

# Stanovení vlákniny u netradičních mouk

Ivo Havlíček

---

Bakalářská práce  
2023

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav analýzy a chemie potravin

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Ivo Havlíček  
Osobní číslo: T20307  
Studijní program: B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin  
Specializace: Gastronomické technologie  
Forma studia: Prezenční  
Téma práce: Stanovení vlákniny u netradičních mouk

## Zásady pro vypracování

### Teoretická část

1. Charakterizovat výrobu a složení vybraných druhů netradičních mouk.
2. Definovat pojem vláknina, zaměřit se na legislativní požadavky.

### Experimentální část

1. U vybraných vzorků netradičních mouk stanovit jednotlivé frakce nerozpustné vlákniny a korelovat naměřená data s hodnotami stravitelnosti.

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

**Seznam doporučené literatury:**

1. ELLEUCH, M. et al. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. *Food Chemistry*, **124**(2), 411-421.
2. FULLER, S. et al. (2016). New horizons for the study of dietary fiber and health: A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, **71**(1), 1-12.
3. BARBER, T. et al. (2020). The health benefits of dietary fibre. *Nutrients*, 2020, **12**(10).

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

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

L.S.

---

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

---

**prof. Ing. Jiří Mižek, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 6. února 2023

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

V teoretické části bakalářské práce je legislativně vymezen pojem mouka, charakterizovány netradiční zdroje pro výrobu mouky: banány, dýně, réva vinná, ostropestřec mariánský a len setý. Dále je definován pojem vláknina, popsány její frakce a benefity vyplývající z konzumace vlákniny. Praktická část zahrnuje stanovení sušiny, popela, hrubé, neutrálně-detergentní, acido-detergentní vlákniny a stravitelnost *in vitro*. Nejvyšší obsah všech tří frakcí vlákniny byl stanoven v hroznové mouce, nejméně u všech tří frakcí v banánové mouce. Jako nejlépe stravitelný byl stanoven vzorek banánové mouky a nejméně stravitelný byl vzorek hroznové mouky.

Klíčová slova: netradiční mouky, vláknina, hrubá vláknina, neutrálně-detergentní vláknina, acido-detergentní vláknina, *in vitro* stravitelnost.

## **ABSTRACT**

In the theoretical part of the bachelor thesis the concept of flour is legislatively defined, non-traditional sources of fiber are characterised such as bananas, pumpkins, grapevine, milk thistle and flax. Furthermore, the term dietary fiber is defined, its fractions, and the benefits resulting from the consumption of fiber are described. The practical part includes the determination of the dry matter, ash content, crude fiber, neutral-detergent fiber, acid-detergent fiber, and *in vitro* digestibility. The highest fiber content was determined in all three fractions of fiber in the grape flour, contrary, the lowest fibre value was assessed in the banana flour. The banana flour sample was determined to be the most digestible and the grape flour sample was the least digestible.

Keywords: non-traditional flours, fiber, crude fiber, neutral-detergent fiber, acid-detergent fiber, *in vitro* digestibility.

Děkuji tímto vedoucí mé práce doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za poskytnutí odborných znalostí a rad k danému tématu v průběhu vypracování mé bakalářské práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 KLASIFIKACE A VYMEZENÍ SUROVIN PRO VÝROBU NETRADIČNÍCH MOUK</b> .....	<b>12</b>
1.1 MOUKA .....	12
1.2 BANÁNY.....	12
1.2.1 Charakteristika plodiny .....	12
1.2.2 Chemické složení .....	13
1.2.3 Výroba banánové mouky .....	14
1.3 DÝNĚ .....	14
1.3.1 Charakteristika plodiny .....	14
1.3.2 Chemické složení .....	15
1.3.3 Výroba dýňové mouky .....	15
1.4 RÉVA VINNÁ.....	16
1.4.1 Charakteristika plodiny .....	16
1.4.2 Chemické složení .....	17
1.4.3 Výroba hroznové mouky.....	17
1.5 OSTROPESTŘEC MARIÁNSKÝ .....	17
1.5.1 Charakteristika plodiny .....	17
1.5.2 Chemické složení .....	18
1.5.3 Zpracování ostropestřce mariánského.....	18
1.5.4 Podpůrné účinky konzumace ostropestřce mariánského.....	18
1.6 LEN SETÝ.....	19
1.6.1 Charakteristika plodiny .....	19
1.6.2 Chemické složení .....	20
1.6.3 Výroba lněné mouky .....	20
<b>2 VYMEZENÍ DEFINICE VLÁKNINY</b> .....	<b>21</b>
2.1 POČÁTKY ZAVÁDĚNÍ VLÁKNINY .....	21
2.1.1 Hledání univerzální definice vlákniny .....	21
2.2 ROZDĚLENÍ VLÁKNINY .....	22
2.3 PODPŮRNÉ ZDRAVOTNÍ ÚČINKY PŘI KONZUMACI VLÁKNINY .....	22
2.3.1 Denní příjem vlákniny.....	23
2.3.2 Zdravotní a výživová tvrzení .....	23
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>25</b>
<b>3 CÍL PRÁCE PRAKTICKÉ ČÁSTI</b> .....	<b>26</b>
<b>4 METODIKA</b> .....	<b>27</b>

4.1	POTŘEBNÉ CHEMIKÁLIE.....	27
4.2	PŘÍSTROJE A POMŮCKY.....	27
4.3	CHARAKTERISTIKA VZORKŮ.....	28
4.4	STANOVENÍ SUŠINY .....	29
4.5	STANOVENÍ POPELA.....	30
4.6	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY .....	31
4.7	STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY.....	32
4.8	STANOVENÍ ACIDO-DETERGENTNÍ VLÁKNINY .....	33
4.9	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI .....	34
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>36</b>
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY A POPELA .....	36
5.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY .....	38
5.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY.....	39
5.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ ACIDO-DETERGENTNÍ VLÁKNINY .....	40
5.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI .....	41
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>43</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>44</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>53</b>



## ÚVOD

V 21. století se nemusíme spoléhat pouze na dostupnost pšenice či žita setého jakožto tradičních obilovin při výrobě mouky, nýbrž můžeme nacházet alternativy i v jiných plodinách. Podmínkou k zavádění a doporučování netradičních plodin k výrobě mouk zůstává zajistit zdravotní nezávadnost, organoleptickou přijatelnost, zabývat se jejich stravitelností, a navíc srovnat zastoupení jak makronutrientů, tak mikronutrientů v porovnání s tradičními plodinami. Na trhu se již objevují ve vyšší míře netradiční plodiny na výrobu mouk oproti minulosti. Za jeden ze zásadních parametrů podmiňující jejich potenciál je například vyšší obsah vlákniny. Tyto netradiční zdroje mouk mohou částečně v receptuře nahradit mouky běžně používané nebo vznikají nové receptury pro obohacení sortimentu potravin.

Společností v posledních letech rezonuje problematika konzumace vlákniny a jejího potenciálu, jakožto podpůrný účinek na lidské zdraví. Množství konzumované vlákniny z potravin je nedostačující (optimum u dospělých žen kolem 25 g, u dospělých mužů pak kolem 38 g), a co víc, potravin majících dle doporučení odpovídající poměru rozpustné a nerozpustné vlákniny (1:3, 1:4), lze hledat jen minimum. Nicméně, v případě nadměrné konzumace vlákniny vyplývající z častého užívání potravinových doplňků nebo při nadměrném zájmu o co nejzdravější potraviny související s pojmem ortorexie, může tak při denním příjmu vlákniny nad 60 g docházet k jistým zažívacím potížím, zácpě, anebo naopak průjmům (dostat se k uvedené hodnotě je v praxi docela obtížné, vyžadovalo by to v podstatě neustálé vyhledávání bohatých zdrojů vlákniny a zároveň vynechávání potravin, které naopak na vlákninu bohaté nejsou). Problematiku vlákninového komplexu můžeme chápat jako dost složitou, jednotlivé frakce vykazují rozličné funkce, vlastnosti, využití apod. Na druhou stranu, fortifikaci vlákninou výrobci potravin do jisté škály potravin zavedli či zavádějí, ať už jde o pečivo, sušenky, džusy, smoothie, ovocné tyčinky, ale i džemy, ovocné jogurty atd. Potraviny jsou fortifikovány nejen jablečnou vlákninou, ale také vlákninou z citrusových plodů nebo např. z čekanky (nazývanou inulin). Pektiny, představující rozpustné frakce vlákniny ovoce i zeleniny, jsou využívány i jako přídatné látky ke ztužování ovocných pomazánek či rosolů. Některé potraviny mohou nést označení: zdroj vlákniny (případně přípustné formulace v rámci slovní flexibility, např. „obsahuje vlákninu“), stejně tak označení: s vysokým obsahem vlákniny (případně přípustné formulace v rámci slovní flexibility, např. „bohatý na vlákninu“) jako výživová tvrzení dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a některé z druhů vlákniny mohou nést i označení

zdravotních tvrzení. Dle Nařízení Komise (EU) č. 432/2012 se jedná například o ovesný  $\beta$ -glukan, spadající strukturně do heteropolysacharidů. Tento snižuje hladinu cholesterolu. Vzhledem k zahrnutí netradičních druhů mouk do potravin je tedy užitečné znát jejich obsah a také složení či jednotlivé frakce vlákniny. Cílem této práce tak bylo stanovit jednotlivé frakce nerozpustné vlákniny u vzorků netradičních mouk s možností využití k obohacení receptur potravin.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 KLASIFIKACE A VYMEZENÍ SUROVIN PRO VÝROBU NETRADIČNÍCH MOUK

## 1.1 Mouka

Dle Vyhlášky č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky, cukrářské výrobky a těsta je mouka definovaná jako:

- 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.

a mlýnské obilné výrobky takto:

- mlýnskými obilnými výrobky rozumíme výrobky získané zpracováním jednoho nebo více botanických druhů obilovin, pohanky nebo jiných pseudoobilovin nebo rýže víceetapovým mlýnským postupem; mlýnskými obilnými výrobky nejsou škrob a vitální lepek.

