenou až po černou) a vlastností. Nejčastějšími výrobky z kukuřice v potravinářském průmyslu jsou bezlepková mouka, cornflakes, extrudované výrobky a popcorn. Její další využití je jako krmivo pro zvířata, pro výrobu škrobu nebo etanolu. Zrno obsahuje škrob (72 %), bílkoviny (10 %), tuky (4 %), minerální látky a vitaminy (Dostálová et al., 2016; Ranum et al., 2014).

## 2 MOUKY Z NETRADIČNÍCH SUROVIN A JEJICH CHARAKTERISTIKA

V rámci diplomové práce byly použity další suroviny, které se používají jako náhražky mouk, a také se pod tímto obchodním názvem objevují na pultech prodejen. Pro tuto práci byly vybrány mouky banánová, dýňová, ostropestřcová, hroznová a hnědá lněná.

### 2.1 Banánová mouka

#### 2.1.1 Banány

Pěstují se ve více než 150 zemích světa v tropických a subtropických oblastech. Na banánovníku (nejčastěji kříženci druhů *Musa acuminata* a *Musa balbisiana*) se ze samičích květů vyvinou plody, které tvoří jednotlivé trsy. Plody se řadí mezi bobule. Mají válcovitý tvar 3–40 cm dlouhý a 2–8 cm široký. Slupka je tvořena květním lůžkem a vnější vrstvou oplodí, dužina je tvořena hlavně vnitřní vrstvou oplodí. Ovoce určené pro vývoz se sklízí před plnou zralostí (asi ve  $\frac{3}{4}$  plné zralosti), kdežto ovoce pro místní trh se sklízí v plné zralosti. Sklizeň se provádí ručně odřezáváním trsů z banánovníku. S plody musí být zacházeno šetrně, protože jinak se na povrchu vytváří tmavé skvrny (Siddiq et al., 2020). Banány patří mezi exotické ovoce, které se konzumuje většinou čerstvé. Lze je zpracovávat i na produkty jako je pyrė, džus nebo sušené výrobky (Siddiq et al., 2020).

Mouka je produkt, který může prodloužit jejich udržitelnost a dostupnost, zjednodušit přepravu a při použití správné technologie si udrží svoje vlastnosti (Wibowo et al., 2021).

#### 2.1.2 Bioaktivní látky v banánech

Banány jsou zdrojem cenných přírodních látek jako je vláknina, minerální látky, vitaminy, fenoly, karotenoidy a fytosteroly (Siddiq et al., 2020).

Fenolické sloučeniny jsou v banánech zastoupeny převážně ve formě flavonoidů (např. rutinu), které mají antioxidační účinky. Dále jsou zde přítomny katechiny nebo polyfenolické kyseliny (např. kyselina gallová). Jejich obsah je ovlivněn i odrůdou a fází zralosti (Siddiq et al., 2020).

Fytosteroly jsou významné pro svou schopnost snižovat hladinu cholesterolu, mají podobnou strukturu a tím snižují jeho absorpci ve střevě. Zastoupené v banánových plodech jsou hlavně sitosteryl glukosid, kampesterol,  $\beta$ -sitosterol a stigmasterol (Siddiq et al., 2020).

Z vitaminů jsou zastoupeny C a B<sub>6</sub> a prekurzory vitamínu A ( $\alpha$ - a  $\beta$ -karoten). Množství obsažených vitaminů závisí na kultivaru banánovníku a fázi zralosti.  $\beta$ -karoten může dosahovat koncentrací 3,89–61,4  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  v čerstvé hmotě (Siddiq et al., 2020). Při analýze minerálních prvků bylo zjištěno nejvyšší zastoupení draslíku, vápníku a hořčíku (Nadeeshani et al., 2021).

### 2.1.3 Výroba

Syrové oloupané nakrájené banány se usuší a pomelou. Před sušením mohou být použity úpravy pro zachování kvality. Tyto úpravy kontrolují enzymatické reakce, neenzymatické hnědnutí a mikrobiální růst. Může to být blanširování, řízené sušení či máčení v roztocích, zejména kyseliny citronové, soli nebo uhličitanu vápenatého (Wibowo et al., 2021). Vedlejším produktem výroby jsou slupky. Obsahují také značné množství prospěšných látek, což je činí využitelnými ve zdravotnickém nebo kosmetickém průmyslu (Siddiq et al., 2020).

### 2.1.4 Použití

Mouka vyrobená ze zralých plodů již byla použita pro výrobu chleba jako náhrada lepku. Studie ukázala, že má dobrý potenciál, protože má dobré bobtnající vlastnosti v kombinaci se škrobem (Hosokawa et al., 2020). Při použití banánové mouky do tyčinek se zvýšil obsah bílkovin, antioxidantů, železa a draslíku, ale také tuku. Tyčinky byly navíc spotřebiteli sensoricky dobře přijímány (Habiba et al., 2021), což je nezbytná podmínka proto, aby mohla být tato surovina použita do potravin.

## 2.2 Dýňová mouka

Vyrábí se z dýňových semen nebo lze vyrobit prášek ze sušené dužiny. Je dobrým zdrojem vlákniny,  $\beta$ -karotenu a minerálních látek (Panato a Muller, 2021).

### 2.2.1 Dýně

Řadí se do čeledi tykvovité *Cucurbitaceae*, kam spadá mnoho druhů. Plody mají různé varianty, liší se velikostí, tvarem i barvou. Mohou mít od 5 do víc než 50 cm s hmotností 0,5 až 500 kg. Největším producentem je Severní Amerika. Rostliny jsou náchylné na plísně a hniloby, což může ohrožovat produkci (Babadoost a Zitter, 2009).

### 2.2.2 Dýňová semena

Dýňová semínka obsahují lipidy (48 %), esenciální mastné kyseliny (zejména kyselinu linolovou), bílkoviny (okolo 39 %), vitaminy (hlavně vitamin E) a antioxidanty ( $\alpha$ -tokoferol a  $\gamma$ -tokoferol) (Dhurve a Kumar Arora, 2021). Dále také vlákninu a minerální prvky (hořčík, železo, zinek, mangan, draslík, vápník, fosfor, měď (Sinkovič a Kolmanič, 2020).

### 2.2.3 Výroba

Z dužiny: dýně jsou očištěny, odstraní se stopky, slupka i semena a dužina se nakrájí na plátky a suší se pomocí horkého vzduchu. Nebo může být připraveno pyré pomocí mixéru, které se potom suší horkým vzduchem nebo pěnovým sušením, které je šetrnější (Panato a Muller, 2021).

Ze semen: dýňová semena se používají pro výrobu oleje, který se využívá v potravinářství. Z rozemletých semen se lisuje olej (výťažnost je 39–42 %), po lisování zůstane pokrutinový koláč, ze kterého se mletím vyrábí mouka (Sinkovič a Kolmanič, 2020).

### 2.2.4 Použití

Mouku lze použít jako doplněk do běžného pečiva nebo jiných výrobků. Je dobře sensoricky přijatelná pro svou zajímavou barvu (Panato a Muller, 2021). Takto vyrobené trvanlivé pečivo s přídavkem mouky z dýňových semínek je dobrým zdrojem bílkovin, vápníku, fosforu a hořčíku (Habiba et al., 2021).

## 2.3 Mouka z hroznových jadérek

### 2.3.1 Hroznová semena

Při výrobě vína z révy vinné (*Vitis vinifera*) se lisováním oddělí mošt a pevné části (matoliny), které obsahují semena, stopky, slupky a dřev bobulí, které jsou vedlejším produktem. Z matolin mohou být odseparována semena pomocí aspirátorů, pneumatických odlučovačů nebo kombinovaných čističek (Burg a Zemánek, 2012). Dále se semena suší a dočistí od zbytků slupek a dužiny (Eckert et al., 2007).

### 2.3.2 Výroba

Mouka se vyrábí mletím sušených jader. Semínka mohou být použita nejprve pro výrobu hroznového oleje. Po vylisování zůstanou pokrutiny, které se usuší a pomelou (Burg a Zemánek, 2012).



