

# **Stanovení minerálních prvků v netradičních surovinách cereálních směsí**

Bc. Romana Velíšková

---

Diplomová práce 2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Romana Velíšková**  
Osobní číslo: **T18393**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Stanovení minerálních prvků v netradičních surovinách cereálních směsí**

### **Zásady pro vypracování**

#### **I. Teoretická část**

1. Popsat chemické složení netradičních surovin používaných pro výrobu cereálních směsí s bližším zaměřením na minerální prvky.
2. Princip AAS.

#### **II. Praktická část**

1. Stanovit obsahy vybraných minerálních prvků (zejména Al, Sn, Cd a Hg) pomocí AAS, výsledky diskutovat, závěr.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY., 2012. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food1 EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. [Online]. EFSA journal [cit.2019-5-12]. Dostupné z: EFSA Journal 2012;10(12):2985/epdf.
- [2] INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH., 2019. Analysis of Heavy Metals in Foodstuffs and an Assessment of the Health Risks to the General Public via Consumption in Beijing, China, [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: Int. J. Environ. Res. Public Health 2019, 16, 909.
- [3] EUROPEAN FOOD RESEARCH AND TECHNOLOGY., 2018. Kathrin Ertl1.,Walter Goessler., Grains, whole flour, white flour, and some final goods: an elemental comparison. [Online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: European Food Research and Technology (2018) 244:2065-2075. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3117-1>.
- [4] COGENT CHEMISTRY., TORTOE., et. al 2018. Trace metal concentrations in three pastry products prepared from root and tuber and cereal crops composite flours. [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/23312009.2018.1429157>.

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

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

---

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

---

**doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

Tímto bych chtěla poděkovat paní doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D., za odborné vedení čas a rady, které mi poskytla při zpracování mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala paní Ing. Martině Mrhalové vedoucí laboratoře analytické chemie zkušebního ústavu lehkého průmyslu v Českých Budějovicích, za to, že mi umožnila pracovat na mé diplomové práci a vytvoření dobrých pracovních podmínek v této laboratoři.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá stanovením vybraných minerálních prvků v netradičních surovinách přidávaných do cereálních směsí. V teoretické části je popsáno netradiční složení cereálních směsí se zaměřením na neobilné mouky, jedlé květy, jednotlivé druhy vlákniny, izoláty proteinů a na lišejník islandský. Teoretická část se dále zabývá popisem vybraných minerálních prvků, a to zejména toxických pro člověka. Dále se práce zabývá metodami, kterými byly prvky stanoveny. Praktická část se skládá z popisu konkrétních vzorků, jejich přípravy a následného stanovení Cd, Al a Sn metodou AAS. Stanovení Hg bylo provedeno na analyzátoru AMA 254.

Klíčová slova: minerální prvky, toxické prvky, netradiční suroviny, cereální směsi, AAS, AMA 254

## **ABSTRACT**

Diploma thesis deals with the determination of selected trace elements in non-traditional raw materials adding to cereal mixtures. The theoretical part describes the non-traditional composition of cereal mixtures with a focus on non-cereal flours, edible flowers, types of fiber, protein isolates and Iceland lichen. The theoretical part also deals with the description of selected trace elements, especially toxic to humans. Furthermore, the work deals with the methods by which the elements were determined. The practical part consists of a description of specific samples, their preparation and subsequent determination of Cd, Al and Sn by AAS method. The Hg determination was performed on an AMA 254 analyzer.

Keywords: mineral elements, toxic elements, non-traditional raw materials, cereal mixtures, AAS, AMA 254

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 CEREÁLNÍ SMĚSI .....</b>	<b>11</b>
<b>2 NETRADIČNÍ SUROVINY CEREÁLNÍCH SMĚSÍ .....</b>	<b>12</b>
2.1 MOUKY NEOBILNÉ.....	14
2.1.1 Výlisky hroznů pomleté na konzistenci mouky .....	14
2.1.2 Banánová mouka .....	15
2.1.3 Karobová mouka .....	15
2.1.4 Dýňová mouka .....	16
2.1.5 Šípková mouka.....	16
2.1.6 Ostropestřcová mouka .....	16
2.1.7 Nopálová mouka.....	17
2.1.8 Konopná mouka .....	17
2.2 JEDLÉ KVĚTY .....	17
2.2.1 Chmelový květ .....	17
2.2.2 Bezový květ.....	18
2.2.3 Ibiškový květ.....	19
2.2.4 Červená chrpa květ .....	19
2.2.5 Růže květ.....	19
2.2.6 Jasmín květ.....	20
2.2.7 Sléz květ.....	20
2.3 VLÁKNINA .....	20
2.3.1 Psyllium .....	21
2.3.2 Jablečná vláknina.....	21
2.4 PROTEINOVÉ IZOLÁTY .....	21
2.4.1 Slunečnicový protein .....	22
2.4.2 Rýžový protein .....	22
2.4.3 Konopný protein.....	23
2.5 LIŠEJNÍK ISLANDSKÝ .....	23
<b>3 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH SUROVIN.....</b>	<b>24</b>
3.1 MOUKY NEOBILNÉ.....	24
3.2 JEDLÉ KVĚTY .....	25
3.3 VLÁKNINA .....	25
3.4 PROTEINY .....	26
3.5 LIŠEJNÍK ISLANDSKÝ .....	26
<b>4 MINERÁLNÍ PRVKY V NETRADIČNÍCH SUROVINÁCH CEREÁLNÍCH SMĚSÍ.....</b>	<b>27</b>
4.1 KADMIUM .....	27
4.2 RTUŤ .....	28
4.3 HLINÍK.....	28
4.4 CÍN 29	
<b>5 METODY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ .....</b>	<b>30</b>

5.1	ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE (AAS) .....	31
5.2	ICP METODY .....	32
5.3	AMA 254 .....	33
<b>6</b>	<b>LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY SOUVISEJÍCÍ S OZNAČOVÁNÍM POTRAVIN A VÝSKYTEM TOXICKÝCH PRVKŮ U ANALYZOVANÝCH VZORKŮ.....</b>	<b>35</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>METODIKA.....</b>	<b>40</b>
8.1	PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ A CHEMIKÁLIE .....	40
8.2	VZORKY.....	41
8.3	STANOVENÍ OBSAHU POPELA .....	47
8.4	STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY.....	47
8.5	PŘÍPRAVA VZORKŮ A JEJICH MINERALIZACE .....	48
8.6	PŘÍPRAVA STANDARDŮ PRO ANALÝZU A KALIBRACI PŘÍSTROJE AAS PU 9400X.....	48
8.7	PŘÍPRAVA STANDARDŮ PRO ANALÝZU A KALIBRACI PŘÍSTROJE AMA 254.....	49
8.8	VLASTNÍ STANOVENÍ OBSAHU CD, AL A SN POMOCÍ AAS PU 9400X .....	49
8.9	VLASTNÍ STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU HG POMOCÍ AMA 254.....	50
8.9.1	Tolerovatelné příjmy toxických prvků .....	51
8.10	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT.....	52
<b>9</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>53</b>
9.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY A POPELA.....	53
9.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU TOXICKÝCH PRVKŮ CD, AL, SN A HG.....	55
9.3	PŘÍSPĚVKY JEDNOTLIVÝCH SUROVIN K JEJICH TOLEROVATELNÝM PŘÍJMŮM .....	59
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>79</b>



## ÚVOD

V současné době se zvyšuje zájem o zdravou výživu a zdravé potraviny. Je to dáno především tím, že máme více informací o netradičních potravinách a hlavně se tyto potraviny objevují čím dál častěji na pultech obchodních řetězců. Právě poptávkou spotřebitelů, se tento sortiment čím dál více rozšiřuje. Oblíbenou snídaní a svačinou jsou cereální směsi zvané müsli. Klasické müsli je většinou složeno z ovesných vloček nebo vloček z jiných tradičních obilovin, jako je pšenice a oves. Dále ovoce a suché skořápkové plody či čokoláda. Tradiční suroviny pro přípravu snídaní poskytují tělu prospěšné látky, vitamíny, minerální látky, vlákninu. Ale jsou lidé, co trpí alergií, intolerancí či různou nesnášenlivostí na látky obsažené právě v obilce pšenice nebo ovsa, ale i například na mléčné bílkoviny, ořechy a ovoce. V této práci jsou jako vzorky analyzovány netradiční suroviny pro přípravu cereálních směsí, které by mohly být vhodné jako alternativa klasických surovin. Byly použity vzorky neobilných mouk, jedlých květů, vlákniny a izoláty rostlinných proteinů.

Zvyšuje se i zájem o složení potravin a povědomí o toxických a potenciálně škodlivých látkách. Je stále mnoho netradičních surovin, které nepocházejí z České republiky, ať z důvodu ekonomického nebo tím, že tyto plodiny u nás nemají přirozené podmínky pro růst. Proto se v plodinách dovážených ze zemí mimo Evropu mohou vyskytnout i různé kontaminanty. Nejsledovanějšími a nejvíce studovanými anorganickými kontaminanty jsou toxické prvky As, Cd, Pb, Sn, Al a Hg. Nejen u těchto prvků, ale i u dalších kontaminujících látek, je třeba sledovat jejich příjem v potravě. Dále pak je nutné zajistit, aby se v potravinách nevyskytovaly. Do této práce byly vybrány Al, Cd, Sn a Hg a bylo stanoveno jejich případné množství v netradičních surovinách metodou AAS a pomocí přístroje AMA. Výsledky byly statisticky vyhodnoceny a vypočteny hodnoty prozatímních tolerovaných týdenních či měsíčních příjmů (PTWI – Provisional tolerable weekly intake a PTMI – Provisional tolerable monthly intake) stanovené Organizací pro výživu a zemědělství Světovou zdravotnickou organizací (FAO/WHO – Food and Agriculture Organization/World Health Organization).

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 CEREÁLNÍ SMĚSI

Cereální obilné směsi jsou celosvětově hojně využívány pro přípravu snídaňových pokrmů. Základní složkou cereálních směsí jsou obiloviny, jejichž hlavním produktem je obilka, která se dále dělí na obilku pluchatou (ječmen, rýže, proso, oves) a obilku bezpluchou (pšenice, žito, kukuřice). Další složkou těchto směsí jsou i takzvané pseudocereálie, jako je amarant, quinoa či pohanka. Pseudocereálie jsou často využívány pro svůj nízký obsah lepku. Vzhledem k narůstajícímu počtu osob závislých na bezlepkové stravě, jsou pseudocereálie čím dál více využívány [1].

Cereální směsi jsou obecně děleny na obilné kaše, obilné vločky a cereální müsli směsi. Obilné kaše jsou sušené polotovary, které jsou připravovány různými procesy, mezi které patří extruze či sušení na válcových sušárnách. Obilné vločky jsou připravovány z obilných zrn, které byly nejčastěji hydrotermicky upraveny, napařeny a následně vločkovány. Cereální müsli jsou mlýnské obilné směsi, které prošly extruzí, vločkováním či jinou technologickou úpravou a následně k nim byly přidány ostatní složky, jako jsou látky ovlivňující chuť a vůni, jakkoliv zpracované ovoce (sušené, kandované) a vybrané druhy ořechů (lískové, vlašské, kešu atd.). Takto jsou müsli směsi definované na základě vyhlášky č. 18/2020 Sb., která je zařazuje do mlýnských obilných výrobků, skupina směsí z obilovin a podskupina müsli produkty [2, 3].

Co se týče ovoce, stále se rozrůstají možnosti a kombinace, které se dají v müsli směsích použít. Mezi hojně se vyskytující ovoce lze zařadit jablka, meruňky, rozinky, datle a banány. Další variantou je i bobulovité ovoce jako borůvky, brusinky, maliny a jahody. Tato práce se zabývá netradičními surovinami pro výrobu müsli směsí. Mezi ně patří jedlé květy. Ty mohou být v müsli směsích obsaženy ve formě květů, pupenů a okvětních lístků. Jako příklad lze uvést nejpoužívanější květy macešky, sedmikrásky, violky, heřmánku, měsíčku a mnoho dalších. Jedlé květy se upravují sušením (horký a studený vzduch), kandováním či lyofilizací [4].

Další možností jsou tzv. ready to eat cereals. Snídaňové cereálie připravené tak, aby se daly konzumovat přímo po vybalení, bez předešlé úpravy. Tato skupina produktů obsahuje širokou škálu výrobků. Patří sem zejména vločky, křupavá rýže, rozdrčené otruby a kukuřičné lupínky. A dalšími surovinami obohacující tyto směsi je cukr a med, kterými mohou být základní suroviny jako vločky potažené [5].

## 2 NETRADIČNÍ SUROVINY CEREÁLNÍCH SMĚSÍ

Netradiční suroviny cereálních směsí se začaly využívat jako alternativa stávajících hojně pěstovaných obilovin. Důvodem je zejména zvyšující se zájem o zdravý životní styl a poznávání přirozeného původu potraviny. Mouky vyrobené z tradičních obilovin obsahují lepek (gluten), což jsou bílkoviny nerozpustné ve vodě. Obsah těchto bílkovin v sušině obilky se liší podle druhu obilky, odrůdy a podmínek pěstování. Lepek je rozhodující pro dobré viskoelastické vlastnosti těsta. Například pšenice obsahuje kvalitní lepkové bílkoviny schopné tvořit pevnou a pružnou lepkovou síť [6].

Do nedávné doby se mezi netradiční druh obiloviny dala zařadit i pšenice špalda (*Triticum spelta* L.), což je pluchatá hexaploidní pšenice, kterou je nutno při technologickém zpracování zrna nejprve vyloupat. Dnes již tento druh obiloviny patří mezi hojně využívané, a tedy ji již nelze považovat za netradiční surovinu. Z nutričního hlediska se jedná o obilovinu s vyšším obsahem bílkovin, lipidů a lepku. Zároveň je špalda potravinou vyznačující se pomalým uvolňováním glukózy do krevního řečiště, jelikož obsahuje vyšší množství zásobního polysacharidu – škrobu. Dále je významným zdrojem vitaminů B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> a B<sub>3</sub>) a minerálních prvků Ca, P, Na a Mg [7, 8, 9,10].



Obrázek č. 1: Zrno pšenice špaldy [7].

Další vyskytující se netradiční surovinou využívanou pro cereální směsi je například bezlepková obilovina quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) z čeledi laskavcovitých. Quinoa, neboli merlík čilský, je tetraploidní bylina využívána jako pseudoobilovina. Z této plodiny je možné konzumovat již její listy, ale v dnešní době jsou využívána převážně její zralá semena. Z těch je možné vyrábět kaše, cereálie nebo se následně namelou na mouku. Jelikož quinoa neobsahuje lepek, je skvělou alternativou běžných obilovin pro osoby trpící celiakií. Zároveň má tato pseudoobilovina nízký glykemický index, tudíž je vhodná i pro

osoby trpící diabetickým onemocněním. Díky svému vysokému obsahu bílkovin má velmi vysoké nutriční hodnoty, a proto NASA (National Aeronautics and Space Administration, Národní úřad pro letectví a kosmonautiku) zařadila quinou do svého výzkumného programu, a dále byla zařazena do programu Fair Trade (spravedlivý obchod), což je hnutí usilující o pomoc producentům ze zemí třetího světa [8, 11].



**Obrázek č. 2:** Zrno quinoi [11].

Amarant rod laskavec (*Amaranthus*) je další plodinou, která se řadí mezi nejstarší pseudo-cereálie. Pochází ze střední Ameriky [12]. Řadí se do čeledi laskavcovitých, která zahrnuje více jak 60 rodů s 800 druhy. Zpracovávají se semena, která jsou bohatá na bílkoviny a minerální prvky zejména vápník, hořčík, draslík a železo. Dále vitamín B<sub>2</sub> a vitamín E. Významnou lipidovou složkou amarantu (7 až 8 % z celkového množství lipidů) je skvalen. Tato látka pomáhá významně snižovat hladinu cholesterolu v krvi a je dobrým antioxidantem [13].



**Obrázek č. 3:** Zrno amarantu [12].

Dalšími zástupci netradičních surovin jsou například neobilné mouky, mezi které lze zařadit dýňovou, konopnou, banánovou, karobovou, šípkovou a další. Dále můžeme mezi netradiční suroviny zařadit jedlé květy, a to květy bylin, jako například chmelový květ, bezový, dále také ibišek, růži a jasmín. Zajímavý je také velmi netradiční lišejník islandský. Tyto suroviny jsou probrány v samostatných kapitolách. V roce 2015 byl schválen užitný vzor č. 28846, o dva roky později byl udělen i patent č. 306520 pro müsli směsi z netradičních obilovin a jedlých květů [14, 15].

**Obrázek č. 4** Jedlé květy růže [16]

## 2.1 Mouky neobilné

Neobilné mouky se stávají netradiční surovinou nahrazující v původním výrobku většinou podíl obilné mouky. Lze je použít k pečení, zahušťování, ale mohou se použít i ve studené kuchyni. Suroviny jsou zpracovány v provozech, kde se nezpracovávají mouky obilné, aby neohrozilo riziko případné kontaminace lepkem. Chemickým a nutričním složením se vyrovnají moukám obilným, naopak některé jsou i lépe stravitelné a nezatěžují organismus [17].

### 2.1.1 Výlisky hroznů pomleté na konzistenci mouky

Pro výrobu mouky z hroznů se využívají výlisky po lisování hroznů. Réva vinná (*Vitis vinifera*) je rostlina z čeledi révovitých s mnoha odrůdami. Semena a slupky obsahují mnoho živin a biologicky aktivních látek, které se i nadále dají využít. Při pečení se nepoužívá samotná, ale lze běžnou mouku nahradit z pěti až deseti procent touto moukou. Vyznačuje se vyšším obsahem vlákniny (až 80 – 84 %), dále lipidů a bílkovin. Tato mouka se

dá použít do jakéhokoli pečiva a lze s ní obohatit snídaňové cereálie nebo jogurt [18]. Mouka ze semen a slupek hroznů obsahuje optimální množství hořčíku, draslíku a vápníku. Dále jsou v ní obsaženy organické kyseliny ze slupek hroznů. Významnou složkou je vláknina, zejména celulóza. Díky vylisování semen je v mouce vysoký obsah fytoosterolů, například stigmaterolu, kampesterolu a  $\beta$ -sitosterolu. Dále obsahuje xantiny a provitamin A. Při výrobě bezlepkového pečiva dodává pečivu příznivější chuť bez škrobové příchutě. Obsahuje kyselinu glutamovou, která je obsažena zejména v semenech hroznů. Dále antokyanidiny, které dávají barvu těstu, a to podle toho z jaké odrůdy hroznů je mouka vyrobena. Přídavek této mouky do těsta zvyšuje kyselost a přispívá k jeho rychlejšímu kynutí [19].