## 1.2 Banány

### 1.2.1 Charakteristika plodiny

Vědecký název pro banán je *Musa* z čeledi banánovníkovitých (*Musaceae*), krytosemenných tropických rostlin, charakteristicky představujících plod banánu shlukující se na vrcholu rostliny. Odrůda Cavendish reprezentuje nejvíce prodávanou odrůdu banánů v rámci USA a Evropy. Délka pěstování banánů závisí na odrůdě a klimatických podmínkách. Když probíhá sklizeň plodů po 8–13 měsících, slupka má zralou, zeleně zbarvenou slupku (Sinanoglou et al., 2023). Po sklizni procházejí banány procesem dozrávání, což ze sensorického hlediska znamená barevný přechod slupky ze zelené do žluté, taktéž dojde ke snížení její pevnosti, a naopak se zvyšuje intenzita vůně (aroma) z důvodu narůstající kyselosti a rozpustných pevných látek. Z vizuálního hlediska stupeň zralosti banánu klasifikoval Von Loesecke do 7 stupňů v tzv. škále zralosti. Obsah škrobu i rezistentního škrobu při dozrávání klesá, což zastává důležitou vlastnost při výrobě mouky. Naopak množství sacharózy, glukózy a fruktózy roste (Cândido, Marzullo a Leonel, 2023). V počátcích 20. století byly banány označeny American Medical Association (AMA) za první superpotravinu a zároveň doporučeny pro děti a pacienty trpící celiakií jako nutričně bohatá potravina (<https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/bananas/>).



Obrázek 1 Ilustrační obrázek banánů [1]

### 1.2.2 Chemické složení

Z nutričního hlediska jsou banány bohaté na některé vitamíny a minerální látky. Draslík, fosfor, hořčík, železo a zinek zastupují hlavní zdroje minerálních prvků v plodech banánů. Kromě toho jsou také přítomny bioaktivní látky (např. vitamin C, karotenoidy, fenoly a flavonoidy) s vysokým antioxidačním potenciálem (Cândido, Marzullo a Leonel, 2023). Ve zralém banánu bylo stanoveno na 100 g: 0,3 g tuku, 21,8 g sacharidů, 1,1 g bílkovin, 2,0 g vlákniny a významné zastoupení některých minerálních prvků, jako draslíku 385 mg, hořčíku 30 mg, fosforu 22 mg, zinku 0,18 mg, mědi 0,11 mg a  $\beta$ -karotenu 68  $\mu$ g (Aurore, Parfait a Fahrasmane, 2009). V sušině jiného vzorku zralého banánu (stádium zralosti 6–7) bylo zase stanoveno rozmezí 0,6–1,2 % tuku, 3,8 % bílkovin a 17–18 % vlákniny. Škrob představoval 56–63 % obsahu, z toho rezistentní škrob 11–17 % a popel rozmezí 3,3–6,9 % (Amini, Birch a Bekhit, 2019). Naproti tomu v již sušeném banánu bylo stanoveno na 100 g: 1,1 g tuku, 63,0 g sacharidů, 3,0 g bílkovin, 5,5 g vlákniny a z minerálních prvků draslíku 1150 mg, fosforu 150 mg, hořčíku 90 mg, zinku 0,5 mg, mědi 0,4 mg a  $\beta$ -karotenu 150  $\mu$ g (Aurore, Parfait a Fahrasmane, 2009). Banánová dužina a slupka obsahuje různé fenolické látky, např. kyselinu gallovou, katechin, epikatechin, třísloviny a antokyany (Amini, Birch a Bekhit, 2019), přičemž v odrůdě Cavendish technikou Folin-Ciocalteu metody bylo stanoveno 907 mg/100 g fenolických sloučenin ve slupce a 232 mg/100 g fenolických sloučenin v dužině vyjádřených jako ekvivalenty katechinu. Celkový obsah karotenoidů byl stanoven na 54  $\mu$ g/100 g čerstvé hmoty (Cândido, Marzullo a Leonel, 2023).

### 1.2.3 Výroba banánové mouky

Plody musí být nejprve hygienicky vyčištěny. Tento proces zahrnuje tři kroky: omývání pod tekoucí vodou, ponoření do vodní lázně obsahující chlor, a nakonec oplach pitnou vodou. Doba máčení je odlišná dle různých postupů zpracovatelů a liší se také koncentrace chloru v roztoku zmíněné ve studiích. Každopádně, jednou z cest je máčení plodu po dobu 15 minut v roztoku s koncentrací 20 kapek chlornanu sodného na litr. Poté jsou banány rozkrájeny na kousky, ty jsou ošetřeny proti enzymatickému hnědnutí a tím pádem bude docíleno výsledné světlejší mouky. K zmíněnému ošetření je používán roztok kyseliny citronové nebo kyseliny askorbové anebo je připraven roztok z obou kyselin. K sušení se používají sušičky s ventilací, banány se mohou sušit i tak, že kousky při procesu sušení rotují. Pro tekuté husté banánové hmoty lze využít i sprejových sušáren. Použitím metody sušení za rotace kousků ovoce dochází více než k 90% ztrátám v obsahu rezistentního škrobu oproti ostatním popsaným metodám. Využitím sušících metod jsou ovlivňovány hodnoty aktivity vody v potravinách, ale ve všech popsaných metodách byly pozorovány hodnoty pod 0,6, tedy považované za zamezující růstu mikroorganismů (Cândido, Marzullo a Leonel, 2023).

## 1.3 Dýně

### 1.3.1 Charakteristika plodiny

Dýně obecná (*Cucurbita* spp.), také označovaná jako tykev obecná, náleží do čeledi tykvovité. Pochází z dnešního území Mexika a USA, konkrétně ze státu Texas (<https://www.celostnimediceina.cz/tykev-obecna.htm>). *Cucurbita pepo* L., *Cucurbita maxima* Duchesne a *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir spadají mezi tři nejběžněji pěstované a nejvíce dostupné druhy na světě z čeledi tykvovité. Významné jsou dýně obecně také díky vysokému obsahu fytochemických látek (biologicky aktivních látek) jako např. polyfenolů nebo karotenoidů a antioxidantů (Rinaldi et al., 2023). Některé druhy *Cucurbita maxima*, jejichž plody mohou dosahovat hmotnosti mnohem přes 1 000 kg, které jsou zároveň pěstovány pro takovéto účely, dokonce závodí o světově největší ovoce (Hernandez et al., 2023).



Obrázek 2 Ilustrační obrázek tykve obecné [2]

### 1.3.2 Chemické složení

Jako velmi nutričně zajímavé lze vnímat dýňové semínko, používané po vylisování oleje na výrobu mouky. Dýňové semínko na každých 100 g obsahuje přibližně 49 g tuku, 10,7 g sacharidů, 30 g bílkovin a 6 g vlákniny. Obsah popela činí asi 4,8 g a vlhkost asi 5,2 g. Z minerálních prvků je bohaté na fosfor, draslík, hořčík, železo, zinek a měď. Ve 100 g je zastoupeno cca 1240 mg fosforu, 808 mg draslíku, 590 mg hořčíku, 8,8 mg železa, 7,8 mg zinku, 1,34 mg mědi, 4,6 mg manganu a 1,34 mg mědi (Batoool et al., 2022). Jiný zdroj uvádí, že v dýňových semínkách bylo stanoveno cca 38,0 g tuku na 100 g, z toho bylo přítomno 46,6 % kyseliny linolové (C18:2  $\omega$ 6), 33,0 % kyseliny olejové (C18:1), 12,5 % kyseliny palmitové (C16:0) a 6,1 % kyseliny stearové (C18:0). Z hlediska nasycenosti tuků je z celkového množství tuků pak poměr vyjádřený následovně: 19,3 % nasycených mastných kyselin, 33,5 % mononenasycených mastných kyselin a 47,2 % polynenasycených mastných kyselin (Czerwonka a Białek, 2023). Dle jiné studie obsahuje mouka ze syrového semínka tykve na 100 g přibližně 46,3 g tuku, 4,3 g sacharidů, 31,4 g bílkovin a 6,7 g vlákniny. Vlhkost byla stanovena přibližně na 6,8 g a popel na 4,4 g (Akintade, Awolu a Ifesan, 2019).

### 1.3.3 Výroba dýňové mouky

Mouku lze vyrobit z dýňových semínek po vylisování oleje nebo také s využitím dužiny:

- a) s využitím semen: dýňová semena jsou primárně využívána na výrobu oleje, používaného v potravinářství. Z rozemletých semen se lisuje olej, kdy se dosahuje

výtěžností i něco kolem 40 %. Po vylisování pak zůstane tzv. pokrutinový koláč, ze kterého je mletím následně vyrobena mouka (Sinkovič a Kolmanič, 2020).

- b) s využitím dužiny: nejprve je provedeno očištění dýně, pak jsou odstraněny stopky. Zbylá slupka, semena a dužina se nakrájí na plátky, které jsou sušeny horkým vzduchem. Případně lze připravit pyré rozmixováním upravené dýně v mixéru, pyré se potom taktéž suší horkým vzduchem nebo sprejově (Panato a Muller, 2021).

## 1.4 Réva vinná

### 1.4.1 Charakteristika plodiny

Réva vinná (*Vitis vinifera*) je liánovitá rostlina, která kvůli svému růstu bývá pěstována pomocí opěrných konstrukcí. Kulturně pěstované hrozny náleží do řádu *Rhamnales* z čeledi *Vitaceae* (révovité) a zahrnují ekonomicky jedny z nejvýznamnějších světově pěstovaných ovocných odrůd s roční produkcí 68 milionů tun. Čeleď révovité čítá 900 druhů rostoucích v oblastech subtropického a mírného pásu (Majeed et al., 2022).



Obrázek 3 Ilustrační obrázek révy vinné [3]



### 1.4.2 Chemické složení

Mouka získaná z hroznů obsahuje na každých 100 g přibližně 5,9 g tuku, 11,3 g monosacharidů, 16,3 g bílkovin a 8,3 g vlákniny, vlhkost byla pak stanovena na přibližně 9,2 g a popel přibližně na 3 g. Hroznová mouka je bohatá na sodík, hořčík a vápník, na každých 100 g obsahuje 406 mg vápníku, 398 g hořčíku a 360 mg sodíku (Oprea et al., 2022).

### 1.4.3 Výroba hroznové mouky

Mletím jader a slupek révy vinné jsou získány výlisky. Jedním z možných způsobů výroby hroznové mouky je nejprve nechat výlisky autoklávovat po dobu 15 minut za teploty 121 °C a pak sušit v troubě po dobu 20 hodin za teploty 60 °C. Následuje další zpracování výlisků v drtiči. Zbylá semínka zůstanou v cedníku drtiče a společně s residui výlisků jsou rozemleta na prášek. Prášek lze dále prosévat, aby byly získány frakce s rozdílnou velikostí částic na hrubé, polohrubé nebo hladké prášky, které můžeme považovat za mouky (Beres et al., 2016).