### 2.3.3 Použití

Při výrobě koláčů byla do těsta přidána hroznová mouka v různých koncentracích (až do 10 %). Koláče s přídavkem mouky z hroznových výlisků obsahovaly významně vyšší obsah celkových polyfenolů a fenolických sloučenin. Přídavek mouky měl negativní vliv na tvrdost, výrobek s vyšší koncentrací mouky byl tvrdý, protože se snížila schopnost zadržovat oxid uhličitý v těstě. Při sensorické analýze měl nejvyšší hodnocení koláč s 4% přídavkem hroznové mouky. Z toho plyne, že při výrobě pečiva s hroznovou moukou se vylepší jeho nutriční složení a bude pozitivně přijímáno konzumenty (Nakov et al., 2020).

## 2.4 Ostropestřcová mouka

### 2.4.1 Ostropestřec mariánský

Ostropestřec mariánský (*Silybum marianum*) je rostlina s pichlavými listy patřící do čeledi hvězdicovité, původem ze středomořských oblastí Evropy, severní Afriky a Středního východu. Typické jsou pro rostlinu fialové květy, ale může být i bílá varianta. Plodem je hnědá nažka 6–7 mm dlouhá (Porwal et al., 2019).

### 2.4.2 Semena

Obsahují silymarin, který je tvořen směsí flavonolignanů (silidianinu, isosilibininu silibininu a silichristinu) (Porwal et al., 2019). Dále obsahují také silybinol, bílkoviny, betain, oleje, tokoferoly a steroly (Eita, 2021).

Silymarin je sloučenina nerozpustná ve vodě, proto jsou odvary nebo výluhy ze semen málo účinné. Nejúčinnější je podávání extraktu, který obsahuje 70–80 % silymarinu (Porwal et al., 2019). Účinné látky v semenech mají několik slibných efektů na zdraví. Studie ukázaly, že látky z ostropestřce působí hepatoprotektivně, antioxidačně. Pozitivně působí při diabetu a hyperglykémii tím, že podporuje životaschopnost  $\beta$ -buněk slinivky, kde je tvořen inzulin (Eita, 2021).

### 2.4.3 Použití

Nahrazení 10 % pšeničné mouky v těstě na sušenky moukou ze semen ostropestřce zvýšilo jejich nutriční hodnoty a snížilo obsah lepku, což je ale samozřejmé, protože ostropestřcová mouka je bezlepková. Ovlivněna byla i barva sušenek. Sušenky s nahrazenou moukou byly významně tmavší než sušenky bez ostropestřcové mouky, také vykazovaly největší objem a nejnižší hmotnost. Při sensorickém hodnocení získaly nejlepší hodnocení sušenky pouze

z pšeničné mouky, sušenky s přidavkem ostropestřcové mouky hodnotili konzumenti jako méně chutné a vzhledné. Použití této mouky pro pekárenské výrobky by mohlo mít lepší výsledky při nahrazení nižšího množství pšeničné mouky (Menasra a Fahloul, 2019). Při analýzách pečiva s přidavkem (12,5 %) ostropestřcového prášku bylo zjištěno, že tento přírůstek měl minimální vliv na fyzikální i organoleptické vlastnosti výsledného výrobku, a dále bylo zjištěno, že samotný proces pečení (tedy teplota a čas) neměl vliv na obsah silymarinu. Tento byl stabilní (Ataei Nukabadi et al., 2021).

## 2.5 Lněná mouka

### 2.5.1 Len setý

Len (*Linum usitatissimum* L.) je považován na dvouúčelovou plodinu, protože se využívají jeho semena a vlákna. Z vláken se vyrábí příze, která se využívá pro výrobu textilií. Rostlina pravděpodobně pochází ze Středního východu. Postupně byl len selektován a byly vyšlechtěny dva typy, které se liší fenotypem i fyziologií – jeden pro vlákna pro textilní průmysl a druhý pro získání olejnatých semen. Výťažnost oleje ze semen je 35–50 %. Olej se může využívat v potravinářství jako potravinový doplněk i jako součást nátěrových hmot díky svým polymerizačním vlastnostem (Zuk et al., 2015).

### 2.5.2 Semena

Semínko je malé hnědé a lesklé. Jeho složení je tvořeno lipidy (41 %), bílkovinami (20 %), celkovou vlákninou (28 %) a popelem (3,4 %) (Shim et al., 2014).

Obsahují bioaktivní látky prospěšné pro lidské zdraví. Jsou to například  $\omega$ -3 mastné kyseliny nebo lignany, které patří do skupiny polyfenolů. Mezi lignany se řadí seciosolariciresinol, který tvoří 98 % obsahu lignanů. Dále jsou bohaté na rozpustnou (slizy) a nerozpustnou vlákninu (Muir, 2010). Z  $\omega$ -3 mastných kyselin je nejvíce zastoupena kyselina  $\alpha$ -linolenová, která pomáhá snížit riziko aterosklerózy a snížit hladinu cholesterolu (Shim et al., 2014).

I pokrutiny jsou považovány za zdroj bioaktivních látek. Zkoumá se jejich protinádorový a antibakteriální účinek. Extrakt z pokrutin v jedné ze studií vykazoval vysokou antimikrobiální aktivitu, což by mohlo vést k jeho použití v antibiotické léčbě (Zuk et al., 2015).

### 2.5.3 Výroba

Může být pomleto celé semínko nebo zbytek po vylisování lněného oleje. Mleté lněné semínko musí být dobře zabalené, protože je náchylné ke žluknutí (Tiefenbacher, 2017). Oxidací mohou vznikat potenciálně toxické látky (Shim et al., 2014).

### 2.5.4 Použití

Semeno obsahuje slizy a gumy, což umožňuje použití mouky jako zahušťovadla a může mít i funkci pojidla, lze ji použít jako náhradu za vejce v těstě v pekařských výrobcích (Tiefenbacher, 2017). Při testování přísadků různého množství lněné mouky do chleba bylo zjištěno, že nejlepší vliv na texturu má 5% přísadek, vyšší přísadek mletého lněného semínka snižoval objem bochníku. Chléb s 20% přísadkem měl nejnížší objem, nejtmavší barvu, bylo pozorováno trhání a lámání. V chlebu obsahujícím 5 % lněné mouky byl naměřen  $1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  kyseliny  $\alpha$ -linolenové, což by odpovídalo její denní potřebě. Chleby s lněnou moukou byly navíc dobře spotřebitelsky přijatelné (Hall a Tulbek, 2008). Lněná mouka byla použita i při výrobě trvanlivého pečiva, konkrétně sušenek. Se zvyšujícím se přísadkem této mouky se zvyšovala i tvrdost finálních sušenek, zároveň ale také vzrostl obsah bílkovin. Co bylo negativně konzumenty hodnoceno byla drobivá struktura (sušenka nedržela tvar) s vyšším přísadkem této mouky. Výsledky ukázaly, že přijatelný přísadek lněné mouky byl do 12 hmotn. % (Khouryieh a Aramouni, 2012).

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části je charakterizovat klasické obilné mouky a charakterizovat mouky z neobilných surovin.

Cílem praktické části je stanovit obsah vlákniny ve vybraných netradičních moukách, stanovit obsah celkových polyfenolů a stravitelnost metodou *in vitro* (stravitelnost sušiny a organické hmoty). Poté připravit nestrávený podíl a v něm taktéž analyzovat celkové polyfenoly.

## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Použité chemikálie

- Redestilovaná voda (Aqua osmotica, Tišnov, ČR),
- HCl (Ing. Petr Švec, Penta, ČR),
- Pepsin – aktivita 0,7 FIP-U/g (Merck KGaA, Damstadt, Německo),
- Pankreatin – proteázová aktivita 350 FIP-U/g; lipázová aktivita 6000 FIP-U/g; amylázová aktivita 7500 FIP-U/g (Merck KGaA, Damstadt, Německo),
- fosfátové pufrů –  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  a  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR),
- neutrálně-detergentní činidlo (složení: disodná sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný), (Ankom Technology, NY, USA),
- triethylglykol (Ankom Technology, NY, USA),
- $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (Lach-Ner, s.r.o, Neratovice, ČR),
- $\alpha$ -amyláza (Ankom Technology, NY, USA),
- aceton p.a. (Penta, ČR),
- $\text{CH}_3\text{OH}$  (Ing. Petr Švec, Penta, ČR),
- NaOH (Mach Chemikálie, s.r.o., Ostrava – Hrušov, ČR),
- Folin-Cioalteuovo činidlo (Sigma Aldrich, Německo),
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Lachema, ČR),
- Kyselina gallová (Sigma Aldrich, Německo).