### 2.1.2 Banánová mouka

Banán je plod banánovníku, což je rod bylin čeledi banánovníkovitých (*Musaceae*). Zástupce rodu (*Musa*) byl zkulturněn a nadále různě šlechtěn do podoby, kterou dnes známe a nakupujeme v obchodech [20]. Banánová mouka je vyrobena ze zralých banánů, nazvaná jako ovocná mouka nebo z banánů zelených takzvaná plantejnová mouka. Dá se využít na vaření a pečení, má neutrální chuť. Obsahuje vyšší podíl vlákniny. Tato mouka i po vaření obsahuje nestravitelné škroby, které se při trávení chovají podobně jako nestravitelná vláknina. To navozuje pocit sytosti a snižuje glykemický index, a proto se používá při redukčních dietách a zlepšení metabolismu [17]. Banány v největším množství obsahují sacharidy, kde až polovinu tvoří jednoduché cukry a vláknina. Po zpracování jsou tyto látky zachovány i v mouce. Významnou složkou je draslík, dále pak hořčík, vápník a v malém množství železo. Z vitamínů jsou přítomny vitamíny skupiny B a provitamin A [21].

### 2.1.3 Karobová mouka

Rohovník obecný (*Ceratonia siliqua*) je strom patřící do čeledi bobovitých. Roste hlavně v zemích okolo Středozemního moře. Pomleté lusky rohovníku se nazývají karob nebo svatojánský chléb. Mají nasládlou chuť, a proto se hojně využívají v cukrářství. Karob se používá také jako náhražka čokolády [22]. Lusky rohovníku obsahují vyšší množství vlákniny a sacharidů. Semena jsou bohatá na bílkoviny, celulózu a lignin. Zralé lusky se suší a rozemelou na prášek. Na rozdíl od kakaového prášku neobsahuje kofein a teobromin, proto se využívá zejména ve zdravé výživě. Karobová mouka je bohatá na minerální prvky jako je hořčík, vápník, fosfor a železo a vitamíny B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> a D. Karobová mouka je považována za hypoalergenní a využívá se v kojenecké výživě a při bezlepkové dietě [23].

#### 2.1.4 Dýňová mouka

Dýně patří do čeledi tykvovitých (*Cucurbitacea*). Je to jednoletá, popínavá rostlina pocházející ze Střední a Jižní Ameriky. Do této čeledi se řadí také například okurky, cukety nebo meloun. Dýně se řadí mezi zeleninu obsahující až 90 % vody, minerální prvky jako sodík, draslík, hořčík a železo. Oranžová barva některých dýní je dána obsahem luteinu a  $\alpha$ - a  $\beta$ -karotenu, dalšími provitamíny vitamínu A, dále obsahuje vitamín E [24].

Mouka má zelenou barvu a charakteristickou vůni. Je vhodná na pečení i zahušťování pokrmů neboť absorbuje velmi dobře tekutinu i tuk. Je přirozeně bezlepková a tím vhodná pro celiaky [25].

#### 2.1.5 Šípková mouka

Šípky, plody růže šípkové (*Rosa canina*), jsou další plodinou používanou k výrobě neobilných mouk. Šípková růže je keř patřící do čeledi růžovité (*Rosaceae*) a patří k nejběžnějším druhům růže rostoucím ve střední Evropě [26, 27].

Plody růže šípkové jsou považovány za byliny, zejména proto, že obsahují mnoho vitamínů, z nichž nejvíce zastoupený je vitamín C dále pak B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> a E. Obsahuje flavonoidy, které jsou známy svými antioxidačními účinky a barviva karotenoidy, které dávají šípkům typickou oranžovočervenou barvu. Další složkou jsou glykosidy například tilirosid a multiflorin. A významnou složkou jsou i organické kyseliny citronová, jablečná, nikotinová a třísloviny, slizy a pektiny. Vhodná je pro výrobu keksů, muffinů a dalších cukrářských výrobků. Je přirozeně bezlepková [28].

#### 2.1.6 Ostropestřcová mouka

Ostropestřec mariánský (*Sylibum marianum*) patří do čeledi hvězdnicovité (*Asteraceae*) a je to jednoletá nebo dvouletá bylina. Dorůstá výšky až dvou metrů. Účinnou složkou ostropestřce je flavonolignan sylimarin, směs silydioninu, silykristinu a silybinu. Sylimarin je nejvíce obsažen v semenech [29]. Pozitivně působí na potíže spojené s dutinou břišní, zejména na játra. Používá se při detoxikačních kúrách. Pozitivně ovlivňuje hladinu cukru v krvi a činnost srdce. Dále obsahuje vitamín E a je bohatý na kyselinu linolovou ze skupiny  $\omega$ -6 mastných kyselin. Mouka se vyrábí mechanickým opracováním sušených plodů. Používá se k pečení. Doporučené nahrazení běžné mouky moukou ostropestřcovou je 5%. Dále se dá využít k zahušťování omáček, polévek a zeleninových pokrmů, kaší, ale i do studené kuchyně do proteinových nápojů, jogurtů, pomazánek [30].



### 2.1.7 Nopálová mouka

Opuncie (*Opuntia*), česky nopál, je rod rostlin z čeledi kaktusovité (*Cactaceae*). Zahrnuje až 300 druhů původem z Ameriky. Nejvíce se pěstují v Mexiku, Americe, Africe, Indii, Itálii. Opuncie je bohatým zdrojem rozpustné i nerozpustné vlákniny a vitamínů skupiny B a vitamínu C. Nachází se v ní značné množství alkaloidů a aminokyselin, z nichž je 8 esenciálních. Obsahuje minerální prvky jako vápník, hořčík, draslík a železo. Napomáhá správnému trávení, využívá se při redukčních dietách. Mouku lze přidávat do směsi těst na přípravu pečiva. Vhodná je pro bezlepkovou dietu [31].

### 2.1.8 Konopná mouka

Konopí (*Canabis*) je rod jednoletých bylin z čeledi konopovitých (*Cannabaceae*). Konopí seté (*Cannabis sativa L.*) je plodina všestranně využitelná. Na území České republiky je konopí povoleno pěstovat od roku 1996. Pěstování je omezeno na určité odrůdy a je dáno zákonem č. 167/1998 Sb. [32, 33]. Potravinářsky se nejvíce využívají semena a zejména olej z nich. Je bohatý na vitamíny rozpustné v tucích, D, E dále  $\omega$ -6 a  $\omega$ -3 mastné kyseliny. Obsažené jsou i mastné kyseliny jako palmitová, olejová, stearová a linolová. Některé kultivary se pěstují pro léčebné účinky, které poskytují metabolity kanabinoidy (THC tetrahydrokanabinol, CBD kanabidiol, CBC kanabichromen). Obsahuje vyšší podíl vlákniny, vitamínů skupiny B a hořčíku. Používá se při pečení i vaření. Nahrazením 10 % touto moukou nejsou obvykle výrazně ovlivněny reologické vlastnosti těsta. Vhodná je i jako zahušťovadlo omáček a polévek. Konopné semínko je přirozeně bezlepkové [32].

## 2.2 Jedlé květy

Květy rostlin se používaly již v historii, a to především v lidovém léčení nebo jako koření přípravek do jídla. Protože jedlé květy rostou po celém světě, je jejich použití velmi rozšířené a rozmanité. Mohou zlepšit vzhled, chuť a estetickou hodnotu jídla. Využívají se k ozdobení hlavních chodů nebo jako příloha, ale mohou být i součástí salátů dezertů a různých netradičních nápojů [34]. Používají se nejen k vaření, ale také kvůli biologicky aktivním látkám, které květy obsahují [35].

### 2.2.1 Chmelový květ

Chmel (*Humulus*) je víceletá rostlina patřící do čeledi konopovité (*Cannabidaceae*). Nejznámějším zástupcem je chmel otáčivý (*Humulus lupulus L.*). Květenství tvoří zelené šištice, které se nazývají hlávky. Chmel je pravotočivá rostlina, která se vine po chmelnicové

konstrukci do výše 7 až 8 metrů. Chmel se používal v lidovém léčitelství k léčení mnoha zdravotních obtíží [36]. Pěstuje se nejvíce v České republice, Německu, ale i v Americe. Hlavní odrůdou pěstovanou v České republice je Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ), podle oblasti ve které se pěstuje. Dle nařízení Komise (ES) č. 503/2007 bylo označení Žatecký chmel zapsáno do rejstříku chráněných označení původu a chráněných zeměpisných označení [37]. Chemické složení chmele tvoří zejména chmelové hořké pryskyřice složené hlavně z  $\alpha$ -hořkých kyselin (humulon, kohumulon, adhumulon a další),  $\beta$ -hořkých kyselin (lupulon, kolupulon, adlupulon a další). Dále jsou obsaženy flavonoidní glykosidy jako astragalin, kvercitrin, rutin a další. Zastoupeny jsou také fenolické kyseliny, třísloviny, lipidy, aminokyseliny a estrogení látky jako například prenylnaringenin a další flavanony. Jsou obsaženy i těkavé silice tvořené zejména humulonem a myrcenem [29]. Právě Žatecký chmel se vyznačuje charakteristickým jemným chmelovým aroma, vyrovnaným obsahem  $\alpha$ - $\beta$  hořkých kyselin a nízkým obsahem myrcenu. Potravinářské využití chmele je zejména pro vaření piva, ale možné použití je v kuchyni, kde se používají mladé výhonky chmele. Upravují se jako chřest nebo fazolové lusky nebo do studených salátů [38, 39].

### 2.2.2 Bezový květ

Bez černý (*Sambucus nigra*), je listnatý keř z čeledi pižmovkovité (*Adoxaceae*). Květy jsou barvy slonové kosti a kvetou v období od května do června a charakteristická je silná, omamná vůně. Plody dozrávají v černé bobule [40]. Čerstvé listy a plody bezu obsahují glykosidy, z nichž nejvýznamnější je rutin a kyanogenní glykosid sambunigrin, také označovaný jako S-prunasin. Je potencionálně nebezpečný, protože při požití většího množství částí rostlin v syrovém stavu, které tuto látku obsahují, se sloučenina ve střevech hydrolyzuje na HCN. Květy tuto látku obsahují ve velmi nízké koncentraci [41]. Dále obsahuje antokyany, cholin, taniny a třísloviny. V květu jsou obsaženy i slizové látky a vitamíny B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub> a C. Obsaženy jsou také éterické oleje, organické kyseliny a cukry [42].

Bez černý se hojně využívá v potravinářství, a to jak květy, tak plody. Odvar ze sušených květů se používá při nachlazení. A v domácí kuchyni se květy máčejí v těstíčku a smaží se podobně jako květák. Tento pokrm se lidově nazývá kosmatice. Z květů se dá připravit bezová limonáda či sirup. Čerstvé či sušené květy jsou výborným estetickým doplňkem hlavního jídla. Z plodů tzv. bezinek se vyrábí sirupy, marmelády, víno a likéry [40].

### 2.2.3 Ibiškový květ

Ibišek (*Hibiscus*) je rod vyšších dvouděložných rostlin patřící do čeledi slézovité (*Malvaceae*). Ibišek je keř, polokeř, strom i bylina vyskytující se v tropech a subtropích celého světa. Rod Ibišek zahrnuje více jak 200 druhů. Některé druhy se využívají jako potravina a některé jsou okrasné. Jako potravina a léčivka se pěstuje zejména ibišek súdánský (*Hibiscus sabdariffa*). Květ ibišku obsahuje flavonoidy (gospetin, hibiscin, delphinidin, kyanidin), obsahuje také organické kyseliny vinnou, citrónovou a jablečnou. Dále polysacharidy, pektiny a vitamín C. Z minerálních prvků je nejvíce zastoupeno železo. Květy se využívají jako potravina a léčivo, mají nakyslou chuť. Použití je zejména ve formě čajů, sirupů a různých nápojů. Dále se v kuchyni dá použít jako estetický doplněk teplého či studeného pokrmu [43, 44].

### 2.2.4 Červená chrpa květ

Chrpa (*Centaurea*) je rozsáhlý rod rostlin z čeledi hvězdnicovité (*Asteraceae*). V České republice se vyskytuje okolo 20 druhů chrp. Původní výskyt chrpy je v jižní Evropě a jihozápadní Asii. Dnes roste hojně i v České republice. Nejvíce ji najdeme na okrajích luk, polí a slunných strání. Sbírá se květ, buď samotný, nebo s kalichem. Chrpa není příliš aromatická a má nasládlou chuť. Obsahuje antokyanové glykosidy například kyanin, hořčiny, saponiny a minerální prvky (fosfor, vápník, hořčík, ale také zinek a železo), dále flavonoidy, zejména apeginin, luteolin a kvercetin. Použití je zejména ve formě čajů a nápojů a ozdobení salátů [43].

### 2.2.5 Růže květ

Růže (*Rosa*), je nejznámější druh rostlin patřící do čeledi růžovitých (*Rosaceae*). Vyskytuje se v mnoha barvách a velikostech. Květy růží silně a krásně voní a mají nasládlou chuť. Obsahují flavonoidy kaempferol a kvercetin. Dále obsahuje antokyaniny, které dávají květům červenou barvu. V květech růže je také obsažena kyselina gallová a další organické kyseliny jako jablečná a chinová. Z minerálních prvků je nejvíce zastoupen vápník, poté fosfor a hořčík a také železo a zinek [45]. Květy se využívají zejména jako doplněk ovocných šťáv, jako ozdoba salátů ve studené kuchyni, a také jako dekorace zmrzlin a dezertů. V orientální kuchyni se květy kandují [46].

### 2.2.6 Jasmín květ

Jasmín (*Jasminum*) řadíme do čeledi olivovníkovité (*Oleaceae*). Jasmín je keř s bílými nebo žlutými květy, které intenzivně voní. Rostlina pochází z tropických oblastí, u nás se pěstuje zejména jako okrasná rostlina, nebo za účelem sběru květů. V květu se přirozeně vyskytuje benzylacetát, což je ester kyseliny octové a benzylalkoholu. Dále eugenol, derivát guajakolu a jasmon či farnesol [47]. Dávají květu jasmínu jemně kořeněnou vůni. Eugenol, kromě aroma, má i mírné antiseptické účinky. V potravinářství se používá zejména v bylinných čajových směsích a jako ozdoba pokrmů [48].

### 2.2.7 Sléz květ

Sléz (*Malva*) je rod rostlin z čeledi slézovitých (*Malvaceae*). Původně pochází ze západní Evropy, dnes ho můžeme nalézt v celé Střední Evropě i Americe. Má krásné modrofialové květy a dorůstá výšky až 1,5 metru. Sléz maurský se vždy sbíral pro květ nebo list a byl pěstován jako léčivá rostlina. Dnes se dají využít i další části této rostliny včetně semínek. Je považován za přírodní analgetikum. Květ a listy slézu mají vysoký obsah silic, slizu a tříslovin. V květu je nadále obsaženo antokyanové barvivo malvidin a organické kyseliny, vitamín C a karoteny. Obsahuje také značné množství železa. Používá se zejména v lidovém léčitelství, kdy právě obsažené slizy v květu zabraňují dráždění sliznic dýchacích cest a zmírňují kašel. Květy i semínka se používají jako salátová zelenina pro přípravu studených či teplých pokrmů [49, 50].

## 2.3 Vlákna

Dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 se vlákninou rozumějí uhlíkaté polymery s třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě lidského organismu. Dělí se na rozpustnou vlákninu (pektiny, gumy, slizy, některé hemicelulózy) a nerozpustnou vlákninu (celulóza, některé hemicelulózy, lignin) [51]. Rozpustná vláknina bobtná, váže na sebe vodu a vytváří v žaludku viskózní roztok, který prodlužuje pocit nasycení. Nerozpustná vláknina zvětšuje objem střevního obsahu a podporuje peristaltiku střeva. Vlákna je obsažena především v ovoci a zelenině, celozrnných výrobcích, obilných vločkách nebo otrubách. Pozitivně působí na motilitu gastrointestinálního traktu. Má vliv na posun tráveniny a lepší vstřebávání živin [52]. Je dobré doplňovat potraviny bohaté na vlákninu, protože působí preventivně proti

chorobám zažívacího ústrojí jako zácpa, hemeroidy, polypy a nádory tlustého střeva. Také pozitivně ovlivňuje krevní tlak a hladinu glukózy v krvi [53].

### 2.3.1 Psyllium

Psyllium je druh rozpustné vlákniny získávané ze slupek semen jitrocele indického neboli vejčitého (*Plantago ovata*). Látky obsažené v jitroceli indickém jsou především slizy, gummy, trísloviny a glykosid aukubin. Prochází trávicím traktem, aniž se úplně rozloží. Absorbuje vodu a stává se z ní viskózní hmota, která napomáhá trávení (zácpa, průjem). Dále pozitivně ovlivňuje krevní tlak, cholesterol a hladinu glukózy v krvi. Psyllium je možné přidávat do potravin jako například jogurty nebo mléčné koktejly [54, 55].

### 2.3.2 Jablečná vláknina

Jablka jsou plody jabloní (*Mallus*), kterých se pěstuje na stovky odrůd. Patří k nejběžnějšímu druhu ovoce u nás. Jablka jsou bohatým zdrojem vlákniny. Nejlépe je konzumovat jablka v syrovém stavu, kdy zůstanou zachovány všechny cenné látky. Jablka a jejich vláknina (celulóza, pektinové látky a některé hemicelulózy – arabany a xylany) mají pozitivní vliv na peristaltiku střev. Snižují hladinu cholesterolu v krvi, pozitivně působí při nemocech srdce, cév, jater, ledvin a močových cest. Obsahuje také kyselinu jablečnou, vinnou a citrónovou. Na složky pektinů jsou vázány minerální prvky jako sodík, hořčík, železo a mangan. Polysacharidy v pektinu existují ve formě homogalaktouronanu, rhamnogalaktouronanu-I a rhamnogalaktouronanu-II. Je tvořen kyselinou galaktouronovou esterifikovanou metanolem a různými podíly methoxyesterů a cukrů. V potravinářském průmyslu se používá jako gelotvorné činidlo a emulgátor. Jablečné výlisky a citronová kůra jsou hlavními zdroji extrahovaného pektinu. Je rozpustný ve vodě a nerozpustný v organických rozpouštědlech. Jablečná vláknina příjemně voní a má jemnou chuť, proto ji lze přimíchat do jogurtu, snídaňových cereálií, ovocných koktejlů, ale je možné ji vmíchat do těsta při pečení [56].