## 1.5 Ostropestřec mariánský

### 1.5.1 Charakteristika plodiny

Ostropestřec mariánský, (*Silybum marianum* L. Gaertn.) náležící do čeledi hvězdnicovité (*Asteraceae*), je všestrannou ostnatou plodinou se schopností adaptace na odlišné půdní a environmentální podmínky na celém kontinentě. Pěstování ostropestřce, jakožto obvykle jednoleté plodiny, zahrnuje kolísavou dobu trvání cyklu podle doby setí. Tato plodina původně pochází z jižní Evropy a Asie, ale může být spatřena po celém světě jako plevel (Marceddu et al., 2022). Z výlisků plodů ostropestřce mariánského je vyráběna mouka.



Obrázek 4 Ilustrační obrázek ostropestřce mariánského [4]

### 1.5.2 Chemické složení

V semenech ostropestřce mariánského bylo stanoveno 26,7 % tuku, 37,7 % sacharidů, 23,0 % bílkovin, 4,55 % vlákniny a 3,40 % popela (<https://www.nifa.org.pk/FSDMilkThistle.htm>). V jiném zdroji bylo (taktéž v semenech ostropestřce mariánského) stanoveno celkem 23,7 g tuku na 100 g, z toho 55,1 % kyseliny linolové (C18:2  $\omega$ 6), 24,4 % kyseliny olejové (C18:1), 8,62 % kyseliny palmitové (C16:0), 4,96 % kyseliny stearové (C18:0) a 2,70 % kyseliny arachové (C20:0) (Czerwonka a Białek, 2023).

### 1.5.3 Zpracování ostropestřce mariánského

Nejprve musí být odstraněno chmýří ze semena (nažky). Semena se standardně suší, drtí na prášek, ze kterého se působením nejlépe 95 % etanolu pak získá barvivo (tinktura). (<https://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/crop-management/milk-thistle.html>).

### 1.5.4 Podpůrné účinky konzumace ostropestřce mariánského

Ostropestřec mariánský obsahuje různorodé bioaktivní látky, z nichž přírodním polyfenolům jsou připisovány účinky potenciálně působící v podpoře léčby onemocnění jater. Další bioaktivní látky, také z řad polyfenolů, jsou komplexy flavonoligninů (přírodně se vyskytující hybridní molekuly pocházející z flavonoidů a ligninů), které bývají hojně

zastoupeny v extraktu ostropestřce (Valková et al., 2020). Nejvýznamnější z nich je flavonolignin silymarin (*Silybum marianum*), jehož extrakt nachází široké využití jako léčivá rostlina díky svým protekčním a regeneračním účinkům na jaterní buňky (Bencze-Nagy et al., 2023). Taktéž jej lze využít ve farmacii při opatřeních proti různým onemocněním, např. otrava z hub, poškození jater v důsledku vedlejších účinků léku (jejich toxicity) anebo virové hepatitidy (Abenavoli et al., 2018). Dosud jsou semínka rostliny považována za jediný zaručený zdroj silymarinu (léčivé látky), což v posledních letech vedlo k navýšení výsadby ostropestřce jakožto plodiny (Marceddu et al., 2022).

## 1.6 Len setý

### 1.6.1 Charakteristika plodiny

Len setý patří do čeledi Inovité (*Linaceae*) a kvete v období od června do srpna. Len setý (*Linum usitatissimum*) lze charakterizovat jako plodinu s dlouholetou tradicí při použití jako zdroj oleje a vlákniny, či pro komerční využití. Pěstuje se ve více než 30 zemích světa. U lněného semínka pak bylo zjištěno, že obsahuje celou škálu bohatě zastoupených vitaminů a minerálních prvků, např. vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, vápník, hořčík, fosfor a mangan (Andronie et al., 2021). Ze lněného semínka se vyrábí lněná mouka nebo např. olej k potravinářským účelům ve studené kuchyni.



Obrázek 5 Ilustrační obrázek lnu setého [5]

### 1.6.2 Chemické složení

Analýzou hnědého kanadského lněného semínka bylo průměrně stanoveno 41 % tuku, 20 % bílkovin a 28 % vlákniny. Vlhkost činila 7,7 % a popel 3,4 %. Takový obsah popela indikuje bohatě zbylá residua minerálních látek zůstávajících po spálení vzorků (Shim et al., 2014). Jiný zdroj uvádí, že lněná semínka obsahují cca 36 g tuku na 100 g, z toho 51,4 % je tvořeno kyselinou  $\alpha$ -linolenovou (C18:3  $\omega$ 3), 19,1 % kyselinou linolovou (C18:2  $\omega$ 6), 17,3 % kyselinou olejovou (C18:1), 6,2 % kyselinou palmitovou (C16:0) a 3,99 % kyselinou stearovou (C18:0). Z hlediska nasycenosti tuků je z celkového množství tuků pak poměr vyjádřený následovně: 10,6 % nasycených mastných kyselin, 17,6 % mononenasycených mastných kyselin a 71,8 % polynenasycených mastných kyselin při cenném poměru  $\omega$ 3: $\omega$ 6 = 2,97 (Czerwonka a Białek, 2023).

### 1.6.3 Výroba lněné mouky

Pomletím celých semínek či ze zbytků po vylisování lněného oleje je získána mouka. Z příčiny žluknutí v případě přístupu světla a vzduchu je třeba mleté lněné semínko řádně zabalit, obal musí být neprodyšný, pokud možno tmavý, žádoucí je balení v ochranné atmosféře (Tiefenbacher, 2017). Oxidací lipidů mohou vznikat potenciálně toxické látky (Shim et al., 2014). Dochází přitom k autooxidaci vzdušným kyslíkem. Takto oxidují za běžných teplot nenasycené mastné kyseliny za vzniku primárních reakčních produktů nazývaných jako hydroperoxydy. Ty samotné jsou nestálé (zvláště pak takové, vznikající z dienových a trienových mastných kyselin) a odštěpují vodíkový radikál, čímž vznikne peroxylový radikál nebo hydroxylový radikál, v tom případě vznikne alkoxylový radikál. Hydroperoxydy mastných kyselin a jejich radikály mohou dále reagovat za vzniku cyklických peroxidů, hydroxykyselin a oxokyselin, reakce dále vedou ke vzniku aldehydů, uhlovodíků atd. (Velíšek a Hajšlová, 2009).

## 2 VYMEZENÍ DEFINICE VLÁKNINY

Dietary fibre (DF) přeložením do češtiny jako „dietetická vláknina“ je definicí pro jedlé části rostlinného materiálu či analogů komplexů převážně polysacharidových polymerů, následně ligninu, přírodních vosků atd., rezistentních vůči trávicím pochodům a poté absorpci tenkým střevem člověka s kompletní nebo částečnou fermentací v tlustém střevě. Vláknina může být rozdělena na rozpustnou (SDF – soluble dietary fibre) a nerozpustnou (IDF – insoluble dietary fibre) (Gebruers et al., 2008; Elleuch et al., 2011; Dodevska et al., 2013; Dhingra et al., 2012). Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 v platném znění je vláknina definována jako uhlovodíkové polymery se třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě lidského organismu a náleží do těchto kategorií:

- jedlé uhlovodíkové polymery přirozeně se vyskytující v přijímané potravě,
- jedlé uhlovodíkové polymery, které byly získány z potravinových surovin fyzikálními, enzymatickými nebo chemickými prostředky a které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky,
- jedlé syntetické uhlovodíkové polymery, které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky (Nařízení č. 1169, 2011).

### 2.1 Počátky zavádění vlákniny

Pojem dietetická vláknina byl poprvé použit ve vědecké literatuře v roce 1953 E. H. Hipsleyem, který připodobnil tento pojem ke složkám celulózy, hemicelulózy a ligninu. Od té doby, definice dietetické vlákniny prošla vývojem a četnými úpravami. Před 70. lety byla psychologická role konzumace vlákniny značně přehlížena. Kolektiv kolem prof. Burkita je řazen mezi první, jenž přisuzoval vliv konzumace vlákniny (obzvláště té z cereálií) nejen na zrychleném průchodu střevy, ale i na objemu a konsistenci stolice, vláknině byla také přisouzena schopnost zasahovat do biochemických a bakteriologických procesů odehrávajících se ve střevě.

#### 2.1.1 Hledání univerzální definice vlákniny

Vymezenost pojmu vláknina je podstatná pro ty, kdo tvoří legislativu a pro výrobce v potravinářském průmyslu v případě, že se navrhují, vyvíjejí a vyrábí nové výrobky nebo doplňky stravy tak, aby tyto měly chemické složení a vlastnosti vlákniny, stejně jako

dostatek funkčních vlastností. Samotný pojem vláknina je taktéž nezbytný i pro konzumenty, kteří získávají na obalech výrobků snadno informaci o jejím obsahu při výběru tzv. zdravějších potravin. Při hledání univerzální definice pro vlákninu, popsanou nejrůznějšími institucemi jako American Association of Cereal Chemists (AACC), Codex Alimentarius Commission (CAC), Food and Nutrition Board (FNB), European Commission (EC), Food and Nutrition Standards of Australia and New Zealand (FSANZ), naráží všechny na nemožnost najít úplné shody, i když definice se navzájem prolínají a některé jsou popsány jen s docela nepatrnými odlišnostmi. Všechny popsané definice však zmiňují vlákninu jako skupinu polymerních sacharidů, oligomerů a polyfenolu ligninu, které nejsou tráveny v tenkém střevě, ale pronikají do tlustého střeva, kde jsou buď částečně nebo plně fermentovány tzv. střevní mikrobiotou (Fuller et al., 2016).

## 2.2 Rozdělení vlákniny

Vláknina je dělena na tzv. rozpustnou nebo nerozpustnou dle schopnosti rozpouštět se a bobtnat ve vodě (rozpustná) či neschopnosti rozpouštět se ve vodě (nerozpustná). Rozpustná vláknina zahrnuje pektinové látky, potravinářské rostlinné gummy a slizy, a také některé typy hemicelulózy, celulóza a lignin jsou obsaženy v nerozpustné vláknině (Elleuch et al., 2011). Poměr rozpustné a nerozpustné vlákniny by měl být přibližně 1:3.