### 4.2 Použité přístroje

- Analytické váhy (AFA 210 LC, Schoeller, ČR),
- Laboratorní sušárna (Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR),
- Muflová pec LM 112 10 ML W Elektro (VEBF, Německo),

- Ultrazvuková lázeň PS 04000A (Notus-Powersonic, s.r.o., SR),
- Odstředivka EBA 20 (Hettich Zentrifugen, Německo),
- Spektrofotometr Libra S6 (Biochrom, UK),
- Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer (Ankom Technology, NY, USA),
- Inkubátor Daisy (Ankom Technology, New York, USA),
- Inkubační lahve (Adam, AFA-210 LC, Schoeller Instruments, ČR),
- Sáčky F57, velikost pórů 50 µm (Ankom Technology, New York, USA),
- Zařízení na svařování filtračních sáčků – pulzní svářečka,
- Nylonové filtry syringe (o velikosti pórů 0,22 µm),
- Běžné laboratorní pomůcky a sklo.

### 4.3 Použité vzorky

Všechny vzorky (tabulka 1) byly zakoupeny ve specializovaném internetovém obchodě vždy po 4 baleních, každé balení vážilo 250 g. Vzorky byly po obdržení ihned analyzovány a v průběhu analýzy byly skladovány v uzavřených obalech, bez přístupu světla a vlhkosti po dobu max 14 dnů v klimatizované laboratoři při 23±2 °C. Bližší popis vzorků bude uveden u obhajoby práce.

Tabulka 1: Seznam vzorků

Označení	Vzorek	Složení
1	Banánová mouka	100% mleté sušené loupané plody banánovníku
2	Dýňová mouka	100% mleté výlisky ze semen tykve
3	Mouka z hroznových jadérek	100% mleté výlisky ze semen révy vinné
4	Ostropestřcová mouka	100% mleté výlisky z plodů ostropestřce mariánského
5	Lněná mouka	100% mleté výlisky ze semen lnu hnědého



Obrázek 1 Vzorky použitých mouk (Foto: Denisa Holečková)

Obrázek 1 ukazuje vzorky netradičních mouk zleva shora banánová, dýňová, hroznová, dole potom ostropestřcová a lněná mouka.

#### 4.4 Stanovení vlhkosti

Postup stanovení vlhkosti byl proveden dle modifikace dle normy ČSN ISO 712 (461014). Do hliníkového kelímku, který byl předsušen v sušárně při  $105 \pm 3$  °C po dobu 1 hod, byl odvážen 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Poté byl kelímek se vzorkem vložen do sušárny a při  $105 \pm 3$  °C sušen do konstantního úbytku hmotnosti. Po vychladnutí v exikátoru byly misky následně zváženy na analytických vahách. Pro každý vzorek byly provedeny tři stanovení a výsledkem byl jejich průměr.

Výpočet vlhkosti [%]:

$$X = \frac{m}{m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

m... úbytek hmotnosti vzorku [g],

$m_0$ ... hmotnost navážky vzorku [g].



Výpočet sušiny [%]:

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

#### 4.5 Stanovení popela

Postup byl proveden dle modifikace normy ČSN ISO 2171 (461019). 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg byl navážen do předem vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku. Ten byl spolu se vzorkem umístěn do muflové pece a jeho obsah byl spalován po dobu 5,5 hod při teplotě  $550 \pm 10$  °C. Z pece byl kelímek vložen do exsikátoru k vychladnutí, poté zvážen na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. Každý vzorek byl spalován třikrát, výsledek byl vyjádřen v % obsahu popela v sušině vzorku.

Výpočet obsahu popela [%]:

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

$m_1$ ... hmotnost prázdného vyžíhaného kelímku [g],

$m_2$ ... hmotnost navážky vzorku [g],

$m_3$ ... hmotnost kelímku se vzorkem po spálení [g].

Výpočet obsahu popela v sušině [%]:

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

P... obsah popela [%],

S... obsah sušiny [%].

#### 4.6 Stanovení stravitelnosti technikou *in vitro*

Nejprve byl připraven 0,1 M roztok HCl o objemu 1,7 l. Do filtračních sáčků vypraných v acetonu, usušených a následně zvážených bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Sáčky se vzorky byly zataveny, byl přidán jeden prázdný sáček (korekce). Sáčky se umístily do inkubačních lahví. Do inkubační lahve bylo přilito 1,7 l 0,1 M HCl (předem vytemperováno na teplotu 40 °C), ve kterém byly rozpuštěny 3 g pepsinu. Připravené lahve byly umístěny do inkubátoru Daisy a inkubovány po dobu 2 hodin (což je doba, po kterou potrava může zůstat v žaludku). Po uplynutí doby byly sáčky několikrát propláchnuty redestilovanou vodou. Byl připraven fosfátový pufr (pH 7,45), a to smícháním 3,07 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  a 32,49 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  do 1,7 l redestilované vody. 1,7 l fosfátového pufru

vytemperovaného na teplotu 40 °C, do něhož byly znovu dány vzorky po simulaci žaludku a 3 g pankreatinu, bylo umístěno opět do inkubátoru. Po inkubační době 24 hodin (což je možná doba trávení v tenkém střevě) byly tyto umístěny do sušárny na 80 °C na 30 minut za účelem vysrážení zmazovatělého škrobu. Následně byly sáčky několikrát promyty redestilovanou vodou a vloženy do sušárny a sušeny při teplotě 103 °C po dobu 24 hodin. Pak byly vloženy do exsikátoru a po zchladnutí zváženy. Zvážené sáčky byly spáleny v keramických kelímcích v muflové peci při 550 °C (po dobu 5,5 hodiny) a po vychladnutí v exsikátoru byly kelímky zchlazeny a zváženy.

Výpočty stravitelnosti – vyjádřené jako stravitelnost sušiny (DMD, Dry matter digestibility) a organické hmoty (OMD, Organic matter digestibility) vzorku, byly vypočteny dle vzorců 5 až 10:

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

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

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

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

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

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

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

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

DM... obsah sušiny ve vzorku [g],

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

S... obsah sušiny ve vzorku [%],

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

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

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

m<sub>1</sub>... hmotnost sáčku [g],

$m_2$ ... hmotnost vzorku [g],

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

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

$m_s$ ... hmotnost vzorku na stanovení sušiny [g].

Vzorce 11 a 12 slouží k výpočtu korekce:

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

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

$m_s$ ... hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci [g],

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (12)$$

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

$m_p$ ... hmotnost popela prázdného sáčku [g].

#### 4.6.1 Příprava nestráveného podílu netradičních mouk

Příprava nestráveného podílu probíhala stejným postupem, jako je uvedeno v kapitole 4.6, jen s tím rozdílem, že sušení vzorku v sáčku po enzymatických hydrolyzách probíhalo při teplotě 30 °C po dobu 24 hodin a vzorek v sáčku poté nebyl spálen v muflové peci, ale byl použit dále k analýzám celkových polyfenolů.

### 4.7 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

V první fázi bylo připraveno neutrálně-detergentní činidlo: naváženo bylo 120 g neutrálně-detergentního činidla (NDC – obsahující disodnou sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný) a bylo přidáno 20 ml trietylglykolu. Vše bylo rozpuštěno ve 2 l destilované vody. Následně bylo přidáno 20 g siřičitanu sodného a 4 ml  $\alpha$ -amylázy, čímž byl získán neutrálně-detergentní roztok (NDR). V acetonu promyté sáčky typu F57 byly vysušeny a zváženy s přesností na 0,1 mg. Do nich bylo naváženo 0,5 g vzorku a sáčky byly zataveny (plus jeden prázdný sáček jako korekce). Sáčky byly umístěny do přístroje Ankom fiber<sup>220</sup>. Následně byl přilít NDR, termostat byl nastaven na 100 °C, proces míchání na 75 minut a přístroj byl uzavřen. Po této

době byl roztok NDR vypuštěn, následně byly sáčky se vzorky několikrát propláchnuty horkou destilovanou vodou (3x) s přidavkem 4 ml  $\alpha$ -amylázy, poslední čtvrtý proplach byl proveden chladnou vodou bez  $\alpha$ -amylázy. Při každém proplachu bylo zapnuto ještě na cca 5 minut promíchávání. Poté byly sáčky vysušeny pomocí filtračního papíru a vloženy na 3 minuty do acetonu, následně znovu osušeny filtračním papírem. Pak byly sáčky vloženy do sušárny a sušeny při teplotě 105 °C po dobu 4 hodin, po vychladnutí v exsikátoru byly zváženy. Konečným krokem bylo vložení vysušených sáčků se vzorky do předem vyžíhaných a zvážených kelímků, které byly ponechány ke spálení při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po spálení byly kelímky umístěny do exsikátoru, zchlazeny a zváženy. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení.