## 2.4 Proteinové izoláty

Proteiny jsou makromolekulární látky. Jsou základním stavebním materiálem tkání a buněk. Proteiny se v trávicím ústrojí rozkládají na aminokyseliny, které jsou základními stavebními jednotkami bílkovin. Aminokyseliny jsou spojeny amidovou vazbou, která se nazývá peptidová. V proteinech se váže 20 základních aminokyselin [57]. Z 20 základních aminokyselin je pro člověka 8 esenciálních, tzn., že organizmus není schopen si je vytvořit,

a tak musí být dodány stravou (leucin, isoleucin, valin, tryptofan, fenylalanin, methionin, threonin, lysin). 10 jich je neesenciálních (alanin, asparagová kyselina, asparagin, glutamová kyselina, glutamin, cystein, glycin, tyrosin, prolin a serin). Dvě jsou podmíněně esenciální, tzn. esenciální pro rostoucí organismus (arginin a histidin). Zdrojem bílkovin jsou zejména maso, mořské plody, vejce a mléčné výrobky. Prvně jmenované jsou označovány jako skoroplnohodnotné bílkoviny, bílkoviny vejce a mléka potom jako plnohodnotné. Z rostlinných zdrojů proteinů jsou to zejména sója, pohanka, luštěniny, ořechy a semena. Rostlinné zdroje bílkovin nejsou považovány za plnohodnotné zdroje, protože postrádají jednu nebo více esenciálních aminokyselin. Z rostlinných proteinů se nejčastěji pro obohacování výrobků používá sójový, rýžový, hrachový a konopný. Jsou využívány čím dál častěji lidmi trpícími alergiemi na živočišné proteiny [58].

#### 2.4.1 Slunečnicový protein

Slunečnice (*Helianthus*) patří do čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*). Vyskytuje se až v 60 druzích a pěstuje se po celém světě. Pěstuje se skoro výhradně pro olej, dále pak jako potravinu ve formě semen, silážní rostlina a v neposlední řadě jako okrasná rostlina [30]. Semena slunečnice jsou bohatá na obsah oleje a proteiny. Jsou charakteristická vyšším obsahem kyselin linolové, palmitové, stearové a olejové. Proteiny slunečnice obsahují také vysoké množství esenciálních aminokyselin a jsou dobře stravitelné. Ve slupce semen je obsažena celulóza, hemicelulóza, lignin a nižší koncentrace pektinů. Ve vyšším množství jsou obsaženy minerální prvky jako vápník, fosfor, železo, draslík, hořčík, zinek a sodík. Slunečnice je bohatá na vitamíny skupiny B a vitamíny rozpustné v tucích D a K. Slunečnicová semena obsahují také kyselinu chlorogenovou a kávovou, flavonoidy a tokoferoly [36, 59]. Semeno slunečnice se dá využít jako ingredience při pečení pečiva a chleba, buď jako posyp či jako přídatek do těsta. Dnes se pomletá semena používají jako náhrada živočišných proteinů. Může se přidat do jogurtů, koktejlů, do müsli, ale uplatňuje se také při pečení palačinek nebo lívanců [60].

#### 2.4.2 Rýžový protein

Rýže (*Oryza*) patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), hospodářsky významná je rýže setá (*Oryza sativa* L.). Je hlavním zdrojem obživy pro ¼ obyvatelstva světa. Existuje celá řada výrobků z rýže. Rýžový protein se získává izolací bílkovin z rýže. Nejdříve se rýže rozele, smísí s vodou. Po přidání enzymů dochází k vysrážení bílkovin a ty se následně suší. Takto zpracovaný proteinový izolát obsahuje všechny esenciální aminokyseliny a navíc i

vlákninu. Obsahuje také vitamíny B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, E a K. Obsahuje minerální prvky jako hořčík, vápník, draslík, mangan, fosfor, zinek, selen a železo. Složkou obsaženou v rýži je také kyselina ferulová a alantoin. Využití rýžového proteinu je rozmanité. Používají ho zejména fitness sportovci, vegani a vegetariáni. Používá se jako ingredience při redukci váhy, ale i při přípravě dezertů [61, 62].

### 2.4.3 Konopný protein

Konopí bylo popsáno v kapitole 2.1.8. Konopný proteinový izolát je bohatý na esenciální aminokyseliny, vitamíny B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub> a minerální prvky jako hořčík, vápník, fosfor, železo, zinek a mangan. Má vyvážený obsah  $\omega$ -3 a  $\omega$ -6 mastných kyselin, například kyselin linolových a linolenových. Konopný protein je charakteristický svou oříškovou příchutí a je ideálním doplňkem ovocných a zeleninových šťáv a bývá využíván na přípravu proteinových koktejlů. Může se přidat do těsta při pečení chleba nebo proteinových koláčů [63].

## 2.5 Lišejník islandský

Lišejník islandský (*Cetraria islandica*), česky puklěrka, je farmakologicky významný druh lišejníku z čeledi (*Parmeliaceae*). Je rozšířen v severní a střední Evropě. Roste pevně přichycen k podkladu na zemi nebo kameni či skále. Má olivově zelenou barvu. Podle jména se hojně využíval na Islandu a dodnes využívá. Rozemletý lišejník se používal jako mouka při pečení nebo na přípravu kaší. Z kvašeného lišejníku se připravoval nealkoholický nakyslý nápoj, který se ředil vodou. Největší využití lišejníku je jako léčivá rostlina, připravují se čajové směsi na záněty horních cest dýchacích. Mezi účinné složky lišejníku patří polysacharidy, slizy (lichenin, isolichenin), ligniny a pektiny. Obsahuje minerální prvky, zejména jód. Jeho hořká chuť je dána obsahem kyselin fumaroprotocetrarové, protoliches-terové, cetrarové a protocetrarové. Kyselina usnová, která má antibiotický účinek proti některým bakteriím, se využívá na záněty dutiny ústní, dýchacích cest a při nechutenství. Lišejník islandský se používá zejména k přípravě čajů a sirupů. Dá se použít i jako mouka pro přípravu pečiva, chleba a oplatek, dále také pro přípravu nápojů [54].

### 3 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH SUROVIN

#### 3.1 Mouky neobilné

Neobilné mouky se vyrábí ze surovin, které neobsahují obilná zrna, ale naopak z netradičních potravin a rostlin. Pokud jsou tyto mouky označovány jako bezlepkové, musí být zpracování suroviny a technologické operace opracování prováděny odděleně od konvenčních mouk. Výsledné produkty tak mohou a většinou také jsou deklarovány jako bezlepkové i na obalu. Toto značení je dáno Prováděcím nařízením Komise (EU) č. 828/2014 upravující poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům [64].

Při výrobě vína po lisování zůstávají tzv. matoliny, které se dále zpracovávají. Oddělením slupek od jader získáme další suroviny, vinný olej a vinnou mouku. Lisováním za studena se jádérka částečně zbaví oleje. Zbylé pokrutiny se suší a rozemelou na konzistenci mouky [65].

Banánová mouka se vyrábí jako ovocná nebo plantejnová. Ovocná se vyrábí ze zralých banánů a má sladkou chuť. Mouka plantejnová se vyrábí ze zelených banánů. Banány se nejprve zbavují slupky a následně rozsekají na menší kousky, ty se pak suší. Usušené se následně drtí na konzistenci mouky [66].

Lusky rohovníku obecného se i se semeny sbírají a suší, následně se vymíláním z lusků získává karobová mouka [22].

Dýňová mouka se vyrábí ze semen, které jsou nejprve lisováním za studena částečně zbaveny tuku. Lisování za studena je proces lisování, kdy se semena před lisováním nijak neupravují, pouze se podrtí a následně se takto upravená surovina vsypává do lisu. Teplota v lisu nesmí přesáhnout 49 °C. Vylisované pokrutiny se nadále melou na jemný prášek [67, 68].

Šípková mouka se vyrábí usušením plodů a následným mletím na konzistenci mouky.

Z výlisků plodů ostropestřce mariánského se mletím vyrábí prášek.

Nopálová mouka se vyrábí z dužiny kaktusových listů, které se očistí, nařežou na menší kusy. Následuje proces sušení v konvenčních sušárnách při teplotě 50 °C. Poté je sušina rozemleta.



Konopná mouka se získává z konopných semen, které jsou předem zbaveny tuku lisováním a následně namlety na jemný prášek [69].

Všechny produkty připravené k mletí, obecně melivo se drtí v zařízení označované jako mlecí (válcová) stolice. Válec se otáčí protisměrně s různou rychlostí a účinnost mletí je dána uspořádáním spáry mezi válci a rozměrem drceného materiálu. Následným vymíláním mezi mlecími válci s hladkým povrchem dochází k redukci velikosti částic a produktem je mouka o předepsané granulaci. Mouky z „neobilných“ rostlin jsou většinou rozemlety na hladký prášek [6].

### 3.2 Jedlé květy

Jedlé květy se na trhu objevují čerstvé, sušené nebo kandované. Ke konzumaci jsou vhodné květy získané z testovaných kultivarů a hlídaného pěstování (z farem pro jedlé květy), z důvodu jistoty, že jedlý květ neobsahuje toxické látky z hnojiv, pesticidů a herbicidů. Při konzumaci sbíraných rostlin v přírodě je vždy nutné rostliny identifikovat. Po nasbírání květy obvykle podléhají rychle zkáze. Je tedy nutné květy uložit do nádob nebo pytlů, které je chrání před kontaminací a zavadnutím, jsou perforovány, aby se zabránilo kondenzaci par na jejich vnitřním povrchu. Čerstvé květy se okamžitě čistí a chladí na teplotu 1 – 4 °C a takto vydrží po dobu 2 – 14 dnů. Květy se také používají sušené. Pro sušení se nejčastěji používají jen okvětní plátky. Sušení se provádí většinou v sušárnách, kde teplota sušení by měla být 30 – 40 °C, nebo se mohou sušit volně na vzduchu, ale ne na přímém slunci. Květy se též mohou zamrazit. Dále se používá ekonomicky a technicky náročnější metoda lyofilizace. Sublimačním sušením si tak květy udrží tvar, barvu i lesk [35].

### 3.3 Vlákna

Psyllium se získává ze semen jitrocele indického. Semena se po sklizni čistí a suší. Sušení probíhá v sušárnách, krátkou dobu při vysoké teplotě. Následně usušená semena jsou mechanicky rozemleta na jemný prášek. Stejně tak jablečná vlákna, která se získává z jablečných výlisků. Pektin je extrahován ve vodném prostředí a poté izolován srážením pomocí organických rozpouštědel. Samotná voda, ale pektin nerozpustí, protože je navázán na buněčné stěny rostlin. Používá se tedy k extrakci kyselý roztok (často HCl) o pH 1,5 až 3,0 při vysoké teplotě. Novým způsobem získávání pektinu a více šetrnějším bez organických rozpouštědel je enzymatická extrakce. Dalšími metodami jsou extrakce za použití

jednosytných alkoholů. Tím se dá zlepšit extrakce pektinu z jablečných výlisků. Dále se extrahovaný pektin suší a mechanicky rozemele na jemný prášek [56].

### 3.4 Proteiny

Rostlinné proteiny se získávají izolací bílkovin z dané rostliny. Nejprve se surovina zbaví případných vnějších slupek a mechanicky rozemele na jemný prášek. Tento prášek je poté extrahován ve vodě, nebo k separaci proteinů lze použít i chemické látky, jako například kyselinu chlorovodíkovou nebo hydroxid sodný. Na základě elektrických nábojů bílkovin, jsou odděleny bílkoviny od výchozí suroviny, probíhá tzv. iontová výměna. Tímto způsobem dochází ke ztrátě i některých biologicky aktivních bílkovinných frakcí. Používá se i metoda CFM - Cross flow microfiltration. Touto metodou dochází k oddělování bílkovin za pomoci zkříženého toku přes keramické filtry. Proteiny jsou následně odděleny od kapaliny nejčastěji centrifugací, nebo vysrážením pomocí enzymů. Získaná suspenze je sušena [70].

### 3.5 Lišejník islandský

Lišejník se stejně jako některé byliny po sběru suší a následně mechanicky rozdrtí na konzistenci mouky nebo nejemno rozdrtí pro přípravu čajů [71].

## 4 MINERÁLNÍ PRVKY V NETRADIČNÍCH SUROVINÁCH CEREÁLNÍCH SMĚSÍ

Fyziologicky významné makrobiogenní prvky, které získáváme z potravin, jsou Ca, Mg, Na, K, Cl, P a S. Tyto prvky jsou důležité pro udržování osmotického tlaku a pH v těle, kontrakci svalů a dalších životně důležitých funkcí. Významný je příjem mikrobiogenních prvků jako například Fe a Zn. Mezi významné stopové prvky se řadí Co, Cr, Cu, I, Mn, Ni, Sn, Al, Cd, As, Hg a Pb. Tyto prvky mají v těle aktivační, katalytickou a regulační funkci, mezi nimi jsou jmenované i prvky toxické, které byly předmětem této práce [72]. Všechny uvedené prvky jsou zajisté i v netradičních surovinách, využívaných do cereálních směsí. V posledním desetiletí se právě kontaminující látky a hlavně toxické těžké kovy v potravě staly jedním z hlavních atributů kontroly v rámci zajištění bezpečnosti potravin. Těžké kovy jsou biologicky nerozložitelné znečišťující prvky, které mohou migrovat a hromadit se například v půdě nebo na povrchu listů rostlin, a tím se primární cestou z rostlin a plodin exponovat do těla lidí a zvířat [73]. K absorpci kovů rostlinami dochází rozdílně. Závisí to na druhu rostliny, prostředí, ve kterém roste a na jejím chemickém složení. Při porovnání obecných genotypových variací rostlin, byla uvedena listová zelenina, jako jeden z druhů rostlinné stravy nesoucí vysokou absorpci toxických kovů [74].

### 4.1 Kadmium

Kadmium (Cd) je toxický prvek, který se může vyskytovat ve všech složkách životního prostředí a akumulovat se v půdách a sedimentech. Tím je tedy možná kontaminace potravního řetězce. Kadmium je vysoce toxický kov vážně poškozující ledviny a způsobující chronické otravy. Je pravděpodobným lidským karcinogenem, může způsobovat rakovinu plic a prostaty. Je teratogenní (poškozující plod). Významně poškozuje i játra, plíce a gastrointestinální trakt. Zesiluje toxické účinky jiných prvků, například zinku a mědi. Nejvyšší koncentrace kadmia dle EFSA (European Food Safety Authority) byla zjištěna v mořských řasách, rybách a mořských plodech [75]. Dále se ukazuje, že kadmium je dobře absorbováno kořeny a listy rostlin a akumulace je dána dle pH půdy. Zejména v kyselějších půdách je akumulace vyšší. Obsah kadmia v zrnech pšenice a rýže se pohybuje v koncentracích od 0,03 do 0,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Dle studie (Kabata-Pendias, A.), je to dáno zejména hnojením fosfátovými hnojivy, kde se Cd vyskytuje [74].

## 4.2 Rtuť

Rtuť (Hg) je kov, který se uvolňuje do prostředí z přírodních i antropogenních zdrojů. V prostředí se rtuť vyskytuje ve formě alimentární a kovové rtuti nebo v podobě anorganických sloučenin a organických sloučenin (nejtoxičtější je metylrtuť). Ve vzduchu může docházet k přeměnám na jiné formy a tím je transportována na dlouhé vzdálenosti. Setrvává v prostředí navázána na půdní částice a rozpuštěním ve vodě prochází řadou komplexních transformací a cyklů mezi atmosférou, oceánem a zemí. Organická rtuť se může hromadit v potravním řetězci a tento proces hromadění rtuti se nazývá bioakumulace. Rtuť je kumulativním jedem, z organismu se vylučuje pomalu. K poškození organismu může dojít expozicí malými dávkami po dlouhou dobu, jako jsou měsíce a roky. Tento proces se nazývá chronická intoxikace. Rtuť má neurologické, imunologické, vývojové, reprodukční a karcinogenní účinky. Nejvíce rizikovou skupinou jsou ryby a mořské plody, vnitřnosti (játra, ledviny), ale i zemědělské plodiny jako jsou obilniny a výrobky z nich [97]. Rtuť je rostlinami velmi dobře absorbována, zejména kořenovým systémem. Také je dobře transportována uvnitř rostlin, mezi různými rostlinnými tkáněmi. Například z listů jablek do plodu, nebo z listů brambor do hlíz a z rýžových listů na zrna. Některé druhy rostlin jako jsou lišejníky, hlávkový salát a houby absorbují více rtuti než jiné rostliny pěstované ve stejné oblasti. Nejvyšší obsah rtuti byl zjištěn u rostlin pěstovaných v průmyslových oblastech [74].

## 4.3 Hliník

Hliník (Al) se přirozeně vyskytuje v prostředí a je také uvolňován v důsledku antropogenní činnosti, jako je těžba a průmyslové využití při výrobě hliníku jako kovu nebo jiných sloučenin hliníku. Sloučeniny hliníku jsou vyráběny a používány pro úpravu vod, výrobu papíru, jako zpomalovače hoření, potravinářské přídatné látky, barviva a léčiva [76]. Hliník je potencionálně škodlivou látkou ohrožující vývoj nervového a reprodukčního systému. Je spojován s neurotoxicitou a některé studie uvádí spojitost hliníku s Alzheimerovou chorobou. Tato spojitost, ale zatím nebyla plně potvrzena [77]. Hlavní cestou expozice hliníku pro člověka jsou potraviny a v menší míře voda. V potravinách se vyskytuje jako součást povlaků cukrovinek, kde se používá jako přídatná látka ve formě pigmentu, v kandovaném ovoci a zelenině, aromatech, sušených potravinách. Dále také v kořenících přípravcích, čajích a sušených bylinách. Střední koncentrace čajových listů z plantáží různých zemí je

2969 mg.kg<sup>-1</sup>. Stejně tak střední koncentrace byly nalezeny v mouce a obilných výrobcích [76, 74].

#### 4.4 Cín

Cín (Sn) patří mezi těžké kovy a nejčastěji se používá k ochraně jiných kovů před korozí. Je považován za méně toxický. Může se vyskytovat vázán v organické nebo anorganické formě. Anorganická forma cínu se může objevit v potravinách díky plechovým obalům, které jsou chráněny vrstvou cínu. Pokud dochází ke konzumaci většího množství potravin konzervovaných v plechovkách, může docházet k akutním problémům zažívacího traktu, jako je zvracení a průjem. Anorganická forma cínu je trávicím traktem málo vstřebatelná a rychle se vylučuje. Organické formy cínu jsou více toxické a do potravin se dostávají z obalových materiálů, zemědělských biocidů a nátěrů, ve kterých je cín obsažen. Může poté působit neurotoxicky, hepatotoxicky a genotoxicky [78, 79]. Uvádí se, že běžný obsah cínu v rostlinách se pohybuje v rozmezí < 0,4 a < 0,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Ale například v zrnech pšenice se koncentrace celosvětově pohybuje od 5,6 do 7,9 mg.kg<sup>-1</sup>. V rostlinách jako je například cukrová řepa pěstovaná v průmyslové oblasti byla koncentrace cínu až 1000 mg.kg<sup>-1</sup> [74].

## 5 METODY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ

Příprava potravinářského vzorku pro stanovení minerálních prvků je prováděna na základě rozkladů daného vzorku, které jsou uvedeny v normě ČSN 56 0065. V této normě jsou popsány jednotlivé rozklady mineralizací, a to jak na mokré cestě, tak i na suché cestě [80,81].