Rozpustnost jako taková je vztažena k chemické struktuře polysacharidů. Ty mohou být uspořádány pravidelně (rozpustná vláknina) anebo nepravidelně (nerozpustná vláknina). Přítomnost zbytků funkčních skupin COOH či SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> zvyšuje jejich rozpustnost. Nerozpustné vlákniny charakterizuje pórovitost, nízká hustota, schopnost zvyšovat objem tráveniny a snížit dobu průchodu střevy (Elleuch et al., 2011).

## 2.3 Podpůrné zdravotní účinky při konzumaci vlákniny

V posledních 50 letech počet případů obezity vzrostl až třikrát, čítající světově kolem 650 milionů obézních, respektive 1,9 bilionu osob s nadváhou. Výživová doporučení nakloněná k osvojení nízko-tučné stravy byla po dekády přijímána poměrně chladně, avšak poslední dobou došlo ke změně náhledu a následně k zaměření pozornosti směrem k nízko-sacharidové stravě, což znamená v praxi snížení volných cukrů ve stravě, a naopak zvýšení podílu vlákniny. Již vícero vědeckých publikací spojilo souvislost vlákniny s celkovou funkcí metabolismu, zahrnující popis účinku na regulaci glukózy, lipidů a citlivost na sekreci insulinu (Barber et al., 2020).

### 2.3.1 Denní příjem vlákniny

Denní požadavek na příjem vlákniny je současně stanoven na 25 g pro ženy mladší 50 let, 21 g pro ženy starší 50 let, 38 g pro muže mladší 50 let a 30 g pro muže starší 50 let. Přibližně 20 až 30 % množství by mělo odpovídat rozpustné vláknině, zbytek nerozpustné (Elleuch et al., 2011).

Jelikož část populace nesplňuje tyto hodnoty ani z poloviny, některé ze zdravotních komplikací budou pravděpodobně korelovat s nedostatkem konzumace vlákniny. Za uvedené komplikace lze předpokládat civilizační onemocnění jako např. diabetes II. typu, obezitu, hypercholesterolémii apod.

Při porovnání dat NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) si v konzumaci vlákniny stojí lépe Evropské země než oblasti Severní Ameriky. V rámci Evropy a Spojených Států Amerických byl zaznamenán rozdíl v příjmu vlákniny přibližně o jednu třetinu nižší, než je doporučený příjem. Existují klinické studie, které prokázaly úbytek tělesné hmotnosti (-1,4 kg) a také úbytek v obvodu pasu (-2,5 cm) při podávání specifických preparátů vlákniny, jako např. PolyGlycoplexX (PGX) gel. Zároveň došlo i k poklesu BMI indexu. Další klinické studie prokázaly snížení hmotnosti při konzumaci luštěnin po dobu 6 týdnů, kdy byl odbouráván převážně tuk, nikoliv svalová hmota. Došlo také ke snížení hladiny triacylglycerolů v krvi. Na základě aktuálně zveřejněných důkazů, konzumace vlákniny souvisí pouze s nevýznamnými změnami v tělesné váze a složení těla (zahrnující podíl tuku), které je ještě méně zřejmé (Barber et al., 2020).

### 2.3.2 Zdravotní a výživová tvrzení

Mezi výživová tvrzení (týkající se obsahu vlákniny v potravinách) schválená v souladu s Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 spadají tato:

- zdroj vlákniny
  - lze použít v případě, obsahuje-li produkt alespoň 3 g vlákniny na 100 g nebo alespoň 1,5 g na 100 kcal.
- s vysokým obsahem vlákniny
  - lze použít v případě, obsahuje-li produkt alespoň 6 g vlákniny na 100 g nebo alespoň 3 g vlákniny na 100 kcal.

Nicméně existují i schválená zdravotní tvrzení týkající se látek, které plní, či mohou plnit funkci vlákniny. Jsou obsažena (mezi dalšími tvrzeními) v Nařízení Komise (EU) č. 1160/2011 o schválení a neschválení určitých zdravotních tvrzení při označování potravin, jež se týkají snížení rizika onemocnění. Jedno tvrzení zní: Bylo prokázáno, že ovesný  $\beta$ -glukan snižuje hladinu cholesterolu v krvi. Vysoká hladina cholesterolu v krvi představuje rizikový faktor pro vznik koronárního srdečního onemocnění. Je zde uvedena i podmínka použití tvrzení, a to, že příznivého účinku je dosaženo na základě denního příjmu 3 g ovesného  $\beta$ -glukanu a tvrzení je možno použít u potravin, které obsahují alespoň 1 g ovesného  $\beta$ -glukanu v kvantifikované porci (Nařízení 1160, 2011). Dále je platné také Nařízení Komise (EU) č. 432/2012, kterým se zřizuje seznam schválených zdravotních tvrzení při označování potravin jiných než tvrzení o snížení rizika onemocnění a o vývoji a zdraví dětí. Zde je taktéž zahrnut již zmíněný  $\beta$ -glukan. Jsou zde uvedena zdravotní tvrzení s podmínkami jejich použití pro látky, které patří ke komplexu vlákniny. Jsou to například: glukomannan (konjakový mannan), guarová guma, hydroxypropylmethylcelulóza (HPMC), pektiny, rezistentní škrob, vláknina z pšeničných otrub, vláknina ze zrn ječmene a žitná vláknina (Nařízení 432, 2012).



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### **3 CÍL PRÁCE PRAKTICKÉ ČÁSTI**

U vybraných vzorků netradičních mouk stanovit jednotlivé frakce nerozpustné vlákniny a korelovat naměřená data s hodnotami jejich stravitelnosti.

## 4 METODIKA

### 4.1 Potřebné chemikálie

- Redestilovaná voda (Aqua Osmotic, Tišnov, ČR),
- aceton p.a. (Penta, ČR),
- CH<sub>3</sub>OH (Ing. Petr Švec, Penta, ČR),
- HCl (Ing. Petr Švec, Penta, ČR),
- neutrálně–detergentní činidlo o složení: disodná sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný (Ankom Technology, NY, USA),
- trietylglykol (Ankom Technology, NY, USA),
- acido–detergentní činidlo cetyltrimetylamonium bromid,
- Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> (Lach-Ner, s.r.o, Neratovice, ČR),
- α-amyláza (Ankom Technology, NY, USA),
- 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),
- chemikálie pro fosfátový pufr – KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> a Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR),
- NaOH (Mach Chemikálie, s.r.o., Ostrava – Hrušov, ČR).

### 4.2 Přístroje a pomůcky

- Laboratorní sušárna Venticell 111 Comfort (BTM Medical Technology s.r.o., ČR),
- analytické váhy ABS 120-4N (KERN & Sohn GmbH, Německo),
- Ankom<sup>200</sup> Fiber Analyzer (Ankom Technology, NY, USA),
- filtrační sáčky F57 s velikostí pórů 50 μm (Ankom Technology, New York, USA),
- muflová pec LM 11/12 LMH (LAC s.r.o., Česká republika),
- inkubátor Daisy (Ankom Technology, New York, USA),
- inkubační láhve (Adam, AFA-210 LC, Schoeller Instruments, Česká republika),
- keramické kelímky,
- pulzní svářečka k zatavení filtračních sáčků F57,
- varná konvice,
- běžné laboratorní sklo a laboratorní potřeby.

### 4.3 Charakteristika vzorků

Jako analyzované vzorky byly použity výrobky netradičních mouk zakoupené v obchodní síti. Po navážení vzorků z příslušného balení byly dále vzorky uskladněny v podmínkách klimatizované laboratoře ( $23 \pm 2$  °C), bez přístupu světla v uzavíratelných plastových sáčcích.

Tabulka 1 Použité vzorky

vzorek	složení vzorku
banánová mouka	100% mleté sušené loupané plody banánovníku
dýňová mouka	100% mleté výlisky ze semen tykve obecné
hroznová mouka	100% mleté výlisky ze semen révy vinné
ostropestřcová mouka	100% mleté výlisky z plodů ostropestřce mariánského
lněná mouka	100% mleté výlisky ze semen lnu hnědého

Analyzované vzorky mají na 100 g dle výrobce (Adveni Medical, s.r.o.) obsahovat následující složení:

- 1) Banánová mouka: 0,4 g tuku, z toho 0,3 g nasycených mastných kyselin, 86,0 g sacharidů, z toho cukrů 3,7 g, 3,5 g bílkovin a 0,05 g soli.
- 2) Dýňová mouka: 15,0 g tuku, z toho 2,5 g nasycených mastných kyselin, 11,0 g sacharidů, z toho 3,3 g cukrů, 50,0 g bílkovin a 0 g soli.
- 3) Hroznová mouka: 5,4 g tuku, z toho 0,6 g nasycených mastných kyselin, 74,0 g sacharidů, z toho 2,8 g cukrů, 8,4 g bílkovin a <0,05 g soli.
- 4) Ostropestřcová: 12,0 g tuku, z toho 2,4 g nasycených mastných kyselin, 4,4 g sacharidů, z toho 4,1 g cukrů, 35,0 g bílkovin a 0,01 g soli.
- 5) Lněná mouka: 14,0 g tuku, z toho 1,4 g nasycených mastných kyselin, 10,0 g sacharidů, z toho 2,3 g cukrů, 31,0 g bílkovin a 0,2 g soli.

Obsah vlákniny nebyl výrobcem uveden.



Obrázek 6 Vzorky použitých mouk [6]

Na obrázku 6 jsou zdokumentovány jednotlivé vzorky netradičních mouk. Nahoře banánová mouka, vlevo dýňová mouka, uprostřed hroznová mouka, vpravo ostropestřcová mouka a dole lněná mouka.

#### 4.4 Stanovení sušiny

Dle platné normy ČSN ISO 712 (461014) bylo provedeno stanovení vlhkosti. Do předsušeného porcelánového kelímku (v sušárně při  $105 \pm 3$  °C po dobu 1 hodiny) bylo odváženo po 1 g s přesností 0,1 mg. Následně byl kelímek vložen již se vzorkem do horkovzdušné sušárny při teplotě  $105 \pm 3$  °C a sušen 1 hodinu. Na analytických vahách byly potom po vychladnutí v exikátoru příslušné misky zváženy. Pro každý vzorek byla vždy provedena tři stanovení a ze získaných hodnot byl výsledek vyjádřen jako průměr se směrodatnou odchylkou (ČSN ISO 712, 2010).

Výpočet vlhkosti [%]:

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

kde:

$m_0$  je hmotnost vysušené prázdné váženky [g],

$m_1$  je hmotnost váženky se vzorkem před vysušením [g],

$m_2$  je hmotnost váženky se vzorkem po vysušení [g].