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

$$\text{NDF} = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100 \quad (13)$$

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (14)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_3} \quad (15)$$

$m_1$ ... hmotnost prázdného sáčku [g],

$m_2$ ... hmotnost navážky vzorku [g],

$m_3$ ... hmotnost sáčku po vysušení [g],

$m_4$ ... hmotnost popela po spálení [g],

$c_1$ ... korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze,

$c_2$ ... korekce hmotnosti sáčku po spálení,

$m_s$ ... hmotnost vysušeného prázdného sáčku [g],

$m_p$ ... hmotnost popela prázdného sáčku [g].

#### 4.8 Stanovení celkových polyfenolů

Volné a vázané polyfenoly byly stanoveny přímo v nativních vzorcích i v nestráveném zbytku po simulaci procesu trávení technikou *in vitro*.

#### 4.8.1 Extrakce volných polyfenolů

2 g vzorku byly naváženy do tmavých lékovek s přesností na 0,1 mg. Ke vzorkům bylo přidáno po 8 ml 80% metanolu. Lékovky byly umístěny do ultrazvukové lázně (teplota 40 °C, 2 hodiny). Po vytažení z lázně se nechaly lékovky 10 min odstát. Poté byly odebrány extrakty (tekutá část vzorku) pomocí plastových pipet do centrifugačních zkumavek a byly přidány 2 kapky 6 M HCl. Zkumavky byly odstředěny při 12 300xg po dobu 25 minut. Extrakt byl použit pro stanovení volných polyfenolů.

#### 4.8.2 Extrakce vázaných polyfenolů

Pro stanovení vázaných polyfenolů se použil pevný zbytek vzorku v lékovkách po extrakci volných polyfenolů (kapitola 4.8.1). Ke vzorku bylo přidáno 25 ml 0,1 M NaOH (pro extrakci z nestráveného zbytku bylo použito 20 ml). Vzorky byly umístěny do ultrazvuku (40 °C, 2 hodiny). Po vytažení se lékovky zase nechaly 10 min odstát a odebral se extrakt do malé kádinky. Bylo upraveno pH extraktu na 3,5 až 4,5 pomocí 6 M HCl. Potom byly extrakty přelity do centrifugačních zkumavek a odstředěny při 12 300xg po dobu 25 minut. Supernatant byl použit pro stanovení vázaných polyfenolů. Pokud byl supernatant po centrifugaci kalný, použila se filtrace přes syringe nylonové filtry o velikosti pórů 0,22 μm.

#### 4.8.3 Vlastní stanovení celkových TPC (polyfenolů)

Jako první byl připraven slepý pokus – blank, který neobsahuje vzorek. Do odměrné baňky o objemu 10 ml bylo přidáno 5 ml destilované vody, 0,5 ml Folin-Cioalteuho činidla, 1,5 ml 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a objem byl doplněn destilovanou vodou po rysku. Pro měření extraktů vzorků bylo do 10ml odměrné baňky napipetováno cca 5 ml destilované vody, dále 100 μl extraktu vzorku, 0,5 ml Folin-Cioalteuho činidla, 1,5 ml 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a objem baňky byl doplněn destilovanou vodou po rysku. Vzorky se nechaly v klidu 30 minut reagovat. Měření absorbance probíhalo na spektrofotometru Libra S6 při vlnové délce 765 nm proti slepému vzorku.

Pro kalibrační křivku byl použit stejný postup jako při stanovení vzorků s tím rozdílem, že místo extraktu vzorku bylo použito 100 μl jednotlivých koncentrací standardu kyseliny gallové v metanolu. Zásobní roztok byl připraven o koncentraci 4000 mg.l<sup>-1</sup>, z něj bylo provedeno ředění na kalibrační řadu 50, 100, 200, 400, 600 a 800 mg.l<sup>-1</sup>. Poté byla sestavena kalibrační křivka jako závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové (mg.l<sup>-1</sup>).

## 4.9 Statistika

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí parametrického testu srovnávajícího střední hodnoty dvou nezávislých souborů, tzv. Studentův  $t$ -test, hladina významnosti byla zvolena 0,05. Pro zpracování byl použit statistický program StatK25.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 5.1 Výsledky stanovení sušiny a popela

Tabulka 2: Výsledky stanovení sušiny

Vzorek	Sušina $\pm$ SD
	[%]
Banánová mouka	92,8 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
Dýňová mouka	91,5 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>
Mouka z hroznových jadérek	89,8 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>
Ostropestřcová mouka	91,3 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>
Lněná mouka	91,9 $\pm$ 0,1 <sup>d</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota  $\pm$  SD ( $n=3$ ). Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Vlhkost mouk z obilovin, pohanky a rýže může být podle Vyhlášky č. 18 (2020) o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta nejvýše 15 %. Toto kritérium splňují i použité vzorky mouk z netradičních surovin, jak vyplývá z tabulky 2. Nízká vlhkost, resp. vysoká sušina, je důležitá pro zachování kvality výrobků během skladování. Pokud mají mlýnské výrobky vyšší vlhkost hrozí rozvoj plísní, které mohou produkovat mykotoxiny. Výhodné je zpracovávat semena rostlin na mouku až po vylisování oleje (pokrutiny), protože obsahují nižší podíl tuků, které mohou žluknout. Procesem žluknutí mohou vzniknout hořké produkty. Takto znehodnocené mouky nelze dále využít pro výrobu.

Tabulka 3: Výsledky stanovení popela

Vzorek	Popel $\pm$ SD	Popel v sušině $\pm$ SD
	[%]	[%]
Banánová mouka	2,88 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	3,10 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>
Dýňová mouka	7,94 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	8,64 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>
Mouka z hroznových jadérek	2,91 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	3,24 $\pm$ 0,04 <sup>c</sup>
Ostropestřcová mouka	8,78 $\pm$ 0,09 <sup>c</sup>	9,61 $\pm$ 0,12 <sup>d</sup>
Lněná mouka	5,27 $\pm$ 0,03 <sup>d</sup>	5,27 $\pm$ 0,03 <sup>e</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota  $\pm$  SD (n=3). Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Tabulka 3 ukazuje obsah popela ve vzorcích. Je to nepřímý ukazatel obsahu minerálních látek. Nejvyšší hodnoty popela v sušině vykazoval vzorek 32stropeštrcovi (9,61 %) mouky, druhý v pořadí byl vzorek dýňové (8,64 %) mouky. Naopak nejnižší obsah byl stanoven u mouky banánové (3,10 %). Obsah popela v měřených vzorcích je vyšší, než v klasických obilovinách jako je pšenice (1,5 %), žito (1,6 %), oves (2,1 %) a ječmen (1,2 %) (Frølich et al., 2017). Lze tedy vyslovit domněnku, že přídavek těchto surovin do výrobku, kde by částečně nahradily například mouku pšeničnou, by mohl zvýšit jak obsah popele, tak i obsah minerálních látek. Studie, která se zabývala mukou, vyrobenou ze zelených banánů (Do Prado Ferreira a Teixeira Tarley, 2020), bylo naměřeno množství popela v rozmezí 3,2–4,9 %, což jsou vyšší hodnoty než u vzorku měřeném v této práci. Nicméně, ve studii zaměřené na chléb s přídavkem banánové mouky (Rahman et al., 2021) bylo naměřeno v banánové mouce jen 1,52 % popela, což je zase méně než v této práci. Rozdíl může být způsoben různým stupněm zralosti banánů použitých na výrobu mouky, také je otázkou, z jaké části suroviny (banánů) byla tato mouka připravena, resp. co bylo výchozím materiálem pro její získání (výrobu).