Postup rozkladu a použití mineralizační směsi je specifikováno na základě analyzovaného vzorku. Dle normy ČSN 56 0065 je možný rozklad směsí  $\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{SO}_4+\text{H}_2\text{O}_2$  a  $\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{SO}_4+\text{HClO}_4$ . Teplotní program je volen na základě teplot varu u jednotlivých kyselin a zároveň z reaktivit složek, jejichž přítomnost ve vzorku předpokládáme. Rychlejším způsobem rozkladu je tlakový rozklad, který je prováděný v uzavřeném systému teflonových nádob. Jako mineralizační činidlo je obvykle použita  $\text{HNO}_3$  či směs  $\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$  a ohřev je prováděn konvekcí nebo absorpcí mikrovlnné energie. Výhodou daného způsobu je eliminace analytu, menší spotřeba reagensů, minimální kontaminace vzorku a hlavně je zapotřebí nižší navážka vzorku, která odpovídá množství 0,2 – 0,5 g sušiny. Na základě daných výhod jsou tyto postupy využívány ve spojení s vysoce citlivými metodami jako je AAS s elektrotermickou atomizací či plamenová AAS nebo ICP-MS spektrometrie [81, 83].

Rozklad na suché cestě je podle normy ČSN 560065 prováděn pomocí muflové pece s teplotní regulací, topnou deskou, plynovým kahanem nebo mikromineralizátorem, čímž dochází k zahřívání daného vzorku. Na základě normy lze využít postup jak bez pomocného činidla, tak i s pomocným činidlem, kterým je roztok  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ . Rozklad vzorků spočívá v oxidaci organické matrice atmosférickým kyslíkem (za vysoké teploty 450 – 550 °C) za atmosférického tlaku. Rozklad je prováděn v křemenných, skleněných či platinových nádobách a trvá zhruba několik desítek hodin, a to ve čtyřech fázích – sušení, zuhelnění, zpopelnění a rozpouštění popela v roztoku minerální kyseliny. U vzorků s vysokým obsahem chloridů (solené potraviny) není rozklad na suché cestě vhodný a volí se spíše rozklad na mokré cestě. Problémem je zuhelnění, kdy při této fázi rozkladu může na základě exothermních dějů dojít k přehřátí vzorku, kdy teplota uvnitř rozkládaného materiálu přesáhne teplotu tepelného zdroje, čímž dochází ke ztrátě analytů těkáním (zejména halogenidy zinku, olova a kadmia) [80, 83].

## 5.1 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Atomová absorpční spektrometrie je jedna z nejčastějších metod kvantitativní prvkové analýzy, která umožňuje stanovení přibližně 60 prvků převážně kovových. AAS je založena na měření absorpce charakteristického monochromatického záření volnými atomy určitého prvku v základním energetickém stavu. Je to analytická metoda, kde měrnou veličinou je absorbance. Hodnota absorbance je zde míra koncentrace sledovaného prvku. Vyhodnocení výsledků se provádí metodou kalibrační křivky sestavené proměřením absorbancí kalibračních roztoků o známé koncentraci nebo metodou standardních přídavek. Základními konstrukčními prvky AAS jsou zdroj záření, což je nízkotlaká výbojka s dutou katodou. Dnešní moderní technologie jako zdroj záření využívají xenonovou lampu, která umožňuje multielementární analýzu bez nutnosti výměny lampy pro každý prvek (Analytik Jena AG., 2020). Výbojka s dutou katodou emituje čárové spektrum prvku, ze kterého je dutá katoda vyrobena. Absorpční prostředí, tedy prostředí k atomizaci s vysokou teplotou přibližně 2000 až 3000 K, je zajištěno pomocí speciálního hořáku, kudy proudí směs plynu. Většinou acetylen se vzduchem nebo oxidem dusným. Vzorek je do plamene přiváděn ve formě aerosolu. Pro každý prvek je dána výška v plamenu, kde je koncentrace volných atomů nejvyšší. Další úsek je tvořen monochromátorem, kde dochází k izolaci záření vhodné vlnové délky. Dále následuje detektor. K detekci toků záření se za výstupní šterbinu monochromátoru zařazuje fotonásobič s fotokatodou, s citlivostí dostačující pro oblast spektra od 190 do 900 nm. AAS spektrometry jsou vybaveny analogově digitálním převodníkem, kde v digitální formě se provádí ovládání nastavitelných parametrů, vyhodnocování výsledků a statistika [85].



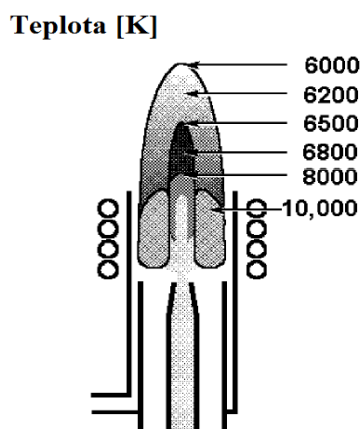
**Obrázek č. 5:** Zjednodušené schéma měření v AAS [86].

Techniky AAS jsou plamenová, elektrotermická a hydridová. U plamenové atomové absorpční spektrometrie se používají dva druhy plamenů, a to plamen vzduch-C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> a plamen

$N_2O-C_2H_2$ . Na základě průtoků paliva a oxidujícího plynu může být pak plamen oxidační (chudý na palivo), stechiometrický nebo redukční (bohatý na palivo). První zmíněný plamen vzduch-acetylén s teplotou kolem 2000 – 2200 °C se používá pro stanovení snadno atomizovatelných prvků, jako jsou alkalické kovy Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, platinové kovy, Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Pb, Sn a Bi. Druhý zmiňovaný plamen oxid dusný-acetylén má teplotu kolem 2600 – 2900 °C, díky které se využívá pro stanovení prvků tvořící termicky stabilní sloučeniny, které se hůře atomizují. Jedná se převážně o nekovy a polokovy (B, Si, Se, As, Ge), dále kovy alkalických zemin, lanthanoidy a nepřechodné kovy (Al, Ga) a také kovy ze skupiny skandia, titanu, vanadu a chromu [81, 86].

## 5.2 ICP metody

Indukčně vázané plazma, neboli ICP (Inductively coupled plasma). Plazma je ionizovaný plyn složený z elektronů a nabitých iontů s kolektivním chováním, což znamená, že nabitě částice ovlivňují pohyb jiných nabitých částic, a to na poměrně velkou vzdálenost. V plazmě je poměr kladně a záporně nabitých částic vyrovnaný, takže se plazma jeví jako neutrální. Pro udržení a vytvoření plazmatu je potřeba dodávat energii, která je dodávána elektromagnetickým polem plazmového generátoru, čímž vzniká trvalý stabilní výboj. Plazma se může vytvořit z jakéhokoliv plynu, ale u ICP se využívají vzácné plyny pro jejich vysokou ionizační energii. Mezi hlavní vlastnosti plazmatu se řadí teplota, topografie a stupeň ionizace plazmatu. Teploty plazmatu se dělí na excitační, kinetickou a ionizační teplotu, dle Charlese Bosse lze teplotu dělit na základě výboje (od 6000 K až do 10000 K) [86, 87].



Obrázek č. 6: Teplota ICP plazmatu [87].



Topografie v plazmatu udává oblasti v ICP výboji, který je dělen na dvě zóny, a to indukční část, kde je přenášena energie z pole cívky na plazma, a analytický kanál, kam je nosným plynem přiváděn aerosol vzorku. Třetím a nejdůležitějším parametrem je stupeň ionizace plazmatu. Jedná se o poměr ionizovaných částic k celkovému počtu částic. Tento parametr udává chování plazmatu a závisí na teplotě [87].

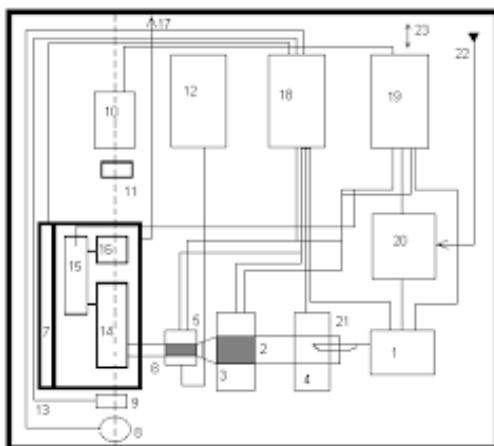
ICP-OES je optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Jedná se o analytickou spektrální metodu, která jako zdroj excitace využívá indukčně vázané plazma. Metodou ICP-OES je možné analyzovat kapalně, plynně i pevně vzorky a jedná se o velmi přesnou a selektivní metodu s nízkými limity detekce. Metoda je založena na měření intenzity emitovaného záření excitovanými atomy, kdy je atom excitován pomocí excitačního zdroje a při následné deexcitaci je sledována emise záření. Vyzářené vlnové délky volných atomů spadají do viditelné a ultrafialové oblasti [87, 88].

ICP-MS je hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Jedná se o ultrastopovou analytickou metodu. Metoda je založena na hmotnostní spektrometrii, která převádí molekuly na ionty. Ionty jsou následně rozlišeny dle jejich hmotnosti a náboje ( $m/z$ ) a poté je zaznamenána relativní intenzita daných iontů. ICP-MS analyzátor se skládá ze systému zmlžování vzorků, hlavice ICP, odběru iontů z plazmatu, iontového filtru a iontového detektoru, který funguje jako fotonásobič v optické spektrometrii [86, 89].

### 5.3 AMA 254

Analyzátor AMA 254 (Advanced mercury analyser) se využívá pro přímé stanovení koncentrace rtuti, a to bez potřeby chemické úpravy vzorku před stanovením. Jedná se o jed noučelový atomový absorpční spektrometr stanovující celkový obsah rtuti v pevných i kapalných vzorcích. AMA spektrometr pracuje na principu generování par kovové rtuti tepelným rozkladem analyzovaného vzorku, a to ve spalovací trubici s následným zachycením na amalgamátoru. Následně dojde k opětovnému vypuzení a detekci, čímž se dosáhne vysoké citlivosti bez závislosti na matici. Navážený vzorek je vložen do spalovací lodičky, která je následně zavedena do spalovací trubice, kde dochází k vysušení a spálení vzorku proudem kyslíku, který je nosným plynem. Takto zpracovaný vzorek postupuje do katalyzátoru, kde je dokončena oxidace, a jsou zachyceny některé produkty spalování. Následně putuje do amalgamátoru, kde je selektivně zachycena rtuť. Poté je rtuť krátkodobým ohřevem uvolněna z amalgamátoru a za pomoci nosného plynu vedena do delší měřící ky-

vety, ze které je zpoždovací nádobkou vedena do kratší měřící kyvety. Rtuť je měřena dvakrát, a to s odlišnou citlivostí [90, 91].



**Obrázek č. 7:** Schéma přístroje AMA 254 [89].

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| 1) dávkovací zařízení                    | 13) topení bloku měřících kyvet |
| 2) spalovací trubice                     | 14) delší měřící kyveta         |
| 3) katalytická pec                       | 15) zpoždovací nádobka          |
| 4) spalovací pec                         | 16) kratší měřící kyveta        |
| 5) amalgamátor                           | 17) vstupní kyslík              |
| 6) vypuzovací pec                        | 18) analogová technika          |
| 7) blok měřících kyvet                   | 19) mikropočítač 8051           |
| 8) rtuťová výbojka                       | 20) regulátor průtoku kyslíku   |
| 9) clonka                                | 21) dávkovací lodička           |
| 10) detektor                             | 22) vstup kyslíku               |
| 11) interferenční filtr                  | 23) komunikace s PC             |
| 12) chladicí zařízení opatřené čerpadlem |                                 |

## 6 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY SOUVISEJÍCÍ S OZNAČOVÁNÍM POTRAVIN A VÝSKYTEM TOXICKÝCH PRVKŮ U ANALYZOVANÝCH VZORKŮ

Zdravotní nezávadnost potravin a pokrmů je nejdůležitějším faktorem pro lidský organismus. Problematika obsahu jednotlivých složek v potravinách, označování potravin a další výživové a zdravotní tvrzení jsou dány Evropskou a Českou legislativou. Bezpečnost potravin je důležitou otázkou pro každou zemi. Kontaminanty nejsou přirozenou součástí potravin. Tyto látky se do potravin mohou dostat v průběhu celého potravního řetězce, musí tedy být dodržována doporučení a právní předpisy, které zajišťují, aby koncentrace určitého kontaminantu byla na co nejnižší úrovni. Pro tyto účely byly pro určité kontaminanty stanoveny maximální přípustné koncentrace, které jsou dány nařízením Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Dále byly Organizací pro výživu a zemědělství/Světovou zdravotnickou organizací (FAO/WHO), Výborem pro potravinu a přísady (JECFA, The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Společný výbor expertů FAO/WHO pro potravinářská aditiva) stanoveny hodnoty tolerovaného týdenního příjmu (PTWI, Provisional tolerable weekly intake) a měsíčního příjmu (PTMI, Provisional tolerable monthly intake) kontaminujících látek v potravinách [92, 93].

Nařízení komise (ES) č. 1881/2006 stanovuje limity pro vybrané kovy. Maximální limit pro kadmium v kategorii ovoce, zelenina je  $0,050 - 0,20 \text{ mg.kg}^{-1}$  čerstvé hmotnosti. Pro obilná zrna podle druhu od  $0,10$  do  $0,20 \text{ mg.kg}^{-1}$  čerstvé hmotnosti. Dle FAO/WHO je hodnota PTMI pro Cd  $25 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti. Dle vědeckého stanoviska EFSA pro kontaminanty v potravinovém řetězci, se objevily vyšší koncentrace kadmia v plodinách a produktech využívanými vegetariány a vegany, nebo určené pro zvláštní výživu a pro děti. Byly sem zařazeny obiloviny a výrobky z nich, zelenina, ořechy, luštěniny, škrobové hlízy, brambory. Průměrná expozice v evropských zemích, byla odhadnuta v rozmezí od  $1,9$  až  $3,0 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti za týden. U vegetariánů, kteří mají vyšší spotřebu obilovin, ořechů, luštěnin byla expozice až  $5,4 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti za týden. Toto zvýšené množství kadmia v těchto surovinách může být dáno dle tohoto stanoviska pěstováním těchto plodin v kontaminovaných oblastech, například hnojivy používaných v zemědělství [74, 94].

Panel AFC pro potravinářské látky, látky určené k aromatizaci a zpracování látek přicházejících do styku s potravinami, zpravoval vědecké stanovisko ohledně bezpečnosti hliníku ze všech zdrojů potravy. Bylo zjištěno, že většina nijak nezpracovaných potravin obsahovala méně než 5 mg hliníku na kg. Naopak vyšší koncentrace hliníku 5 až 10 mg.kg<sup>-1</sup> byla zjištěna u pečiva, chleba a sušenek. Dále v určité zelenině, ovoci a houbách a směsích na pečení s vysokým obsahem cukrů. Potraviny s velmi vysokou koncentrací byly čajové lístky, koření, byliny a kakao. Obiloviny a výrobky z nich zastupovaly hlavní představitele expozice hliníku ve stravě. Vyskytovaly se individuální odchylky v jeho expozici. Průměrně se hodnoty pohybovaly v rozmezí 0,2 až 1,5 mg.kg<sup>-1</sup> tělesné hmotnosti za týden. Na základě výsledků této studie panel vyhotovil týdenní tolerovaný příjem hliníku PTWI 1 mg na kg tělesné hmotnosti. Hodnota PTWI stanovená FAO/WHO v roce 2006 byla 2 mg.kg<sup>-1</sup> tělesné hmotnosti. Z výsledků studie bezpečnosti hliníku v potravě, vědeckého stanoviska komise pro potravinářské přídatné látky, aroma, zpracování a pomůcky a materiály přicházející do styku s potravinami (AFC) byl limit PTWI překročen [74, 95].

Narřízení Komise (ES) č. 1881/2006 stanovuje limit pro cín (anorganický) zejména v konzervovaných potravinách, a to v rozmezí 50 až 200 mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty. Dosavadní maximální tolerovaný týdenní limit stanovený FAO/WHO (PTWI) je 14 mg.kg<sup>-1</sup> tělesné hmotnosti. Hlavním zdrojem anorganického cínu v potravě jsou především potraviny balené do nelakovaných nebo částečně pocínovaných plechovek. Migrace cínu do potravin z pocínovaného plechu je vyšší u kyselých potravin, jako je například ananas nebo rajčata. Migrace je také ovlivněna teplotou a dobou skladování potravin v plechu. Obsah cínu ve většině druhů masa, obilovinách a zelenině nepřekračuje 1 mg.kg<sup>-1</sup> [74, 96].

V potravinách jsou z hlediska obsahu rtuti nejvíce rizikové vnitřnosti jako ledviny nebo játra. Nejvíce kontaminované rtutí jsou zejména ryby, a to dravé ryby, které jsou na vrcholu potravního řetězce. Je to dáno tím, že se živí menšími rybami a žijí déle. Obsah rtuti se objevuje i v obilovinách a zemědělských plodinách, které byly pěstovány na půdě zamořené sloučeninami rtuti z průmyslu nebo nevhodně použitými přípravky k hubení škůdců. Narřízení Komise (ES) č. 1881/2006 uvádí maximální limit rtuti pro produkty rybolovu a svalovinu ryb a to 0,50 až 1,0 mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty. Dle FAO/WHO je týdenní tolerovaný příjem pro methylrtuť 1,6 µg.kg<sup>-1</sup> tělesné hmotnosti. Pro anorganickou rtuť je PTWI stanoven na 4 µg.kg<sup>-1</sup> tělesné hmotnosti [97].

Obsah vlákniny v potravinách a značení potravin vlákninu obsahující řeší nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin. Jako zdroj vlákniny lze označit potravinu pouze tehdy, obsahuje li produkt 3 g vlákniny na 100 g produktu nebo alespoň 1,5 g na 100 kcal. Pokud je potravina označena, jako potravina s vysokým obsahem vlákniny, musí produkt obsahovat alespoň 6 g na 100 g produktu nebo 3 g na 10 kcal [98].

Jedlé květy by se dle legislativy daly zařadit do vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 398/2016 Sb., která stanovuje požadavky na koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky, ochucovadla, studené omáčky, dresinky a hořčici. Dle této vyhlášky je zde koření definováno jako části rostlin, kořeny, oddenky, listy, kůra, nať, květy, semena, plody nebo jejich části v nezbytné míře technologicky zpracované a užívané k ovlivnění chutě a vůně potravin. V této vyhlášce, ale nejsou uvedeny všechny druhy koření, pouze tradiční [99].

Mouky vyrobené z rostlinných materiálů, nejsou zařazeny v legislativě pod samostatným bodem. Vyhláška č. 18/2020 Sb., o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, kterou se mění vyhláška č. 333/1997 Sb., o souvisejících zákonech pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, uvádí pouze pojmy jiné botanické druhy obilovin (pseudoobiloviny) a například i zeleninu. Pokud jsou rostlinné materiály technologicky zpracovány jako konvenční obiloviny a použity pro výrobu pekařských a cukrářských výrobků v určitém minimálním množství, dají se tyto mouky zařadit do mlýnských výrobků, jako výrobky z jiných botanických druhů obilovin [2].