Výpočet sušiny [%]:

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

#### 4.5 Stanovení popela

Dle platné normy ČSN ISO 2171 (461019) bylo provedeno stanovení popela. Nejprve bylo naváženo po 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg do již předtím vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku. Kelímek byl spolu se vzorkem přemístěn do muflové pece. Obsah vzorku byl spalován po dobu 5,5 hodin a teplotě  $550 \pm 10$  °C. Kelímky byly z pece vytáhnuty laboratorními kleštěmi, vloženy do exikátoru k vychladnutí, po vychladnutí zváženy na analytických vahách. Každý vzorek byl spalován třikrát a výsledky byly vyjádřeny jako průměrný procentuální obsah popela v sušině vzorku (ČSN ISO 2171, 2008).

Výpočet obsahu popela [%]:

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

kde:

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

$m_2$  je hmotnost navážky vzorku [g],

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

Výpočet obsahu popela v sušině [%]:

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

kde:

P je obsah popela [%],

S je obsah sušiny [%].

#### 4.6 Stanovení hrubé vlákniny

Po prvotním namočení filtračních sáčků F57 v acetonu byly tyto následně vysušeny a prázdné zváženy. Poté byly naváženy vzorky o hmotnosti 1,0 g s přesností na 0,1 mg. Potom byl spuštěn přístroj Ankom Fiber, sáčky byly vloženy do nosiče a zality  $H_2SO_4$  o koncentraci 0,1213 mol/l při objemu 2 l. Přístroj byl zapnut s odpočtem 45 minut, jakmile byla dosažena teplota 100 °C. Po uplynutí doby byl veškerý objem vypuštěn kohoutem, kohout uzavřen a obsah nádoby zalit 2 l horké redestilované vody, zapnuto míchání a po 5 minutách objem roztoku vypuštěn kohoutem. Postup byl opakován třikrát. Stejný mechanismus byl proveden pro roztok NaOH o koncentraci 0,3125 mol/l při objemu 2 l jako u  $H_2SO_4$ . Opět byly vzorky hydrolyzovány po dobu 45 minut při 100 °C s proplachem horké vody pro promytí sáčků třikrát, aby veškerý rozpustný podíl byl vyplaven. Nakonec byl proveden proplach studenou redestilovanou vodou, sáčky vytaženy z nosiče a ponořeny do acetonu asi na 3 minuty, vysušeny na filtračním papíře a přítomný aceton byl postupně odvětrán. Pak byly sáčky sušeny v sušárně při teplotě 105 °C po dobu 4 hodin a po ochladnutí v exikátoru zváženy. Následně byly sáčky v muflové peci spáleny při 550 °C po dobu 5,5 hodin (Sumczynski a Bubelová, 2015).

Výpočet hrubé vlákniny (CF) lze získat dle vztahu (výsledkem je obsah CF v %):

$$CF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100 \quad (5)$$

kde:

$$c_1 = \frac{m_h}{m_{ph}} \quad (6)$$

$$c_2 = \frac{m_s}{m_{ps}} \quad (7)$$

$m_1$  je hmotnost prázdného sáčku [g],

$m_2$  je hmotnost navážky vzorku [g],

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

$m_4$  je hmotnost po spálení [g],

$c_1$  je korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze,

$c_2$  je korekce hmotnosti sáčku po spálení,

$m_h$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g],

$m_{ph}$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku před hydrolýzou [g],

$m_s$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku před spálení [g],

$m_{ps}$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku po spálení [g].

#### 4.7 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Jako první byly filtrační sáčky F57 namočený do acetonu a po vysušení do nich byly naváženy vzorky o hmotnosti 0,5 g s přesností na 0,1 mg. Sáčky byly poté zataveny a umístěny do exikátoru. Potom byl spuštěn přístroj Ankom Fiber, sáčky vloženy do nosiče, nosič uložen do přístroje a sáčky zality roztokem neutrálně-detergentního činidla s přídavkem  $\alpha$ -amylázy. Přístroj pracoval po dobu 75 minut od dosažení teploty 100 °C. Po uplynutí uvedené doby byl veškerý objem vypuštěn kohoutem, kohout uzavřen a obsah nádoby zalit 2 l horké redestilované vody, zapnuto míchání a po 5 minutách objem roztoku vypuštěn kohoutem. Bylo provedeno opětovné propláchnutí vzorku 3x za sebou horkou vodou s přídavkem  $\alpha$ -amylázy, poslední proplach byl už jen studenou redestilovanou vodou. Sáčky byly vytáhnutý z nosiče, ponořeny na 3 minuty do acetonu, odvětrány a vysušeny v sušárně při 105 °C po dobu 4 hodin. Sáčky byly poté vyjmutý z horkovzdušné sušárny, umístěny do exikátoru a po vychladnutí zváženy. Nakonec byly vzorky spálený v muflové peci (550 °C, 5 hodin) (Sumczynski, Bubelová a Fišera, 2015).

Výpočet obsahu NDF ze vzorku lze získat ze vztahu:

$$\text{NDF} = \frac{m_3 - (m_1 \cdot c_1)}{m_2} \cdot 100 \quad (8)$$

kde:

$$c_1 = \frac{m_h}{m_{ph}} \quad (9)$$

$m_1$  je hmotnost prázdného sáčku [g],

$m_2$  je hmotnost vzorku [g],

$m_3$  je hmotnost po extrakci [g],

$c_1$  je korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze,

$m_h$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g],



$m_{ph}$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku před hydrolýzou [g].

#### 4.8 Stanovení acido-detergentní vlákniny

Nejprve byly filtrační sáčky F57 namočeny v acetonu a po vysušení zváženy, poté byly do sáčků naváženy vzorky o hmotnosti 0,5 g s přesností 0,1 mg. Sáčky byly zataveny a umístěny do nosiče. Některé potraviny přirozeně obsahují vysoký podíl tuku (tj. alespoň 5 %) a takové je nutno před vlastním stanovením extrahovat. Filtrační sáčky se vzorky dýně, ostropestřce a lnu tak byly ponořeny do acetonu, jemně laboratorní tyčinkou protřepány a nechány stát 10 min v acetonu s jedním opakováním a několikanásobným protřepáním s následným odvětráním v digestoři na filtračním papíře. Došlo tak k vyloučení části lipidů. Poté byl nosič se všemi vzorky uložen do přístroje Ankom Fiber, dále byl přilít roztok, který byl připraven rozpuštěním 40 g CTAB ve 2 l 0,5 mol/l  $H_2SO_4$ . Bylo zapnuto míchání a záhřev, po dosažení teploty 100 °C probíhala hydrolýza vzorku po dobu 60 minut. Pak byl roztok vypuštěn, vzorky v nosiči propláchnuty postupně třikrát redestilovanou vodou. Po odkapání byly sáčky v nosiči přemístěny na filtrační papír a po oschnutí vloženy do horkovzdušné sušárny při 105 °C na dobu 4 hodin. Po vyjmutí byly přesunuty do exikátoru a po ochlazení zváženy. Nakonec byly vzorky spáleny v muflové peci (550 °C, 5 hodin) (Blahůšková, 2015).

ADF (acido-detergentní vlákninu) lze vypočítat dle následujícího vztahu:

$$ADF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) \cdot (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100 \quad (10)$$

kde:

$$c_1 = \frac{m_h}{m_{ph}} \quad (11)$$

$$c_2 = \frac{m_s}{m_{ps}} \quad (12)$$

$m_1$  je hmotnost prázdného sáčku [g],

$m_2$  je hmotnost vzorku [g],

$m_3$  je hmotnost po extrakci [g],

$m_h$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g],

$m_{ph}$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku před hydrolýzou [g],

$m_s$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku před spálením [g],

$m_{ps}$  je hmotnost vysušeného prázdného sáčku po spálení [g].

#### 4.9 Stanovení stravitelnosti

Stanovení stravitelnosti technikou *in vitro* slouží k získání hodnot stravitelnosti vyjádřené jako stravitelnost sušiny (DMD) a organické hmoty vzorku (OMD). Jako první byl připraven 0,1 mol/l roztok HCl o objemu 1,7 l. Hned poté byly filtrační sáčky F57 vyprány v kádince s připraveným acetonem a po vysušení zváženy a následně byly naváženy vzorky (navážka činila 0,25 g s přesností 0,1 mg). Po každé navážce vzorku byl zataven příslušný sáček a vložen do inkubačních lahví. Navíc byl přiložen prázdný sáček (korekce). Inkubační lahve byly dále naplněny 1,7 l 0,1 mol/l roztokem HCl a byl přidán pepsin (3 g). Přichystané lahve byly umístěny do inkubátoru Daisy a inkubační doba činila 2 hodiny při teplotě 37 °C. Po těchto 2 hodinách pak byly sáčky propláchnuty redestilovanou vodou. Navážením 3,07 g  $\text{KH}_2\text{HPO}_4$  a 32,49 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  do 1,7 l redestilované vody byl získán fosfátový pufr o pH 7,45. Získaný pufr byl dále vytemperován na teplotu 40 °C. Společně s 3 g pankreatinu byly vzorky promíchány v pufru a umístěny zpět do inkubátoru na 24 hodin, a to při teplotě 37 °C. Uplynutím doby inkubace (24 hodin, očekávatelná doba trávení v tenkém střevě) byly vzorky přesunuty do horkovzdušné sušárny na 30 minut při teplotě 80 °C, tím tak došlo k vysrážení mazovatělého škrobu. Sáčky byly poté vícekrát promyty redestilovanou vodou a vloženy do horkovzdušné sušárny při 105 °C na 24 hodin. Po zchladnutí v exikátoru byly zváženy a následně spáleny v muflové peci po dobu 5,5 hodin při teplotě 550 °C. Následně byl spálený zbytek opět zvážen (Svoboda, 2013).