## 5.2 Výsledky stanovení stravitelnosti

Tabulka 4: Výsledky stanovení stravitelnosti

Vzorek	DMD $\pm$ SD	OMD $\pm$ SD
	[%]	[%]
Banánová mouka	91,3 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	92,8 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>
Dýňová mouka	90,5 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>	93,0 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>
Mouka z hroznových jadérek	41,9 $\pm$ 0,6 <sup>c</sup>	50,8 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>
Ostropestřcová mouka	76,8 $\pm$ 0,7 <sup>d</sup>	82,0 $\pm$ 1,3 <sup>c</sup>
Lněná mouka	68,2 $\pm$ 0,5 <sup>e</sup>	73,4 $\pm$ 1,5 <sup>d</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota  $\pm$  SD (n=3). Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledky stanovení stravitelnosti jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD) jsou prezentovány v tabulce 4. Nejvyšší stravitelnost DMD i OMD (přes 90 %) byla naměřena u vzorků banánové a dýňové mouky. Nejnižší stravitelnost měla mouka z hroznových jadérek (DMD 41,9 % a OMD 50,8 %). Ostropestřcová a lněná mouka měly stravitelnost sušiny 76,8 a 68,2 % a organické hmoty 82,0 a 73 %.

Při použití mouk do různých produktů může být stravitelnost ovlivněna druhem použité suroviny, technologickými operacemi (mletí) a tepelnou úpravou při přípravě výrobků. Nízká stravitelnost hroznové mouky může být způsobena vysokým obsahem neutrálně-detergentní vlákniny (tabulka 5). Vláknina, jako jeden z nutričních ukazatelů, může snížit stravitelnost, protože obsahuje frakce nestravitelné pro lidský organizmus a také může inhibovat činnost enzymů ve střevech (konkrétně amyloglukosidáz). Navíc, polyfenolické látky vážící se na polysacharidové složky vlákniny se v GIT traktu z nich uvolňují a inhibují například proces trávení bílkovin. Tímto jsou známé především katechiny, které snižují sekreci enzymů během trávení (Koláčková et al., 2020).

### 5.3 Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Tabulka 5: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Vzorek	NDF $\pm$ SD	NDF v sušině $\pm$ SD
	[%]	[%]
Banánová mouka	3,07 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	3,30 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
Dýňová mouka	10,1 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	11,1 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>
Mouka z hroznových jadérek	47,1 $\pm$ 0,6 <sup>c</sup>	52,5 $\pm$ 0,7 <sup>c</sup>
Ostropestřcová mouka	24,9 $\pm$ 1,4 <sup>d</sup>	27,3 $\pm$ 1,6 <sup>d</sup>
Lněná mouka	28,0 $\pm$ 0,7 <sup>e</sup>	30,5 $\pm$ 0,7 <sup>e</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota  $\pm$  SD (n=3). Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Neutrálně-detergentní vláknina je tvořena celulórou, ligninem a nerozpustnými hemicelulórami. Tyto polymery jsou součástí rostlinných pletiv a nejsou zcela stravitelné ve střevech. Jedná se o tzv. nerozpustné frakce vlákniny. Vláknina je nosičem bioaktivních látek, protože polyfenolické sloučeniny, karotenoidy nebo fytoosteroly mohou být navázány na polysacharidy v buněčných stěnách. Polyfenoly mohou tvořit 1,4 až 50,7 % nerozpustné vlákniny (Macagnan et al., 2016). Z tohoto důvodu byla v této práci stanovována právě neutrálně-detergentní vláknina (jako zástupce nerozpustné vlákniny).

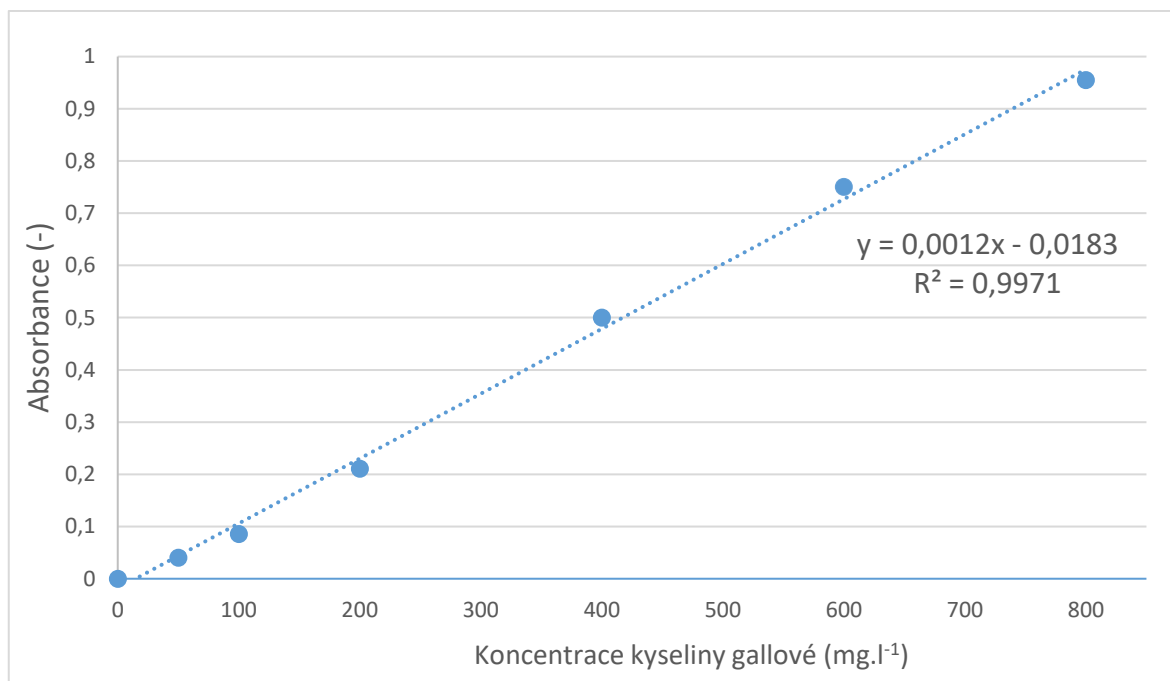
Měřené vzorky měly široké rozpětí v obsahu neutrálně-detergentní vlákniny (tabulka 5), a to od 3,30 do 52,5 %. Nejméně NDF obsahuje banánová mouka, dále dýňová, ostropestřcová, lněná a nejvíce mouka z hroznových jader.

Vláknina je důležitá ve výživě lidí, podporuje procesy ve střevech a působí jako prevence zácpy, obezity, kardiovaskulárních chorob a cukrovky typu 2. Pro zvýšení obsahu vlákniny ve stravě by měly být upřednostněny potraviny s jejím přirozeně vysokým obsahem před potravinovými doplňky (Turner a Lupton, 2011).

Například celozrnná pšeničná mouka obsahuje 13,5 % vlákniny a celozrnná žitná až 19,9 %. Loupaný oves má obsah vlákniny 10,2 % a loupaný ječmen 15,2 % (Frølich et al., 2017). Obiloviny mají vyšší obsah vlákniny než vzorek banánové a dýňové mouky. Další vzorky (hroznová, ostropestřcová, lněná mouka) obsahují mnohem vyšší množství vlákniny než obiloviny. Přídavek těchto mouk do výrobků z obilné mouky by mohl navýšit obsah vlákniny v konečném výrobku.

## 5.4 Výsledky stanovení celkových polyfenolů

Podle postupu uvedeného v kapitole 4.8.3 byla z naměřených dat absorbancí zhotovena kalibrační křivka kyseliny gallové pro stanovení celkových polyfenolů, kterou znázorňuje graf č. 1.