Proteinové izoláty z rostlin a výrobky bychom mohly zařadit do kategorie potravin s výživovým tvrzením, ale musí splňovat požadavky nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 o výživových a zdravotních tvrzeních. Není zde přesně definován pojem rostlinný protein, ale pokud se jedná o potravinu, která je zdrojem bílkovin nebo s vysokým obsahem bílkovin, musí toto tvrzení o obsahu být uvedeno na obalu [51, 98].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tato diplomová práce se zabývala analýzou minerálních prvků se zaměřením na toxické stopové prvky. Byl měřen obsah vybraných těžkých kovů v netradičních surovinách pro výrobu cereálních směsí (Hg, Cd, Sn a Al). Dle obsahu těchto kovů, byla dle legislativy vyhodnocena míra vystavení příjmu těmito kovy. Byl stanoven týdenní a měsíční tolerovaný příjem pro dospělé a porovnán s hodnotami dle FAO/WHO. Dále bylo hodnoceno, zda tyto netradiční suroviny lze používat k výrobě cereálních směsí vzhledem k obsahu toxických kovů. Ke stanovení Cd, Al a Sn byl použit AAS atomový spektrometr. Ke stanovení Hg byl použit přístroj AMA 254.

## 8 METODIKA

Měření vybraných vzorků netradičních surovin do cereálních směsí bylo provedeno v laboratoři analytické chemie ve Zkušebním ústavu lehkého průmyslu v Českých Budějovicích.

### 8.1 Přístrojové vybavení a chemikálie

Přístroje a vybavení:

- Analytické váhy Kern ABJ – NM/ABS – N (Kern & Sohn GmbH, Německo)
- Zařízení pro výrobu demineralizované vody: IWA 20is (Watek, ČR)
- Mikrovlnná pec Milestone mls 1200 mega, model 240 (Milestone, USA)
- Muflová pec Veb labortechnik LM. 312.11 (Keramon, Praha, ČR)
- Laboratorní sušárna HS 32A (BTM a.s. ČR)
- Analyzátor rtuti Advanced Mercury Analyser AMA 254 (Altec, Praha, ČR)
- Atomový absorpční spektrometr PYEUNICAM PU 9400x (Chromspec, Praha, ČR)
- Kyslík čistoty 2.5, (Linde technoplyn, ČR)
- Oxid dusný čistoty 2.5, (Linde technoplyn, ČR)
- Acetylen čistý, (Linde technoplyn, ČR)
- Vzduch, (Linde technoplyn, ČR)

Ostatní pomůcky:

- Laboratorní sklo a nádobí, plastové odměrné baňky
- Automatické pipety 100  $\mu$ l, 1 – 10 ml

Použité chemikálie:

- Kyselina dusičná 65% p.a. (Merck, ČR)
- Peroxid vodíku p.a. (Fargon, ČR)
- Kyselina chlorovodíková 35% p.a. (Merck, ČR)
- Ultračistá deionizovaná voda 18,2 M $\Omega$ .cm (Watek, ČR)
- Dichroman draselný K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>
- Standardní certifikované roztoky Hg, Cd, Sn, Al o koncentraci 1000 mg.l<sup>-1</sup>



## 8.2 Vzorky

Pro stanovení toxických prvků byly vybrány netradiční suroviny pro výrobu cereálních směsí. Vzorky neobilných mouk (banánová, karobová, dýňová, šípková, ostropestřcová, nopálová, konopná a výlisky hroznů pomleté na konzistenci mouky), vzorky jedlých květů (chmelový, bezový, ibiškový, červená chrpa, jasmínový, slézový), vzorky proteinových izolátů (slunečnicový, rýžový, konopný), vzorky vlákniny (psyllium, jablečná) a lišejníku islandského byly zakoupeny v obchodech se „zdravou výživou“ nebo přes specializované internetové obchody (např. bylik.cz, advenimedical.cz, Sonnentor s.r.o., Zdraví z přírody s.r.o., Donnerstag trade s.r.o.) v České republice. Vzorky byly z originálních papírových či plastových obalů přemístěny plastovou lžící do uzavíratelných plastových sáčků a vzorky poté byly přepraveny do laboratoře bez přístupu světla. Poté byly podrobeny analýze. Jedlé květy byly ještě před analýzou podrceny ve třecí keramické misce.



**Obrázek č. 8** Vzorek 1

chmelový květ (*Humulus lupulus* L.)



**Obrázek č. 9** Vzorek 2

bezový květ (*Sambucus nigra* L.)



**Obrázek č. 10** Vzorek 3

ibiškový květ (*Hibiscus sabdariffa*)



**Obrázek č. 11** Vzorek 4

červená chrpa květ (*Centaurea cyanus*)



**Obrázek č. 12** Vzorek 5

květ růže (*Rosa*)



**Obrázek č. 13** Vzorek 6

květ jasmínu (*Jasminum*)



**Obrázek č. 14** vzorek 7

slézový květ (*Malva*)



**Obrázek č. 15** Vzorek 8

výlisky hroznů pomleté na konzistenci mouky



**Obrázek č. 16** Vzorek 9

banánová mouka



**Obrázek č. 17** vzorek 10

karobová mouka



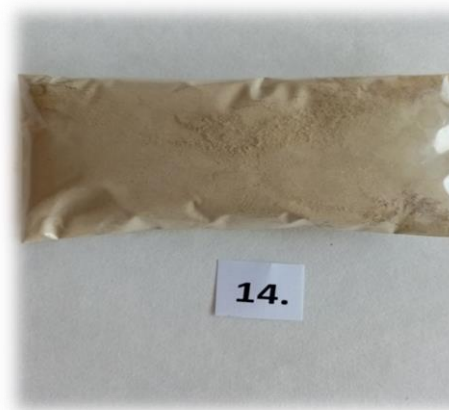
**Obrázek č. 18** Vzorek 11  
dýňová mouka



**Obrázek č. 19** Vzorek 12  
šípková mouka



**Obrázek č. 20** Vzorek 13  
ostropěstřcová mouka



**Obrázek č. 21** Vzorek 14  
nopálová mouka



**Obrázek č. 22** Vzorek 15

konopná mouka



**Obrázek č. 23** Vzorek 16

psyllium



**Obrázek č. 24** Vzorek 17

jablečná vláknina



**Obrázek č. 25** Vzorek 18

lišejník islandský

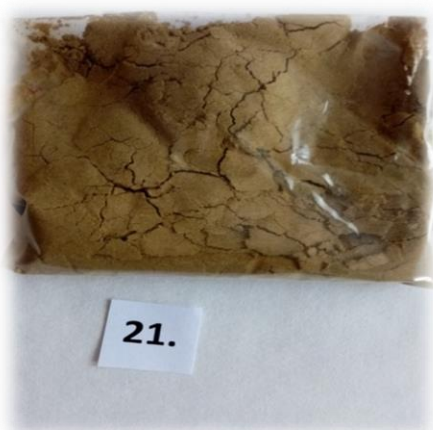




**Obrázek č. 26** Vzorek 19  
slunečnicový protein



**Obrázek č. 27** Vzorek 20  
rýžový protein



**Obrázek č. 28** Vzorek 21 – konopný protein

### 8.3 Stanovení obsahu popela

Obsah různých minerálních látek v potravinách se určuje po spálení jako popel. Obsah popela je jedním z ukazatelů kvality potravin. Je důležitým kritériem technologické a nutriční jakosti. Stanovení obsahu popela bylo provedeno následujícím způsobem. Do předem vyžíhaných (muflová pec 550 °C ± 25 °C 1 hodinu) a zvážených porcelánových kelímků, byl navážen 1 g vzorku. Poté byly kelímky i se vzorky znovu žíhány v muflové peci při 550 °C ± 25 °C; 5,5 hodiny. Po vyžíhání byly kelímky uloženy v exsikátoru k vychladnutí a následně zváženy na analytických vahách. Výsledek byl získán jako průměr tří stanovení. Výpočet obsahu popela byl proveden dle vzorce č. 1:

Výpočet obsahu popela v %:

$$P = \frac{ma - mb}{mc - mb} * 100 \quad (1)$$

kde P = obsah popela %,

$m_a$  = hmotnost porcelánového kelímku s popelem [g],

$m_b$  = hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g],

$m_c$  = hmotnost kelímku s navážkou vzorku [g].

### 8.4 Stanovení obsahu sušiny

Sušení potravin se provádí za účelem odstranění vody. Dochází také k současnému odstranění těkavých látek, proto hovoříme o stanovení sušiny a ne stanovení vody. Do předem vysušených hliníkových misek (130 °C ± 3 °C; 1 hodinu), následně na analytických vahách zvážených, byl navážen 1 g homogenního vzorku. Poté byly vzorky vloženy do sušárny (130 °C ± 3 °C; 1 hodinu), a poté uloženy do exsikátoru k vychladnutí. Následně zváženy pomocí analytických vah. Výsledek byl získán jako průměr ze tří stanovení podle vzorců 2 a 3:

$$S = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100 \quad (2)$$

$$V = 100 - S \quad (3)$$

kde S = obsah celkové sušiny [%],

$m_1$  = hmotnost prázdné misky [g],

$m_2$  = hmotnost misky se vzorkem před sušením [g],

$m_3$  = hmotnost misky se vzorkem po sušení [g],

V = obsah vlhkosti [%].

## 8.5 Příprava vzorků a jejich mineralizace

Vzorky analyzovaného materiálu jedlých květů byly před vlastním stanovením ještě homogenizovány ve třecí keramické misce a poté jako ostatní již mineralizovány. Byl použit tzv. mokrá rozklad pomocí mikrovlnného systému Milestone Ethos One. Do teflonových nádobek bylo naváženo po 2 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Ke každému vzorku bylo napipetováno 5 ml 65% p.a. Po odeznění reakce této kyseliny se vzorkem byl přidán 1 ml  $H_2O_2$ . K sérii vzorků byl připraven i slepý pokus se stejným množstvím činidel bez vzorku. Poté byly vzorky mikrovlnným systémem rozloženy s nastavenými parametry:

1 min při 250 W, 2 min při 0 W, 5 min při 250 W, 5 min při 400 W, 5 min při 600 W,

1 min při 0 W, 5 min ventilace.

Po ukončení programu rozkladu, byly nádobky chlazeny a poté objem nádoby kvantitativně převeden do plastových odměrných baněk (50 ml) a doplněn po rysku ultračistou deionizovanou vodou. Takto zpracované vzorky byly připraveny pro analýzu kovů Cd, Al, Sn na AAS.

Vzorky pro měření Hg byly předem pouze homogenizovány a následně byly pevné vzorky navažovány o hmotnosti 0,01 g s přesností na 0,001 g přímo na spalovací lodičku jednoúčelového rtuťového analyzátoru AMA 254. Analyzátor AMA 254 dovoluje přímé stanovení rtuti bez potřeby předešlé chemické úpravy vzorku. K úpravě vzorku dochází přímo v analyzátoru a to nastavením parametrů teplotního programu. Kdy sušící perioda slouží k odstranění vody (jako rozpouštědla či vlhkosti) ze vzorku. Sušící perioda probíhá 60 s. Doba rozkladu slouží k uvolnění veškeré rtuti ze vzorku. Minimální doba rozkladu je 120 s, během této doby dosáhne spalovací pec maximální možné teploty. Při tomto měření byla nastavena doba rozkladu 150 s. Doba čekání se standardně doporučuje 45 s, což bylo zvoleno i při tomto měření.

## 8.6 Příprava standardů pro analýzu a kalibraci přístroje AAS PU 9400x

Standardní roztoky jednotlivých stanovovaných prvků byly připraveny ze základních standardních certifikovaných roztoků dodané firmou Merck (Praha, ČR). Standardní roztok Sn



o koncentraci 1000 mg.l<sup>-1</sup> (matrice 0,5 M HNO<sub>3</sub>). Standardní roztok Cd o koncentraci 1000 mg.l<sup>-1</sup> (matrice 0,5 M HNO<sub>3</sub>). Standardní roztok Al byl připraven ze standardního roztoku 1000 mg.l<sup>-1</sup> ICP MULTI – element standard 23 prvků v HNO<sub>3</sub>. Jednotlivé kalibrační roztoky se připravují ze zásobních roztoků kovů do plastových odměrných baněk 100 ml a poté doplněných 0,5 M HNO<sub>3</sub>.

**Tabulka č. 1** Příprava standardů pro měření Cd, Al, Sn

mg.l <sup>-1</sup>	Standard 1	Standard 2	Standard 3	Blank
Cd	0,1	0,25	0,5	1,3 ml konc. HNO <sub>3</sub> doplněno na 100 ml ultračistou deionizovanou H <sub>2</sub> O
Al	2,0	5,0	10,0	
Sn	2,0	5,0	10,0	

### 8.7 Příprava standardů pro analýzu a kalibraci přístroje AMA 254

Kalibrace přístroje AMA 254 je velmi stabilní. Kalibrace platí po týdny až měsíce a pro rutinní měření stačí platnost kalibrace pouze ověřovat. Nová kalibrace je nutná tehdy, byly-li vyměněny některé části přístroje jako např. spalovací trubice, rtuťová výbojka nebo detektor. Analyzátor pracuje ve dvou rozsazích, aby bylo docíleno větší přesnosti stanovení. Tím je spolehlivě změřen velký rozptyl koncentrací (od 0,05 – 40,00 ng Hg první rozsah a 40 – 600 ng Hg druhý rozsah). Správnost se kontroluje před vlastním měřením stanovení rtuti pouze pro první kalibrační rozsah přístroje [90].

Ze základního certifikovaného roztoku Hg o koncentraci 1000 mg.l<sup>-1</sup> byly připraveny pracovní kalibrační roztoky postupným ředěním do odměrných baněk o objemu 100 ml. Do každé baňky bylo přidáno 1 ml 65% HNO<sub>3</sub> p.a., 0,1 ml 35% HCl a 0,1 ml stabilizačního roztoku. Jako stabilizační roztok se připravuje K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, kdy se 10 g (navážených s přesností na 0,01 g) rozpustí ve 100 ml ultračisté deionizované vody. Při stanovení Hg v této práci byl pro kontrolu kalibrace použit standard o koncentraci 0,2 mg.l<sup>-1</sup>.

### 8.8 Vlastní stanovení obsahu Cd, Al a Sn pomocí AAS PU 9400x

Pro stanovení toxických minerálních prvků Cd, Al a Sn byl použit přístroj atomový absorpční spektrometr AAS PU 9400x (PYE Unicam, USA). Po přípravě vzorků a kalibračních roztoků byl připraven atomový absorpční spektrometr k měření. Vložena byla příslušná výbojka pro daný prvek, byly nastaveny parametry měření. Podmínky měření a nastavení přístroje jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka č. 2 Podmínky měření pro stanovení Cd, Al, Sn

	Cd	Al	Sn
Vlnová délka	228,8 nm	394,4 nm	224,6 nm
Proud lampy	6 mA	8 mA	9 mA
Plamen	acetylen-vzduch	acetylen-oxid dusný	acetylen-oxid dusný
Průtok vzduchu	10 l.m <sup>-1</sup>	–	–
Průtok acetylenu	1,0 l.min <sup>-1</sup>	4,3 l.min <sup>-1</sup>	4,5 l.min <sup>-1</sup>
Průtok oxidu dusného	-	1,1 – 1,5 l.min <sup>-1</sup>	1,1 – 1,5 l.min <sup>-1</sup>
Zdroj záření	výbojka s dutou katodou Cd	výbojka s dutou katodou Al	výbojka s dutou katodou Sn

Před vlastním měřením připravených vzorků je proměřován blank pro nastavení nulové hodnoty absorbance. Následuje proměření standardních roztoků a poté vlastní měření jednotlivých vzorků. Kapalný vzorek je zmlžován do plamene acetylen-vzduch, acetylen-oxid dusný. Je měřena absorpce záření volnými atomy kadmia, hliníku a cínu na rezonančních čárách 228,8 nm, 309,3 nm, 224,6 nm. Samotné vzorky se měří vždy ve dvou opakování a jako výsledek je udáván aritmetický průměr. Po vyhodnocení se odečítá průměrná hodnota slepých pokusů. Koncentrace prvků v analyzovaných roztocích se z naměřených absorbancí určují metodou kalibrační křivky. Jednotlivé vzorky byly proměřeny každý pětkrát a výsledek je uváděn jako aritmetický průměr.

Výpočet výsledků:

Naměřená hodnota udává obsah prvku v roztoku a je uvedena v mg.l<sup>-1</sup>. Celkový výsledek se vyjadřuje v mg.kg<sup>-1</sup> vzorku. Výsledek se vypočte dle vzorce (4).

$$R \text{ (mg.kg}^{-1}\text{)} = \frac{(c \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) * V_{\text{médiu}} \text{ (l)})}{m \text{ (kg)}} \quad (4)$$

## 8.9 Vlastní stanovení celkového obsahu Hg pomocí AMA 254

Pro stanovení celkového obsahu rtuti byla u všech vzorků použita atomová absorpční spektrometrie, jednoúčelový rtuťový analyzátor AMA 254, pro přímé stanovení rtuti v kapalných a pevných vzorcích. Navážený pevný vzorek o hmotnosti 0,01g na spalovací lodičce, byl povellem z řídicího počítače přístroje zaveden do spalovací trubice. Ohřevem spalovací

pece byl vzorek vysušen a následně spálen. Rozkladné produkty byly vedeny přes katalyzátor, kde je dokončena jejich oxidace a jsou zachyceny látky kyselé povahy (oxidy síry, halogeny aj.). Následně byly rozkladné produkty převedeny přes amalgamátor a zde se selektivně zachytila rtuť. Kondenzaci vody v kyvetách, bylo během cesty zabráněno vyhříváním celého bloku na 120 °C. Po rozkladu vzorku bylo změřeno zachycené množství rtuti. Poté byla rtuť krátkodobým ohřevem uvolněna z amalgamátoru a oblak rtuťových par unášen nosným plynem (kyslík) přes měřicí kyvetu (měřeno jako 1. pík). Ve zpoždovací nádobce se veškerá rtuť nashromáždí (minimum mezi píky) a postupuje do kratší měřicí kyvety (2. pík). Tato měření se odlišují svou citlivostí (poměr citlivosti první a druhé kyvety je přibližně 15:1), tím je dán celkový dynamický rozsah 0,05 až 600 ng Hg v jednom měření. Podmínky měření jsou uvedeny v tabulce č. 4. Všechna data jsou zpracována řídicím počítačem. Software AMA 254 automaticky vyhodnotil naměřené hodnoty koncentrace rtuti. Tabulka č. 3 uvádí technické údaje analyzátoru AMA 254.