Dle následujících vztahů byly vypočteny hodnoty stravitelnosti sušiny (DMD, Dry Matter Digestibility) a organické hmoty (OMD, Organic Matter Digestibility):

$$\text{DMD} = 100 - \frac{100 \cdot \text{DMR}}{m_2 \cdot \text{DM}} \quad (13)$$

$$\text{DMR} = m_3 - m_1 \cdot c_1 \quad (14)$$

$$\text{DM} = \frac{S \cdot m_2}{100} \quad (15)$$

$$\text{OMD} = 100 - \frac{100 \cdot (\text{DMR} - \text{AR})}{m_2 \cdot \text{DM} \cdot \text{OM}} \quad (16)$$

$$\text{AR} = m_4 - m_1 \cdot c_2 \quad (17)$$

$$\text{OM} = \frac{S - P}{100} \quad (18)$$

kde:

DMD je hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%],

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

DM je obsah sušiny ve vzorku [g],

S je obsah sušiny ve vzorku [%],

AR je hmotnost popela vzorku bez sáčku [g],

OMD je obsah organické hmoty v sušině vzorku [g],

P je obsah popela ve vzorku [g],

$m_1$  je hmotnost sáčku [g],

$m_2$  je hmotnost vzorku [g],

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

$m_4$  je hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem po spálení [g].

a pro výpočet korekce

$$c_1 = \frac{m_s}{m} \quad (19)$$

kde:

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

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

$m$  je hmotnost prázdného sáčku.

$$c_2 = \frac{m_p}{m} \quad (20)$$

kde:

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

$m_p$  je hmotnost popela v prázdném sáčku [g],

$m$  je hmotnost prázdného sáčku.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny v programu StatK25, pomocí parametrického testu, který srovnává střední hodnoty dvou nezávislých souborů (tzv. Studentův *t*-test) a při zvolené hladině významnosti 0,05.

### 5.1 Výsledky stanovení sušiny a popela

Vlhkost mouk (*Tabulka 2*) ze všech druhů obilovin, pohanky a rýže může být dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky, cukrářské výrobky a těsta nejvýše 15 %. Pro netradiční vzorky mouk (kam spadají všechny vzorky z této studie) nejsou limity pro výrobky z nich legislativně stanoveny. I přesto dobře, že všechny tyto vzorky splnily kritérium definované pro mouky (*Tabulka 2*). Vlhkost v mouce je podstatným parametrem sledovaným pro kvalitu mouky. Při vlhkosti přesahující 15 % není potravina údržná a mikroorganismy přítomné v mouce se mohou rychle rozmnožovat. Nebezpečné je to zejména u plísní, které jsou schopny tvořit mykotoxiny. Také by zde bylo potenciální riziko žluknutí (rozjezd hydrolyzy a autooxidačních pochodů), a to zejména u mouk s vyšším podílem lipidů. Nelze opominout i možnou iniciaci Maillardových reakcí (Velíšek a Hajšlová, 2009).

*Tabulka 2 Výsledky stanovení sušiny*

vzorek	sušina ± SD [%]
banánová mouka	92,7 ± 0,1 <sup>a</sup>
dýňová mouka	91,3 ± 0,1 <sup>b</sup>
hroznová mouka	90,2 ± 0,1 <sup>c</sup>
ostropestřcová mouka	91,7 ± 0,2 <sup>d</sup>
lněná mouka	92,6 ± 0,1 <sup>a</sup>

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 ( $p < 0,05$ ).

Tabulka 3 Výsledky stanovení popela

vzorek	popel ± SD [%]	popel v sušině ± SD [%]
banánová mouka	3,13 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,38 ± 0,01 <sup>a</sup>
dýňová mouka	8,19 ± 0,06 <sup>b</sup>	8,97 ± 0,06 <sup>b</sup>
hroznová mouka	3,11 ± 0,04 <sup>a</sup>	3,45 ± 0,15 <sup>a</sup>
ostropestřcová mouka	9,04 ± 0,05 <sup>c</sup>	9,86 ± 0,04 <sup>c</sup>
lněná mouka	5,51 ± 0,04 <sup>d</sup>	5,95 ± 0,04 <sup>d</sup>

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 ( $p < 0,05$ ).

Hodnoty popela (Tabulka 3) ve vzorcích naznačují celkový obsah minerálních látek. Nejvyšší hodnoty popela v sušině byly stanoveny ve vzorku ostropestřcové mouky (9,86 %), dále pak v dýňové mouce (8,97 %) a nejnižší v hroznové mouce (3,45 %) a banánové mouce (3,38 %). Ve studii zaměřené na stanovení nutrientů ve zralých banánech byl uveden obsah popela v rozmezích 3,3–6,9 % (Amini, Birch a Bekhit, 2019), tím pádem podobný se stanovením v této práci pouze u minima. Ve studii zaměřené na nutriční profil různě zpracovaného dýňového semínka bylo zjištěno, že vzorek mouky ze syrového dýňového semínka obsahoval přibližně 4,4 % popela (Akintade, Awolu a Ifesan, 2019), což je významně odlišné při stanovení přibližně 8,19 % popela v této práci. V jiné studii bylo zase naměřeno 4,8 % popela (Batoool et al., 2022). Hodnoty tak kolísají pravděpodobně v závislosti na použité odrůdě, významně odlišné mohou být také z důvodu jiných klimatických podmínek. V jedné studii bylo stanoveno, že hroznová mouka může obsahovat v sušině na 100 g přibližně 3 g popela (Oprea et al., 2022), což jsou 3 %, avšak o něco méně oproti stanovení v této práci: přibližně 3,5 %. Podle organizace Nuclear Institute for Flour and Agriculture obsahuje semínko ostropestřce mariánského asi 3,4 % popela (<https://www.nifa.org.pk/FSDMilkThistle.htm>), což je velmi málo oproti stanovení v této práci (9,86 %). Zdroj však neuvádí žádné podmínky ke stanovení. Pro lněné semínko byl taktéž stanovený obsah popela na 3,4 % (Shim et al., 2014), což ovšem opět nesouhlasí se stanovením v této práci.

Zatímco pro mouky umleté z pšenice nebo žita, krupice, trhanky či směsi z obilovin platí maximální limity obsahu popela dle vyhlášky č. 18/2020 Sb., ostatní mouky tímto nejsou závazné a sledování obsahu popela se neaplikuje.

## 5.2 Výsledky stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina představuje komplex ligninu a celulózy, který zůstane po kombinované alkalické a kyselé hydrolýze materiálu.

Tabulka 4 Výsledky stanovení hrubé vlákniny

vzorek	CF $\pm$ SD [%]	CF v sušině $\pm$ SD [%]
banánová mouka	0,83 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,90 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
dýňová mouka	4,59 $\pm$ 0,21 <sup>b</sup>	5,02 $\pm$ 0,22 <sup>b</sup>
hroznová mouka	38,7 $\pm$ 0,5 <sup>c</sup>	42,9 $\pm$ 0,6 <sup>c</sup>
ostropestřcová mouka	18,4 $\pm$ 0,7 <sup>d</sup>	20,1 $\pm$ 0,5 <sup>d</sup>
lněná mouka	12,3 $\pm$ 0,5 <sup>e</sup>	13,3 $\pm$ 0,5 <sup>e</sup>

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

Naměřené hodnoty u vzorků byly stanoveny ve velkém rozpětí (od 0,9 do 42,9 %). Nejvyšší obsah CF měla hroznová mouka, dále pak ostropestřcová, lněná, dýňová a nejméně banánová mouka (Tabulka 4). Nicméně, u hroznové mouky vyšel obsah CF vyšší než NDF i ADF, což by nemělo, protože CF frakce obsahuje pouze lignin a celulózu, zatímco NDF i ADF ještě další složky. Možnou příčinou může být, že vzorek nebyl dostatečně namletý, byly v něm tvrdé větší částičky, některé hrubší částičky zřejmě neprošly dostatečně alkalickou a kyselou hydrolýzou a ve filtračním sáčku zůstaly. Bylo by vhodné měření zopakovat. Tento výsledek v obsahu CF u hroznové mouky není tak možné brát za relevantní.

Mohou existovat i další významné zdroje hrubé vlákniny. V semenech tolice vojtěšky ve stádiu tvorby semen jí bylo stanoveno v různých vzorcích 32,0 až 40,2 % (Dale et al., 2012). Jako jednu z významných plodin hojně využívaných k výrobě mouky v některých částech světadílu můžeme považovat rýži, kde se obsah hrubé vlákniny v červené rýži pohyboval kolem 3,6 % a u jasmínové hnědé rýži kolem 3,1 % (Sumczynski a Bubelová, 2015). U syrové červené čočky může obsah hrubé vlákniny činit 3,7 % a u syrové hnědé čočky 3,8 % (Bubelová, Sumczynski a Salek, 2018). Pokud se podíváme na jiné matrice vzorků, potom například v matcha čajích se obsah CF pohyboval v rozmezí 10,7 až 17,5 % (Koláčková et al., 2020).

### 5.3 Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Komplex neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) zahrnuje komplex ligninu, celulózy a nerozpustných hemicelulóz, které jsou stabilní v neutrálním prostředí (pH cca kolem 7,4).

Tabulka 5 Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

vzorek	NDF $\pm$ SD [%]	NDF v sušině $\pm$ SD [%]
banánová mouka	4,00 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	4,32 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>
dýňová mouka	9,72 $\pm$ 0,33 <sup>b</sup>	10,6 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>
hroznová mouka	31,6 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>	35,1 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>
ostropestřcová mouka	19,8 $\pm$ 0,2 <sup>d</sup>	21,6 $\pm$ 0,2 <sup>d</sup>
lněná mouka	20,4 $\pm$ 0,2 <sup>e</sup>	22,1 $\pm$ 0,2 <sup>e</sup>

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 ( $p < 0,05$ ).

Naměřené hodnoty u vzorků byly stanoveny opět ve velkém rozpětí (od 4,3 do 35,1 %). Nejvíce NDF obsahovala hroznová mouka, dále pak ostropestřcová, lněná, dýňová a nejméně banánová mouka (Tabulka 5). Otázkou opět zůstává množství NDF stanovené v hroznové mouce, kde by bylo vhodné vzorek pomlít na jemnější částice a poté stanovení zopakovat.

Mohou existovat i další významné zdroje neutrálně-detergentní vlákniny. V tolici vojtěšce byl u semen stanoven podíl NDF v rozpětí 42,0 až 53,7 % (Dale et al., 2012), což je více, než bylo naměřeno u vzorků v této práci. U vzorku červené a hnědé jasmínové rýže se obsah NDF pohybuje v rozmezí 8,0 až 8,2 % (Sumczynski, Bubelová a Fišera, 2015), u červené čočky to může být až 18,9 % (Bubelová, Sumczynski a Salek, 2018). Výsledky ukazují, že hodnoty jsou, kromě banánové a dýňové mouky, vyšší ve vzorcích měřených v této práci. Stejná metodika byla použita i na matici matcha čajů, kde se obsah NDF pohyboval v rozmezí 30,7 až 42,8 % (Koláčková et al., 2020).