Graf č. 1: Kalibrační křivka kyseliny gallové pro stanovení celkových polyfenolů

Tabulka 6: Výsledky stanovení celkových polyfenolů (TPC) v nativním vzorku

Vzorek	Volné polyfenoly ± SD	Vázané polyfenoly ± SD
	[μg GAE/g]	[μg GAE/g]
Banánová mouka	483 ± 5 <sup>a,A</sup>	276 ± 3 <sup>a,B</sup>
Dýňová mouka	417 ± 5 <sup>b,A</sup>	3050 ± 30 <sup>b,B</sup>
	[mg GAE/g]	[mg GAE/g]
Mouka z hroznových jadérek	13,6 ± 0,1 <sup>c,A</sup>	9,38 ± 0,52 <sup>c,B</sup>
Ostropestřcová mouka	4,86 ± 0,03 <sup>d,A</sup>	4,98 ± 0,05 <sup>d,B</sup>
Lněná mouka	3,13 ± 0,10 <sup>e,A</sup>	4,44 ± 0,05 <sup>e,B</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD v sušině vzorku (n=4). Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají stejné velké písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ), hodnoty v řádcích, které mají odlišné velké písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Hodnoty celkových polyfenolů (TPC) ve volných a vázaných frakcích v nativním vzorku jsou uvedeny v tabulce 6. Nejnižší množství volných 483  $\mu\text{g}$  GAE/g i vázaných 276  $\mu\text{g}$  GAE/g polyfenolů obsahovala banánová mouka. Lepší výsledky co do obsahu TPC měla mouka dýňová s hodnotami pro volné 417  $\mu\text{g}$  GAE/g a vázané 3050  $\mu\text{g}$  GAE/g polyfenolické frakce. Vyšší hodnoty měly mouky ostropestřcová (hodnoty pro volné i vázané polyfenoly byly téměř 5 mg GAE/g) a lněná (volné 3,13 mg GAE/g a vázané 4,44 mg GAE/g). Nejvyšší hodnoty vykazovala mouka hroznová, která obsahovala 13,6 mg GAE/g volných a 9,38 mg GAE/g vázaných polyfenolických látek. Při porovnání koncentrací volných a vázaných polyfenolů u měřených vzorků je statisticky významný rozdíl napříč všemi vzorky i frakcemi.

Koncentrace fenolických látek v banánech závisí nejen na odrůdě, podmínkách pěstování, ale také na stupni zralosti (Campuzano et al., 2018). V moukách vyrobených z banánů v různých stupních zralosti byl také měřen obsah celkových polyfenolů. Výsledky stanovení se pohybovaly v rozmezí 0,16–1,60 GAE mg/g, přičemž nejvyšší hodnoty vykazovaly mouky vyrobené z banánů ve vyšších fázích zralosti. Studie zaměřená na polyfenoly v dýňové mouce vyrobené z dýňové dužiny (Aydin a Gocmen, 2015) publikuje hodnoty 2,36 mg GAE/g volných fenolických látek a 8,78 GAE mg/g vázaných fenolických látek.

Podíváme-li se na obsahy fenolických látek v zrnech obilovin či pseudoobilovin (Gorinstein et al., 2007), potom například v jasmínové rýži je 300  $\mu\text{g}$  GAE/g, v pohance 912  $\mu\text{g}$  GAE/g, quinoi 600  $\mu\text{g}$  GAE/g a sójových bobech 690  $\mu\text{g}$  GAE/g. To jsou spíše nižší hodnoty než u měřených vzorků v této práci. Ale výsledky měření není možné zcela porovnávat, protože existuje více metodický postupů pro stanovení TPC (mohou se lišit extrakčních činidla, způsob (metoda) extrakce, teplota a čas extrakce, koncentrace může být vyjadřována v jiných ekvivalentech, než je kyselina gallová), také je rozdíl, zda je dělána frakcionace polyfenolů, jako v této práci, nebo jsou extrahovány pouze volné polyfenoly.

Tabulka 7: Výsledky stanovení celkových polyfenolů (TPC) v nestráveném podílu vzorku

Vzorek	Volné polyfenoly ± SD	Vázané polyfenoly ± SD
	[μg/g]	[μg/g]
Banánová mouka	230 ± 2 <sup>a,A</sup>	327 ± 2 <sup>a,B</sup>
Dýňová mouka	634 ± 2 <sup>b,A</sup>	4530 ± 10 <sup>b,B</sup>
	[mg/g]	[mg/g]
Mouka z hroznových jadérek	6,13 ± 0,07 <sup>c,A</sup>	9,41 ± 0,02 <sup>c,B</sup>
Ostropestřcová mouka	6,24 ± 0,05 <sup>d,A</sup>	2,83 ± 0,04 <sup>d,B</sup>
Lněná mouka	3,06 ± 0,02 <sup>e,A</sup>	7,06 ± 0,06 <sup>e,B</sup>

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD v sušině vzorku (n=4). Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají stejné velké písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ), hodnoty v řádcích, které mají odlišné velké písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledky stanovení koncentrace polyfenolických látek v nestráveném podílu vzorku (tabulka 7) jsou podobné jako v nativním vzorku (tabulka 6). Nejnižší hodnoty byly naměřeny pro volné frakce (230 μg GAE/g) a pro vázané frakce polyfenolů (327 μg GAE/g) u banánové mouky. Nejvyšší hodnoty pro volné (6,13 mg/g) i vázané polyfenolické frakce (9,41 mg/g) měla mouka z hroznových jadérek. Vzhledem k tomu, že tato mouka je bohatá na fenolické látky, lze vyslovit hypotézu, že by se právě i vysoká koncentrace polyfenolických látek mohla podílet na nižší stravitelnosti. To může být dáno tím, že některé z flavonoidů, zejména katechiny, inhibují činnost proteolytických enzymů a snižují tak stravitelnost proteinové složky potravy, jak bylo zmíněno již výše (Koláčková et al., 2020). Toto by se ale muselo ještě ověřit na sadě dalších vzorků a lze tak doporučit změřit i profil polyfenolických látek metodou HPLC, a to opět v jednotlivých frakcích.

## 5.5 Výpočet retenčních faktorů

Z naměřených dat stravitelnosti (DMD) a obsahu TPC stanovovaných ve volných a vázaných frakcích byly vypočítány jednotlivé retenční faktory (RF). Tyto vypovídají o tom, jaký % podíl polyfenolů zůstane zachycen v nestráveném zbytku po simulaci trávení technikou *in vitro*.

$$RF = \frac{\text{koncentrace analytu v nestráveném podílu} \times (100 - DMD)}{\text{koncentrace analytu v nativní formě vzorku}} \quad (15)$$

Tabulka 8: Hodnoty retenčních faktorů (RF) pro volné a vázané polyfenolické frakce

Vzorek	RF – Volné frakce	RF – Vázané frakce
	[%]	[%]
Banánová mouka	4	10
Dýňová mouka	14	14
Mouka z hroznových jadérek	26	58
Ostropestřcová mouka	30	13
Lněná mouka	31	51

U banánové mouky zůstalo ve vzorku po strávení zachyceno pouze 4 % volných polyfenolických látek. Zdá se tak, že 96 % polyfenolů z volných frakcí se při trávení uvolní a jsou potenciálně dostupné k využití GIT. Velmi dobře jsou na tom i vázané frakce polyfenolů banánové mouky, které se při trávení uvolní až z 90 % (10 % z nich zůstane v nestráveném podílu). Z výsledků napříč vzorky je zřejmé, že z hlediska uvolňování a potenciální dostupnosti je na tom vzorek banánové mouky nejlépe. Nutno si ale uvědomit, že hovoříme o % retence (či uvolnění) nikoliv o koncentraci, kterou naše tělo z daných vzorků dokáže potenciálně využít. I surovina s nižší stravitelností, ale vyšší retencí polyfenolů s řádově vyššími koncentracemi polyfenolických látek jich může našemu tělu poskytnout co do koncentrace více.

Mouka z dýňových semen má stejnou retenci pro volné i vázané frakce (14 %), což znamená, že může být k dispozici pro vstřebání až 86 % polyfenolických látek. To lze považovat za dobrý výsledek. Ve studii Aydin a Gocmen (2015) byla stanovena biologická dostupnost pro

polyfenoly dýňové mouky vyrobené z dužniny (nikoliv semen), a to 30,8 %. U mouky z hroznových jadérek a lněné mouky zůstalo po strávení 58 % a 51 % polyfenolů z vázané frakce. Z toho vyplývá, že méně než 50 % vázaných polyfenolických látek může být potenciálně dostupné pro konzumenta, což je nejnižší potenciální dostupnost ze všech měřených vzorků. U volných frakcí je retence pro hroznovou mouku 26 % a pro lněnou mouku 31 %. Pokud si ještě uvědomíme, že katechiny, které jsou vázané v hroznové mouce (zejména jsou-li její součástí hroznová semínka), snižují vstřebatelnost bílkovin, protože je váží do nevyužitelných komplexů a inhibují činnost proteáz (Macagnan et al., 2016), je otázkou, jak moc je přídavek této mouky nutričně benefiční. Z tohoto důvodu lze do budoucna doporučit více se zaměřit na celkový polyfenolický profil v kontextu právě se stravitelností a dalšími živinami. Ostropestřcová mouka má jako jediná ze vzorků lepší výsledek dostupnosti pro vázané (retence 13 %) než volné (retence 30 %) frakce polyfenolických látek. Pro bližší diskutování tohoto faktu by bylo vhodné stanovit individuální zastoupení jednotlivých polyfenolických látek ve frakcích a sledovat jejich uvolňování po simulaci procesu trávení. Zajisté by bylo vhodné v další práci monitorovat i hodnoty antioxidačních aktivit.