**Tabulka č. 3** Technické údaje analyzátoru AMA 254

Zdroj záření	nízkotlaká rtuťová výbojka
Vlnová délka	253,65 nm
Detektor	křemíková UV dioda
Nosný plyn	kyslík

**Tabulka č. 4** Podmínky měření Hg

Vlnová délka $\lambda$ [nm]	Hg 253,65
Hmotnost vzorku [mg]	100
Kalibrace přístroje [ $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]	0 – 4000
MD st. [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ] mez detekce	0,1
RSD [%]	5,0
Kapalné vzorky	100 $\mu\text{l}$

### 8.9.1 Tolerovatelné příjmy toxických prvků

Hodnoty příjmu toxických prvků byly rovněž vyhodnoceny a porovnány s PTWI nebo PTMI (pokud PTWI nebyl definován), jak navrhuje FAO/WHO (2006; 2011a; 2011b; 2013). Hladiny příjmu byly stanoveny pro dospělé ve věku mezi 31 a 50 lety, muži s průměrnou hmotností 80 kg a ženy vážící 65 kg. Protože nedochází k žádným doporučením

pro denní příjem těchto netradičních surovin, velikost porcí byla stanovena u neobilných mouk a proteinů na 100 g, jedlé květy a lišejník islandský na 5 g a vláknina na 30 g.

### 8.10 Statistické zpracování dat

S pomocí Dean-Dixonova testu (Q-testu) byly z naměřených výsledků vyloučeny odlehle hodnoty. Poté bylo provedeno statistické vyhodnocení pomocí parametrického testu, který srovnává střední hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův  $t$ -test) s hladinou významnosti 5 %. Výsledky byly vyjádřeny jako střední hodnota se směrodatnou odchylkou. Pro zpracování výsledků byl použit program StatK25.

## 9 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 9.1 Výsledky stanovení sušiny a popela

Stanovení sušiny a popela u jednotlivých vzorků bylo provedeno dle metodiky popsané v kapitolách 8.3 a 8.4, výsledky jsou uvedeny v tabulkách č. 5 až 9, rozděleny podle jednotlivých komodit surovin.

**Tabulka č. 5** Výsledky obsahu sušiny a popela v jedlých květech

Surovina	sušina ± SD [%]	popel ± SD [%]	popel v sušině ± SD [%]
chmelový květ	91,8±1,8 <sup>a</sup>	5,66±0,3 <sup>a</sup>	6,16±0,3 <sup>a</sup>
bezový květ	94,3±1,5 <sup>b</sup>	5,21±0,2 <sup>b</sup>	5,52±0,2 <sup>b</sup>
ibiškový květ	90,5±1,5 <sup>a</sup>	8,46±0,4 <sup>c</sup>	9,34±0,4 <sup>c</sup>
květ červená chrpa	96,2±1,0 <sup>c</sup>	4,50±0,2 <sup>d</sup>	4,67±0,2 <sup>d</sup>
květ růže	94,2±1,4 <sup>b</sup>	3,26±0,2 <sup>c</sup>	3,46±0,2 <sup>c</sup>
jasmínový květ	95,2±1,5 <sup>b,c</sup>	9,10±0,3 <sup>f</sup>	9,55±0,3 <sup>f,g</sup>
slézový květ	91,4±1,5 <sup>a</sup>	8,83±0,2 <sup>g</sup>	9,66±0,2 <sup>g</sup>

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 č. 6** Výsledky obsahu sušiny a popela v neobilných moukách

Surovina	sušina ± SD [%]	popel ± SD [%]	popel v sušině ± SD [%]
mouka z hroznů	95,4±1,5 <sup>a</sup>	5,03±0,3 <sup>a</sup>	5,27±0,3 <sup>a</sup>
banánová mouka	93,9±1,5 <sup>b</sup>	2,53±0,2 <sup>b</sup>	2,69±0,2 <sup>b</sup>
karobová mouka	97,2±1,8 <sup>c</sup>	4,33±0,2 <sup>c</sup>	4,45±0,2 <sup>c</sup>
dýňová mouka	95,2±1,5 <sup>a</sup>	4,03±0,2 <sup>d</sup>	4,23±0,2 <sup>c</sup>
šípková mouka	95,8±1,5 <sup>a</sup>	8,30±0,3 <sup>e</sup>	8,66±0,3 <sup>d</sup>
ostropestřcová mouka	94,8±1,4 <sup>a,b</sup>	3,06±0,2 <sup>f</sup>	3,23±0,2 <sup>e</sup>
nopálová mouka	94,9±1,5 <sup>a</sup>	7,46±0,3 <sup>g</sup>	7,86±0,3 <sup>f</sup>
konopná mouka	95,0±1,8 <sup>a</sup>	2,56±0,1 <sup>b</sup>	2,69±0,1 <sup>b</sup>

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 č. 7** Výsledky obsahu sušiny a popela ve vzorcích vláknin

Surovina	sušina $\pm$ SD [%]	popel $\pm$ SD [%]	popel v sušině $\pm$ SD [%]
psyllium	91,6 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	7,56 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	8,25 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>
jablečná vláknina	94,7 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>	3,36 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	3,55 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>

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 č. 8** Výsledky obsahu sušiny a popela v proteinových izolátech

Surovina	sušina $\pm$ SD [%]	popel $\pm$ SD [%]	popel v sušině $\pm$ SD [%]
slunečnicový protein	96,5 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	0,86 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	0,89 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
rýžový protein	97,1 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	4,26 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	4,38 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>
konopný protein	95,3 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>	1,10 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	1,15 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>

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 č. 9** Výsledky obsahu sušiny a popela v lišejníku islandském

Surovina	sušina $\pm$ SD [%]	popel $\pm$ SD [%]	popel v sušině $\pm$ SD [%]
lišejník islandský	96,4 $\pm$ 1,3	1,33 $\pm$ 0,1	1,38 $\pm$ 0,1

Obsah popela je hrubý ukazatel množství minerálních složek v surovině. Hodnoty obsahu popela v jedlých květech, neobilných moukách, ale i vláknině a izolovaných rostlinných proteinech mohou být ovlivněny odrůdou rostliny, půdou ve které jsou rostliny pěstovány, a také případným hnojením. Obsah popela v sušině vzorku se u jedlých květů pohyboval v rozmezí od 3,46 do 9,66 %, u neobilných mouk od 2,69 do 8,66 %. Vláknina psyllium měla hodnotu obsahu popela v sušině 8,25 %, vláknina jablečná potom 3,55 %. U protei-

nových izolátů ze slunečnice, rýže a konopných zrn byl stanoven obsah popele v sušině 0,89; 4,38 a 1,15 %. U netradiční suroviny lišejníku islandského byl naměřen obsah popele v sušině 1,38 %.

Dle požadavků na jakost jednotlivých druhů koření ve vyhlášce 398/2016 Sb., o požadavcích na koření se celkový popel v % hmotnosti sušiny pohybuje v rozmezí od 4,0 do 16,0 %. Nicméně, co se týká jedlých květů použitých v této studii, v této vyhlášce požadavek na obsah popele v sušině pro ně není deklarován. Dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, je obsah popela v podskupině mouky uváděn v rozmezí od 0,50 do 1,90 % hmotnosti v sušině. Vzorčky použité v této práci nemají vlastní kategorii pro maximální obsah popela.

Obsah vlhkosti, tedy vody a těkavých látek, v surovinách pro přípravu cereálních směsí, by měl být co nejnižší z hlediska údržnosti suroviny. Pokud by sušina u těchto surovin byla příliš nízká, mohlo by při skladování docházet k uvolňování vnitřní vody a k růstu teploty, čímž se vytvářejí vhodné podmínky pro rozvoj plísní a bakterií. Ty by následně mohly způsobovat nežádoucí pach a chuť těchto surovin. Plísně nadále produkují nebezpečné toxiny, které mohou těžce poškodit zdraví člověka [107]. Sušina jedlých květů se pohybovala v rozmezí od 90,5 do 95,2 %, neobilných mouk od 93,2 do 97,2 %. Vlákna tvořená psyliem měla sušinu 91,6 %, jablečná potom 94,7 %. Proteinové izoláty od 95,3 % do 97,1 % a lišejník islandský 96,4 %.

## 9.2 Výsledky stanovení obsahu toxických prvků Cd, Al, Sn a Hg

Měření toxických kovů bylo provedeno u vybraných netradičních surovin používaných k výrobě cereálních směsí. Tyto suroviny byly rozděleny dle komodit na neobilné mouky, jedlé květy, proteinové izoláty, vlákninu a lišejník islandský. Všechna měření byla opakována pětkrát. Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota a směrodatná odchylka. Naměřené hodnoty těžkých kovů a směrodatná odchylka jsou uvedeny v tabulkách č. 10 až 14.

**Tabulka č. 10** Výsledky obsahu těžkých kovů v jedlých květech

Surovina	Koncentrace $\pm$ SD ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) v sušině			
	Cd	Al	Sn	Hg
chmelový květ	0,0080 $\pm$ 0,0003 <sup>a</sup>	36,0 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
bezový květ	< 0,003 <sup>b</sup>	4,20 $\pm$ 0,24 <sup>b</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>b</sup>
ibiškový květ	< 0,003 <sup>b</sup>	284 $\pm$ 2 <sup>c</sup>	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	< 0,0001 <sup>b</sup>

červená chrpa	< 0,003 <sup>b</sup>	79,0±3,1 <sup>d</sup>	0,08±0,01 <sup>c</sup>	< 0,0001 <sup>b</sup>
květ růže	< 0,003 <sup>b</sup>	107±3 <sup>e</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>b</sup>
jasmínový květ	0,17±0,01 <sup>c</sup>	16±0,9 <sup>f</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>b</sup>
slézový květ	0,033±0,003 <sup>d</sup>	24,0±1,5 <sup>e</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>b</sup>

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 č. 11** Výsledky obsahu těžkých kovů u neobilných mouk

Surovina	Koncentrace ± SD (mg.kg <sup>-1</sup> ) v sušině			
	Cd	Al	Sn	Hg
mouka z hroznů	< 0,003 <sup>a</sup>	8,40±0,30 <sup>a</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>
banánová mouka	< 0,003 <sup>a</sup>	< 3,0 <sup>b</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>
karobová mouka	< 0,003 <sup>a</sup>	10,3±0,6 <sup>c</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>
dýňová mouka	< 0,003 <sup>a</sup>	10,5±0,6 <sup>c</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>
šípková mouka	< 0,003 <sup>a</sup>	5,4±0,2 <sup>d</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>
ostřepstřcová mouka	0,11±0,01 <sup>b</sup>	< 3,0 <sup>b</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>
nopálová mouka	< 0,02 <sup>c</sup>	1310±20 <sup>e</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	0,0030±0,0001 <sup>b</sup>
konopná mouka	< 0,003 <sup>a</sup>	< 3,0 <sup>b</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>

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 č. 12** Výsledky obsahu těžkých kovů u vlákniny

Surovina	Koncentrace ± SD (mg.kg <sup>-1</sup> ) v sušině			
	Cd	Al	Sn	Hg
Psyllium	0,009±0,001 <sup>a</sup>	105±3 <sup>a</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>
jablečná vláknina	< 0,003 <sup>b</sup>	33,0±1,6 <sup>b</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>

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 č. 13** Výsledky obsahu těžkých kovů u proteinových izolátů

Surovina	Koncentrace $\pm$ SD (mg.kg <sup>-1</sup> ) v sušině			
	Cd	Al	Sn	Hg
slunečnicový protein	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	25,9 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>
rýžový protein	0,007 $\pm$ 0,001 <sup>b</sup>	14,4 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	0,004 $\pm$ 0,001 <sup>b</sup>
konopný protein	< 0,003 <sup>c</sup>	8,40 $\pm$ 0,38 <sup>c</sup>	< 0,01 <sup>a</sup>	< 0,0001 <sup>a</sup>

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 č. 14** Výsledky obsahu těžkých kovů v lišejníku islandském

Surovina	Koncentrace $\pm$ SD (mg.kg <sup>-1</sup> ) v sušině			
	Cd	Al	Sn	Hg
lišejník islandský	0,09 $\pm$ 0,01	140 $\pm$ 2	< 0,01	0,04 $\pm$ 0,01

Výsledky stanovení obsahu kadmia ve vybraných vzorcích byly porovnány s legislativním limitem nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Legislativní limit přímo pro měřené vzorky není stanoven. Byla proto vybrána kategorie vztahující se na obilná zrna, a to kvůli nejužší podobnosti se vzorky testovanými v této práci, které slouží jako suroviny právě pro cereální směsi. Pro obilná zrna je maximální limit koncentrace Cd stanoven na 0,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Vzorky č. 6 (květ jasmínu) a č. 13 (ostropestřcová mouka) by tento limit přesáhly, vztahoval-li by se na tyto suroviny. Kadmium je těžký kov, který se dobře akumuluje v půdě a koncentrace může být zvýšena přírodními procesy, ale také zejména lidskou činností, jako je těžba, spalování fosilních paliv, aplikace hnojiv a zemědělské postupy [105]. Nejvyšší koncentrace kadmia byly nalezeny zejména v obilovinách, luštěninách a hlíznatých plodinách, ale vysokou absorpci kovů vykazuje i listová zelenina. Byly analyzovány rostliny kukuřice a pšenice a obsah kadmia u obou rostlin se pohyboval v rozmezí od 0,03 do 0,10 mg.kg<sup>-1</sup>. Výsledky této analýzy ukázaly značnou spojitost obsahu kadmia a hnojením půdy fosfátovými hnojivy [74]. Zvýšený obsah kadmia ve vzorcích č. 6 (květ jasmínu) a č. 13 (ostropestřcová mouka) analyzovaných v této práci by mohla být dána právě hnojením půdy či environmentálním průmyslovým znečištěním.

Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, limit pro maximální obsah hliníku neuvádí. Legislativní limit přímo pro měřené vzorky taktéž není stanoven. Limit LOQ pro Al je stanoven  $3,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Toto je dolní limit kvantifikace, který byl stanoven výpočtem, kde byla zahrnuta příprava vzorku a limit přístroje. Pokud by bylo potřeba nižších limitů k měření hliníku, bylo by vhodné použít citlivější metodu jako je ICP-MS nebo novější zařízení pro AAS, mohli bychom tak koncentraci hliníku stanovit přesněji nebo zachytit jeho nižší množství kvantitativně. Pro člověka je hlavní cestou expozice hliníku voda a potraviny. Zejména z materiálů přicházejících do styku s potravinami a pomocnými potravinářskými přídatnými látkami a půdou, mohou být potraviny kontaminovány hliníkem. Dle EFSA (Evropský úřad pro bezpečnost potravin, European Food Safety Authority) vykazovaly vysoké koncentrace hliníku čajové lístky, byliny a koření. Z obalových materiálů se hliník více uvolňuje v přítomnosti kyselin a solí. Například působením některých potravin, jako rajčatové pyré, jablečné pyré nebo slané ryby vedou ke zvýšenému uvolňování hliníku [96]. V publikaci [74] se uvádí, že hliník je běžnou součástí všech rostlin, zejména vyšších. Obsah závisí na druhu rostliny a půdě, ve které je pěstována. Některé druhy rostlin mohou obsahovat více než  $1000 \text{ mg.kg}^{-1}$  hliníku. Zvýšený obsah hliníku je také zejména v kyselých půdách, kde se pěstují čajové keře. V čajových listech z plantáží různých zemí byla koncentrace hliníku  $2970 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Obsah hliníku u surovin použitých v této práci se pohyboval v podobném rozmezí, jako uvádí tato publikace. Nejvyšší obsah hliníku vykazoval vzorek č. 14 (nopálová mouka). Může to být dáno pěstováním nopálu v nevhodné půdě nebo obalovým materiálem, ve kterém se dováží.

Legislativní limit nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, nestanovuje maximální limit Sn přímo pro měřené vzorky. Cín se vyskytuje ve vyšších rostlinách a akumuluje se v kořenech rostlin. Rostliny rostoucí v kontaminovaných půdách akumulují cín ve vysokých koncentracích. Jeho další možný výskyt v potravinách je z obalových materiálů, jako například nelakované nebo částečně pocínované plechovky. V této práci nebyl cín naměřen v žádné surovině z vybraných komodit. Byl pod detekčním limitem přístroje. Je možné, že pokud bychom použili k měření citlivější metodu například ICP-MS, zachytili bychom nižší množství Sn ve vzorcích. [74].

Legislativní limit nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, nestanovuje maximální limit pro obsah Hg

přímo pro měřené vzorky. Toto nařízení limit stanovovalo pro doplňky stravy, a to  $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Tento limit je v aktualizovaném nařízení vyřazen. Žádný ze vzorků analyzovaných v této práci by tento limit nepřesáhl. Rtuť je kov kontaminující zejména půdu a rostliny ji akumulují kořenovým systémem. Její obsah se sleduje zejména v produktech rybolovu a svalovině ryb [97]. Některé druhy rostlin, jako lišejníky, mrkev, hlávkový salát a zejména houby obsahují více rtuti než rostliny pěstované ve stejných lokalitách. Nejvyšší koncentrace rtuti byly zaznamenány u plodin pěstovaných v průmyslových oblastech. Obsah rtuti u obilovin pěstovaných v různých zemích se pohybuje v rozmezí od  $< 0,1$  do  $34 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. Vyšší koncentrace rtuti byla stanovena u vzorku č. 18 lišejníku islandského. Zvýšené množství může být dáno akumulací rtuti touto rostlinou.

### 9.3 Příspěvky jednotlivých surovin k jejich tolerovatelným příjmům

Měsíční (PTMI) nebo týdenní (PTWI) příspěvky k tolerovaným hodnotám příjmů toxických stopových prvků z netradičních surovin pro výrobu cereálních směsí jsou vypočteny a uvedeny v tabulkách č. 15 až 25. Pod každou tabulkou jsou vždy uvedeny denní dávky potravin, ze kterých byly jednotlivé příspěvky počítány. Tyto byly dále vypočteny vždy pro ženu či muže vážící 65 a 80 kg.

**Tabulka č. 15** Měsíční tolerovatelné příjmy Cd z jedlých květů

	denní příjem [ $\mu\text{g}$ ]	měsíční příjem [ $\mu\text{g}$ ]	PTMI [ $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ]	PTMI žena 65 kg [%]	PTMI muž 80 kg [%]
chmelový květ	0,04	1,24	25	0,08	0,06
bezový květ	0,02	0,62	25	$< 0,04$	$< 0,02$
ibiškový květ	0,02	0,62	25	$< 0,04$	$< 0,02$
květ chrpa červená	0,02	0,62	25	$< 0,04$	$< 0,02$
květ růže	0,02	0,62	25	$< 0,04$	$< 0,02$
květ jasmínu	0,84	25,8	25	1,6	1,3
květ slézu	0,17	5,11	25	0,3	0,3

Denní dávka jedlých květů byla stanovena na 5 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg. PTMI: Prozatímní tolerovatelný měsíční příjem.

**Tabulka č. 16** Měsíční tolerovatelné příjmy Cd z neobilných mouk

	denní příjem [µg]	měsíční příjem [µg]	PTMI [µg.kg <sup>-1</sup> ]	PTMI žena 65 kg [%]	PTMI muž 80 kg [%]
výlisky hroznů	0,3	9,3	25	<0,6	<0,5
banánová mouka	0,3	9,3	25	<0,6	<0,5
karobová mouka	0,3	9,3	25	<0,6	<0,5
dýňová mouka	0,3	9,3	25	<0,6	<0,5
šípková mouka	0,3	9,3	25	<0,6	<0,5
ostropestřcová mouka	11	341	25	21	17
nopálová mouka	2,0	62	25	< 3,8	<3,1
konopná mouka	0,3	9,3	25	<0,6	<0,5

Denní dávka neobilných mouk byla stanovena na 100 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg.