## 5.4 Výsledky stanovení acido-detergentní vlákniny

Komplex acido-detergentní vlákniny (ADF) představuje celulózu, lignin a také pektinové látky, které jsou stabilní v kyselém prostředí detergentního roztoku, přičemž zde mohou být také zachyceny některé polymery heteroglykosidů ze skupiny slizovitých látek.

Tabulka 6 Výsledky stanovení acido-detergentní vlákniny

vzorek	ADF $\pm$ SD [%]	ADF v sušině $\pm$ SD [%]
banánová mouka	2,27 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	2,45 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>
dýňová mouka	3,49 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>	3,82 $\pm$ 0,20 <sup>b</sup>
hroznová mouka	31,1 $\pm$ 1,0 <sup>c</sup>	34,5 $\pm$ 1,1 <sup>c</sup>
ostropestřcová mouka	13,2 $\pm$ 0,2 <sup>d</sup>	14,4 $\pm$ 0,2 <sup>d</sup>
lněná mouka	8,21 $\pm$ 0,10 <sup>e</sup>	8,87 $\pm$ 0,11 <sup>e</sup>

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 ( $p < 0,05$ ).

Naměřené hodnoty u vzorků byly stanoveny opět ve velkém rozpětí (od 2,45 do 34,5 %). Nejvíce ADF obsahovala hroznová mouka, dále pak ostropestřcová, lněná, dýňová a nejméně banánová mouka (Tabulka 6). U vzorku hroznové mouky by opět bylo vhodné analýzu v budoucnu zopakovat.

V semenech tolíce vojtěšky se obsah ADF pohyboval v širokém rozmezí, od 28,9 do 42,3 % (Dale et al., 2012). Výsledky je také možno porovnat s některými vzorky vlákniny. Například mrkvová vláknina obsahuje 33,7 % ADF, ovesné mleté otruby jen 9,50 % (Blahůšková, 2015). Ve vzorcích řas se hodnoty ADF mohou pohybovat v rozmezí od 6,52 do 15,0 % (Hrdinová, 2010).



## 5.5 Výsledky stanovení stravitelnosti

Výsledky stanovení stravitelnosti (*Tabulka 7*) jsou vyjádřeny jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD). Nejvyšší hodnoty DMD, potažmo OMD, byly stanoveny ve vzorku banánové mouky (88,3 a 90,3 %), dále pak ve vzorku mouky dýňové (83,6 a 87,3 %), ostropestřcové (73,4 a 79,5 %), lněné (69,4 a 74,6 %) a nejméně stravitelná vyšla mouka hroznová (41,2 a 50,3 %).

*Tabulka 7 Výsledky stanovení stravitelnosti*

vzorek	DMD $\pm$ SD [%]	OMD $\pm$ SD [%]
banánová mouka	88,3 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	90,3 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>
dýňová mouka	83,6 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	87,3 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>
hroznová mouka	41,2 $\pm$ 0,5 <sup>c</sup>	50,3 $\pm$ 0,5 <sup>c</sup>
ostropestřcová mouka	73,4 $\pm$ 0,6 <sup>d</sup>	79,5 $\pm$ 0,4 <sup>d</sup>
lněná mouka	69,4 $\pm$ 0,6 <sup>e</sup>	74,6 $\pm$ 0,5 <sup>e</sup>

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 ( $p < 0,05$ ).

Hodnota stravitelnosti u jednotlivých mouk může být ovlivněna použitou surovinou, odlišnými technologickými operacemi, tzn. stupněm mletí, tepelnou úpravou apod. Pokud se stanovuje stravitelnost mouk, ve většině studií se provádí buď stravitelnost její nativní formy, popř. po tepelné úpravě ve formě kaší. V této studii byla prováděna stravitelnost v nativním stavu. Nízká stravitelnost hroznové mouky by mohla být zapříčiněna vysokým obsahem všech frakcí vlákniny, které byly u tohoto vzorku stanoveny (*Tabulka 4, 5, 6*). Vzhledem k nastíněné problematice stanovení vláknin v souvislosti se vzorkem hroznové mouky by bylo dobré v budoucnu i tento vzorek znovu podrobit stanovení stravitelnosti. Vzhledem k obsahu nestravitelných frakcí nerozpustného typu vlákniny pro lidský organismus lze vyslovit hypotézu, že vláknina snižuje stravitelnost a také může inhibovat činnost enzymů ve střevech (konkrétně amyloglukosidáz). Hypotézu o vyšším podílu vlákniny a tím nižší stravitelnosti je možno v této studii podpořit i korelací mezi těmito hodnotami (*Tabulka 8*), kdy hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu ukazují na tuto závislost. Je ovšem nutno konstatovat, že se jedná o teoretické korelace pouze u 5 vzorků s odlišnou maticí. Polyfenolické látky vázající se na polysacharidové složky vlákniny v gastrointestinálním traktu se z nich uvolňují a zároveň inhibují proces trávení bílkovin.

Takto jsou známy hlavně katechiny, látky snižující sekreci enzymů v průběhu trávení (Koláčková et al., 2020).

*Tabulka 8 Výsledky korelace mezi hodnotami stravitelnosti a obsahem vlákniny*

<i>r</i>	CF	CF <sub>suš</sub>	NDF	NDF <sub>suš</sub>	ADF	ADF <sub>suš</sub>
DMD		-0,9750		-0,9612		-0,9702
OMD	-0,9657		-0,9443		-0,9650	

*r* – Pearsonův korelační koeficient. Hodnoty koncentrací vlákniny v sušině vzorku byly korelovány s hodnotou stravitelnosti DMD, hodnoty v čerstvé hmotě potom s hodnotami stravitelnosti OMD.

Strukturně chemickou podstatu frakcí vlákniny charakterizuje její chemická různorodost. Od té se odvíjí výběr metod k analýze frakcí vlákniny. Frakcionací vlákniny lze stanovit zkoumané složky v potravě, izolovat cílené frakce a eliminovat dále méně významné složky. Metody pro stanovení vlákniny mohou být definovány ve třech základních skupinách: neenzymaticko-gravimetrické, enzymaticko-gravimetrické a enzymaticko-chemické, jejichž principy byly v této práci aplikovány. Tyto metody nejsou schopné zachytit složky rozpustné ve vodě. Neenzymaticky-gravimetrické zachytí nestravitelnou vlákninu obecně, acido–detergentní vlákninu, neutrálně–detergentní vlákninu a hrubou. Mezi klasické enzymaticko-gravimetrické metody patří AOAC Prosky metoda, jejíž součástí je enzymatické ošetření k odebrání škrobu a bílkovin, následné srážení vlákniny etanolem, filtrace, vážení a korekce na bílkovinu a popel. Enzymaticko-chemické jsou vhodné pro suroviny bez obsahu škrobu (Elleuch et al., 2011).

## ZÁVĚR

V teoretické části byly charakterizovány netradiční plodiny pro výrobu mouky, popsány způsoby výroby mouk a jejich složení. Zahrnutými plodinami byly banány, dýně, réva vinná, ostropestřec mariánský a len setý. V experimentální části byla stanovena sušina, hrubá, neutrálně–detergentní a acido–detergentní vláknina, popel a stravitelnost v podmínkách *in vitro*. Obsah vlhkosti splňoval u všech vzorků požadavek stanovený vyhláškou č. 18/2020 Sb., že nesmí překročit 15 %, i když tento požadavek je legislativně dán pouze pro mouky obilné. Hodnoty vlhkosti se pohybovaly mezi 7,36 a 9,84 %. Obsah popela byl stanoven v rozmezí 3,38 a 9,86 %. Rozpětí u jednotlivých frakcí vlákniny bylo významně odlišné: u CF 0,90 až 42,9 %, u NDF 4,32 až 35,1 % a u ADF 2,45 a 34,5 %, přičemž vždy platilo, že nejméně vlákniny obsahovala banánová mouka a nejvíce hroznová, nicméně u frakce CF nelze výsledek brát jako relevantní z důvodů popsaných v diskusi. Stravitelnost mouk byla stanovena mezi 41,2 až 88,3 % u DMD a 50,3 až 90,3 % u OMD. Nejlépe by byl stravitelný vzorek banánové mouky a nejméně vzorek hroznové mouky.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABENAVOLI, Ludovico et al. Milk thistle (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases. *Phytotherapy research*. 2018, 32, 2202–2213. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: doi:10.1002/ptr.6171

AKINTADE, Adeyanmola Oluwaseyi, Olugbenga Olufemi AWOLU a Beatrice Olawumi IFESAN. Nutritional Evaluation of Fermented, Germinated and Roasted Pumpkin (*Cucurbita maxima*) Seed Flour. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology* [online]. 2019, vol. 23, no. 2, s. 179-186. [cit. 2023-05-01]. ISSN 2344-150X. Dostupné z: doi: 10.2478/aucft-2019-0021

AMINI KHOOZANI, Amir, John BIRCH a Alaa El-Din Ahmed BEKHIT. Production, application and health effects of banana pulp and peel flour in the food industry. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2019, vol. 56, no. 2, s. 548-559. [cit. 2023-05-08]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-018-03562-z

ANDRONIE, Luisa et al. Characterization of Flax and Hemp Using Spectrometric Methods. *Applied Sciences* [online]. 2021, vol. 11, no. 18, s. 8341. [cit. 2023-04-28]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app11188341

AURORE, Gylène, Berthe PARFAIT a Louis FAHRASMANE. Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2009, vol. 20, no. 2, s. 78-91. [cit. 2023-04-28]. ISSN 0924-2244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2008.10.003

BARBER, Thomas M. et al. *The health benefits of dietary fibre* [online]. MDPI AG, 2020. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: doi:10.3390/nu12103209

BATOOL, Maria et al. *Nutritional value, phytochemical potential, and therapeutic benefits of pumpkin (cucurbita sp.)* [online]. MDPI AG, 2022. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: doi:10.3390/plants11111394

BENCZE-NAGY, Jennifer et al. Effects of Dietary Milk Thistle (*Silybum marianum*) Supplementation in Ducks Fed Mycotoxin-Contaminated Diets. *Veterinary*

*Sciences* [online]. 2023, vol. 10, no. 2, s. 100. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: doi:10.3390/vetsci10020100

BERES, Carolina et al. Antioxidant dietary fibre recovery from Brazilian Pinot noir grape pomace. *Food Chemistry* [online]. 2016, vol. 201, s. 145-152. [cit. 2023-04-28]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2016.01.039