Vzhledem k tomu, že v literatuře nejsou dostupná data o retenci polyfenolů po simulaci procesu trávení u těchto vzorků, je obtížné data blíže diskutovat.

Biologická dostupnost je charakterizována jako část požití látky, která se uvolňuje při trávení (Sęczyk et al., 2021). Biologickou dostupnost polyfenolických látek může ovlivnit hned několik faktorů. Nejčastěji je to mechanické zpracování a tepelné zpracování. Aby byly polyfenoly dostupné pro organismus, musí být uvolněné z buněčné stěny, kde jsou v rostlinách často navázané. Tyto procesy mohou také snížit množství labilních fenolických sloučenin v surovinách (Drawbridge et al., 2021). V těle během trávení působí na polyfenoly fyzikálně-chemické (teplota, pH, iontová síla) a biochemické faktory (působení enzymů a žlučových solí) a tyto reakce ovlivňují stabilitu a uvolňování polyfenolických sloučenin z potravinové matrice (Sęczyk et al., 2021). Například výsledky studie pro ječmen (Sęczyk et al., 2021) ukázaly, že trávicí proces může mít negativní vliv na dostupnost polyfenolických sloučenin, protože v těle probíhá mnoho složitých interakcí.

## ZÁVĚR

V teoretická částí byla popsána charakteristika běžně používaných obilovin pro výrobu mouky. Dále byly popsány netradiční mouky, které byly součástí experimentální práce. Těmito byly mouky vyrobené z banánů, dýňových, hroznových, lněných a ostropestřcových semen.

V experimentální částí byla stanovena sušina a popel, hodnota *in vitro* stravitelnosti a také množství neutrálně-detergentní vlákniny. Dále byly extrahovány volné a vázané polyfenolické frakce, a to jak v nativních vzorcích netradičních mouk, tak také v nestráveném podílu po simulaci trávení technikou *in vitro*.

Obsah vlhkosti se pohyboval od 7,2 do 10,2 %, což odpovídá požadavku, který stanovuje vyhláška, že mlýnské obilné výrobky mohou obsahovat maximálně 15 % vlhkosti. Obsah minerálních látek (popela) byl u vzorků v rozmezí 3,10 až 9,61 % v sušině. Nejvyšší obsah popela měla dýňová mouka a nejnižší mouka z hroznových jader. Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny mělo široké rozpětí výsledků, a to od 3,30 do 52,5 % v sušině. Nejbohatší na vlákninu byl vzorek hroznové mouky, naopak nejhudší byl vzorek mouky z dýňových semen.

Stravitelnost netradičních mouk se pohybovala od 93,0 do 50,8 %. Nejlépe stravitelná byla mouka dýňová a nejméně mouka z hroznových semen.

Dále byly stanoveny celkové polyfenoly (ve volných a vázaných frakcích) v nativním vzorku a také v nestráveném podílu. Nejvíce polyfenolů ve volných i vázaných frakcích obsahovala mouka z hroznových jader.

Z hodnot stravitelnosti a celkových polyfenolů byly vypočítány retenční faktory, které ukazují, jaký podíl polyfenolických látek zůstal v nestráveném podílu. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u banánové mouky a nejvyšší u hroznové mouky. Z hlediska trávení se jeví jako nejméně vhodným zdrojem polyfenolických látek hroznová mouka.

Netradiční mouky popsané v této práci by mohly zajisté sloužit k nahrazení části pšeničné mouky nebo jako přísada do běžných pečárenských výrobků a obohatit tak jejich složení o minerální látky, vlákninu nebo polyfenoly.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

1. ATAEI NUKABADI, Fariba, Mohammad HOJJATOLESLAMY a Hajar ABBASI. Optimization of fortified sponge cake by nettle leaves and milk thistle seed powder using mixture design approach. *Food Science & Nutrition* [online]. 2021, **9**(2), 757-771 [cit. 2022-05-10]. ISSN 2048-7177. Dostupné z: doi:10.1002/fsn3.2041
2. AYDIN, Emine a Duygu GOCMEN. The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2015, **60**(1), 385-392 [cit. 2022-05-08]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2014.08.025
3. BABADOOST, Mohammad a Thomas A. ZITTER. Fruit rots of pumpkin: A serious threat to the pumpkin industry. *Plant Disease*, 2009. [cit. 2022-02-06] 93.8: 772-782.
4. BORA, P. Anti-Nutritional Factors in Foods and their Effects. *Journal of Academia and Industrial Research*. 2014, **3**(6). ISSN 2278-5213. [cit. 2022-04-07]
5. BURG, Patrik. a Petr ZEMÁNEK Možnosti využití matolin z vinařské produkce. *Vinařský obzor*. 2012, **5**(258-9).
6. CAMPUZANO, Ana, Cristina M. ROSELL a Fabiola CORNEJO. Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chemistry* [online]. 2018, **256**, 11-17 [cit. 2022-05-09]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2018.02.113
7. ČESKO. Vyhláška č. 18/2020 Sb., Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. Dostupné z: *Zakonyprolidi.cz* [cit. 2022-01-15]
8. ČESKO. Vyhláška č. 329/1997 Sb., Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí §18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena. Dostupné z: *Zakonyprolidi.cz* [cit. 2022-01-15]
9. DELEU, Lomme J., Elie LEMMENS, Lore REDANT a Jan A. DELCOUR. The major constituents of rye ( *Secale cereale* L.) flour and their role in the production of rye bread, a food product to which a multitude of health aspects are ascribed. *Cereal Chemistry*

[online]. 2020, **97**(4), 739-754 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0009-0352. Dostupné z: doi:10.1002/cche.10306

10. DHURVE, Priyanka a Vinkel KUMAR ARORA. Investigation of geometric and gravimetric properties of pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*) under tray drying. *Materials Today: Proceedings* [online]. 2021 [cit. 2022-02-06]. ISSN 22147853. Dostupné z: doi:10.1016/j.matpr.2021.11.452

11. DO PRADO FERREIRA, Milena a César Ricardo TEIXEIRA TARLEY. Assessment of in vitro bioaccessibility of macrominerals and trace elements in green banana flour. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2020, **92** [cit. 2022-05-09]. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2020.103586

12. DOSTÁLOVÁ, Radmila, Jiří HORÁČEK, Pavel SKŘIVAN a Marcela SLUKOVÁ. *Obiloviny a luštěniny*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., [2016]. Jak poznáme kvalitu?. [cit. 2022-04-15] ISBN isbn978-80-88019-09-1.

Dostupné z: doi:10.1002/9781119528265 [cit. 2022-02-06]

Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpHBPPSPT1/handbook-banana-production/handbook-banana-production>

Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpTWWIOA01/technology-wafers-waffles/technology-wafers-waffles>

13. DRAWBRIDGE, Pamela C., Franklin APEA-BAH, Polyanna SILVEIRA HORNUNG a Trust BETA. Bioaccessibility of phenolic acids in Canadian hullless barley varieties. *Food Chemistry* [online]. 2021, **358** [cit. 2022-05-06]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2021.129905

14. ECKERT, Peter et al. Grapeseed, cold-pressed grape oil, crushed grape and grape flour. U.S. Patent No 7,226,627, 2007.