PTMI: Prozatímní tolerovatelný měsíční příjem.

**Tabulka č. 17** Měsíční tolerovatelné příjmy Cd z proteinových izolátů

	denní příjem [µg]	měsíční příjem [µg]	PTMI [µg.kg <sup>-1</sup> ]	PTMI žena 65 kg [%]	PTMI muž 80 kg [%]
slunečnice protein	4,0	124	25	7,6	6,2
rýžový protein	0,7	21,7	25	1,34	1,08
konopný protein	0,3	9,3	25	<0,6	<0,5

Denní dávka proteinových izolátů byla stanovena na 100 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg.

PTMI: Prozatímní tolerovatelný měsíční příjem.

**Tabulka č. 18** Měsíční tolerovatelné příjmy Cd z vlákniny

	denní příjem [µg]	měsíční příjem [µg]	PTMI [µg.kg <sup>-1</sup> ]	PTMI žena 65 kg [%]	PTMI muž 80 kg [%]
Psyllium	0,3	8,4	25	<0,6	<0,4
jablečná vláknina	0,09	2,8	25	<0,2	<0,1

Denní dávka vlákniny byla stanovena na 30 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg. PTMI: Prozatímní tolerovatelný měsíční příjem.

**Tabulka č. 19** Měsíční tolerovatelné příjmy Cd z lišejníku islandského

	denní příjem [μg]	měsíční příjem [μg]	PTMI [μg.kg <sup>-1</sup> ]	PTMI žena 65 kg [%]	PTMI muž 80 kg [%]
lišejník islandský	0,45	14,0	25	0,9	0,7

Denní dávka lišejníku islandského byla stanovena na 5 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg. PTMI: Prozatímní tolerovatelný měsíční příjem.

Hodnoty PTWI nebo PTMI vyjadřují dlouhodobé riziko expozice kontaminantů, které se mohou hromadit v lidském těle. Dle FAO/WHO (2013) je hodnota PTMI pro Cd stanovena na 25 μg.kg<sup>-1</sup> tělesné hmotnosti. Veškeré suroviny jsou z hlediska tolerovatelných příjmů tohoto prvku bezpečné. Nejvíce k hodnotě PTMI přispíval vzorek ostropestřcové mouky a potom protein ze slunečnice. Podobné studie doposud nebyly publikovány, takže diskutovat výsledky je obtížné. Například, při denním příjmu 100 g vloček, vyrobených ze zrn divoké rýže, by došlo k příspěvku k hodnotě PTMI pro Cd řádově pod 0,6 %, což je velmi málo (Sumczynski et al., 2018) [106]. Jak lze vidět z výsledků měření, denní dávka 5 g květu jasmínu přispěla k hodnotě PTMI pro Cd z 1,6 % u ženy vážící 65 kg, při konzumaci 100 g ostropestřcové mouky to je příspěvek k PTMI hodnotě až 21 %.

**Tabulka č. 20** Týdenní tolerovatelné příjmy Al z jedlých květů

	denní příjem [μg]	týdenní příjem [μg]	PTWI [μg.kg <sup>-1</sup> ]	PTWI žena 65 kg [%]	PTWI muž 80 kg [%]
chmelový květ	180	1260	2000	1,0	0,8
bezový květ	20	140	2000	0,1	0,1
ibiškový květ	1420	9940	2000	7,7	6,2
květ chrpa červená	395	2765	2000	2,1	1,7
květ růže	535	3745	2000	2,9	2,3
květ jasmínu	80	560	2000	0,4	0,3
květ slézu	120	840	2000	0,7	0,5

Denní dávka sušených jedlých květů byla stanovena na 5 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg. PTWI: Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem.

**Tabulka č. 21** Týdenní tolerovatelné příjmy Al z neobilných mouk

	denní příjem [µg]	týdenní příjem [µg]	PTWI [µg.kg <sup>-1</sup> ]	PTWI žena 65 kg [%]	PTWI muž 80 kg [%]
výlisky hroznů	840	5880	2000	4,5	3,7
banánová mouka	300	2100	2000	1,6	1,3
karobová mouka	1030	7210	2000	5,5	4,5
dýňová mouka	1050	7350	2000	5,6	4,6
šípková mouka	540	3780	2000	2,9	2,4
ostropestřcová mouka	300	2100	2000	1,6	1,3
nopálová mouka	131 000	917 000	2000	705	573
konopná mouka	300	2100	2000	1,6	1,3

Denní dávka neobilných mouk byla stanovena na 100 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg.  
PTWI: Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem.

**Tabulka č. 22** Týdenní tolerovatelné příjmy Al z proteinových izolátů

	denní příjem [µg]	týdenní příjem [µg]	PTWI [µg.kg <sup>-1</sup> ]	PTWI žena 65 kg [%]	PTWI muž 80 kg [%]
slunečnice protein	2590	18130	2000	13,9	11,3
rýžový protein	1440	10080	2000	7,8	6,3
konopný protein	840	5880	2000	4,5	3,7

Denní dávka proteinových izolátů byla stanovena na 100 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg.  
PTWI: Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem.

**Tabulka č. 23** Týdenní tolerovatelné příjmy Al z vlákniny

	denní příjem [µg]	týdenní příjem [µg]	PTWI [µg.kg <sup>-1</sup> ]	PTWI žena 65 kg [%]	PTWI muž 80 kg [%]
Psyllium	3150	22050	2000	0,6	0,5
jablečná vláknina	990	6930	2000	5,3	4,3

Denní dávka vlákniny byla stanovena na 30 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg. PTWI: Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem.

Tablka č. 24 Týdenní tolerovatelné příjmy Al z lišejníku islandského

	denní příjem [μg]	týdenní příjem [μg]	PTWI [μg.kg <sup>-1</sup> ]	PTWI žena 65 kg [%]	PTWI muž 80 kg [%]
lišejník islandský	700	4900	2000	3,8	3,1

Denní dávka lišejníku islandského byla stanovena na 5 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg. PTWI: Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem.

Dle FAO/WHO (2011) byla hodnota PTWI pro Al stanovena na 2000 μg.kg<sup>-1</sup> tělesné hmotnosti [102]. Hodnotu PTWI pro tento prvek značně překračuje vzorek č. 14 (nopálová mouka). Dá se říci, že u ženy vážící 65 kg je tento limit překročen 7x a u muže vážícího 80 kg potom 5x, a to za předpokladu denní dávky 100 g této mouky. Potencionální toxicita hliníku je spojována s neurotoxickou a několik studií poukázalo na spojitost s Alzheimerovou chorobou. Příčinná spojitost zatím nebyla prokázána [77]. Z výsledku měření se dá usuzovat na potenciální rizikovost suroviny, a tato by měla být v obsahu Al monitorována.

PTWI dle FAO/WHO (2006) pro Sn je stanoven na 14000 μg.kg<sup>-1</sup> [101]. Příspěvky k hodnotě PTWI pro Sn z jednotlivých surovin zde nejsou uvedeny v tabulkách, protože jsou velmi nízké. U všech surovin pod 0,001 %.

Tabulka č. 25 Týdenní tolerovatelné příjmy Hg z netradičních surovin

	denní příjem [μg]	týdenní příjem [μg]	PTWI [μg.kg <sup>-1</sup> ]	PTWI žena 65 kg [%]	PTWI muž 80 kg [%]
chmelový květ	0,35	2,45	4	1,0	0,8
ostatní květy	0,0005	0,0035	4	0,1	<0,1
nopálová mouka	0,3	2,1	4	7,7	6,2
ostatní mouky	0,01	0,07	4	2,1	<1,7
vzorky vlákniny	0,003	0,021	4	2,9	<2,3
rýžový protein	0,4	2,8	4	0,4	0,3
ostatní proteiny	0,01	0,07	4	0,7	<0,5
Lišejník	0,2	1,4	4	1,1	0,9

Denní dávka jedlých květů a lišejníku islandského byla stanovena na 5 g, denní dávka ne-tradičních mouk a proteinových izolátů byla stanovena na 100 g a denní dávka vlákniny na 30 g. M: muž, 80 kg; F: žena, 65 kg. PTWI: Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem.

Týdenní tolerovaný příjem PTWI je stanoven dle FAO/WHO (2006) na  $4,0 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti, vztáhneme-li celkový obsah rtuti na rtuť vázanou anorganicky [101]. Žádná ze surovin analyzovaných v této práci není žádným potenciálním rizikem. Všechny suroviny přispívají k hodnotě PTWI pro Hg méně než ze 7,7 %. Nejvyšší příspěvek by měla nopálová mouka. Z dostupné literatury lze pro názornost uvést, že příspěvek 100 g vloček z divoké rýže k hodnotě pro PTWI pro Hg je až 33 %, čehož u našich surovin nebylo dosaženo [106].



## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo stanovit obsah minerálních prvků se zaměřením na toxické Cd, Al, Sn a Hg. Tyto prvky byly vybrány zejména proto, že se jimi zabývá legislativa, jako nejvíce vyskytujícími se kontaminanty z toxických prvků v potravinách. Obsah těchto prvků byl stanovován ve vybraných netradičních surovinách pro výrobu cereálních směsí. Suroviny byly rozděleny podle jednotlivých komodit a to na jedlé květy (chmelový, bezový, ibiškový, červená chrpa, růže, jasmínový, slézový), neobilné mouky (hroznová, banánová, dýňová, šípková, ostropestřcová, nopálová, konopná), vlákninu (psyllium, jablečná vláknina), izolované proteiny (slunečnicový, rýžový, konopný) a lišejník islandský. Suroviny použité v této práci mohou z části běžné suroviny nahradit, a to zejména proto, že také poskytují cenný zdroj vitamínů a minerálních prvků. Avšak, je zde vysoká možnost kontaminace cizorodými látkami. Jak bylo zjištěno v této diplomové práci, právě nopál obsahoval vysoké koncentrace hliníku. Toto množství přesahovalo limit PTWI daný FAO/WHO. Připočteme-li k tomu i zvýšený obsah Cd a Hg, můžeme tuto surovinu považovat za potenciálně rizikovou. Toxické minerální prvky byly analyzovány na přístrojích AMA 254 a AAS PU 9400x.

Dle naměřených hodnot v této diplomové práci lze říci, že netradiční suroviny pro výrobu cereálních směsí nepředstavují z hlediska obsahu toxických minerálních prvků značné riziko, vyjma již zmíněnou mouku z nopálu. Výsledky měření ukázaly, že by konzumace některých surovin měla být množstevně omezena a hlídána, co se týče obsahu například hliníku.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] PŘÍHODA, Josef, Marie HRUŠKOVÁ a Pavel SKŘIVAN. *Cereální chemie a technologie I. Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. Vyd. 1. Praha: VŠCHT v Praze 2003, 202 s. ISBN 8070-80-530-7.
- [2] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 18/2020 Sb., kterou se mění vyhláška č. 333/1997 Sb., 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 mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, ve znění pozdějších předpisů.
- [3] KADLEC, Pavel a kol. *Technologie potravin I*. Vyd. 1. Praha: VŠCHT v Praze, 2002, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
- [4] Creasy, Rosalind., *The Edible Flowers Garden*. Hong Kong: Tuttle Publishing, 2012. ISBN 1462906176
- [5] MAN, C.M.D, et al., *Shelf Life Evaluation of Foods*. © Chapman & Hall 1994. ISBN 978-0-12-398530-9
- [6] Burešová, I., Lorencová, E., *Výroba rostlinného původu. Zpracování obilovin*. 1 vydání. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati 2013, 302 s. ISBN 9788074542787
- [7] VILÍMOVSKÝ, Michal. *Co je špalda a jaký je její vliv na zdraví?* In: cs.medlicker.com [online]. 2016-03-24 [cit. 2019-11-06]. Dostupné z:  
<https://cs.medlicker.com/1081-spalda-a-zdravi>
- [8] MOUDRÝ, Jan. *Alternativní plodiny*. Vyd. 1. Praha: Profi Press, s.r.o., 2011, 142 s. ISBN 978-80-86726-40-3.
- [9] KUČEROVÁ, Jindřiška. *Technologie cereálií*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, 141 s. ISBN 80-7157-811-8.
- [10] HEMERY, Youna. et al. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of cereal science*, 2007, 46, s. 327-347.
- [11] PELIKÁN, Vojtěch. *Quinoa: Svízelný zázrak z polopouště*. In: Sedmá generace [online]. 2013-04-15 [cit. 2019-11-06]. Dostupné z:  
<https://www.sedmagenerace.cz/quinoa-svizelny-zazrak-z-polopouste/>

- [12] MICHALOVÁ, A., *opomíjené obiloviny a pseudoobiloviny v Evropě. Pěstování a využití některých opomíjených a netradičních plodin v ČR*, VÚRV Praha-Ruzyně, 2001 str. 1-3.
- [13] PERLÍN, Ctibor., *Globální trendy u cereálních snídaní*. Článek 51278. 2006 [cit. 2020-3-25]. Dostupný z www. <http://bezpecnost.potravin.cz/>
- [14] MLČEK, Jiří a Daniela SUMCZYNSKI. Nutraceutická potravinářská směs. Česká republika. Užiténý vzor, CZ 28846U1. Dostupné z:  
<http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0028/uv028846.pdf>
- [15] MLČEK, Jiří a Daniela SUMCZYNSKI. Nutraceutická potravinářská směs. Česká republika. Patentový spis, CZ 306520. Dostupné z:  
<https://isdv.upv.cz/webapp!/resdb.pta.frm>
- [16] Jedlé květy růže. Obrázek [online] [cit. 2020-3-25]. Dostupné z <http://svetplodu.cz>
- [17] Neobilné mouky. [online] [cit. 2020-3-28]. Dostupné z <http://mouky.cz>
- [18] KRAUS, Vilém., Foffová, Zuzana., Vurm, Bohumil., a kol. *Nová encyklopedie českého a moravského vína*. 1 díl [Praha]: Praga Mystica, 2005. ISBN 80-86767-00-0. S. 20.
- [19] Cereal Foods Worlds, 57, 2012 *Obohacování pečiva moukou ze semen a slupek hroznů*. č. 6. s. 262-264
- [20] NOWAK, Bernd., SCHULZOVA, Betina., *Tropické plody: využití, pěstování a sklizeň*. Praha: Knižní klub, 2002. ISBN 80-242-0785-0, s. 231-232
- [21] Food chemistry 87., Fungicide content of bananas. 2004, č.3 s. 383-386
- [22] Ústav experimentální botaniky AV ČR. *Strom cukrářů a klenotníků*. [online], 2012-09-13 [cit. 2020-03-25]
- [23] JIRANEK, Petr., *Karob*. 2019-05-08 [online] [cit. 2020-03-15]. Dostupné z <http://bylinkovo.cz>
- [24] STAŇKOVÁ, Hana., *Dýně, zelenina mnoha tváří*. [online] [cit. 2020-02-20] Dostupné z <http://ceskyrozhlas>
- [25] HLAVSA, B., TÁBORSKÝ, V., VALÍČEK, P., *Tropické a subtropické zeleniny-pěstování a využití*. Nakladatelství Brázda, Praha 1998, ISBN 80-209-0274-0, s. 89

- [26] RAK, Lubomír., *Růže šípková*. [online] O.S. Přírodovědecká společnost Botany. Rev.2007-07-06. Dostupné z <http://botany.cz>
- [27] HASSLER, Marcus., Catalogue of life: *Rosa canina*. Naturalis biodiversity Center, Leiden, NL. Rev. 2018 [cit. 2020-02-21].
- [28] PLANTS for a FUTURE., *Rosa canina*. Dawlish, Devon, UK. 2018
- [29] TARDIO, Javier., MARIA, de Cortes Sánchez-Mata., RAMON, Morález., MOLINA, Maria., HERRERA Garcia Patricia., MORALES, Patricia., DIEZ-MARQUEZ, Carmen., FERNANDÉZ-RUIZ, Virginia., CÁMARA, Montaña., PARDO DE SANTAYNA, Manuel., MATALLANA-GONZÁLEZ, Mária Cruz., RUIZ-RODRIGUEZ, Brigida Maria., SANCHEZ-MATA, Daniel., ESPERANZA TORIA-ISASA, Maria., GUIL GUERRERO, Jose Luis., BOUSALAH, Nouredine., *Mediterranean Wild Edible Plants*. PP 273-470. 2016
- [30] SLAVÍK, Bohumil., ŠTĚPÁNKOVÁ, Jitka., *Květena České republiky 7*. Praha. Academia, 2004. ISBN 80-200-1161-7.
- [31] MANDRAGÓN-JACOBO, C., PERÉZ-GONZÁLEZ, S., *Cactus opuncia as forage*. FAO plant Production and protection Paper 169. Rome 2001. ISBN 92-5-104705-7
- [32] TEJKALOVÁ, Kateřina., *Cannabis sativa – objasnění vztahu mezi domnělými poddruhy* (diplomová práce). 2015 [online] [cit. 2020-03-06]
- [33] Zákon č. 167/1998 Sb., Zákon o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů. Aktuální znění 2017.07.01. Verze 31.
- [34] FERNANDES, Luana., CASAL, Susana., PEREIRA, Jose, A., RAMALHOSA, Elsa., SARAIVA, Jorge, A., *Effect of High Hydrostatic Pressure (HHP) Treatment on Edible Flowers Properties*. 2017 svazek 10. s 799 – 807.
- [35] MLČEK, Jirí a Rop Otakar., Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutiful food. *Trends in Food Science*. 2011, vol. 22, isme 10, s. 561-569. DOI:10.1016/j.tifs.2011.04.006. Dostupné z <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224411000847>
- [36] PRUGAR, Jaroslav a akademie zemědělských věd ČESKÁ. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3 tisíciletí*. 1 vydání. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. ISBN 9788086576282