BLAHŮŠKOVÁ, Kamila. *Stanovení vlákniny a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny*: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015. [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <http://dspace.k.utb.cz/handle/10563/32398>

BUBELOVÁ, Zuzana, Daniela SUMCZYNSKI a Richardos Nikolaos SALEK. Effect of cooking and germination on antioxidant activity, total polyphenols and flavonoids, fiber content, and digestibility of lentils (*Lens culinaris* L.). *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2018, vol. 42, no. 1, s. e13388-n/a. [cit. 2023-05-08]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: doi:10.1111/jfpp.13388

CÂNDIDO, Hebert Teixeira, Yasmine Ohanna Toledo MARZULLO a Magali LEONEL. Green Banana Flour Technology: from Raw Material to Sensory Acceptance of Products Made with Green Banana Flour in the Brazilian Scenario. *Brazilian Archives of Biology and Technology* [online]. 2023, vol. 66. [cit. 2023-04-28]. ISSN 1516-8913. Dostupné z: doi:10.1590/1678-4324-2023210543

Celostní medicína. *Tykev obecná* [online]. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.celostnimedicina.cz/tykev-obecna.htm>

CZERWONKA, Małgorzata a Agnieszka BIAŁEK. *Fatty acid composition of pseudocereals and seeds used as functional food ingredients* [online]. MDPI AG, 2023. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: doi: 10.3390/life13010217

ČESKO. Vyhláška č. 18/2020 Sb., Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: [Zakonyprolidi.cz](http://Zakonyprolidi.cz)

ČSN ISO 712 (461014): *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Referenční metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2003.

ČSN ISO 2171 (461019). *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich – Stanovení obsahu popela spalováním*. Praha: Český normalizační institut, 2008.

DALE, Laura et al. Determination of Cellulose, NDF, ADF and Lignin Content Using Non-Destructive Method (FT-NIR Spectrometry) in Hay from Apusenii Mountains. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture* [online]. 2011, vol. 68, no. 1. [cit. 2023-05-08]. ISSN 1843-5246.

DHINGRA, Devinder et al. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2012, vol. 49, no. 3, s. 255-266. [cit. 2023-04-19]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-011-0365-5

DODEVSKA, Margarita S. et al. Characterisation of dietary fibre components in cereals and legumes used in Serbian diet. *Food Chemistry* [online]. 2013, vol. 141, no. 3, s. 1624-1629. [cit. 2023-04-19]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2013.05.078

ELLEUCH, Mohamed et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* [online]. 2011, vol. 124, no. 2, s. 411-421. [cit. 2023-04-28]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2010.06.077

EVROPSKÁ UNIE. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 *o výživových tvrzeních a zdravotních tvrzeních při označování potravin, v platném znění*. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1924-20141213>

EVROSKÁ UNIE. Nařízení Komise (EU) č. 432/2012 ze dne 16. května 2012, *kterým se zřizuje seznam schválených zdravotních tvrzení při označování potravin jiných než tvrzení o snížení rizika onemocnění a o vývoji a zdraví dětí, v platném znění*. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02012R0432-20210517>

EVROSKÁ UNIE. Nařízení Komise (EU) č. 1160/2011 ze dne 14. listopadu 2011 *o schválení a neschválení určitých zdravotních tvrzení při označování potravin, jež se týkají snížení rizika onemocnění, v platném znění*. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1160>

FULLER, Stacey et al. New Horizons for the Study of Dietary Fiber and Health: A Review. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht)* [online]. 2016, vol. 71, no. 1, s. 1-12. [cit. 2023-04-28]. ISSN 0921-9668. Dostupné z: doi:10.1007/s11130-016-0529-6

GEBRUERS, Kurt et al. Variation in the Content of Dietary Fiber and Components Thereof in Wheats in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2008, vol. 56, no. 21, s. 9740-9749. [cit. 2023-04-18]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf800975w

Harvard T.H. Chan School of Public Health. *The Nutrition Source* [online]. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/bananas/>

HERNANDEZ, Christopher O. et al. *Characterization of the USDA cucurbita pepo, C. moschata, and C. maxima germplasm collections* [online]. Frontiers Media SA, 2023. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: doi:10.3389/fpls.2023.1130814

HRDINOVÁ, Zuzana. *Stanovení vlákniny ve vybraných druzích sladkovodních řas*: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/5mylee/>

KOLÁČKOVÁ, Tereza et al. Matcha tea: Analysis of nutritional composition, phenolics and antioxidant activity. *Plant Foods for Human Nutrition* [online]. 2019, vol. 75, no. 1, s. 48-53. [cit. 2023-05-02]. ISSN 0921-9668. Dostupné z: doi:10.1007/s11130-019-00777-z

MAJEED, Usman et al. Grape (*Vitis vinifera* L.) phytochemicals and their biochemical protective mechanisms against leading pathologies. *Food Chemistry* [online]. 2023, vol. 405, s. 134762. [cit. 2023-05-01]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2022.134762

MARCEDDU, Roberto et al. Milk Thistle (*Silybum Marianum* L.) as a Novel Multipurpose Crop for Agriculture in Marginal Environments: A Review. *Agronomy (Basel)* [online]. 2022, vol. 12, no. 3, s. 729. [cit. 2023-05-01]. ISSN 2073-4395. Dostupné z: doi:10.3390/agronomy12030729

Nariadení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: EUR-Lex

Nuclear Institute for Food and Agriculture. *Milk thistle: an underutilized plant of many uses* [online]. [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.nifa.org.pk/FSDMilkThistle.htm>

OPREA, Oana B. et al. *Research on the potential use of grape seed flour in the bakery industry* [online]. MDPI AG, 2022. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: [doi:10.3390/foods11111589](https://doi.org/10.3390/foods11111589)

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. 2023-04-28]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: [doi:10.1111/jfpp.16264](https://doi.org/10.1111/jfpp.16264)

Pavel Pavloušek, Lubomír Lampíř a kol. *Réva vinný pro malopěstitele* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://agriprint.cz/wp-content/uploads/2018/05/R%C3%A9va-vinn%C3%A1.pdf>

RINALDI, Massimiliano et al. *Understanding the impact of high-pressure treatment on physico-chemical, microstructural, and microbiological aspects of pumpkin cubes* [online]. [cit. 2023-05-01]. MDPI AG, 2023. Dostupné z: [doi:10.3390/foods12061280](https://doi.org/10.3390/foods12061280)

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. 2023-04-28]. ISSN 09242244. Dostupné z: [doi:10.1016/j.tifs.2014.03.011](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.03.011)

SINANOGLOU, Vassilia et al. Quality Assessment of Banana Ripening Stages by Combining Analytical Methods and Image Analysis. *Applied Sciences* [online]. 2023, vol. 13, no. 6, s. 3533 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: [doi:10.3390/app13063533](https://doi.org/10.3390/app13063533)

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. 2023-04-28]. ISSN 16442296. Dostupné z: doi:10.5601/jelem.2020.25.4.2072

SUMCZYNSKI, Daniela a Zuzana BUBELOVÁ. Stanovení nutričních charakteristik, vlákniny a stravitelnosti barevných druhů rýže. *Chemické Listy* [online]. 2015, vol. 109, s. 147 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <http://publikace.k.utb.cz/handle/10563/1004293>

SUMCZYNSKI, Daniela, Zuzana BUBELOVÁ a Miroslav FIŠERA. Determination of chemical, insoluble dietary fibre, neutral-detergent fibre and in vitro digestibility in rice types commercialized in Czech markets. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2015, vol. 40, s. 8-13 [cit. 2023-05-08]. ISSN 0889-1575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2014.12.007

SVOBODA, Petr. *Stanovení stravitelnosti a vlákniny v netradičních cereáliích a rýži*: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. [cit. 2023-05-08] Dostupné z: <http://dspace.k.utb.cz/handle/10563/24670>.

TIEFENBACHER, Karl F. *Technology of Wafers and Waffles I - Operational Aspects*. Elsevier. 2017 [cit. 2023-04-20]. ISBN 9780128114520

VALKOVÁ, Veronika et al. MILK THISTLE (SILYBUM MARIANUM): A VALUABLE MEDICINAL PLANT WITH SEVERAL THERAPEUTIC PURPOSES. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* [online]. 2020, vol. 9, no. 4, s. 836-843. [cit. 2023-04-29]. ISSN 1338-5178. Dostupné z: doi:10.15414/jmbfs.2020.9.4.836-843

VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. [cit. 2023-04-28]. ISBN 9788086659176

World Health Organization. *Obesity and Overweight*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2019. [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

- [1] Banány [online]. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <http://beyondtheseal.com/#1>
- [2] Tykev obecná [online]. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.bylinnyherbar.cz/tykev-obecna/>
- [3] Réva vinná [online]. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.rostlinky.cz/vitis-vinifera-vanessa-stolove-hrozno-ruzove-bk.html>
- [4] Ostropestřec mariánský [online]. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.uvcelare.cz/produkt/ostropestrec-mariansky/>
- [5] Len setý [online]. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.garten.cz/foto/cz/54720/>
- [6] Vzorky mouk použité ke stanovení vlákniny (foto autora)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CF	hrubá vláknina (Crude Fiber)
ADF	acido–detergentní vláknina (Acid Detergent Fiber)
NDF	neutrálně–detergentní vláknina (Neutral Detergent Fiber)
DMD	stravitelnost sušiny (Dry Matter Digestibility)
OMD	stravitelnost organické hmoty (Organic Matter Digestibility)
SD	směrodatná odchylka (Standard Deviation)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Banány [1] .....	13
Obrázek 2 Tykev obecná [2] .....	15
Obrázek 3 Réva vinná [3] .....	16
Obrázek 4 Ostropestřec mariánský [4] .....	18
Obrázek 5 Len setý [5] .....	19
Obrázek 6 Použité vzorky mouk ke stanovení vlákniny [6] .....	29

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Použité vzorky .....	28
Tabulka 2 Výsledky stanovení sušiny .....	36
Tabulka 3 Výsledky stanovení popela .....	37
Tabulka 4 Výsledky stanovení hrubé vlákniny .....	38
Tabulka 5 Výsledky stanovení neutrálně–detergentní vlákniny .....	39
Tabulka 6 Výsledky stanovení acido–detergentní vlákniny .....	40
Tabulka 7 Výsledky stanovení stravitelnosti .....	41
Tabulka 8 Výsledky korelace mezi hodnotami stravitelnosti a obsahem vlákniny .....	42