15. EITA, Aliaa Abdelmoniem Bedeir. Milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.): An overview about its pharmacology and medicinal uses with an emphasis on oral diseases. *Journal of Oral Biosciences* [online]. 2021 [cit. 2022-02-14]. ISSN 13490079. Dostupné z: doi:10.1016/j.job.2021.12.005

16. FRØLICH, Wenche, Per ÅMAN a Inge TETENS. Whole grain foods and health – a Scandinavian perspective. *Food & Nutrition Research* [online]. 2017, **57**(1) [cit. 2022-05-04]. ISSN 1654-6628. Dostupné z: doi:10.3402/fnr.v57i0.18503

17. GORINSTEIN, Shela, Oscar J. Medina VARGAS, Nicolas O. JARAMILLO, et al. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *European Food Research and Technology* [online]. 2007, **225**(3-4), 321-328 [cit. 2022-05-04]. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-006-0417-7
18. HABIBA, Umme, Md. et al. Nutritional, textural, and sensory quality of bars enriched with banana flour and pumpkin seed flour. *Foods and Raw Materials* [online]. 2021, **9**(2), 282-289 [cit. 2022-02-12]. ISSN 2308-4057. Dostupné z: doi:10.21603/2308-4057-2021-2-282-289
19. HALL, C. a M.C. TULBEK. Omega-3-enriched bread. *Technology of Functional Cereal Products* [online]. Elsevier, 2008, 2008, s. 362-387 [cit. 2022-03-05].
20. HOSOKAWA, K. et al. Properties of ripe banana flour and application to gluten-free breadmaking. *Journal of food processing and preservation* [online]. 2020, **44**(10) [cit. 2022-01-31]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: DOI:10.1111/JFPP.14789  
ISBN 9781845691776. Dostupné z: doi:10.1533/9781845693886.2.362
21. KHOURYIEH, Hanna a Fadi ARAMOUNI. Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseed flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2012, **92**(11), 2366-2372 [cit. 2022-05-10]. ISSN 00225142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.5642
22. 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. 2022-05-09]. ISSN 0921-9668. Dostupné z: doi:10.1007/s11130-019-00777-z
23. KUMAR, Pawan, et al. Nutritional contents and medicinal properties of wheat: a review. *Life Sciences and Medicine Research*, 2011, **22**.1: 1-10.
24. LUTHRIA, Devanand L., Yingjian LU a K.M. Maria JOHN. Bioactive phytochemicals in wheat: Extraction, analysis, processing, and functional properties. *Journal of Functional Foods* [online]. 2015, **18**, 910-925 [cit. 2022-05-01]. ISSN 17564646. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2015.01.001
25. 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. 2022-05-04]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2016.04.032

26. MENASRA, Amina, Djamel FAHLOUL. Quality characteristics of biscuit prepared from wheat and milk thistle seeds (*Silybum marianum* (L) Gaertn) flour. *Carpathian Journal of Food Science and Technology* [online]. 2019 [cit. 2022-05-01]. ISSN 2066-6845. Dostupné z: doi:10.34302/crpjfst/2019.11.4.1

27. MUIR, Alister D. Flax lignans: new opportunities for functional foods. *Food Science & Technology Bulletin: Functional Foods* [online]. 2010, **6**(6), 61-79 [cit. 2022-02-20]. ISSN 1476-2137. Dostupné z: doi:10.1616/1476-2137.15817

28. NADEESHANI, Harshani, Gamini SAMARASINGHE, Renuka SILVA, Danny HUNTER a Terrence MADHUIJITH. Proximate composition, fatty acid profile, vitamin and mineral content of selected banana varieties grown in Sri Lanka. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2021, **100** [cit. 2022-04-16]. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2021.103887

29. NAKOV, Gjore, Andrea BRANDOLINI, Alyssa HIDALGO, Nastia IVANOVA, Viktorija STAMATOVSKA a Ivan DIMOV. Effect of grape pomace powder addition on chemical, nutritional and technological properties of cakes. *LWT* [online]. 2020, **134** [cit. 2022-05-01]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2020.109950

30. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Dostupné z: *EUR-Lex* [cit. 2022-04-05]

31. PANATO, Karoline a Carmen Maria Olivera MULLER. Drying kinetics and physicochemical and technological properties of pumpkin purée flour dried by convective and foam-mat drying. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2021. [cit. 2022-02-05]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: doi:10.1111/jfpp.16264

32. PORWAL, Omji et al. *Silybum marianum* (Milk Thistle): Review on Its chemistry, morphology, ethno medical uses, phytochemistry and pharmacological activities, *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. 2019, **9**(5), pp. 199-206 [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: doi:10.22270/jddt.v9i5.3666.

33. RAHMAN, Towhidur, Shompa AKTER, Ashfak Ahmed SABUZ a Rahmatuzzaman RANA. Characterization of Wheat Flour Bread Fortified with Banana Flour. *International*

*Journal of Food Science and Agriculture* [online]. 2021, **5**(1), 7-11 [cit. 2022-05-04]. ISSN 25783467. Dostupné z: doi:10.26855/ijfsa.2021.03.002

34. RANUM, Peter, Juan Pablo PEÑA-ROSAS a Maria Nieves GARCIA-CASAL. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online]. 2014, **1312**(1), 105-112 [cit. 2022-05-01]. ISSN 0077-8923. Dostupné z: doi:10.1111/nyas.12396

35. SĘCZYK, 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. 2022-05-06]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2020.128581

36. SHEWRY, P. R. Wheat. *Journal of Experimental Botany* [online]. 2009, **60**(6), 1537-1553 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0022-0957. Dostupné z: doi:10.1093/jxb/erp058

37. SHEWRY, Peter. What Is Gluten—Why Is It Special? *Frontiers in Nutrition* [online]. 2019, **6** [cit. 2022-01-16]

38. SHIM, Youn Young, Bo GUI, Paul G. ARNISON, Yong WANG a Martin J.T. REANEY. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2014, **38**(1), 5-20 [cit. 2022-04-18]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2014.03.011

39. SIDDIQ, Muhammad, Jasim AHMED a Maria Gloria LOBO, ed. *Handbook of Banana Production, Postharvest Science, Processing Technology, and Nutrition* [online]. Wiley, 2020 [cit. 2022-04-16]. ISBN 9781119528234.

40. SINKOVIČ, Lovro a Aleš KOLMANIČ. Elemental composition and nutritional characteristics of Cucurbita pepo subsp. Pepo seeds, oil cake and pumpkin oil. *Journal of Elementology* [online]. 2020, (1/2021) [cit. 2022-02-06]. ISSN 16442296. Dostupné z: doi:10.5601/jelem.2020.25.4.2072

41. TAUFEROVÁ, A. et al., Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014 [cit. 2022-01-16]

42. TIEFENBACHER, Karl F. *Technology of Wafers and Waffles I - Operational Aspects*. Elsevier. 2017 [cit. 2022-02-20].

43. TICHÁ, Markéta a Petra VYZÍNOVÁ. *Polní plodiny*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2006 [cit. 2022-01-16]

44. TURNER, Nancy D. a Joanne R. LUPTON. Dietary Fiber. *Advances in Nutrition* [online]. 2011, **2**(2), 151-152 [cit. 2022-05-03]. ISSN 2161-8313. Dostupné z: doi:10.3945/an.110.000281
45. VERMA, Deepak Kumar a Prem Prakash SRIVASTAV. Bioactive compounds of rice (*Oryza sativa* L.): Review on paradigm and its potential benefit in human health. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2020, **97**, 355-365 [cit. 2022-04-29]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2020.01.007
46. WIBOWO, C., et al. Characteristic of banana flour produced from the variety of “Raja Lawe” and “Raja Labu”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2021, **653**(1) [cit. 2022-01-19]. ISSN 1755-1307. Dostupné z: DOI:10.1088/1755-1315/653/1/012112
47. ZUK, Magdalena, et al. Linseed, the multipurpose plant. *Industrial Crops and Products* [online]. 2015, **75**, 165-177 [cit. 2022-03-01]. ISSN 09266690. Dostupné z: doi:10.1016/j.indcrop.2015.05.005

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

DMD	Stravitelnosti sušiny (Dry Matter Digestibility)
GAE	Ekvivalent kyseliny gallové (Gallic Acid Equivalent)
NDF	Neutrálně-detergentní vláknina (Neutral-Detergent Fiber)
SD	Směrodatná odchylka
OMD	Stravitelnosti organické hmoty (Organic Matter Digestibility)
TPC	Celkový obsah polyfenolů (Total Phenolic Content)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vzorke použitých mouk (Foto: Denisa Holečková) .....	24
--	----



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Seznam vzorků .....	23
Tabulka 2: Výsledky stanovení sušiny .....	31
Tabulka 3: Výsledky stanovení popela .....	32
Tabulka 4: Výsledky stanovení stravitelnosti .....	33
Tabulka 5: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny .....	34
Tabulka 6: Výsledky stanovení celkových polyfenolů (TPC) v nativním vzorku .....	35
Tabulka 7: Výsledky stanovení celkových polyfenolů (TPC) v nestráveném podílu vzorku .....	37