- [37] Nařízení komise (ES) č. 503/2007 ze dne 8. Května 2007 o zápisu určitých názvů do Rejstříku chráněných označení původu a chráněných zeměpisných označení (Pohořelický kapr (CHOP) – Žatecký chmel (CHOP), Pomme du Limousin (CHOP), Tome des Bauges (CHOP)).
- [38] GEIGER, Fritz., *Bylinný receptář, důvěřujte léčivým silám přírody*. Nakladatelství Dona. 1991
- [39] LAVENDER, Susan., FRANKLIN, Anna., *Magické rostliny aneb byliny od A do Z*. Praha: Volvox Globator. 1999
- [40] HENSCHEL, Detlev., *Plané rostliny k jídlu*. Praha: Granit 2004. 254s. ISBN 80-7296-033-4. Kapitola bez černý
- [41] ACS chemistry for life. online [cit. 2020-03-28] dostupné z <http://pubs.acs.org> 1-800-333-9511 (USA, Kanada)
- [42] VERMULEN, Nico., *Encyklopedie van kruiden*. Rebo int. B.V. Lise. Nizozemsko. Encyklopedie bylin a koření. Rebo CZ. Čestlice 2001. 2. Vydání. (322 stran).
- [43] KUBÁT, K., et al., *Klíč ke květeně České republiky*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0836-5
- [44] VALÍČEK, Pavel a kolektiv., *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0939-6
- [45] BIOLIB., *Biological Library*. [online] 2018 [cit.2020-03-28] dostupné z [http:// biolib.cz/en](http://biolib.cz/en)
- [46] SUS, Josef., ŽLEBÍČEK, Jiří., ROD, Jaroslav., *Svět růží*. Olomouc: Agriprint, 2013. ISBN 978-80-87091-45-6
- [47] SCHIESTL, F.P., ROUBIK, DW., *Odor Compound Detection in Male Euglossine Bees. Journal of Chemical Ecology*. January 2003. roč. 29. č. 1 s. 253-257. [online] dostupné z DOI: 10.1023/A:1021932131526. PMID12647866
- [48] KULFAN, M., KREJČA, J., *Nový atlas léčivých rostlin do vrecka*. 2.vydání. Bratislava: Příroda 2006. 272 s. ISBN 80-07-00243-X.
- [49] SLAVÍK, Bohumil., *Květena České republiky 3*. Praha: Academia, 1992. ISBN 80-200-1090-4

- [50] DAVIS, Christopher., J.S., *Malva eathiopica, a new name for Lavatera abyssinica (Malyaceae): an endemic species of the Ethiopian Highlands Phytotaxa*. 2010 č. 13 s. 56-58. [online] dostupné z ISSN 1179-3163
- [51] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnic Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004 Text s významem pro EHP
- [52] BROWNLEE, I.A., *The physiological roles of dietary fibre, Food Hydrocolloids*. Volume 25. Issue 2. March 2011. Pages 238-250. [online] dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.11.013>
- [53] MOUREK, J. Fyziologie, Praha, GRADA, 2005. ISBN 80-247-1190-7.
- [54] GUTZEROVÁ, Naděžda. *BOTANY.cz: Plantago ovata* [online]. O. s. Přírodovědná společnost, BOTANY.cz, rev. 26.03.2012 [online] [cit. 2020-04-25]. Dostupné z <http://botany.cz/cs/plantago-ovata>
- [55] JUN, Daniel., *Psyllium-jitrocel indický*. Rev. 08.06.2004. [online] [cit. 2020-04-14] dostupné z <http://celostnimedicina.cz>
- [56] PERUSSELLO, Camila. A., ZHANG, Zhihang., MARZOCHELLA, Antonio., and TIWARI, Brijesh K., *Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuace Compounds*. Vol. 16, 2017. Institute of Food Technologists. [online] dostupné z <https://www.researchgate.net/publication/317903316>
- [57] ALBERTS, Bruce., BRAY, Dennis., JOHNSON, Alexander., LEWIS, Julian., RAFF, Martin., ROBERTS, Keith., WALTER, Peter., *Základy buněčné biologie*. Nakladatelství Espero: Ústí nad Labem. Org. Garland Publishing USA. ISBN 80-902906-0-4
- [58] Bílkoviny. Bezpečnost potravin A-Z. *Informační centrum bezpečnosti potravin* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, [cit.2020-04-20] dostupné z <http://bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76768.aspx>
- [59] CZSO, ČSÚ., *Soupis ploch osevů – zrniny, okopaniny, technické plodiny*. 2014 [online]. [cit.2020-04-27] dostupné z <http://czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/t/A30017F5C2>

- [60] POLÁČKOVÁ, Veronika., *Ořechy, semínka, veganské recepty. Konopný protein*. 2018 [online] [cit. 2020-04-23] dostupné z <http://zajemehomemade.cz>
- [61] TUGUO, Tateoka., *Taxonomic studiea of the genus Oryza*. Kihara institute for Biological Research and the National institute of Genetics. 2011. [online] [cit.2020-0420] dostupné z [http://worldscibooks.com/etextbook/6843/6843\\_chap01.pdf](http://worldscibooks.com/etextbook/6843/6843_chap01.pdf)
- [62] DELOUCHE, James C., a další., *Weedy rices – origin, biology, ecology and control*. Řím: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.
- [63] SHENLONG, Zou., UJENDRA, Kumar., *Cannabinoid Receptors and the Endocannabinoid System: Signaling and Function in the Central Nervous Systém*. 2018 Mar; 19(3): 833. Published online 2018 Mar 13. doi: 10.3390/ijms19030833
- [64] Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 828/2014 ze dne 30. července 2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům Text s významem pro EHP
- [65] HOYE, J. C. and C. F. ROSS., *Total Phenolic Content, Consumer Acceptance, and Instrumental Analysis of Bread Made with Grape Seed Flour*. 2011 Journal of Food Science 76(7): S428-S436
- [66] BEZERRA, Carolina Vieira et al., *Green banana (musaca vendishii) flour obtained in spouted bed – effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. Industrial crops and products*. 2013 [ Roč. 41, s. 241–249 [online] [cit. 2015-11-20]. DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.04.035 Dostupné z:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666901200225>
- [67] GEOFFREY, Merua., YUQING, Fua., DAYANA, Leyvaa., Paul SARNOSCIB., Yavuz YAGIZB., *Phenotypic relationships among oil, protein, fatty acid composition and seed size traits in Cucurbita pepo*. 2018. Tropical Research and Education Center, Horticultural Sciences Department, University of Florida, IFAS 18905 SW 280th St., Homestead, FL 33031, USA bDepartment of Food Science and Human Nutrition, University of Florida, 572 Newell Dr., Gainesville, FL 32611, USA. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.030>
- [68] PAWLAS, Jakub., *Jak se oleje lisují*. 2017. [online] [cit.2020-04-20] dostupné z <http://jakvkuchyni.cz>

- [69] MARTIN, BR., *Role of lipids and lipid signaling in the development of cannabinoid tolerance*. 2005 Aug 19;77(14):1543-58. [online] dostupné z DOI:10.1016/j.lfs.2005.05.005
- [70] MAMONE, Gianfranco., PICARIELLO, Gianluca., RAMONDO, Alesia., ADALGISA, Maria., FERRANTI, Nicolai, Pasquale., *Production, digestibility and allergenicity of hemp (Cannabis sativa L.) protein isolates*. January 2019. Volume 115. Pages 562- 571. Food Research Internationale [online] dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.017>
- [71] STRÍŽ, Martin., *Lišejník*. 2013 [online] [cit.2020-04-13] dostupné z [http://www.nuv.cz/uploads/STU/rozhledy/1406/2013\\_14\\_WP06\\_hotovo14.pdf](http://www.nuv.cz/uploads/STU/rozhledy/1406/2013_14_WP06_hotovo14.pdf)
- [72] DAVÍDEK, Jiří., *Minerální látky*. 2012 [online] [cit.2020-04-20] dostupné z <https://el.lf1.cuni.cz/p31423111/>
- [73] LIANG, Gang., GONG, Wenwen, LI, Bingru., ZUO, Jimin., PAN, Ligang., LIU, Xinhui., *Analysis of heavy Metals in Foodstuffs Assessment of the Health Risks to the General Public via Consumption in Beijing, China*. Received: 26 February 2019; Accepted: 11 March 2019; Published: 13 March 2019 [online] dostupné z doi: 10.3390/ijerph16060909.
- [74] PENDIAS-KABATA, Alina., PENDIAS, Henryk., *Trace Elements in Soils and Plants*, 2011 by Taylor and Francis Group, LLC. Boca Raton London New York Washington, D.C. [online] dostupné z <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Soil/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants.pdf>
- [75] ALEXANDER, Jan., at al., The European Food Safety Authority (EFSA), panel members. Published date: 20 March 2009. *Cadmium in Food – Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain*. [online] dostupné z <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>
- [76] AQUILAR, F., et al., The EFSA Journal (2008)., *Safety of aluminium from dietary intake I. Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC)*. (Question Nos EFSA-Q-2006-168 and EFSA-Q-2008-254), The EFSA Journal (2008) 754, 1-34.
- [78] FRISARDI, V., SOLFRIZZI, V., CAPURSO, C., KEHOE, P.G., IMBIMBO, B.P., SANTAMATO, A., DELLEGRAZIE, F., SERIPA, D., PILOTTO, A., CAPURSO, A., et al., *Aluminum in the diet and Alzheimer's disease: from current epidemiology to possible*



*disease-modifying treatment*. 2010, 20, 17–30. [online] dostupné z doi: 10.3233/JAD-2009-1340

[79] BENCKO, Vladimír., *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 1995. 282 s. ISBN 80-7169-150-X

[80] SHIMBO, S., WATANABE, T., NAKATASUKA, H., YAQINUMA-SAKURAI, K., IKEDA, M., *Dietary tin intake and association with canned food consumption in Japanese preschool children*. *Environmental Health and Preventive Medicine*. volume 18, pages 230–236 (2013). [online] dostupné z <https://doi.org/10.1007/s12199-012-0311-9>

[81] VELÍŠEK, Jan, HAJŠLOVÁ, Jana. *Chemie potravin 1*. Vyd. 2. uprav. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 8086659003.

[82] *Metody mineralizace vzorků před stanovením obsahu těžkých kovů v poživatinách*. ČSN 56 0065: Československá norma. Praha: Průmyslové nakladatelství, 1985.

[83] SKOOG, Douglas A. et al. *Analytická chemie*. Přeložil Karel NESMĚRÁK et al. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2019. ISBN 978-80-7592-0430.

[84] *Analytik Jena.*, An Endress + Hauser Company. Analytik Jena AG 2020

[85] KAŇA, Antonín., MESTEK, Oto., *Atomová absorpční spektrometrie*. [online] dostupné z <http://old.vscht.cz/anl/lach2/AAS.pdf>

[86] KOPLÍK, Richard. *Stanovení minerálních látek*. In: [web.vscht.cz](http://web.vscht.cz) [online]. 2012-02-14 [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://web.vscht.cz/~koplikr/MI2012.pdf>

[87] BOSS, Charles. *Concepts, instrumentation and techniques in Inductively Coupled plasma Optical emission spectrometry*. USA: Perkin-Elmer corporation, 2004.

[88] ZÁRUBA Kamil. *Analytická chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-950-1. Dostupné z <https://web.vscht.cz/~koplikr/MI2012.pdf>

[89] KLOUDA, Pavel., *Moderní analytické metody*. 3 upr. vyd. Ostrava: Pavel Klouda nakladatelství. Pavko 2016. ISBN 978-80-86369-22-8.

[90] ALTEC s.r.o. *Pracovní návod pro obsluhu AMA 254*. Praha: 2002, 125s.

[91] KOZIN, Leonid Fomič a Steve HANSEN. *Mercury handbook: chemistry*,

*applications and environmental impact*. Cambridge: RSC, c2013. ISBN 978-1-84973-409-

7

[92] Nařízení Komise (ES) č. 629/2008 ze dne 2. Července 2008, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách

[93] TORTOE, Charles., OFORIL, Heyford., AKONOR, Paa Toah., OBENG, Hannah Oduro., *Trace metal concentrations in three pastry products prepared from root and tuber and cereal crops composite flours*. Cogent Chemistry (2018), 4: 1429157. [online] dostupné z <https://doi.org/10.1080/23312009.2018.1429157>

[94] Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). *Cadmium*. TRS 983 JECFA 77. [online] dostupné z <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=1376>

[95] Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). *Tin*. TRS 930-JECFA 64/40. 64th\_2006\_Inorganic tin.pdf

[96] Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). *Aluminium*. TRS 996-JECFA 74/7 [online] dostupné z <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=298>

[97] Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). *Methylmercury*. TRS 940-JECFA 67/57. [online] dostupné z <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=3083>

[98] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 o výživových a zdravotních tvrzení při označování potravin. Úřední věstník Evropské unie L404/9

[99] Vyhláška č. 398/2016 Sb. Vyhláška o požadavcích na koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky, ochucovadla, studené omáčky, dresinky a hořčici. Vyhláška ministerstva zemědělství

[100] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food*

European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. This output, published on 10 April 2018, replaces the previous version published on 20 December 2012. EFSA Journal 2012;10(12):2985

[101] FAO/WHO (2006). *Evaluation of certain contaminants: Sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. WHO Technical Report Series No. 930. Geneva: WHO Press, Switzerland.

[102] FAO/WHO (2011a). *Evaluation of certain contaminants in food: Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. WHO Technical Report Series No. 959. Geneva: WHO Press, Switzerland.

[103] FAO/WHO (2011b). *Evaluation of certain food additives and contaminants*. Seventy-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 966. Geneva: WHO Press, Switzerland.

[104] FAO/WHO (2013). *Evaluation of certain food additives and contaminants: Seventy-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. WHO Technical Report Series No. 983. Geneva: WHO Press, Switzerland.

[105] BANUELOS, G. S., AJWA, H. A., *Trace elements in soils and plants: An overview*. Publikováno 2008. [online] dostupné z [http:// doi.org/10.1080/10934529909376875](http://doi.org/10.1080/10934529909376875)

[106] SUMCZYNSKI, Daniela., KOUBOVÁ, Eva., ŠENKÁROVÁ, Lenka., ORSAVOVÁ, Jana., *Rýžové vločky vyrobené z komerční divoké rýže: chemické složení, sloučeniny vitamínu B, obsah minerálních látek a stopových prvků a hodnocení jejich příjmu v potravě*. Chemie potravin svazek 264. 30. Října 2018. s. 386 – 392. [online] dostupné z [http:// doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.061](http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.061)

[107] SUKOVÁ, Irena., *Vlhkost obilí – rozhodující kvalitativní hodnota mezi sklizní a prodejem*. Mühle + Mischfutter, 148, 2011, č. 15, s. 490-494

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AAS	Atomová absorpční spektrometrie
AFC	Panel pro potravinářské látky, látky určené k aromatizaci a zpracování látek přicházejících do styku s potravinami
AMA	Advanced Mercury analyser
CBD	Kanabidiol
CBC	Kanabichrom
CFM	Cross flow microfiltration
EFSA	European Food Safety Authority
EU	Evropská unie (European Union)
FAO	Food and agriculture Organization
HCN	Kyanovodík
ICP-MS	hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ICP-OES	optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
JECFA	Expertní výbor pro kontaminující látky v potravinovém řetězci (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)
NASA	National Aeronautic and Space Administration (národní úřad pro letectví a kosmonautiku)
PTMI	Provisional tolerable monthly intake
PTWI	Provisional tolerable weekly intake
THC	tetrahydrokanabinol
WHO	Světová zdravotnická organizace (World health Organization)
ŽPČ	Žatecký poloraný červeňák

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek č. 1 zrno pšenice špalda .....	13
Obrázek č. 2 zrno quinoi .....	14
Obrázek č. 3 zrno amarantu .....	15
Obrázek č. 4 jedlé květy růže .....	15
Obrázek č. 5 zjednodušené chéma měření v AAS .....	33
Obrázek č. 6 teplota ICP plazmatu .....	34
Obrázek č. 7 schéma přístroje AMA 254 .....	36
Obrázek č. 8 vzorek č. 1 chmelový květ .....	43
Obrázek č. 9 vzorek č. 2 bezový květ .....	43
Obrázek č. 10 vzorek č. 3 květ ibišku .....	44
Obrázek č. 11 vzorek č. 4 květ červená chrpa .....	44
Obrázek č. 12 vzorek č. 5 květ růže .....	44
Obrázek č. 13 vzorek č. 6 květ jasmínu .....	44
Obrázek č. 14 vzorek č. 7 květ slézu .....	45
Obrázek č. 15 vzorek č. 8 hroznová mouka .....	45
Obrázek č. 16 vzorek č. 9 banánová mouka .....	45
Obrázek č. 17 vzorek č. 10 karobová mouka .....	45
Obrázek č. 18 vzorek č. 11 dýňová mouka .....	46
Obrázek č. 19 vzorek č. 12 šípková mouka .....	46
Obrázek č. 20 vzorek č. 13 ostropestřcová mouka .....	46
Obrázek č. 21 vzorek č. 14 nopálová mouka .....	46
Obrázek č. 22 vzorek č. 15 konopná mouka .....	47
Obrázek č. 23 vzorek č. 16 vláknina psyllium .....	47
Obrázek č. 24 vzorek č. 17 jablečná vláknina .....	47
Obrázek č. 25 vzorek č. 18 lišejník islandský .....	47

Obrázek č. 26 vzorek č. 19 slunečnicový protein.....	48
Obrázek č. 27 vzorek č. 20 rýžový protein.....	48
Obrázek č. 28 vzorek č. 21 konopný protein.....	48

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1 příprava standardů pro měření Cd, Al, Sn.....	51
Tabulka č. 2 podmínky měření pro stanovení Cd, Al, Sn.....	52
Tabulka č. 3 technické údaje analyzátoru AMA 254.....	53
Tabulka č. 4 podmínky měření Hg.....	53
Tabulka č. 5 výsledky obsahu sušiny a popela v jedlých květech.....	55
Tabulka č. 6 výsledky obsahu sušiny a popela v neobilných moukách.....	55
Tabulka č. 7 výsledky obsahu sušiny a popela ve vzorcích vlákniny.....	56
Tabulka č. 8 výsledky obsahu sušiny a popela v proteinových izolátech.....	56
Tabulka č. 9 výsledky obsahu sušiny a popela v lišejníku islandském.....	56
Tabulka č. 10 výsledky obsahu těžkých kovů v jedlých květech.....	58
Tabulka č. 11 výsledky obsahu těžkých kovů v neobilných moukách.....	58
Tabulka č. 12 výsledky obsahu těžkých kovů u vláknin.....	58
Tabulka č. 13 výsledky obsahu těžkých kovů u proteinových izolátů.....	59
Tabulka č. 14 výsledky obsahu těžkých kovů v lišejníku islandském.....	59
Tabulka č. 15 měsíční tolerovatelné příjmy Cd z jedlých květů.....	61
Tabulka č. 16 měsíční tolerovatelné příjmy Cd u neobilných mouk.....	62
Tabulka č. 17 měsíční tolerovatelné příjmy Cd u proteinových izoláty.....	62
Tabulka č. 18 měsíční tolerovatelné příjmy Cd z vlákniny.....	62
Tabulka č. 19 měsíční tolerovatelné příjmy Cd z lišejníku islandského.....	63
Tabulka č. 20 týdenní tolerovatelné příjmy Al z jedlých květů.....	63
Tabulka č. 21 týdenní tolerovatelné příjmy Al z neobilných mouk.....	64
Tabulka č. 22 týdenní tolerovatelné příjmy Al z proteinových izolátů.....	64
Tabulka č. 23 týdenní tolerovatelné příjmy Al z vlákniny.....	65
Tabulka č. 24 týdenní tolerovatelné příjmy Al z lišejníku islandského.....	65
Tabulka č. 25 týdenní tolerovatelné příjmy Hg z netradičních surovin.....	66